Origine, évolution et mise en place d'un pluton récent en contexte intraplaque océanique. Exemple du complexe sud de Rallier du Baty, Kerguelen (T.A.A.F.)

Leandre Ponthus

▶ **To cite this version:**

Leandre Ponthus. Origine, évolution et mise en place d'un pluton récent en contexte intraplaque océanique. Exemple du complexe sud de Rallier du Baty, Kerguelen (T.A.A.F.). Sciences de la Terre. Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier), 2018. Français. NNT : . tel-01817935

HAL Id: tel-01817935
https://theses.hal.science/tel-01817935

Submitted on 18 Jun 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Fédérale
Toulouse Midi-Pyrénées

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier)

Présentée et soutenue par :
Léandre Ponthus
le 20 mars 2018

Titre :
Origine, évolution et mise en place d'un pluton alcalin récent en contexte intraplaque océanique.
Exemple du complexe sud de Rallier du Baty, Kerguelen (T.A.A.F.)

École doctorale et discipline ou spécialité :

ED SDU2E : Sciences de la Terre et des Planètes Solides

Unité de recherche :

Géosciences Environnement Toulouse - UMR 5563

Directeur/trice(s) de Thèse :

Michel GREGOIRE	- GET
Damien GUILLAUME	- LMV (Saint Etienne)
Michel de SAINT BLANQUAT	- GET

Jury :

L. BAUMGARTNER	Rapporteur
J-Y. COTTIN	Rapporteur
G. PROUTEAU	Rapporteure
V. BOSSE	Examinatrice
G. DELPECH	Examinateur
O. VANDERHAEGHE	Examinateur

Remerciements

Tant de personnes ont contribué à ce travail qu'il aurait fallu, pour les nommer ici, faire comme pour le manuscrit : griffonner leurs noms dès le début. Malheureusement, ça ne s'est pas fait comme ça. Je ne prends donc pas le risque d'être ingrat et injuste en faisant l'énumération d'une kyrielle de noms qui serait non-exhaustive. Il n'est pas non plus question de dresser ici un classement non objectif de l'implication de chacun.

Ce travail est le fruit d'innombrables collaborateurs, petites mains, grands penseurs, supports psychologiques et supports financiers qui ont permis d'aboutir à ce manuscrit, qui je l'espère, est à la hauteur de leur investissement. Aussi, à travers les différentes structures nationales et étrangères où j'ai eu la chance de travailler, je remercie pour leur apports scientifiques : les adjoints techniques, techniciens, assistants ingénieurs, ingénieurs, maîtres de conférences, chargés de recherche, professeurs des universités, directeurs de recherche, professeurs certifiés, chercheurs émérites et membres du jury, sans qui cette thèse n'aurait pu être achevée. Amicalement, je voudrais remercier pour leur aide tous ceux, de près ou de loin, qui m'ont permis de commencer, faire avancer et finir ce long travail. Enfin, c'est avec révérence que je remercie tous ceux dont je pense qu'ils le méritent simplement parce qu'ils étaient là. A tous, merci !

Au lieu de m'étendre en plus de flatteries, je vous invite plutôt, comme prélude, à la lecture de deux récits de marins, lesquels méritent également d'être remercier. Ces brefs extraits relatent la découverte et le débarquement sur l'île de Kerguelen en 1772, à l'anse du Gros Ventre (là où vous le verrez plus tard dans ce manuscrit tout a effectivement commencé...) :

Le canot du « Gros ventre », malgré la force du courant et du vent, doubla plusieurs pointes (…). Le canot s'approcha dont de la terre, nous crumes voir une quantité d'habitant rangé en ordre de bataille pour soposer à notre desente. Mais nous fûmes bien surpris lorsque nous reconnûmes ces habitans pour de gros oiseaux d'une singulière estracteures. Ils vont sy droït sur leur pate qu'on les prendroit pour des hommes. Ils ont près de trois pied de haut, pezant vingt cinq à trente livre. Leur plumage est comme celui d'un canard sauvage. Ils ont des nassoir comme des poissons, en place d'ailles, ne volle point, vivent des mouche sur le rivage et s'éloigne de dix lieu en mer. Il y plonge et se nourissent des poissons. Ses oiseaux se nomme painguoin. A laproche de la terre, nous vîmes une quantité prodisieuse d'oiseau qui plongoit dans la mer. Il nous semblait voir que ces oiseaux ce ravigotait de notre arrivée. Il nous suivait jusqu'à terre et sen retournait plongent, se faisant voir de temps en temps. Il faisoit des cabriolle de droit à gauche. En un mot, il nous ravigotoit de la voir cabrioller dans la mer. Ces les mêmes que nous avions vû à terre. Il y a quantité de lyon marin ausy gros qu'un anne. Ils ont deux nageoir devant aux patte en nageoir d'errier. Le poil luissant, court, huilleux, la tête fort grosse et longue, des grandes oreilles des loup marin dont la peau bluatre et luissante font des eudulasion semblables à la gorge des pigeons. Aucun de ces animaux ne sont dangereux ny nuisible à l'homme. Nous en avons mangé beaucoup.

Extrait du Journal du Sergent Lafortune embarqué sur le canot qui mis pied à terre

A midy et demy, nous nous sommes trouvés à l'entrée d'une baye qui paraissoit nous prometre un mouillage assuré. On a mis le canot à la mer. M. de Saint Aloüarn ma envoyé prendre connoissance des sondes de cette baye, savoir s'il prometoit y mouiller. Comme la mer étoit trop grosse pour un canot, j'ay mis deux heures et demy pour y arriver […]. Après avoir sondé la baye, j'ay fait metre à terre. En y arrivant jay fait arborer le pavillon et pris possession au nom du Roy mon mètre, en faisant crier trois fois Vive le Roy et tirer trois décharges de mousqueterie.

Extrait du Journal de vaisseau de Charles Marc de Boisguehenneuc (second du Gros Ventre)

Je dédie ce travail à m'Père et m'Mère, Tigrou, Léon le professionnel, le Quatrième brigand, le Sherpa, MyGM et JYC.

Résumé

Le but de cette thèse est de porter un nouveau regard sur la formation des complexes plutoniques alcalins intraplaques à partir de l'étude du complexe intrusif sud de la péninsule de Rallier du Baty (SRBIC) sur l'archipel de Kerguelen (Terres Australes et Antarctiques Françaises - TAAF). Ce corps plutonique, qui est un des très rares exemples de pluton essentiellement felsique accessibles en domaine océanique, est majoritairement constitué de syénites et d'une faible proportion de roches intermédiaires. La présence de quartz dans les roches felsiques classe ce complexe dans la série des plutons alcalins sursaturé en silice. Ce complexe intrusif est une cible privilégiée pour étudier et contraindre les processus : (i) à l'origine de ces magmas alcalins différenciés, (ii) responsables de leurs évolutions depuis leurs sources mantelliques jusqu'à leur mise en place, (iii) et qui contrôlent cette mise en place en contexte intraplaque océanique. Ce travail permet en particulier d'apporter de nouvelles contraintes (i) sur le rôle d'une croûte océanique épaissie dans la mise en place des corps plutoniques, (ii) sur la participation de la croûte continentale dans la formation des roches alcalines sursaturées et (iii) sur l'évolution du magmatisme lié à la présence du point chaud de Kerguelen reconnue depuis 140 Ma, lequel a permis de former la seconde plus grande province magmatique terrestre de type Large Igneous Province (LIP). L'approche employée est multidisciplinaire et mêle, observations et mesures sur le terrain, Anisotropie de Susceptibilité Magnétique (ASM) réalisée pour la première fois sur un pluton océanique, pétrographie, minéralogie, géochimie des éléments majeurs et traces sur roche totale, géochimie isotopique Rb/Sr et Sm/Nd sur roche totale et géochronologie U-Pb sur zircon réalisée pour la première fois sur ce pluton. Ces différentes études démontrent la participation d'un manteau subcontinental métasomatisé relativement ancien ainsi que celle d'un fragment de croûte continentale dans la genèse de ces magmas principalement issus d'une source asthénosphérique typique du plume de Kerguelen. Les roches issues de ces magmas contaminés forment la plus ancienne série magmatique exclusivement calcique du SRBIC, laquelle a évoluée par cristallisation fractionnée dans un système dynamique caractérisé par des épisodes répétés de recharge magmatique. La seconde et plus jeune série magmatique a évoluée selon les mêmes processus dans un système magmatique clos formant des roches à caractère de plus en plus agpaïtique au cours de la différenciation. La mise en place des intrusions plutoniques a commencée il y a 13,7 Ma sur la péninsule tandis que celle du plus gros volume de magma s'est déroulée entre 11,7 (au sud) et 7,9 Ma (au nord) formant le SRBIC. Le mode de construction de ce pluton en fait un exemple unique connu de laccolithe en contexte intraplaque océanique. Ce travail met en évidence la participation de plusieurs sources magmatiques reconnues ou suspectées dans la construction du plateau océanique de Kerguelen et la double fonction de la croûte océanique épaissie qui agit de la même façon que la croûte continentale sur le mode de construction mais qui influe également sur l'évolution pétrochimique au sein d'un complexe et de ses satellites formés en moins de 6 Ma au Miocène supérieur.

Abstract

The aim of this PhD is to bring new insights on the formation of intraplate alkaline plutonic complexes based on the study of the southern complex of the Rallier du Baty Peninsula (SRBIC) located in the Kerguelen Archipelago (TAAF, France). This plutonic body, which is one of the only examples of felsic pluton accessible in the oceanic domain, mostly consists of quartz-bearing syenites. This alkaline complex therefore belongs to the silica-oversaturated series. It constitutes a perfect target for studying and constraining the processes: (i) at the origin of the differentiation of alkaline magmas, (ii) responsible for their evolution from their mantle sources to their emplacement levels, (iii) and that control their emplacement in an oceanic within-plate setting. In particular, this work provides new constraints (i) on the role of a thickened oceanic crust for the emplacement of plutonic bodies, (ii) on the involvement or not of the continental crust in the formation of oversaturated alkaline plutonic rocks and (iii) on the evolution of the magmatism linked to the activity of the Kerguelen plume. Evidenced since 140 Ma, this activity in particular built the second largest LIP ("Large Igneous Province") on Earth. I used in this study a multidisciplinary approach: fields observations and measurements, ASM (anisotropy of magnetic susceptibility) performed for the first time on an oceanic pluton, petrography, mineralogy, geochemistry of major and trace elements on whole rock, isotopic geochemistry Rb/Sr and Sm/Nd on whole rock and U-Pb geochronology through in-situ measurements on zircon acquired for the first time on this pluton. These different approaches demonstrate (i) that the main source of the parental magmas is the Kerguelen plume, (ii) the involvement of a relatively old metasomatised subcontinental mantle and (iii) the contribution of a continental fragment in the genesis of some syenitic melts. Those contaminated magmas formed the oldest rocks of the SRBIC. Forming a strictly calcic magmatic series, they evolved by fractional crystallization in an active magmatic environment characterized by repeated magmatic pulses. The second and youngest magmatic series evolved in a more closed magmatic system leading to the formation of more and more agpaitic rocks with differentiation. The first intrusions emplaced at around 13.7 Ma on the peninsula while the largest volume of magma emplaced between 11.7 (to the south) and 7.9 Ma (to the north). The process of building of this pluton makes it a unique example of laccolith in oceanic within-plate settings. This work highlights the involvement of several previously known or suspected magmatic sources for the construction of the Kerguelen oceanic plateau and the dual function of the thickened oceanic crust. This latter act indeed such as the continental crust on the building process, but also influences the petrochemical features of a single large igneous complex and its satellites emplaced in less than 6 Ma during the Upper Miocene.

Sommaire

Remerciements 3
Résumé 4
Abstract 5
Sommaire 6
Table des figures 8

1. Chapitre 1 : Introduction et zone d'étude 15
1.1 Problématique 16
1.1.1 Introduction générale 16
1.1.2 Motivations et intérêts scientifiques 17
1.1.2.1 *Processus de construction des corps plutoniques 17*
1.1.2.2 Processus de formation des roches alcalines différenciées 17
1.1.2.3 Evolution du plateau océanique de Kerguelen 18
1.1.3 Questions spécifiques et méthode de travail 19
1.2 Contexte géologique 20
1.2.1 Edification du « Grand » plateau de Kerguelen 20
1.2.2 Archipel de Kerguelen 22
1.2.3 Caractéristiques géochimiques et isotopiques des roches de plateau 23
1.2.4 Caractéristiques géochronologiques, géochimiques et isotopiques des roches de l'archipel 24
1.2.5 La péninsule de Rallier du Baty 27

2. Chapitre 2 : Relations de terrain et structure du SRBIC 29
2.1 Introduction 30
2.2 Les relations de terrain 31
2.2.1 Les textures rencontrées 31
2.2.1.1 Les basaltes de plateau 31
2.2.1.2 Les roches felsiques plutoniques 32
2.2.1.3 Les roches intermédiaires et mafiques 34
2.2.1.4 Les filons 35
2.2.2 Structure et orientation des basaltes 37
2.2.3 Le contact SRBIC – Basaltes de plateau 38
2.2.4 Les contacts internes à grande échelle 42
2.3 Structure interne à l'échelle des unités structurales 48
2.3.1 Coupe détaillée 48
2.3.2 Structure interne 52
2.3.3 Déformations ductiles et cassantes 55
2.4 Structure d'ensemble 58
2.4.1 Litages et contacts magmatiques 58
2.4.2 Zones de cisaillement et failles 60
2.4.3 Filons basaltiques et trachytiques 61
2.5 Quantification des fabriques 64
2.5.1 Microstructures 64
2.5.2 ASM 65

2.5.2.1 Minéralogie magnétique ... 65
2.5.2.2 Orientation de la fabrique magnétique ... 68
2.5.2.3 Paramètres intensifs ... 71
2.5.3 Synthèse de l'analyse des fabriques ... 73
2.6 Synthèse structurale ... 73

3. Chapitre 3 : Géochronologie et couplage avec l'étude structurale ... 77
3.1 Protocole de séparation minérale ... 78
3.2 Caractéristiques internes et externes des zircons du SRBIC ... 79
3.2.1 Coloration et morphologie ... 79
3.2.2 Structures internes ... 81
3.2.3 Inclusions ... 85
3.3 Protocole d'analyse et traitement des données U-Pb ... 85
3.4 Résultats ... 88
3.5 Etude structurale et géochronologique : synthèse des chapitres 2 et 3 ... 92
↪Ponthus et al., "*Mechanism and duration of plutonic processes in oceanic plateau crust: the South Rallier du Baty Intrusive Complex, Kerguelen Archipelago*" article soumis à Geology ... 93

4. Chapitre 4 : Pétrographie et minéralogie ... 111
4.1 Description pétrographique ... 112
4.1.1 Roches mafiques et intermédiaires ... 112
4.1.1.1 Basaltes de plateau ... 112
4.1.1.2 Monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre ... 115
4.1.1.3 Monzo-gabbro et monzo-diorite de l'unité la plus externe ... 118
4.1.1.4 Roches intermédiaires de l'intrusion de la Plage jaune ... 122
4.1.2 Roches plutoniques felsiques ... 125
4.1.2.1 Syénites calciques (groupe pétrographique CaS) ... 125
4.1.2.2 Syénites sodiques (groupe pétrographique NaS) ... 133
4.1.2.3 Syénites calco-sodiques (groupe pétrographique intermédiaire CaNaS) ... 138
4.1.3 Filons et dykes tardifs ... 143
4.1.3.1 Filons de basalte ... 143
4.1.3.2 Filons de trachyte ... 144
4.2 Minéralogie des minéraux ferro-magnésiens ... 145
4.2.1 Pyroxènes ... 145
4.2.1.1 Pyroxènes des syénites du groupe CaS ... 145
4.2.1.2 Pyroxènes des syénites du groupe NaS ... 146
4.2.1.3 Pyroxènes des syénites du groupe CaNaS ... 147
4.2.1.4 Evolution des pyroxènes à l'échelle du complexe et de ses satellites ... 148
4.2.1.5 Synthèse sur la minéralogie des pyroxènes ... 152
4.2.2 Les amphiboles ... 152
4.2.2.1 Amphiboles des roches plutoniques mafiques et intermédiaires ... 152
4.2.2.2 Amphiboles des syénites du groupe CaS ... 153
4.2.2.3 Amphiboles des syénites du groupe NaS ... 156
4.2.2.4 Amphiboles des syénites du groupe CaNaS ... 158
4.2.2.5 Evolution des amphiboles à l'échelle du complexe ... 160
4.2.2.6 Synthèse sur la minéralogie des amphiboles ... 163
4.3 Synthèse sur la pétrographie et la minéralogie ... 163

4.4 Relation pétrographie-structure-géochronologie 166
5. Chapitre 5 : Géochimie 175
5.1 Géochimie des éléments majeurs 176
5.1.1 Classification et nomenclature 176
5.1.1.1 Roches mafiques et intermédiaires 177
5.1.1.2 Roches felsiques 177
5.1.2 Evolution à l'échelle de l'ensemble des roches plutoniques 178
5.1.3 Evolution à l'échelle des syénites 180
5.2 Géochimie des éléments traces 188
5.2.1 Analyse élémentaire 188
5.2.2 Relation éléments majeurs - éléments traces 195
5.3 Etude des spectres en éléments traces 196
5.3.1 Caractéristiques générales des spectres des roches du SRBIC et de ses satellites 196
5.3.1.1 Spectres des roches intermédiaires (monzo-gabbro/diorite) 198
5.3.1.2 Spectres des roches intermédiaires (monzonites) 198
5.3.1.3 Spectres des syénites du groupe CaS 199
5.3.1.4 Spectre des syénites du groupe CaNaS 199
5.3.1.5 Spectre des syénites du groupe NaS : 200
5.3.1.6 Evolution des éléments traces en fonction de la différenciation 200
5.3.1.7 Evolution des éléments traces dans le temps 201
5.4 Synthèse de l'étude des éléments majeurs et traces 208

6. Chapitre 6 : Géochimie isotopique 211
6.1 Système Rb/Sr 212
6.1.1 Résultats à l'actuel 212
6.1.2 Résultats à l'état initial 214
6.2 Système Sm/Nd 216
6.3 Corrélation des deux systèmes isotopiques 220

7. Chapitre 7 : Synthèse et discussion 229
7.1 Le SRBIC : un complexe plutonique composite 230
7.2 Origines et sources des roches plutoniques du SRBIC et de ses satellites 234
7.3 Les deux suites plutoniques du SRBIC 240
7.4 La construction du SRBIC 243
7.4.1 Comparaison avec les études antérieures 243
7.4.2 Précédent modèle de construction : subsidence en chaudron 244
7.4.3 Arguments en défaveur du modèle de subsidence en chaudron 244
7.4.4 Arguments en faveur d'un modèle de construction alternatif : laccolithe 246
7.4.5 Questions en suspens 249
7.4.6 Modèle de formation du SRBIC à l'échelle de la lithosphère 253

8. Conclusions et perspectives 259
8.1 Conclusions générales 260
8.2 Perspectives 263

Références ..... 266 Annexes 285

Table des figures

● Figure 1.1: Carte de localisations des Large Igneous Province..... 16
Figure 1.2 : Reconstruction du démantèlement du Gondwana au point triple entre l'Antar..... 20
Figure 1.3 : Cartographie physique et données géochronologiques dans l'océan Indien, entre l'Asie, l'Australie et l'Antarctique, l'Inde et l'Australie depuis 150Ma. 21
Figure 1.4 : Imagerie tomographique actuelle sous l'archipel de Kerguelen..... 22
Figure 1.5 : Carte géologique simplifiée de l'archipel de Kerguelen illustrant les différents systèmes intrusifs dans les basaltes de plateau ainsi que les données géochronologiques associées 24
Figure 1.6 : Photos d'enclaves mafiques et ultramafiques retrouvées dans les laves alcalines récentes de l'archipel de Kerguelen 27
Figure 1.7: Carte des différents complexes intrusifs de la province plutonique de Rallier du Baty et données géochronologiques associées 28

● Figure 2.1: Planche photographique des basaltes de plateau 31
Figure 2.2: Planche photographique des quatres grands types de textures rencontrées dans les syénites du SRBIC 32
Figure 2.3: Relations chronologiques entre les différentes textures de syénites 33
Figure 2.4 : Les différents faciès mafiques et intermédiaires à l'affleurement et relations avec les faciès felsiques. 35
Figure 2.5 : Planche photographique des différents types de filons observés et de leur chronologie relative par rapport aux roches encaissantes..... 36
Figure 2.6 : Photos des épanchements basaltiques de la péninsule de Rallier du Baty..... 37
Figure 2.7 : Photo du contact intrusif du SRBIC avec les basaltes de plateau..... 38
Figure 2.8 : Photo du contact intrusif du SRBIC avec les basaltes de plateau sur le flanc O du mont de Volz (Plage Jaune). 39
Figure 2.9 : Photo du contact intrusif externe du SRBIC sur le flanc S du mont Léon Lutaud recoupant avec un fort pendage les épanchements basaltiques. 39
Figure 2.10 : Photo du contact intrusif du complexe satellite de « l'anse syénite » sur le flanc NE du mont Léon Lutaud. 40
Figure 2.11 : Photos détaillées du contact externe SRBIC- basaltes de plateau sur le mont du Commandant 41
Figure 2.12 : Image satellite Pléiades, centrée sur l'unité centrale du SRBIC avec la localisation des prises de vues du contact majeur de la Figure 2.13. 42
Figure 2.13 : Vues du contact majeur (unité 2/unité 3) ; a) du flanc S du Pic Chastaing; b) du flanc N du massif des Deux Frères, c) du flanc SW de ce même massif et du flanc NE du massif du Portillon. 43
Figure 2.14 : Photo d'un échantillon de roche (13TK68) bleutée, avec une croûte oxydée caractéristique, située sous le contact majeur du massif du Portillon. 44
Figure 2.15 : Photos des injections de magmas provenant de l'unité centrale, s'injectant dans les roches de l'unité supérieure par conséquent plus ancienne 44
Figure 2.16 : Exemple de contact franc et continu à grande échelle dans la vallée de Larmor. 45
Figure 2.17 : Détails photographiques du contact entre l'unité 1 et l'unité 2, formé par une zone très déformée en base de l'unité 1..... 46
Figure 2.18 : Panorama et interprétation du massif NE au pied de la coulée de Vulcain, face ouest. 47
Figure 2.19 : Photo générale et interprétation de l'affleurement caractéristique de l'unité 1. 49
Figure 2.20 : (ci-dessus) Détails de l'affleurement précédent et des relations syénite / monzo-diorite. 50
Figure 2.21 : (ci-contre) Partie nord de l'affleurement représenté en Figure 2.19. 50
Figure 2.22 : Détails des relations entre la syénite porphyrique et les autres lithologies, illustrant son caractère tardif sur cet affleurement 51
Figure 2.23 : Détails des relations entre la syénite porphyrique et les autres lithologies, suite 51
Figure 2.24 : Exemples d'alternance texturale des syénites au travers des différentes unités et à plusieurs échelles. 52

Figure 2.25 : Exemples d'alternance grenue – fine aux contacts clairs dans différentes unités à l'échelle de l'affleurement. 53
Figure 2.26 : Exemples détaillés de contacts plus ambigus entre syénite microgrenue et grenue. 53
Figure 2.27 : Exemples de ségrégation pegmatitiques injectés dans les syénites grenues sous formes de veines et filons pouvant formés des zones de concentration et des réseaux anastomosés. 54
Figure 2.28 : Marqueurs de déformation au sein du SRBIC 55
Figure 2.29 : Marqueur de déformation, suite. 56
Figure 2.30 : Chronologie relative entre les zones de cisaillement et les différents filons 57
Figure 2.31 : Coupe synthétique SSE-NNO de la première unité structurale. 57
Figure 2.32 : Carte et et stéréo des mesures de terrains 58
Figure 2.33: Carte structurale synthétique du complexe sud de Rallier du Baty 59
Figure 2.34 : Synthèse des stéréogrammes. 60
Figure 2.35 : Stéréos des zones de cisaillement et failles avec cinématique. 61
Figure 2.36 : Carte illustrant les mesures de filons basaltiques et trachytiques observés sur le terrain 62
Figure 2.37 : Stéréogrammes des filons de basaltes et trachytes syn à post-plutoniques. 62
Figure 2.38: Coupe synthétique SSO-NNE du SRBIC. 63
Figure 2.39 : Exemples des microstructures des syénites 64
Figure 2.40 : Planche du signal de susceptibilité magnétique par échantillon en fonction de la température 66
Figure 2.41 : Planche photographique des différents habitus de la minéralogie magnétique en imagerie électronique (MEB) 67
Figure 2.42 : Carte des trajectoires de foliations 68
Figure 2.43: Cartes interprétatives des trajectoires de foliation à l'échelle du complexe. 69
Figure 2.44: Carte des linéations. 70
Figure 2.45 : Carte des trajectoires de linéations interprétées. 70
Figure 2.46 : Fréquences des différents paramètres intensifs (Km, P%, T). 71
Figure 2.47 : Carte de répartition de la susceptibilité magnétique mesurée sur le SRBIC. 71
Figure 2.48 : Corrélation des paramètres intensifs d'anisotropie magnétique en fonction des textures rencontrées 72
Figure 2.49: Diagramme d'occurrences des différentes lithologies et déformations au sein des unités structurales du SRBIC. 74

● Figure 3.1: Photos prises à différentes échelles (a, b et c) et schémas de zircons caractéristiques du SRBIC 79
Figure 3.2: Classification morphologique qualitative des zircons de Rallier-du-Baty 80
Figure 3.3: Exemples de morphologies et structures internes des zircons du SRBIC sous lumière polarisée et cathodoluminescence 82
Figure 3.4: Photos en lumière naturelle (a, c, e) et cathodoluminescence (b, d, f) de plusieurs zircons caractéristiques du SRBIC illustrant les différent types de structures internes rencontrées 83
Figure 3.5: Exemples d'inclusions rencontrées au sein des zircons du SRBIC 85
Figure 3.6: Rapport Th/U des roches plutoniques de Rallier du Baty et valeur moyenne utilisée pour la correction de ^{230}Th 87
Figure 3.7: Exemple de diagrammes Tera-Wasserburg par échantillon illustrant les résultats de géochronologie in-situ U-Pb sur les zircons du complexes sud de Rallier du Baty. 88
Figure 3.8: Diagramme et tableau synthétiques des données géochronologies in-situ sur les zircons du SRBIC (triées par âges décroissants). 91
Figure 3.9: Carte des datations obtenues par mesures U-Pb in-situ sur les zircons du complexe sud de Rallier du Baty. 92
Figure 3.10: Carte structurale du SRBIC avec une géologie simplifiée et datations U-Pb obtenues sur zircons séparés et sur lames épaisses 106
Figure 3.11: Contact intrusif du SRBIC dans les basaltes de plateau montrant une géométrie discordante et concordante. 107
Figure 3.12: Coupe synthétique SSO-NNE du SRBIC et données géochronologiques associées. 108

Figure 3.13: Exemple caractéristique de contact magmatique penté vers le sud entre deux intrusions syénitiques de textures différentes. Les deux syénites sont recoupées par un filon de basalte tardif. 109
Figure 3.14: Modèle de laccolithe du SRBIC. 110

● Figure 4.1 : a) Basaltes de plateau au contact avec le SRBIC. 113
Figure 4.2: Photo au microscope en LSP (a) et LPA (b) de cornéenne à albite-épidote. 114
Figure 4.3 : Echantillon scié du monzo-gabbro du massif de l'anse du Gros Ventre 115
Figure 4.4 : Lame mince en LSP (a) et en LPA (b) de l'échantillon de monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre 116
Figure 4.5 : Zoom en lame mince en LSP (a) et LPA (b) ; (c) zoom sur la texture symplectique des oxydes de Fer dans une couronne de clino-enstatite entourant un crystal d'olivine. 116
Figure 4.6 : Echantillons sciés des intrusions intermédiaires au front de la coulée du Vulcain 118
Figure 4.7 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) du monzo-gabbro à biotite formant l'intrusion la plus au nord au front de la Coulée du Vulcain 118
Figure 4.8 : Zoom en LSP (a) et LSP (b) du monzo-gabbro au front de la Coulée de Vulcain, illustrant la texture graphique du clinopyroxène et de la biotite. 119
Figure 4.9 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de la monzo-diorite à biotite formant l'intrusion la plus au sud au front de la coulée de Vulcain (13TK43). 120
Figure 4.10 : Zoom en LSP (a), LPA (b) et LR (c) illustrant le remplacement partiel du clinopyroxène par l'amphibole dans la monzo-diorite au front de la Coulée de Vulcain (13TK43). 120
Figure 4.11 : Photographies en LSP (a) et LPA (b) d'un fantôme de minéral précoce remplacé par un agrégat de différents minéraux formant une texture coronitique. 121
Figure 4.12 : Echantillon scié (13TK47) de la monzonite de la Plage Jaune 122
Figure 4.13 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de monzonite du complexe de la Plage Jaune (13TK47).. 122
Figure 4.14 : Photographie en LSP (a) et LPA (b) d'un exemple de structure concentrique formée de l'assemblage successif de plusieurs minéraux et indicatrice de la transformation complète d'un minéral précoce dans la monzonite de la Plage Jaune (13TK47). 123
Figure 4.15 : Texture graphique du quartz avec les feldspaths perthitiques dans la monzonite de la Plage Jaune (13TK47). 124
Figure 4.16 : Planche photographique de lames minces de syénites appartenant au groupe CaS 126
Figure 4.17 : Photographies au microscope optique des habitus typiques des clinopyroxènes au sein des syénites du groupe CaS. 128
Figure 4.18 : Photographies en LSP des habitus typiques de l'amphibole observés dans les syénites du groupe CaS 129
Figure 4.19 Photographie d'amphiboles de la série Actinolite-Trémolite dans les syénites du groupe CaS 130
Figure 4.20 : Photographie en LSP de figures de remplacement d'un minéral précoce formées par de l'actinolite, des oxydes de Fe-Ti et une couronne de biotite 131
Figure 4.21 : Planche photographique de plusieurs échantillons appartenant au groupe NaS 133
Figure 4.22 : Photographie en LSP des différents habitus des amphiboles présentes au sein des syénites du groupe NaS. 134
Figure 4.23 : Photographie en LSP des principales textures du clinopyroxène sodique observables au microscope au sein du groupe NaS 135
Figure 4.24 : Photographies en LSP des habitus d'arfvedsonites isolées et de quartz au sein des syénites du groupe NaS. 136
Figure 4.25 : Photographies des principaux minéraux accessoires du groupe NaS 137
Figure 4.26 : Photographie en LSP des habitus typiques de clinopyroxènes observés dans les Syénites du groupe CaNaS 139
Figure 4.27 : (a et b) Photographies en LSP des figures de remplacement de l'olivine au sein des syénites du groupe CaNaS 140
Figure 4.28 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de l'échantillon 13TK06. Dyke de basalte recoupant le SRBIC. 143

Figure 4.29 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de l'échantillon 13TK52. Dyke de basalte recoupant le SRBIC. 143
Figure 4.30 : Sulfures de Fer et sulfures de Fer-Cuivre dans les filons basaltiques tardifs du complexe sud de Rallier du Baty. 144
Figure 4.31 : Lame mince en LSP (a) et en LPA (b) d'une trachyte recoupant le SRBIC et contenant des zircons (13TK08). 144
Figure 4.32 : Diagramme Enstatite-Ferrosilite-Wollastonite (d'après Morimoto, 1989) dans lequel sont reportés les pyroxènes des syénites du groupe CaS, ainsi que les compositions du monzogabbro (13TK002) de l'anse du Gros Ventre. 146
Figure 4.33 : Diagramme Quad-Jadéite-Aegirine d'après (Morimoto, 1989) où sont reportés les pyroxènes des syénites du groupe NaS. 146
Figure 4.34 : Diagrammes de classification des pyroxènes (d'après Morimoto, 1989) où ont été reportées les compositions de pyroxènes des syénites du groupe CaNaS 147
Figure 4.35 : Photographies et diagrammes Di-Aeg-Hd illustrant l'évolution des compositions chimiques des pyroxènes au sein de deux échantillons du groupe pétrographique CaNaS. 148
Figure 4.36 : Diagramme Di-Hd-Aeg des pyroxènes du groupe CaNaS (a), évolution chronologique au sein de ce groupe (b), diagramme Di-Hd-Aeg de l'ensemble des pyroxènes de Rallier du Baty (c), chemin d'évolution idéal des pyroxènes de Rallier du Baty. 150
Figure 4.37 : Diagramme de composition des amphiboles calciques (d'après Hawthorne et al.,2012) où sont reportées les analyses du monzo-gabbro de l'Anse du Gros Ventre et celles de la monzonite de la Plage Jaune 153
Figure 4.38 : Composition des amphiboles analysées des syénites du groupe CaS 154
Figure 4.39 : Diagrammes de caractérisation minéralogique (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si, Na vs #Mg) des amphiboles des roches du groupe CaS. 155
Figure 4.40 : Composition des amphiboles des syénites du groupe NaS 156
Figure 4.41 : Diagrammes de caractérisation minéralogique (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si, Na vs #Mg) des amphiboles des roches du groupe NaS. 157
Figure 4.42 : Diagramme de classification des amphiboles des syénites du groupe CaNaS (d'après Hawthorne et al., 2012). 158
Figure 4.43 : Diagrammes de caractérisation minéralogique (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si, Na vs #Mg) des amphiboles des roches du groupe CaNaS. 159
Figure 4.44 : Diagrammes d'évolution des compositions (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si) d'amphiboles (a et b) du monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre et intermédiaire de la Plage Jaune, et (c et d) des roches du groupe CaS. 160
Figure 4.45 : Diagrammes d'évolution des compositions (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si) d'amphiboles des roches du groupe (e et f) du groupe CaNaS et (g et h) du groupe NaS. 161
Figure 4.46: Diagrammes synthétiques de l'évolution des amphiboles au travers des 3 grands ensembles pétrographiques. a et b) ternaire Ca-Al-Na en %, et (c et d) Ca vs Si. 162
Figure 4.47: Diagramme synthétique des caractéristiques pétrographiques permettant de distinguer les 3 grands ensembles de roches plutoniques formant le complexe sud de Rallier du Baty. 165
Figure 4.48: Carte pétrographique du complexe sud de Rallier du Baty. 167
Figure 4.49: Carte géologique du SRBIC. 169
Figure 4.50: Comparaison des données structurales, pétrographiques et géochronologiques sur la coupe SSO-NNE. 170
Figure 4.51: Diagramme synthétique des grands ensembles structuraux et pétrographiques du complexe plutonique représentés en fonction des données géochronologiques (à 2σ). 171
Figure 4.52: Corrélation des paramètres intensifs d'anisotropie magnétique en fonction des différentes groupes pétrographique du complexe sud de RdB 173

● Figure 5.1 : Diagramme TAS (Total Alcalins versus SiO_2) pour les roches plutoniques étudiées (modifié d'après Middlemost, 1994). 176
Figure 5.2 : Diagramme de classification MALI (Modified Alkaline Lime Index) pour les roches plutonique de la péninsule de Rallier du Baty auxquelles ont été ajoutées les compositions des basaltes de plateau les plus proches du complexe (massif des Trois Ménestrels (Diop, 2008). 177
Figure 5.3 : Diagrammes de Harker en %poids d'oxydes de l'ensemble des roches plutoniques étudiées. 179
Figure 5.4 : Diagrammes de Harker des roches plutoniques felsiques (Syenites, Qz-monzonites, Granites) 181
Figure 5.5: Interprétation des évolutions des éléments majeurs en fonction des groupes pétrographiques. 184
Figure 5.6 : Diagrammes Rb, U et Ce versus Nb. 188
Figure 5.7: Diagrammes de Harker pour certains élément traces représentés en fonction des groupes pétrographiques Cas, CaNaS, NaS. 191
Figure 5.8: Interprétation des évolutions des éléments traces en fonction des groupes pétrographiques, illustrée dans les diagrammes de Harker. 192
Figure 5.9: Zoom et interprétation des diagrammes Harker de Ba et Sr, représenté en fonction des groupes pétrographiques. 193
Figure 5.10: Spectres étendus normalisés aux chondrites, représentés en fonction des différents groupes pétrographiques du SRBIC et de ses satellites 197
Figure 5.11: Diagrammes de terres rares normalisées aux chondrites 201
Figure 5.12: Evolution des spectres normalisé aux CI le long d'une coupe SSO-NNE : Anse du Gros Ventre – Pic Chastaing 204

● Figure 6.1: Diagramme isochrone actuelle du Rb/Sr. 212
Figure 6.2: Diagramme isochrone initiale du Rb/Sr. 214
Figure 6.3: Diagramme de compositions isotopiques initiales en Sr reportées en fonction des âges de chaque échantillon. 215
Figure 6.4: Carte de répartition des compositions isotopiques initiales en strontium corrigés de l'âge U-Pb des échantillons. 215
Figure 6.5: Diagramme isochrone actuelle en Sm/Nd. 216
Figure 6.6 : Diagramme isochrone initiale en Sm/Nd. 217
Figure 6.7 : Diagramme des compositions initiales en Nd reportées en fonction de l'âge de chaque échantillon 218
Figure 6.8 : Carte de répartition des valeurs initiales en Nd sur la péninsule de Rallier du Baty. 219
Figure 6.9: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ et $Sr_{initial}$ des données provenant du LIP lié à la présence du panache de Kerguelen 221
Figure 6.10: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ centré sur les données obtenues de péninsule de RdB. 221
Figure 6.11: haut) Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs. $Sr_{initial}$ avec toutes les compositions recalculées à 14Ma (exceptées les plus jeunes), bas) résultats de modélisation AFC entre le panache de Kerguelen et le gneiss d'Elan Bank et mélange entre le panache de Kerguelen et le manteau métasomatisé à l'origine des lamproïtes du Gaussberg. 223
Figure 6.12: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ illustrant les résultats de l'AFC (avec r=0.4) des roches CaS vieillies (jusqu'à 6Ma) par les suivantes 224
Figure 6.13: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ corrigés à 14 Ma centré sur les données obtenues de péninsule de RdB. 225

● Figure 7.1: Données isotopiques Lu/Hf sur zircon, corrigés de l'âge de chaque échantillon et reportés en fonction du temps. 237
Figure 7.2: Diagramme de corrélation εNd vs εHf à l'état initial des roches étudiées et comparées aux données existantes sur le plateau de Kerguelen. 238
Figure 7.3: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ (corrigés à 14Ma) , centré sur les données isotopiques obtenues 239

Figure 7.4: Exemples et comparaison d'évolution des pyroxènes (a et b) et des amphiboles (c et d) au sein de complexes alcalins sur-saturés et sous saturés de par le monde 241
Figure 7.5: Coupes W-E extraites de la thèse de J.Nougier (1969) 246
Figure 7.6: Représentation schématique des mécanismes responsables des géométries discordantes au contact SRBIC-basaltes de plateau (opérants à plusieurs échelles). 247
Figure 7.7: Représentation schématique des contraintes subies par l'encaissant lors de la propagation d'un sill. 248
Figure 7.8 : Impact de la sur-représentation des données dans une aire spécifique de la zone d'étude et compatibilité avec le modèle de construction du SRBIC. 249
Figure 7.9: Structure de la croute océanique épaissie sous l'archipel de Kerguelen, a) d'après Grégoire et al. (1998) ; (b) détaillée sous le complexe de RdB 254
Figure 7.10 : Modèle de la formation du SRBIC à l'échelle de la lithosphère, à travers 3 schémas évolutifs.....255
Figure 7.11: Modèle alternatif à l'échelle de la lithosphère, impliquant une Deep Hot Zone en domaine océanique.....257
Figure 7.12: Position du fragment continental reportée (par une flèche en a) sur les cartes de reconstruction de l'ouverture de l'Océan indien d'après Gibbons et al., (2013).....258

Chapitre 1 : Introduction et zone d'étude

1.1 Problématique

1.1.1 Introduction générale

Les roches alcalines représentent moins de 1% du volume estimé des roches ignées (Fitton and Upton, 1987). Même si ces roches ont été observées dans la plupart des contextes géodynamiques (Bailey, 1974), elles sont caractéristiques des îles océaniques et plus globalement des Large Igneous Province (LIP). Ces roches sont donc symptomatiques de l'expression d'une activité magmatique intraplaque océanique ou continentale dont l'origine est reliée à de grands panaches mantelliques profonds. Même si l'expression la plus visible du magmatisme est le magmatisme volcanisme, il est clair que le magmatisme plutonique en est l'expression dominante en terme de volumes produits (Crisp, 1984; Shaw, 1985; White et al., 2006). Toutefois, de par leur mise en place sous la surface, les roches plutoniques ne sont disponibles à l'affleurement que grâce au jeu couplé de la tectonique et de l'érosion. Malgré cette rareté relative, les études sur les plutons alcalins sont nombreuses. La minéralogie exotique riche en éléments traces-incompatibles qui caractérise ces termes évolués leur confère un intérêt économique de premier ordre. Si les plutons alcalins sont rares, les exemples de roches plutoniques felsiques en domaine océanique le sont d'autant plus. Ces roches se retrouvent principalement en tant que xénolithes dans plusieurs îles océaniques comme les Azores (Widom et al., 1993); l'Ile de l'Ascension (Harris, 1983) ; les Seychelles (Tucker et al., 2001), Tahiti (Bartindzeff et al., 1988) ou bien sous forme de complexes intrusifs dont l'Islande (Burchardt et al., 2010; Furman et al., 1992) et l'archipel de Kerguelen sont les seuls exemples (Nougier, 1969). L'extrême rareté de ces objets en fait à elle seule un centre d'attention particulier. De plus, les magmas alcalins issus de panaches mantelliques (ou points chauds) sont également riches en enclaves du manteau. Ils représentent donc une fenêtre sur le transfert de matière et de chaleur à travers les différentes enveloppes terrestres depuis des niveaux relativement profonds jusque dans les hauts niveaux supérieurs de la croûte et ayant également un impact significatif sur l'atmosphère et l'hydrosphère (Verneshot events, Morgan et al., 2004). L'étude des plutons alcalins en contexte intra-plaque représente un intérêt majeur pour comprendre les processus d'évolution du magmatisme issus de panaches mantelliques profonds.

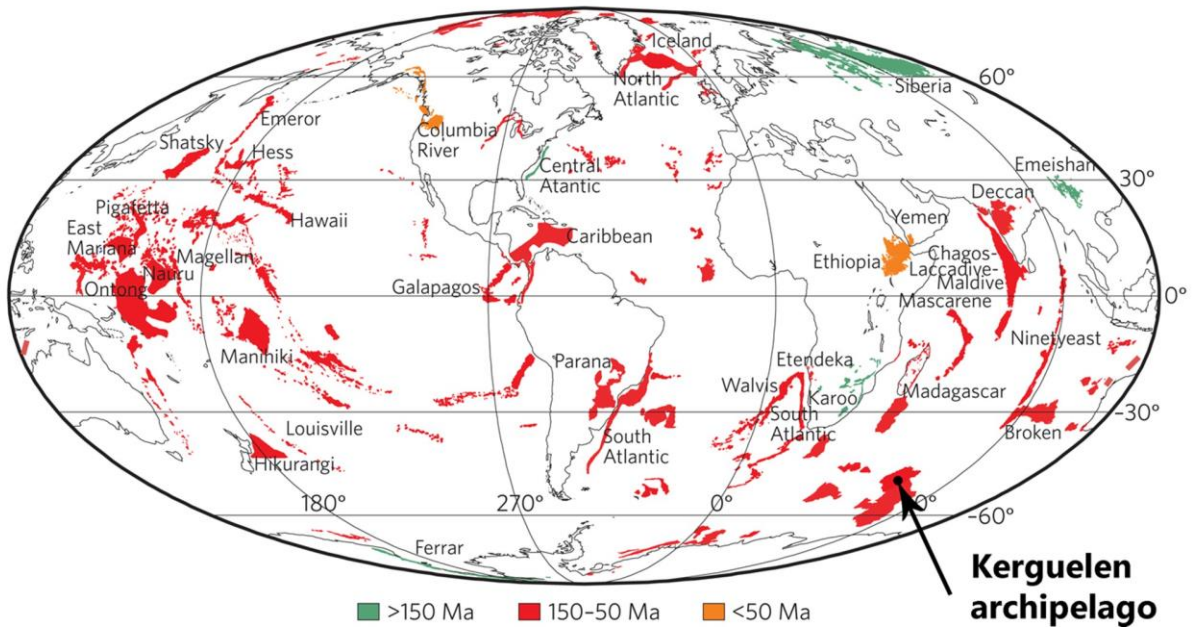


Figure 1.1: Carte de localisations des Large Igneous Province (adaptée d'après Uenzelmann-Neben, 2013 et modifiée d'après Coffin and Eldholm, 1994).

1.1.2 Motivations et intérêts scientifiques

1.1.2.1 Processus de construction des corps plutoniques

Les plutons alcalins intra-plaques ont fait l'objet de nombreuses études intensives dans les années 70 et 80 pour être progressivement délaissés au profit des plutons de contexte orogénique dans les décennies suivantes (voir reviews : Eby (1990); Bonin (2007); Marks and Markl (2017) et références inclues). L'étude de ces plutons orogéniques, notamment en contexte de subduction, a permis l'émergence d'un nouveau modèle de formation et de construction de ces objets en domaine continental. Contrairement, au modèles classiques de remontée par diapir (mécanisme actif) ou par subsidence en chaudron (mécanisme passif) largement admis durant cette période (Jacobson et al., 1958; Bonin and Lameyre, 1978; Black et al., 1985; Vail, 1985; Bowden et al., 1987; Bonin et al., 1998), ce modèle récent a mis en lumière la forme majoritairement tabulaire des plutons continentaux. De plus, ce modèle a permis de démontrer que la mise en place de ces corps se fait en grande partie ou totalement grâce aux déplacements des roches encaissantes. Couplés à ces observations, les progrès réalisés en géochronologie absolue ont permis de montrer que la construction des plutons se fait de manière épisodique à différentes échelles de temps (Cruden, 1998; Tikoff et al., 1999; Petford et al., 2000; Coleman et al., 2004; Glazner et al., 2004; Horsman et al., 2009; Menand et al., 2011; Leuthold et al., 2012 parmi d'autres). Une des conséquences de ce nouveau modèle est que les mécanismes enregistrés par construction de ces corps plutoniques en domaine continental sont probablement le reflet de processus magmatiques profonds agissant depuis la source de ces magmas (St Blanquat et al., 2011; Annen et al., 2015). L'un des enjeux majeur est désormais de comprendre le(s) rôle(s) du « filtre » crustal dans la production magmatique, le transport de ces magmas et leur mise en place finale. Cette implication de la croûte dépend de nombreux paramètres plus ou moins interdépendants tels que son épaisseur, sa composition, sa rhéologie, sa structuration...etc.

Afin de répondre à cet enjeu actuel majeur, l'étude de la formation d'un pluton en contexte intra-plaque océanique est un point clé donnant la possibilité de comparer l'influence de ces différents paramètres avec ceux plus accessibles et plus étudiés des domaines continentaux.

1.1.2.2 Processus de formation des roches alcalines différenciées

Les complexes alcalins (qu'ils soient plutoniques ou volcaniques) sont souvent composés de deux séries magmatiques : l'une dite « sous-saturée » en silice l'autre dite « sur-saturée ». Dans les stades assez évolués pour permettre leur formation, les minéraux caractéristiques de ces lignées sont la néphéline et le quartz respectivement. Ces deux séries alcalines distinctes se retrouvent souvent dans au sein d'un même complexe alcalin. Plusieurs exemples s'observent dans les grandes provinces alcalines suivantes : Gardar province (Stevenson et al., 1997), Cameroon Line (Fitton, 1987), White Mountains (Henderson et al., 1989), Kola Province (Kramm and Kogarko, 1994) ou encore Malawi (Eby et al., 1998). Les évidences de terrains et les études isotopiques ont montré que dans la plupart des cas, ces deux lignées sont co-génétiques (e.g. Larsen and Sørensen, 1987). Cette caractéristique est étonnante car une fois passée une certaine limite thermodynamique le quartz et la néphéline ne peuvent coexister au sein d'un même magma. Scientifiquement, l'observation de ces deux séries structuralement associées pose donc de nombreuses questions quant à leur mode de formation. Les termes les plus évolués de ces deux séries partagent également les minéralisations exotiques d'intérêt économique. Ces questions sur l'origine de ces deux séries ne sont pas encore résolues. Toutefois, l'ensemble des études menées sur les roches felsiques alcalines s'accordent pour invoquer une source primaire mantellique commune à partir de laquelle le magma parent de ces deux lignées est extrait. Grâce aux progrès réalisés notamment dans la

mesure et la compréhension des systèmes isotopiques, deux grands mécanismes sont proposés pour expliquer la coexistence de ces deux séries magmatiques.

Le premier de ces mécanismes de formation suggère des processus influant sur le magma parent et permettant d'outrepasser ou de supprimer la limite thermique qui sépare les deux lignées. Ces processus pourraient impliquer des variations des éléments volatiles (Kogarko, 1974), des variations de saturation en eau (Pankhurst et al., 1976) ou des variations dans les processus de cristallisation fractionnée (Foland and Henderson, 1976; Giret et al., 1980).

Le second mécanisme suggère des interactions entre le magma parent et l'environnement dans lequel celui-ci va être transporté et évoluer. Cette hypothèse suppose que le magma parent initial soit plutôt sous saturé en silice. Via des processus d'assimilation de matériel plus riche en Si (généralement la croûte continentale), ce magma évoluant par cristallisation fractionnée (modèle AFC, DePaolo, 1981) finirait par produire les roches sur-saturées (Brooks, 1982; Davies and Macdonald, 1987; Fitton, 1987). Une variante de ce modèle, pourrait impliquer une fusion anatectique de la base de croûte créant des liquides magmatique sursaturés et interagissant avec les magmas parents mantelliques (e.g. Barker et al., 1975; Martin, 2006).

Ces deux grandes interprétations montrent donc bien la dichotomie entre des modèles magmatiques fermés et des modèles d'évolution en système ouvert avec une implication de la croûte continentale. Toutefois, le second mécanisme n'exclut pas totalement la participation du premier ce qui semble corroboré pas les études récentes (Foland et al., 1993; Harris et al., 1999; Mingram et al., 2000; Marks et al., 2003; Riishuus et al., 2008; Estrade et al., 2014). Ces études montrent donc que la contribution de la croûte continentale est importante en domaine intraplaque continental. C'est pourquoi, l'étude d'un pluton alcalin en domaine océanique présente un intérêt crucial qui est d'apporter des contraintes sur l'origine des plutons alcalins dans un contexte pour lequel la croûte continentale ne semble a priori pas être impliquée. De plus, Kerguelen est un endroit clé où les deux séries de roches plutoniques alcalines existent mais ne sont jamais (jusqu'à preuve du contraire) en relation directe à l'affleurement. L'étude des roches plutoniques de l'archipel permet donc de tester les hypothèses invoquées pour la formation et le lien co-génétique de ces deux séries alcalines.

1.1.2.3 Evolution du plateau océanique de Kerguelen

Finalement, l'étude des plutons de Kerguelen revient à s'intéresser à une des phases d'évolution récentes du plateau océanique formé par l'activité d'un point chaud, dont l'archipel représente la partie émergée. Cette phase voit se former, dans une croûte océanique, des blocs constitutifs (plutons) caractéristiques du domaine continental (Wedepohl, 1991). Aussi, comme souligné par M. Grégoire dans sa thèse (1994), les cumulats basiques rééquilibrés en faciès granulitique tels qu'il en existe dans la croûte inférieure continentale, l'épaisseur du plateau entre 15 et 20 Km mis en évidence à l'aide de profils sismiques (Recq et al., 1990; Charvis et al., 1995) et les nombreuses intrusions de roches plutoniques de compositions intermédiaires et felsiques (Nougier, 1969) font de ce plateau océanique une portion de croûte océanique de composition « anomalique » et « insubductable » (Kroenke, 1974; Nur and Ben-Avraham, 1982; Saunders et al., 1996; White et al., 1999).

Ainsi, de par ces caractéristiques acquises au cours du temps via l'activité du panache de Kerguelen, le plateau océanique de Kerguelen se place dans le large débat concernant l'origine et la formation de la croûte continentale. En effet, grâce à ses caractéristiques physico-chimiques, il est possible que ce plateau puisse représenter le stade embryonnaire du développement d'un micro-continent attesté/formé par refusion de croûte. Ce mode de création tel qu'il est débattu en Islande (voir Bindeman et al., 2012 et

références inclues), n'est pas reconnu (à l'heure actuelle) sur l'archipel de Kerguelen dont il est le plus proche exemple. Il est également possible que ce plateau océanique de faible densité puisse être un analogue récent de plateau océanique développé dans un contexte intraplaque qui, avec le jeu de la tectonique des plaques et de la dynamique lithosphérique, ait pu être incorporé dans les contextes orogéniques, et donc contribuer directement à la croissance continentale. Les exemples témoins de tels processus se retrouvent par exemple au sein du craton ouest-africain (Boher et al., 1992), du bouclier arabo-nubien (Claesson et al., 1984), le craton australien (Nesbitt and Talbot, 1966), le craton nord-américain (Scott et al., 1992), ou encore plus récemment sous la cordillère péruvienne avec la subduction du Plateau Inca (e.g. Gutscher et al., 1999). C'est pourquoi, l'étude d'un pluton de l'archipel de Kerguelen permet également d'approcher une des étapes magmatiques envisagées comme ayant participé à un mode de croissance continentale en domaine océanique (e.g. White et al., 1999; Martin et al., 2008 et références inclues)

1.1.3 Questions spécifiques et méthode de travail

Ce travail de thèse s'est donc focalisé sur l'étude du pluton alcalin du sud de la péninsule de Rallier du Baty sur l'archipel de Kerguelen (T.A.A.F.). Ce pluton fait partie d'une plus large province plutonique qui s'étend jusqu'à la calotte Cook. Le complexe sud concentre la majorité des roches grenues disponibles à l'affleurement de l'archipel. Il est majoritairement constitué de roches plutoniques felsiques (syénites) et sur-saturées en quartz. En raison de sa taille, de ses qualités d'affleurement et des possibilités logistiques permettant son étude (comparés aux autres complexes de cette province), ce complexe est une cible idéale pour l'étude de pluton en domaine océanique.

Le principale objectif de ce travail de thèse est de revisiter ce complexe plutonique, déjà étudié dans les années 1970 et 1980, au regard des progrès réalisés dans l'analyse et la compréhension des systèmes magmatiques plutoniques. Cet objectif qui s'inscrit dans les problématiques précédentes peut se traduire sous forme de 4 questions simples :

→ Quelle est l'origine des magmas ?

↪ Comment ont-ils évolué pour former les roches plutoniques ?

↪ Comment ce complexe syénitique s'est-il mis en place ?

↪ En combien de temps ?

La stratégie mise en place pour atteindre les objectifs de ce travail de thèse fut pluridisciplinaire associant observations et mesures sur le terrain, pétrographie et minéralogie, géochimie élémentaire (majeurs et traces) sur roches totales, géochimie isotopique (Rb/Sr et Sm/Nd) sur roche totale et géochronologie U-Pb sur zircon. Cette dernière méthode est utilisée pour la première fois sur ce complexe plutonique. D'autre part, l'analyse d'anisotropie de susceptibilité magnétique utilisée pour l'étude structurale est la première étude de ce type menée sur un pluton en contexte océanique.

Le manuscrit s'organise autour des questions précédentes en commençant par les bases, c'est à dire la structure et la pétrographie du complexe. La première partie du manuscrit s'oriente donc sur la construction du pluton et les roches en présence. La géochronologie a été intégrée à l'étude structurale donnant lieu à une publication soumise à la revue « Geology ». La seconde partie du manuscrit est consacrée à l'étude géochimique élémentaire et isotopique permettant d'identifier l'évolution et l'origine des roches qui constituent ce complexe. Enfin, la dernière partie est dédiée à la discussion des résultats obtenus et des interprétations qui en découlent.

1.2 Contexte géologique

1.2.1 Edification du « Grand » plateau de Kerguelen

Le « Grand Plateau de Kerguelen » est la seconde plus grande province ignée (LIP) au monde après le plateau océanique d'Ontong Java (Coffin and Eldholm, 1994). La formation de ce plateau est considérée comme la conséquence directe de la présence du panache (ou plume) de Kerguelen depuis le démantèlement du Gondwana. Cette hypothèse est supportée par les similitudes géochronologiques, géochimiques et isotopiques observées entre certaines laves basaltiques du sud du plateau de Kerguelen (SKP; âge le plus ancien à 119 Ma ; Duncan, 2002) et des lamprophyres d'Antarctique (115 Ma; Coffin et al., 2002; Sushchevskaya et al., 2014), des basaltes d'Australie (137-130 Ma, Bunbury ; Olierook et al., 2016), des basaltes d'Inde et du Tibet (province du Rajmahal, 118 Ma ; Kent et al., 2002); province de Comei, 132 Ma ; Zhu et al., 2009).

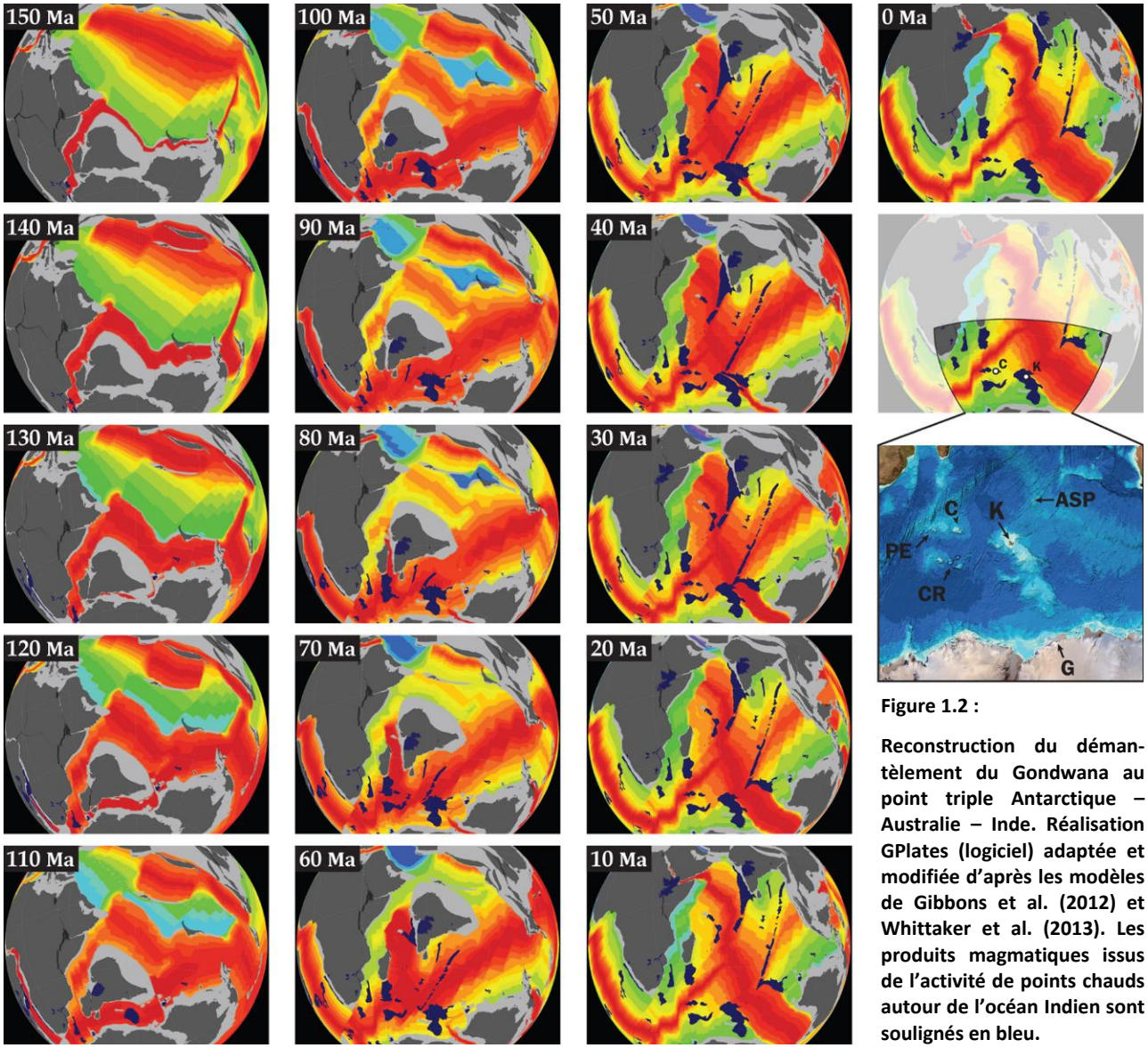


Figure 1.2 :

Reconstruction du démantèlement du Gondwana au point triple Antarctique – Australie – Inde. Réalisation GPlates (logiciel) adaptée et modifiée d'après les modèles de Gibbons et al. (2012) et Whittaker et al. (2013). Les produits magmatiques issus de l'activité de points chauds autour de l'océan Indien sont soulignés en bleu.

Abréviations: ASP: Amsterdam-and Saint Paul islands, C : Crozet islands, CR : Conrad Rise, G : Gaussberg volcano, K: Kerguelen archipelago, PE: Prince Edouard islands

Les études géochronologiques de roches magmatiques, échantillonnées au cours de plusieurs programmes de dragage et de forage, ont montré une diminution des âges de mise en place du plancher basaltique au travers du « Southern Kerguelen Plateau » et du « Central Kerguelen Plateau » en allant vers le nord jusqu'à 85 Ma (SKP : Leclaire et al., 1987; CKP : Whitechurch et al., 1992; Coffin et al., 2002; Duncan, 2002). Le plateau de Broken Ridge (BR, 95 Ma : Duncan, 2002) s'est également formé durant cette période. Plus tard, l'activité magmatique a permis de construire une partie du plateau nord de Kerguelen (Skiff Bank, 68 Ma : Duncan, 2002) et les monts sous-marins de la Ninetyeast Ridge (77 Ma : Pringle, 2008). Ces derniers se sont progressivement éloignés et répartis le long du plancher océanique entraîné par le mouvement de la plaque indienne vers l'Asie.

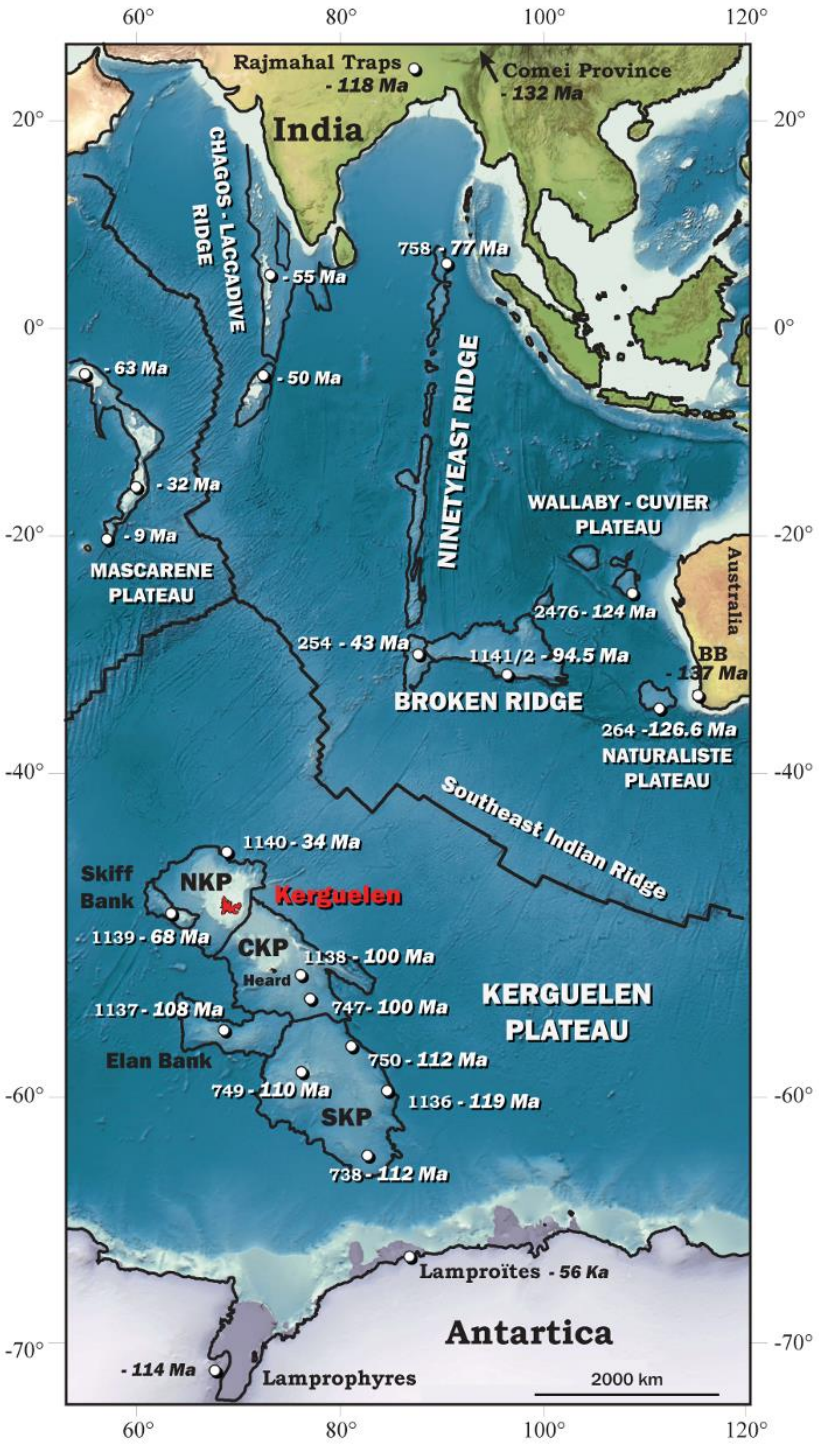


Figure 1.3 : Cartographie physique et données géochronologiques dans l'océan Indien, entre l'Asie, l'Australie et l'Antarctique (adaptée de Mahoney et al., 1995). Seuls les numéros de sites IODP dont les roches sont attribuées au point chaud de Kerguelen ont été représentés. Les âges du plateau de Wallaby, du plateau Naturaliste et des basaltes de Bundury (BB) sont de Olierook et al. (2015, 2016, 2017). Les âges de la Ninetyeast-Ridge sont de Pringle (2007, 2008). Les âges du Chagos-Laccadive Ridge sont de (Baksi, 2005). Les âges du plateau des Mascareignes, des plus vieux aux Seychelles jusqu'aux plus jeunes à l'île Maurice, sont de Ganerod et al. (2011); Baksi (2005); Moore et al. (2011). Les âges indiens pour les trapps du Rajmahal sont de Coffin et al. (2002); Kent et al. (2002) et ceux des roches mafiques de la province de Comei de Zhu et al. (2009). Les âges antarctiques pour les lamprophyres sont de Coffin et al. (2002) et ceux des lamproïtes du volcan du Gaussberg sont de Sushchevskaya et al. (2014). Les âges du plateau de Kerguelen sont de Coffin et al. (2002): sites 738 et 750; de Duncan (2002): Sites 747, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140; et de Whitechurch et al., (1992): Site 749. Les âges du Broken Ridge sont de Duncan (2002): Sites 1141 and 1142.

L'anomalie magnétique 18, reconnue à la fois sur le flanc océanique du plateau de Kerguelen et sur celui de Broken Ridge (42,7 Ma, Kent and Gradstein, 1986; Royer and Sandwell (1989) ainsi que l'âge des plus jeunes basaltes de la Ninetyeast Ridge (43 Ma, Pringle, 2008; Frey et al., 2015) confirment l'existence d'un unique plateau formé par le plateau de Kerguelen et celui du Broken Ridge avant son morcellement. Cette séparation met en évidence la propagation de la ride Sud Est Indienne (SEIR) au travers de l'océan indien à environ 43 Ma (Royer and Coffin, 1988; Tikku and Cande, 2000). Après cette division, la mise en place du NKP (« Northern Kerguelen Plateau ») a continué pendant que l'ensemble du plateau de Kerguelen s'éloignait de la SEIR (site ODP 1140, 34 Ma ; Duncan, 2002) jusqu'à ce qu'il atteigne son emplacement actuel (Figure 1.3). Les données géochronologiques montrent donc que la formation du plateau océanique résulte d'une production magmatique qui dure depuis au moins 119Ma.

1.2.2 L'archipel de Kerguelen

L'archipel de Kerguelen constitue la partie émergée du NKP. Les roches les plus anciennes datées au niveau de l'archipel sont les basaltes de plateau qui forment environ 80-85% des affleurements. Les âges proposés s'échelonnent principalement entre 28-29 Ma dans le nord-ouest (Annell, 2005; Doucet et al., 2002; Nicolaysen et al., 2000) et 24.5 Ma dans le sud-est (Nicolaysen et al., 2000). Différents types de roches magmatiques intrusives au sein de ces basaltes de plateau s'observent partout dans l'archipel. Elles ont été datées entre 24,25 Ma (Val Gabbro ; Scoates et al., 2007) et 4,9 Ma (RdB-Igneous Province, Dosso et al., 1979). Des roches basaltiques draguées au niveau de certains centres volcaniques localisés entre l'archipel des Kerguelen et les îles Heard (sur le CKP) semblent avoir été mises en place au cours de la même période (18-22Ma ; Weis et al., 2002). Enfin, les roches les plus jeunes observées au niveau de l'archipel de Kerguelen sont des produits volcaniques datés entre 1 Ma (Mont Ross ; Weis et al., 1998) et moins de 26 Ka (Gagnevin et al., 2003; Nougier, 1969).

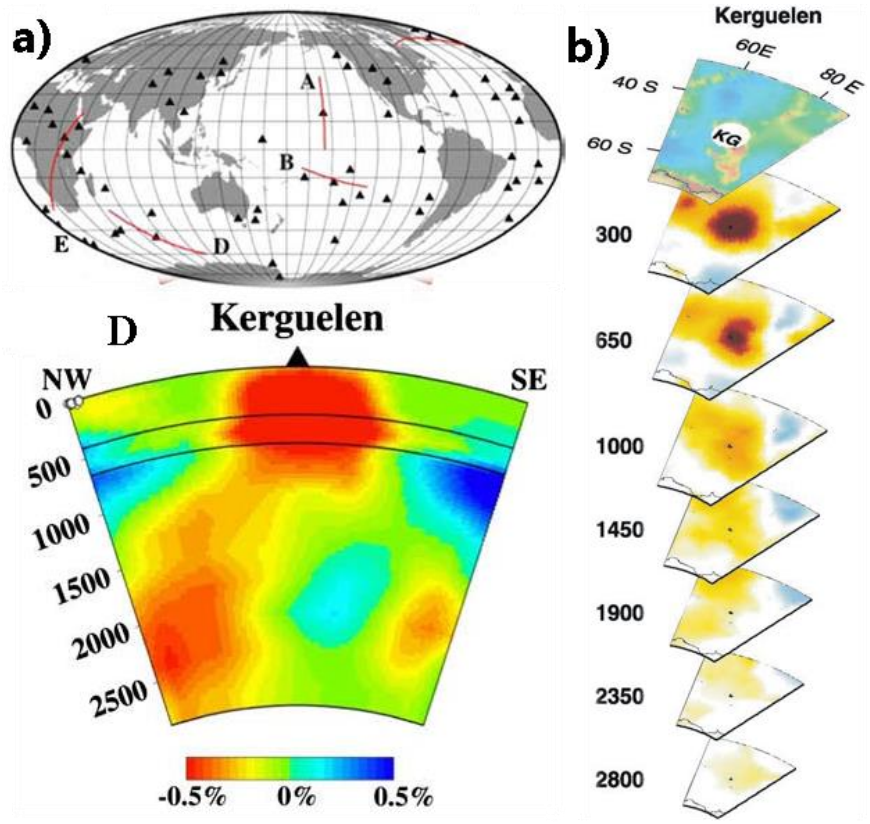


Figure 1.4 : Imagerie tomographique actuelle sous l'archipel de Kerguelen ; a) d'après Zhao (2009) , b) d'après Montelli (2004).

L'activité magmatique actuelle est supposée être centrée sous les îles Heard et McDonald (Clarke, 1983; Duncan et al., 2016; Quilty and Wheller, 2000). Toutefois, la présence de fumerolles dans la partie sud-ouest ainsi que de sources hydrothermales dispersées dans tout l'archipel indiquent la persistance d'une anomalie thermique sous ce dernier. Du fait de sa position isolée, il existe peu de données sur la structure profonde terrestre sous le plateau de Kerguelen. Seuls quelques modèles de tomographie sismiques ont permis à ce jour d'imager cette structure (Montelli, 2004; Zhao, 2009). Les images tomographiques disponibles (Figure 1.4) montrent bien que le nord plateau de Kerguelen est à l'aplomb d'une grande zone d'anomalie thermique. Cette anomalie (<1000Km) représente le point chaud actuel de Kerguelen. Cette anomalie se propage dans les niveaux terrestres profonds et permet d'imager le plume ou panache de Kerguelen à proprement dit. L'origine de cette anomalie se localise actuellement au NW de Kerguelen entre la limite manteau-noyau (Core-Mantle-Boundary/ CMB) et 2350Km de profondeur (Montelli, 2004; Zhao, 2015). La propagation thermique du plume de Kerguelen actuel n'est donc pas verticale au-delà de 1000Km et semble diminuer de largeur entre 1500 et 1000Km de profondeur. Cette caractéristique illustre la structure d'un panache comme composée d'une tête et d'une queue (Griffiths and Campbell, 1990; Morgan, 1971).

1.2.3 Caractéristiques géochimiques et isotopiques des roches plateau

De nombreuses études géochimiques et isotopiques ont été menées sur les roches magmatiques de l'ensemble du plateau de Kerguelen afin de caractériser leurs sources et de mieux contraindre la nature, l'origine et l'évolution de ce vaste plateau océanique dans le temps. Les coulées de basaltes du SKP (Coffin et al., 2002; Duncan, 2002) et du CKP (Frey et al., 2000) sont essentiellement tholéiitiques et présentent des forts enrichissements en éléments incompatibles (notamment légères LREE). Associée aux données isotopiques, ces caractéristiques d'OIB ont permis à une majorité de la communauté scientifique de relier la formation de ces basaltes précoces à l'expression majoritaire du plume panache de Kerguelen (références précédentes). Ces basaltes tholeiitiques proviendrait donc majoritairement de fort degré de fusion partielle d'un manteau enrichi. Toutefois, les compositions isotopiques des basaltes provenant de plusieurs endroits du SKP et du CKP ont mis en évidence des processus de contamination impliquant un composant continental (site ODP 738 : Mahoney et al., 1995 ; sites ODP 747, 749 et 750 : Frey et al., 2002b). Sur la base de mesures sismiques, il a été proposé qu'un fragment continental pourrait être situé à la base du SKP (Operto and Charvis, 1995, 1996; Gladczenko and Coffin, 2001) supportant de fait ces résultats isotopiques. Cette hypothèse a été définitivement accepté suite à la découverte de clastes de gneiss d'âge protérozoïque provenant d'un conglomérat fluviatile, intercalés avec des coulées basaltiques et, échantillonnés au niveau de l' « Elan Bank »(site ODP 1137 : Nicolaysen et al., 2001; Ingle et al., 2002). La présence d'un fragment continental sous Elan Bank est également compatible avec les données sismiques (Charvis et al., 1995). L' « Elan Bank » aurait fait partie de la marge indienne avant d'être incorporé au plateau de Kerguelen par un saut de ride après 124 Ma (Nicolaysen et al., 2001; Weis et al., 2001; Gaina et al., 2003). Toutefois, une récente compilation et modélisation isotopique montre que le plume de Kerguelen n'aurait pu jouer qu'un rôle thermique dans la formation des premiers produits magmatique du plateau <95Ma (Olierook et al., 2017). Des interactions entre un manteau asthénosphérique et un manteau hétérogène métasomatisé ± croûte continentale suffiraient à expliquer les données géochimiques et isotopiques de ces premiers produits tholeiitiques. L'alcalinité des roches magmatiques augmente depuis le SKP jusqu'au NKP (e.g. Frey et al., 2003) comme en témoignent les basaltes alcalins trouvés au niveau de Broken Ridge (Neal et al., 2002) et de la NinetyEast Ridge (Frey et al., 2011), ainsi que par la rhyolite échantillonnée au niveau du Skiff Bank (Kieffer et al., 2002). Cette évolution semble refléter une diminution du degré de fusion partielle du manteau source des basaltes

devenant de plus en plus transitionnels (e.g. Chen and Frey, 1985; Bardintzeff et al., 1994) au cours du temps. D'autre part, l'implication continentale semble diminuer de concert puisqu'aucune preuve d'une telle contamination continentale n'a été clairement mise en évidence depuis env. 100Ma (site 747 : Frey et al., 2002b; Bénard et al., 2010). Bien que les compositions en éléments majeurs des roches basaltiques de la base du NKP (site 1140) montrent plutôt des similitudes avec les basaltes de la base du SKP (Weis et al., 2002), leurs signatures isotopiques sont bien différentes de ces derniers. Ces caractéristiques les relient aux basaltes de l'archipel abordés dans la section suivante.

1.2.4 Caractéristiques géochronologiques, géochimiques et isotopiques des roches de l'archipel

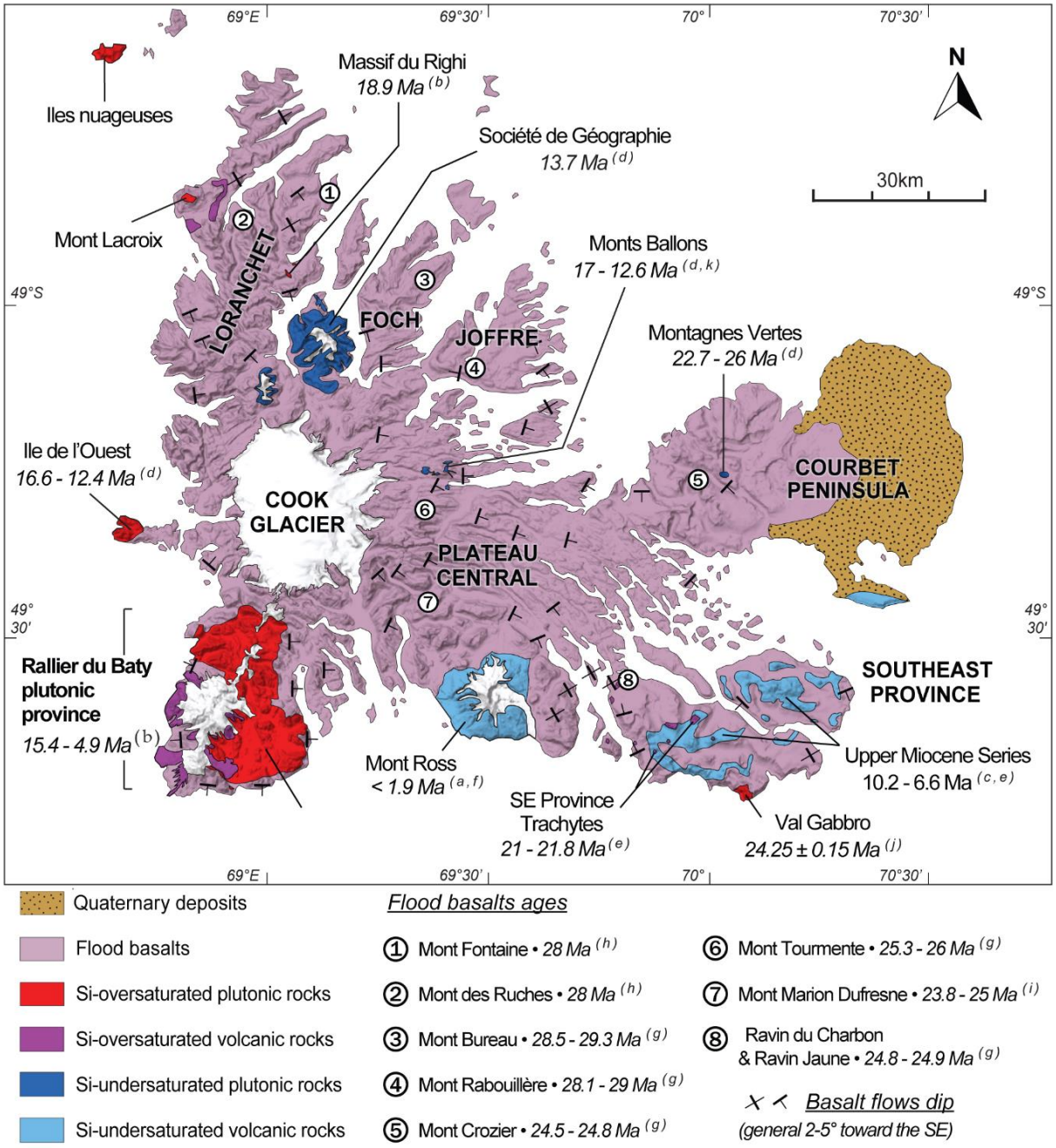


Figure 1.5 : Carte géologique simplifiée de l'archipel de Kerguelen illustrant les différents systèmes intrusifs dans les basaltes de plateau ainsi que les données géochronologiques associées (modifiée d'après Nicolaysen et al. (2000). Les orientations des basaltes sont de J.Nougier (1969). a) J.Nougier (1972); b) Dosso et al.(1979); c) Nougier et al.(1983) ; d) Giret and Lameyre (1983); e) H.Leyrit (1992); f) Weis et al. (1993); g) Nicolaysen et al. (2000); h) Doucet et al. (2002); i) H.Annell (2005); j) Scoates et al. (2007) et k) T.Loftus (2011).

Les basaltes de plateau apparaissent comme des coulées successives légèrement inclinées de 2 à 5 degrés vers le SE (Nougier, 1969). Plusieurs sections de basaltes réalisées sur l'archipel ont mis en évidence une augmentation de l'alcalinité au cours du temps (Weis et al., 1993; Yang et al., 1998) depuis les plus anciennes localisées au NO (e.g. Mont de la Fontaine, 28-29 Ma : Doucet et al., 2002) aux plus récentes situées au SE de l'archipel (e.g. Ravin du Charbon, 25 Ma et Mont Crozier, 24.5Ma : Nicolaysen et al., 2000). Bien que les compositions en éléments majeurs des basaltes les plus anciens de l'archipel présentent des similitudes avec les basaltes du SKP et du CKP, ils sont considérés comme des basaltes transitionnels tandis que les plus récents sont moyennement alcalins (Gautier, 1987; Gautier et al., 1990). Au nord de l'archipel, un des basaltes échantillonné en mer au niveau du NKP (site 1140, 34 Ma : (Mattielli et al., 2002; Weis and Frey, 2002) est interprété comme formé de l'interaction du plume et d'une source appauvrie identique à celle des MORB de la ride sud-est indienne. Les caractéristiques isotopiques des basaltes de plateau les plus anciens de la péninsule Loranchet, située au nord de l'archipel des Kerguelen, et datés entre 29 et 26 Ma mettent également en évidence l'implication d'une composante appauvrie. Ce composant a été expliqué soit par la source des MORB de la SEIR (Doucet et al., 2002), soit par un composant intrinsèque de la source du panache de Kerguelen (Frey et al., 2002a), ou encore par un processus d'assimilation dans la lithosphère océanique peu profonde de cumulats gabbroiques de la SEIR (Yang et al., 1998). La première hypothèse suggère des processus d'interaction ride-plume se déroulant jusqu'à environ 350 à 400 km de la SEIR (Royer and Sandwell, 1989). Après 26 Ma, la source des basaltes de plateau est considérée comme étant dominée par la signature du panache de Kerguelen. Les basaltes du Mont Crozier (24.5Ma ; Nicolaysen et al., 2000), situés sur la péninsule de Courbet, ont été considérés comme l'expression la plus pure de ce panache en raison de leurs compositions isotopiques extrêmes en Pb et Hf (Mattielli et al., 2002; Weis and Frey, 2002). L'étude des basaltes de l'archipel a donc montré qu'une interaction complexe (≥ 43 Ma) entre la SEIR et le panache de Kerguelen a eu lieu avant que ce dernier ne devienne la source dominante des basaltes transitionnels à moyennement alcalins tandis que le plateau de Kerguelen s'éloignait de la ride pour se positionner dans sa situation intraplaque actuelle (Gautier et al., 1990; Yang et al., 1998).

Les roches magmatiques intrusives dans les basaltes de plateau ont été subdivisées en trois groupes en fonction de leurs caractéristiques géochimiques et géochronologiques (Giret and Lameyre, 1983; Giret, 1983; Beaux, 1986; Weis and Giret, 1994). Les plus anciennes roches plutoniques forment des sills intrusifs intercalées dans les basaltes de plateaux, et correspondent principalement à des roches gabbroïques qui ont été décrites dans la péninsule Loranchet (Mont Lacroix :Giret and Lameyre, 1983) la péninsule de Courbet (Mont des Mamelles : Nougier, 1969; Giret and Lameyre, 1983) et la péninsule Jeanne d'Arc (Val Gabbro : Giret, 1983; Giret et al., 1988; Gautier et al., 1990). L'incohérence des âges proposés pour les roches du mont des Mamelles (précédemment 39-38Ma K-Ar method, Giret and Lameyre, 1983) avec ceux des basaltes hôtes (Mont Crozier, 24.5 Ma : Nicolaysen et al., 2000) laisse à penser que le complexe plutonique du Val Gabbro est bien le plus ancien de l'archipel (24,25 ±0,15 Ma ; Scoates et al., 2007). Le second groupe de roches plutoniques à avoir été mis en place appartient à la suite alcaline sous saturé en silice (Montagnes Vertes, 23-26 Ma : Giret and Lameyre, 1983; Mont Ballons, 17-13 Ma : Giret and Lameyre, 1983; Loftus et al., 2011; Société de Géographie, 13,7 Ma : Giret and Lameyre, 1983; Weis and Giret, 1994). Les roches de ce groupe sont principalement des gabbros, des monzonites et des syénites à néphéline. A la même époque, des basaltes modérément alcalins ont été mis en place au niveau du plancher océanique situés entre l'île Heard et l'archipel des Kerguelen (Weis et al., 2002). Enfin, le dernier groupe de roches plutoniques intrusives est composé de corps plutoniques appartenant à la série alcaline sursaturé en silice et affleurant principalement dans la partie occidentale de l'archipel (Iles Nuageuses, Ile de l'Ouest, Rallier du Baty : Nougier, 1969; Marot and Zimine, 1976;

Giret, 1983). Ils se sont mis en place entre 18.9 Ma (Righi :Weis and Giret, 1994) et 4,9 Ma (NE Rallier du Baty ; Lameyre et al., 1976; Dosso et al., 1979). Ils sont constitués de roches évoluant depuis des gabbros jusqu'à des granites alcalins avec une prédominance de syénites à quartz. La péninsule de Rallier-du-Baty, qui rassemble la majorité des roches de ce groupe disponibles à l'affleurement, constitue la zone d'étude de ces travaux de thèse. Cette dernière sera détaillée dans la section suivante. Bien que les roches volcaniques recoupant les basaltes de l'archipel des Kerguelen soient le plus souvent observées en association avec leurs intrusions plutoniques connexes (voir références ci-dessus), un événement majeur a permis la mise en place de roches volcaniques bien localisées dans la partie sud-est de l'archipel (phonolites et trachytes) datés entre 10,2 à 6,6 Ma (Nougier, 1969; Leyrit, 1992). Après une période de quiescence, plusieurs volcans centrés se sont mis en place dont le Mont Ross, qui est le plus haut sommet de l'île (1850 m). Ce dernier est principalement composé de roches effusives de la série alcaline sous saturée en silice allant de trachybasaltes à des trachytes à néphéline datés entre 1.02 et 0,1 Ma (Weis et al., 1998). La plus jeune roche alcaline est une trachyte quartzifère datée à 26 Ka qui provient d'un volcan de la partie nord de la péninsule Rallier-du-Baty (Gagnevin et al., 2003).

Contrairement à celles des basaltes de plateaux de l'archipel, l'ensemble des compositions isotopiques des roches magmatiques intrusives mises en place depuis 25 Ma au niveau de l'archipel, et notamment celles des roches plutoniques (Weis and Frey, 2002) ne peuvent pas s'expliquer par un mélange entre la source enrichie du plume de Kerguelen et une source appauvrie de type MORB (Borisova et al., 2014). Un troisième composant a ainsi été invoqué pour expliquer les valeurs isotopiques montrant une tendance vers des compositions Sr^{87}/Sr^{86} plus radiogéniques et des rapports Hf-Nd-Pb plus faibles (Ingle et al., 2002; Mattielli et al., 2002). Il a été suggéré que ce composant « crust-like » pourrait provenir de faibles degrés de fusion de matériaux recyclés dans la région du panache de Kerguelen. Ces matériaux pourraient correspondre à des fragments de croûte océanique ou de plateau recyclés via des mécanismes de subduction (Mattielli et al., 2002) plaidant pour une hétérogénéité intrinsèque du plume de Kerguelen ou provenir de l'assimilation de fragments de la lithosphère de la partie crétacée du plateau océanique de Kerguelen (Mattielli et al., 1999; Ingle et al., 2002, 2003; Loftus et al., 2011). Les études géochimiques et isotopiques des roches intrusives de l'archipel ont donc permis d'identifier plusieurs composantes minoritaires mal définies impliquées dans la genèse de ces roches dominées par la signature du panache de Kerguelen.

D'autre part, les xénolites basiques et ultrabasiques remontés par les roches volcaniques alcalines récentes recoupant les basaltes de plateau ont fourni d'importantes informations sur le manteau sous-jacent de l'archipel ainsi que sur l'interface croûte-manteau. Les xénolites de péridotites ont permis de mettre en évidence des processus de fusion partielle et de métasomatisme d'un manteau supérieur semblable à celui de la SEIR. Le métasomatisme est relié à la percolation de liquides alcalins voire carbonatitiques probablement relier à l'activité du plume de Kerguelen (Grégoire et al., 2000; Delpech et al., 2004). Certaines données Re-Os ont également montré la présence locale d'un manteau lithosphérique continental probablement crétacé sous l'archipel (Hassler and Shimizu, 1998) alors qu'une étude pétrologique plus récente propose même l'existence, au niveau d'une seule localité, de quelques fragments de manteau similaire au manteau cratonique (Wasilewski et al., 2017). Ces différents xénolites péridotitiques attestent donc de l'hétérogénéité du manteau sous-jacent à l'archipel. De plus, d'autres xénolites montrent des évidences d'équilibration en faciès granulite (Grégoire, 1994; Grégoire et al., 1998). Ces derniers sont considérées comme les marqueurs de l'épaississement progressif du NKP au cours du temps et de l'éloignement progressif par rapport à la ride océanique. L'abondance de ces enclaves sur le terrain, couplée à des expérimentations en laboratoire, ont permis d'identifier une large

zone de sous-plaquage magmatique basique et ultrabasique permettant d'expliquer les faibles vitesses d'ondes sismiques qui délimitent la transition croûte-manteau sous l'archipel (Recq et al., 1990; Charvis et al., 1995; Grégoire et al., 2001), laquelle est estimée autour de 18 Km sous l'archipel.

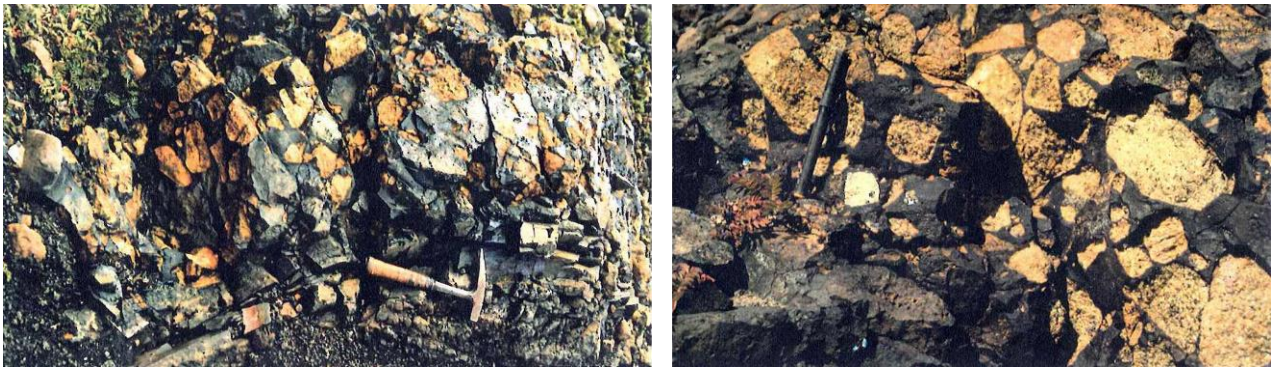


Figure 1.6 : Photos d'enclaves mafiques et ultramafiques retrouvées dans les laves alcalines récentes de l'archipel de Kerguelen (crédit J-Y. Cottin).

1.2.5 La péninsule de Rallier du Baty

La partie sud-ouest de l'archipel de Kerguelen concentre la majorité des roches plutoniques intrusives (Nougier, 1969). Dans la partie occidentale de la péninsule, ces corps plutoniques sont couverts par des coulées volcaniques de nature trachytique qui semblent avoir été émises à partir d'au moins quatre édifices différents (Nougier et al., 1982). Ces roches volcaniques forment une crête orientée NNE-SSW et ne sont pas âgées de plus de quelques siècles (Nougier, 1972; Nougier et al., 1983). La topographie actuelle de la péninsule est principalement gouvernée par l'érosion glaciaire sub-récente, responsable du découpage de la zone en différents massifs et de l'exceptionnelle qualité des affleurements. Ces roches plutoniques forment une série alcaline sursaturée en silice constituée de roches de différentes natures allant de gabbros et de monzo-diorites à des syénites à quartz (type dominant) et des granites alcalins. Ces roches plutoniques sont recoupées par de nombreux dykes de basaltes, de trachy-basaltes et de trachytes (Mathieu et al., 2011). Même si la découverte de ces roches grenues remonte à la découverte même de l'archipel de Kerguelen (débarquement de l'équipage du Gros Ventre commandé par Saint Allouarn : le 13 février 1772), le caractère intrusif dans les basaltes de plateau ne fut confirmé que 200 ans plus tard par J.Nougier en 1963. Plus tard, de nouvelles études de terrains (Marot and Zimine, 1976) ont permis d'observer des roches plutoniques au delà de la péninsule (sensu lacto) vers le Nord et de définir 4 complexes distincts. Le complexe Sud (le plus grand), le complexe intermédiaire, le complexe du nord –ouest et le complexe du Nord-est. La zone d'étude de mes travaux de thèse se limite au complexe Sud de la péninsule ou SRBIC (South Rallier du Baty Igneous Complex).

Toutes les études géochronologiques conduites sur la péninsule Rallier-du-Baty ont été réalisées avant 1980. Les premières datations ont été obtenues par la méthode K-Ar sur des échantillons roche totale et ont fourni un âge de 8,7 ± 0,9 Ma pour une syénite du Mont des Deux Frères et un âge de 11,5 ± 0,2 Ma pour un basalte métamorphisé localisé près d'un contact intrusif (Nougier, 1969). Plus tard, cette méthode a été utilisée à nouveau pour 6 échantillons par Lameyre et al (1976) et Dosso et al (1979). Un gabbro de l'Anse du Gros Ventre a été daté ainsi à 15,4 ± 0,5 Ma (roche totale) et 13,6 ± 0,4 Ma (biotites séparées). Une syénite située près du contact intrusif de l'arête Jérémine a fourni un âge de 12,6 ± 0,4 Ma, un dyke aplitique localisé au pied du Mont du Commandant et une syénite provenant de l'est du Mont Léon Lutaud ont donné des âges respectivement de 9,2 ± 0,4 Ma et 9,1 ± 0,4 Ma. Un granite alcalin échantillonné sur le flanc nord du Massif des Deux Frères et un dyke de dolérite du flanc sud du Pic Chastaing ont été quant à eux datés respectivement à 7,3 ± 0,2 Ma et 7,4 ± 0,2 Ma. A la même époque, la

méthode des isochrones Rb-Sr a été également utilisée pour plusieurs échantillons. Cette méthode a permis de définir des zones géographiques concentriques au niveau de Rallier du Baty avec des âges évoluant du nord au sud de 12 Ma à 9,7 ± 2 Ma, 8,6 ± Ma et enfin à 7,9 ± 2 Ma (Watkins et al., 1974; Dosso et al., 1979). Une carte topographique de la péninsule est fournie en annexe.

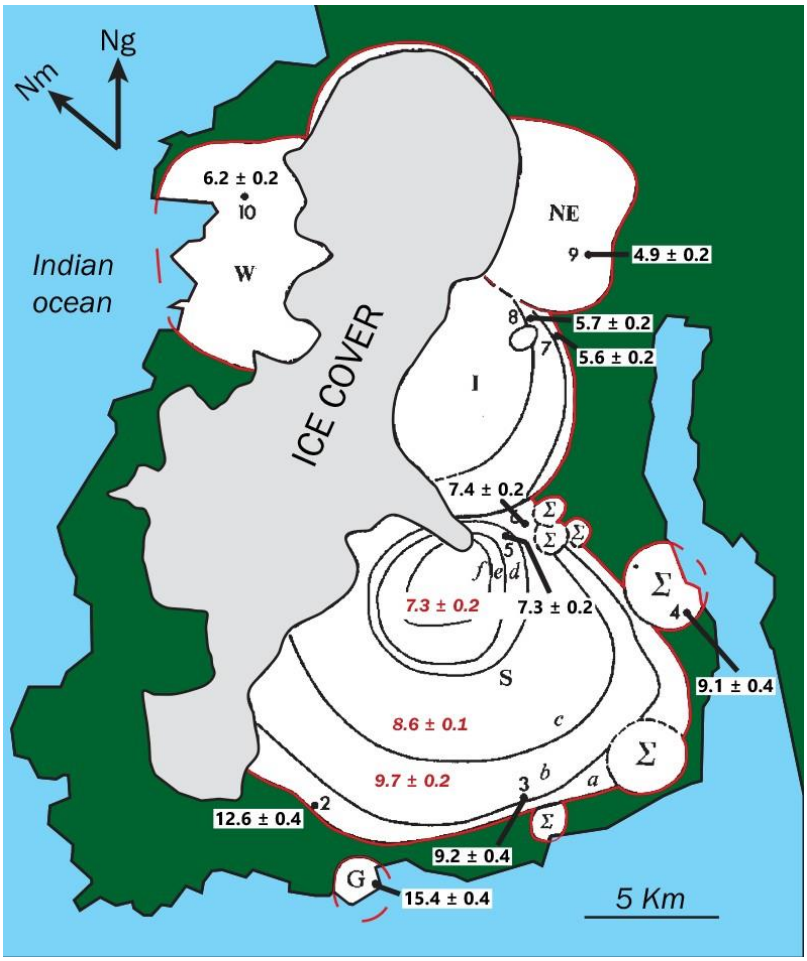


Figure 1.7: Carte des différents complexes intrusifs de la province plutonique de Rallier du Baty et données géochronologiques associées (Watkins et al., 1974; Dosso et al., 1979).

Ces premiers travaux géochronologiques ont donc montré que les âges des roches plutoniques sont de plus en plus jeunes en allant vers le nord de la péninsule Rallier-du-Baty, en accord avec les relations de terrain (Marot and Zimine, 1976). En outre, ces études géochronologiques précédentes ont montré que la mise en place de l'ensemble du complexe plutonique de la péninsule Rallier du Baty s'est étalée sur environ 5.3 Ma. Associés aux premières données géochimiques, les études isotopiques en Rb/Sr ont permis d'attribuer l'origine des roches du complexe au panache de Kerguelen. Dosso et al (1979) ont conclu que même si les rapports initiaux $^{87}Sr/^{86}Sr$ des roches plutoniques étudiées sont élevés par rapport aux rapports initiaux moyens des OIB, la croûte continentale n'a pas été impliquée dans la genèse des magmas parentaux des roches plutoniques.

Enfin, les travaux de structurale de Marot et Zimine, basés sur leur observations de terrains, leur ont permis de proposer un modèle de construction par « subsidence en chaudron » pour expliquer la mise en place des différents complexes intrusifs de la péninsule incluant le complexe sud. Ce modèle n'a été remis en question que très récemment (Mathieu et al., 2011) dans le cas de l'archipel de Kerguelen.

Chapitre 2 : Relations de terrain et structure du SRBIC

2.1 Introduction

Cette partie représente le ventricule droit du cœur sur lequel est bâtie cette thèse. Les observations de terrain représentent l'une des bases indispensable dans cette étude voulant porter un regard neuf sur ce complexe. Ce travail de thèse n'aurait pu donc se faire sans une campagne de terrain qui fut réalisée de novembre 2013 à janvier 2014. Cette mission de terrain s'est effectuée dans le cadre d'un projet multi-disciplinaire plus vaste que la seule étude du SRBIC, conduit sur plusieurs années et visant à étudier les différents transferts et interactions fluides-roches à travers la lithosphère de Kerguelen (IPEV-1077-TALISKER programme). Cette campagne, et les résultats qui en découlent, exposés dans cette partie, n'auraient pas pu non plus se réaliser correctement sans chacun des membres de l'équipe ayant participé à cette mission. C'est pourquoi, accompagné de D.Guillaume, M.de Saint-Blanquat et M. le Romancer j'utiliserai le pronom personnel « nous » dans cette partie tout en assumant la responsabilité de chacun des mots qui suivront. Une trentaine de jours de terrain effectifs fut donc consacré à l'étude des roches du complexe sud de la péninsule. Les conditions météo, souvent contraignantes, sont en parties responsables de la difficulté d'accès à l'ensemble de la péninsule. La zone d'étude se situe surtout autour de la plaine des Sables, de l'anse du Gros Ventre au sud de la péninsule jusqu'au massif des Deux Frères au nord, et de la vallée Fallot à l'ouest jusqu'à la vallée de la Plage Jaune à l'est. Seules 2 journées le long du flanc sud de la vallée de Larmor et sur le flanc sud-est du mont Chastaing respectivement ont pu être réalisées à la fin de notre séjour grâce aux débarquements par bateau via la baie de la Mouche. Naturellement, les données et les échantillons issus d'une campagne précédente (IPEV-444-Dylioker programme) réalisée en 2009-2010 ont été utilisés. Toutefois, nos données ne sont pas réparties de manière homogène sur l'ensemble du SRBIC, ce qui induit un biais d'échantillonnage dans nos observations et dans nos mesures. Nous montrerons que cela n'altère pas nos conclusions principales (voir Discussion - partie 7.4.4).

Nous nous sommes attachés sur le terrain à identifier les lithologies et les textures, à caractériser leurs relations, et à mesurer les différents éléments structuraux observés. Le but étant d'obtenir un calage structural de l'histoire magmatique et d'avoir une chronologie relative entre les différents évènements magmatiques et les différentes déformations syn et post magmatiques. Cette caractérisation temporelle, en plus de la nature des objets, permet de retracer leur histoire magmatique et est un pré-requis nécessaire pour ensuite, aller plus loin dans l'interprétation des données géochronologiques, pétrologiques et géochimiques.

J.Nougier (1969) avait démarré l'étude du complexe au travers d'un travail extraordinaire portant sur tout l'archipel de Kerguelen dont les roches de RdB ne représentent qu'une petite partie. La première étude structurale approfondie du complexe de Rallier du Baty fut conduite par Marot et Zimine (1976), présentée dans leur thèse, et dans laquelle de nombreuses observations de terrains sont consignées. En plus de ces dernières, leur étude était surtout la première étude complète centrée sur la pétrographie des roches du complexe. La campagne de terrain que nous avons menée nous a donc permis de confronter nos observations avec ces précédents travaux, en constituant un jeu de données structurales conséquent, cohérent et représentatif. Associé à des coupes réalisées à différentes échelles, ces données nous permettent de proposer un modèle structural solide, car adossé à de nombreuses données et mesures de terrain.

2.2 Les relations de terrain

2.2.1 Les textures rencontrées

La texture d'une roche magmatique est l'enregistrement de l'histoire récente de sa cristallisation dans son site de mise en place, alors que sa minéralogie et sa composition chimique reflètent l'origine et l'évolution chimique du magma depuis sa source. Ainsi la pétrographie et les textures magmatiques ne sont pas forcément couplées. Les textures des roches mises en place marquent donc l'histoire de la construction du corps plutonique. Le but de cette section est de décrire les différentes textures rencontrées sur le terrain qui ont enregistré cette construction.

2.2.1.1 Les basaltes de plateau

Figure 2.1: Planche photographique des basaltes de plateau , a) de loin, b) à l'affleurement, c) présentant un métamorphisme de contact (Mont du Commandant), d) en xénolithes dans la syénite, e) en écran dans la syénite.

Les basaltes de plateau, dans lesquels le complexe du SRBIC s'est mis en place, ont des textures relativement uniformes. Seule la texture au contact de l'intrusion est nettement différente. Sur une distance inférieure au mètre, les basaltes présentent des textures partiellement recristallisées avec l'apparition de minéraux d'amphibole très visibles à l'œil nu attestant d'un métamorphisme de contact. Lorsqu'ils sont incorporés dans l'intrusion plutonique sous forme de xénolithes (de taille pluri-centimétrique) ou d'écrans basaltiques (de taille pluri-métrique), ils présentent également des textures de recristallisation plus ou moins avancées.

2.2.1.2 Les roches felsiques plutoniques

Les roches plutoniques felsiques constituent la majeure partie des roches du complexe. Elles représentent grossièrement 95% des roches intrusives à l'affleurement. Ces roches sont assez monotones car en grande majorité syénitiques (Nougier, 1969; Marot and Zimine, 1976; Giret, 1983). Les termes granitiques étant proportionnellement faibles, j'emploierai donc le terme de roches syénitiques sensu lato (ou de syénites sensu lato) pour l'ensemble des roches felsiques. Ces roches ont des couleurs relativement homogènes allant du gris au brun pour l'essentiel. Macroscopiquement, les phases minérales majeures que sont les feldspaths, les amphiboles et les pyroxènes qui composent ces roches sont identiques et semblent peu varier en mode d'occurrence. Seule la présence de biotite et/ou de quartz crée une différence minéralogique significative. La monotonie apparente de ces roches est sans conteste due au volume de feldspaths (entre 70 et 80% ; Nougier 1969; Giret 1983) qui les composent et qui masquent également les variations minéralogiques. C'est pourquoi le paramètre macroscopique qui varie le plus et qui marque une nette distinction entre les différentes roches du SRBIC ainsi qu'une bonne description de sa structure sur le terrain est la texture.

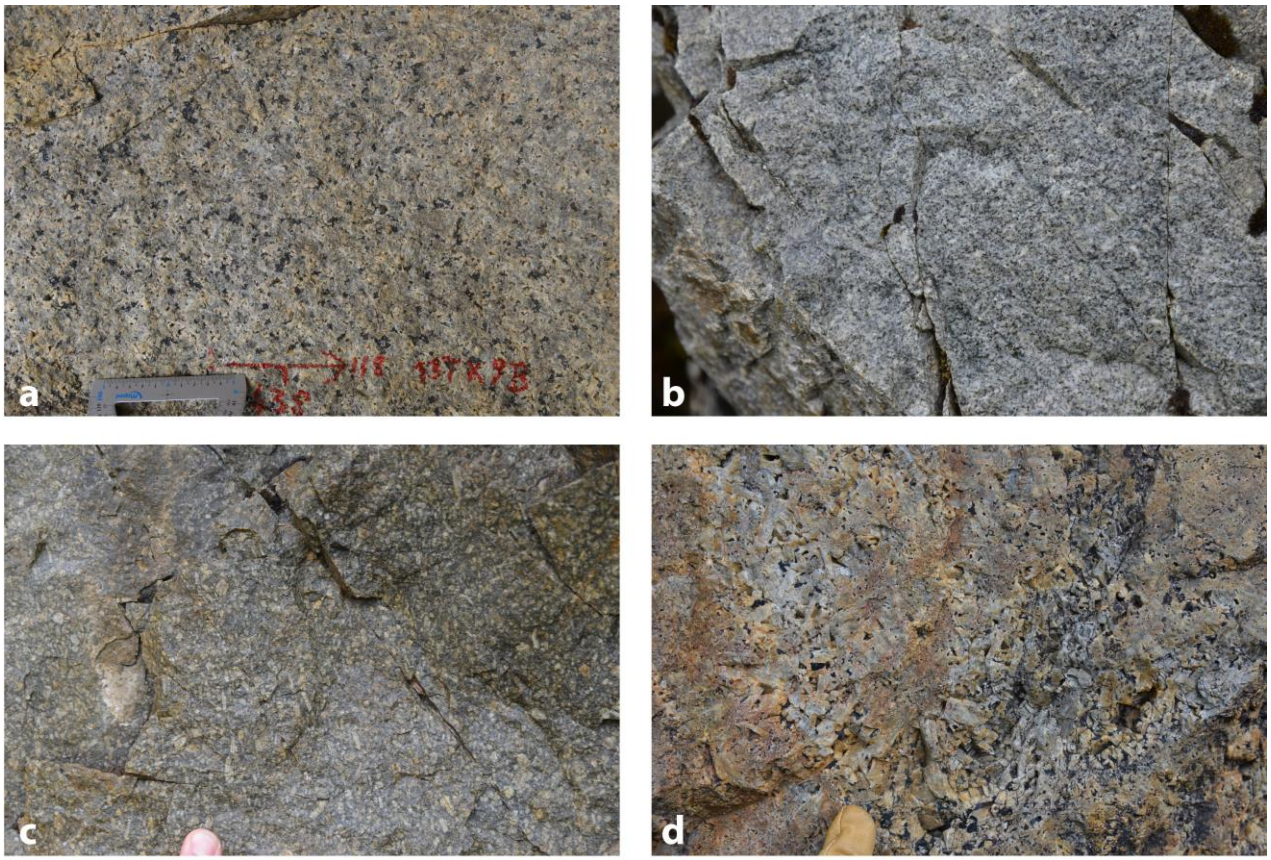


Figure 2.2: Planche photographique des 4 grands types de textures rencontrées dans les syénites du SRBIC ; a) texture grenue, b) texture microgrenue ou fine, c) texture (microgrenue) porphyrique, d) texture pegmatitique.

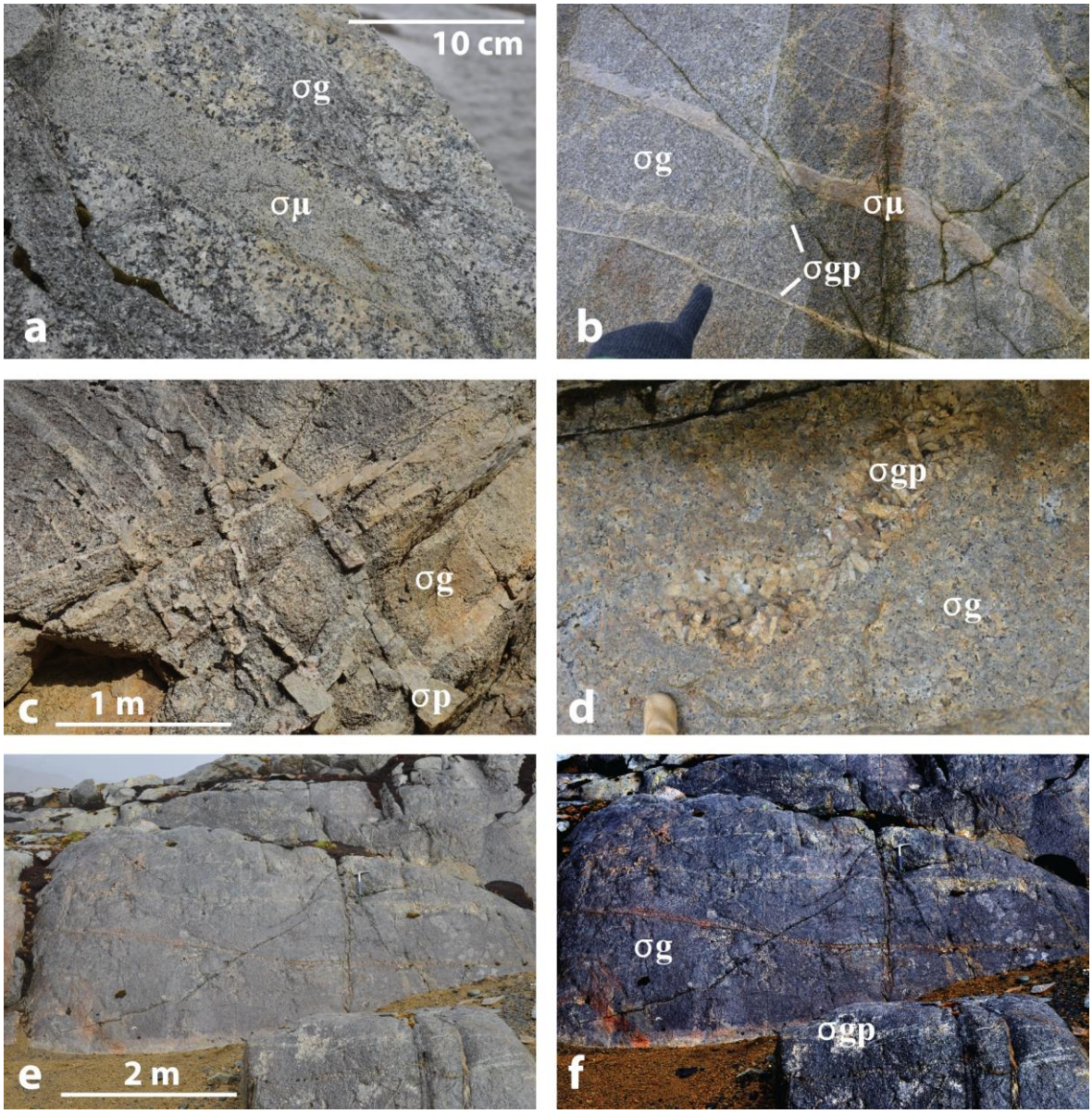


Figure 2.3: Relations chronologiques entre les différentes textures de syénites. a) filon de microsyénite recoupant une syénite grenue, b) microfilons de texture pegmatitique tardifs sur la syénite grenue, c) nombreuses veines ou filons de syénite porphyrique recoupant une syénite grenue, d) ségrégation pegmatitique en forme de poche dans une syénite grenue, e et f) filons de pegmatite tardifs recoupant une syénite grenue.

En effet, indépendamment des variations minéralogiques, les syénites du SRBIC montrent une grande variété de textures à l'affleurement. Parmi cet éventail, quatre textures principales les caractérisent (Figure 2.2) :

- des syénites à texture grenue (grains pluri-millimétriques à centimétriques) dite syénite grenue, notées *σg*

- des syénites à texture microgrenue (grains millimétriques à infra-millimétriques), dite syénite fine ou microsyénite, notées *σμ*

- des syénites pegmatitiques (grains centimétriques à pluri-centimétriques) résultant de ségrégation locale à différentes échelles des syénites grenues et fines, notées *σpg*

- des syénites porphyriques, qui montrent une matrice à grain fin et des phénocristaux majoritairement feldspathiques centimétriques, notée *σp*

Les textures de syénites grenues, fines et pegmatitiques ont été observées sur l'ensemble du complexe. Cependant, la syénite de type grenue est de loin la texture la plus représentée sur le complexe. D'autre part, la quantité de microsyénite diminue fortement vers le centre-nord de la péninsule de Rallier du Baty. La syénite porphyrique, très peu importante volumétriquement, n'a été observée que dans les parties les plus externes du complexe.

Il n'y a pas de relation chronologique simple entre syénites grenues et fines (Figure 2.3). Bien qu'il soit plus fréquent d'observer un filon de microsyénite recoupant la grenue, de nombreuses enclaves de microsyénites s'observent également dans la syénite grenue. Ces dernières sont de tailles et de formes variées se qui conduit à supposer, en plusieurs endroits que la syénite grenue recoupe la syénite microgrenue. Les syénites pegmatitiques définissent des accumulations localisées qui évoluent généralement en un réseau anastomosé qui recoupe plus ou moins les syénites grenues et fines. La syénite porphyrique apparait uniquement à des endroits clés et marqueurs structuraux important dans la construction du SRBIC tels qu'a certains endroits du contact SRBIC-Basaltes, contacts roches plutoniques intermédiaires/syénites et zone de déformation intense. Cette syénite montre à la fois des indices de recoupement sur les autres lithologies et une co-structuration en accord avec la structure générale (ces différents éléments seront détaillés plus bas).

2.2.1.3 Les roches intermédiaires et mafiques

Un cortège de roches plutoniques intermédiaires (monzonites et monzodiorites) et mafiques (monzogabbros), à tendance monzonitique, c'est à dire plutôt intermédiaire géochimiquement (voir Chapitre 5), se rencontre uniquement dans la partie externe du SRBIC et les complexes satellites du sud de la péninsule. Les roches les plus basiques (Figure 2.4a) se retrouvent dans le massif intrusif structuralement au dessus SRBIC à l'extrême sud de la péninsule et formant la pointe de l'arête Jérémine, nommé massif de l'anse du Gros Ventre. Les monzonites s'observent uniquement dans le complexe satellite qui forme la première intrusion de la Plage Jaune. Les monzodiorites (Figure 2.4b) s'observent dans la partie la plus externe du SRBIC au sein des syénites. Les textures de ces roches mafiques et intermédiaires sont grenues ou microgrenues. Les relations aves les roches felsiques n'ont pas pu être observées sur le massif de l'anse du Gros Ventre ou les contacts sont enfouis sous les éboulis et la végétation. Il nous est donc impossible de dire si ces roches mafiques forment une enclave transportée par les intrusions felsiques ou une intrusion à part entière dans ce satellite. Toutefois, quelques filons syénitiques microgrenus aplitiques recoupant ces roches laissent penser qu'au moins une partie des syénites qui composent également ce massif sont plus jeunes que les roches mafiques (Figure 2.4d). Au sein du SRBIC, dans les parties externes, les textures de contact entre les syénites et les roches mafiques/intermédiaires montrent une coexistence à l'état magmatique entre ces deux types de roches (Figure 2.4c). La chronologie relative entre ces deux types de roches n'est donc pas toujours claire. Cependant, on observe (i) des indices d'assimilation qui laisse penser que la syénite s'injecte dans les magmas mafiques et intermédiaires, et (ii) de nombreux affleurements montrant des enclaves/xénolites de roches mafiques dans la syénite (Figure 2.4d). Nous n'avons jamais observé d'enclaves syénitiques dans les roches mafiques et intermédiaires.

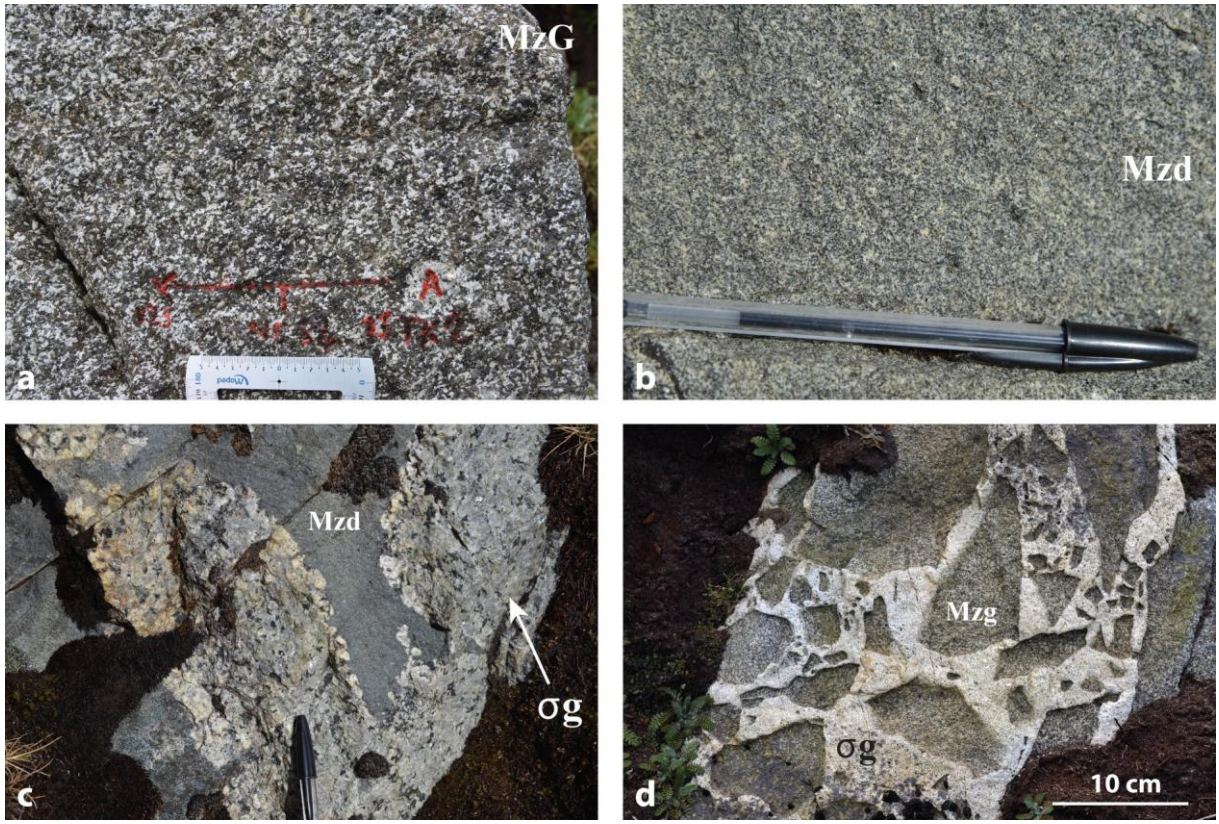


Figure 2.4 : Les différents faciès mafiques et intermédiaires à l'affleurement et relations avec les faciès felsiques.

2.2.1.4 Les filons

Le SRBIC est recoupé par de nombreux filons (Figure 2.5a et b) majoritairement mafiques mais aussi felsiques syn à post-plutoniques. Nous les avons cartographiés et nous avons systématiquement mesuré leur orientation, mais ils n'ont pas fait l'objet d'une étude pétrologique systématique. On observe essentiellement des filons basaltiques, de couleur noire-verte de texture majoritairement microlitique aphyrique (Figure 2.5c), et des filons trachytiques qui sont eux légèrement plus clairs, vert-noir, et montrant des textures porphyriques avec des tailles variables de phénocristaux de feldspaths (Figure 2.5d). L'altération de ces filons permet également de les distinguer car les filons basaltiques ont tendance à s'assombrir et leur patine devient très sombre avec quelques nuances de bleu tandis que la patine des roches trachytiques tend vers le violet. De rares filonnets intermédiaires de microsyénite-monzonite sont observés et recoupent des zones de cisaillement (Figure 2.5g). Certains filons microgrenus sont qualifiés de composites car sans doute formés d'injections multiples avec des « lits » millimétriques plutôt quartzo-feldspathiques et d'autres très riches en oxydes de Fe-Ti (Figure 2.5h).

La majorité des filons est clairement postérieure à la mise en place des syénites et recoupent ces dernières de façon franche (Figure 2.5a,b,c et d). De rares évidences de syénites recoupant ces filons montrent bien que certains sont syn-plutoniques (Figure 2.5e). Les relations de recoupement complexes entre filons et zones de cisaillement (détaillées plus bas) montrent la présence de plusieurs générations de filons sensu lato et/ou la présence de plusieurs phases de déformation (Figure 2.5e, f, g et Figure 2.30). Il parait donc évident qu'il existe plusieurs générations de filons sécants sur les syénites et tardifs dans l'histoire de la construction du SRBIC. Cependant, bien qu'ils soient tardifs pour la plupart, cela ne signifie pas qu'ils sont tous post-plutonisme. De plus, une datation réalisée sur un filon trachytique (13TK08) clairement sécant sur la syénite (à l'image de la Figure 2.5d) a été daté à 7.93 ± 0.3 Ma, c'est à dire bien

contemporain de la mise en place des syénites et donc de la construction du SRBIC (voir Chapitre 3-géochronologie)

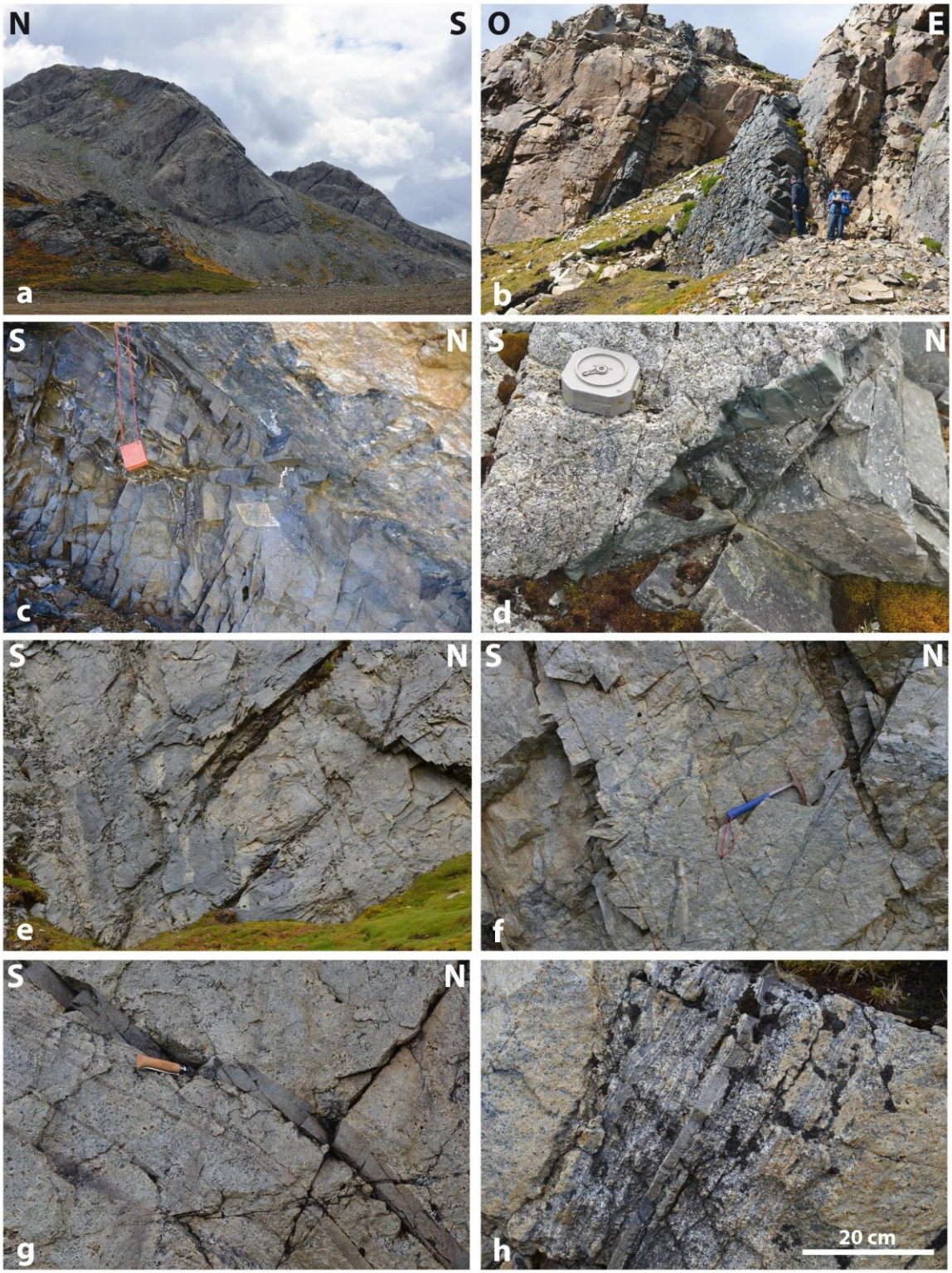


Figure 2.5 : Planche photographique des différents types de filons observés et de leur chronologie relative par rapport aux roches encaissantes. a) à grande échelle, b) à l'affleurement, c) filon de basalte transportant des fragments anguleux de syénite, d) filon de trachyte porphyrique à feldspaths, e et f) filons basiques tardifs sur la syénite recoupé par des ségrégations pegmatitique, le tout décalé par des zones de cisaillement, g) filon microgrenu syénitique ou monzonitique recoupant la syénite, h) filon composite montrant de nombreuses injections .

2.2.2 Structure et orientation des basaltes

A l'échelle des Kerguelen, les coulées basaltiques montrent une géométrie très régulière et constituent un empilement monoclinal à faible plongement (3-5° en moyenne) vers le sud-est (Figure 1.5 et Figure 2.33) (Nougier, 1969; Marot and Zimine, 1976). La distance maximale parallèle à la direction du pendage général des coulées de basaltes est de 140 km, mesurée entre le nord-ouest de la péninsule Loranchet et le sud-est de la presqu'île de Ronarc'h. L'épaisseur structurale totale des basaltes observable sur l'archipel est donc comprise entre 7 et 12 Km pour 3 et 5° respectivement.

A l'approche des différents complexes intrusifs situés au sud-ouest de l'archipel, les basaltes montrent clairement un changement d'orientation. En s'approchant du SRBIC, quel qu'en soit l'endroit, le pendage augmente jusqu'à atteindre des valeurs de 30-40° (Figure 2.1 et Figure 2.6). Ceci a pu être observé tout autour du SRBIC sauf à l'ouest et au nord-ouest, car le contact y est recouvert par des coulées volcaniques trachytiques récentes (Nougier, 1963). Ce changement d'orientation des basaltes et ce soulèvement a été observé par tous les différents auteurs qui ont travaillé sur cette région (Nougier, 1969; Marot and Zimine, 1976; Giret, 1983; Mathieu et al., 2011).

Figure 2.6 : Photos des épanchements basaltiques de la péninsule de Rallier du Baty : (a) le massif de Castor et Pollux (crédit C. Dekeyser) et (b) une vue à partir du massif des Fumerolles (crédit : M. leRomancer).

Ainsi, l'étude des orientations des basaltes tout autour du SRBIC, met clairement en évidence un changement d'orientation et de pendage des coulées basaltiques qui, du fait de cette coïncidence spatiale, est à mettre en relation directe avec l'intrusion du SRBIC. Cette caractéristique se retrouve également au niveau des intrusions plutoniques situées plus au nord de la péninsule. En effet, l'orientation des basaltes du massif des Restanques montre déjà un soulèvement dont le centre se situe au niveau du Pic Chastaing. Plus au nord au niveau du massif de Castor et Pollux (Figure 2.6), Nougier (1969) avait mesuré l'orientation de basaltes impliquant une perturbation postérieure à leur mise en place par les intrusions plutoniques les plus au nord de la péninsule, proches de la calotte Cook.

L'examen des photos aériennes et satellites montre l'existence de grands linéaments / fractures (?) qui affectent les basaltes régionalement, et qui sont notés sur les cartes géologiques (Nougier, 1969; Mathieu et al., 2011). Soit ce sont des fractures sans déplacement c'est à dire des diaclases, soit ce sont des failles qui devraient montrer des décalages dans les basaltes de plateau. Nos observations sur la péninsule de RdB montrent qu'il est en réalité très difficile d'observer des décalages à grande échelle entre les épanchements basaltiques. Cette observation se vérifie également dans la région du Plateau Central que nous avons pu parcourir du lac Bontemps à Port Jeanne d'Arc. Du fait du litage prononcé et régulier des coulées basaltiques, ainsi que de leur homogénéité d'épaisseur et de couleur, ces décalages ne sont pas facilement visibles. Toutefois, ces derniers semblent bel et bien exister tel que Nougier les a décris (1969), suggérant donc une attention particulière pour être décelés (voir Chapitre 7 - Figure 7.5).

2.2.3 Le contact SRBIC – Basaltes de plateau

Du fait qu'il met en jeu deux roches de composition, de texture, et de couleur très contrastées, le contact entre les syénites et les basaltes de plateau est bien marqué et clairement visible dans le paysage. Sa géométrie est complexe car elle évolue entre deux types de géométrie extrêmes. La première est une géométrie fortement pentée et discordante par rapport à l'orientation des basaltes. La seconde est bien moins pentée et concordante avec les plans d'épanchements basaltiques. Cette géométrie "bipolaire" s'observe à grande échelle tout autour du SRBIC là où le contact est visible, et particulièrement sur le flanc nord du mont du Commandant, le flanc SW du mont Lieutard ou bien le flanc nord de l'arête Jérémine (Figure 2.7; et Figure 2.8).

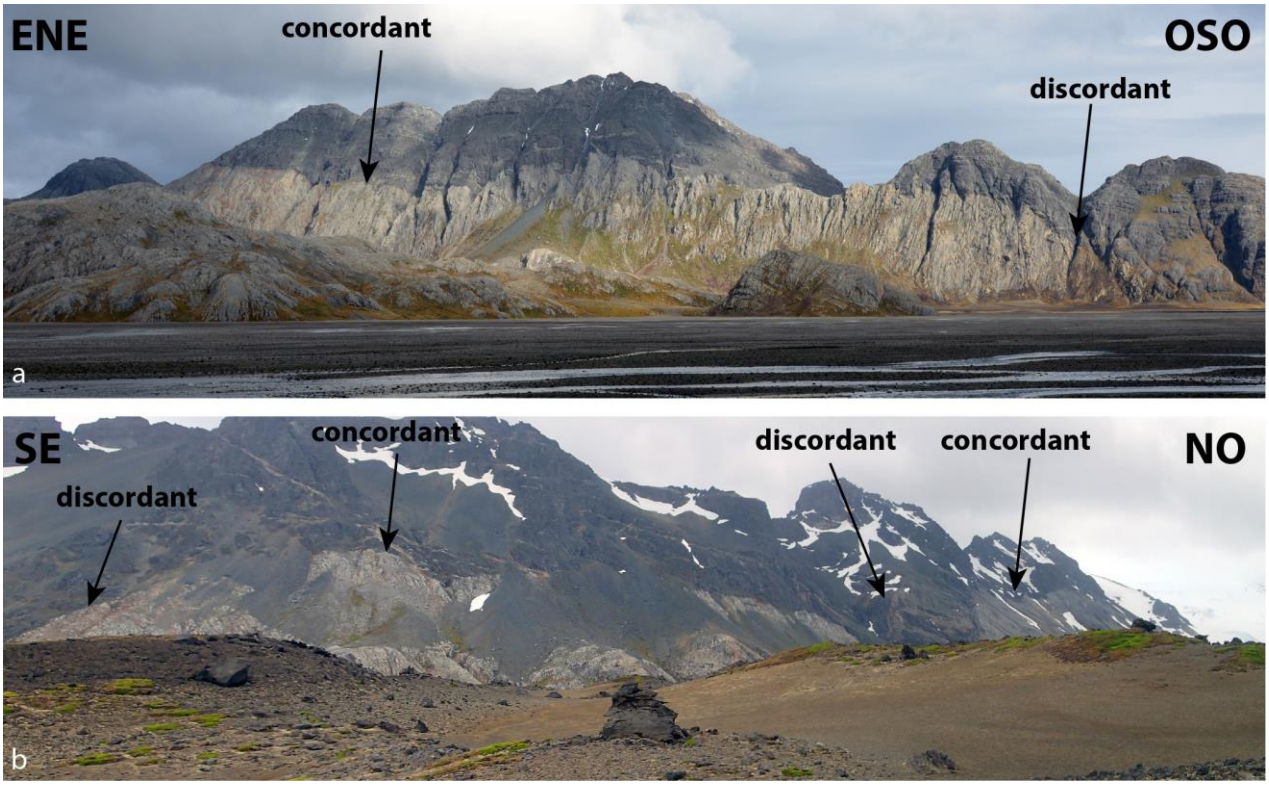


Figure 2.7 : Photo du contact intrusif du SRBIC avec les basaltes de plateau : a) Mont du Commandant et b) arête Jérémine.

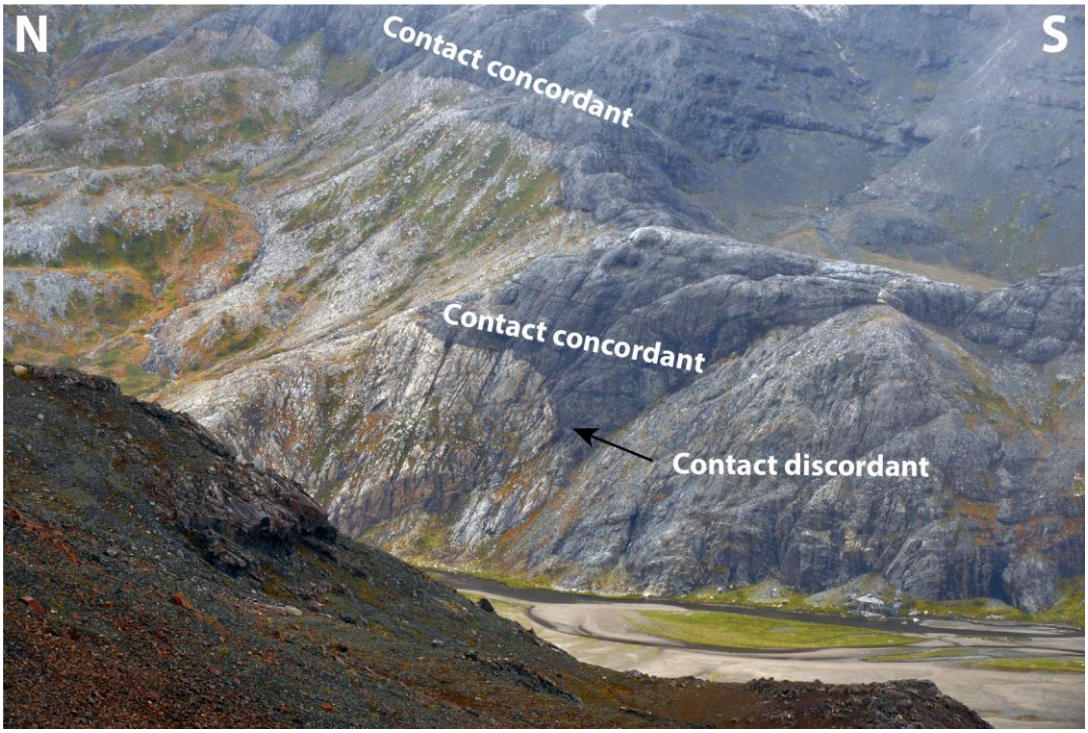


Figure 2.8 : Photo du contact intrusif du SRBIC avec les basaltes de plateau sur le flanc O du Mont de Volz (Plage Jaune).

Le contact intrusif sur le flanc S du mont Léon Lutaud est clairement discordant avec les basaltes sur une centaine de mètres avant que son pendage ne s'horizontalise vers le sommet (Figure 2.9 et Figure 2.33). Cette disposition sécante en bas et concordante dans les parties supérieures se retrouve ça et là autour du SRBIC. Cette observation est un des arguments majeur invoqué par Marot et Zimine (plus tard Giret, 1983 et Bonin, 2004) pour expliquer le modèle proposé de «cauldron subsidence». Cependant, la relation inverse (concordant en bas et discordant dans les parties hautes) s'observe également en de nombreux endroits, ou bien des alternances à différentes échelles. Enfin, la forme en dôme des basaltes suppose que le contact intrusif est globalement concordant (Figure 2.33, Figure 2.38 et Figure 3.14) à l'échelle du SRBIC.

Figure 2.9 : Photo du contact intrusif externe du SRBIC sur le flanc S du Mont Léon Lutaud recoupant avec un fort pendage les épanchements basaltiques.

Les petits complexes satellites qui se répartissent tout autour – c'est à dire structuralement au dessus - du SRBIC (Marot and Zimine, 1976) montrent également ces deux géométries de contacts intrusifs discordantes et concordantes (Figure 2.10). Ce type de géométrie de contact n'est donc pas lié au volume total de liquide magmatique injecté dans les basaltes mais plutôt aux caractéristiques de la mise en place (mécanisme, flux, vitesse d'injection, contraste de température, viscosité du magma…).

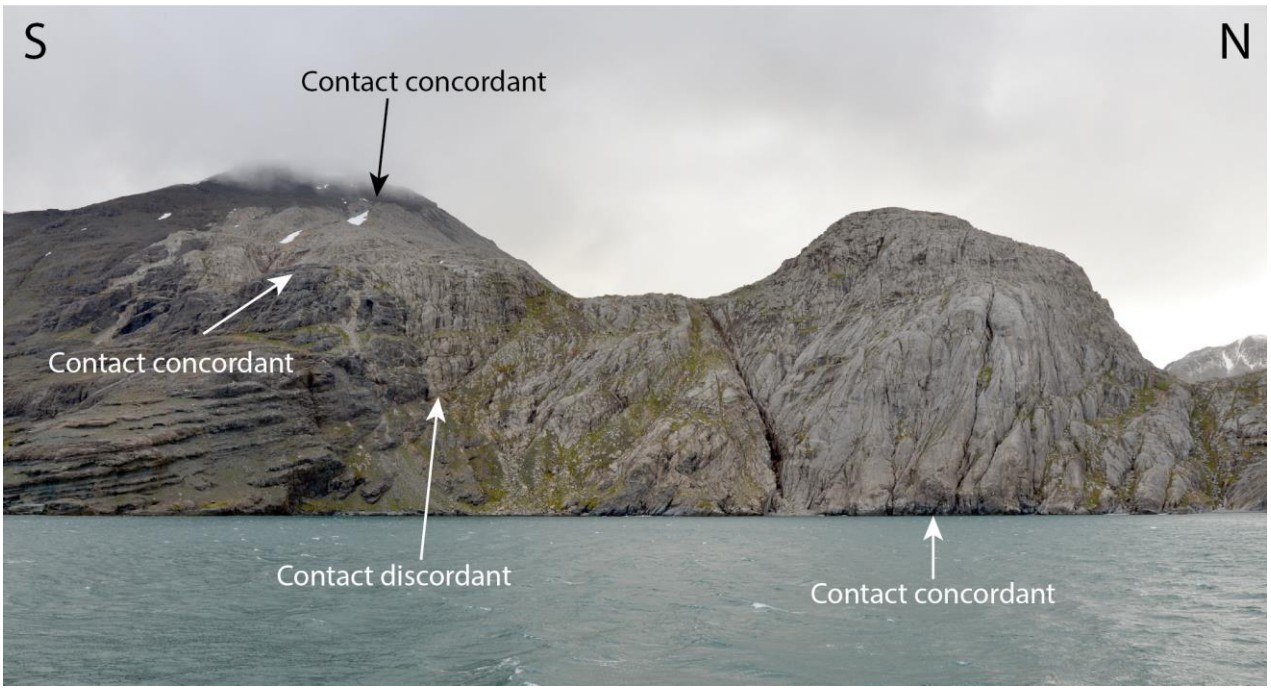


Figure 2.10 : Photo du contact intrusif du complexe satellite de « l'Anse syénite » sur le flanc NE du Mont Léon Lutaud.

Le contact externe (ou latéral) du SRBIC présente donc une géométrie particulière, concordante et discordante, et ce à différentes échelles d'observation. Cette géométrie pourrait se schématiser par des marches d'escalier de hauteur et de longueur variables. A l'échelle de l'affleurement, les contacts discordants sont complexes et montrent une bréchification magmatique des basaltes dans la syénite (« stopping »), avec de nombreuses injections (de texture de plus en plus aphyrique dans l'encaissant) qui découpent des blocs de basalte anguleux et de toute taille (Figure 2.1c et Figure 2.11b). Les contacts concordants sont très nets et propres, sans injections ni bréchification des basaltes (Figure 2.11a). Les contacts concordants semblent donc plus passifs, alors que les contacts discordants sont plus dynamiques et témoignent de la progression du magma syénitique dans les basaltes. Ce type de structure intrusive est classique et a été observée à la périphérie de nombreux corps intrusifs en domaine continental (e.g. Henry Mountains, voir (Horsman et al., 2005; St Blanquat et al., 2006; Morgan et al., 2008); Torres del Paine : (Baumgartner et al., 2007; Leuthold et al., 2012).

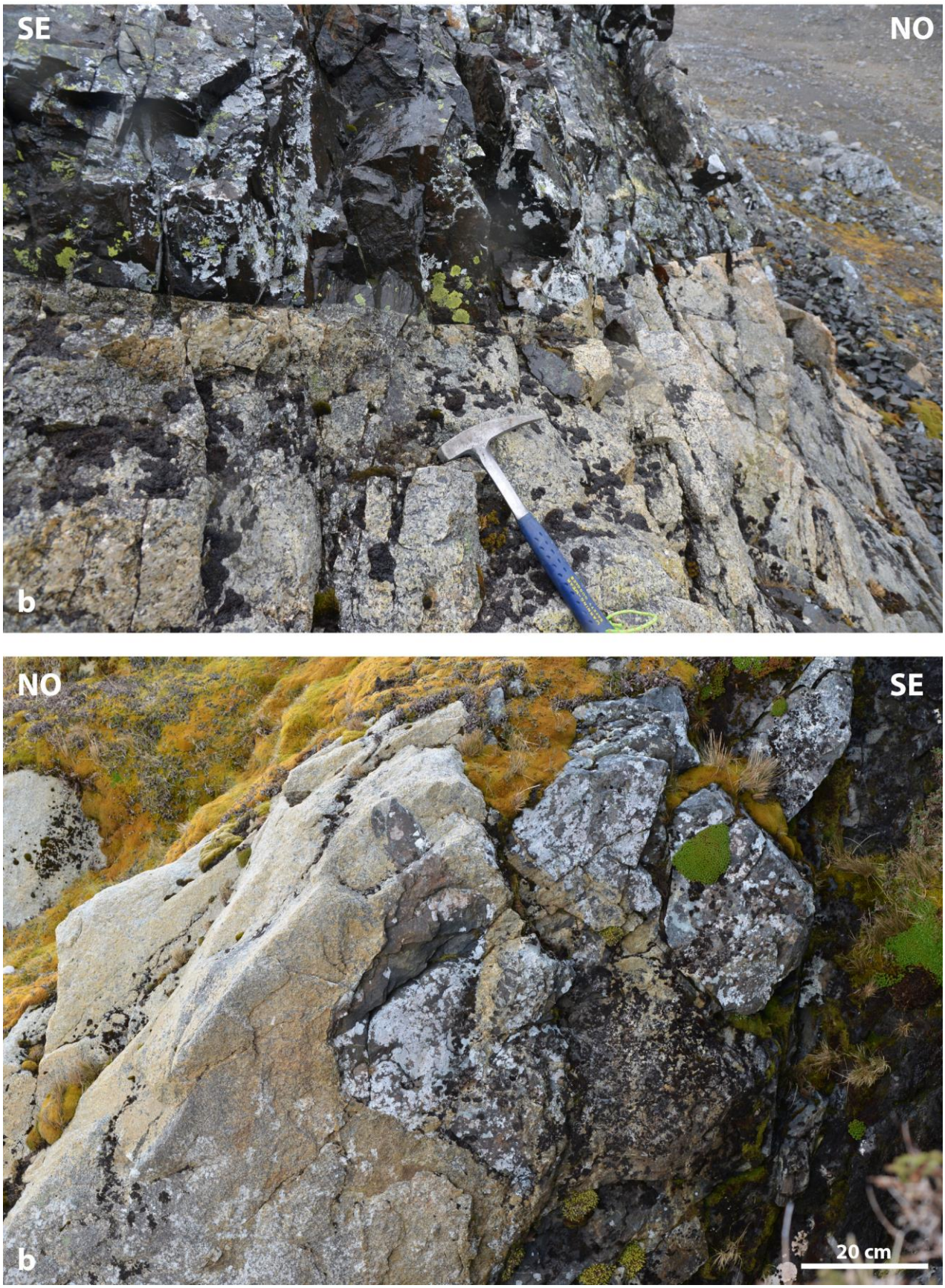


Figure 2.11 : Photos détaillées du contact externe SRBIC- basaltes de plateau, a) concordant, b) discordant –Mont du Commandant.

2.2.4 Les contacts internes à grande échelle

Les observations de terrain associées à la réalisation de plusieurs coupes nord-sud de l'ensemble du complexe sud de RdB (e.g. Figure 2.38) nous a permis d'identifier deux grands types de contacts internes de grande envergure.

Les contacts du premier type sont clairement visibles sur les photos satellites (Figure 2.12) et dans le paysage (Figure 2.13). Ce sont des contacts francs qui s'observent sur une grande distance et ce de façon quasiment continue. Ils séparent des syénites qui diffèrent texturalement et/ou minéralogiquement. Dans notre zone d'étude, le contact de ce type le plus important est celui qui s'observe très clairement (Figure 2.13) au niveau du Pic Chastaing (a), du massif des Deux Frères (b et c) et du massif du Portillon (d). La syénite structuralement en dessous de ce contact a une texture microgrenue (massif du Portillon, flanc N du massif des Deux Frères, Pic Chastaing) comportant une quantité de quartz significative. La syénite structuralement au dessus de ce contact majeur est une syénite grise massive à texture grenue constituée de minéraux majeurs semblables mais d'une trop faible quantité de quartz pour être visible à l'œil nu. Les caractéristiques physiques (différence de couleur, de texture et de résistance à l'érosion) et minéralogiques propres à ces 2 syénites en contact, ainsi que la grande étendue et la quasi-continuité de ce contact particulièrement visible font de cette structure un contact majeur du SRBIC. Ce contact interne majeur sépare donc une unité interne située au centre du SRBIC, au centre – nord de la péninsule de RdB, d'une autre unité périphérique.

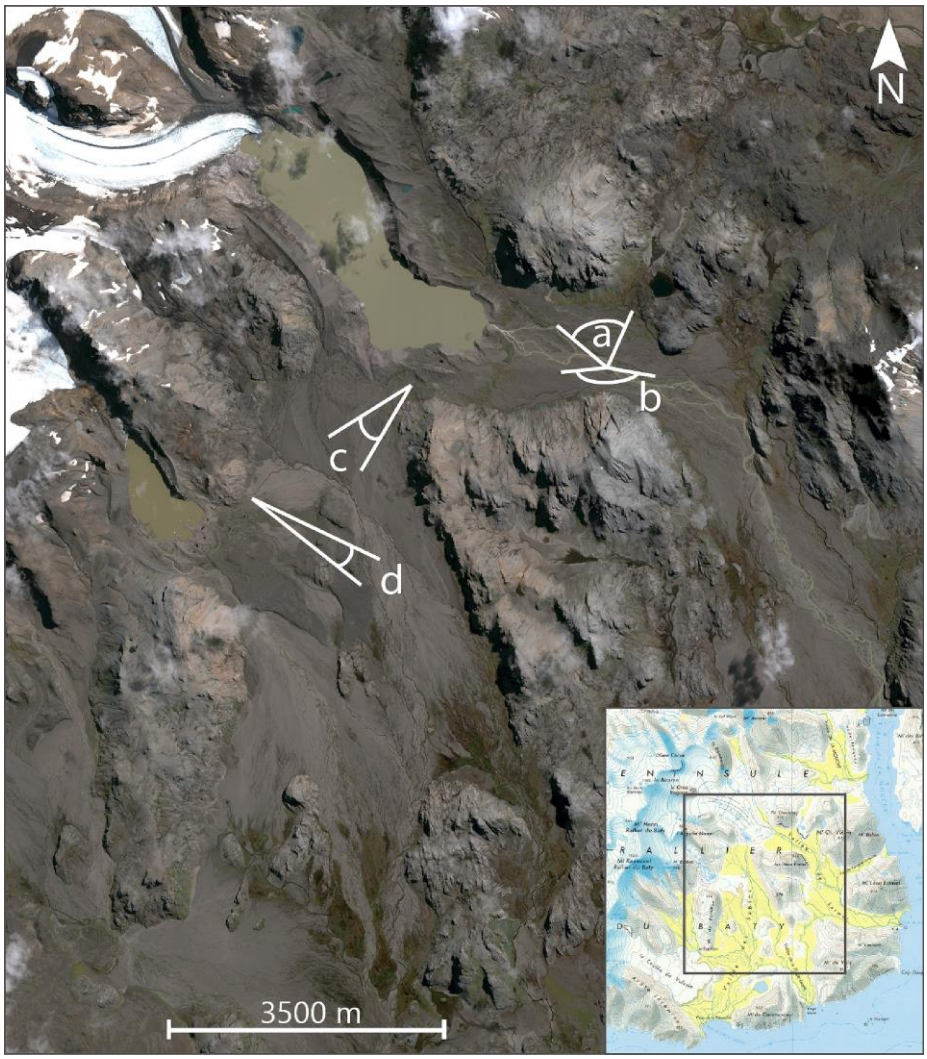


Figure 2.12 : Image satellite Pléiades, centrée sur l'unité centrale du SRBIC avec la localisation des prises de vues du contact majeur de la Figure 2.13 suivante.

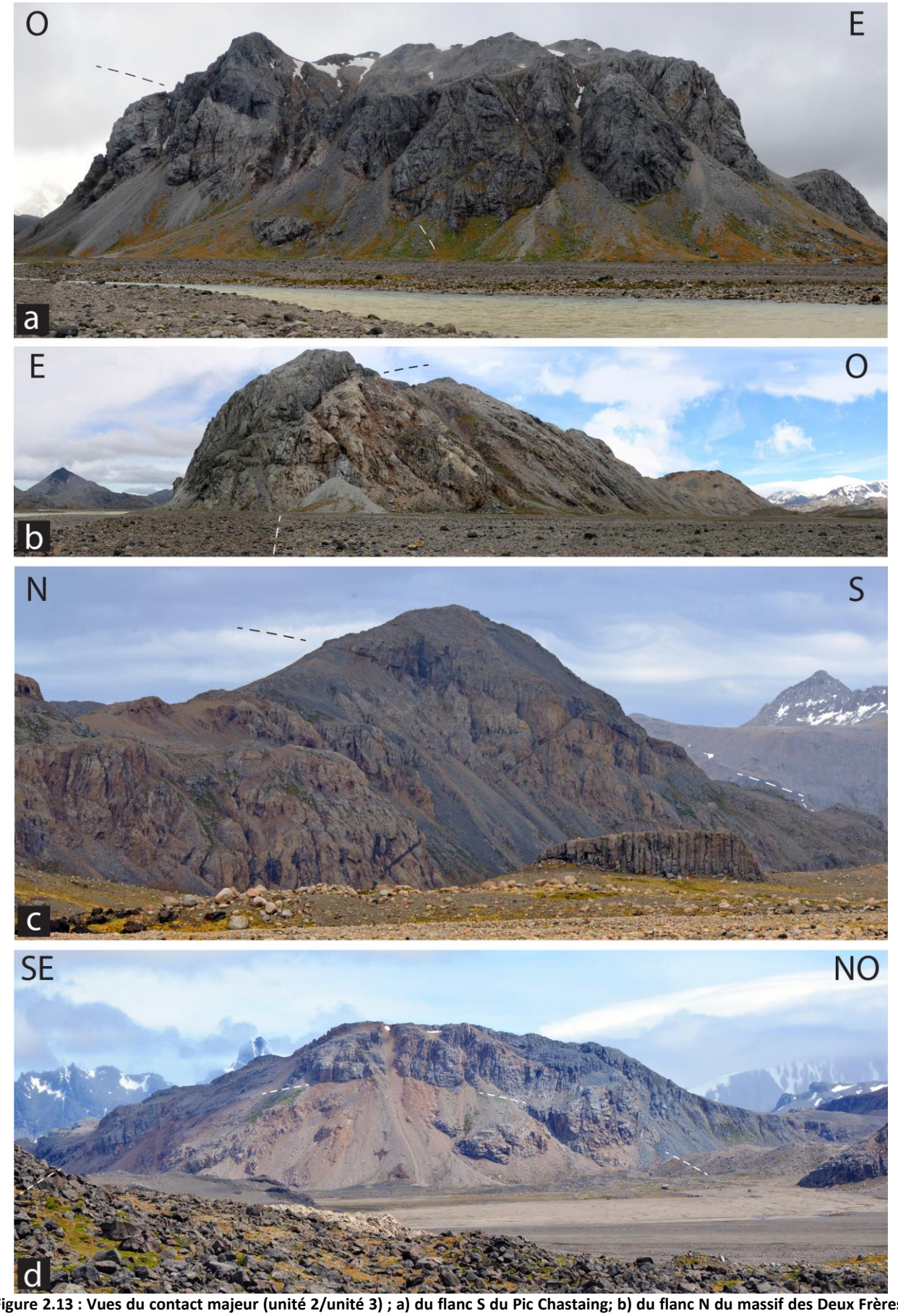


Figure 2.13 : Vues du contact majeur (unité 2/unité 3) ; a) du flanc S du Pic Chastaing; b) du flanc N du massif des Deux Frères, c) du flanc SW de ce même massif et du flanc NE du massif du Portillon. Les traits en pointillés soulignent la trace extrapolée du contact.

Sur le terrain comme sur l'image satellite, les roches de l'unité centrale ont une patine à l'affleurement plus orange-brun (voire de couleur rouille) que celles des autres unités. Les études précédentes (Marot and Zimine, 1976; Mathieu et al., 2011) ont attribué cette couleur à une oxydation induite et facilitée par le passage de fluides tardifs dans cette partie du complexe. Les observations pétrographiques réalisées sur cette unité sont en accord avec cette interprétation (voir partie 4.1.2.2). Le passage des fluides responsables de cette altération est clairement tardif, conduisant à la formation d'une croûte d'altération orange-brune en surface. Cette dernière est particulièrement épaisse sous le contact majeur du Portillon (Figure 2.14), ainsi que dans les zones qui sont aujourd'hui des plans de faiblesse dans la roche (diaclases). La syénite qui se trouve sous ce contact est en réalité plutôt bleutée à la cassure (Figure 2.14).

Figure 2.14 : Photo d'un échantillon de roche (13TK68) bleutée, avec une croûte oxydée caractéristique, située sous le contact majeur du massif du Portillon.

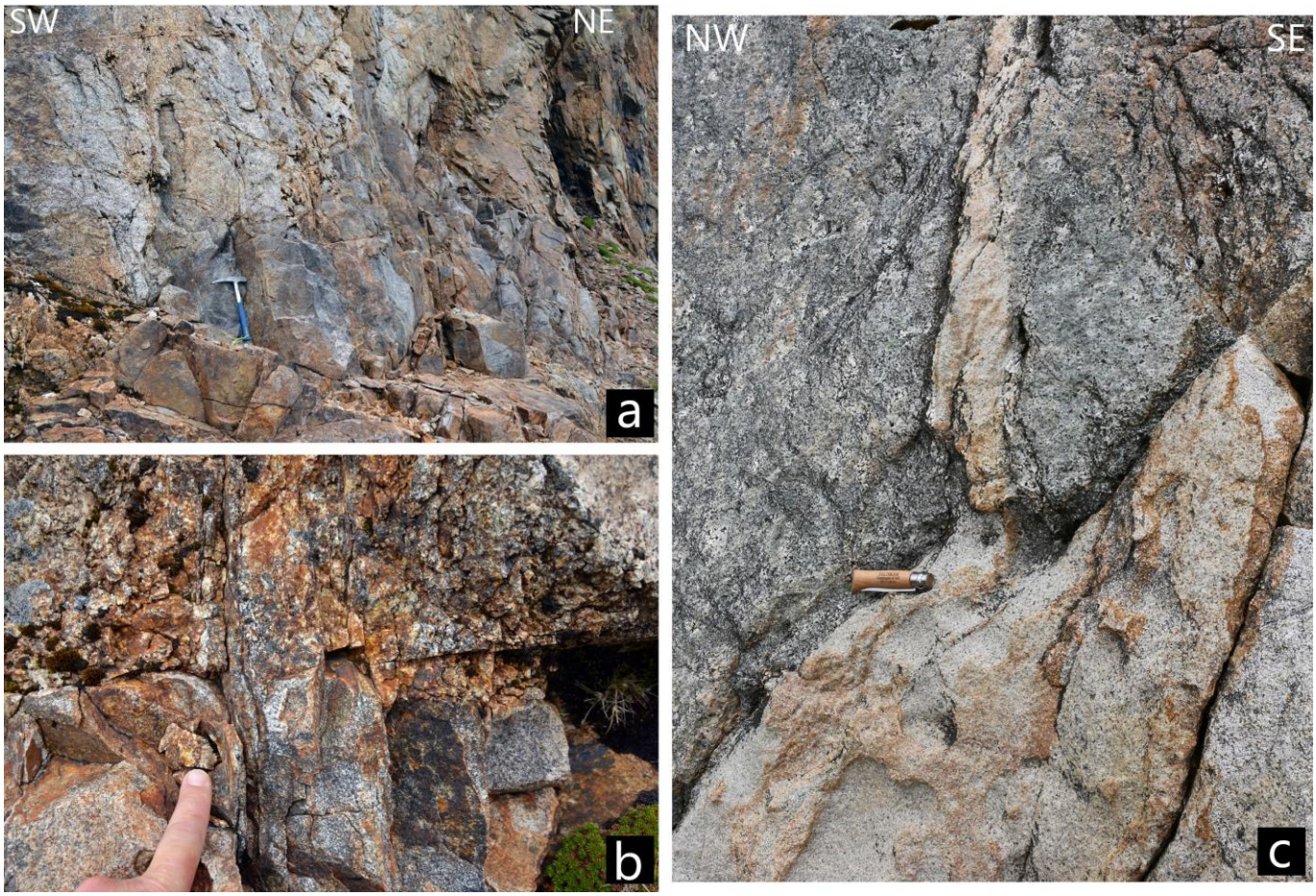


Figure 2.15 : Photos des injections de magmas provenant de l'unité centrale, s'injectant dans les roches de l'unité supérieure par conséquent plus ancienne. a et b) massif du Portillon, c) flanc N des Deux Frères.

Ce contact est subhorizontal au centre du complexe intrusif (sommet des Deux Frères) et montre autour de ce massif (au sud de ce massif, sur le Portillon et le Pic Chastaing) un pendage faible (25°) à moyen (40°) toujours vers l'extérieur du complexe (Figure 2.33). L'unité centrale est donc située structuralement au dessous des unités périphériques. A l'échelle de l'affleurement, ce contact est recoupé par des veines et des filons issus de la syénite située sous le contact qui s'injectent la syénite située au dessus (Figure 2.15). Cette caractéristique confirme que l'unité centrale est plus jeune que l'unité située au dessus. Nous pouvons donc, grâce à ce contact, définir une unité centrale que nous appelons unité 3, et une unité plus externe, que nous appelons unité 2.

Ce type de contact franc et bien marqué dans le paysage a été également observé ça et là, par exemple dans l'unité la plus externe du SRBIC, l'unité 1. Dans la vallée de Larmor par exemple, à l'est du complexe, nous avons observé un contact (Figure 2.16) qui ressemble au contact supérieur de l'unité centrale décrit ci-dessus (Figure 2.15). Des injections localisées permettent d'établir le même type de chronologie relative, à savoir que les magmas situés sous le contact sont plus jeunes et intrudent ceux situés au dessus du contact. Ce contact sépare une syénite en position supérieure à texture intermédiaire entre microgrenue et microgrenue porphyrique d'une syénite en position inférieure grenue de même minéralogie.

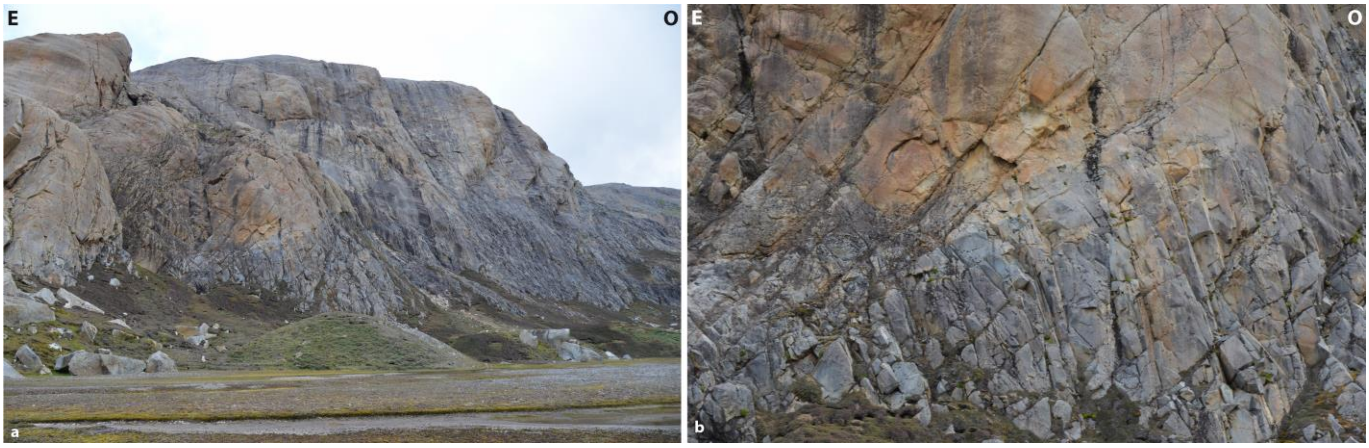


Figure 2.16 : Exemple de contact franc et continu à grande échelle dans la vallée de Larmor.

Le deuxième type de contact est géométriquement et structuralement plus complexe. Il s'observe exclusivement à environ mi-distance entre le contact majeur de l'unité 2 centrale décrit ci-dessus et le contact externe du complexe intrusif. Ce contact se situe au niveau d'une zone, qui fut également observée par les précédents auteurs et qui définit un arc de cercle sur la carte (Figure 2.33). Elle fut interprétée comme étant une faille conique à pendage interne (« cone-sheet ») représentant un argument majeur en faveur d'un modèle de construction du complexe par subsidence en chaudron (Marot and Zimine, 1976). Cette zone correspond à une aire très déformée (cataclases, bréchification; Figure 2.17), très riche en syénite porphyrique et en filons basaltiques et trachytiques, et qui montre aussi des évidences de circulation tardives (quartzo-feldspathiques). Cette zone est également soulignée par des écrans de basaltes (Figure 2.33). Des marqueurs de déformations (décrits plus bas) montrent que l'intensité de cette déformation augmente progressivement en s'approchant de cette zone depuis l'extérieur du complexe intrusif. Cette progression se fait depuis des syénites externes magmatiques sans zones de cisaillement, jusqu'à des cataclasites et des brèches, et ce sur une distance de 500m environ (Figure 2.17 et Figure 2.18). Cette zone très déformée de couleur verte sombre, d'une épaisseur de l'ordre de la 50aine de mètres, peut se suivre depuis le versant nord de la vallée Fallot à l'ouest du complexe jusqu'au versant est de la vallée de la Plage Jaune au sud-est.

Les grands écrans de basaltes qui marquent la base de cette zone déformée se retrouvent au nord-nord-est de la coulée de Vulcain et de part et d'autre de la vallée de l'Armor. Cette zone de déformation plus intense est associée (notamment au niveau des massifs situés juste au nord et nord-est de la coulée de Vulcain) à une syénite porphyrique caractéristique de teinte grise assez sombre comparée à celle qui se retrouve plus au sud au sein de l'unité la plus externe du complexe.

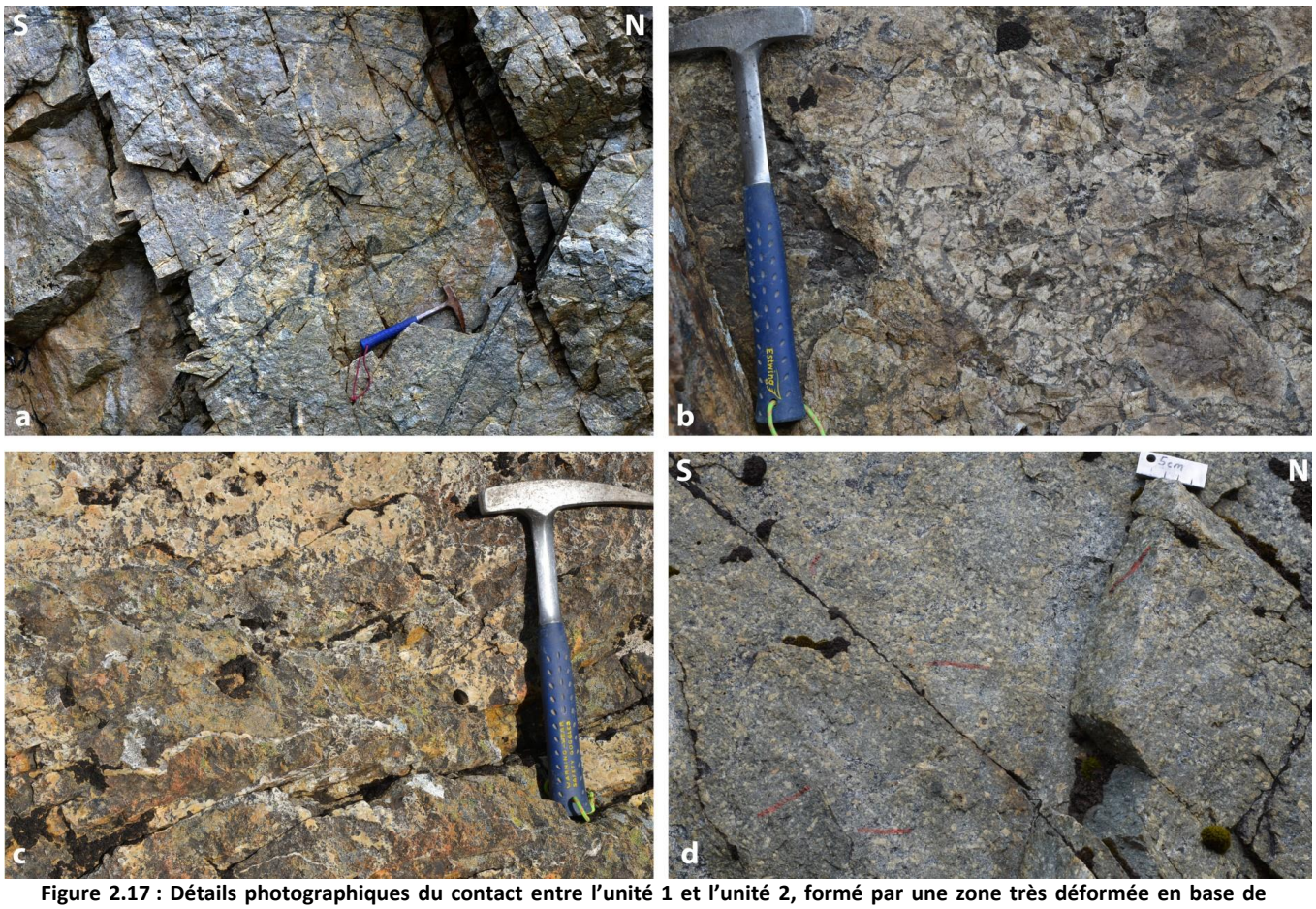


Figure 2.17 : Détails photographiques du contact entre l'unité 1 et l'unité 2, formé par une zone très déformée en base de l'unité 1. a) filon tardif par rapport à la syénite recoupé par de nombreuses zones de cisaillement, b) brèche à fragments anguleux de syénite, c) ségrégation quartzo-feldspathique infiltré sous forme de veines, d) syénite porphyrique caractéristique de ce contact.

A l'échelle cartographique, cette zone de contact, déformée ou non, entoure une grosse moitié sud-sud-est du SRBIC, du nord-est (Larmor) à l'est (Fallot). Les pendages des contacts délimitant cette zone déformée varient, plus fort au sud-est (environ 40-45°) et moins fort à l'est (environ 30°), mais toujours vers l'extérieur du SRBIC. Nous interprétons cette zone comme un contact majeur séparant deux unités, une unité externe ou unité 1 et une unité intermédiaire ou unité 2. Ce contact se présente comme une zone de transition formée de syénite porphyrique (±microgrenue) ayant une certaine épaisseur et marquée par une forte déformation tardi à post-magmatique dans l'unité externe (syénite grenue). Nous interprétons cette déformation de la base de l'unité 1 comme l'expression de l'accommodation des déplacements provoqués par l'intrusion des magmas de l'unité 2 ainsi que liée à l'intrusion de nombreux filons dans cette zone.

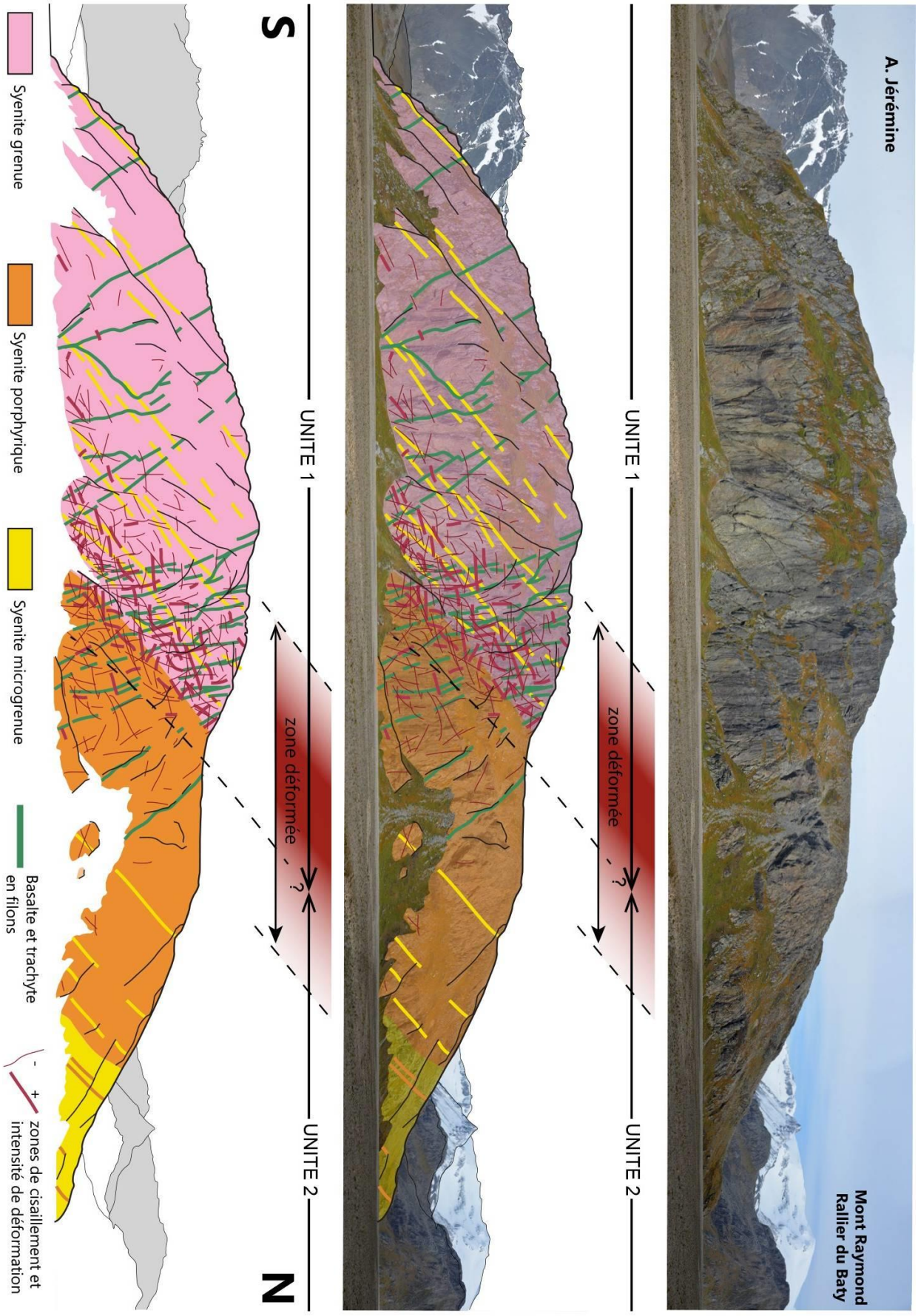


Figure 2.18 : Panorama et interprétation du massif NE au pied de la coulée de Vulcain, face ouest.

Il existe donc, à l'échelle du SRBIC, deux contacts internes majeurs qui séparent trois unités magmatiques principales, l'unité 1 externe, l'unité 2 intermédiaire, et l'unité 3 centrale. Les relations de terrain montrent sans ambiguïtés que l'unité 1 est plus vieille que l'unité 2, qui est elle même plus vieille que l'unité 3. Les grandes unités structurales sont donc de plus en plus jeunes vers le centre du SRBIC (c'est-à-dire le centre-nord de la péninsule).

Les caractères très différents de ces deux types de contacts au sein d'un complexe intrusif relativement homogène pose question. Cette différence - contact magmatique franc sans déformation versus contact plus diffus et avec déformation – pourrait correspondent à un gap (ou silence) magmatique de durée différente. Cette hypothèse supposerait un gap temporel court pour le contact sans déformation et un silence plus long pour le contact avec déformation. En effet, un temps plus long sans injections permettrait à l'unité mise en place de se refroidir de façon plus efficace relativement à une durée plus courte. Cette unité « froide » serait donc plus difficile à déformer ou déplacer à la reprise des injections magmatiques, provoquant la formation des zones de cisaillement, brèches et cataclases. Le temps est donc un des paramètres qui pourrait expliquer la différence entre ces types de contact. Cependant cette hypothèse et les autres paramètres qui pourraient rentrer en compte et leurs rôles seront abordés dans la discussion (voir Chapitre 7).

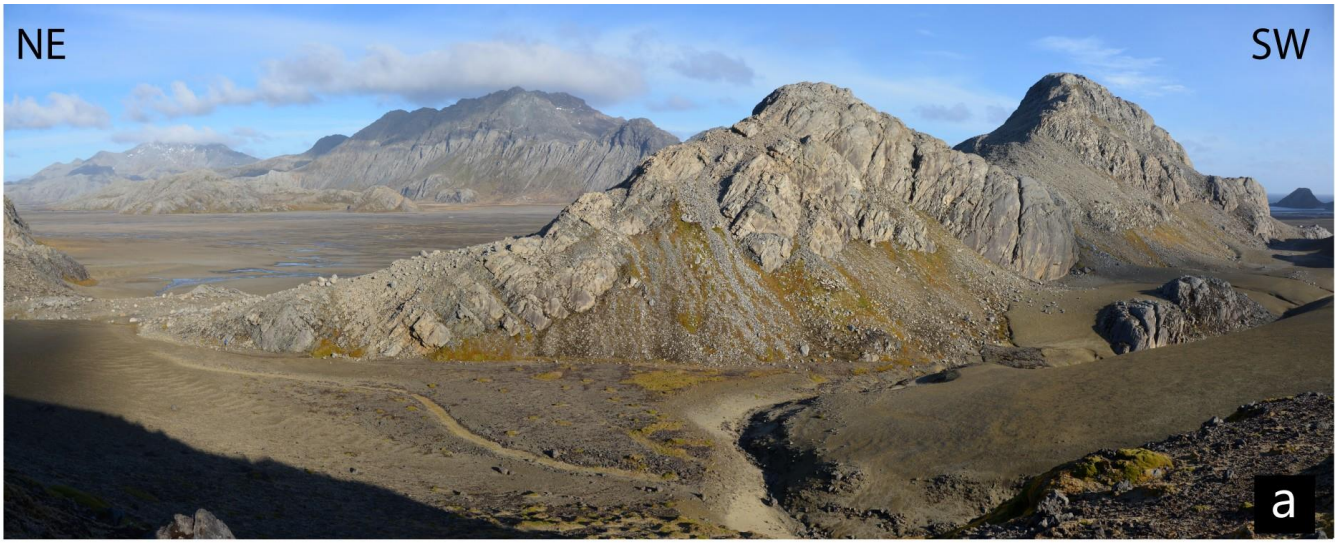
2.3 Structure interne à l'échelle des unités structurales

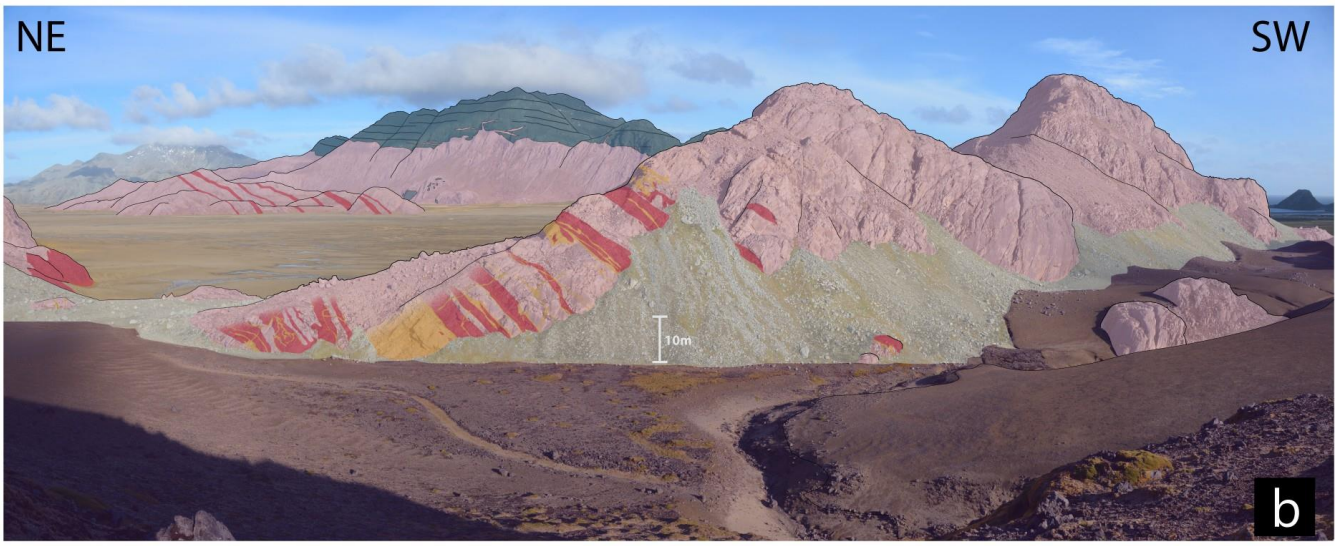
Les trois unités de syénite montrent sur le terrain une structure interne litée constituée d'une alternance de lentilles voir de sills d'épaisseur métrique à pluri-décamétrique de lithologie et/ou de texture contrastées. Cette structure interne est décrite ci-dessous à l'aide de l'analyse détaillée d'un affleurement spectaculaire situé dans l'unité 1, puis d'une analyse à l'échelle de l'unité de syénite et finalement synthétisé sur une coupe à l'échelle de l'unité 1 (Figure 2.31).

2.3.1 Coupe détaillée

Cet affleurement (Figure 2.19) montre très bien la structure interne de l'unité 1 à l'échelle de quelques centaines de mètre. Cet affleurement est constitué au premier ordre d'une structure litée régulière à pendage d'environ 40° vers le sud, formé d'une alternance de niveaux clairs et de niveaux sombres.

Les niveaux clairs sont des niveaux syénitiques à texture grenue avec quelques passées de syénites plus fines. Certains des niveaux beiges clairs, sécants sur l'ensemble des lithologies, correspondent à de la syénite porphyrique. De fines passées blanches sont formées de syénites pegmatitiques. Les niveaux sombres sont principalement constitués de monzo-diorite ou de monzo-gabbros (Figure 2.19 et Figure 2.20), ainsi que de lentilles arrondies discontinues de taille pluri-centimétriques très sombres, correspondant à des enclaves monzo-dioritiques et basaltiques. Les relations texturales entre les monzodiorites/gabbros et les syénites grenues montrent que la syénite est plus jeune que la monzodiorite. Toutefois, les géométries lobées de leurs contacts mutuels (textures en "chou-fleur") indiquent une certaine proximité temporelle de l'intrusion d'un magma dans un autre magma (Figure 2.20).





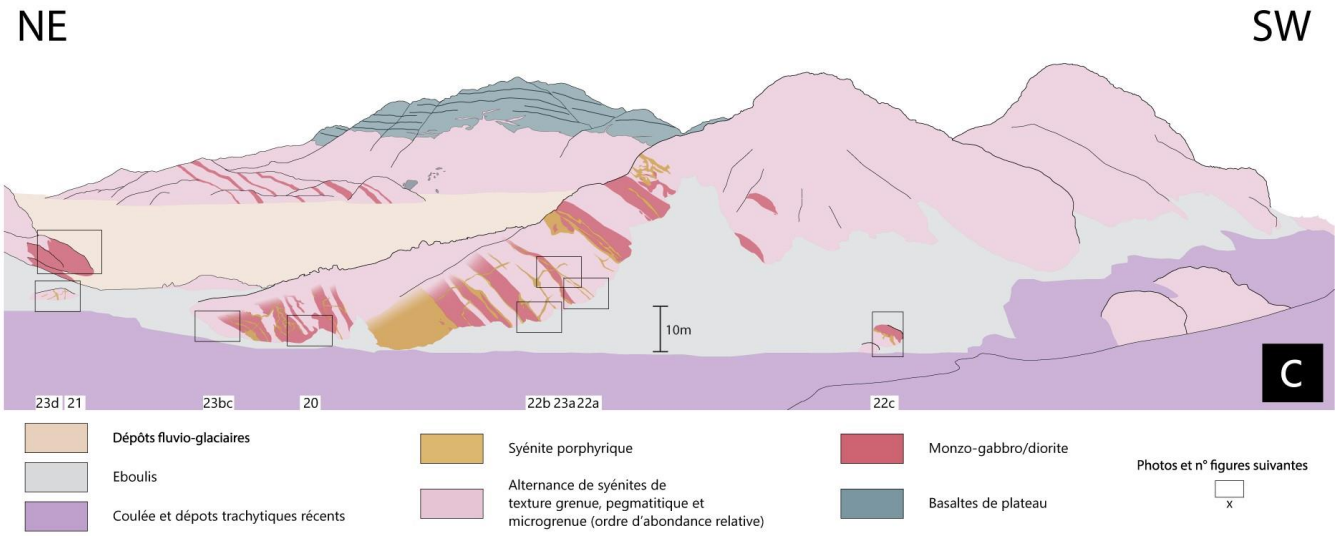


Figure 2.19 : Photo générale et interprétation de l'affleurement caractéristique de l'unité 1.

Cette texture de contact est surprenante. En effet, ces deux types de roches ayant des compositions, des rhéologies et des cinétiques de refroidissement contrastées, il serait plus logique d'observer des textures réactionnelles aux contacts. Donc, sans pouvoir établir une chronologie nette de la mise en place des différentes roches sur cet affleurement, il semble cependant que celle de la monzo-diorite précède celle de la syénite grenue. Toutefois ces deux mises en place ont du être très rapprochées dans le temps pour former des contacts magmatiques sans figures réactionnelles prononcées. La géochronologie supporte cette hypothèse (voir Chapitre 3). Un contact syénite/monzogabbro situé dans la partie nord de l'affleurement montre une chronologie de mise en place claire (Figure 2.21) avec la syénite grenue qui s'injecte dans le monzogabbro qu'elle fracture et dont quelques xénolites anguleux parsèment le contact.

Figure 2.20 : (ci-dessus) Détails de l'affleurement précédent et des relations syénite / monzo-diorite.

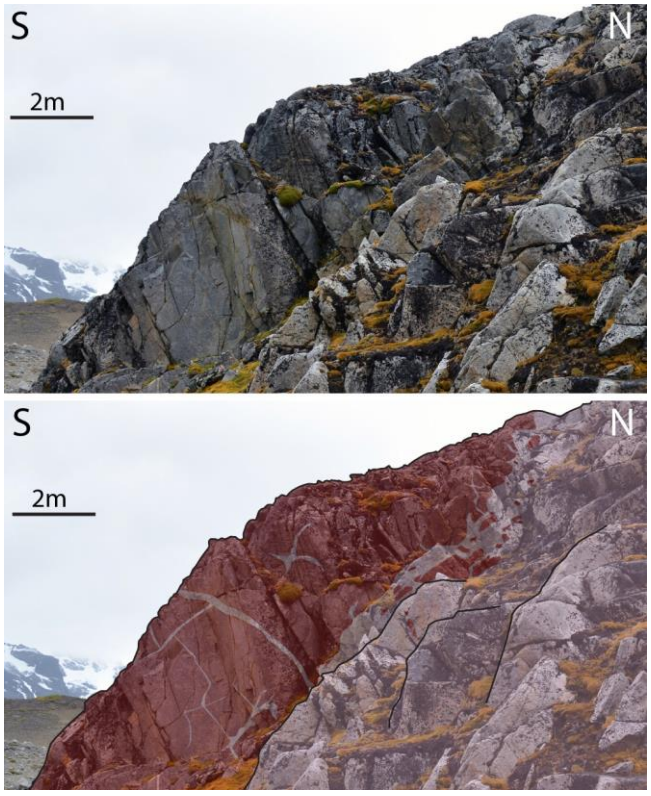


Figure 2.21 : (ci-contre) Partie nord de l'affleurement représenté en Figure 2.19. Le contact magmatique montre clairement que la syénite grenue, structuralement en dessous du monzo-gabbro, s'injecte et fracture ce dernier mis en place plus précocement.

Cet affleurement d'alternance monzo-gabbro(diorite)/syénite est également constitué d'une syénite porphyrique, moins abondante que la syénite grenue. Cette dernière recoupe les autres types de syénites et les roches intermédiaires sous forme de filons ou s'injecte au sein ou entre les lithologies précédentes sous la forme de sills d'une épaisseur métrique à décamétrique (Figure 2.19 et Figure 2.22).

Cette syénite porphyrique se retrouve aussi et surtout aux contacts entre les faciès intermédiaires et la syénite grenue plus précoce (Figure 2.22). C'est d'ailleurs souvent cette syénite porphyrique qui découpe et fracture les roches intermédiaires déjà en place, donnant aujourd'hui une impression de puzzle (Figure 2.23). La Figure 2.23 montre également que cette injection plus tardive de syénite porphyrique réagit fortement avec la roche mafique et l'assimile même par endroit. Cette syénite contient également des enclaves monzo-dioritiques et basaltiques en quantité variable arrachées et transportées lors de son ascension et de sa mise en place (Figure 2.23).

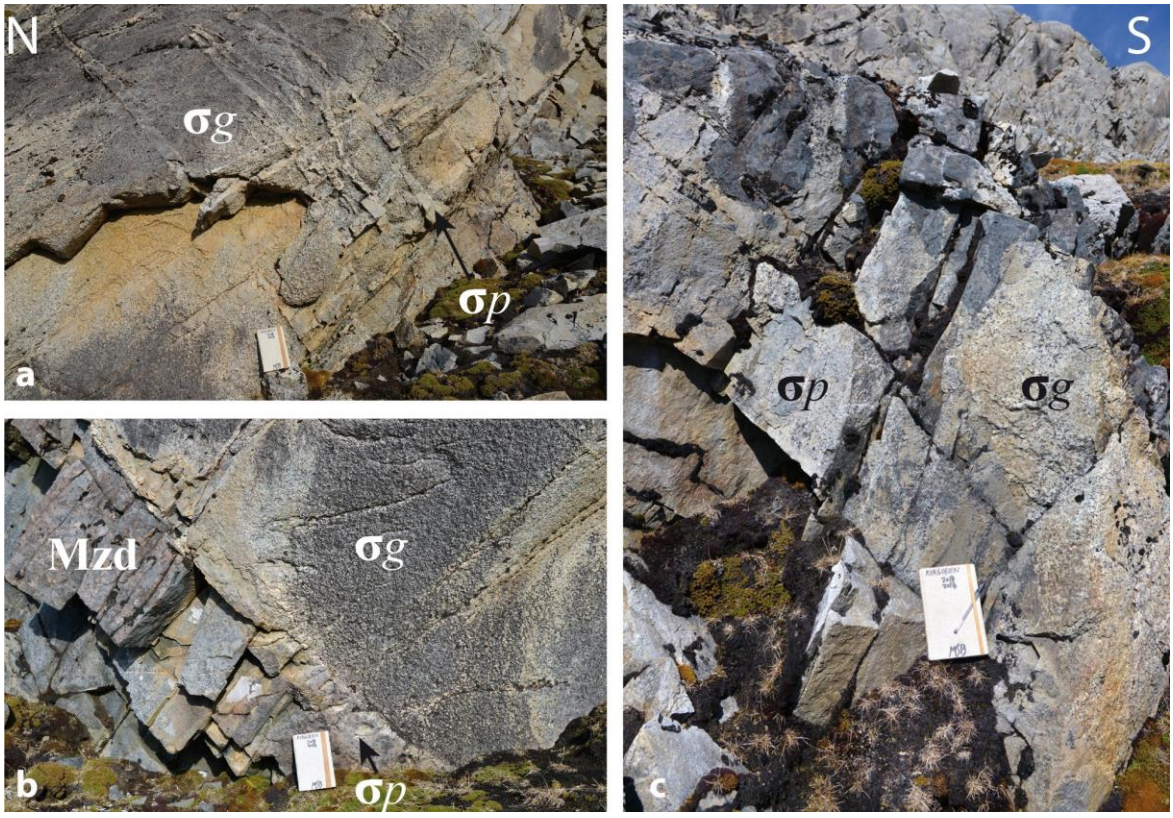


Figure 2.22 : Détails des relations entre la syénite porphyrique et les autres lithologies, illustrant son caractère tardif sur cet affleurement. a) recoupant la syénite grenue, b) qui s'injecte au contact entre la syénite grenue et la monzo-diorite ainsi que (a, b, c) dans ces dernières.

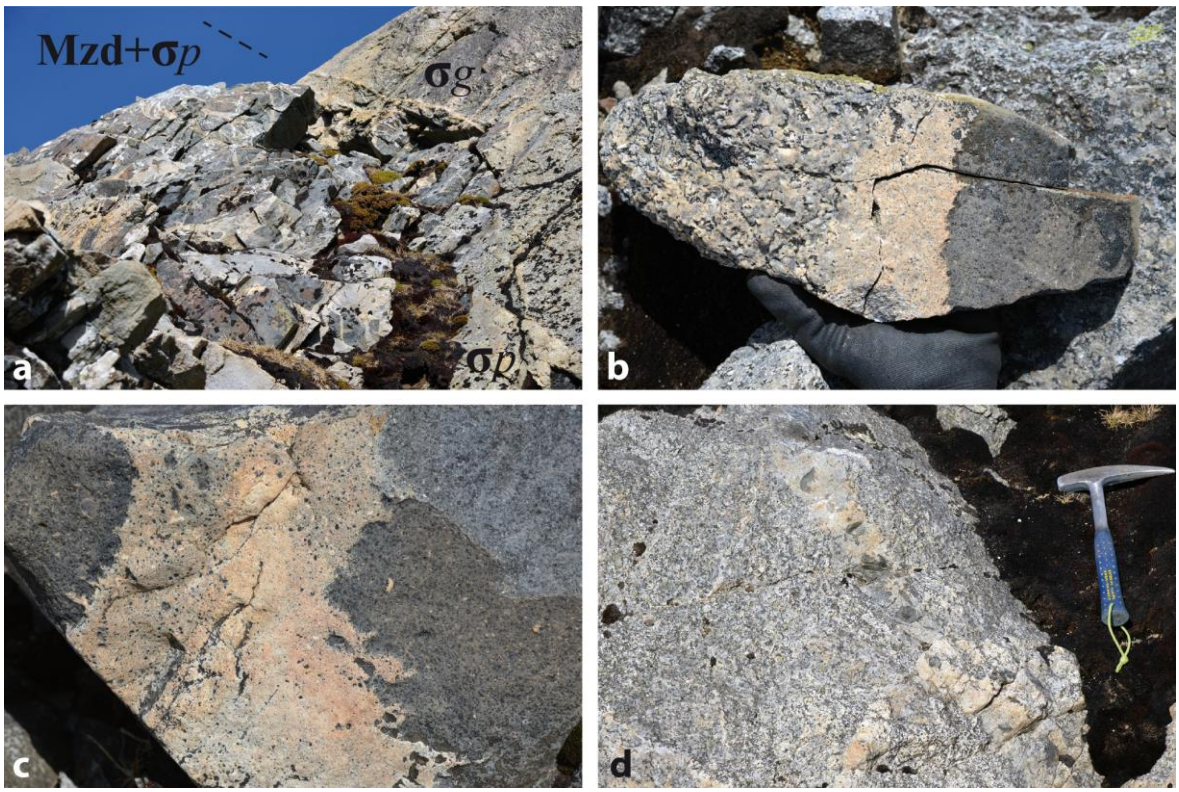


Figure 2.23 : Détails des relations entre la syénite porphyrique et les autres lithologies, suite; (a) fracturation intense des monzo-diorites par la syénite porphyrique, (b et c) relations texturales et chronologiques des différentes lithologies qui composent cet affleurement et (d) transport d'enclaves mafiques au sein de la syénite porphyrique recoupant la syénite grenue.

Toutes ces observations mettent en évidence une proximité temporelle entre les faciès mafiques/intermédiaires (monzogabbros et monzodiorites) précoces et les faciès syénitiques (grenus et fins, ± pegmatitiques) qui semblent simplement légèrement plus tardifs par endroits. Ces différents types de roches sont ensuite recoupés par des injections de syénite porphyrique qui peuvent masquer les contacts magmatiques précédents et qui transportent des enclaves mafiques. Cet affleurement est remarquable car malgré ces multiples injections et relations lithologiques complexes, toutes les différentes unités ont la même orientation et forment une alternance magmatique bimodale continue à l'échelle kilométrique (Figure 2.19). Cette structure litée, qui ne s'observe nulle part ailleurs dans le SRBIC, caractérise l'unité la plus externe du complexe intrusif (unité 1).

2.3.2 Structure interne

L'alternance la plus fréquente et qui caractérise sans conteste la structure interne de toutes les unités de syénite est celle entre syénite grenue et syénite fine (Figure 2.24), dans lesquelles les volumes les plus importants sont toujours constitués par la syénite grenue.

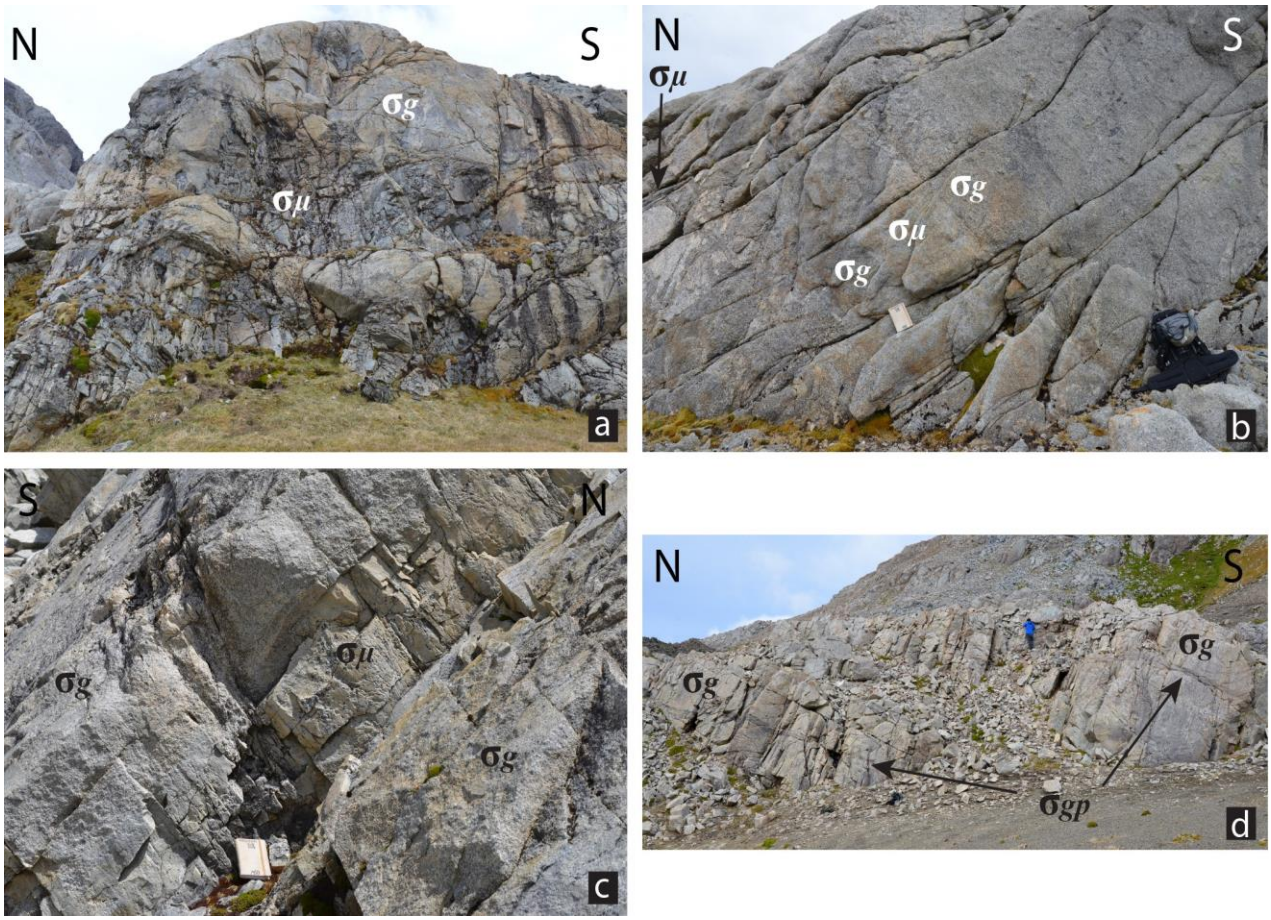


Figure 2.24 : Exemples d'alternance texturale des syénites au travers des différentes unités et à plusieurs échelles.

On observe en réalité tous les intermédiaires entre des lentilles elliptiques, sphériques ou irrégulières de fine dans la grenue, des sills superposés de fine et de grenue d'échelle décamétrique ou plus, ou des filons de fine traversant la grenue (Figure 2.24 et Figure 2.25). Les contacts entre fine et grenue sont toujours très nets et sont plus ou moins planaires ; ils sont purement magmatiques et ne montrent pas de bordures figées ni traces de recristallisation évidente ou de reprise par une déformation (Figure 2.26).

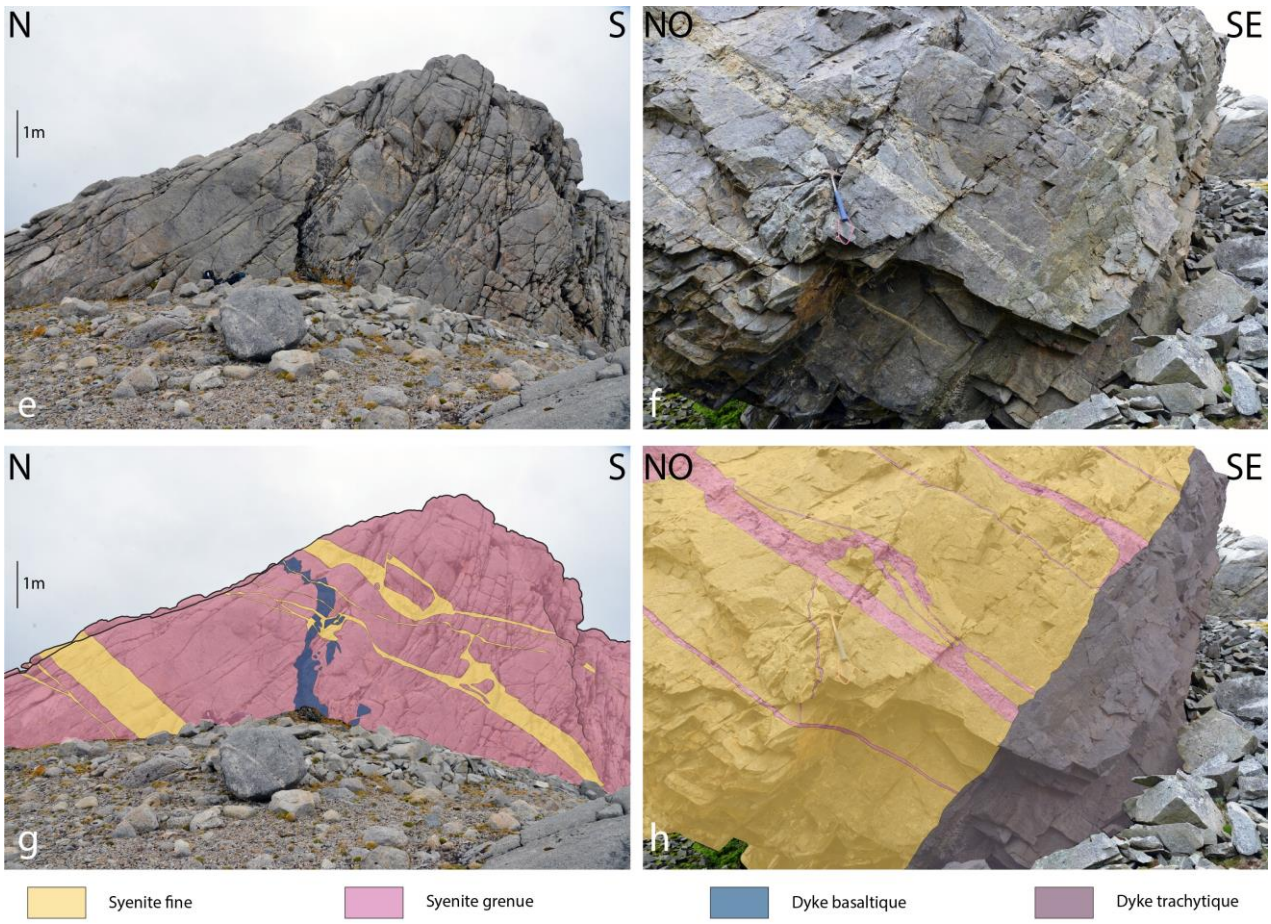


Figure 2.25 : Exemples d'alternance grenue – fine aux contacts clairs dans différentes unités à l'échelle de l'affleurement.

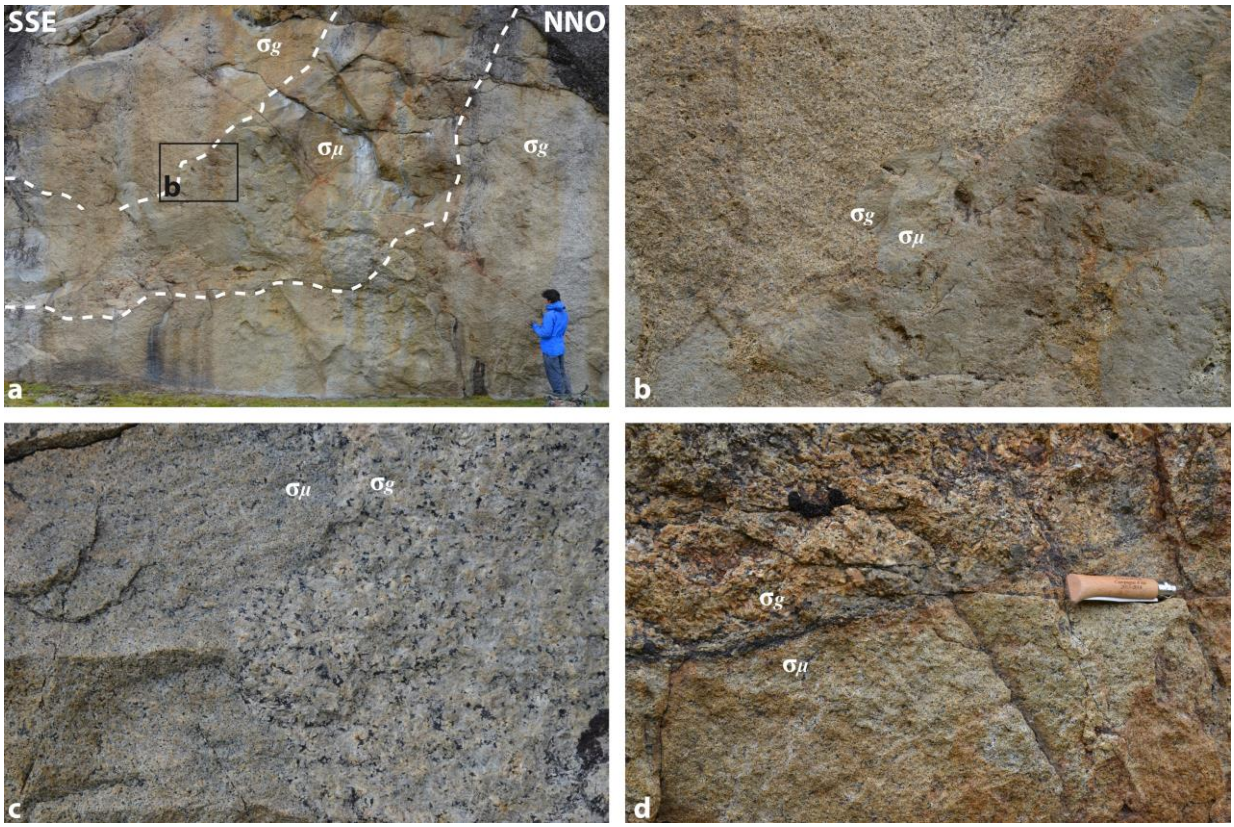


Figure 2.26 : Exemples détaillés de contacts plus ambigus entre syénite microgrenue et grenue. a) zone de texture microgrenue dans une syénite grenue, b) détails du contact net en (a) où la syénite grenue recoupe la microsyénite, c) contact sinueux, d) contact souligné par une oxydation avancée due à la circulation de fluide(s) tardif(s).

Au sein de ces alternances fines – grenues, les syénites pegmatitiques sont organisées entre deux types : en poches disjointes de taille centimétriques à métriques, ou en réseau de veines centimétriques à décimétriques plus ou moins anastomosées et sub-parallèles au litage magmatique général (Figure 2.27 et Figure 2.32). La syénite porphyrique se retrouve très majoritairement au sein l'unité 1 et forme le contact transitoire avec l'unité 2. Ainsi la quantité de syénite porphyrique au sein de l'unité 1 semble augmenter vers le nord, c'est à dire vers la base (ou zone interne) de cette unité. Dans les unités 2 et 3, aucune syénite porphyrique (excepté au contact avec l'unité 1) ni de roches mafiques et intermédiaires n'ont pu être observées. D'autre part, la proportion de syénite microgrenue diminue fortement au sein de l'unité 3 où elle se retrouve essentiellement au contact avec l'unité 2.

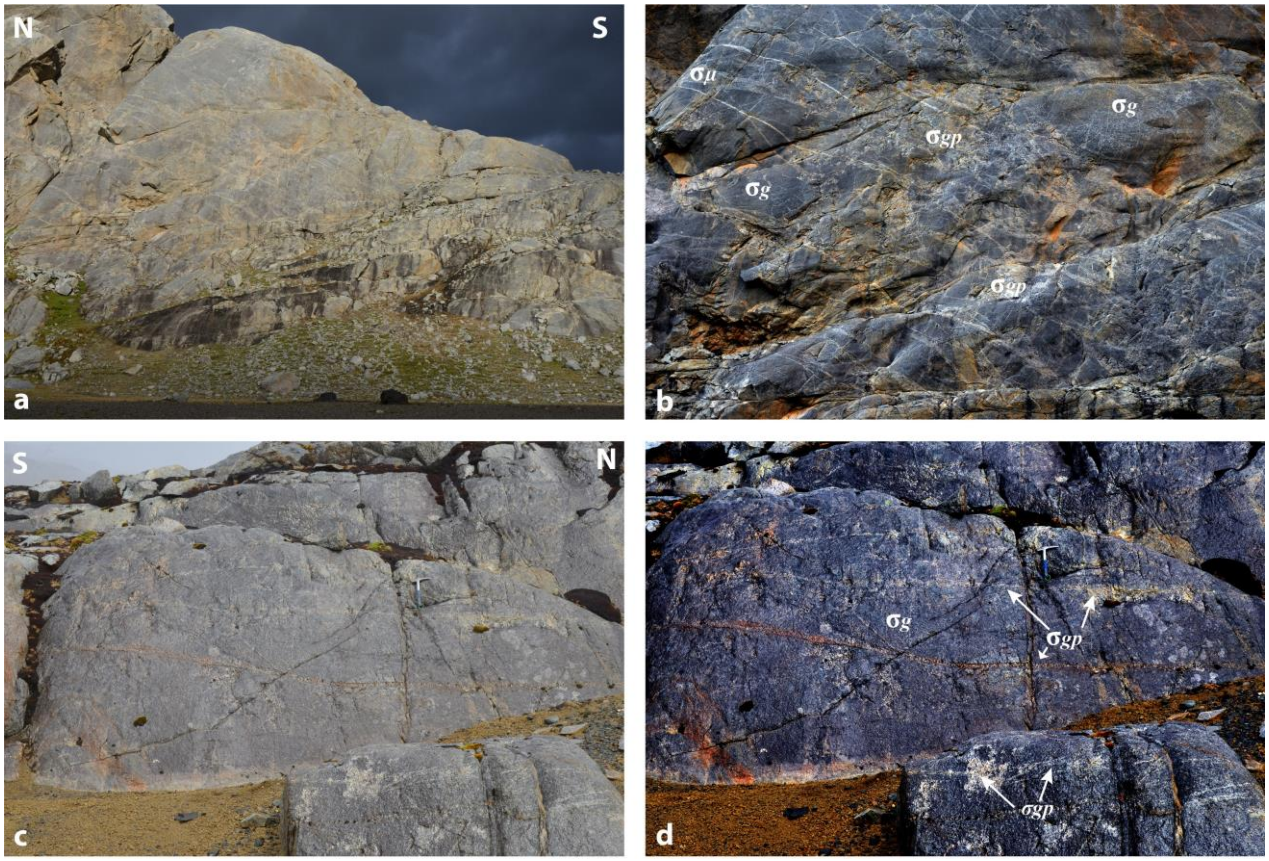


Figure 2.27 : Exemples de ségrégations pegmatitiques injectés dans les syénites grenues sous formes de veines et filons pouvant formés des zones de concentration et des réseaux anastomosés.

Dans l'affleurement détaillé dans la section précédente, il est clair que l'alternance syénites – roches mafiques/intermédiaires est interprétable en terme de litage magmatique primaire et que chaque entité texturale correspond à une injection magmatique (ce résultat est confirmé par la géochronologie, Figure 3.9). De la même manière, nous interprétons ces alternances de syénites fines et grenues comme un litage magmatique primaire correspondant à l'empilement de feuillets de magma mis en place de manière rapprochée dans le temps (contacts magmatiques sans bordures figées) mais diachrone. La différence de texture finale que l'on peut observer sur le terrain serait le résultat d'une histoire de mise en place différente liée aux paramètres d'injections (e.g. volume plus faible donc cristallisation plus rapide, intervalle de temps entre deux injections différent, etc.…). Les relations de terrain montrent donc de manière générale une sous accrétion des injections successives, et ce à différentes échelles (Figure 2.19, Figure 2.24 et Figure 2.27). Cependant la présence de filons, par définition sécants sur une injection antérieure, montre que dans certains cas l'histoire est plus complexe, avec des injections à différents niveaux de l'édifice plutonique en cours de construction.

2.3.3 Déformations ductiles et cassantes

Des zones de cisaillement ont été observées dans les unités 1 et 2. L'unité 3, la plus jeune et la plus centrale du SRBIC, en est (jusqu'à preuve du contraire) totalement dépourvue. Les occurrences se trouvant au sein de cette unité s'observent dans un niveau plus ou moins lenticulaire appartenant à l'unité 2 en enclave dans cette unité. La pétrographie, la géochronologie et la présence de ces zones de déformation confirment ce résultat. Ces zones de cisaillement ont des épaisseurs variables (mm à quelques cm), et peuvent se suivre sur des distances atteignant quelques dizaines de mètres. Il en existe plusieurs types : ductiles, ductile-fragiles, voire cataclastique. Elles ont le plus souvent un jeu apparent extensif (Figure 2.28).

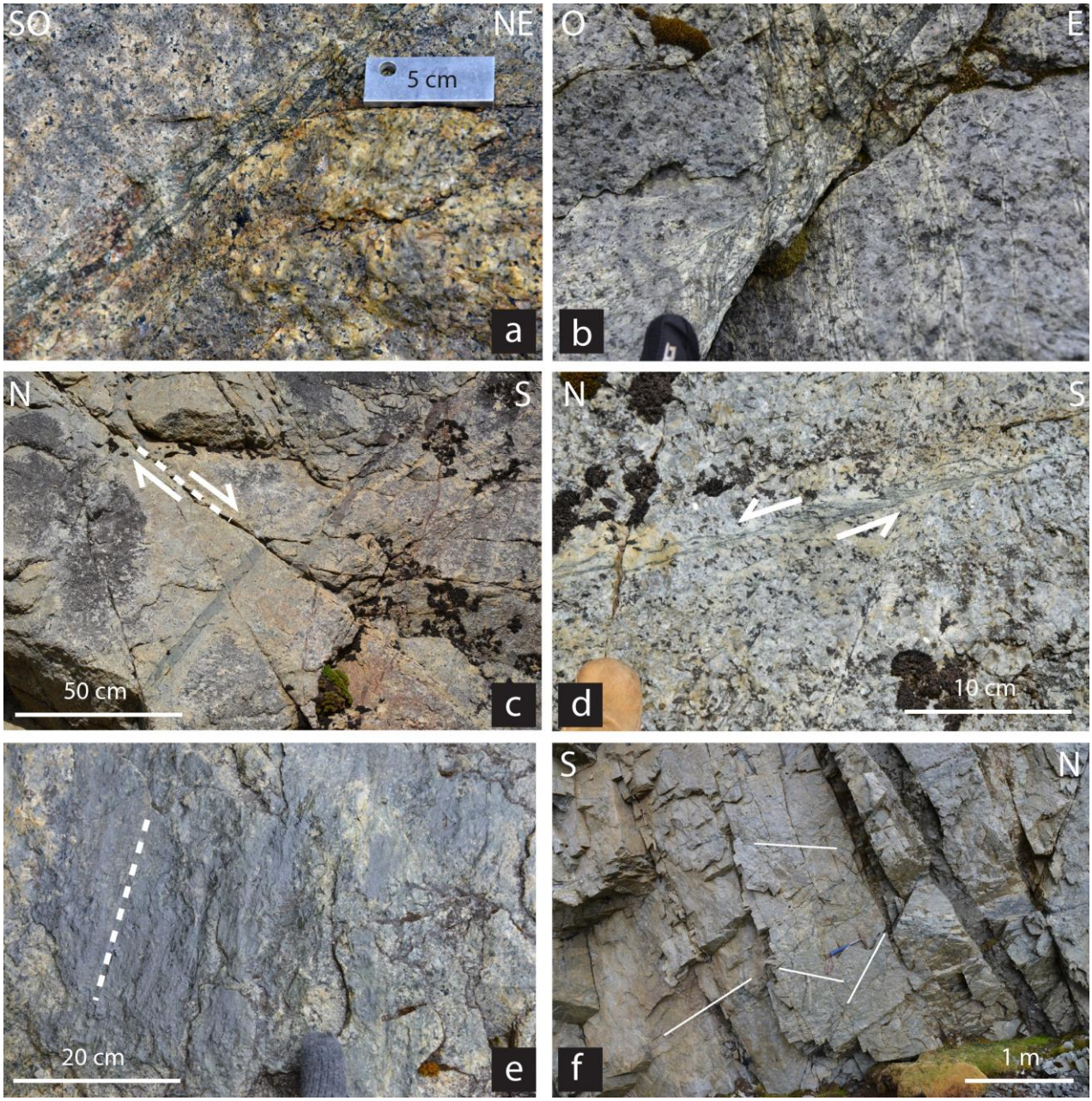


Figure 2.28 : Marqueurs de déformation au sein du SRBIC. a) zone de cisaillement marqué par des filonnets cataclastiques sombres transportant des minéraux de la syénite recoupée , b) plus ou moins fins toujours organisé en réseau, c) cisaillement décalant un filon trachytique avec un jeu normal, d) filonnets cisaillant avec un jeu normal, e) linéation d'étirement ; f) zone de cisaillement selon des plans plus ou moins conjugués.

Ces zones de cisaillement localisent la déformation au niveau de microfilons d'épaisseur millimétrique de composition syénitique et de texture variable entre aphyrique, microgrenue et microgrenue porphyrique. Ils sont rarement isolés et généralement organisés en réseaux anastomosés d'étendue variable. Ces filons recoupent les roches encaissantes mais ne sont pas strictement rectilignes et sont parfois tortueux. Ils semblent souvent s'entrecroiser ou se rejoindre et font penser à des « cheveux » étirés (Figure 2.28 et Figure 2.29). Ils traversent et fracturent la syénite encaissante et contiennent souvent des morceaux ou minéraux arrachés à cette dernière leur donnant des textures porphyriques. Ces zones de cisaillement constituent donc l'enregistrement d'une déformation qui affecte une syénite déjà très largement cristallisée. Dans certains cas, cette déformation semble être associée à des injections magmatiques mafiques et trachytiques tardives. La déformation à l'échelle du complexe montre un continuum ductile – cassant. En effet, quelques failles portant des stries ont pu être observées (Figure 2.29c et d). Les orientations, cinématiques et signification de cette déformation sont présentées dans la section suivante.

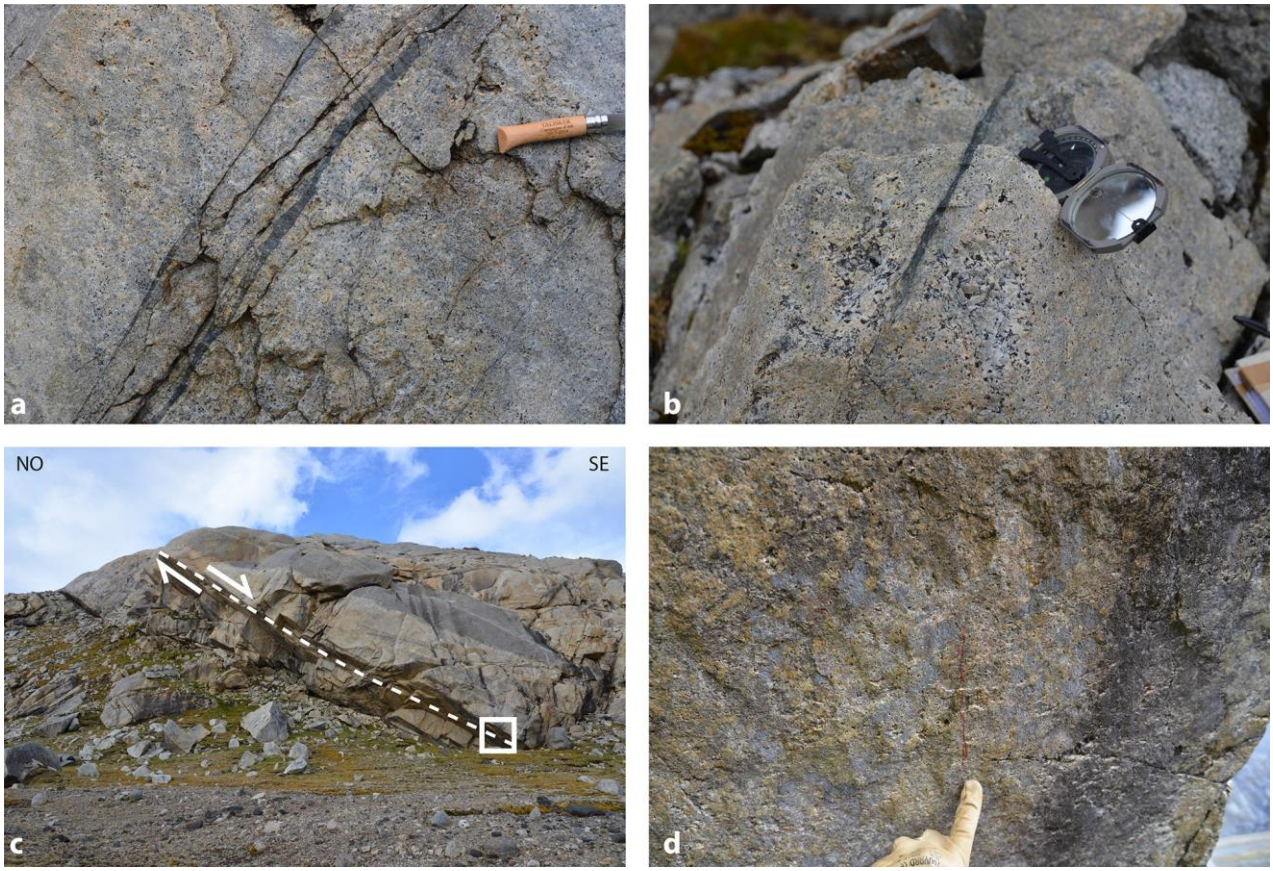


Figure 2.29 : Marqueur de déformation, suite. a) filonnets cataclastiques, b) un filonnet s'effile à l'approche d'une poche pegmatitique qu'il traverse, c) rare faille à grande échelle sur le flanc sud-ouest de Deux Frères, d) traces de stries et marches d'escalier marqueurs du jeu en faille normal.

En terme de chronologie relative, les zones de cisaillement recoupent tous les faciès syénitiques constituant le litage principal des unités syénitiques 1 et 2. Elles recoupent nettement certains filons trachytiques et basaltique syn-plutoniques, mais sont également recoupées par certains autres filons (Figure 2.30a et b). Dans certains cas, plusieurs générations de zones de cisaillement se recoupent (Figure 2.30c et d), supportant plusieurs phases de déformations.

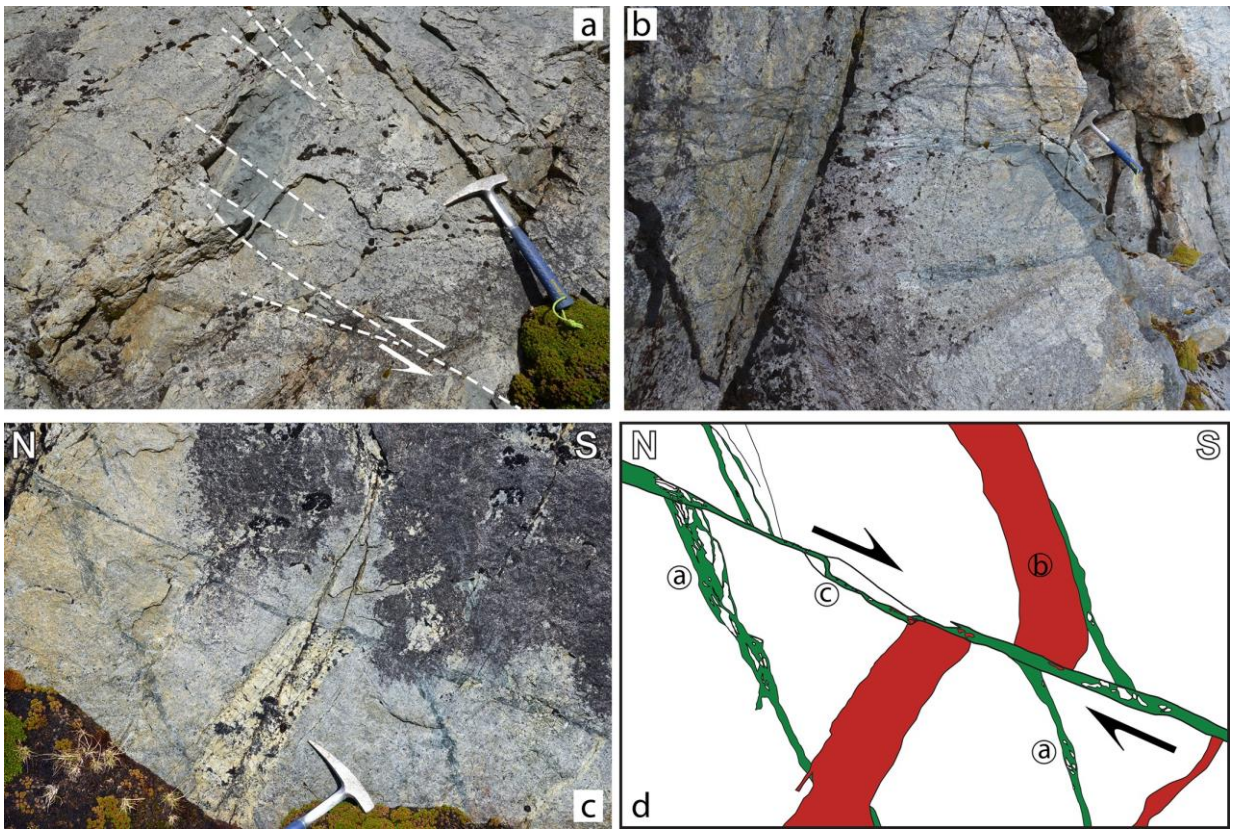


Figure 2.30 : Chronologie relative entre les zones de cisaillement et les différents filons. a) filon basique décalé en plusieurs endroits par un jeu en faille inverse, b) filon mafique qui recoupe et est recoupé par des zones de cisaillement, c) filon ou veine de pegmatite qui recoupe une première génération de zones de cisaillement, une seconde génération de zones de cisaillement découpe ces premières structures avec un jeu en faille normale.

Les différentes observations de terrains exposées dans les parties précédentes sont synthétisées au travers d'une coupe de l'unité 1.

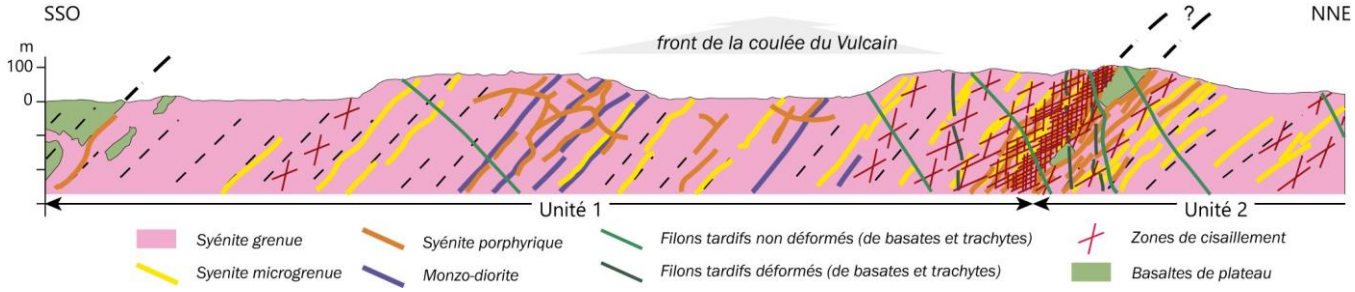


Figure 2.31 : Coupe synthétique SSE-NNO de la première unité structurale.

2.4 Structure d'ensemble

La structure d'ensemble du SRBIC a été appréhendée à l'aide de la synthèse de nos données de terrain en coupes et en cartes, ainsi que par l'analyse structurale de nos mesures de terrain en stéréographie.

2.4.1 Litages et contacts magmatiques

Sont représentés sur la Figure 2.32a tous les contacts magmatiques entre lithologies différentes, ainsi que les mesures des plans d'alternance des différents types de syénites. Les mesures des filons de microsyénites sur la Figure 2.32b, et les mesures du réseau de ségrégations de pegmatite sur la Figure 2.32c.

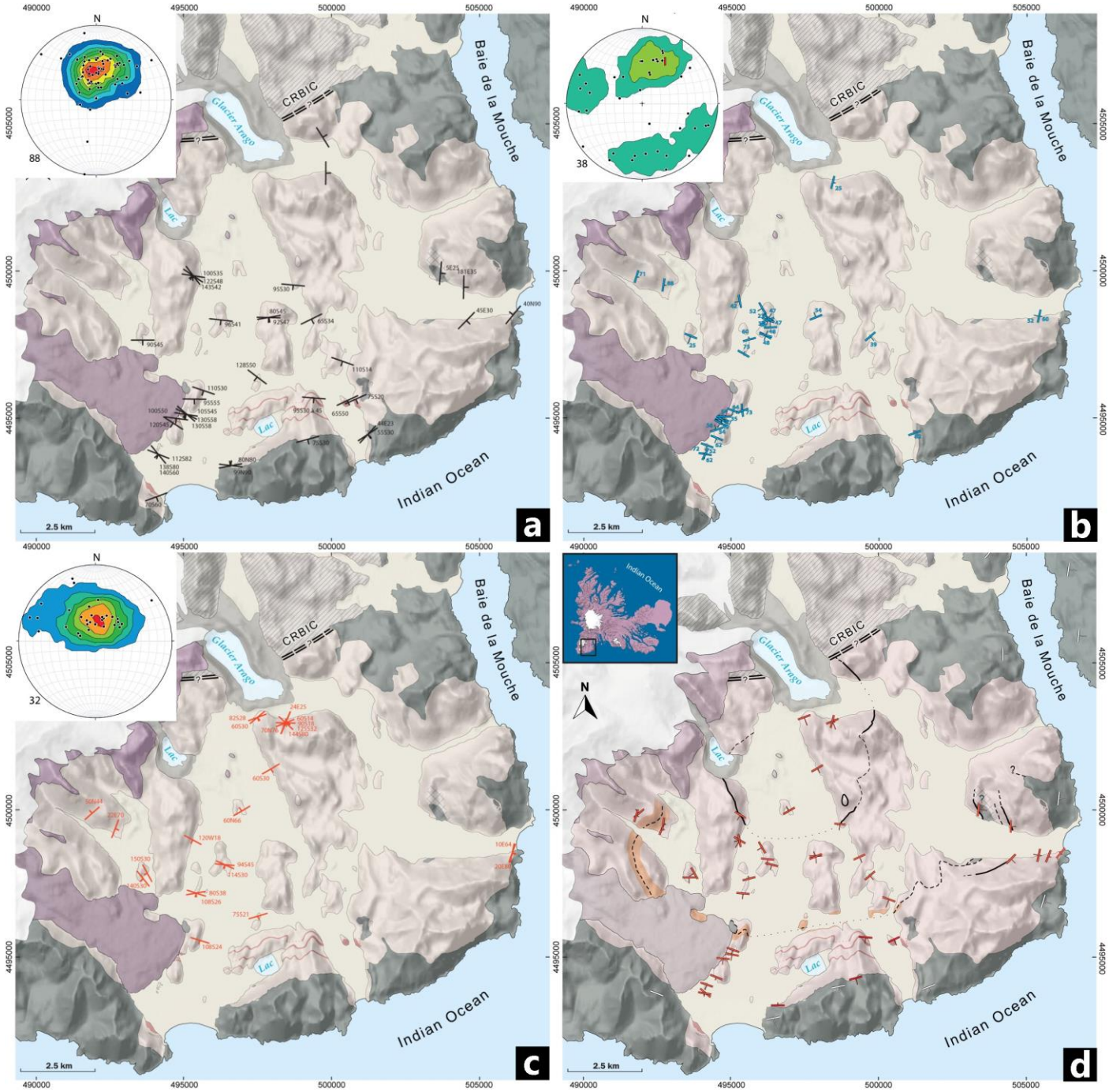


Figure 2.32 : Carte et et stéréo des mesures de terrains : a) des contacts ; b) des filons de microsyénite ; c) du réseau de ségrégations pegmatitiques ; d) des données en (a), (b) et (c) synthétisées et définissant le litage magmatique du SRBIC.

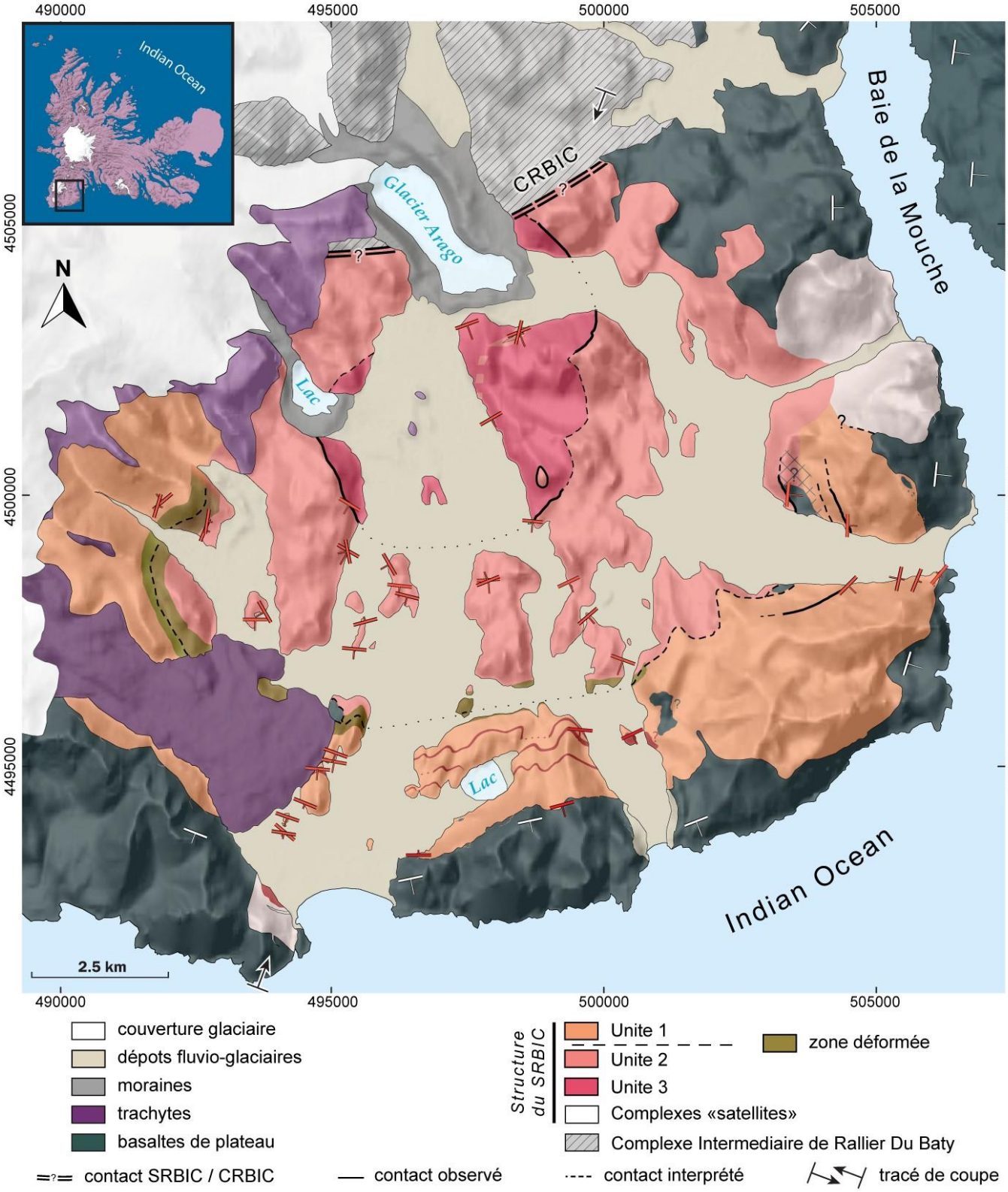


Figure 2.33: Carte structurale synthétique du complexe sud de Rallier du Baty, illustrant les différentes unités structurales et les mesures (non-exhaustives) définissant le litage magmatique (voir Figure 2.32).

Bien que toutes les mesures n'aient pu être représentées sur les cartes de la Figure 2.32 ci-dessus, les résultats apparaissent sans perte d'informations. Il faut noter que la mesure de pegmatite sur le massif en forme de molaire dans l'unité 3 centrale n'apparait pas sur la Figure 2.33 précédente car cette orientation (bien que prise en compte dans les stéréogrammes) correspond à une circulation franchement tardive qui ne reflète pas les observations de premier ordre à cet endroit malgré une orientation de plan cohérente avec la structure de cette unité. C'est pourquoi, elle est représentée dans la Figure 2.32 et absente de la Figure 2.33 qui se veut synthétique. Ces différentes mesures combinées permettent de mettre en évidence le litage magmatique révélateur de la construction du complexe (Figure 2.32d et Figure 2.33). Les différentes structures montrent que « ça tourne ». En effet, toutes ces structures sont parallèles au contact externe du complexe intrusif. Elles définissent donc une structure en dôme centrée sur l'unité 3. Le pendage de ces structures diminue également de la bordure vers le centre de l'intrusion.

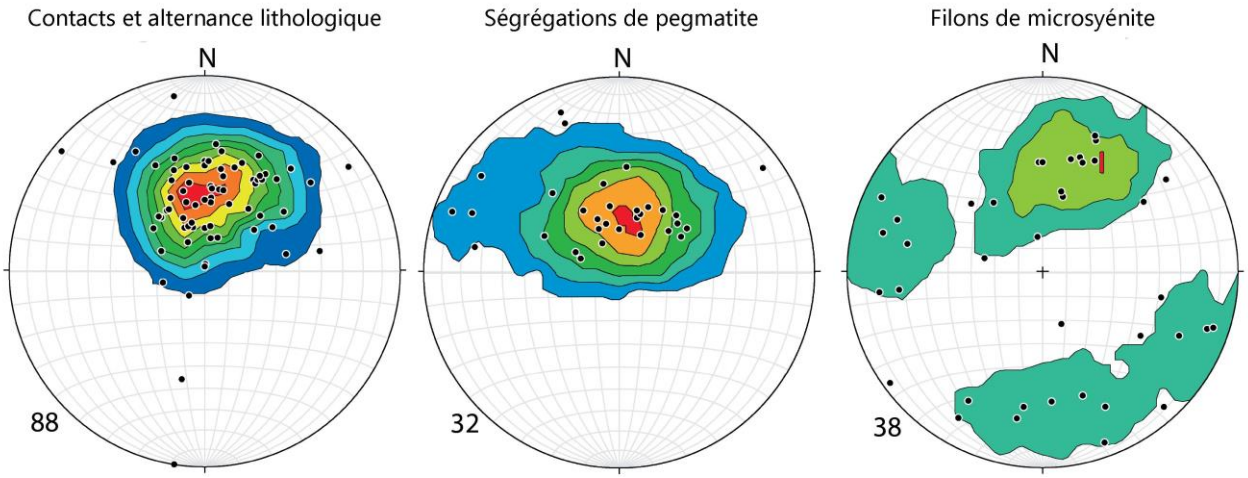


Figure 2.34 : Synthèse des stéréogrammes.

La sur-représentation dans nos mesures du secteur « Deux-Frères, Portillon, Vulcain, Commandant, Plage-Jaune » explique la pré-dominance des pendages vers le sud sensu lato. Ceci explique la forme et la position des maximums de densité de mesure sur les stéréos (Figure 2.34).

2.4.2 Zones de cisaillement et failles

Les mesures de zones de cisaillement soulignent également la structure concentrique de l'intrusion. Ce résultat montre clairement que la déformation qui les a formées est directement liée à la construction du complexe intrusif. La carte présentée en Figure 2.35 met également en évidence une forte concentration des zones de cisaillement autour du contact entre les unités 1 et 2, délimitant la zone la plus déformée du SRBIC (en vert brun sur la Figure 2.33). Les pôles en stéréo montrent une distribution conjuguée, avec une famille de zone de cisaillement subparallèle au litage magmatique général à pendage vers le sud plus fort que ce dernier (pendage moyen de 30-40° pour le litage et de 60-70° pour les zones de cisaillement). L'autre famille est également représentée en termes de nombre de mesures, et est symétrique avec des pendages de l'ordre de 50-60° vers le nord.

Sur le stéréo de la Figure 2.35 ont été reportés les plans de zones de cisaillement et de faille sur lesquels des linéations et stries ont pu être mesurés. Dans le secteur étudié, le signal principal est celui d'une extension de direction NNE-SSO. Ce signal est compatible avec les nombreux jeux apparents en faille normale observés sur le terrain (e.g. Figure 2.28, Figure 2.29, Figure 2.30). Les seules zones de cisaillement qui ont été observées dans l'unité 3, se retrouvent au niveau d'une enclave appartenant à

l'unité 2. La géochronologie, la pétrographie et la présence de ces zones de cisaillement appuient ce résultat.

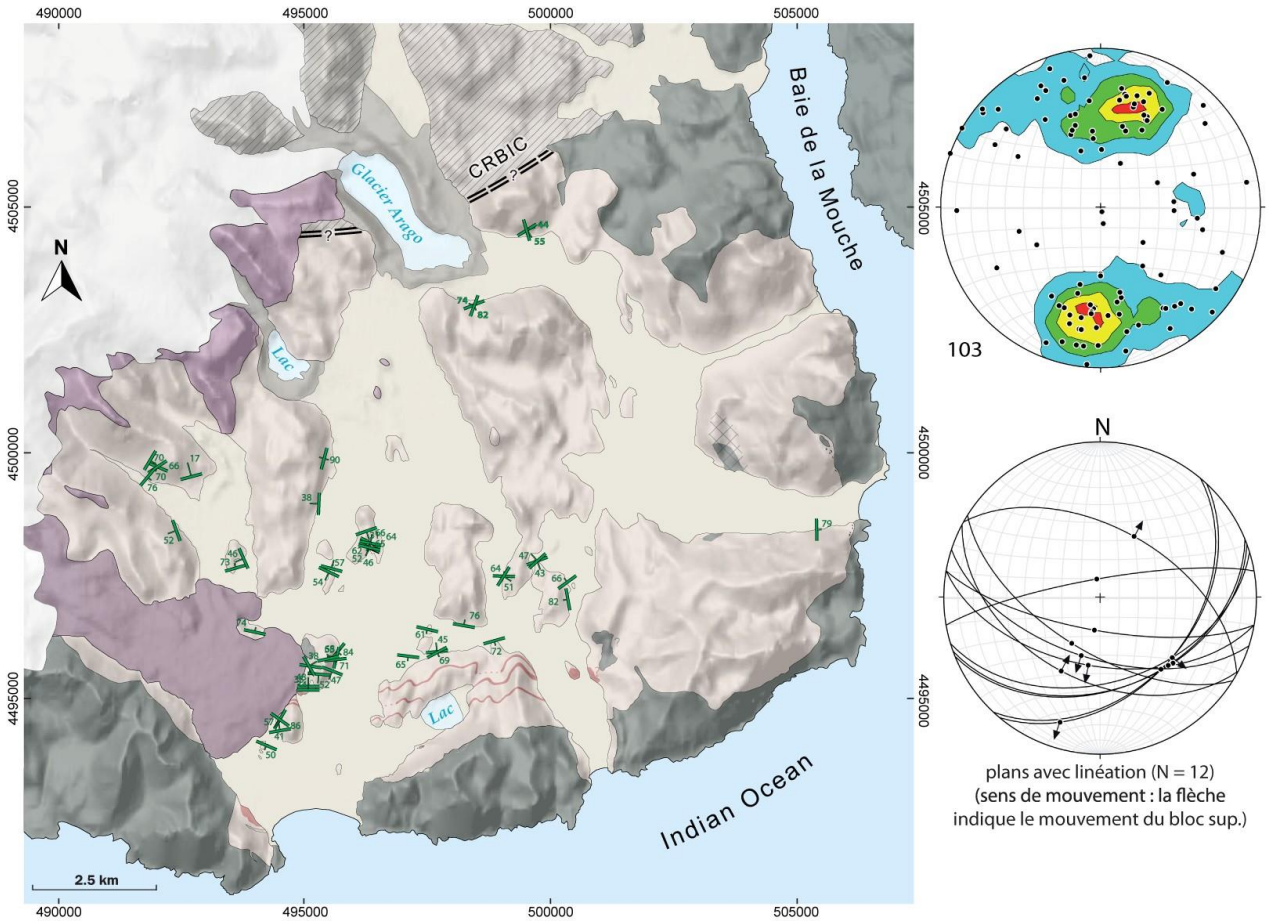


Figure 2.35 : Stéréos des zones de cisaillement et failles avec cinématique.

2.4.3 Filons basaltiques et trachytiques

Les mesures des orientations des filons de basaltes et trachytes montrent une certaine variabilité (Figure 2.36). Les mesures ne tournent pas. La comparaison entre le stéréo de ces filons et celui des litages magmatiques (Figure 2.34 et Figure 2.36) montre que les filons se distribuent en moyenne sur un grand cercle qui représente un plan dont le pôle a la même orientation que l'orientation moyenne des litages. Ainsi, à l'échelle du SRBIC, les filons basaltiques et trachytiques sont en moyenne perpendiculaires au litage magmatique général (voir Figure 2.5a, Figure 2.18 et Figure 2.25).

Sans logique de continuité cartographique évidente entre les orientations des filons, il apparait toutefois qu'une direction préférentielle de ces filons ressorte à N70-80° avec un pendage moyen vers le nord de 60-70°. Cette orientation et le stéréogramme issus des mesures faites durant la campagne IPEV-Talisker 2013-2014 sont très similaires aux résultats des mesures de la campagne IPEV-Dylioker 2009-2010 (Figure 2.37) publiés par Mathieu et al. (2011). Toutefois, une autre orientation préférentielle de filons à environ N15E80 peut également se dégager de notre jeu de données. Ainsi, une autre interprétation peut être faite au regard de ces mesures et suggérer deux directions dominantes des plans d'injections de dykes autour d'un axe OSO-ENE et d'un autre NNE-SSO. Un travail plus fin mettant en relation orientation et chronologie relative des différents types de filons devrait pouvoir permettre d'affiner ces résultats.

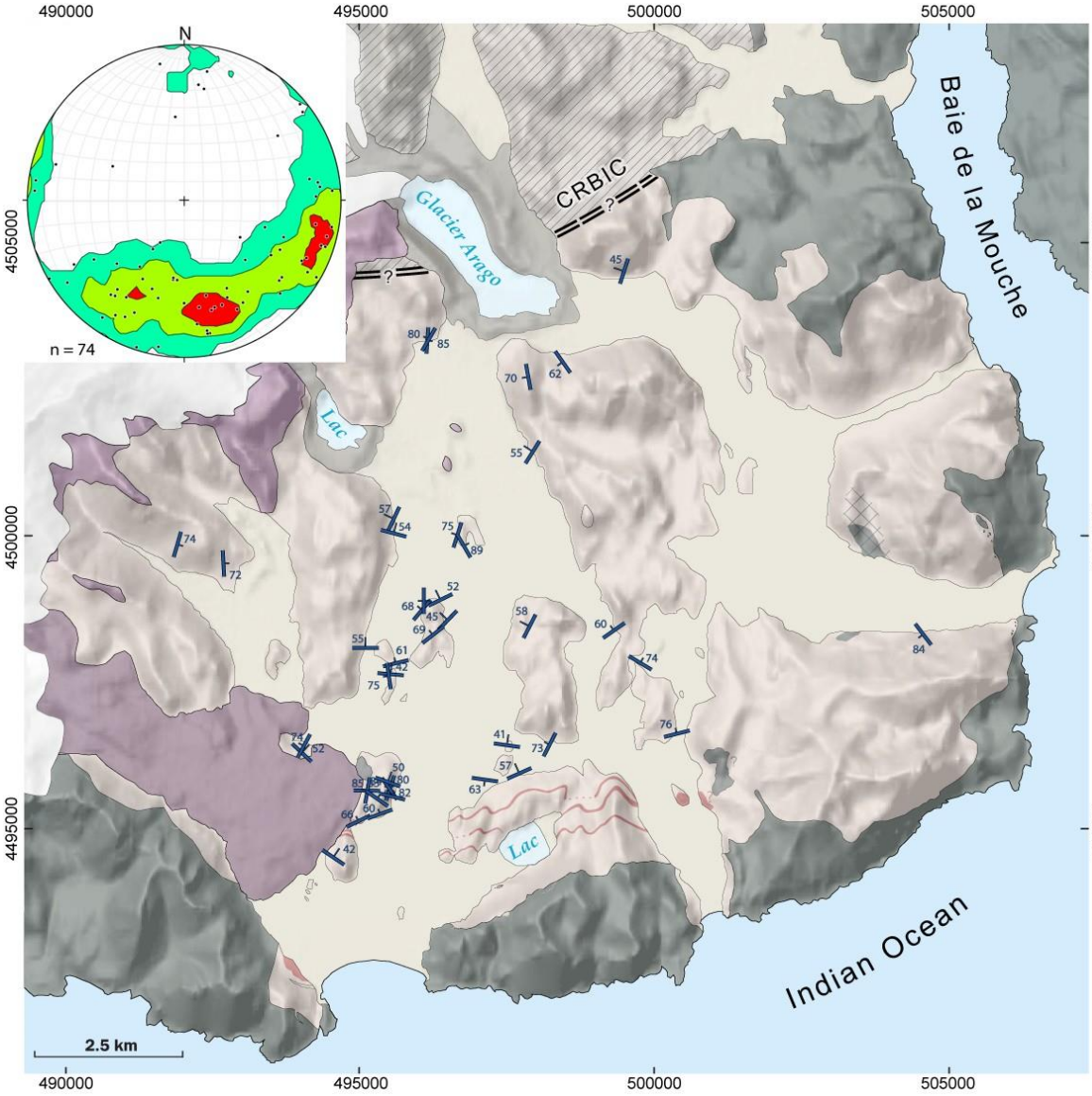


Figure 2.36 : Carte illustrant les mesures de filons basaltiques et trachytiques observés sur le terrain. Par souci de lecture due à la résolution et l'échelle de la carte, toutes les mesures n'ont pu être reportées ici.

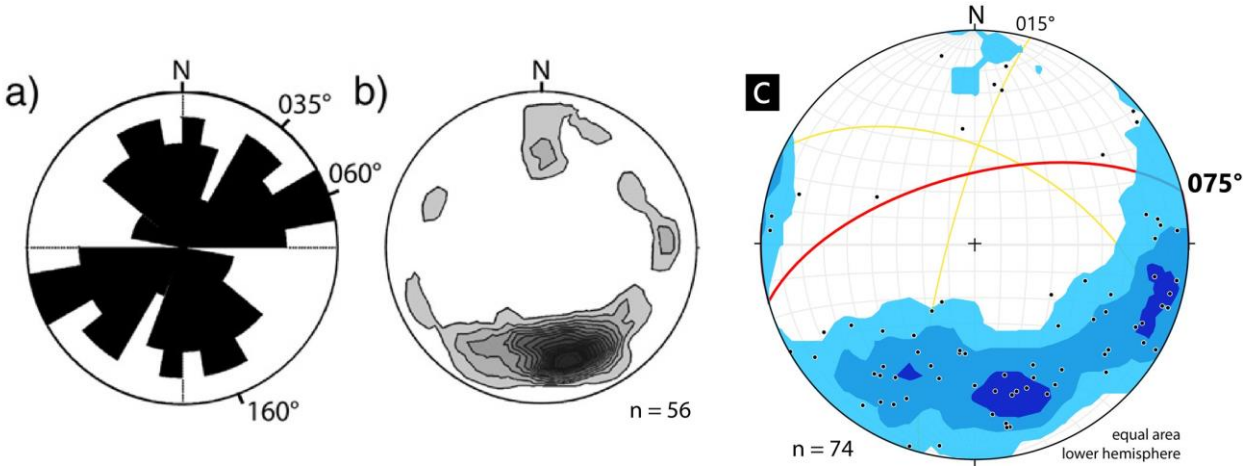


Figure 2.37 : Stéréogrammes des filons de basaltes et trachytes syn à post-plutoniques, (a et b) extraits de Mathieu et al., (2011) et (c) des données de la campagne Talisker 2013-2014.

Les différentes mesures présentées ci-dessus sont synthétisées au travers d'une coupe SSO-NNE (Figure 2.38) qui illustre la structure interne du SRBIC.

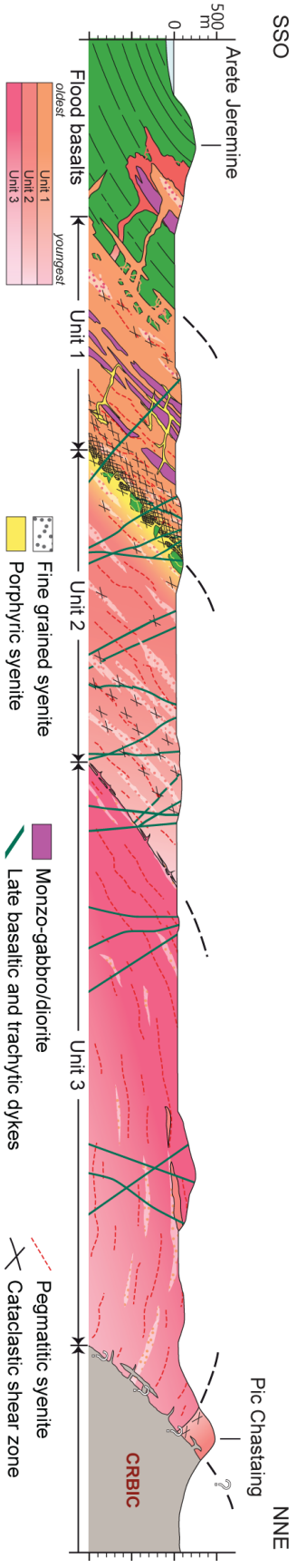


Figure 2.38: Coupe synthétique SSO-NNE du SRBIC.

2.5 Quantification des fabriques

La fabrique est définie comme l'orientation préférentielle de forme des minéraux d'une roche. Les roches magmatiques possèdent toujours une fabrique, aussi ténue soit-elle (voir (Bouchez, 1997) et références incluses). Dans une roche magmatique non déformée à l'état solide, la fabrique est un enregistrement de la déformation subie par le magma lors de ses déplacements à travers la croûte et de sa mise en place. Quantifier la fabrique à l'échelle d'une intrusion, c'est mesurer en de nombreux points répartis sur l'ensemble de sa surface l'orientation de la foliation (plan d'aplatissement) et de la linéation (direction d'étirement) magmatiques. C'est aussi calculer l'intensité et la forme de l'ellipsoïde de la fabrique en chaque point à l'aide des rapports d'intensités entre les trois axes de l'ellipsoïde. Les données ainsi obtenues permettent de définir le champ de déformation à l'échelle de l'intrusion. Combiné à l'étude des microstructures, ces données sont cruciales pour reconstruire l'histoire de la construction d'une intrusion.

Sans doute liée aux paramètres thermodynamiques propres aux injections lors de l'intrusion, la fabrique de forme est très peu développée dans les syénites du SRBIC. Les roches sont très isotropes, et il est très rare de pouvoir mesurer des foliations sur le terrain. Nous n'avons pu mesurer de foliation apparente sur seulement 5 affleurements pendant notre campagne de terrain (voir annexes). Pour cette raison, nous avons réalisé une quantification des fabriques par la méthode maintenant classique de l'anisotropie de susceptibilité magnétique (voir Bouchez 1997 et références incluses). Je présente ci-dessous la première étude des fabriques dans une intrusion plutonique située dans la croûte océanique par ASM.

2.5.1 Microstructures

A l'exception des zones de cisaillement, les textures des roches qui composent le SRBIC sont purement magmatiques et ce dans tous les types de texture, grenue, fine ou porphyrique (Figure 2.39).

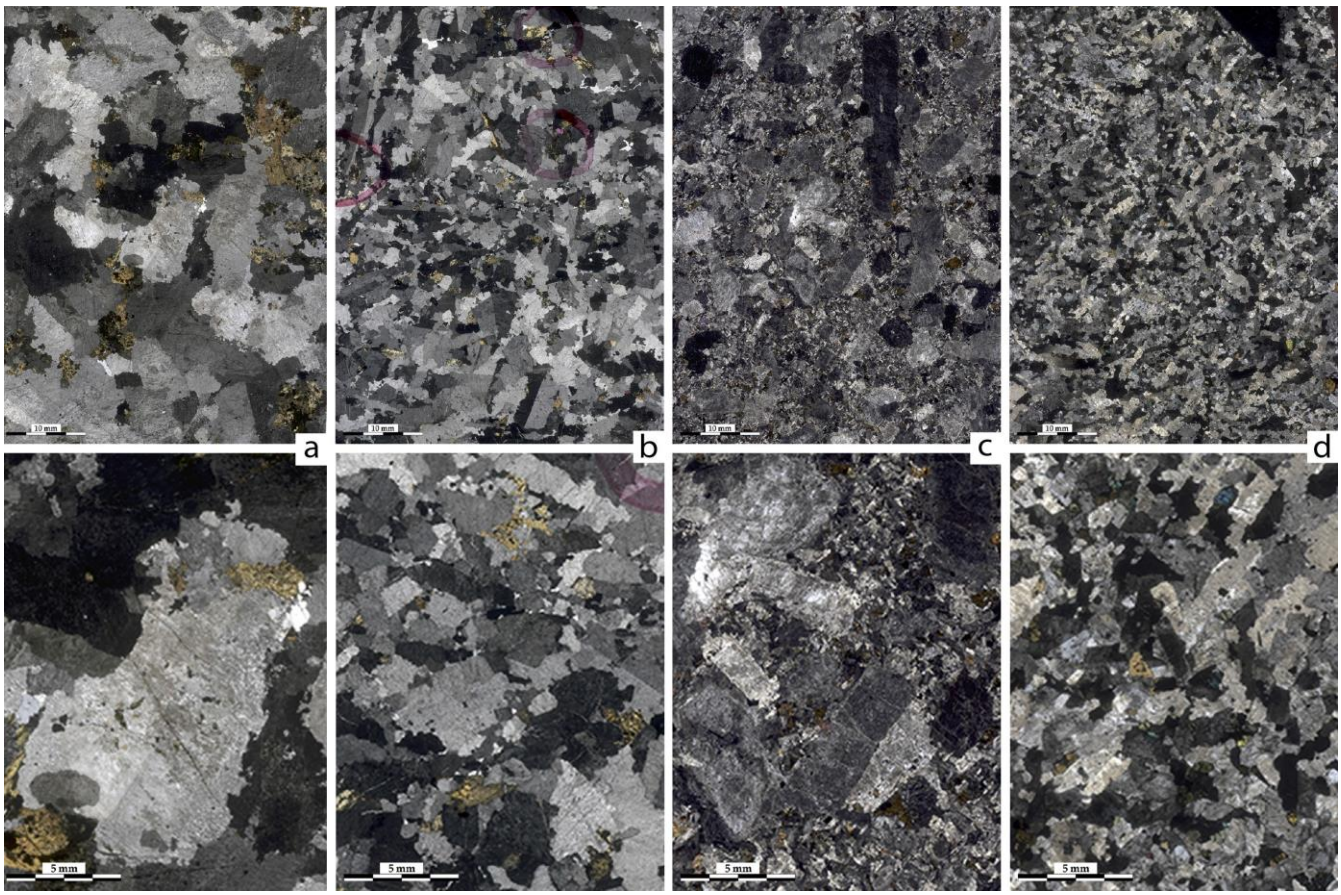


Figure 2.39 : Exemples des microstructures des syénites, a) pegmatitiques, b) grenues, c) porphyriques et c) microgrenues.

A l'image des observations sur le terrain, les roches plutoniques en lame mince ne montrent donc aucun signe particulier de déformation, d'étirement minéralogique ou de quelconque changement d'état physico-chimique influant sur leurs microstructures qui soient postérieur à leur histoire magmatique. Seuls quelques échantillons de l'unité 3 centrale montrent des figures d'altération généralisée dues à la circulation de fluides tardifs. Ces échantillons n'ont pas été utilisés pour l'ASM.

2.5.2 ASM

Depuis les travaux pionniers menés dans l'équipe 'Pétrophysique et Tectonique' de Toulouse à la fin du siècle dernier (voir Bouchez 1997 et références incluses), la technique de l'ASM s'est propagée dans le monde entier et a été appliquée sur des objets d'âge et de contexte très variés. Sauf erreur de ma part, c'est la première fois qu'elle est appliquée à un complexe intrusif océanique. Le protocole d'échantillonnage et de mesure est développé en annexe. Au total, 65 échantillons ont été analysés, 43 échantillons *13TKXX* prélevés lors de la mission TALISKER et 22 échantillons *TC09-XX* prélevés lors de la mission Dylioker.

2.5.2.1 Minéralogie magnétique

La combinaison des mesures de la susceptibilité magnétique pour tous les échantillons, des mesures de cette susceptibilité en fonction de la température pour une sélection d'entre eux (Figure 2.40) et les observations au MEB (Figure 2.41) indiquent un comportement magnétique qui peut être qualifié de bimodal.

Quelques échantillons provenant de l'unité 3 centrale ont une susceptibilité très faible, entre 18 et 70 x 10^{-5} SI, ce qui est typique des roches paramagnétiques sans magnétite. Cependant, l'analyse par imagerie MEB montre que les minéraux magnétiques contenus dans ces roches les plus abondants sont des ilménites associées aux phases ferro-magnésiennes. De petits cristaux de magnétite (bien moins abondant que l'ilménite) sont également présents, plutôt tardifs dans l'histoire de cristallisation de la roche. Ces échantillons sont pauvres voir dépourvus de micas noirs. La courbe de susceptibilité en fonction de la température montre un pic très marqué lors du chauffage juste avant le point de Curie de la magnétite (Tc = 580°C). Ce pic, appelé pic de Hopkinson (Hopkinson, 1890) pourrait provenir d'une néoformation de magnétite à partir du fer contenu dans les minéraux non-ferromagnétique de la roche (comme les amphiboles abondantes) et/ou de la présence de magnétite « single domain ». Le rapport ferromagnétique versus paramagnétique basé sur la modélisation d'hyperbolique de la courbe de susceptibilité (logiciel CureVal8 - AGICO) montre un comportement dominant ferromagnétique. .De plus, bien que les courbes de chauffe et de refroidissement attestent bien de la présence de Fe-Ti oxydes, celles-ci ne sont pas réversibles. Cette caractéristique atteste d'un comportement ferromagnétique perturbé, notamment avec la création de magnétite non stœchiométrique, ou de la transformation d'ilménite lors du refroidissement.

L'essentiel des échantillons ont une susceptibilité plus forte, entre 100 et 5000.10^{-5} SI, ce qui est typique de roches ferromagnétiques. Les courbes de susceptibilité en fonction de la température sont toutes réversibles avec une T_C atteinte autour de 580°C attestant de la présence de magnétite. L'imagerie MEB montre que les phases magnétiques sont toutes des Fe-Ti oxydes. Ils sont généralement sub-automorphes et de grande taille (de l'ordre de la 100aine de microns). Ces Fe-Ti oxydes sont caractéristiques car ils présentent toujours des phases d'exsolutions dans les plans de clivages et/ou d'intercroissance d'ilménite dans la magnétite. L'imagerie et l'évolution de la susceptibilité en fonction de la température confirment donc le caractère ferromagnétique de ces roches riches en oxydes de Fe-Ti.

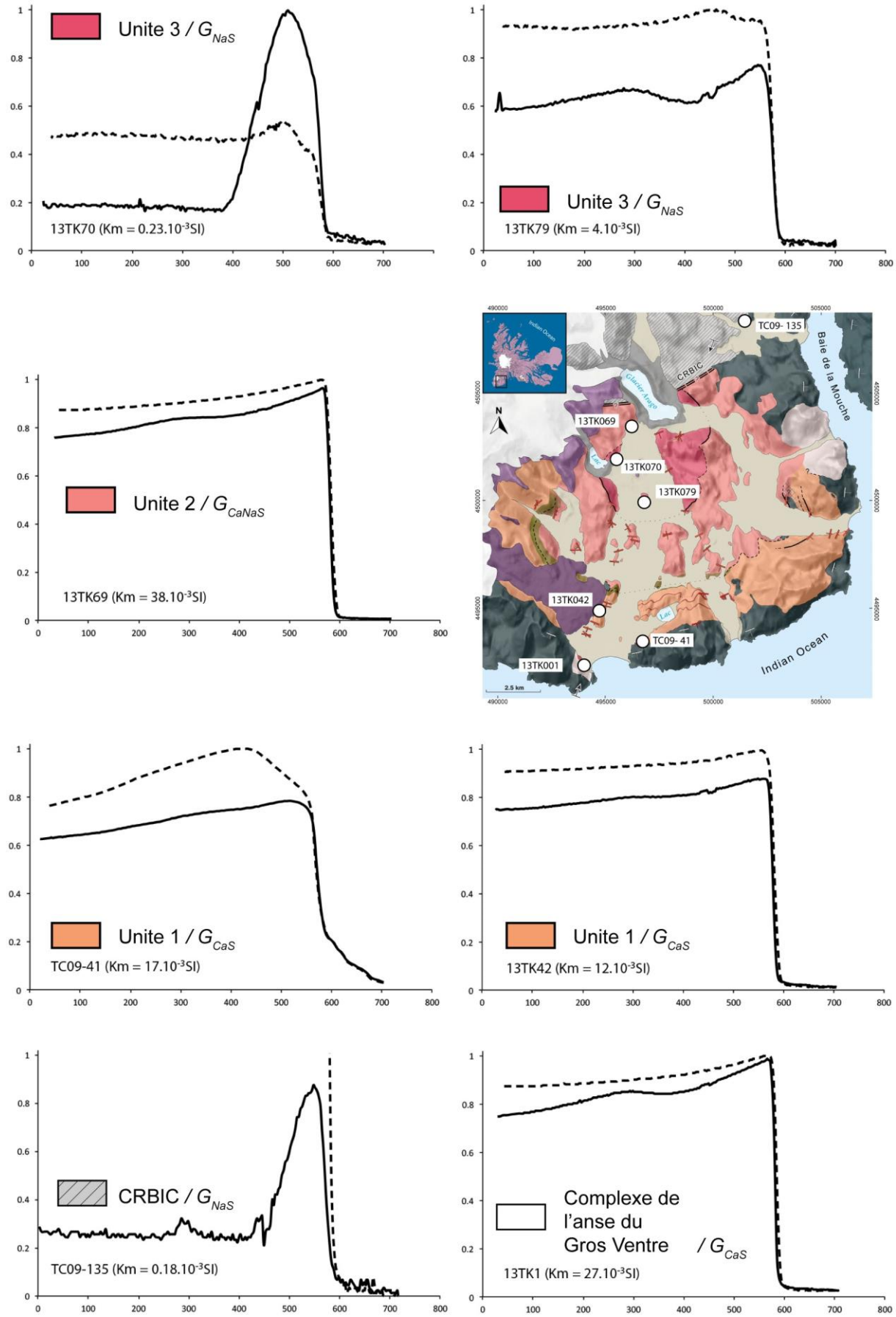


Figure 2.40 : Planche du signal de susceptibilité magnétique par échantillon en fonction de la température. G correspond au groupe pétrographique (voir Chapitre 4).

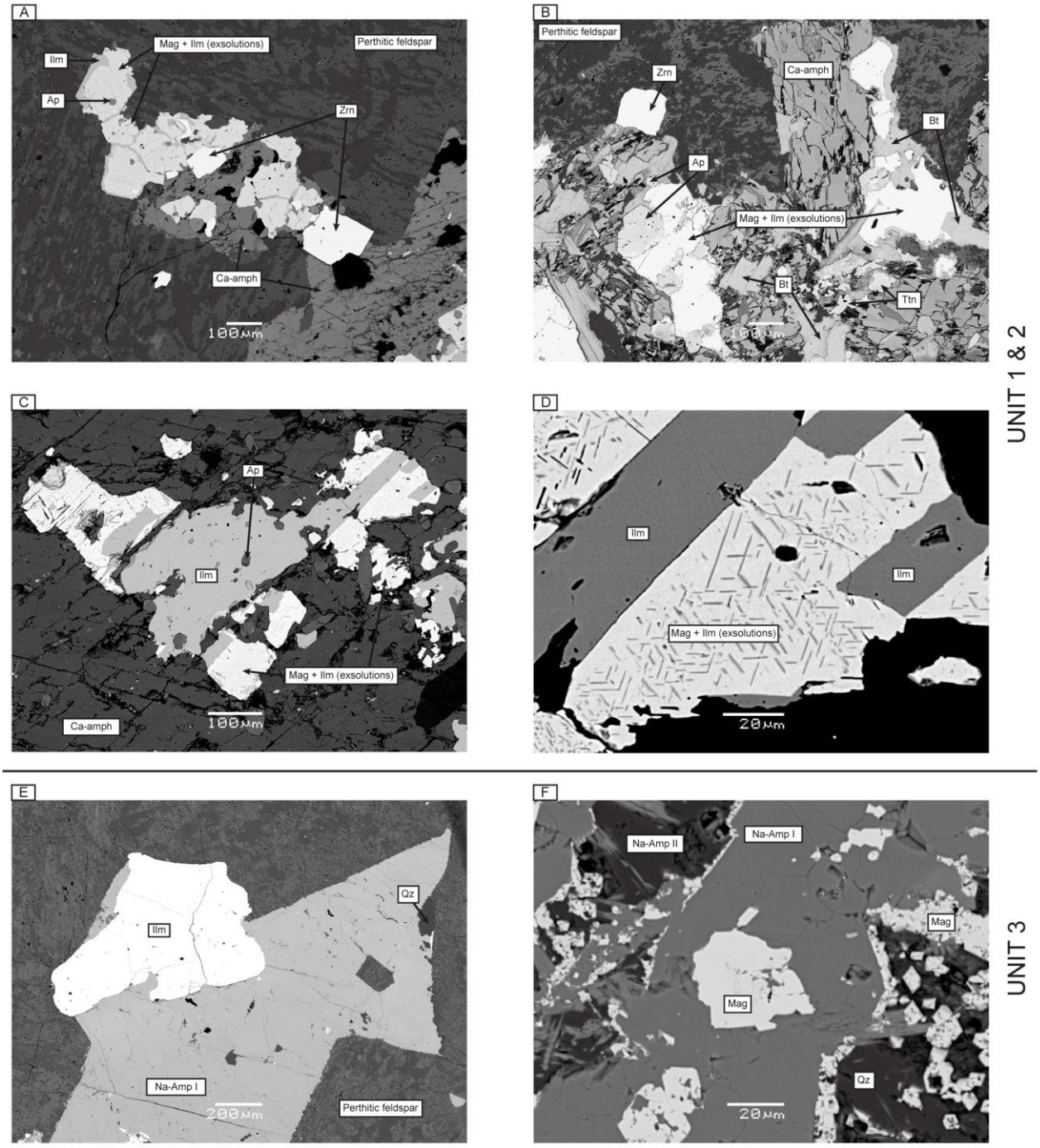


Figure 2.41 : Planche photographique des différents habitus de la minéralogie magnétique en imagerie électronique (MEB).

La fabrique magnétique des roches du SRBIC et de ses satellites est donc liée à la fabrique de forme des Fe-Ti oxydes. Ces minéraux apparaissent tout au long de la séquence de cristallisation des syénites (voir Chapitre 4). Ils sont donc soit (i) précoces et cristallisés directement à partir du magma sous la forme de grains de grande taille, inclus dans les feldspaths et associés aux phases ferro-magnésiennes, soit (ii) secondaires et liés à des transformations sub-solidus de certaines des ces phases silicatées ferromagnésiennes (iii) soit liés aux dernières phases de cristallisation magmatique. Dans les unités 1 (externe) et 2 (intermédiaires) ces minéraux sont des magnétites « multi-domain » à exsolutions d'ilménite. Tandis que dans la plupart des roches de l'unité 3 (centrale), les plus précoces sont des ilménites et les plus tardifs (moins abondants et plus petits) sont des magnétites. Dans tous les cas,

l'orientation préférentielle de forme des grains magnétiques a donc été acquise en même temps que celle des silicates qui constituent l'essentiel de la roche, et reflète bien la fabrique générale de la syénite.

2.5.2.2 Orientation de la fabrique magnétique

L'orientation de la fabrique magnétique est raisonnablement bien définie, avec des moyennes des valeurs propres de la matrice des cosinus directeurs (proche de 1 quand toutes les carottes issues d'un même échantillon donnent les mêmes directions, et proche de 0 quand c'est dispersé) et des demi angles des ellipses de confiance (2σ) de 0,82, 42°, 15° et 0,84, 39°, 14° pour Kmax et Kmin respectivement. Le détails des mesures est reporté en annexe.

La foliation a un pendage moyen à fort (moyenne de 56°) qui diminue de la périphérie vers le centre du SRBIC. Elle définit donc une structure en dôme centrée sur les faciès inférieurs et centraux qui sont aussi les plus jeunes (Figure 2.42). Les pendages sont le plus souvent vers l'extérieur, mais des contre-pendages existent. Les foliations sont donc en moyenne parallèles aux litages magmatiques observés sur le terrain. L'extrapolation et l'interprétation des trajectoires de foliations au travers de plusieurs cartes met en évidence ce résultat (Figure 2.42). La partie est de la péninsule compte peu de mesures et leur interprétation semble à première vue incohérente avec le reste des trajectoires. Plus de détails permettraient de mieux visualiser ce changement d'orientation (qui ne remet pas en cause les conclusions de cette étude).

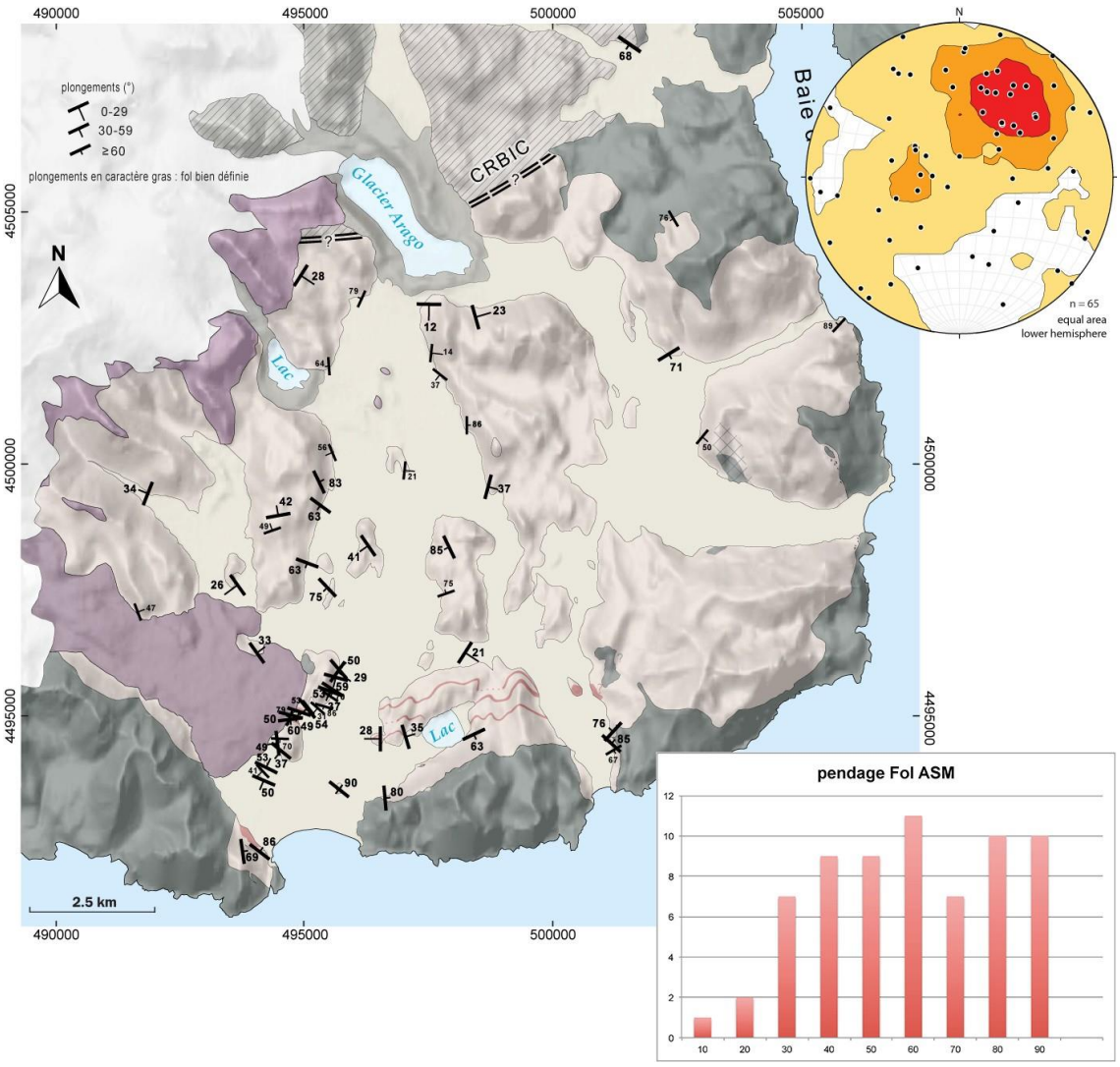


Figure 2.42 : Carte des trajectoires de foliations, stéréo issus de l'ASM et diagramme de fréquence des plongements.

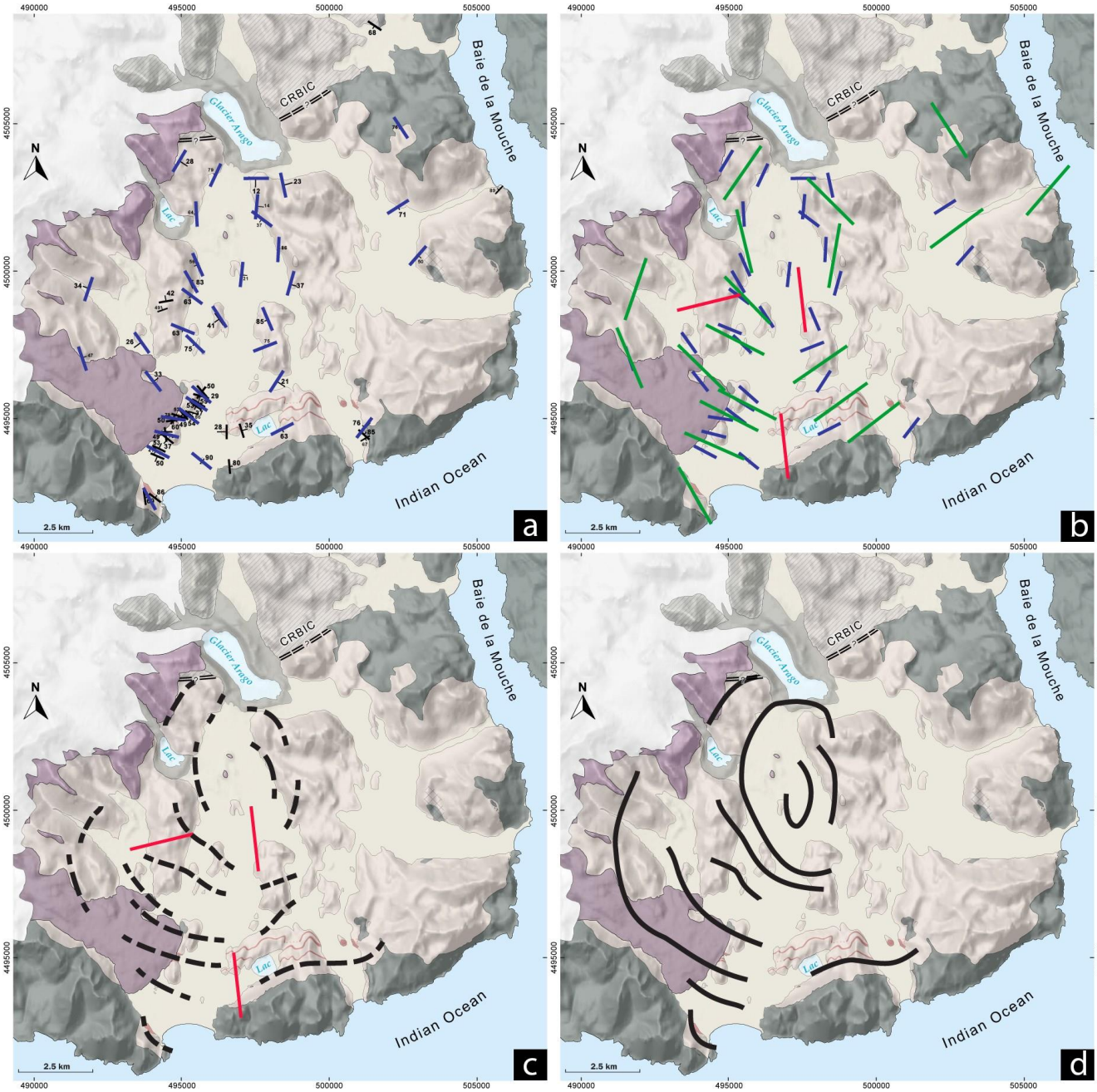


Figure 2.43: Cartes interprétatives des trajectoires de foliation à l'échelle du complexe. a) extrapolation courte des plans mesurés (bleue) ; b) extrapolation à plus grande longueur d'onde (vert) ; c) interprétation issues de a et b, proche des données (noir) et incohérences (rouge) ; d) autre interprétation possible moins précise que la précédente.

La linéation a une orientation plutôt nord-sud au centre du complexe (unité 3). En allant vers l'extérieur du complexe, elle tend à se paralléliser progressivement au contact intrusif du SRBIC/basaltes de plateau, au sein des unités 2 puis 1 (Figure 2.44 et Figure 2.45). Le plongement de la linéation est faible à moyen (moyenne de 31°). Certaines zones montrent des linéations croisées sur des échantillons proches (Figure 2.44).Tout comme pour les foliations, le faible nombre de mesures dans la région du Val de Longue Attente ne permet pas de faire une interprétation satisfaisante des trajectoires des linéations.

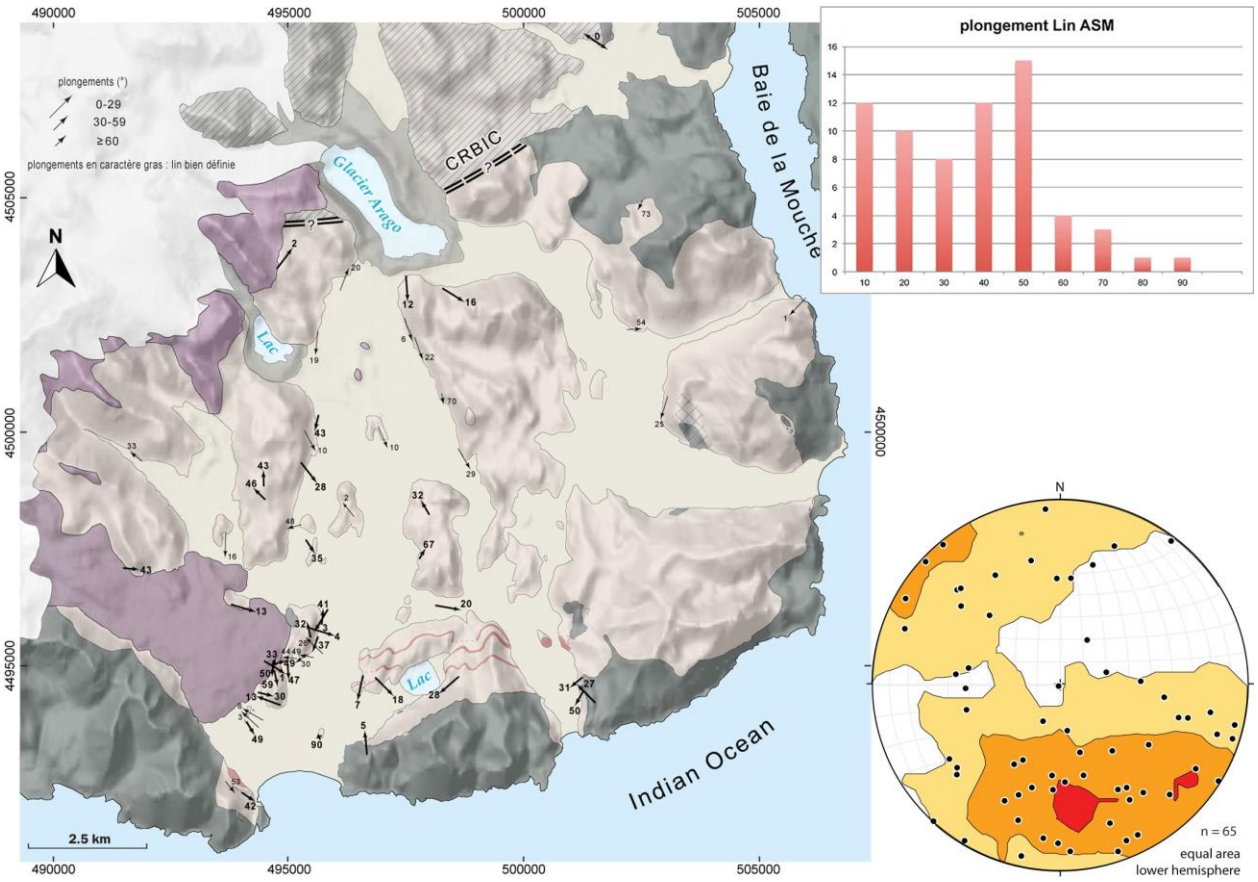


Figure 2.44: Carte des linéations, stéréo issus de l'ASM, et diagramme de fréquence des plongements.

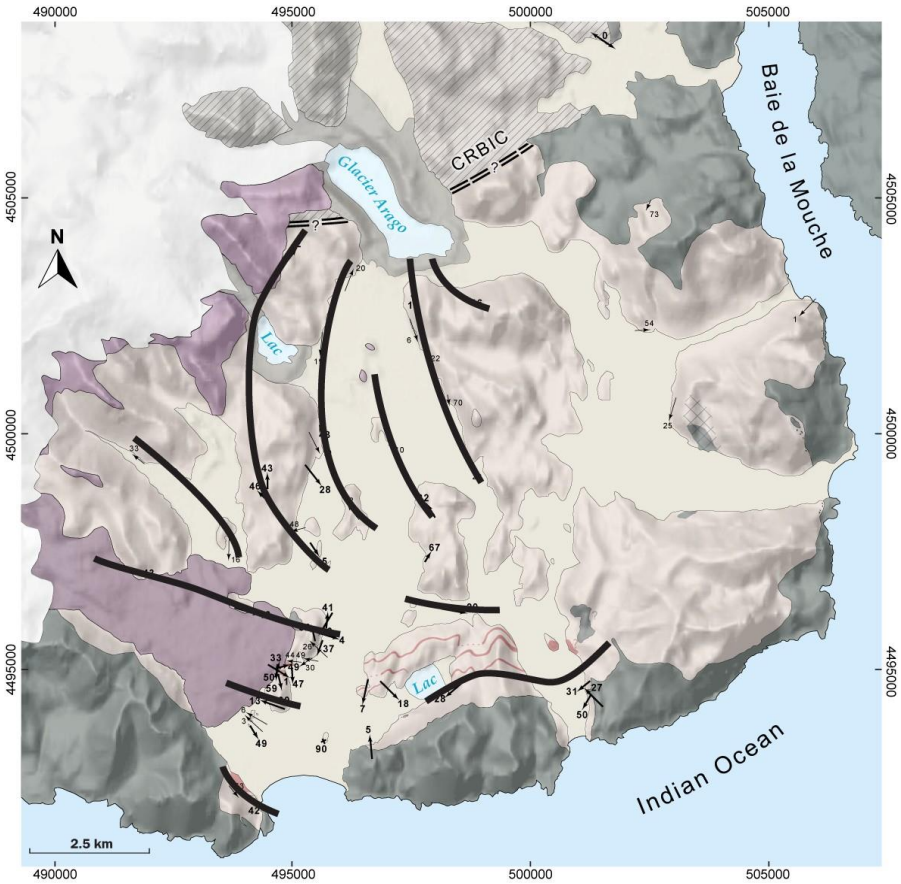


Figure 2.45 : Carte des trajectoires de linéations interprétées.

Les foliations à contre-pendage et les linéations croisées montrent une hétérogénéité spatiale de la déformation interne ('strain') subie par le magma lors de son injection, et donc des différences de déformation finie locales. Ceci pourrait être mis en relation avec les réinjections successives observées sur le terrain, qui impliquent que les fabriques peuvent être diachrones à l'échelle d'un affleurement, et qu'elles n'ont donc pas accumulé la même quantité de déformation.

2.5.2.3 Paramètres intensifs

La susceptibilité moyenne (Km = (K1 +K2 + K3)/3) se distribue entre 18 et 6772.10^{-5} SI, avec un maximum de sites entre 1000 et 1500x10^{-5} SI (Figure 2.46) et une moyenne de 1983.10^{-5} SI. La répartition spatiale de la susceptibilité montre une zonation claire avec des susceptibilités très faibles, au centre de l'intrusion dans l'unité 3, et des susceptibilités plus fortes, ferromagnétiques, tout autour dans les unités 1 et 2, sans aucune zonation particulière visible à l'échelle de ces deux unités (Figure 2.47).

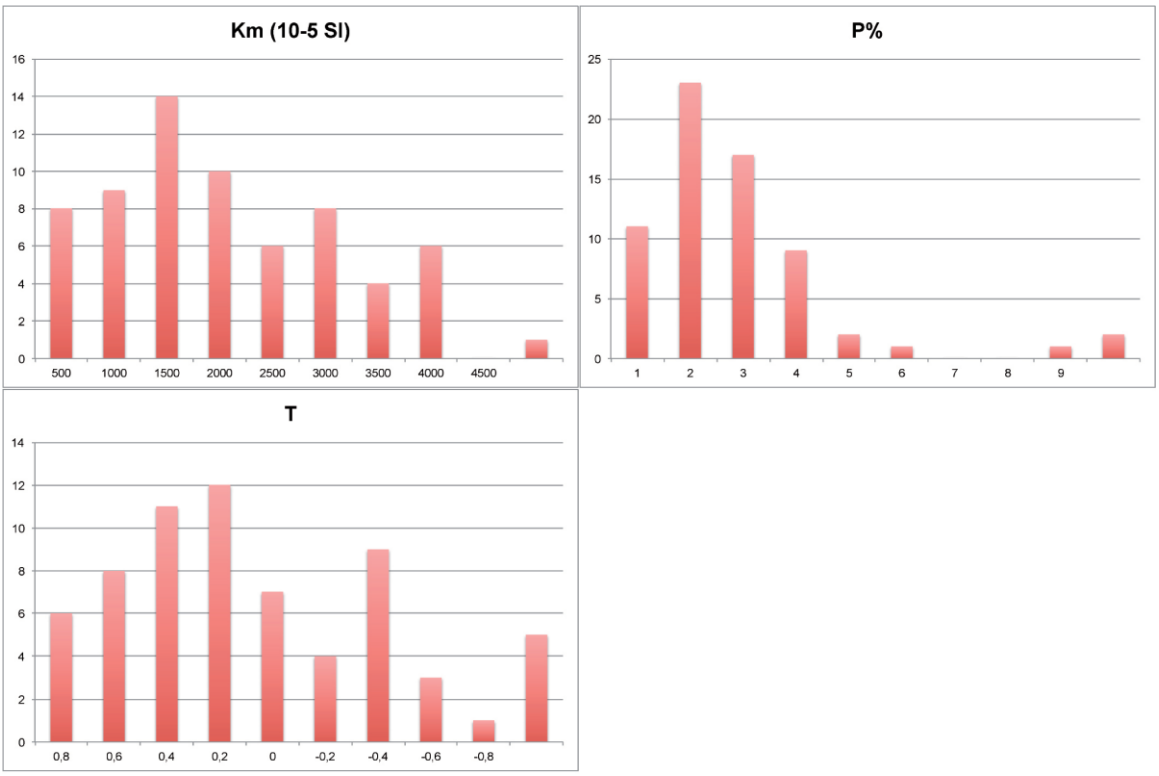


Figure 2.46 : Fréquences des différents paramètres intensifs (Km, P%, T).

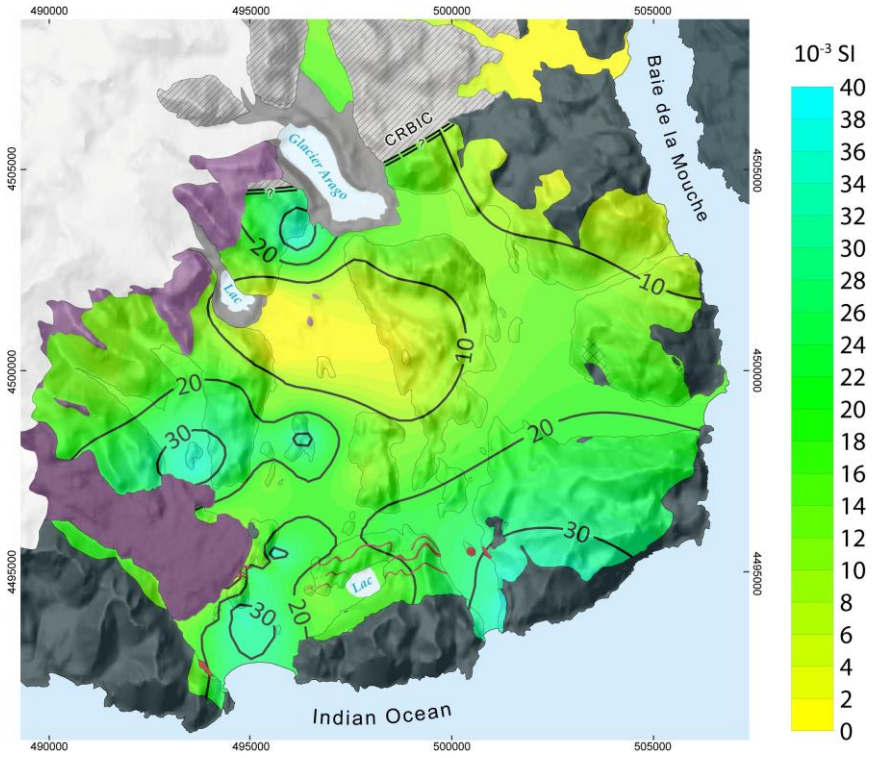


Figure 2.47 : Carte de répartition de la susceptibilité magnétique mesurée sur le SRBIC.

L'anisotropie totale, exprimée par le paramètre Pp% corrigé du diamagnétisme en raison de susceptibilités faibles (Pp% = 100*((K1+14)/(K3+14)-1)), se distribue entre 0,46 et 9,86 avec une valeur moyenne de 2,49 et un maximum de sites ayant une valeur comprise entre 1 et 2,5% (Figure 2.46). La distribution spatiale de l'anisotropie totale ne montre aucune répartition particulière à l'échelle du SRBIC, bien que les sites les plus anisotropes semblent appartenir à l'unité 1 la plus externe.

Les relations entre Km et Pp% ne montrent pas de relations particulières à l'échelle du complexe ou à l'échelle des différentes lithologies et textures rencontrées (Figure 2.48).

Le paramètre de forme T varie entre -0,84 et 0,98, avec une valeur moyenne de 0,13 et un maximum de sites ayant un ellipsoïde aplati avec une valeur comprise entre 0,6 et 0,2 (Figure 2.46 et Figure 2.48). La distribution spatiale du paramètre T ne montre aucune répartition particulière à l'échelle du SRBIC. Les relations entre Pp% et T ne montrent pas de relations particulières, ni à l'échelle du complexe ni en fonction des différentes textures rencontrées (Figure 2.48).

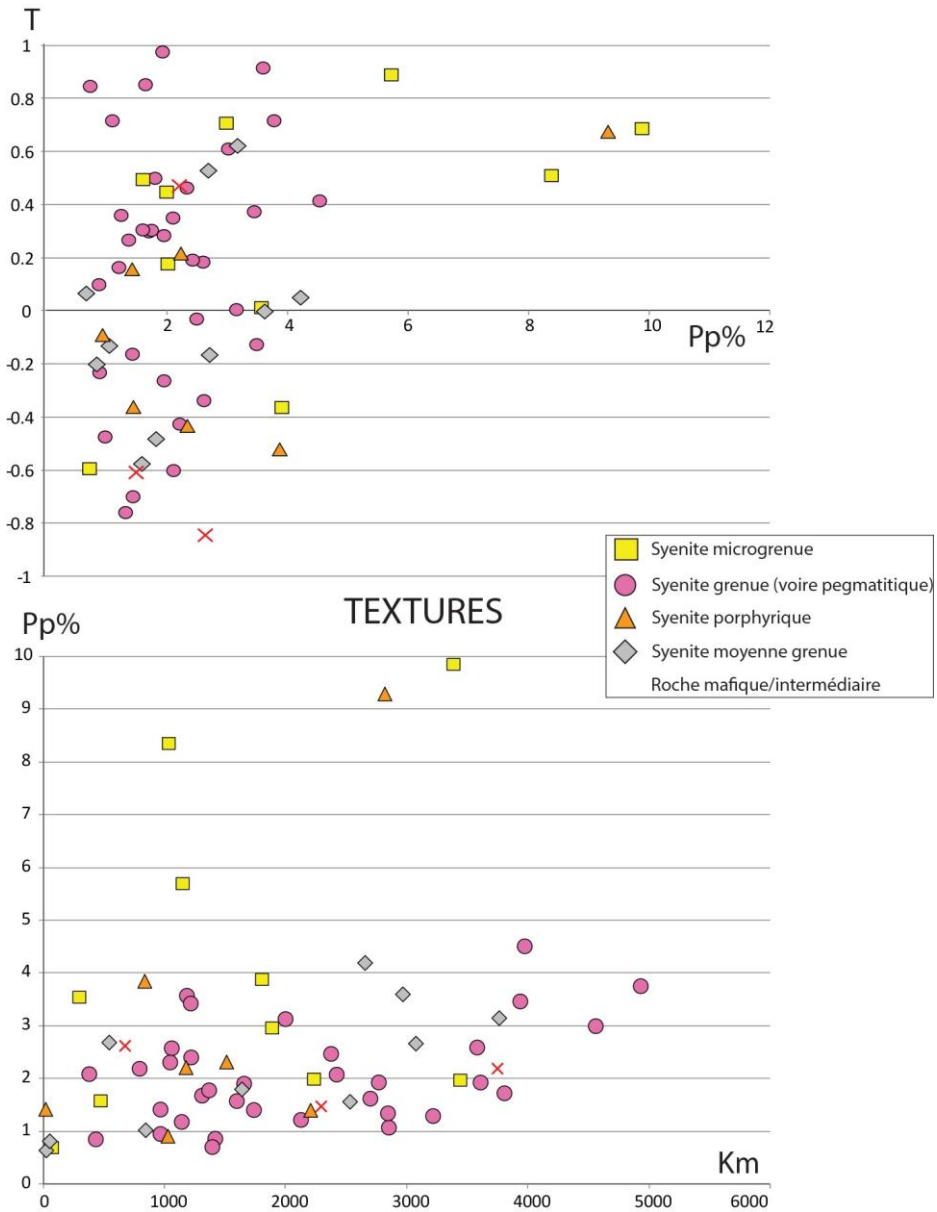


Figure 2.48 : Corrélation des paramètres intensifs d'anisotropie magnétique en fonction des textures rencontrées ; a) T vs. Pp% et b) Pp% vs. Km.

2.5.3 Synthèse de l'analyse des fabriques

L'étude de la fabrique que j'ai réalisée apporte des informations importantes sur la structure interne du SRBIC révélatrice de sa construction. Les fabriques observées dans le SRBIC sont sans conteste des fabriques magmatiques. Elles constituent donc l'enregistrement de la déformation subie par le magma lors de son injection dans le site de mise en place. Les fabriques magnétiques confirment les observations et mesures de terrain. Les foliations sont parallèles aux contacts externes et internes du SRBIC qui tournent à l'échelle du complexe. Elles confirment donc la structure en dôme centrée sur le faciès le plus jeune qui est quantifiée plus précisément à l'échelle de l'échantillon. Les linéations montrent également une évolution depuis les facies syénitiques centraux (linéation N-S) vers les faciès externes (linéation de plus en plus parallèle au contact SRBIC/basaltes de plateau en s'approchant de ce dernier). Ces fabriques sont diachrones à l'échelle du complexe puisque les relations de terrain montrent un rajeunissement vers le centre du complexe. Les fabriques des unités externes, unité 2 mais surtout unité 1, représentent donc un enregistrement plus long, et donc aussi vraisemblablement une quantité de déformation finie accumulée plus grande. Ceci peut expliquer par exemple l'évolution de la direction de la linéation du centre vers la périphérie du complexe. Les fabriques sont également diachrones à l'échelle d'une unité voire d'un affleurement, puisque les relations de terrain montrent localement des structures de réinjection et de recoupement. Finalement, l'analyse des fabriques montre un message cohérent à l'échelle du SRBIC qui apporte des contraintes sur la dynamique de mise en place des différentes roches qui composent les grands ensembles structuraux. L'interprétation de ces fabriques et la mise en relation avec les résultats dans les différents aspects de ce travail de thèse sont développées dans la discussion (voir discussion, Chapitre 7).

2.6 Synthèse structurale

L'ensemble des données de terrain et des données structurales a été intégré sous la forme de coupes géologiques synthétiques (Figure 2.31, Figure 2.38). Ces coupes montrent que le SRBIC est constitué de l'empilement de grandes 3 unités magmatiques principales concentriques, qui sont de la bordure vers le centre, les unités 1, 2 et 3. L'unité 3, située structuralement sous les deux autres, est plus jeune que l'unité 2 qui est plus jeune que l'unité 1.

Ces trois unités principales montrent une structure interne magmatique définie par une alternance de roches de nature et de texture variées (monzogabbros, monzodiorites, syénites grenues, fines, pegmatitiques, et porphyriques). Une telle alternance ne s'observe en réalité qu'au sein de l'unité 1, la plus vielle du complexe (Figure 2.19). Les unités 2 et 3 montrent uniquement des alternances entre syénites grenues et fines, ainsi qu'un réseau de veines pegmatitiques plus ou moins co-structurées (Figure 2.32). La quantité de syénite fine ou microsyénite diminue vers le centre de l'intrusion tandis que la syénite porphyrique s'observe surtout au sein de l'unité 1 et au contact entre unité 1 et 2 (Figure 2.18 et Figure 2.49).

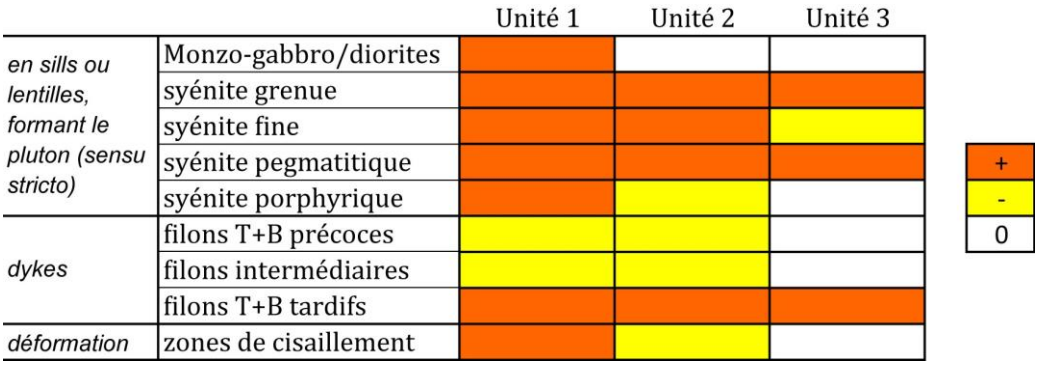


Figure 2.49: Diagramme d'occurrences des différentes lithologies et déformations au sein des unités structurales du SRBIC.

Ces alternances définissent un litage magmatique qui est concentrique et concordant depuis le contact externe avec les basaltes jusqu'au centre du complexe intrusif. Ce litage magmatique montre un pendage vers l'extérieur du complexe qui diminue de la périphérie vers le centre du SRBIC (Figure 2.33). La coupe (Figure 2.38) montre une épaisseur structurale de syénite (sensu lato) d'environ 2,5 km pour les unités 1 et 2, et d'au moins 4 km pour l'unité 3.

La structure du SRBIC peut ainsi être définie comme un empilement de sills / lentilles de magmas concordants et co-structurés, à pendage centripète croissant vers les bordures. La variation progressive de l'âge relatif et du pendage des injections depuis le centre plus jeune et sub-horizontal, jusqu'à la périphérie plus ancienne et parfois fortement pentée, peut être interprétée comme une évolution temporelle. Les injections les plus anciennes auraient été progressivement soulevées et basculées par les injections plus jeunes sous accrétées. Cette hypothèse est confortée par la géométrie des basaltes de plateau et leur changement d'orientation à l'approche du SRBIC. La formation du SRBIC provoquant leur soulèvement est un argument déterminant pour une interprétation alternative au modèle de construction par subsidence en chaudron précédemment proposé par Marot et Zimine (1976) et (Lameyre et al., 1976), lequel fut repris plus tard (Giret, 1983; Bonin et al., 2004).

Malgré cette géométrie au premier ordre assez simple, l'histoire magmatique est compliquée. Les injections multiples formant l'alternance magmatique sont le plus souvent co-structurées mais parfois se recoupent. Ce signal simple à grande échelle est donc perturbé par endroit lorsque l'échelle se réduit à celle de l'affleurement. Les différentes textures de roches formant cette alternance révèlent des variations thermodynamiques de mise en place influant sur les vitesses de refroidissement d'une injection à l'autre. La diminution volumétrique de microsyénite vers le centre du SRBIC semble révélatrice d'une certaine homogénéisation de ces conditions thermodynamiques dans le temps (voir Chapitre 7). La présence de la syénite porphyrique est uniquement associée au contact externe SRBIC/basaltes de plateau, à la zone d'alternance entre injections intermédiaire/mafiques et syénitique de l'unité 1 et au contact entre les unités 1 et 2, riche en filons de basaltes et trachytiques syn à tardi-plutonisme. Cette texture est donc exclusivement observée dans les premiers temps de la construction du SRBIC et ce, dans les zones de forts contrastes structuraux et compositionnels. Sans pouvoir formuler d'explications claires, l'apparition de cette texture semble toutefois liée aux fortes variations de la dynamique magmatique dans les niveaux plus profonds que ceux de la mise en place.

Les caractéristiques des zones de déformations ductiles, ductiles-fragiles et cassantes montrent une liaison évidente avec la construction du SRBIC (e.g. orientation des zones de cisaillement, cinématique). Elles impliquent nécessairement que les injections les plus jeunes déforment et déplacent des injections antérieures déjà parfois largement voire totalement cristallisées. L'existence de plusieurs types de contact magmatiques entre les injections successives montre que ces dernières sont séparées par des périodes de

silence magmatique de durée variable permettant une cristallisation plus ou moins avancée des injections déjà en place. Ceci est cohérent avec des zones où l'intensité de déformation est plus ou moins marquée.

L'orientation des fabriques (Figure 2.42 et Figure 2.43) confirme le schéma général issu des seules observations de terrain et montre le contrôle structural exercé par le contact supérieur sur lequel se moulent les foliations des syénites. La linéation (Figure 2.44 et Figure 2.45) montre une direction nord-sud au centre du complexe, qui pourrait être interprétée comme une direction d'injection à partir d'un filon E-O ou ESE-ONO, linéation qui se parallélise ensuite au contact externe par rotation progressive liée à la déformation induite par les injections successives.

Enfin, tous les résultats obtenus sur la structure du SRBIC et présentés dans ce chapitre sont incompatibles avec un modèle de construction par subsidence en chaudron. Ces résultats nous conduisent à proposer un modèle de construction alternatif de type laccolithe. Ce modèle est développé en parallèle des résultats géochronologiques (à la fin du chapitre suivant), dans un article soumis à la revue Geology, ainsi que dans la discussion de cette thèse (voir Chapitre 7).

Chapitre 3 : Géochronologie et implications

Les datations existantes sur le complexe sud de la péninsule de Rallier du Baty ont toute été réalisées avant 1980 par méthode K-Ar et Rb-Sr. Au vu des problèmes de datations rencontrés sur le reste de l'archipel avec ces mêmes méthodes (notamment sur le massif intrusif des montagnes vertes plus vieux que son encaissant basaltique ou des problèmes de « reset ») ; des premières datations (Lameyre et al., 1976) publiées puis retravaillées (Dosso et al., 1979), il est apparu nécessaire de clarifier la géochronologie des roches plutoniques de Rallier du Baty. Une étude géochronologique par mesure isotopique du système U-Pb a donc été réalisée. La robustesse des datations absolues par U-Pb n'est aujourd'hui plus à démontrer. Les roches plutoniques felsiques étant majoritaires sur la péninsule et contenant bon nombre de zircons, cette méthode a été appliqué in-situ sur zircons séparés et lames épaisses. Cette étude, qui est la première utilisant le système U-Pb sur le complexe sud de Rallier du Baty, s'est révélée nécessaire pour comparer, préciser et affiner les données existantes ainsi que pour contraindre et comprendre la construction de ce pluton.

La préparation de 32 échantillons pour la géochronologie (séparation aux liqueurs denses, séparation magnétique au Frantz et réalisations de lames épaisses 100µm) a été réalisée au laboratoire GET (Toulouse, France). Les zircons ont été extraits à partir de 24 échantillons (entre 3 et 5kg) prélevés sur le terrain (campagne Dylioker 2009 et campagne Talisker 2013). Ces échantillons ont été sélectionnés en tenant compte des observations de terrain et sont considérés représentatifs de l'histoire du complexe plutonique.

3.1 Protocole de séparation minérale

Ces échantillons ont subi une série de concassage/broyage et tamisage successifs afin de récupérer une fraction tamisée <500µm. Durant ce processus plusieurs échantillons ont été « sur-broyés ». Ce mauvais réglage est la cause d'un certains nombre de zircons cassés et explique, en plus d'un manque de temps, la non-analyse systématique des cœurs et bordures. La fraction <500µm récupérée a ensuite subi une séparation gravimétrique à l'aide d'une table à secousse. Cette table est un dispositif qui permet, via un flux d'eau constant et un angle de la table adéquat, de séparer l'échantillon en plusieurs fractions contenant chacune des minéraux de densités différentes. Une fois séchée la fraction contenant les zircons subit une première étape de séparation densimétrique. Petit à petit, cette fraction a été mélangée à une liqueur de tetra-bromoethane dans une ampoule à décanter. Le tétra-bromoethane est une liqueur dite « dense » de densité 2,97 g/cm³ lorsqu'elle est pure. Les minéraux plus lourds comme le zircon (d = 4.85 g/cm³ pur) sont donc récupérés dans une nouvelle fraction « lourde ». Après cette étape, on remarque aisément les nombreux minéraux sombres des roches grenues de Rallier du Baty auparavant noyés dans la masse feldspathique. Ces minéraux sont des minéraux ferromagnésiens comme les amphiboles et des minéraux magnétiques comme la magnétite. C'est pourquoi, la fraction précédemment récupérée a alors subi une étape de séparation magnétique isodynamique. Le Frantz est un appareil constitué de deux électroaimants à l'intérieur desquels se trouve une réglette vibrante où circule l'échantillon et permet aux minéraux magnétiques d'être séparés via l'ampérage des deux électroaimants. La fraction purifiée subit une dernière étape de séparation densimétrique dans une liqueur de di-iodomethane (ou diiodure de méthylène) à d = 3.3 g/cm³. Cette dernière étape permet notamment de séparer les zircons des apatites (d = 3.2 g/cm³). Une partie des apatites extraites a partir de ces échantillons ont servit a une étude thermochronologique sur la province plutonique de Rallier du Baty (F.Ahadi et al., in progress). Finalement, les zircons présentant le moins de défauts (externes et internes) ont été sélectionnés et « pickés » pour être disposés et coulés dans l'époxy. Une fois les plots (ou sections) secs, ils ont été polis jusqu'à une taille de poli d'alumine de 3µm, pour laisser apparaitre une surface de zircon satisfaisante.

3.2 Caractéristiques internes et externes des zircons du SRBIC

3.2.1 Coloration et morphologie

L'un des caractères communs à tous les zircons extraits des roches du SRBIC est leur spectre particulier de couleur qui les classe dans une série de type rose-rouge. En effet, ce spectre s'étend de termes faiblement colorés à des zircons de teintes foncées rose-orangées (Figure 3.1). Définie comme une série rose-rouge en opposition à une série jaune-brune par les joailliers, ce spectre est décrit sous le nom de « hyacinthe » en distinction de celui du « jargon » (Romé De l'Isle (de), 1772). Aujourd'hui, seul le terme de « hyacinthe » est resté dans le vocabulaire des gemmologues (G.Guiliani, communication personnelle). La couleur rose-rouge semblerait être acquise avec les dommages structuraux induits par la désintégration radioactive du thorium et de l'uranium (Fielding, 1970). La désintégration de type *a* induirait un certain désordre interne et activerait certains « centres » de couleur par déplacements électroniques pouvant changer l'absorption lumineuse. Certains de ces centres (Nd^{3+}, Dy^{3+}, Sm^{3+}, Tb^{3+}, Gd^{3+}, Eu^{3+}, Er^{3+}, Cr^{3+}, Y^{3+},Nb^{4+}) ont été identifies par cathodoluminescence (Fielding, 1970; Götze et al., 1999; Blanc et al., 2000; Remond et al., 2000; Nasdala et al., 2002; Timms and Reddy, 2009; Klinger et al., 2012) et joueraient donc un rôle dans l'accumulation de la couleur rose. En relation avec la désintégration radioactive, le temps écoulé depuis la cristallisation et le refroidissement serait aussi lié à l'accumulation de la couleur (Garver and Kamp, 2002; Garver, 2014).

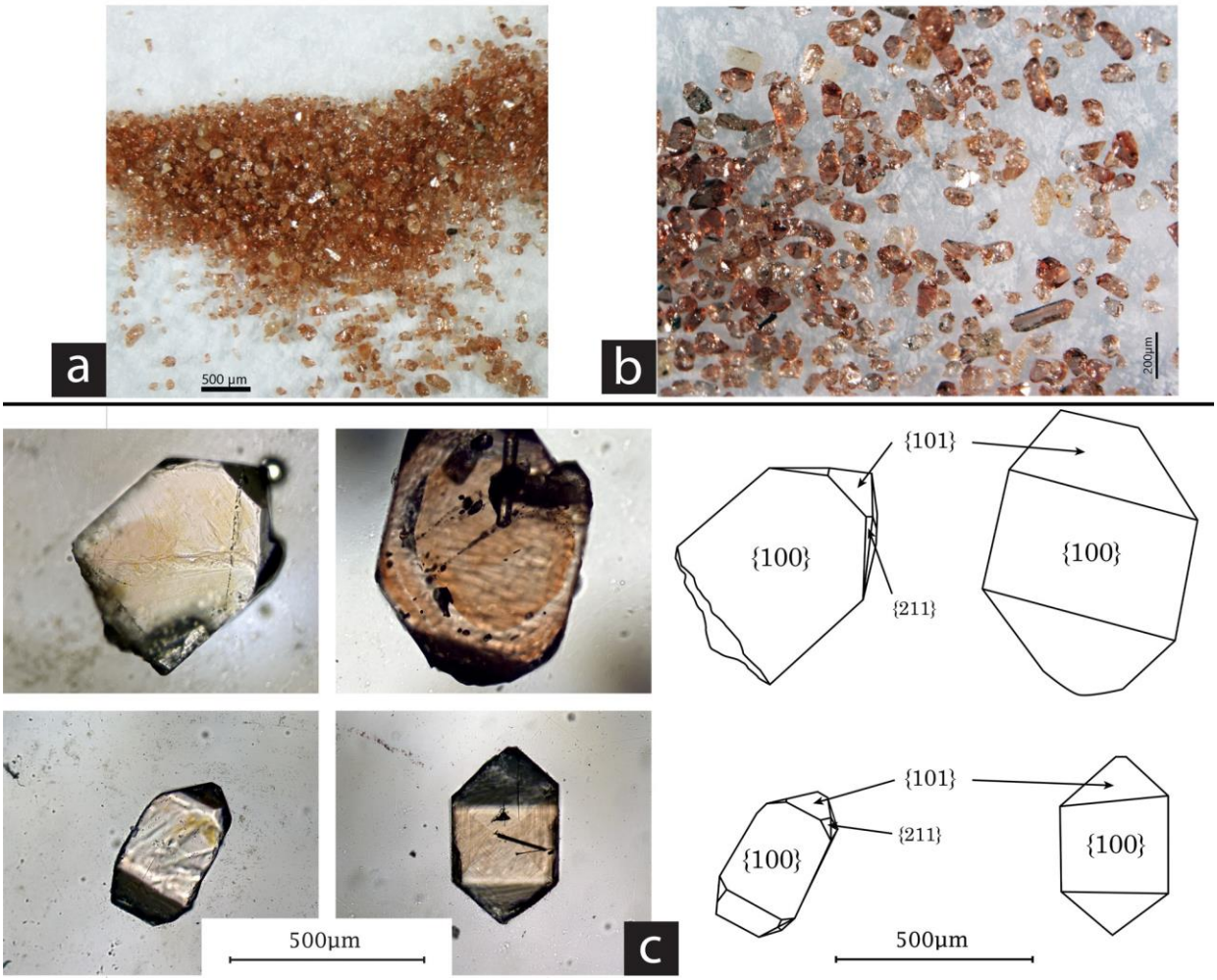


Figure 3.1: Photos prises à différentes échelles (a, b et c) et schémas de zircons caractéristiques du SRBIC, montrant le développement préférentiel de la pyramide {101} et du prisme {100}, ainsi qu'un léger développement des faces {211} plus rare.

Il est reconnu depuis longtemps que les zircons ont des morphologies variables et que leurs structures internes ont une signification pétrogénétique (Poldervaart, 1955). L'identification des caractères optiques externes et internes dominants des zircons du SRBIC à été réalisée de façon qualitative à la loupe binoculaire sur les fractions minérales séparées. Leurs morphologies sont relativement bien exprimées par des zircons majoritairement automorphes à sub-automorphes. Ces morphologies correspondent au développement préférentiel de la pyramide {101} et de la face {100} du prisme. Il apparait quelque fois que la face {211} soit aussi légèrement développée (Figure 3.1).

La classification de Pupin, établie en 1980 et basée sur une étude comparative des différentes morphologies de zircons, a permis de distinguer le système magmatique dans lequel ces zircons ont cristallisé grâce a la comparaison avec un indice d'alcalinité. Par effet de réciprocité, la morphologie est donc révélatrice du contexte géodynamique dans lequel les zircons cristallisent. Ainsi, corroborée par leurs morphologies, les zircons du SRBIC issus de roches appartenant à une série plutonique sur-saturée en Si sont donc bien typiques d'un système fortement alcalin et se classent dans la catégorie des zircons de granites hypersolvus à transsolvus (Figure 3.2). De plus, cette classification établit un parallèle entre la température de cristallisation et la morphologie des zircons observés avec une précision relative qui permet toutefois d'estimer des températures de cristallisation comprises entre750 et 950°C pour les zircons du SRBIC.

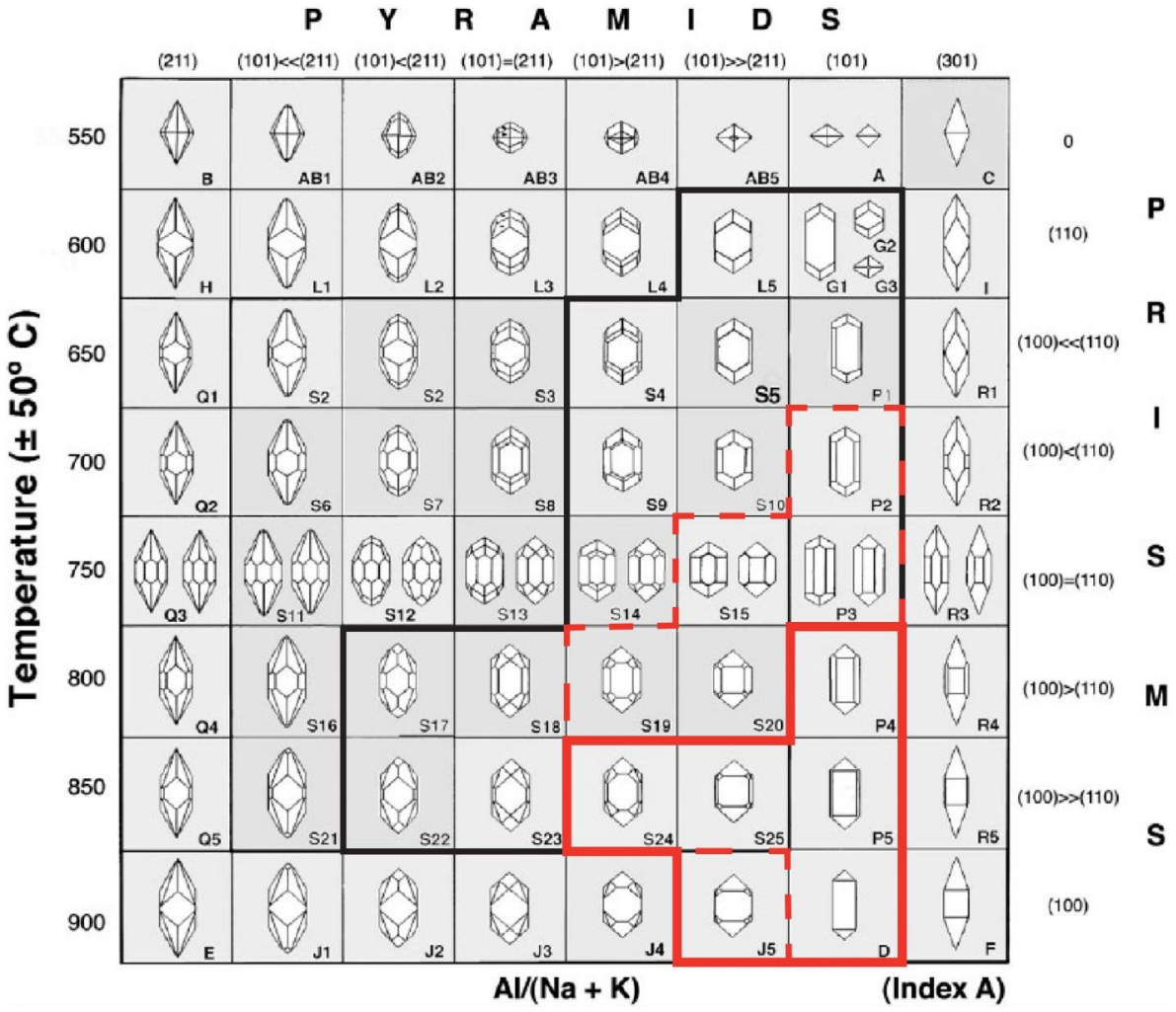


Figure 3.2: Classification morphologique qualitative des zircons de Rallier-du-Baty, adaptée d'après (Belousova, 2005), modifiée d'après Pupin (1980). Contour noir : domaine des séries alcalines ; contour pointillé rouge : domaine des zircons de granites transsolvus (d'après Pupin, 1980) ; contour plein rouge : domaine des zircons de Rallier-du-Baty.

Les zircons de Rallier-du-Baty ont des tailles qui varient en fonction de l'échantillon considéré, mais majoritairement comprises entre 200 (±100) et 400 (±100) µm pour les syénites. Ils sont toujours allongés parallèlement à l'axe c. L'élongation, définie par le rapport longueur/épaisseur, est toutefois relativement faible, majoritairement comprise entre 1.5 et 2. Les études morphologiques sur zircons conduites depuis les années 70 ont montré que l'élongation est dépendante de la vitesse de refroidissement du magma dans lequel le minéral à cristallisé (Corfu et al., 2003). Ainsi, plus la vitesse de refroidissement est rapide plus les zircons sont allongés selon l'axe c (Kostov, 1973). Pour exemple, les zircons aciculaires sont surtout retrouvés dans les laves, mais aussi en moindre abondance dans les intrusions porphyriques, sub-volcaniques, granites et gabbros de hauts niveaux crustaux (Zimmerle, 1975; Corfu et al., 2003). Bien que les roches plutoniques du SRBIC puissent se retrouver dans cette description, les très rares zircons aciculaires n'ont été observés qu'au sein des monzo-gabbros/diorites et une seule syénite (TC09-06). Compte tenu du contexte géodynamique du SRBIC et de la faible élongation de ses zircons, il est cohérent d'impliquer des vitesses de refroidissement des roches plutoniques suffisamment lentes pour que les zircons puissent croitre efficacement le long des axes a et b. Cette hypothèse simple basée sur des travaux précoces doit être modérée par les résultats d'études plus récentes utilisant des techniques de cathodoluminescence et d'analyses à la microsonde. Ces dernières invoquent d'autres facteurs (tels que la composition du magma, le taux de saturation en zirconium, la dynamique d'incorporation des éléments traces et le contenu en uranium du milieu; (Vavra, 1990, 1993; Benisek and Finger, 1993 parmi d'autres) pouvant jouer un rôle plus significatif que la température et la vitesse de refroidissement des roches hôtes dans la croissance cristallographique des zircons. Les zircons de plus grandes tailles ont été extraits et observés au sein des roches de l'unité 3, tandis que celles des unités 1 et 2 contiennent des zircons avec une grande variabilité de taille indépendamment de leur localisation et de la texture de leur roche hôte. Seuls les zircons extraits des monzo-gabbros/diorites sont majoritairement plus petits que ceux des syénites. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que la saturation en zirconium n'est atteinte que tardivement dans le cas des roches mafiques/intermédiaires comparativement aux syénites, conduisant à des faces peu développées (Corfu et al., 2003).

3.2.2 Structures internes

Les différentes caractéristiques internes (et externes) des zircons du SRBIC sont reportées dans la Figure 3.3 et Figure 3.4 au travers de plusieurs exemples de zircons séparés. Ils montrent tous des zonations oscillatoires superposées à des zonations en secteurs (OZ pour Oscilatory Zoning et SZ pour Sector Zoning) plus ou moins prononcées en fonction des échantillons. Les trois grands type de zircons rencontrés sur le complexe plutonique sont reportés dans la Figure 3.4a,b et c.

Il est communément admis que la zonation oscillatoire est la conséquence d'une succession de couches cristallisée en trois dimensions et suivant la même morphologie durant la croissance du minéral. Ces franges concentriques peuvent être d'épaisseur variables et sont visibles grâce à leur différentes contenus en éléments traces incorporés lors de leur cristallisation et impliquant des changements dans les émissions cathodoluminesentes (e.g. Benisek and Finger, 1993; Hoskin, 2000). Les zonations oscillatoires des zircons du SRBIC sont composés de couches fines (<5µm ; Figure 3.3 et Figure 3.4). Les mécanismes exactes responsables de ce type de zonation sont encore débattus mais semblent simultanément régis par la variation temporelle de la composition du liquide dans lequel le cristal grandit et la cinétique des échanges solides liquide à l'interface du minéral (e.g. Halden and Hawthorne, 1993). Ainsi, de par ces caractéristiques physico-chimiques tels que sa composition, son état d'oxydation et sa saturation en zirconium, l'environnement de croissance contrôle les zonations qui forment la structure interne du zircon (e.g. Mattinson et al., 1996).

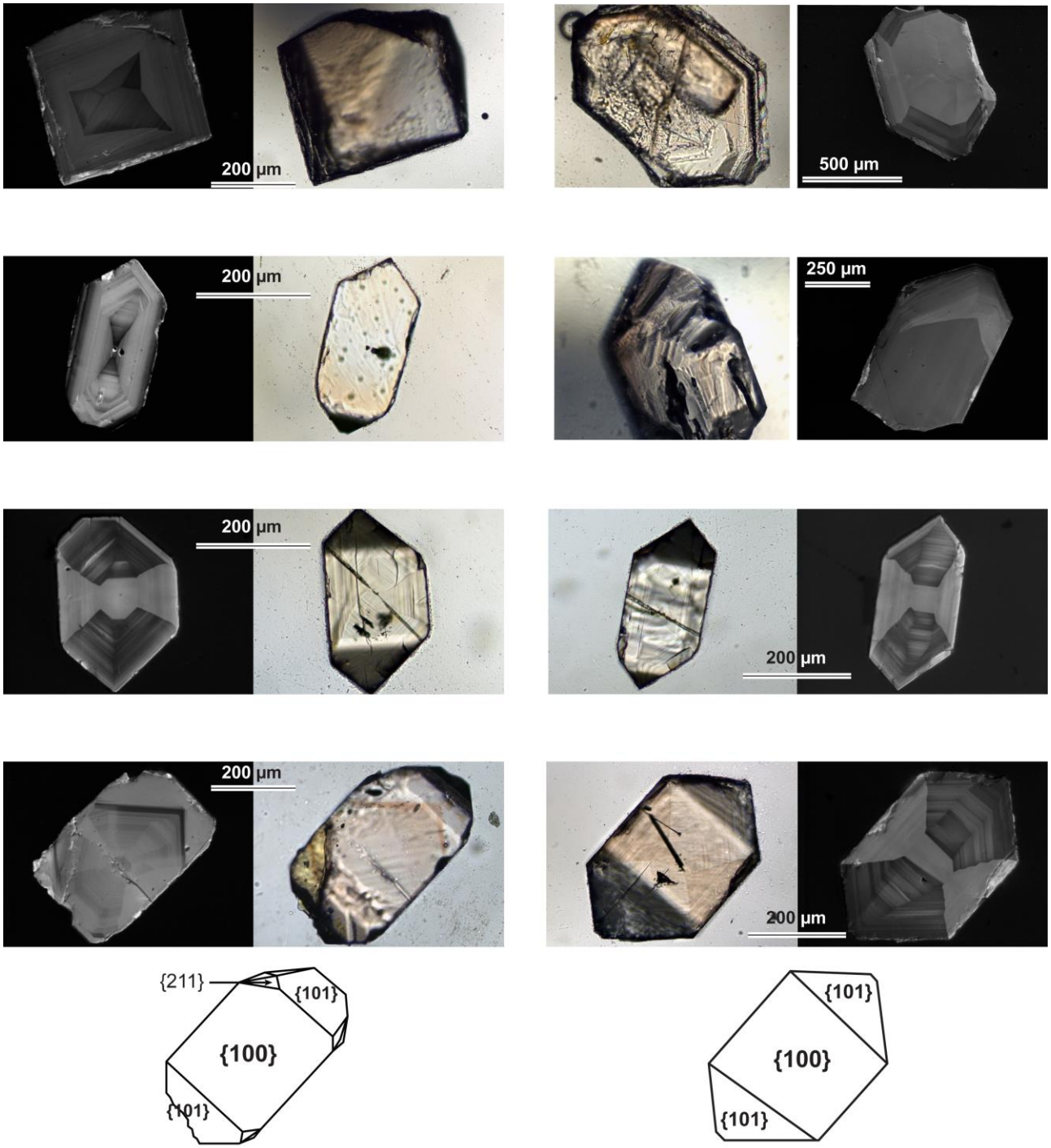


Figure 3.3: Exemples de morphologies et structures internes des zircons du SRBIC sous lumière polarisée et cathodoluminescence. En dépit de leur contenu en inclusions, les zircons montrent tous des zonations en secteurs et des zonations oscillatoires plus ou moins prononcées.

Tout comme les OZ, les zonations en secteur sont souvent observées dans les zircons (Vavra, 1990) et références précédentes). Ce type de zonation découpe généralement les minéraux en plusieurs zones qui séparent généralement les secteurs pyramidaux des prismatiques comme c'est le cas des zircons de la Figure 3.3 et Figure 3.4b. Hoffman and Long (1984) ont premièrement décrit ces zonations en secteur comme résultant d'une croissance anomalique. Elles sont plutôt considérées aujourd'hui comme résultant de l'incorporation différentielle en éléments traces dans les différentes portions du crystal en relation avec l'orientation cristallographique de la surface en croissance. La diffusion élémentaire

intracristalline étant bien plus lente que le taux de croissance, la ré-équilibration avec le liquide n'est pas complétée lorsque sont incorporés les éléments traces (Watson and Liang, 1995). Ces auteurs suggèrent que tous les zircons doivent être zonés en secteurs mais que nous ne sommes pas capables de détecter pour le moment toutes les occurrences. Quoiqu'il en soit, les structures zonées des zircons du SRBIC sont typiques de zircons magmatiques, attribuées à la cristallisation de minéraux provenant d'un unique événement pétrogénétique et issus d'un liquide ayant évolué et/ou perturbé dans le temps (Vavra, 1990; Pidgeon, 1992; Rubatto and Gebauer, 2000; Hanchar and Watson, 2003; Miller et al., 2003).

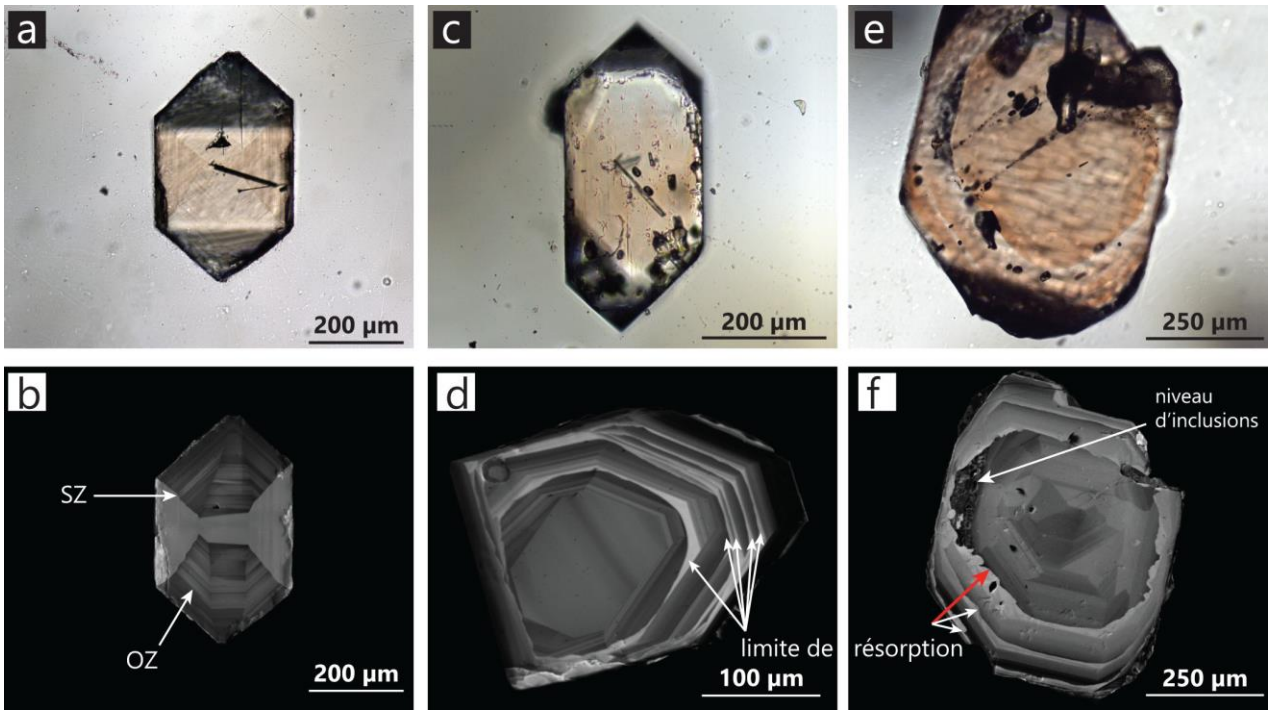


Figure 3.4: Photos en lumière naturelle (a, c, e) et cathodoluminescence (b, d, f) de plusieurs zircons caractéristiques du SRBIC illustrant les différent types de structures internes rencontrées. Tous contiennent des inclusions en quantité variable. a) échantillon 13TK70, zircon cristallisé avec un développement caractéristique du prisme 100 et de la pyramide 101, et une variation de coloration laissant apparaitre un zoning en secteurs. c) échantillon TC09_82, zircon cristallisé avec un développement préférentiel du prisme 100 et de la pyramide 101 avec un léger développement des faces 211. e) échantillon 13TK31, zircon montrant une zonation de couleur du cœur vers la bordure, et la même morphologie que (a et c). (b) même zircon que (a), montrant une zonation oscillatoire et en secteur très prononcé. (d) échantillon TC09_82, zircon montrant une zonation oscillatoire très contrastée, ainsi que des limites de résorptions bien visibles aux angles entre les différentes faces de croissance. (f) même zircon que (e) montrant un cœur avec une zonation oscillatoire et en secteur, suivit d'une limite de résorption majeure. Cette surface délimite une bordure montrant une zonation oscillatoire. Les zircons (a) et (c) représentent la majorité des zircons séparés au sein des syénites du SRBIC.

Au-delà de la majeure partie des zircons du SRBIC décrite plus haut et dont les exemples sont illustrés dans les Figure 3.3 et Figure 3.4a,b,c ; un autre type de zircon dont la structure interne diffère des précédents a pu être observé. Ils se caractérisent, en plus des SZ et OZ, par la présence de zones de résorption (Figure 3.4d). Ces zones de résorptions apparaissent principalement à l'extrême bordure des minéraux, mais peuvent s'observer rarement plus proches du centre du cristal dans certains échantillons. Ces zones sont visibles en cathodoluminescence car elles s'appuient sur une surface qui semble recouper la morphologie définie par les précédentes franges de croissance du minéral. Cette limite courbée est donc plus facile à observer aux angles entre les différentes franges de croissance (Figure 3.4d). De plus, une telle limite peut apparaitre plusieurs fois au sein du même minéral et définir autant de zones de résorption (Figure 3.4d et Figure 3.4f). Ce genre de discontinuités texturales ont été reportées au travers de nombreuses études (Corfu et al., 2003; Hoskin and Schaltegger, 2003; Köksal et al., 2008). Elles sont désormais largement attribuées à des phénomènes de dissolution où la saturation en zircon du liquide

magmatique n'est plus atteinte pendant une période de temps plus ou moins courte. Ces épisodes pourraient provenir d'anomalies cinétiques locales, de processus de mélange à différentes échelles, jusqu'à des phénomènes cycliques de croissance/dissolution pendant une longue période d'injection magmatique. D'autre part, Pidgeon and Compston (1992) ont proposé que les zircons aient pu subir plusieurs phases de cristallisation dans différentes parties d'un même magma de composition non-homogène à échelle inconnue avant d'atteindre leur position finale. Ces zones de résorption sont donc des témoins de changement plus ou moins important et d'origine variables dans l'environnement magmatique durant la cristallisation du zircon.

Un dernier type de structure interne a été observé parmi les zircons de rares échantillons du SRBIC (Figure 3.4e et Figure 3.4f). Ce type de zircon présente un cœur avec des zonations oscillatoires et en secteur moins prononcés que pour les zircons précédents dus à une différence moins grande de contraste entre les différentes surfaces de croissance. Ce cœur est entouré par une couronne qui montre également des zonations oscillatoires. Tout comme le zircon Figure 3.4d, les zonations oscillatoires de cette bordure présentent plusieurs zones de résorption. Mais à la différence du zircon Figure 3.4d, la limite de résorption la plus proche du centre du zircon Figure 3.4e et Figure 3.4f est très rugueuse et marque clairement une importante surface de dissolution dans l'histoire de ce minéral. Cette limite majeure de résorption forme une discontinuité structurale et mène a distinguer un cœur magmatique d'une bordure magmatique. En effet, bien que les surfaces de résorption importante soit communes pour les zircons métamorphisés, de telles discontinuités texturales peuvent également se retrouver dans les zircons magmatiques. De plus, la zonation oscillatoire bien prononcée dans cette bordure qui suit la morphologie de croissance du cœur, bien que recoupé par une zone de résorption majeure, supporte cette origine uniquement magmatique. Au contraire, les zircons non-magmatiques présentent des zones déstructurées (patchy areas) et des zonations rarement visibles (Pidgeon, 1992; Hanchar and Miller, 1993; Corfu et al., 2003; Hoskin and Schaltegger, 2003). Sur le zircon Figure 3.4e et Figure 3.4f, la zone qui semble déstructurée correspond à un plan d'inclusions entre le cœur et la bordure. Bien que celui-ci soit visible en cathodoluminescence, ce zircon montre plusieurs plans d'inclusions du même type qui suivent les différente faces de croissance du minéral.

Les observations microscopiques des structures internes ont donc montré : (i) un 1er type de zircon, largement dominant au sein des roches du SRBIC ; bien structuré avec des OZ et SZ bien prononcées ; (ii) un 2eme type de zircon, minoritaire, avec des caractéristiques semblables au 1er type mais qui montrent de multiples surfaces fines de résorption ; et (iii) un dernier type de zircon rare et spécifique à certains échantillons ; montrant une surface de dissolution majeure délimitant un cœur et une bordure magmatique.

Les observations microscopiques ont également permis de relier directement la couleur des zircons à leur structure interne. Il apparait en effet que la couleur n'est pas repartie de façon homogène au sein d'un même cristal (Figure 3.4a, c, e). Chaque frange de croissance formant les OZ ayant une émission propre en CL semble également avoir une couleur propre en lumière naturelle. Plus l'intensité de l'émission lumineuse en cathodoluminescence est forte plus la couleur rose est foncée en lumière naturelle. Comme l'émission en cathodoluminescence est un signal complexe issus de plusieurs centres d'émission, il est difficile de savoir quels éléments, incorporés dans la structure du zircon, sont directement responsables de la coloration. Cependant, il est communément accepté que les zones de forte émission-CL sont des zones enrichies en REE^{3+} (surtout en Dy^{3+}), tandis que les faibles émissions sont attribuées à des zones enrichies en U, Th et Y (e.g. Köksal et al., 2008). C'est pourquoi, même si les éléments traces peuvent être

impliqués, il semble que les fortes concentrations en U, Th et Y (ainsi que leur propre irradiation) soient les principaux éléments responsables de la coloration des zircons du SRBIC.

3.2.3 Inclusions

Le dernier critère qui définit les zircons du SRBIC est leur grand nombre d'inclusions (Figure 3.5 et précédentes). Elles sont le plus souvent constituées de phases solides telles que des minéraux allongés d'apatite, mais également de phases fluides ou vitreuses. Les premières s'observent aussi bien dans les plans qui délimitent deux franges de cristallisation successives qu'à l'intérieur du crystal en recoupant la morphologie de croissance sans direction préférentielle. Tout comme les inclusions solides, les inclusions fluides suivent les plans de cristallographie de minéral en croissance. Mais elles apparaissent également dans des plans de faiblesse du cristal, qui peuvent être les précédents ou bien des fractures plus tardives recoupant une partie du minéral. Dans certains spécifiques, ces dernières mènent à un réarrangement de la structure et probablement une légère recristallisation dans des espaces très localisés. Cette observation est illustrée en Figure 3.4e Figure 3.4f où ce type d'inclusions donne lieu a une texture poreuse en CL et sous lumière réfléchie. Cette même texture s'observe pour les zircons b et c de la Figure 3.5, où la bordure à subit une désorganisation de sa structure ainsi que vers l'intérieur du minéral via une inclusion précoce.

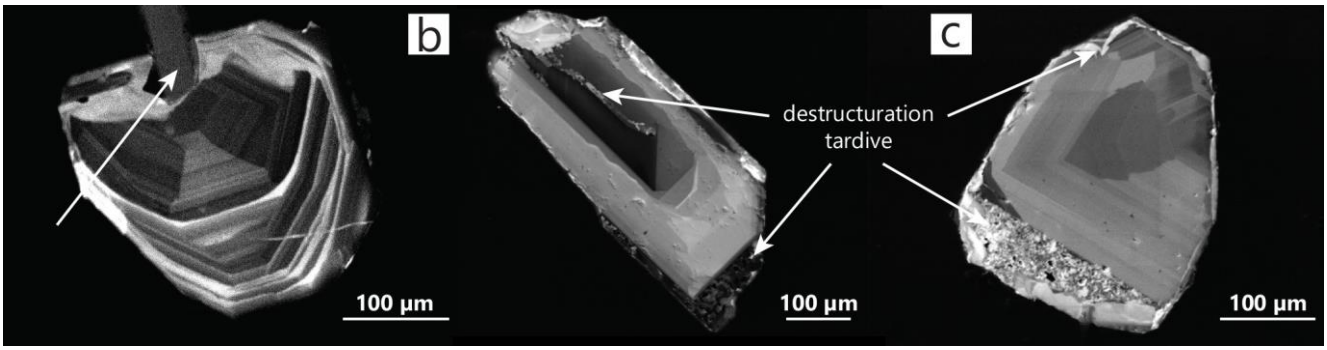


Figure 3.5: Exemples d'inclusions rencontrées au sein des zircons du SRBIC, telles que (a) des inclusions d'apatite qui sont de loin les plus courantes, et (b et c) d'autres inclusions solides (± fluides ?vitreuses ?) incorporées dans la structure via une fracturation et restructuration tardive.

Ces textures poreuses semblent révélatrices d'un ou plusieurs épisodes tardifs plus ou moins important de circulation de fluides hydrothermaux dans l'histoire de cristallisation des zircons de quelques échantillons. Ces échantillons se repartissent inégalement sur le SRBIC et notamment proches de points de résurgence de fluides hydrothermaux ou « sources chaudes ».

3.3 Protocole d'analyse et traitement des données U-Pb

Les cristaux de zircon ont été séparés à partir de 24 échantillons sélectionnés et identifiés sur 8 lames épaisses (100 µm d'épaisseur). La micro-caractérisation par cathodoluminescence et les mesures U-Pb par LA-ICPMS ont toutes été effectuées au Centre GEMOC / CCFS, Université Macquarie, Sydney (Australie). Les structures internes des cristaux ont été étudiées par cathodoluminescence sur un MEB Zeiss EVO MA15. Les grains de zircons ont pu être datés via l'ablation en utilisant un laser (Photon Analyte G2 Excimer 193nm) couplé à un ICP-MS (quadripôle Agilent 7700cx). Les procédures analytiques appliquées au cours de cette étude pour la datation U-Pb sont ont été décrites en détails précédemment (Belousova et al., 2001; Griffin et al., 2004; Jackson et al., 2004). Un diamètre de faisceau d'environ 40 µm avec un taux de répétition de 5 Hz et une énergie d'environ 0,06 µJ et 8 J/cm^2 a été utilisé pour l'ablation. Une minute d'acquisition sur le « background » et deux minutes d'acquisition sur le signal ont été appliquées pour chaque analyse. Ce balayage rapide sous conditions d'He permet de minimiser le bruit de fond

pendant les mesures d'ablation. Un étalon de zircon isotopiquement homogène a été utilisé pour obtenir une correction précise du fractionnement U / Pb dans des conditions d'ablation constante. 10 grains de zircons ont été encadrés par des paires d'analyses de l'étalon GEMOC GJ-1 zircon (Elhlou et al., 2006). Ce standard a un âge TIMS $^{207}Pb/^{206}Pb$ de 608,5 Ma (Jackson et al., 2004). Deux autres standard de zircons bien caractérisés, 91500 avec un âge certifié de 1065 Ma en ^{206}Pb / ^{238}U (Wiedenbeck et al., 1995), et un étalon Mud Tank avec un âge ^{206}Pb / ^{238}U de 734 ± 32 Ma (Black and Gulson, 1978) ont été analysés dans chaque série comme un contrôle indépendant de la reproductibilité et de la stabilité de l'instrument. La moyenne des âges obtenus pour GJ1 sont de 600.1 ± 8Ma ($^{206}Pb/^{238}U$) et 602.15 ± 6.7Ma ($^{207}Pb/^{235}U$). Bien que cette valeur soit cohérente avec la valeur ($^{207}Pb/^{206}Pb$) TIMS admise pour ce standard à 2σ près (Jackson et al., 2004), elle est légèrement plus faible que cette dernière. Toutefois l'ensemble des mesures effectuées récemment au sein du GEMOC sur ce standard tendent à rapprocher son age réel de 605 Ma, tel que cette valeur semble le confirmer (N.Pearson et W. Powell, communication personnelle). La moyenne des âges obtenus pour 91500 est de 1059 ± 15 Ma ($^{206}Pb/^{238}U$) et 1065.6 ± 10.16Ma ($^{207}Pb/^{235}U$). Celle des âges obtenus pour Mud Tank est de 733.4 ± 8.9Ma ($^{206}Pb/^{238}U$) et 734.4 ± 9Ma ($^{207}Pb/^{235}U$). Ces valeurs de standard confirment également l'intérêt d'utiliser les âges $^{206}Pb/^{238}U$ pour les jeunes zircons.

Le logiciel Glitter (www.gemoc.mq.edu.au, Griffin et al., 2008) a été utilisé pour calculer les âges U-Pb à partir des données de signal brutes. Glitter affiche les rapports isotopiques pertinents pour chaque balayage de masse et permet de sélectionner des segments isotopiquement homogènes pour l'intégration. Il corrige également les ratios intégrés pour le fractionnement lié à l'ablation et le biais de masse instrumental par l'étalonnage de chaque segment de temps sélectionné par rapport aux segments pour les analyses de zircon standard. Le détail des résultats obtenus est reporté en annexe.

Une attention particulière a été portée à la localisation du point d'ablation sur la surface polie des zircons afin d'éviter leur grande quantité d'inclusions (Figure 3.3, Figure 3.4 et Figure 3.5). Les rapports isotopiques ont été corrigés en supposant que les rapports $^{206}Pb/^{238}U$, $^{207}Pb/^{235}U$ et $^{208}Pb/^{232}Th$ d'un zircon discordant reflète une combinaison de perte de plomb et de plomb commun à un temps défini. Par conséquent, la méthode d'Andersen (2002) a été appliquée pour la correction de plomb commun avec une composition de plomb commun estimée à partir du modèle de Stacey et Kramers (1975). Aucune correction n'a été appliquée aux analyses qui sont concordantes dans les 2σ d'erreur de $^{206}Pb/^{238}U$ et ^{207}Pb / ^{235}U, ou qui possèdent moins de 0,2% de plomb commun. Le peu d'analyses corrigées (4 au total) montre que ces zircons ne possèdent pas de plomb commun. Cette correction n'a donc pas eu d'effet.

Une deuxième correction a été appliquée compte tenu des âges « jeunes » des zircons du SRBIC. En effet, il est maintenant bien documenté (Schärer, 1984; Schärer et al., 1990; Chiaradia et al., 2013) que les jeunes zircons sont affectés par déséquilibre Th/U initial. Le produit intermédiaire ^{230}Th dans la chaine de désintégration ^{238}U est exclu pendant la cristallisation du zircon. Cette particularité mène à un déficit de ^{206}Pb qui a pour effet de sous-estimer l'âge du zircon. Ce déséquilibre a été corrigé en suivant l'équation donnée par Schärer (1984):

$$\frac{^{206}Pb}{^{238}U} = \left(e^{\lambda_{238} t} - 1\right) + \frac{\lambda_{238}}{\lambda_{230}}\left(f_{Th/U} - 1\right) \quad (1)$$

avec

$$f_{Th/U} = \left(\frac{(Th/U)_{zircon}}{(Th/U)_{magma}}\right) \quad (2)$$

Les concentrations U et Th (zircon) ont été quantifiées en comparant les nombres de coups ^{238}U et ^{232}Th pour chaque analyse par rapport aux standard 91500 et GEMOC GJ-1. Le standard 91500 est supposé avoir des concentrations homogènes en U et en Th de 81 ± 3 et 29 ± 1 ppm respectivement (Wiedenbeck et al., 1995). Celles de GJ-1 GEMOC sont respectivement de 287 ± 13 ppm et de 18 ± 3 ppm pour U et Th

(Elhlou et al., 2006). Sur la base de l'hypothèse que le rapport Th/U du liquide magmatique à partir duquel le zircon a cristallisé peut être approché par le rapport Th/U mesuré dans la roche hôte, j'ai considéré un Th/U(magma) égal à la moyenne des rapports de concentrations Th/U(roche) pour tous nos échantillons. Ce dernier étant égal à 4.5 (Figure 3.6). Même si l'utilisation des rapports Th/U des roches hôtes fait l'objet d'un débat (e.g. Schärer et al., 1990), il apparaît qu'une erreur relative de 30% sur cette valeur conduit toujours à moins de 20 Ka d'erreur sur les âges zircons corrigés. La moyenne de correction pour une telle erreur sur le Th/U (roche) étant de 8,7 Ka pour tous les échantillons. La correction typique du déséquilibre de ^{230}Th pour les zircons du SRBIC va de 50 à 100 Ka pour chaque analyse avec une moyenne d'environ 80 Ka pour un même échantillon.

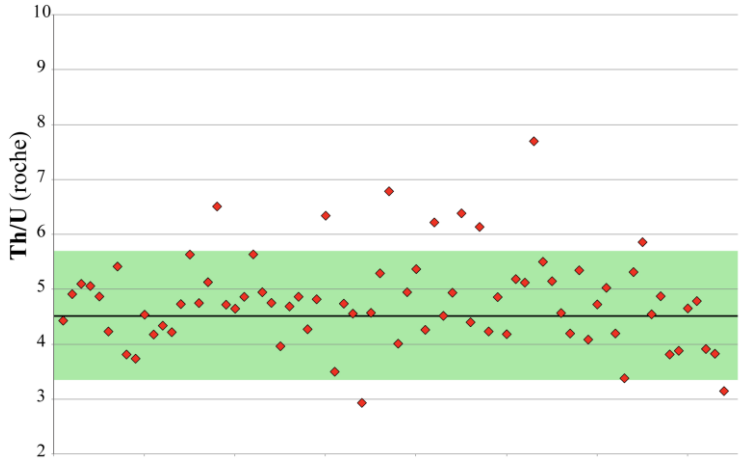


Figure 3.6: Rapport Th/U des roches plutoniques de Rallier du Baty et valeur moyenne utilisée pour la correction de ^{230}Th.

A l'aide de photos sous différentes lumières, les points d'ablation ont pu être choisis de façon optimale. Cependant, bons nombres d'inclusions n'ont pu être évitées, conduisant à des anomalies dans les signaux mesurés. C'est pourquoi, chaque segment de signal, ayant servi au calcul des âges, fut soigneusement choisi pour éviter toute contamination avec un temps maximum d'intégration toujours strictement supérieur à 30 secondes sur un signal stable. Ce choix d'intégration est apparut inévitable compte tenu des inclusions. Les temps d'intégration sur les standards ne sont donc pas identiques à ceux de tous les zircons. Bien que cette différence n'ait pas d'impact sur le résultat, elle force une correction entre ces différents temps (automatiquement réalisée via Glitter) et donc une incertitude qu'il aurait été préférable mais impossible à éviter. Au minimum 10 zircons ont été analysés par échantillon. Par manque d'expérience, j'ai privilégié le nombre d'échantillons plutôt que le nombre d'analyses par échantillons. Compte tenu des analyses inutilisables à cause de perturbation de signal, ce choix a un impact direct sur la fiabilité des âges calculés. Il est clair que la fiabilité de certains de ces âges doit être considérée de façon statistique. C'est pourquoi, les âges calculés pour lesquels le nombre de zircon est inférieur à n=5 sont considérés comme moins robustes et n'ont pas été intégrés dans l'article soumis à publication (voir partie 3.5). Toutefois, même si la fiabilité de ces âges est statistiquement faible, ils permettent d'étendre le champ des données géochronologiques du SRBIC et doivent être pris en compte dans l'interprétation de ces données. En dépit de la statistique qui parait parfois faible pour l'estimation des âges U-Pb, la très bonne corrélation entre les âges concordants et les moyennes pondérés en ^{206}Pb/^{238}U confirme et appuie la fiabilité de l'ensemble des datations. Enfin, considérant le nombre relativement faible d'analyses par échantillon et dû à la légère erreur liée à la correction de ^{230}Th, il est apparu plus réaliste de maximiser les erreurs par rapport aux âges calculés. J'ai donc décidé d'arrondir les erreurs sur les datations rapportées par échantillon au 0,05 Ma supérieur près. Bien que cette manipulation mène à un différentiel de surestimation de l'erreur en fonction des échantillons allant jusqu'à 0.04Ma, cette manipulation est justifiée compte tenu des considérations précédentes.

3.4 Résultats

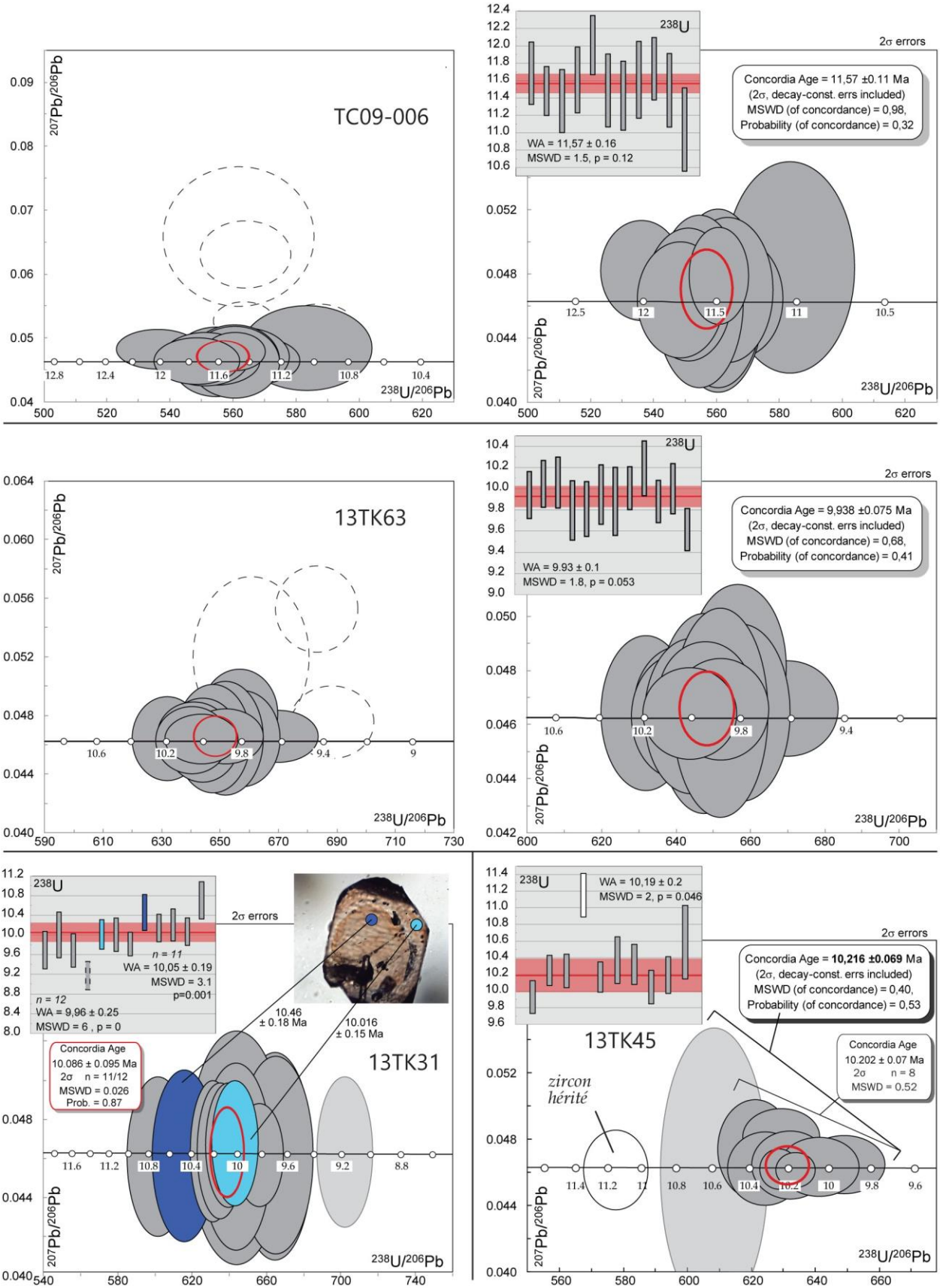


Figure 3.7: Exemple de diagrammes Tera-Wasserburg par échantillon illustrant les résultats de géochronologie in-situ U-Pb sur les zircons du complexes sud de Rallier du Baty (voir le texte pour les détails).

La Figure 3.7 a pour but de présenter des exemples de datation par échantillon, illustrant les caractéristiques des résultats U-Pb obtenus sur zircons. Ces différents exemples et caractéristiques sont représentatifs de l'ensemble des données U-Pb obtenus sur les roches du SRBIC et de ses satellites (lesquelles sont fournies en détails dans en annexe).

Les 2 premiers échantillons que sont le TC09-006 et 13TK63 sont présentés de la même façon. Les diagrammes de droite représentent l'ensemble des analyses réalisées sur les zircons de chaque échantillon. Les cercles d'analyses en pointillées correspondent aux analyses qui ne respectent pas les conditions de validation nécessaires à leur utilisation pour le calcul des âges. Elles sont issues de l'intégration d'un signal mesuré non stable perturbé par l'ablation d'inclusions et/ou d'un temps d'intégration inférieur à 30sec considéré comme trop court pour la fiabilité de la mesure. Ces analyses sont en général discordantes. Le fait que certaines de ces analyses en pointillées soient concordantes est due à ma seule volonté d'avoir forcé l'intégration de ces signaux perturbés, que ce soit sur des segments très courts ou instables pour les rendre concordantes. Ce forçage m'a permis d'entrevoir les limites du traitement des données issues l'ablation sur des zircons aussi jeunes. Bien que l'inconvénient majeur en soit l'impression de validité de ces données, il n'en est rien. Ces analyses volontairement faussées ne remplissent pas les conditions d'analyses valables pour le calcul des âges.

Les analyses fiables sont représentées par des cercles colorés de gris. Ces analyses sont toutes concordantes dans le diagramme de Tera-Wasserburg pour ces deux échantillons. Cependant, dans ces deux exemples, le temps qui sépare l'âge du plus vieux zircon de l'âge du plus jeune est d'environ 1 et 0.6 Ma pour le TC09-006 et le 13TK63 respectivement. Ce résultat implique donc que l'échantillon TC09-006 contient des zircons qui se sont formés sur environ 1Ma et qui se retrouvent au sein d'un même échantillon de 5Kg. Ce résultat est caractéristique de l'ensemble des échantillons du complexe pour lesquels les âges des zircons provenant d'un même échantillon peuvent s'étendre jusqu'à 1 Ma au maximum. Cette continuité pourrait indiquer l'évolution des âges d'une population correspondant à des cœurs de cristaux vieux vers des âges de population correspondants à des bordures de cristaux plus jeunes. Si tel est le cas, cette hypothèse suppose des épisodes de croissance continue dans le temps plutôt que 2 phases bien distinctes cœur/bordures. Comme décrit précédemment, même si des limites de résorption ont été souvent observées, seuls de rares échantillons montrent des cristaux pour lesquels des cœurs et des bordures peuvent être clairement identifiés par des limites structurales marquées. A cause d'un sur-broyage en amont, et faute de temps d'analyse, les cœurs et les bordures (en termes de localisation) n'ont pas fait l'objet d'une étude systématique pendant étude géochronologique. D'autre part, certaines rares analyses montrent des bordures plus vieilles que les cœurs (bien qu'il y ait recouvrement des erreurs à 2σ) qui pourraient indiquer l'incidence de la taille du spot d'ablation laser par rapport aux zonations magmatiques potentiellement responsables d'un shift du géochronomètre U-Pb. Considérant ces différents arguments, chaque âge fut considéré comme représentatif du zircon à part entière. Quoi qu'il en soit, cette répartition des âges dans les échantillons du complexe est continue à l'échelle des barres d'erreur. C'est pourquoi, toutes ces analyses ont été utilisées pour calculer un âge dit «concordant » et considéré comme représentatif de l'âge de la roche.

La moyenne pondéré des âges $^{206}Pb/^{238}U$ réalisées sur les analyses ayant servi à calculer chacun des âges concordants est tout à fait en accord avec ces derniers sur l'ensemble des roches du complexe.

La dispersion des âges au sein des échantillons évoquée précédemment est également illustrée au sein de l'échantillon 13TK31. Toutefois, sur cet échantillon en particulier, quelques zircons montrent une forte délimitation structurale qui se pourrait révélatrice d'un cœur et une bordure Figure 3.4e,f. L'exemple illustré confirme les observations microscopiques et montre que la bordure est plus vielle d'environ

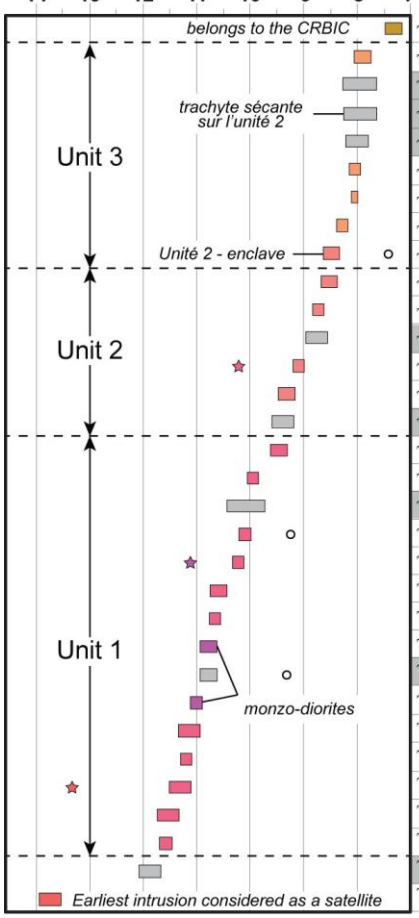
0.4Ma que le cœur du cristal. Cependant, dans cet échantillon également, la dispersion des âges est continue et tous les zircons ne montrent un cœur et une bordure. Particulièrement, un âge très jeune (cercle gris-clair) pose problème et ne permet pas de calculer un âge concordant avec l'ensemble des analyses. Pour cet échantillon, l'âge reporté est celui de la population principale de laquelle cette dernière analyse semble se dissociée. J'ai donc volontairement écarté l'âge de ce zircon, qui pourtant existe, dans le calcul de l'âge de la roche reporté. Les moyennes calculées pour cet échantillon montrent qu'à l'échelle de la roche l'âge n'est que peu affecté par ce jeune zircon car de poids statistique faible. Cet écart n'a donc pas d'impact significatif sur la datation reportée mais à une importance certaine sur l'interprétation des données. Seul trois échantillons montrent des zircons jeunes dissociés de leur population principale (un âge par échantillon). Sans pouvoir expliquer ces âges ici, il est intéressant de noter qu'ils correspondent tous à l'âge de la mise en place d'une nouvelle unité (structurale ou complexe).

L'échantillon 13TK45 montre également une population dominante avec un âge concordant à environ 10.22 Ma. L'âge le plus vieux de cette population dominante est associé à une plus grande erreur de mesure (cercle gris-clair) que les autres analyses plus jeunes. C'est pourquoi, même plus vieux, ce zircon ne semble pas dissociée des autres analyses et fait partie des zircons utilisés pour la datation. D'autre part, cet échantillon contient un zircon dont l'âge est clairement plus vieux que tous les autres âges obtenus. Ce zircon est un zircon hérité d'une première phase de cristallisation qui ne correspond pas à celle définie par tous les autres zircons de cette roche. Cette hypothèse est en accord (i) avec les observations de terrain qui montrent que cette roche porphyrique (13TK45), transportant des enclaves, recoupe également les niveaux intrusifs intermédiaires de l'unité 1 (Figure 2.19) et 'ii) avec la datation de ces niveaux intrusifs mafiques (ii) entre 10.77 et 11 Ma. A l'image de cet échantillon, de rares zircons hérités ont été retrouvés au sein des roches analysées, lesquels correspondent tous à l'âge d'intrusions antérieures (Figure 3.8).

Ainsi, cette figure illustre : (i) le fait que la plupart des analyses réalisées conduisent au calcul d'âges dit « concordants » en accord avec la moyenne des âges pondérés des zircons par échantillons; (ii) l'étalement des âges mesurés par échantillon sur un intervalle parfois égal à 1Ma ; (iii) la présence de rares zircons hérités d'âge identique à celui d'intrusions précédentes, (iv) de 3 zircons trop jeunes pour faire partie de la population principale des échantillons dont ils ont été extraits.

La Figure 3.8 et Figure 3.9 synthétise l'ensemble des datations obtenues sur le complexe sud de RdB. Ces données géochronologiques ont été valorisées au travers d'une publication soumise à la revue *Geology (*voir partie 3.5). Cependant, plusieurs de ces datations obtenues durant cette thèse n'ont pas été intégrées dans l'article par souci de statistiques sur les âges (avec un nombre d'analyses < 5) qui les rend moins robustes. Ainsi 8 datations (2 échantillons séparés et 7 lames épaisses) présentées ici (données grisées) ne figurent pas dans l'article en cours de révision. Bien que statistiquement moins fiables, ces âges sont tout à faits cohérents avec le reste des datations obtenues plus robustes et permettent d'affiner la chronologie des différentes injections du complexe. L'ensemble des âges s'étale entre 13.74 ± 0.2 (syénite de l'anse du Gros Ventre) et 7.88 ± 0.15Ma (syénite au nord des Deux Frères). Le massif de l'anse du Gros Ventre constitue donc les premières intrusions (datées) sur la péninsule de RdB. Structuralement déconnecté sur SRBIC, ce petit massif plutonique en est également déconnecté dans le temps. Un gap d'environ 2Ma le sépare de l'intense activité magmatique qui va suivre et dont les prémices sont également mis en place à l'anse du Gros Ventre. Cette intense activité débute avec les syénites formant le contact ou le proche contact intrusif sud du SRBIC avec les basaltes de plateau à 11.57 ± 0.15Ma. Les âges montrent ensuite une progression décroissante continue à partir des bordures sud du

complexe vers le massif des Deux Frères. Le complexe du SRBIC se construit donc en 3.7 – 4 Ma. La succession décroissante des âges confirment les observations de terrains et montrent bien que le complexe est formé par une succession d'intrusions magmatiques de plus en plus jeune vers le nord. Cette progression semble se poursuivre plus au nord jusque dans le CRBIC où une syénite est datée à 7.31 ± 0.15. Toutefois, lorsque les datations sont concentrées telles que c'est le cas sur l'affleurement caractéristique de l'unité 1 au pied de la Coulée du Vulcain (Figure 2.19 et Figure 3.9a), elles confirment également les observations montrant des recoupements à l'échelle de quelques mètres. Sur le SRBIC, la répartition des âges ne montre aucune discontinuité forte (Figure 3.8). Ces résultats sont donc cohérents avec une multitude d'intrusions mises en place mais n'indiquent pas une structuration du complexe en grandes unités structurales. D'autre part, ces résultats montrent que les roches intermédiaires sont bien contemporaines des syénites et strictement localisées dans le temps (et l'espace). Enfin, un échantillon de trachyte (13TK08) prélevé au sein d'un filon tardif et sécant sur tout un massif de l'unité 2 donne un âge de 7.93 ± 0.3Ma. Cette valeur est similaire aux âges les plus jeunes (±2σ) obtenus pour la mise en place des syénites sur le massif des Deux Frères. Ceci implique que lorsque les sills ou lentilles formant le massif des Deux frères se mettent en place, des dykes trachytiques contemporains s'injectent de façon sécante au travers des unités déjà en place, lesquelles sont donc totalement cristallisées ou presque. Cette interprétation est cohérente avec les relations de terrain qui montrent que certains dykes sont eux mêmes recoupés par des injections de syénites témoignant du caractère syn plutonique de la fracturation du SRBIC par des filons de trachytes (et de basaltes ?).



SAMPLE	AGES (Ma) Concordant (2σ)		AGES (Ma) W. Mean (2σ)		n	Reported ages (2σ)	
TC135	7.311	0.13	7.29	0.2	8	**7.31**	**0.15**
TK104	7.88	0.12	7.87	0.21	6	**7.88**	**0.15**
TK78	7.902	0.084	7.94	0.26	4	***7.94***	***0.30***
TK08	7.93	0.29	7.9	0.59	4	**7.93**	**0.30**
TK106	7.99	0.17	7.96	0.43	4	**7.99**	**0.20**
TK108	8.031	0.071	8.04	0.12	11	**8.03**	**0.10**
TK80	8.043	0.048	8.049	0.084	9	**8.04**	**0.05**
TK70	8.269	0.074	8.26	0.12	14	**8.27**	**0.10**
TK101	8.47	0.13	8.45	0.13	15	**8.47**	**0.15**
TC120	8.51	0.12	8.49	0.19	8	**8.51**	**0.15**
TK69	8.723	0.09	8.53	0.18	19	**8.72**	**0.10**
TK117B	8.75	0.18	8.76	0.75	2	**8.75**	**0.20**
TC129	9.075	0.063	9.08	0.12	8	**9.08**	**0.10**
TK81A	9.31	0.11	9.29	0.22	6	**9.31**	**0.15**
TK23	9.38	0.18	9.45	0.19	2	**9.38**	**0.20**
TK118A	9.45	0.15	9.46	0.15	5	**9.45**	**0.15**
TK63	9.938	0.075	9.93	0.1	12	**9.94**	**0.10**
TC26	10.074	0.32			1	**10.07**	**0.35**
TK31	10.086	0.095	10.05	0.19	11	**10.09**	**0.10**
TK45	10.216	0.069	10.19	0.12	9	**10.22**	**0.10**
TC110	10.59	0.11	10.58	0.14	9	**10.59**	**0.15**
TK42	10.65	0.1	10.64	0.14	14	**10.65**	**0.10**
TK36	10.77	0.15	10.75	0.26	9	**10.77**	**0.15**
TC37A	10.77	0.13	10.79	0.36	5	**10.77**	**0.15**
TK43	11	0.1	10.99	0.17	7	**11**	**0.10**
TC113	11.13	0.16	11.09	0.25	12	**11.13**	**0.20**
TK47	11.185	0.087	11.16	0.14	9	**11.19**	**0.10**
TC75	11.3	0.19	11.26	0.3	10	**11.3**	**0.20**
TC41	11.53	0.17	11.5	0.38	8	**11.53**	**0.20**
TC06	11.57	0.11	11.57	0.16	11	**11.57**	**0.15**
TK01	11.87	0.2	11.87	0.23	3	**11.87**	**0.20**
TC82	13.74	0.17	13.73	0.25	10	**13.74**	**0.20**

Figure 3.8: Diagramme et tableau synthétiques des données géochronologies in-situ sur les zircons du SRBIC (triées par âges décroissants). Les domaines grisés correspondent aux échantillons dont l'âge est basé sur moins de 5 zircons. Les étoiles correspondent aux âges des zircons hérités et les cercles sont des zircons très jeunes dans les échantillons correspondants.

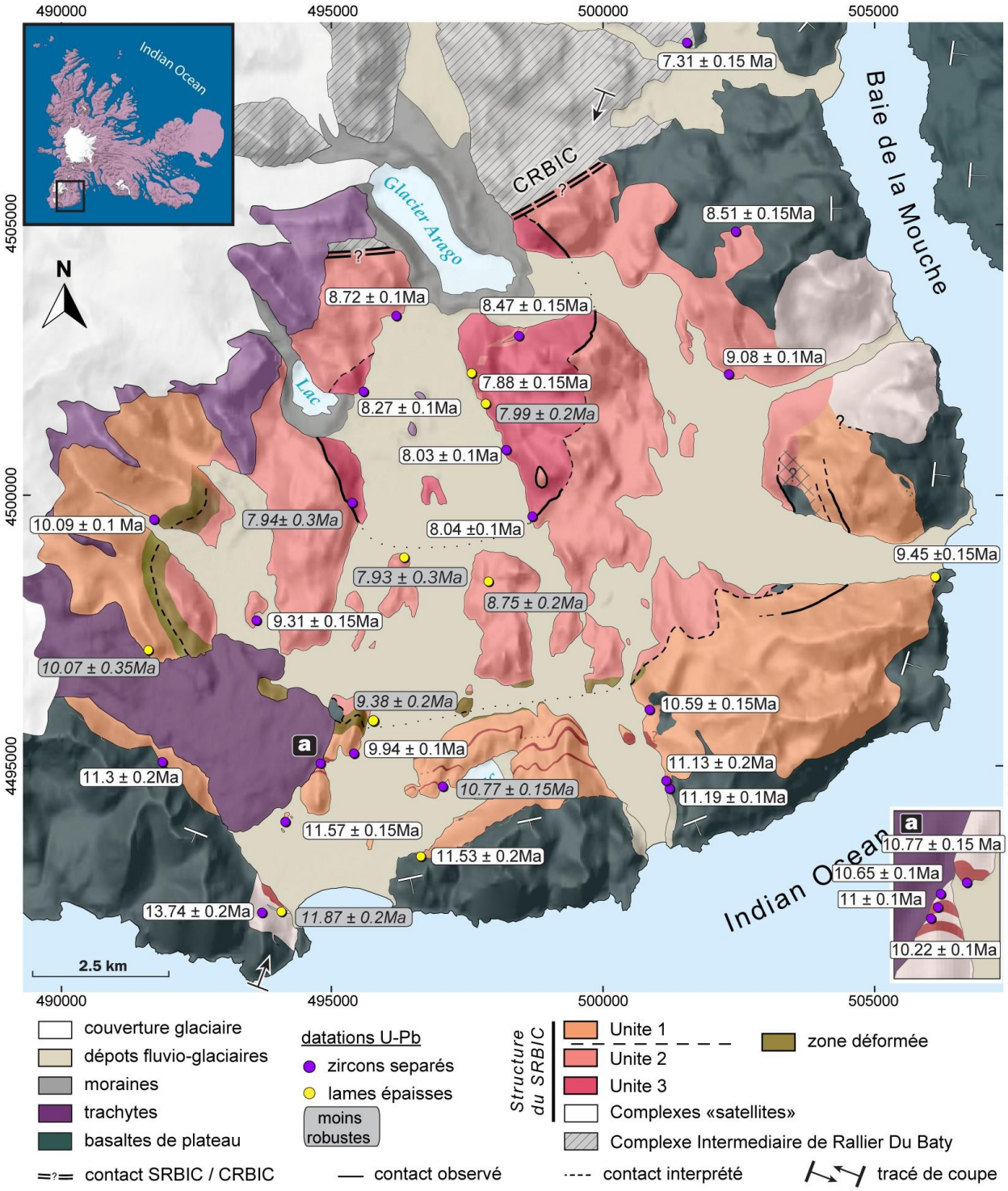


Figure 3.9: Carte des datations obtenues par mesures U-Pb in-situ sur les zircons du complexe sud de Rallier du Baty.

3.5 Etude structurale et géochronologique : synthèse des chapitres 2 et 3

Les données présentées dans ce chapitre et les conclusions de l'étude géochronologique sont cruciales pour comprendre la construction du SRBIC. Cette étude a donc été couplée à l'étude structurale et valorisée au travers d'une publication soumise à la revue « Geology ». Cet article est donc une synthèse des données présentées dans les deux chapitres précédents. Etant en cours de relecture à l'heure actuelle et il est présenté dans sa forme soumise : texte / figures / annexes (en annexes).

Mechanism and duration of plutonic processes in oceanic plateau crust: the example of the South Rallier du Baty Intrusive Complex, Kerguelen Archipelago

Leandre Ponthus[1], Michel de Saint Blanquat[1], Damien Guillaume[2], Marc Le Romancer[3], Norman Pearson[4], Suzanne O'Reilly[4], Michel Gregoire[1]

[1]Geosciences Environnement Toulouse, Université Paul Sabatier, CNES, CNRS, IRD, UMR 5563, 31400 Toulouse, France

[2]Laboratoire Magmas et Volcans, Université Lyon, UJM-Saint-Etienne, UCA, CNRS, IRD, LMV UMR 6524, F-42023, Saint-Etienne, France

[3]Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes, Université de Bretagne Occidentale, IFREMER, IUEM, UBO, CNRS, UMR 6197, 29280 Plouzané, France

[4]ARC Centre of Excellence for Core to Crust Fluid Systems and GEMOC, Department of Earth and Planetary Sciences, Macquarie University, CCFS, NSW 2109, Australia

ABSTRACT

The South Rallier du Baty Intrusive Complex (SRBIC) intrudes the lava flows of the northern part of the Kerguelen oceanic plateau. This complex consists of a typical alkaline Si-oversaturated magmatic series. New structural and geochronological data lead us to propose that the SRBIC is a laccolith built over about 3.7 My by successive injections of under-accreted syenitic magmas pulses, forming a unique example of a felsic laccolith in an oceanic within-plate setting. Our results show strong similarities with many continental plutons emplaced in different geodynamic settings. Firstly from a structural and mechanical perspectives, such as 3d geometry,

internal structure and emplacement mechanism of the SRBIC are identical to continental examples. Secondly, from a dynamic and temporal perspective, duration and average construction rate (around 10^{-4} km^3/yr) of the SRBIC are similar to those proposed for continental plutons. Consequently, the nature and thickness of the crust are not the main parameters that control plutonic processes. The source and evolution in the deep hot crust certainly plays a major role, by producing multiple magmatic episodes at variable timescales.

INTRODUCTION

Magmatism is the geological process that directly links the inner and outer earth envelopes through almost instantaneous mass and heat transfer at the geological time scale, from the mantle to the crust, but also to the atmosphere and to the hydrosphere. It is one of the main factors that control the climate, especially over the long term, and a key process in the formation of natural resources. The most spectacular expression of earth's magmatism is volcanic extrusive activity, but quantitatively its main output is by far the crystallization of intrusive plutonic rocks (Crisp, 1984; Shaw, 1985; White et al., 2006; Paterson and Ducea, 2015). These intrusive bodies, commonly called plutons, are the building blocks of the continental crust. A new general model of pluton construction in the continental crust has emerged which highlights their tabular shape, their main emplacement mechanism by displacement of wall rocks, and their episodic growth at various timescales (Cruden, 1998; Tikoff et al., 1999; Petford et al., 2000; Glazner et al., 2004; Coleman et al., 2004; Horsman et al., 2009; Menand et al., 2011 and references therein; Leuthold et al., 2012; among many others). One consequence of this new model is that the pulsed magmatism recorded in continental plutonic systems reflects deeper magmatic processes at the source (St Blanquat et al., 2011; Annen et al., 2015). The main remaining question is then about

46 the role(s) of the crustal 'filter' (including thickness, composition, rheological stratification and
47 structure) in magma production, transport and final emplacement. This can be explored by
48 characterizing and comparing the emplacement mechanism and construction of plutons in
49 various geodynamic settings, including in oceanic crust. Indeed, while the existence of plutonic
50 bodies within oceanic crust is well established (e.g. Dick et al., 2008), quantitative data on their
51 internal structure and emplacement mechanisms are rare, and there is no data about their duration
52 of formation. Felsic plutonic rocks in oceanic context are even rarer and commonly less
53 accessible than their continental analogues. They are found either as xenoliths in Azores and
54 Ascension islands (Widom et al., 1993; Kar et al., 1998) or as *in-situ* intrusive complexes in
55 Iceland and Kerguelen archipelago (Nougier, 1969; Furman et al., 1992). The intrusive
56 complexes outcropping in the Rallier du Baty peninsula of the Kerguelen archipelago are the
57 most spectacular occurrences of felsic oceanic plutonic rocks. Since the early studies from the
58 70's (e.g. Nougier, 1969; Marot and Zimine, 1976), this dominantly felsic plutonic complex has
59 been considered as a ring complex and a typical example of emplacement by cauldron
60 subsidence (Giret, 1983; Bonin et al., 2004). In order to compare the plutonic processes in
61 continental and oceanic settings, the aim of the present study is to constrain the construction of
62 the South Rallier du Baty Intrusive Complex (SRBIC) based on a set of new field structural
63 observations, associated with detailed U-Pb geochronological data.
64

65 **GEOLOGICAL CONTEXT AND PREVIOUS STUDIES**

66 The Kerguelen archipelago represents the emergent part of the Northern Kerguelen
67 oceanic Plateau (NKP) (Fig. DR1), assumed to be formed by the Kerguelen plume activity. This
68 archipelago primarily consists of tholeiitic to transitional basalt flows emplaced from ~29 to ~24

My. Several volcano-plutonic complexes emplaced into this basalt sequence are distributed through the archipelago and dated from ~24 to ~4.9 My (See Fig. DR2 for details and references). With the exception of the oldest tholeiitic-transitional gabbroic complex, all the younger different intrusive complexes, show a dichotomy into either Si-oversaturated or Si-undersaturated alkaline rock series. The South Rallier du Baty Intrusive Complex (SRBIC) is part of a ~350 km^2 plutonic province (Nougier, 1969; Marot and Zimine, 1976) (Fig. 1 and DR2). The plutonic rocks of the SRBIC belong to the Si-oversaturated series and range from monzo-gabbros and monzo-diorites to mostly Qz-bearing monzonites and syenites. The rare mafic and intermediate intrusive coarse-grained rocks are only associated to the syenites in the external parts of the SRBIC. The ages obtained on syenite by previous authors with the K-Ar and Rb-Sr methods on whole rock range between ~15.5 and ~7.5 My from the south to the north of the peninsula (Fig. DR3 and Table DR1).

GEOMETRY OF THE SRBIC

The SRBIC intrudes the plateau lavas and form an elliptical body with a 13 x 17 km outcropping size and a WNW-ESE long axis. The contact between the intrusion and the basalts shows two contrasting geometries: (i) Steeply-dipping and cross-cutting or (ii) shallowly-dipping and concordant (Fig. 1 and 2). At the scale of the Kerguelen archipelago, the orientation of the basaltic lava flows is very regular but shows a small dip (2-5°) toward the SE, due to recent tilting (Nougier, 1969) (Fig. DR2). This orientation changes towards the intrusive centers, and particularly when approaching the SRBIC. Indeed, all around the NE, SE and SW parts of the latter, a progressive tilting of the flood basalts could be measured, reaching a dip of 20 - 40° away from the SRBIC (Fig. 1, 3, DR2 and DR4). Because of the recent trachytic activity and the

ice cover, this contact is not observed in the NW part of the complex. Nevertheless, measurements of the orientation of the basalt flows along the coast on the western side of the SRBIC show a dip toward the W. These measurements all around the SRBIC confirm the general tilting of the basalts away from the intrusive center and an increase of the dip toward the contact of the SRBIC. The floor and the roof of the SRBIC are not exposed, but the general geometry of the surrounding basalt lava flows, the amount of their flexure towards the intrusive center, and the location of this flexure, indicate that the SRBIC is a tabular magmatic body with a thickness of ~2 - 3 km and a maximal radius at its base of ~15 km (Fig. 3). From these geometrical observations, its total volume can be estimated at about 250 - 350 km^3.

INTERNAL STRUCTURE

Three main syenitic units separated by sharp magmatic contacts could be distinguish on the field (Fig. 3 and DR5). Field criteria indicate that these units are younger towards the center of the intrusive complex. Each unit consists of several layered intrusions with contrasting textures. All the contacts are magmatic. These different injections of mainly coarse syenite, fine grained syenite and pegmatitic segregation, and rare monzo-diorites, define a magmatic layering (Fig. 1 and 4) which exhibits a consistent outward dipping across the SRBIC, with decreasing dip toward the center of the intrusive complex. Moreover, this general magmatic layering is parallel to the external contact with basalts and also parallel to the main internal contacts that separate the three main syenitic units (Fig. 1 and DR6a).

The magmatic fabric is poorly developed and rarely visible on the field. The quantitative study of these fabrics conducted by Anisotropy of Magnetic Susceptibility (see methodology, maps and raw data in GSA Data Repository) show a foliation parallel to the magmatic layering

115 measured in the field (Fig. DR6a and DR7a). The lineation shows an N-S horizontal pattern in
116 the central and youngest parts of the SRBIC which evolves gradually to a lineation parallel to the
117 external contact in the older marginal units (Fig. DR7b).

118 A network of several generations of shear zones, mainly brittle and cataclastic or, more
119 rarely brittle–ductile and/or with melt injection, is observed throughout the intrusion (Fig. 3).
120 They are syn-plutonic as evidenced by mutual cross-cutting relationships between shear-zones
121 and dykes intrusion (Fig. DR8). Their distribution is heterogeneous and shows a denser network
122 at the base of the unit 1 at its contact with the underlying unit 2 (Fig. 3 and DR6b). The
123 conjugate orientation of this network suggests that it results from a shortening perpendicular to
124 the contact between these two units. This defines a ring of more deformed and brecciated
125 syenites (Fig. 1), which records the flattening of the marginal unit due to the injection of the
126 lower units. These features imply an advanced crystallization stage of the older unit before
127 intrusion of the younger one.

128

129 **NEW GEOCHRONOLOGICAL DATA**

130 The methodology and raw data are available in the GSA Data Repository. Most zircons
131 from the SRBIC rocks exhibit a characteristic morphology with (100) prism and (101) pyramid
132 as well as clear oscillatory and sector zonings (Fig. DR9). The oldest syenite (13.74 ± 0.2 My)
133 was sampled in the southern part of the peninsula and is from one of the first emplaced minor
134 complex clearly disconnected in space and time from the SRBIC (Fig. 1 and DR10). Indeed,
135 considering U-Pb zircon ages as the minimum emplacement age, the major volume of SRBIC
136 magma was emplaced between 11.57 ± 0.15 and 7.88 ± 0.2 My. The zircon ages of the monzo-
137 diorites similar to those of surrounding syenites suggest a synchronous emplacement of magmas

exhibiting contrasting degrees of differentiation. U-Pb zircon ages show that the syenites are younger towards the center of the intrusive complex, from the marginal unit 1 to the central unit 3, in agreement with field observations (Fig. 1 and 3).

DISCUSSION AND CONCLUSION

The SRBIC is classically interpreted as a ring complex emplaced by a cauldron subsidence that corresponds to a cluster of intersecting ring dykes injected in relationship with the down-sagging of a crust block in a deep magma chamber and overlay by a caldera (Marot and Zimine, 1976; Giret, 1983; Bonin et al., 2004).

Based on our new field and geochronological data, we propose a new model of construction for the SRBIC based on the following main features:

1) The spatial coincidence between the change in basalts orientation and the SRBIC, which clearly shows a causal relationship and reveals that the main space-making process related to the emplacement of the intrusive magmas, is the uplift and up-doming of host basalts. This feature was already recorded by previous authors and interpreted as occurring before the formation of the intrusive complex, an interpretation not supported by the field relationships (see above). The geometry of the plateau basalts deflection implies that the SRBIC is tabular and concordant and could be consequently interpreted as a laccolith (Fig. 5). The discordant and steeply dipping parts of the external contact are irregularities due to local stopping, as suggested by the occurrence of basalt screen within the syenite below those parts of the contact, and/or as extensional fractures filled by magma and related to the extensional component of strain in the wallrocks induced by magma infilling. As we do not have any data for the orientation of the plateau basalts from the

160 northern part of the SRBIC, we cannot be sure that the latter is a symmetric elliptical laccolith.
161 Consequently, consideration should be given to the possibility of a N-S asymmetrical geometry.
162 2) The internal structure which shows a domal shape and a subdivision in three co-structured
163 units of magma, each one being constituted by numerous injections of syenite but also monzo-
164 diorite in the oldest unit. The sharp contacts between the three main syenitic units and the brittle
165 deformation of the two older units, demonstrate that in spite of an apparent N-S continuous age
166 distribution, the construction of the SRBIC was discontinuous. The textural difference observed
167 between the coarse and fine-grained syenites was acquired during the emplacement process and
168 results from the dynamics of magma injection (including injected volume, temperature contrast,
169 cooling rate and time range between injections). The two other main facies, i.e. the pegmatite
170 segregations and the network of porphyritic syenite, could represent local mechanical
171 segregation in an older injection due to the injection of a younger one. Field relationships and
172 geochronology demonstrate a construction by under-accretion.
173 3) The fabric pattern, quantified through AMS measurements, confirms the domal shape and the
174 general concordance between all units and sub-units with the orientation of foliation. The
175 difference between the regular N-S lineation orientation in the central younger unit and the
176 marginal parallel lineation in the external older unit reminds a pattern observed in many
177 continental plutons (e.g. the Papoose Flat and the Black Mesa plutons, St Blanquat et al., 2001
178 and 2006) and indicates that (i) the pluton roof exerted an important control on flow/deformation
179 within the pluton, and (ii) the central and younger N-S orientation of the lineation could be
180 interpreted as an infilling orientation, possibly from an ~ E-W dyke.
181 4) Both field relationships and U-Pb geochronology evidence that the magmatic injections are
182 progressively younger towards the center of the RdB peninsula. The U-Pb data indicate that the

183 construction of the SRBIC lasted around 3.7 My, between 11.57 ± 0.15 and 7.88 ± 0.2 My. With
184 a total estimated volume of about 250 – 350 km^3, this suggest an average construction rate in the
185 order of 10^{-4} km^3/yr.

186 In summary, our data are compatible with a model where the SRBIC is a laccolith
187 constructed by the upward inflation and stacking of initially horizontal thin magma sheets, which
188 is now a classic re-interpretation of many 'cauldrons' (Stevenson et al., 2007; Magee et al.,
189 2012). Our results establish strong similarities between the SRBIC - a unique example of a recent
190 felsic laccolith in an oceanic within-plate setting – and continental plutons. Firstly from a
191 structural and mechanical perspectives, as the 3d geometry, the internal structure and the
192 emplacement mechanism of the SRBIC are identical to many continental examples. This is
193 another argument for the independence between the incremental process of pluton construction
194 and the tectonic setting (St Blanquat et al., 2011). Secondly, from a dynamic and temporal
195 perspectives, it appears that the duration and the average construction rate are similar to those
196 proposed for continental plutons (St Blanquat et al., 2011; Leuthold et al., 2012; Coleman et al.,
197 2016). Consequently, the nature and thickness of the crust are not the main parameters that
198 control such plutonic processes. The source evolution in the deep crustal hot zone certainly plays
199 the major role, by providing variable amounts of magma at variable timescales (Annen et al.,
200 2015).

201

202 **ACKNOWLEDGEMENTS**

203 We thank the French Polar Institut Paul-Emile Victor (IPEV-TALISKER 1077 program, D.
204 Guillaume; IPEV-DYLIOKER 444 program, B.N. Moine), Y. Le Meur and the IPEV-logistic
205 staff for field assistance and support. We also thank the CNRS-INSU and the GET for funding

allowing the acquisition of data. We finally thank the Centre of Excellence for Core to Crust Fluid System and the GEMOC Key Centre for the zircon dating using instrumentation funded by DEST Systemic Infrastructure Grants, ARC LIEF, NCRIS/AuScope, industry partners and Macquarie University. W. Powell and J. Bascou are also thanked for their help during the U-Pb and AMS acquisitions respectively.

FIGURES CAPTION

Figure 1. a) Localization of the SRBIC, b) Structural map of the SRBIC with simplified geology and geochronological data acquired on separated zircons (purple circles) and thick-sections (yellow circles). c) Zoom on a small area which concentrates datings. Stereographic projection of magmatic layering (d) and cataclastic shear zones (e); arrows indicate the location of the cross-section of the Fig. 3.

Figure 2. External contact of the Mont du Commandant displaying both discordant and concordant geometries.

Figure 3. Synthetic SSW-NNE cross-section of the SRBIC with U-Pb results.

Figure 4. South-dipping magmatic contact between two syenitic layers with contrasted magmatic textures. Both layers are cross-cutted by a basaltic dyke dipping to the N.

Figure 5. The laccolith model of the SRBIC.

REFERENCES CITED

Annen, C., Blundy, J.D., Leuthold, J., and Sparks, R.S.J., 2015, Construction and evolution of igneous bodies: Towards an integrated perspective of crustal magmatism: Lithos, v. 230, p. 206–221, doi: 10.1016/j.lithos.2015.05.008.

Bonin, B., Ethien, R., Gerbe, M.C., Cottin, J.Y., Feraud, G., Gagnevin, D., Giret, A., Michon, G., and Moine, B., 2004, The Neogene to Recent Rallier-du-Baty nested ring complex, Kerguelen Archipelago (TAAF, Indian Ocean): stratigraphy revisited, implications for

cauldron subsidence mechanisms: Geological Society, London, Special Publications, v. 234, p. 125–149, doi: 10.1144/GSL.SP.2004.234.01.08.

Coleman, D.S., Gray, W., and Glazner, A.F., 2004, Rethinking the emplacement and evolution of zoned plutons: Geochronologic evidence for incremental assembly of the Tuolumne Intrusive Suite, California: Geology, v. 32, p. 433, doi: 10.1130/G20220.1.

Coleman, D.S., Mills, R.D., and Zimmerer, M.J., 2016, The Pace of Plutonism: Elements, v. 12, p. 97–102, doi: 10.2113/gselements.12.2.97.

Crisp, J.A., 1984, Rates of magma emplacement and volcanic output: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 20, p. 177–211, doi: 10.1016/0377-0273(84)90039-8.

Cruden, A.R., 1998, On the emplacement of tabular granites: Journal of the Geological Society-London, v. 155, p. 853–862.

Dick, H.J.B., Tivey, M.A., Tucholke, B.E., 2008, Plutonic foundation of a slow-spreading ridge segment: Oceanic core complex at Kane Megamullion, 23_300N, 45_200W. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 9, doi:10.1029/2007GC001645.

Furman, T., Meyer, P.S., and Frey, F., 1992, Evolution of Icelandic central volcanoes: evidence from the Austurhorn intrusion, southeastern Iceland: Bulletin of volcanology, v. 55, p. 45–62.

Giret, A., 1983, Le plutonisme oceanique intraplaque: exemple des Iles Kerguelen: Laboratoire de pétrologie, Université Pierre et Marie Curie, CNFRA. Comité national français pour les recherches antarctiques 54, 290 p.

Glazner, A.F., Bartley, J.M., Coleman, D.S., Gray, W., and Taylor, R.Z., 2004, Are plutons assembled over millions of years by amalgamation from small magma chambers? GSA Today, v. 14, p. 4, doi: 10.1130/1052-5173(2004)014<0004:APAOMO>2.0.CO;2.

Horsman, E., Morgan, S., St Blanquat, M. (de), Habert, G., Nugent, A., Hunter, R.A., and Tikoff, B., 2009, Emplacement and assembly of shallow intrusions from multiple magma pulses, Henry Mountains, Utah: Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, v. 100, p. 117–132, doi: 10.1017/S1755691009016089.

Kar, A., Weaver, B., Davidson, J., and Colucci, M., 1998, Origin of Differentiated Volcanic and Plutonic Rocks from Ascension Island, South Atlantic Ocean: Journal of Petrology, v. 39, p. 1009–1024, doi: 10.1093/petroj/39.5.1009.

Leuthold, J., Müntener, O., Baumgartner, L.P., Putlitz, B., Ovtcharova, M., and Schaltegger, U., 2012, Time resolved construction of a bimodal laccolith (Torres del Paine, Patagonia): Earth and Planetary Science Letters, v. 325–326, p. 85–92, doi: 10.1016/j.epsl.2012.01.032.

Magee, C., Stevenson, C., O'Driscoll B., Schofield N., McDermott, K., 2012, An alternative emplacement model for the classic Ardnamurchan cone sheet swarm, NW Scotland,

involving lateral magma supply via regional dykes. Jl of Structural Geology, 43, pp. 73-91.

Marot, A., and Zimine, S., 1976, Les complexes annulaires de syenites et granites alcalins dans la peninsule de Rallier du Baty (Iles Kerguelen, T.A.A.F): Laboratoire Scientifique des T.A.A.F., Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, v. 1, 131 p.

Menand, T., St Blanquat, M. (de), and Annen, C., 2011, Emplacement of magma pulses and growth of magma bodies: Tectonophysics, v. 500, p. 1–2, doi: 10.1016/j.tecto.2010.05.014.

Nougier, J., 1969, Contribution à l'étude géologique et géomorphologique des îles Kerguelen: CNFRA. Comité national français pour les recherches antarctiques. 27, v. 2, 422 p.

Paterson, S.R., and Ducea, M.N., 2015, Arc Magmatic Tempos: Gathering the Evidence: Elements, v. 11, p. 91–98, doi: 10.2113/gselements.11.2.91.

Petford, N., Cruden, A.R., McCaffrey, K.J.., and Vigneresse, J.-L., 2000, Granite magma formation, transport and emplacement in the Earth's crust: Nature, v. 408, p. 669–673.

Shaw, H.R., 1985, Links between magma-tectonic rate balances, plutonism, and volcanism: Journal of Geophysical Research, v. 90, p. 11275, doi: 10.1029/JB090iB13p11275.

St Blanquat, M. (de), Law, R.D., Bouchez, J.-L., and Morgan, S.S., 2001, Internal structure and emplacement of the Papoose Flat pluton: An integrated structural, petrographic, and magnetic susceptibility study: Geological Society of America Bulletin, v. 113, p. 976–995.

St Blanquat, M. (de), Habert, G., Horsman, E., Morgan, S.S., Tikoff, B., Launeau, P., and Gleizes, G., 2006, Mechanisms and duration of non-tectonically assisted magma emplacement in the upper crust: The Black Mesa pluton, Henry Mountains, Utah: Tectonophysics, v. 428, p. 1–31, doi: 10.1016/j.tecto.2006.07.014.

St Blanquat, M. (de), Horsman, E., Habert, G., Morgan, S., Vanderhaeghe, O., Law, R., and Tikoff, B., 2011, Multiscale magmatic cyclicity, duration of pluton construction, and the paradoxical relationship between tectonism and plutonism in continental arcs: Tectonophysics, v. 500, p. 20–33, doi: 10.1016/j.tecto.2009.12.009.

Stevenson, C.T.E., Owens, W.H., Hutton, D.H., Hood, D.N., & Meighan I.G., 2007, Laccolithic, as opposed to cauldron subsidence, emplacement of the Eastern Mourne pluton, N. Ireland: evidence from anisotropy of magnetic susceptibility. Jl. Geological Society, London, 164, pp.99-110.

Tikoff, B., St Blanquat, M. (de), and Teyssier, C., 1999, Translation and the resolution of the pluton space problem: Journal of Structural Geology, v. 21, p. 1109–1117, doi: 10.1016/S0191-8141(99)00058-9.

303 White, S.M., Crisp, J.A., and Spera, F.J., 2006, Long-term volumetric eruption rates and magma
304 budgets: Eruption rates and magma budgets: Geochemistry, Geophysics, Geosystems, v.
305 7, doi: 10.1029/2005GC001002.

306 Widom, E., Gill, J.B., and Schmincke, H.-U., 1993, Syenite Nodules as a Long-Term Record of
307 Magmatic Activity in Agua de Pao Volcano, Sao Miguel, Azores: Journal of Petrology,
308 v. 34, p. 929–953, doi: 10.1093/petrology/34.5.929.

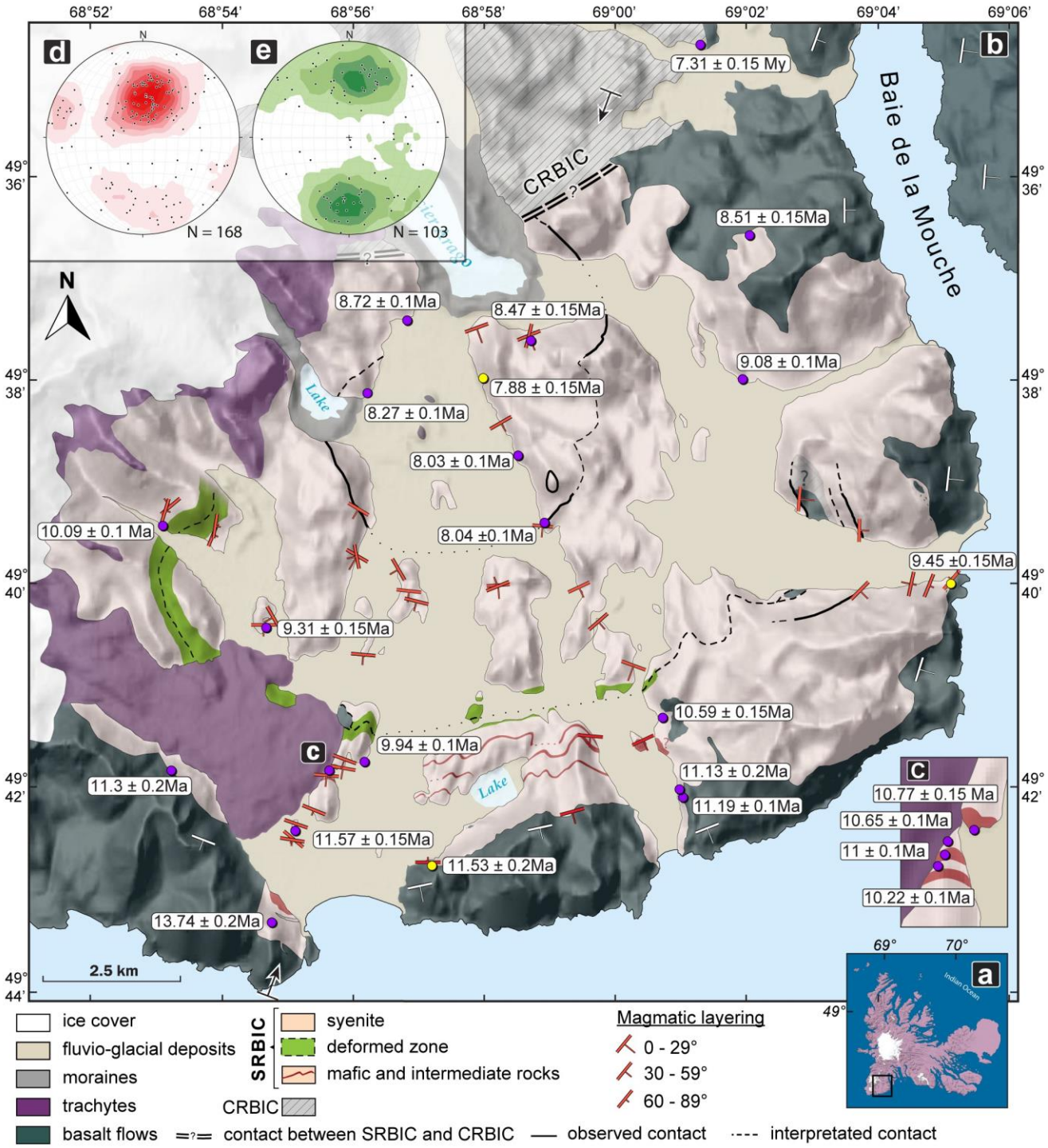


Figure 3.10: a) localisation du SRBIC ; b) Carte structurale du SRBIC avec une géologie simplifiée et datations U-Pb obtenues sur zircons séparés (cercles violets) et sur lames épaisses (cercles jaunes) ; c) zoom sur une zone où se concentrent plusieurs datations ; d) stéréogramme des mesures du litage magmatique ; e) stéréogramme des mesures de zones de cisaillement. Les flèches indiquent les points fixes de la coupe présentées en Figure 3.12.

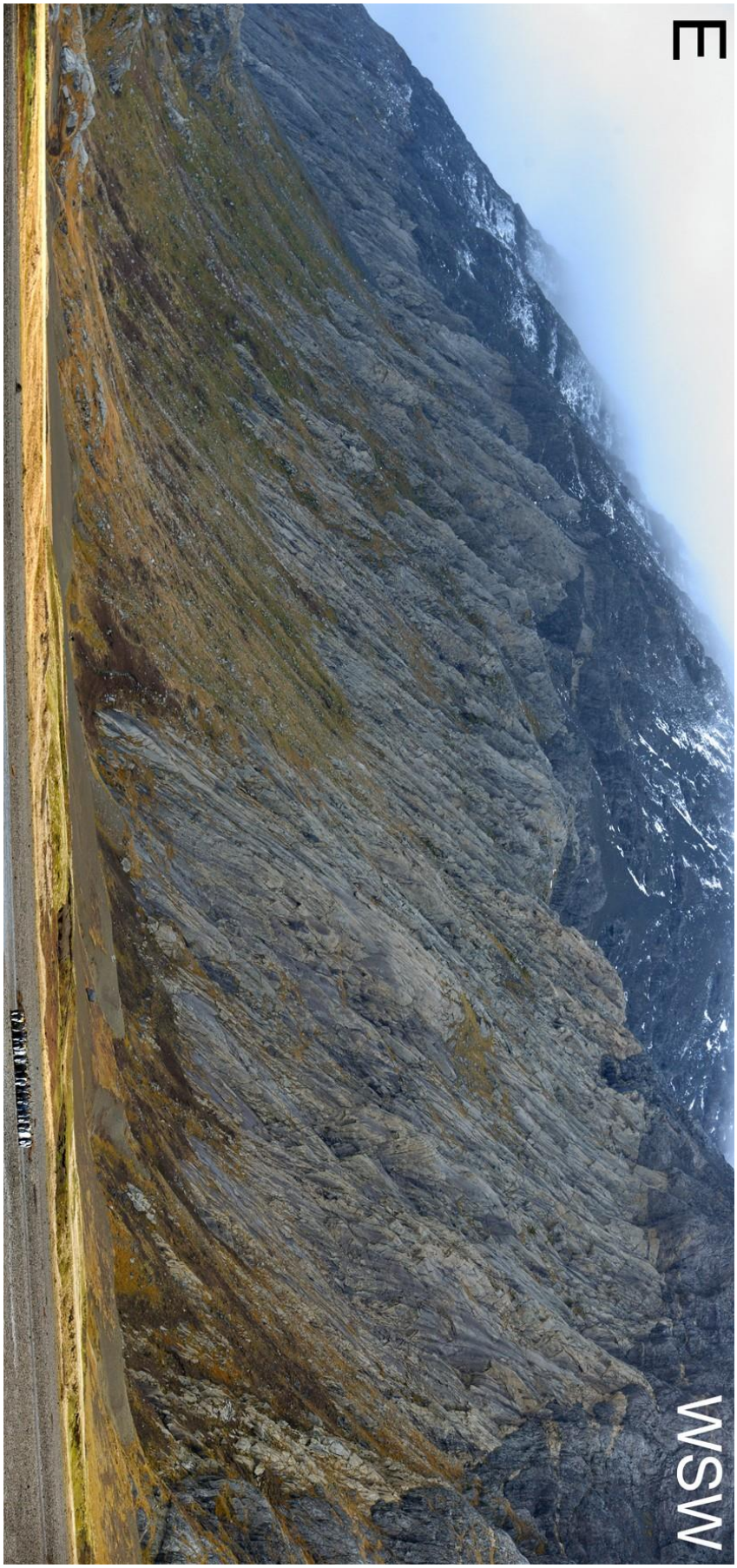


Figure 3.11: Contact intrusif du SRBIC dans les basaltes de plateau montrant une géométrie discordante et concordante.

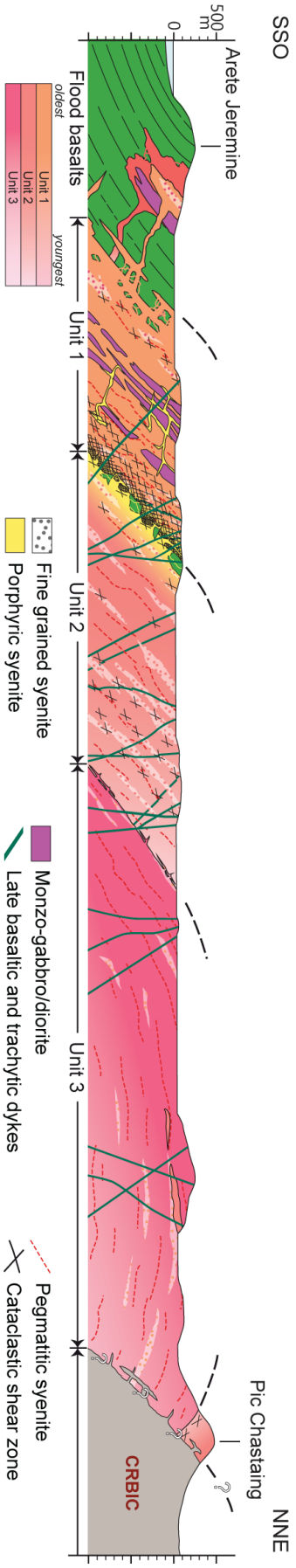


Figure 3.12: Coupe synthétique SSO-NNE du SRBIC et données géochronologiques associées.

Figure 3.13: Exemple caractéristique de contact magmatique penté vers le sud entre deux intrusions syénitiques de textures différentes. Les deux syénites sont recoupées par un filon de basalte tardif.

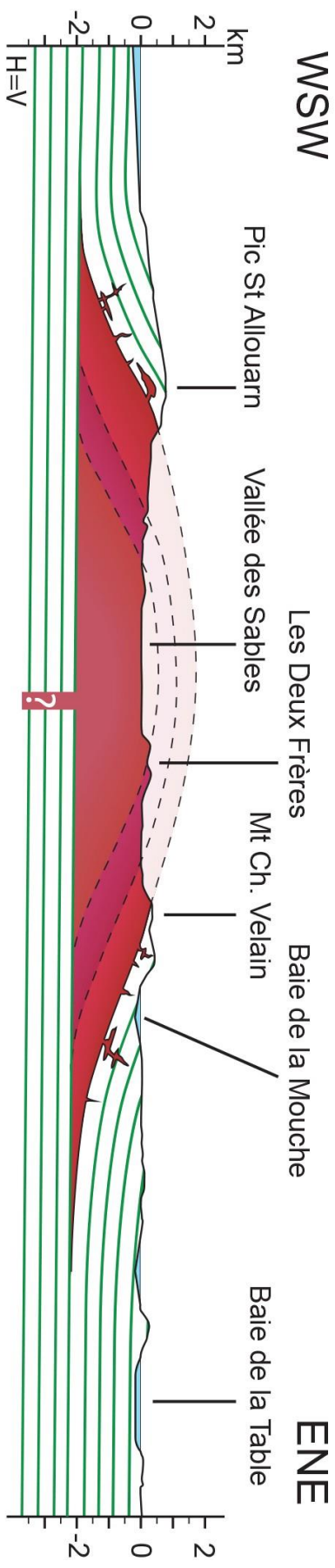


Figure 3.14: Modèle de laccolithe du SRBIC.

Chapitre 4 : Pétrographie et minéralogie

Cette partie représente le ventricule gauche du cœur sur lequel est bâtie cette thèse. Conscient du gros travail d'observation déjà réalisé sur les roches du complexe sud de RdB par Marot et Zimine(1976), il était pourtant impensable de revisiter ce complexe sans en revoir la pétrographie de ses roches. C'est une base indispensable et que j'affectionne particulièrement.

4.1 Description pétrographique

4.1.1 Roches mafiques et intermédiaires

4.1.1.1 Basaltes de plateau

Les basaltes de plateaux ne constituent pas la majeure partie des roches à l'affleurement sur la péninsule de Rallier du Baty comme c'est le cas sur l'ensemble de l'archipel (~85% de la surface émergée). Cependant, leur rôle est crucial dans l'étude des roches grenues de l'archipel, puisqu'ils forment l'encaissant de ces roches intrusives. Les travaux antérieurs sur ces basaltes, conduits sur une grande partie de l'archipel (Gautier, 1987; Nougier, 1969), ont montré des variations minéralogiques, géochimiques et géochronologiques au sein des ces roches formant à première vue un ensemble très continu. Du point de vue pétrographique, les textures dominantes sur l'ensemble de l'archipel de ces basaltes sont les textures aphyritiques et porphyriques. La mésostase est partiellement composée de verre et contient des microlites qui sont en majorité des plagioclases. Il n'est pas rare que ces derniers soient souvent accompagnés, en faible proportion, par les minéraux qui forment également les phénocristaux des basaltes porphyriques. La nature et le mode de ces phénocristaux définissent une large variété de basaltes présents sur l'archipel. Il s'agit des plagioclases, des olivines ou des pyroxènes (en grande majorité des clinopyroxènes). Les minéraux accessoires les plus abondants sont les oxydes de Fe-Ti.

Les basaltes de plateaux n'ont pas fait l'objet de travaux approfondis sur Rallier du Baty depuis la thèse d'Etat de J. Nougier en 1969. Mes travaux de thèse étant concentrés sur les roches plutoniques, seuls les basaltes de plateau au contact avec ces dernières ont reçu ici une attention particulière.

La Figure 4.1 est un échantillon scié des basaltes prélevés juste au contact discordant avec l'intrusion plutonique sur le mont du Commandant coté ouest. Ces basaltes sont traversés par des injections provenant de l'intrusion. De par leur morphologie, ces injections semblent contrôlées par la rhéologie et la structuration même des basaltes qui opposent une résistance à leur passage. Ceci s'illustre bien sur cet échantillon où le microfilon ou veine la plus à droite de l'illustration ne semble soumis à aucune contrainte visibles à l'œil nu, alors que la veine de gauche a clairement été stoppée dans sa progression. Cette dernière se poursuit donc vers la bordure gauche de cet échantillon sous forme d'une veine bien plus fine. Cette particularité montre que la résistance des basaltes n'est pas homogène et ne permet donc pas une fracturation régulière lors de l'injection des liquides felsiques. Ce type de progression des liquides provenant de l'intrusion plutonique sous-jacente donne à ce contact discordant une texture bréchique (« stopping ») composé de morceaux de basaltes plus ou moins anguleux (voir Chapitre 2.2.3). Ces basaltes présentent également des phénocristaux automorphes de couleur noire répartis de façon hétérogène. Ces minéraux se concentrent particulièrement le long des injections felsiques mais pas uniquement. Ils sont présents dans l'ensemble de l'échantillon mais confinés dans les parties les plus claires de celui-ci. A la différence, les parties les plus sombres ne présentent pas de signes particuliers. Les différentes zones de l'échantillon distinguables à l'œil nu se retrouvent sous le microscope. Ainsi les injections (1) se composent essentiellement de feldspaths et quartz ce qui explique leur couleur blanchâtre en macro.

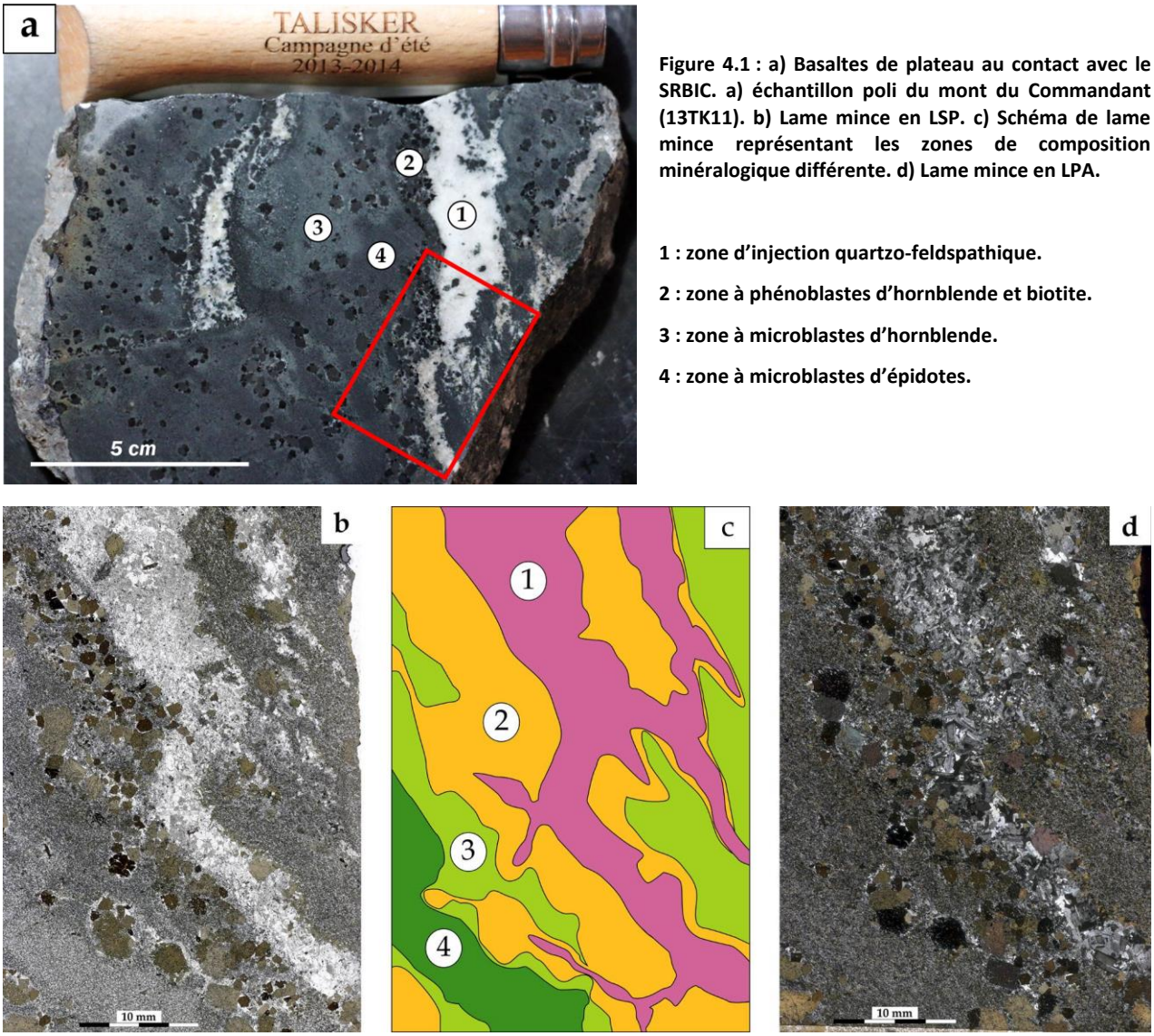


Figure 4.1 : a) Basaltes de plateau au contact avec le SRBIC. a) échantillon poli du mont du Commandant (13TK11). b) Lame mince en LSP. c) Schéma de lame mince représentant les zones de composition minéralogique différente. d) Lame mince en LPA.

1 : zone d'injection quartzo-feldspathique.

2 : zone à phénoblastes d'hornblende et biotite.

3 : zone à microblastes d'hornblende.

4 : zone à microblastes d'épidotes.

Les parties où se concentrent les phénocristaux se retrouvent bien de part et d'autres de ces injections. Les minéraux automorphes sombres qui les composent sont des phénoblastes d'amphiboles et de biotites. Ils renferment des inclusions de plagioclases microlitiques et quelques rares apatites. Ce sont des microlites similaires qui composent la matrice dans laquelle les phénoblastes ont cristallisé. La texture de cette partie de la roche (2) indique clairement que les amphiboles et les biotites ont cristallisé de façon synchrone avec l'injection de liquides quartzo-feldspathiques formant les veines. Ils sont donc des marqueurs du métamorphisme de contact que les basaltes ont subi lors de la mise en place du pluton et de ses injections dérivées. Attestée par la position structurale de ces minéraux, cette hypothèse est aussi confirmée par la présence de certains de ces phénocristaux dans les injections elles mêmes et par les couronnes de quartz + feldspaths auxquelles ces minéraux sont associés dans le basalte. D'autre part, les plagioclases qui composent la mésostase et qui sont recoupés par la croissance des phénocristaux se retrouvent associés avec des microcristaux d'amphiboles. Ces microcristaux, ne se retrouvant jamais en inclusion dans les phénoblastes, ont certainement cristallisé après ces derniers. C'est cette association de plagioclases microlitiques et de microblastes d'amphiboles qui constitue les parties les plus claires du basalte macroscopiquement (3). Les parties les plus sombres (4), elles, sont composées des microlites de plagioclases sur lesquels ont cristallisé des microcristaux d'épidotes associés par endroits à des oxydes de Fe-Ti. Ainsi, il existe des zones exclusivement microlitiques à plagioclases + microblastes d'amphiboles et

des zones exclusivement à plagioclases + microblastes d'épidotes. Il est à noter que de rares reliques de pyroxènes ont été observées, dans les parties sombres contenant de l'épidote. La taille de ces reliques ne peut cependant pas permettre d'interpréter définitivement la formation des épidotes par déstabilisation de ces pyroxènes. Les oxydes sont aussi très abondants dans cet échantillon. Ils sont sub-automorphes et semblent donc pour la plupart en lien avec le métamorphisme et plutôt associés aux épidotes. La fin de l'épisode métamorphique est marquée par la déstabilisation des amphiboles mais surtout des biotites. Probablement favorisée par la présence des filons issus de l'injection des liquides felsiques, la circulation tardive de fluides a permis la transformation partielle de ces minéraux en chlorite.

De par leurs caractéristiques, ces basaltes métamorphisés ont été justement qualifiés de cornéennes par J.Nougier en (1969). J.Nougier a distingué deux types de cornéennes en fonction de leur composition minéralogique en lien avec leur distance par rapport au contact intrusif. Il a identifié au plus proche du contact des cornéennes à hornblende tandis qu'avec la distance au contact intrusif apparaissent des cornéennes à albite-épidote. La Figure 4.1 est bien une cornéenne à amphibole que J.Nougier a identifié comme de l'hornblende. Cependant, les épidotes sont également bien présentes dans cet échantillon et localisées dans les zones sombres de la cornéennes. La Figure 4.2 est un exemple des cornéennes à albite et épidote de J.Nougier. Cette lame mince provient de la collection de Marot et Zimine qui a également été prélevés sur le mont du Commandant entre l'été austral 1973 et l'été austral 1975. Le métamorphisme de contact est en effet moins exprimé dans cet échantillon. Il préserve la texture microlitique porphyrique du basalte sain. Cette roche entièrement cristallisée se compose uniquement de plagioclases microlitiques et de phénocristaux majoritairement plagioclasiques auxquels sont associés quelques rares pyroxènes. Les minéraux accessoires sont les oxydes de Fe-Ti. Le métamorphisme est marqué par le remplacement des porphyroclastes de plagioclase par des agrégats de microcristaux d'épidote dont seuls persistent quelques fantômes de minéraux désormais entièrement pseudomorphosés par la chlorite.

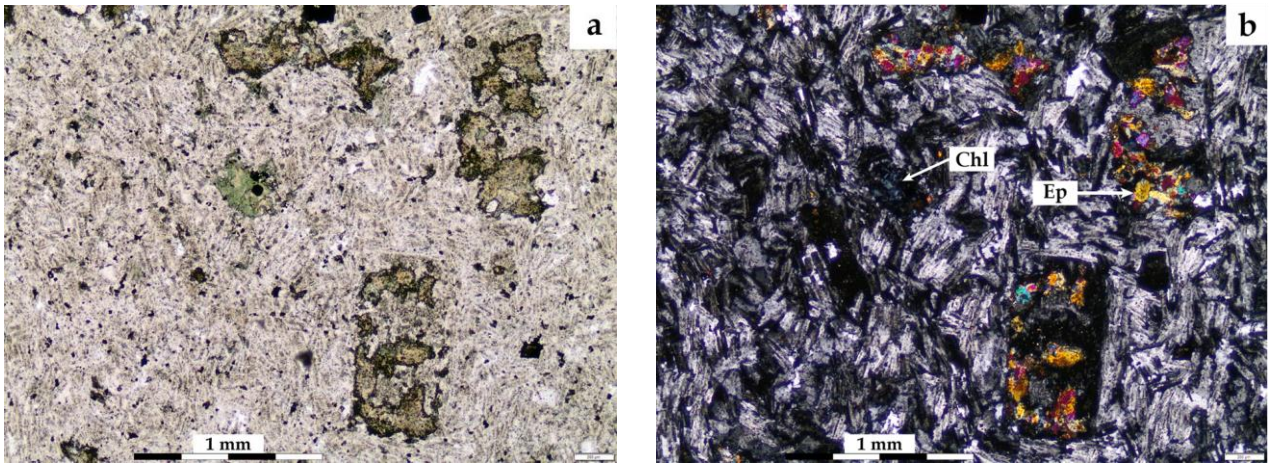


Figure 4.2: Photo au microscope en LSP (a) et LPA (b) de l'échantillon MC54 des basaltes de plateau = Cornéenne à albite-épidote.

J.Nougier et plus tard Marot et Zimine ont également décrit un type de cornéenne à pyroxène au contact avec le complexe « centre » (CRBIC) intrusif au nord de la péninsule de Rallier du Baty (Marot and Zimine, 1976; Nougier, 1969). Son absence sur le complexe sud indiquerait, selon eux, une différence de conditions de pressions-températures entre les complexes en questions, l'absence de pyroxènes attestant de conditions de plus basses pressions-températures. A.Giret a également décrit une cornéenne à biotite et diopside au contact des basaltes et du pluton de l'île de l'Ouest (Giret, 1983). Ces différents marqueurs

de métamorphisme attestent du différentiel de température à la mise en place des magmas syénitiques chauds dans l'encaissant basaltique froid.

4.1.1.2 Monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre

Les roches mafiques grenues sont peu abondantes sur la péninsule de Rallier du Baty (voir Chapitre 1) et limitées au sud du complexe plutonique. Ces roches sont des monzo-gabbros et monzo-diorites. Elles ont donc des compositions plutôt intermédiaires que véritablement mafiques. L'affleurement de roches grenues à l'extrémité SE de l'arête Jérémine, proche de l'anse du Gros Ventre est constitué des roches grenues les plus basiques de la péninsule. Cet affleurement est formé par un monzo-gabbro dont les contacts avec l'encaissant n'ont pu être clairement défini à cause d'une végétation abondante dans cette zone. Cette roche mafique a une texture porphyrique (Figure 4.3 et Figure 4.4).

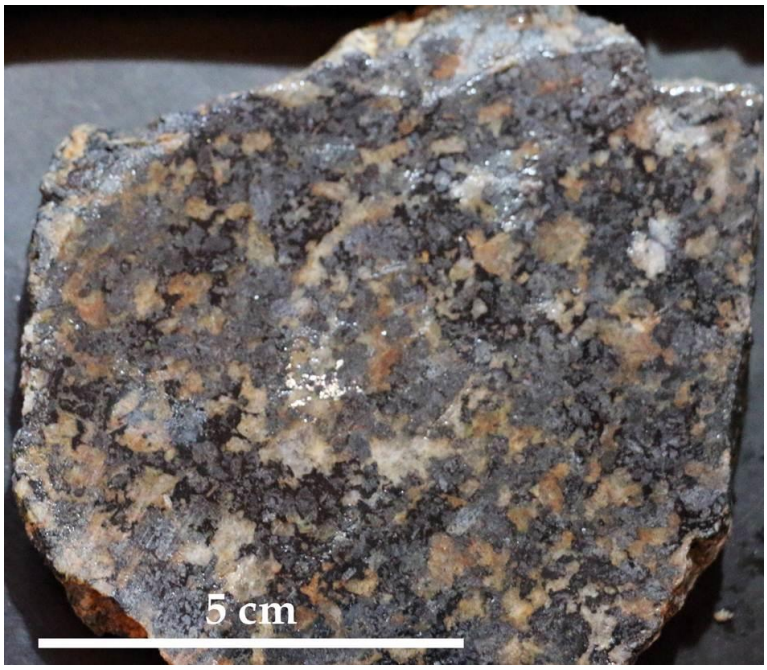


Figure 4.3 : Echantillon scié du monzo-gabbro du massif de l'anse du Gros Ventre

Les phénocristaux sont de différentes natures (Figure 4.4 et Figure 4.5). En premier lieu, on distingue microscopiquement les olivines qui sont xénomorphes à sub-automorphes. Reconnaissables grâce à leur fort relief, elles ont également un habitus caractéristique très fracturé. En partie comblées par des oxydes, ces fractures sont typiques de l'altération des olivines. De plus, ces péridots ont souvent des textures coronitiques formées par de fines auréoles de pyroxène. Ce pyroxène qui possède une extinction oblique est une clino-enstatite. Cette dernière s'observe également sous forme de phénocristaux. Elle est donc synchrone et postérieure à la cristallisation de l'olivine. Parmi les pyroxènes qui ont cristallisés dans cette roche, ce sont les clinopyroxènes calciques qui sont les plus nombreux et les plus grands (jusqu'à 7mm). Il s'agit de diopsides qui cristallisent en même temps ou peu après les clino-enstatites. Ces diopsides sont notamment remarquables par leur texture de déstabilisation. Cette déstabilisation, qui n'affecte pas les clino-enstatites, se manifeste par la transformation des diopsides en pargasites (amphiboles calciques). Cette déstabilisation induit une pseudomorphose partielle des diopsides à partir de leurs bordures mais également au sein même des cristaux par le biais d'une fracturation (donnant parfois l'illusion d'inclusions). Cette pargasite est donc clairement postérieure à la cristallisation des clinopyroxènes calciques. Elle possède une couleur brune en LSP, des teintes de polarisation allant jusqu'au bleu-vert du second ordre et un clivage net à 120°.

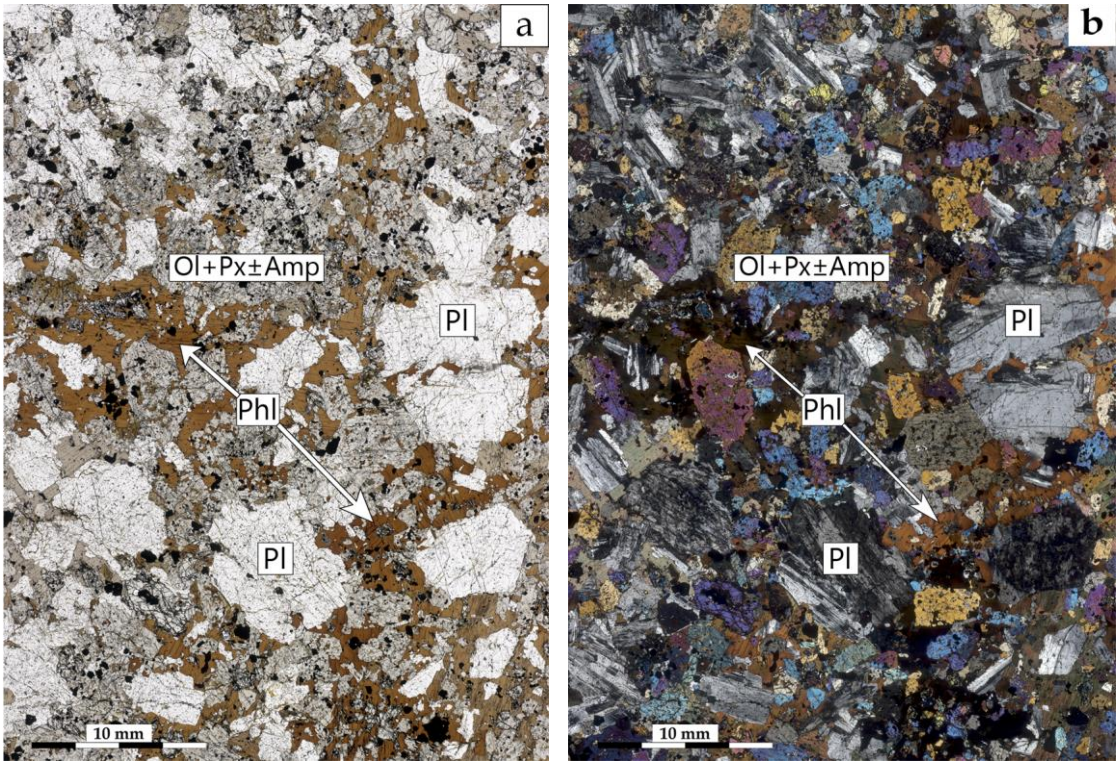


Figure 4.4 : Lame mince en LSP (a) et en LPA (b) de l'échantillon de monzo-gabbro de l'Anse du Gros Ventre

Cependant ce sont les plagioclases qui forment les phénocristaux les plus grands (de l'ordre du centimètre) et qui font ressortir la texture porphyrique du monzo-gabbro. Les compositions de ces plagioclases vont des andésines aux labradors (An37-An57). Ils cristallisent tous après les diopsides. Ainsi, ils incluent bon nombre de minéraux et comblent une partie des interstices entre ces derniers. Ils semblent toutefois se concentrer dans certaines zones de la roche. Les apatites sont également abondantes et ont cristallisés sous forme de microcristaux. Elles semblent apparaitre au moins en même temps que les clino-enstatites et cristallisent jusque dans les stades terminaux. La « matrice » magmatique est principalement composée de phlogopite qui inclut tous les autres minéraux et semble croitre parfois de façon synchrone avec la pargasite. Cette dernière caractéristique donne à cette syénite une texture d'ensemble qui ressemble à une texture cumulative.

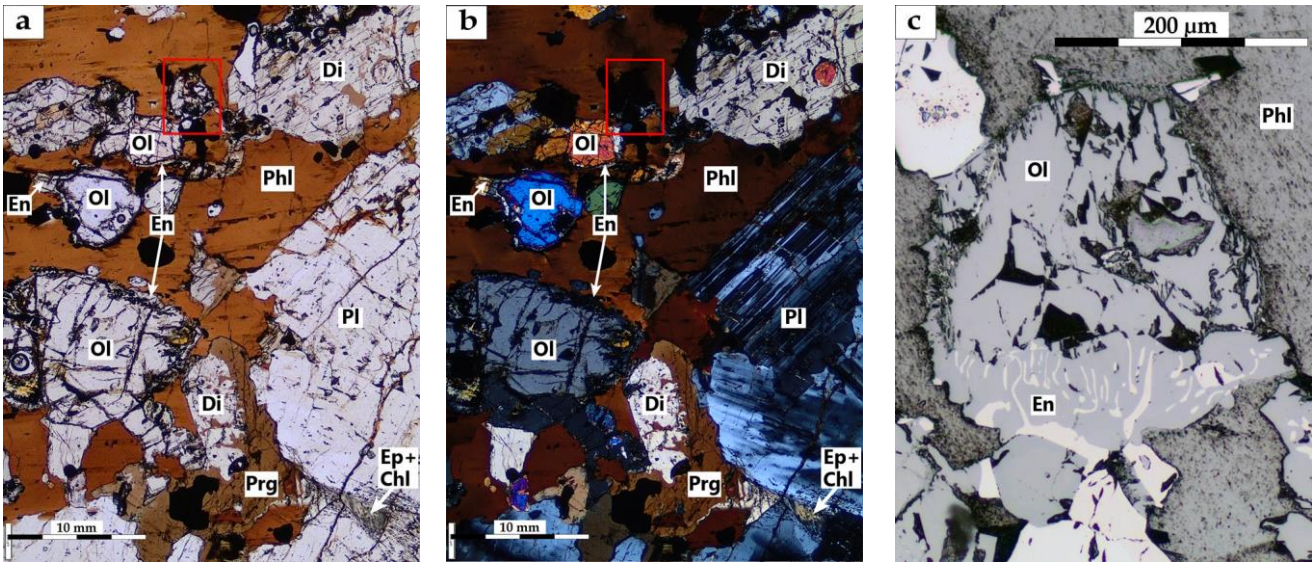


Figure 4.5 : Zoom en lame mince en LSP (a) et LPA (b) ; (c) zoom sur la texture symplectique des oxydes de Fer dans une couronne de clino-enstatite entourant un crystal d'olivine.

Ce monzo-gabbro contient aussi beaucoup de minéraux opaques. Bien que la majorité soit des oxydes de Fer, certains montrent des exsolutions d'oxydes de Ti. Ces oxydes apparaissent notamment dans les couronnes de clino-enstatite qui entourent les olivines (Figure 4.5c) et forment avec ces derniers une texture symplectique. De plus, certains microcristaux xénomorphes à sub-automorphes d'oxydes apparaissent en inclusion dans les feldspaths et sont donc antérieurs à la formation de ces derniers. Toutefois, la majorité des oxydes présents dans cette roche semble cristalliser dans les phases tardives. Ils sont en effet généralement associés à l'amphibole calcique durant la déstabilisation des diopsides (pseudomorphose). Cependant, il est probable que parmi la quantité d'oxydes présents dans les clinopyroxènes certains ne proviennent pas de leur altération mais aient pu cristalliser avant leur développement. Certains oxydes tardifs incluent des minéraux métalliques de quelques microns non analysés à la microsonde. De teintes jaune à orange en lumière réfléchie ce sont très certainement des sulfures de Fe (pyrite). Le stade final de l'histoire de ce monzo-gabbro correspond à une phase d'altération issue de la circulation de fluides calciques tardifs au moins en partie magmatiques. Ce dernier épisode va permettre la déstabilisation de pyroxènes au profit de l'épidote et la pseudomorphose des pargasites par l'actinolite. L'intensification de cette altération engendre la séricitisation des plagioclases, la pseudomorphose des phlogopites par la chlorite, ainsi que la cristallisation de calcite dans les espaces crées par la fracturation. La description pétrographique ci-dessus permet de présenter la séquence de cristallisation du monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre telle que sur le Tableau 4-1 suivant:

Minéraux	***Séquence de cristallisation***
Olivine	
Clino-enstatite	
Diopside	
Plagioclase	
Pargasite	
Phlogopite	
Oxydes Fe-Ti	
Sulfures Fe (±Cu)	
Actinolite	
Chlorite	
Calcite	
Apatite	

Tableau 4-1 : Séquence de cristallisation du monzo-gabbro de l'Anse du Gros Ventre. Les traits pleins correspondent a des occurrences observées, les pointillées représentent une forte probabilité de présence non certifiée du minéral.

4.1.1.3 Monzo-gabbro et monzo-diorite de l'unité la plus externe

Les roches grenues mafiques/intermédiaires qui sont co-structurées avec les intrusions syénitiques au niveau du front de la coulée de Vulcain, formant l'alternance bimodal caractéristique de l'Unité 1 (Figure 2.19), sont légèrement différentes entre elles pétrographiquement. Cette différence ne peut clairement s'observer à l'œil nu, seules les tailles de grains apparaissent différentes macroscopiquement (Figure 4.6).

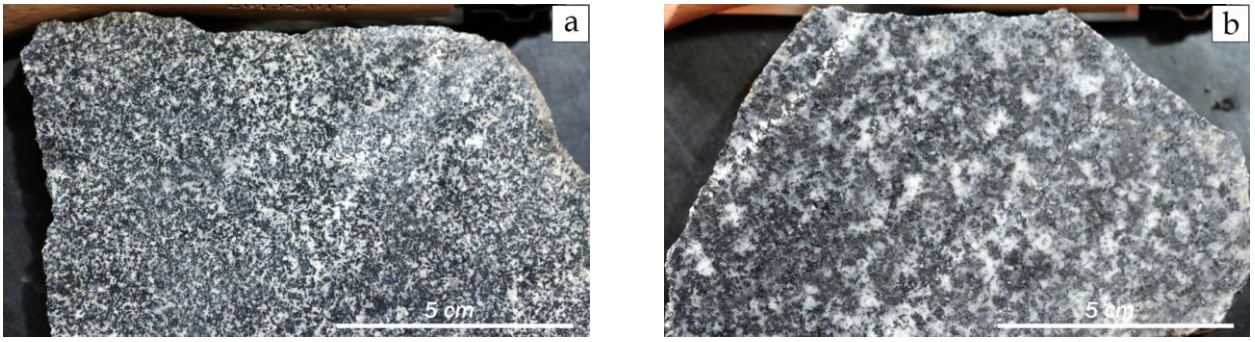


Figure 4.6 : Echantillons sciés des intrusions (intermédiaires) au front de la coulée du Vulcain. Monzo-diorite la plus au Sud (a) et monzo-gabbro à biotite le plus au Nord (b).

Parmi les différents niveaux intrusifs intermédiaires, l'intrusion la plus au sud est une monzo-diorite sensu-stricto tandis que l'intrusion la plus au nord est un monzo-gabbro à biotite. Ce dernier est de texture équante et microgrenue (Figure 4.7). Il est essentiellement composé de pyroxènes, biotites et plagioclases. Les pyroxènes sont exclusivement des clinopyroxènes calciques (diopsides). Ils font partie des premiers minéraux à cristalliser avec la biotite. Cette cristallisation synchrone est attestée par certaines figures de croissance conjuguées de ces deux phases. En effet, ces deux phases minérales montrent très souvent des textures graphiques (Figure 4.8) dans lesquelles un cristal de clinopyroxène inclut des portions de biotite. Ces différentes portions s'éteignent toutes en même temps et appartiennent donc à un seul et même individu. Cependant, la biotite apparait également en bordure du diopside et atteste, dans ce cas, d'une cristallisation relativement plus tardive. Le reste de la roche est exclusivement constituée de plagioclases dont la cristallisation apparait synchrone pour certains et postérieur pour d'autres à celle des deux minéraux précédents. Les minéraux accessoires de cette roche sont les apatites, les zircons, les titanites et les opaques. Les apatites sont en inclusions, à la fois dans les pyroxènes, les biotites et les plagioclases. Elles font donc partie des premières phases à cristalliser.

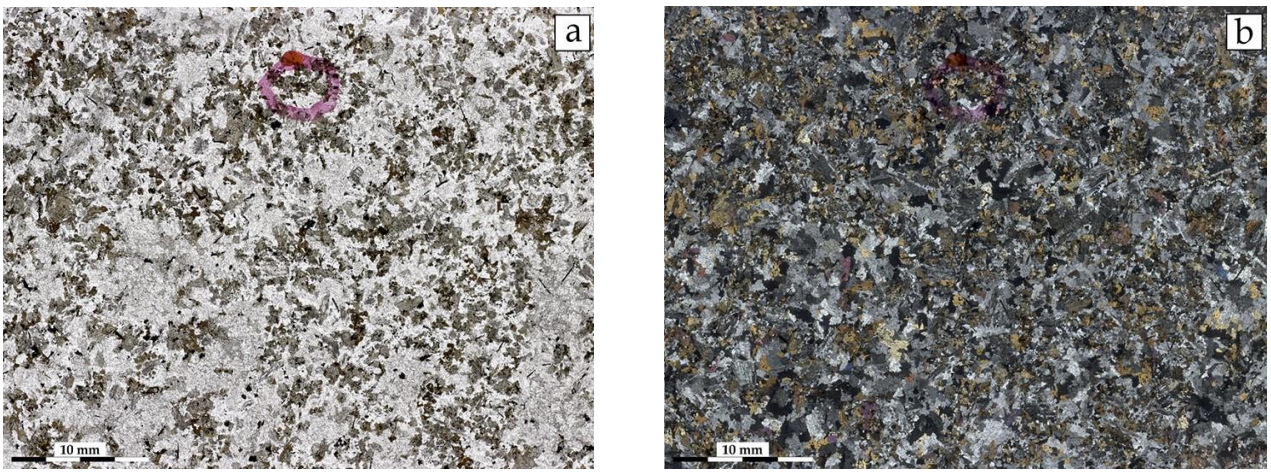


Figure 4.7 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) du monzo-gabbro à biotite formant l'intrusion la plus au nord au front de la Coulée du Vulcain (13TK36).

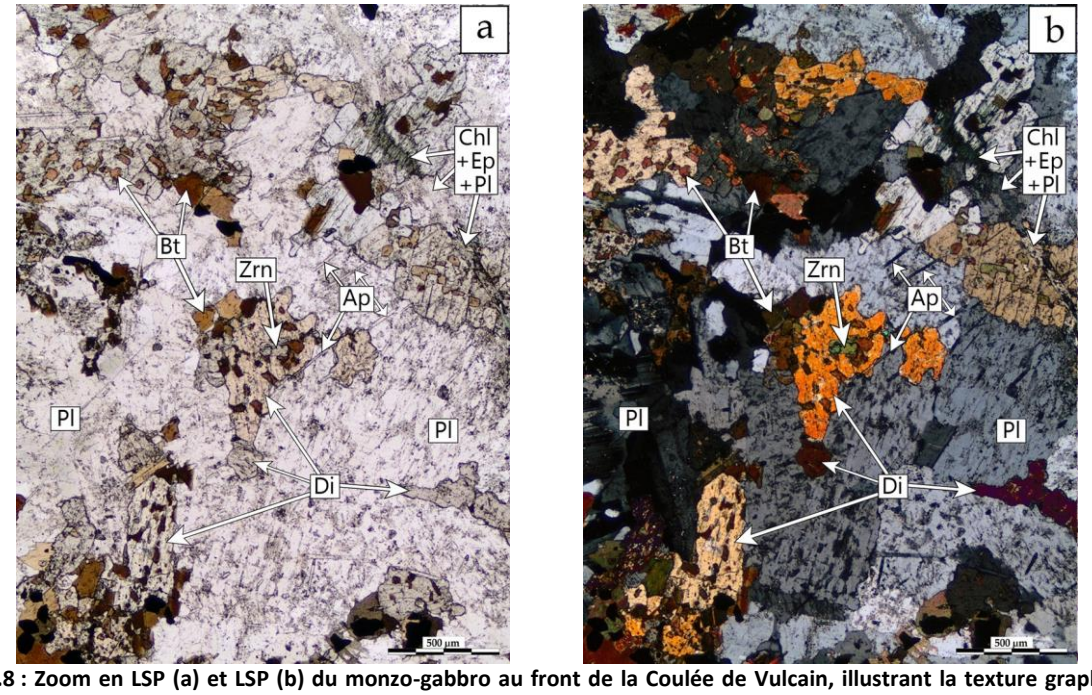


Figure 4.8 : Zoom en LSP (a) et LSP (b) du monzo-gabbro au front de la Coulée de Vulcain, illustrant la texture graphique du clinopyroxène et de la biotite.

Les titanites se trouvent surtout en inclusion dans les biotites tandis que les opaques (des oxydes de Fe-Ti) cristallisent surtout en exsolution à partir des titanites, des clinopyroxènes et des biotites. Mais ils sont également présents en inclusions dans les plagioclases. La majorité de ces oxydes montrent des figures d'exsolution d'ilménite à partir de la magnétite, selon les plans de faiblesse du cristal. Les zircons et certaines titanites se retrouvent en inclusions dans les pyroxènes ainsi qu'en association avec les plagioclases les plus tardifs. Il existe dans cette roche quelques veines d'épaisseur inférieure au millimètre. Elles se sont certainement mises en place dans les derniers stades de la cristallisation du monzo-gabbro à biotite. Ces veines sont de véritables drains qui se suivent dans la roche sans montrer de figures de fracturation en environnement cassant ce qui tend à démontrer que la roche n'était pas entièrement solidifiée lors de leur formation. Ce passage de liquides/fluides tardifs a conduit à la cristallisation de plagioclases ± épidotes ± titanites ± zircons et à la déstabilisation des phases déjà cristallisées comme la chloritisation des biotites. L'épidote cristallise notamment lors de cet épisode tardif et accompagne la séricitisation des feldspaths. Toutes ces observations permettent de représenter la séquence de cristallisation de ce monzo-gabbro dans le Tableau 4-2 suivant:

Minéraux	*Séquence de cristallisation*
Diopside	
Plagioclases	
Biotite	
Oxydes Fe-Ti	
Apatite	
Zircon	
Epidote	
Titanite	
Chlorite	

Tableau 4-2 : Séquence de cristallisation du monzo-gabbro à biotite formant l'intrusion mafique (±intermédiaire) la plus au nord au front de la Coulée de Vulcain.

L'intrusion la plus au sud de l'ensemble intrusif intermédiaire au front de la Coulée de Vulcain est une monzo-diorite à texture microgrenue Figure 4.9. Cette roche a une taille de grains inférieure à celle du monzo-gabbro précédent (Figure 4.7 et Figure 4.9) et montre une altération plus avancée.

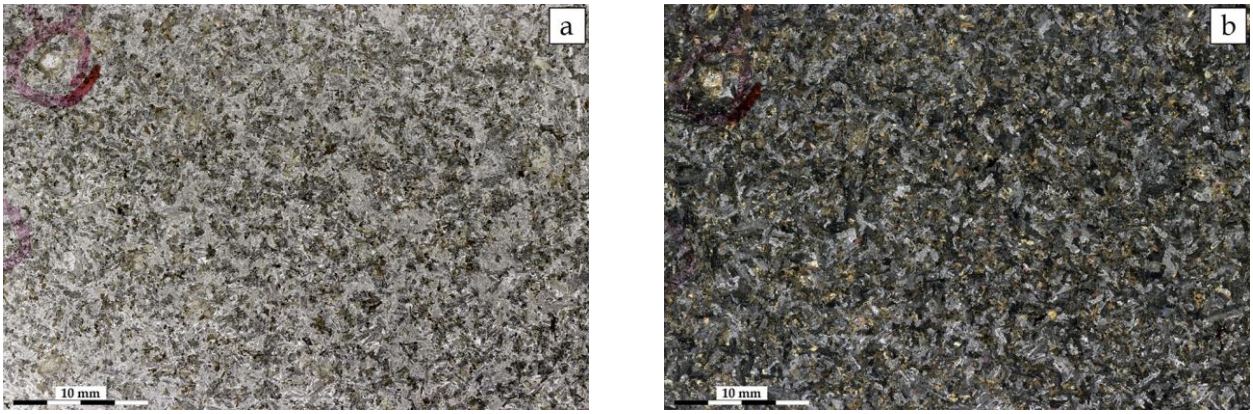


Figure 4.9 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de la monzo-diorite à biotite formant l'intrusion la plus au sud au front de la coulée de Vulcain (13TK43).

Les minéraux les plus précoces sont des clinopyroxènes calciques de la série du diopside qui cristallisent de façon synchrone avec la biotite tout comme dans le monzo-gabbro précédent. Cependant, la biotite semble avoir cristallisé sur une plus longue période que les pyroxènes. Ces pyroxènes sont toujours partiellement transformés en amphiboles (Figure 4.10). Ces amphiboles, pléochroïques incolores à vertes en LSP font partie du groupe pétrographique de la hornblende et sont donc postérieures à la cristallisation des pyroxènes et à celle d'au moins une partie des biotites.

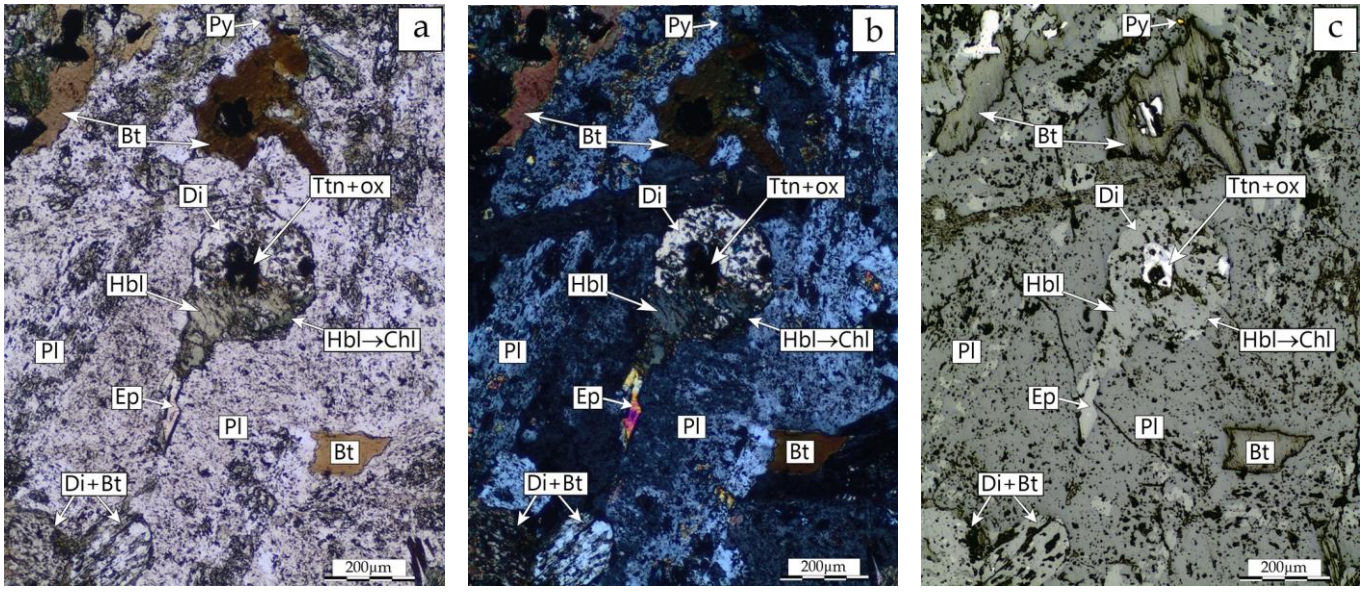


Figure 4.10 : Zoom en LSP (a), LPA (b) et LR (c) illustrant le remplacement partiel du clinopyroxène par l'amphibole dans la monzo-diorite au front de la Coulée de Vulcain (13TK43).

Certains amas de minéraux forment des structures remarquables dans cette roche (Figure 4.11). Ils correspondent à des figures de remplacement d'un minéral ayant cristallisé précocement et dont il ne reste que le fantôme. Ces structures sont constituées en leur centre de petits cristaux d'amphiboles et de feldspaths dont la taille ne permet pas une identification claire. Cependant, les couleurs jaunâtres à verte claires des amphiboles en LSP pourraient notamment indiquer des compositions actinolitiques. Cet assemblage central est couronné par des cristaux plus grands de biotite qui sont donc légèrement postérieurs.

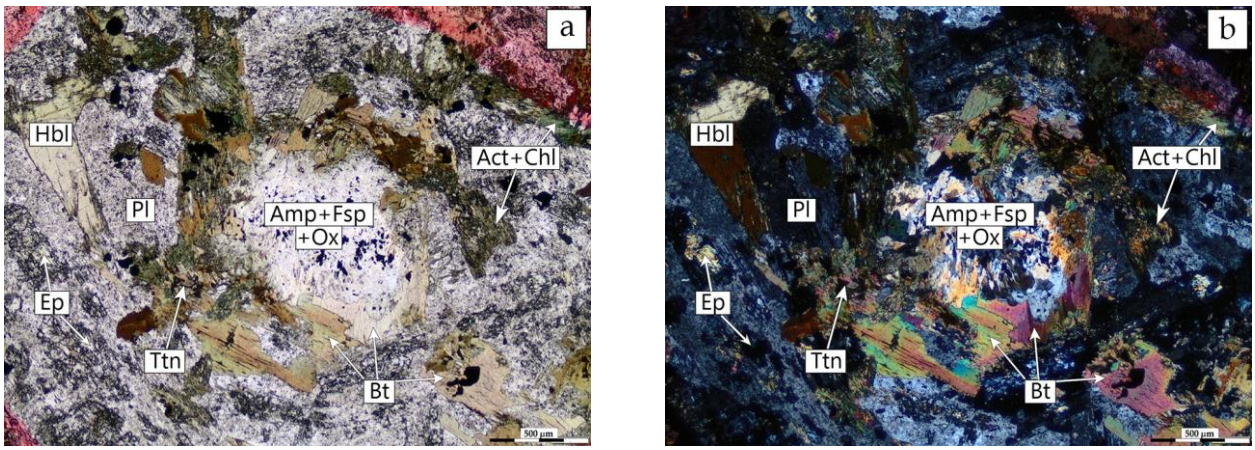


Figure 4.11 : Photographies en LSP (a) et LPA (b) d'un fantôme de minéral précoce remplacé par un agrégat de différents minéraux formant une texture coronitique.

Ces structures sont inclues dans une matrice de plagioclases qui forment les zones les plus claires de cette roche. Certains de ces plagioclases sont inclus dans les biotites ce qui plaide pour une cristallisation antérieure voire synchrone à celle des biotites. Les apatites s'observent en inclusions dans les minéraux précédemment cités et sont donc l'une des premières phases à avoir cristallisé. Les opaques sont des oxydes de Fe-Ti qui sont également présents en inclusion dans tous les minéraux de cette roche bien que le plus souvent associés à la biotite. Ils se trouvent aussi sous forme d'exsolutions à partir de la titanite. Le zircon se trouve en inclusion dans les plagioclases de la matrice et avec les dernières amphiboles qui cristallisent. Les titanites se trouvent en inclusion dans les pyroxènes, les amphiboles et les biotites ; et semblent en partie issues de leur déstabilisation. Elles apparaissent également en interstices des plagioclases et accompagnent les phases tardives responsables de l'ultime altération des minéraux primaires. Ces phases d'altération sont les chlorites, les actinolites et les épidotes qui déstabilisent les amphiboles, les plagioclases et les biotites. Les épidotes qui s'observent également en pseudomorphose des cœurs de plagioclases laissent penser qu'elles témoignent d'un métamorphisme subit par cette roche causé par son réchauffement. Cette dernière phase de cristallisation est également associée à la séricitisation des plagioclases et la présence de calcite. Toutes ces observations permettent de représenter la séquence de cristallisation de cette monzo-diorite dans le Tableau 4.3 suivant :

Minéraux	*Séquence de cristallisation*
M1	
Diopside	
Feldspaths-1	
Biotite	
Hbl amp	
Plagioclase	
Oxydes Fe-Ti	
Apatite	
Zircon	
Titanite	
Actinolite	
Epidote	
Chlorite	
Calcite	
Pyrite	

Tableau 4-3 : Séquence de cristallisation de la monzo-diorite intrusive la plus au sud de l'ensemble intermédiaire/syénites au front de la Coulée de Vulcain. M1 : minéral précoce inconnu (probablement olivine) et feldspaths non identifiés.

4.1.1.4 Roches intermédiaires de l'intrusion de la Plage jaune

Les monzonites sont très peu représentées dans l'ensemble des roches plutoniques de la péninsule de Rallier-du-Baty. En effet, l'unique occurrence de ce type roches intermédiaires se situe au niveau de l'extrême sud de la Plage Jaune. Elle constitue la première intrusion plutonique dans cette partie de la péninsule (voir Chapitre 2 et 3) et forme un complexe « satellite » dissocié du SRBIC. Cette roche intermédiaire transporte de nombreuses enclaves grenues plus mafiques, essentiellement basaltiques et gabbroïques qui n'ont pas été étudiées dans cette thèse.

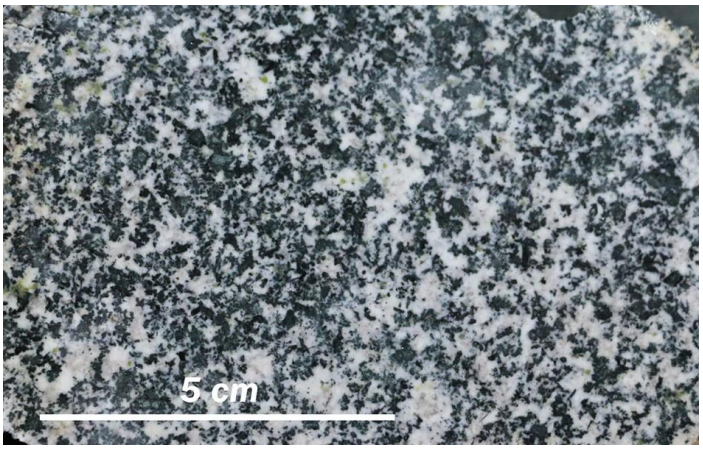


Figure 4.12 : Echantillon scié (13TK47) de la monzonite de la Plage Jaune.

Cette roche se situe pétrographiquement entre une monzo-diorite et une monzonite. Elle présente une texture microgrenue voire légèrement porphyrique (Figure 4.12). Hormis un échantillon à texture légèrement porphyrique, tous les minéraux de cette monzo-diorite sont de taille relativement similaire ce qui lui confère une texture équante (ou équigranulaire). Elle est essentiellement composée de feldspaths (plagioclases et perthites) et d'amphiboles.

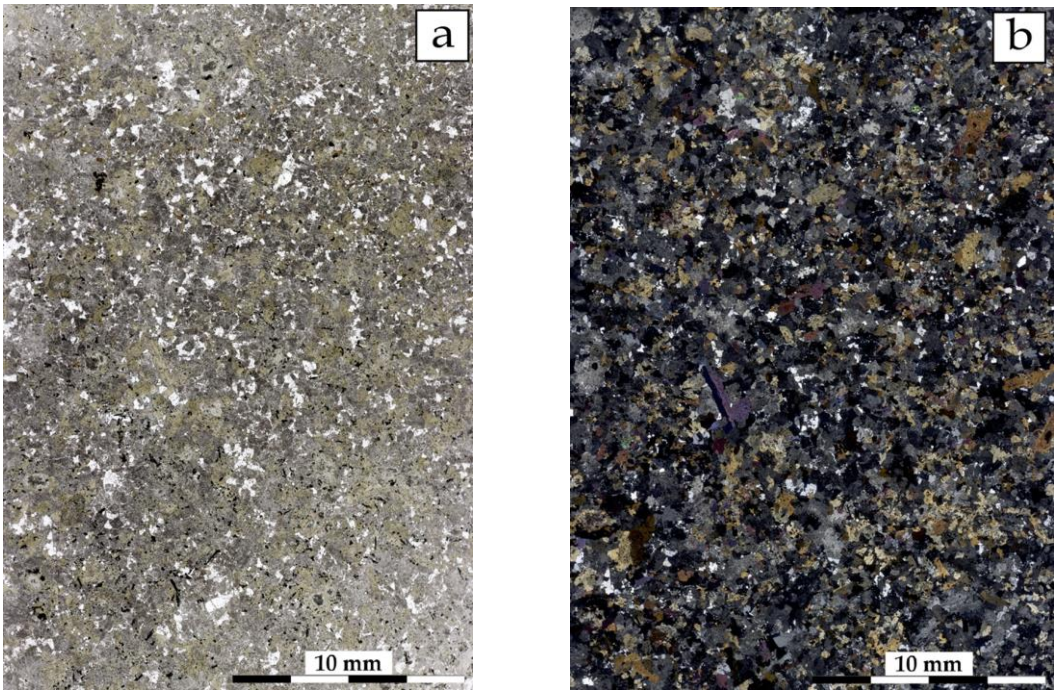


Figure 4.13 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de monzonite du complexe de la Plage Jaune (13TK47).

Les plagioclases les plus gris de la Figure 4.13(a) sont perthitiques. Quelques amphiboles incluent certains de ces feldspaths perthitiques attestant d'une cristallisation synchrone entre ces deux phases. Ces

amphiboles sont calciques et appartiennent au groupe des hornblendes. Caractérisées par leur clivage net à 120°, elles sont pléochroïques dans les teintes vertes à vertes légèrement brunes en LSP. Certaines de ces amphiboles incluent également en leur sein un reliquat qu'il est impossible de caractériser, mais qui atteste certainement de la présence d'un minéral plus précoce au dépends duquel elles se sont développées (tout du moins pour une partie d'entre elles). Les amphiboles présentent elles-mêmes de façon systématique des zones d'altération qui se retrouvent majoritairement en bordure mais également dans les plans de faiblesses des cristaux. Lorsque certaines de ces amphiboles ont subi une transformation avancée, leur structure devient fibreuse. Cette altération conduit donc à la transformation de ces amphiboles de type hornblende en actinolite (± épidote ± biotite). D'autres cristaux d'hornblendes sont regroupés en agrégat plus ou moins circulaires dont le centre est composé de petits minéraux d'actinolite ± épidote ± hornblende ± chlorite ± calcite (Figure 4.14). Ces zones sont clairement indicatrices de la présence d'un minéral précoce qui a subi une transformation complète et une recristallisation en plusieurs minéraux plus petits.

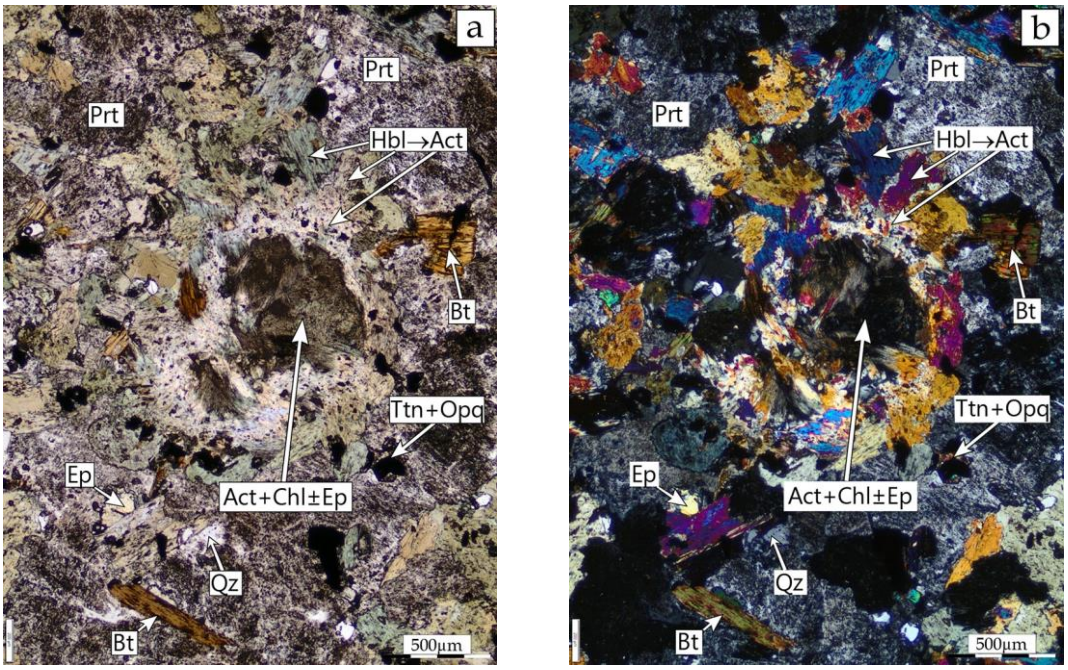


Figure 4.14 : Photographie en LSP (a) et LPA (b) d'un exemple de structure concentrique formée de l'assemblage successif de plusieurs minéraux et indicatrice de la transformation complète d'un minéral précoce dans la monzonite de la Plage Jaune (13TK47).

Le parallèle avec la transformation des hornblendes en actinolite laisse penser que la formation du cœur de ces amas se fait après la formation de la couronne d'hornblende autour du minéral primaire. De par la nature même de cette roche, on peut supposer que ces minéraux primaires aient été des olivines ou bien des pyroxènes. Le quartz est l'autre minéral qui apparait en quantité importante dans cette roche. Cette phase minérale est tardive dans l'histoire de cristallisation de cette monzonite(≈diorite) car elle remplit les espaces entre les minéraux déjà formés. Cependant, certains de ces quartz sont également synchrones avec la cristallisation des perthites avec lesquels ils ont une texture graphique.

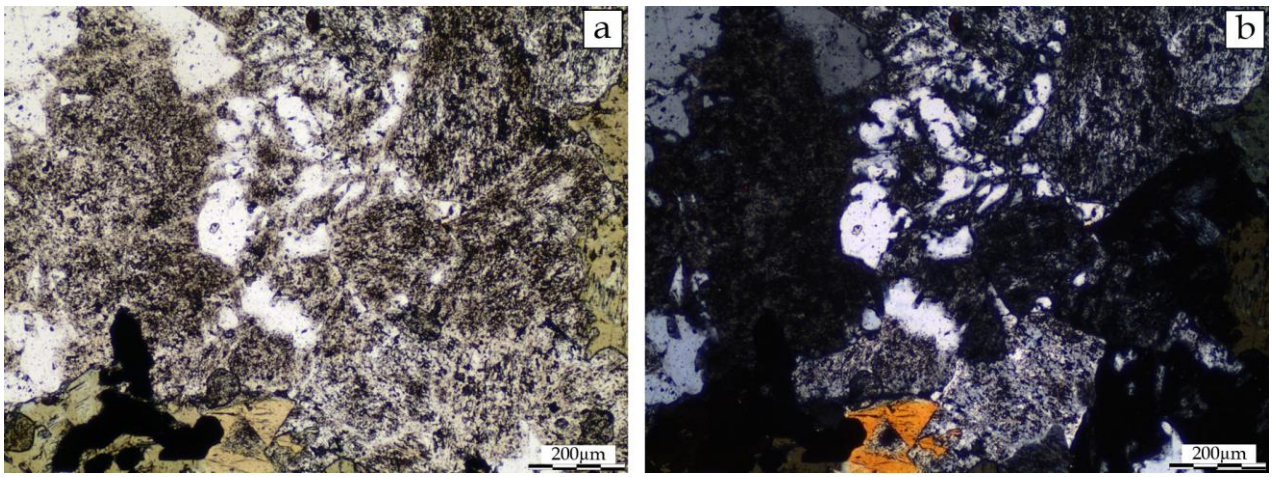


Figure 4.15 : Texture graphique du quartz avec les feldspaths perthitiques dans la monzonite de la Plage Jaune (13TK47).

En effet, il est fréquent d'observer des perthites qui incluent des portions d'un même minéral de quartz comme illustré dans la Figure 4.15. Dans le cas des grands minéraux perthitiques, cette texture graphique s'observe aux bordures et atteste de l'apparition relativement tardive du quartz. Parmi les minéraux accessoires, se trouvent la biotite, la titanite, des oxydes de Fe-Ti, l'épidote et le zircon. Les titanites sont des minéraux qui apparaissent en association avec les actinolites. Les opaques sont majoritairement des oxydes de Ti (type ilménite) reconnaissables à leur teintes rosâtres en lumière réfléchie (LR) et se trouvent exclusivement en exsolution dans les titanites. Les zircons se retrouvent surtout en association avec le quartz, mais parfois en inclusion dans les perthites. Les nombreuses microstructures et textures observables dans cette roche montrent que la plupart des minéraux semblent cristalliser de façon synchrone, comme l'illustre la séquence de cristallisation de cette monzonite(≈diorite) dans le Tableau 4-4 suivant :

Minéraux	*Séquence de cristallisation*
M1	
Hbl Amp	
Plagioclase	
Perthite	
Biotite	
Epidote	
Quartz	
Actinolite	
Titanite	
Oxydes Fe-Ti	
Chlorite	
Calcite	
Apatite	
Zircon	

Tableau 4-4 : Séquence de cristallisation de l'intrusion de monzonite du complexe satellite au sud de la Plage jaune. M1 : minéral précoce (pyroxène / olivine ?).

4.1.2 Roches plutoniques felsiques

La pétrographie des roches plutoniques felsiques de la péninsule de Rallier du Baty est complexe. Cette complexité ne provient pas d'un large éventail de roches de compositions variées mais plutôt des faibles différences qui existent entre elles. En effet, hormis des différences notables de textures magmatiques (voir chapitre 2), les observations pétrographiques sur le terrain ne mettent en évidence que de faibles différences de couleur des roches et de faibles variations de composition modale avec une minéralogie qui semble peu varier macroscopiquement. C'est pourquoi, il est difficile d'estimer sur le terrain l'importance de ces faibles variations à l'échelle du complexe plutonique. La minéralogie de toutes les roches plutoniques felsiques s'organise autour de quatre phases minérales principales : le quartz, les feldspaths perthitiques, les amphiboles et les pyroxènes.

Ces minéraux communs à toutes les roches et notamment la présence de quartz et de feldspaths perthitiques en grande proportion permet de les définir pétrographiquement au premier ordre comme syénites appartenant à une série sursaturée en silice en accord avec les études antérieures (Marot and Zimine, 1976; Giret, 1983). C'est pourquoi, j'emploierai le terme de roches syénitiques sensu lato (ou de syénites sensu lato) pour l'ensemble des roches felsiques. Bien que des variations texturales et modales soient observables à différentes échelles, de par leur nature, ces roches sont donc très proches du point de vue pétrographique. C'est pourquoi, plutôt que d'en faire une description précise centrée sur toutes les faibles nuances observées, j'ai choisi de définir des grands ensembles pétrographiques basés sur les similitudes observées entre les échantillons qui les constituent. Plus précisément, j'ai établi une nouvelle classification des roches plutoniques du SRBIC bâtie sur les caractéristiques pétrographiques communes aux minéraux silicatés ferromagnésiens que sont les pyroxènes et les amphiboles. Comme démontré dans les sections suivantes ces phases majeures sont d'excellents marqueurs de l'évolution pétrographique des roches plutoniques du SRBIC.

4.1.2.1 Syénites calciques (groupe pétrographique CaS)

La Figure 4.16 compile des photographies de lames minces des roches qui composent le premier groupe pétrographique de syénites. Ces exemples sont non exhaustifs mais représentatifs des principaux types d'échantillons de ce groupe. Echantillonnés au cœur de différentes intrusions plutoniques, il apparait clairement que la texture n'est pas un caractère commun à ces différentes roches. Cette figure illustre en effet la diversité des textures observables allant de roches très grenues à microgrenues et microgrenues porphyriques. Bien que leur texture diffère, toutes ces roches sont pétrographiquement des syénites. Elles se caractérisent toutes par un grand nombre de feldspaths perthitiques formant la majorité du volume de la roche. Ce premier groupe pétrographique est définit par la présence de minéraux ferromagnésiens exclusivement calciques. C'est pourquoi nous qualifierons ce premier ensemble pétrographique de groupe « CaS » (pour « Syénites-Calciques ») dans la suite de cette thèse. Ce terme sera rapporté à l'ensemble des syénites dont les caractéristiques sont exposées ci-dessous.

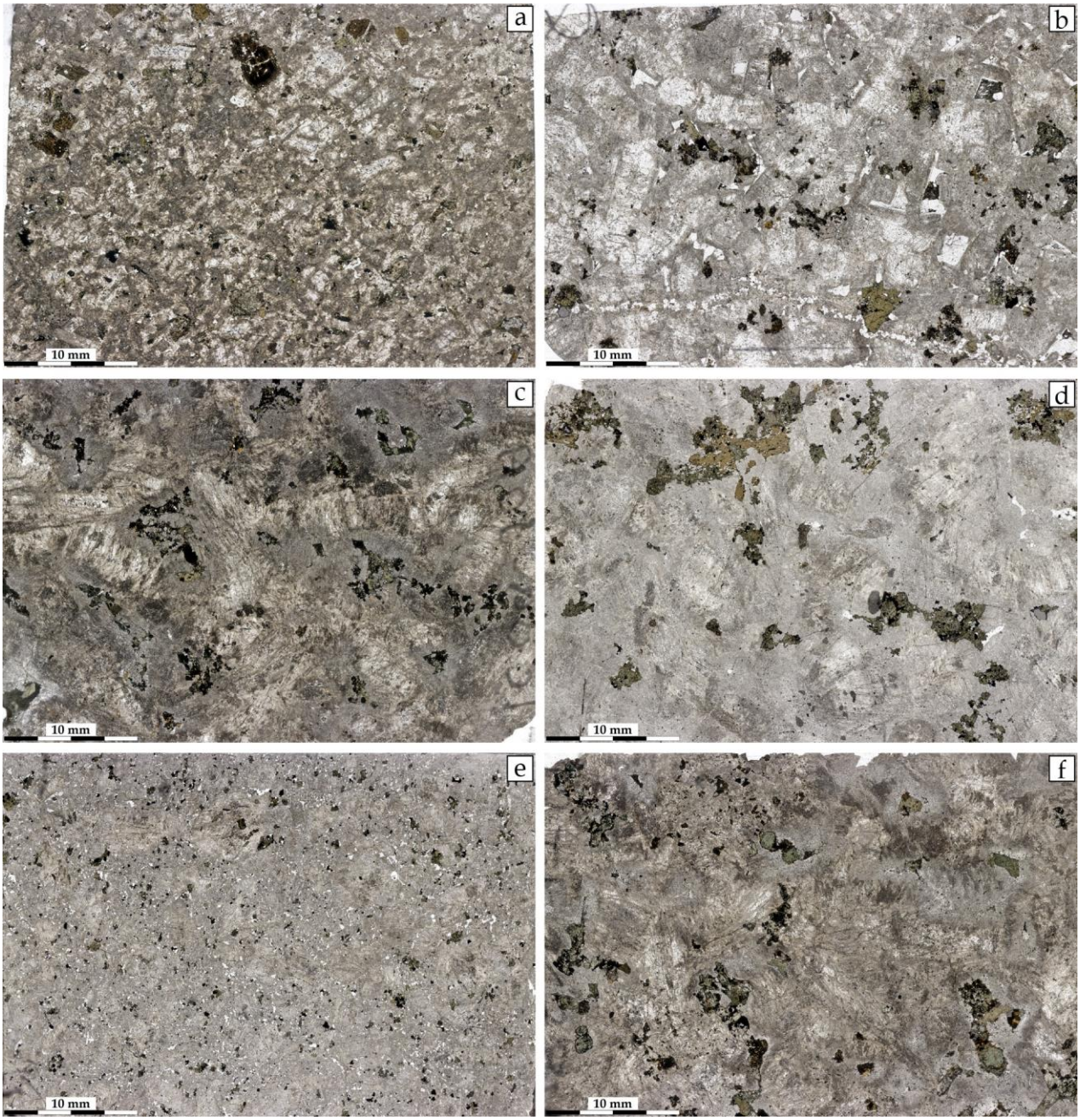


Figure 4.16 : Planche photographique de plusieurs lames minces de syénites appartenant au groupe CaS. (a) échantillon 13TK01A, texture microgrenue porphyrique, (b) échantillon 13TK12, texture grenue, (c) échantillon TC09-10A, texture microgrenue porphyrique, (d) échantillon 13TK42, texture grenue, (e) échantillon 13TK38, texture microgrenue, (f) échantillon 13TK63B, texture microgrenue porphyrique.

Parmi les ferromagnésiens, les pyroxènes, lorsqu'ils sont présents, sont les premiers à cristalliser. Ils se caractérisent par un relief assez fort et un léger pléochroïsme d'incolore à bleu clair ou jaune clair suivant les cristaux. Leurs teintes de polarisation sont du second ordre allant jusqu'à des teintes orange brun. Un des deux plans de clivage est souvent visible dans l'allongement du minéral. L'extinction de ces pyroxènes est oblique par rapport à la trace de ce clivage. Toutes ces caractéristiques sont celles des clinopyroxènes calciques de la série Diopside-Hédenbergite-Augite. Enfin, il n'est pas rare d'observer une macle simple qui associe structuralement deux individus. Certains de ces cristaux montrent des zonations de croissance qui sont typiques de minéraux qui grandissent au sein d'un liquide dont les caractéristiques chimiques évoluent au cours de la cristallisation et qui attestent de la formation précoce de ce minéral. L'identification précise des clinopyroxènes de cette série calcique indique souvent la présence de

plusieurs termes dans un même échantillon sans différences chronologiques relatives à leur cristallisation. De plus, les analyses in-situ de ces pyroxènes montrent des compositions chimiques relativement proches (voir partie 4.2 Minéralogie). C'est pourquoi j'utiliserai seulement le terme de clinopyroxènes calciques pour désigner les diopsides, hédenbergites et augites (sensu stricto) dans la suite de la description pétrographique et « Cpx » dans les figures qui suivent. Les amphiboles se distinguent par leurs couleurs vertes à vert légèrement brun en LSP. Leur pléochroïsme est plus ou moins prononcé en fonction de la section exposée. En LPA, elles polarisent souvent dans les teintes de la fin 1er ordre jusque dans les teintes vives du début du second ordre. Elles ont un relief modéré. Le clivage est souvent marqué, avec des traces d'intersection à ≈120° caractéristiques pour les coupes dans le plan de section basale. Toutes ces caractéristiques sont celles des amphiboles calciques appartenant au groupe des hornblendes. Cette famille d'amphiboles regroupe différentes compositions idéales formant les pôles de plusieurs solutions solides qui incluent les séries Magnesiohornblende-Ferro-hornblende, Tschermakite-Ferrotschermakite, Edenite-Ferroedenite, Pargasite-Ferropargasite et Magnesiohastingsite-Hastingsite (Deer et al., 1992; Roubault, 1963). Il est difficile de distinguer les amphiboles de ces différentes séries pétrographiquement. C'est pourquoi je regroupe également ces amphiboles sous le terme d'hornblendes dans la suite de cette étude pétrographique. Au delà de l'occurrence de ces amphiboles calciques souvent associées à des clinopyroxènes également calciques, la place occupée par ces minéraux ferro-magnésiens dans l'histoire de cristallisation est toujours la même quel que soit l'échantillon considéré de ce groupe CaS. En effet, les relations texturales entres ces deux phases mais aussi celles avec les autres espèces minérales constituant ces échantillons sont toujours identiques, attestant d'une séquence paragénétique commune. Malgré des variations modales, l'apparition de phases minérales ferro-magnésiennes calciques ainsi que les propriétés texturales de ces dernières sont donc des caractères communs à toutes les syénites de ce groupe CaS.

Le pyroxène est le premier de ces minéraux ferromagnésiens à cristalliser dans ces roches. Il est toujours en position d'inclusions dans l'ensemble des autres phases et notamment dans les feldspaths perthitiques. La Figure 4.17 compile les principales textures des clinopyroxènes dans le groupe CaS. Le clinopyroxène le plus sain est illustré en Figure 4.17(a). Son habitus diffère en fonction de la taille du minéral allant de formes xénomorphes et plutôt circulaires pour les petit cristaux à des formes automorphes pour les minéraux de plus grande taille. Il est souvent assez fracturé quelle que soit sa taille attestant de son caractère précoce. Ces fractures sont généralement comblées par de la biotite. La texture la moins « saine » du clinopyroxène est illustrée en Figure 4.17(b). Cette dernière résulte de la déstabilisation et du remplacement partiel du Cpx par une amphibole par pseudomorphose. Entre ces deux exemples extrêmes (Figure 4.17a et b), il existe toute une diversité de figures d'interaction entre le clinopyroxène et l'amphibole qui sont illustrées de la Figure 4.17(c), avec une intensité croissante de cette interaction jusqu'à la Figure 4.17(f). La Figure 4.17(c) représente un clinopyroxène relativement « sain » bien que fracturé à postériori qui ne présente pas d'évidence d'interaction avec l'amphibole mais qui a cristallisé en même temps qu'un cristal de biotite. Les différentes parties de cet unique cristal de biotite apparaissent dispersées dans le clinopyroxènes et les perthites environnantes. Ces deux minéraux se sont donc formés au moins en même temps que les perthites, voire légèrement avant ces dernières. La Figure 4.17(d) montre des cristaux de clinopyroxènes isolés dans le coin supérieur gauche et d'autres en inclusions dans un cristal d'amphibole au niveau la partie droite. Il apparait clairement que la croissance de l'amphibole est ici postérieure à la cristallisation des clinopyroxènes. Cependant, leur interaction semble faible, car aucun signe de déstabilisation ne s'observe dans les pyroxènes. La Figure 4.17(e) montre un cristal de clinopyroxène complètement auréolé de cristaux d'amphibole. L'amphibole déstabilise légèrement le pyroxène en bordure et provoque un changement de sa composition. Ce

changement s'observe par une variation de coloration et de teinte de polarisation au niveau des bordures du pyroxène. Enfin, la Figure 4.17(f) montre plusieurs pyroxènes antérieurs aux cristaux d'amphibole qui les incluent et qui clairement déstabilisent et remplacent ces pyroxènes. Ce remplacement se fait aussi bien en bordure qu'à l'intérieur des cristaux via des fractures préexistantes. Cette pseudomorphose aboutie donc aux textures de la Figure 4.17(b) où l'interaction entre ces deux minéraux ferro-magnésiens mènent aussi à un changement net de composition du pyroxène révélé par l'évolution des teintes de polarisation. Quelles que soient leur habitus, les clinopyroxènes peuvent contenir des inclusions qui sont des apatites et des oxydes Fe-Ti.

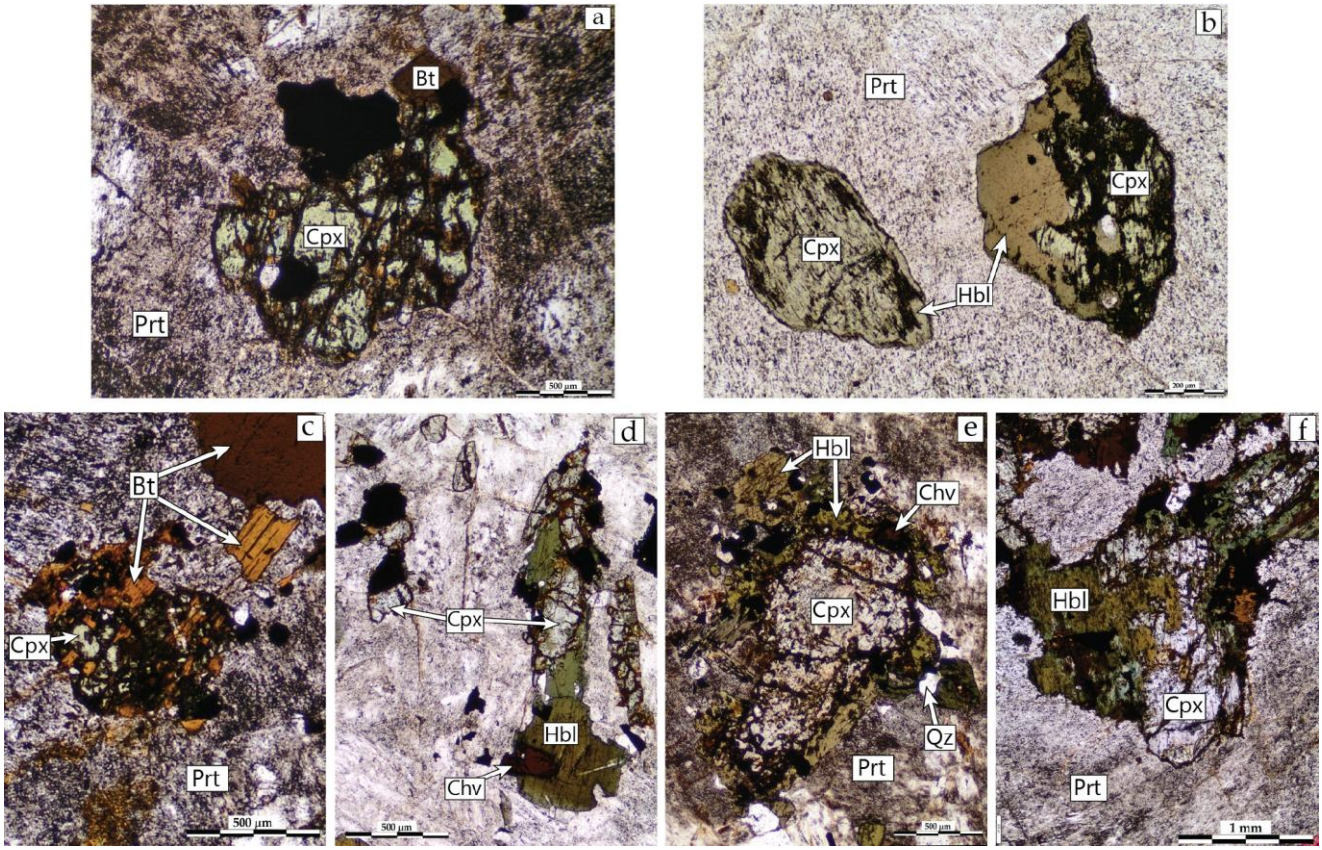


Figure 4.17 : Photographies au microscope optique des habitus typiques des clinopyroxènes au sein des syénites du groupe CaS. Facies extrême : (a) Clinopyroxène simplement fracturé, (b) Clinopyroxènes en cours de pseudomorphose avancée. Facies intermédiaire : (c) Clinopyroxène et biotite co-formés. (d) Clinopyroxène en inclusion dans l'amphibole. (e) Clinopyroxène auréolé d'amphibole. (f) Clinopyroxènes en cours de déstabilisation.

Les amphiboles sont donc au moins postérieures voire légèrement synchrones aux clinopyroxènes. Cependant ces derniers ne sont pas toujours présents parmi tous les échantillons étudiés tandis que l'amphibole est omniprésente. Tout comme le pyroxène, elle présente plusieurs habitus de cristallisation, caractéristique au sein des syénites du groupe CaS. Comme le montrent ses textures (Figure 4.18 et Figure 4.19); elles se forment à plusieurs moments dans l'histoire de ces syénites. Certaines d'entre elles cristallisent avant la formation des perthites qui les incluent, comme c'est le cas dans la Figure 4.17. Mais la majorité d'entre elles montrent des textures de croissance contraintes par les perthites environnantes comme c'est le cas dans la Figure 4.18(a). Les amphiboles représentées sur cette figure montrent plusieurs lobes de croissance attestant du développement synchrone des feldspaths et de l'amphibole. De plus, une de ces amphiboles en particulier montre une bordure qui englobe clairement le feldspath (Figure 4.18, a –flèche noire). Certaines amphiboles se forment aussi clairement après la cristallisation des feldspaths perthitiques souvent en association avec le quartz. C'est le cas de la Figure 4.18(b) où les

extrémités d'un cristal d'amphibole grandissent et épousent la forme des quartz environnant. Ces deux minéraux comblent tardivement les interstices laissés par la formation des feldspaths perthitiques.

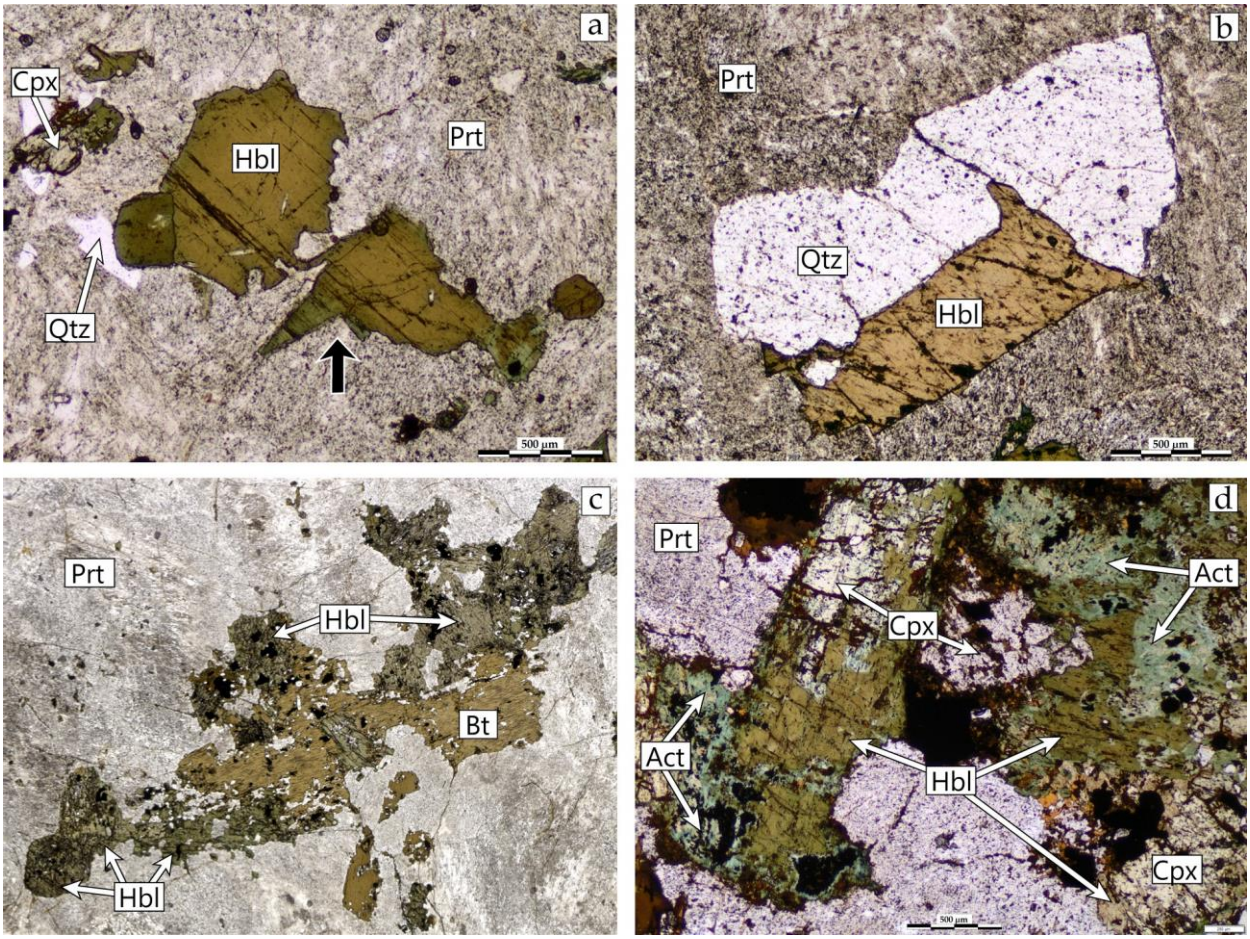


Figure 4.18 : Photographies en LSP des habitus typiques de l'amphibole observés dans les syénites du groupe CaS. (a) Amphibole synchrone avec les perthites, (b) Amphibole relativement tardive synchrone avec le quartz, (c) Amphibole synchrones avec la biotite et les feldspaths, (d) Amphiboles en remplacement du clinopyroxène et partiellement transformée en actinolite.

La Figure 4.18(c) illustre également le caractère étendu dans le temps de la cristallisation des amphiboles. Sur cette photographie, certaines amphiboles sont clairement inclues dans les perthites, tandis que d'autres montrent une texture graphique avec les feldspaths. C'est également le cas de la biotite dans cet échantillon.

Une autre particularité qui caractérise les amphiboles du groupe CaS est illustrée par la photographie (d) de la Figure 4.18. La plupart des amphiboles montrent en effet des textures de déstabilisation et de remplacement par un autre minéral. Ceci s'observe notamment par des franges de déstabilisation au niveau desquelles les teintes de coloration et de polarisation des amphiboles révèlent un changement de composition. Ces dernières peuvent également subir une transformation plus avancée visible sur la Figure 4.19. A l'extrême, l'amphibole est complètement remplacée par un ou plusieurs cristaux d'une amphibole tardive de composition différente. Dans ce cas, la structure même de l'amphibole primaire est remplacée puisque les nouvelles amphiboles ont un aspect fibreux. Ce nouveau minéral présente également un pléochroïsme net, d'incolore à vert bleu ou vert jaune suivant les cristaux. Il polarise dans les teintes de la fin du 1er ordre et le début du second. Ces caractéristiques sont celles d'autres amphiboles calciques qui font partie de la série actinolite-trémolite. Les amphiboles calciques primaires de type hornblendes sont

donc déstabilisées et remplacées par d'autres amphiboles calciques. Ces dernières (qui s'apparentent au pôle actinolite, voir partie 4.2.2 Minéralogie) sont donc tardives dans l'histoire de cristallisation des syénites. Les seuls exemples où ces amphiboles plus tardives se forment sans entrainer la déstabilisation d'un minéral préexistant correspondent à leur cristallisation dans les interstices laissés par les minéraux déjà cristallisés. Ces exemples texturaux de l'apparition d'une amphibole tardive sont illustrés en Figure 4.19(de a à c).

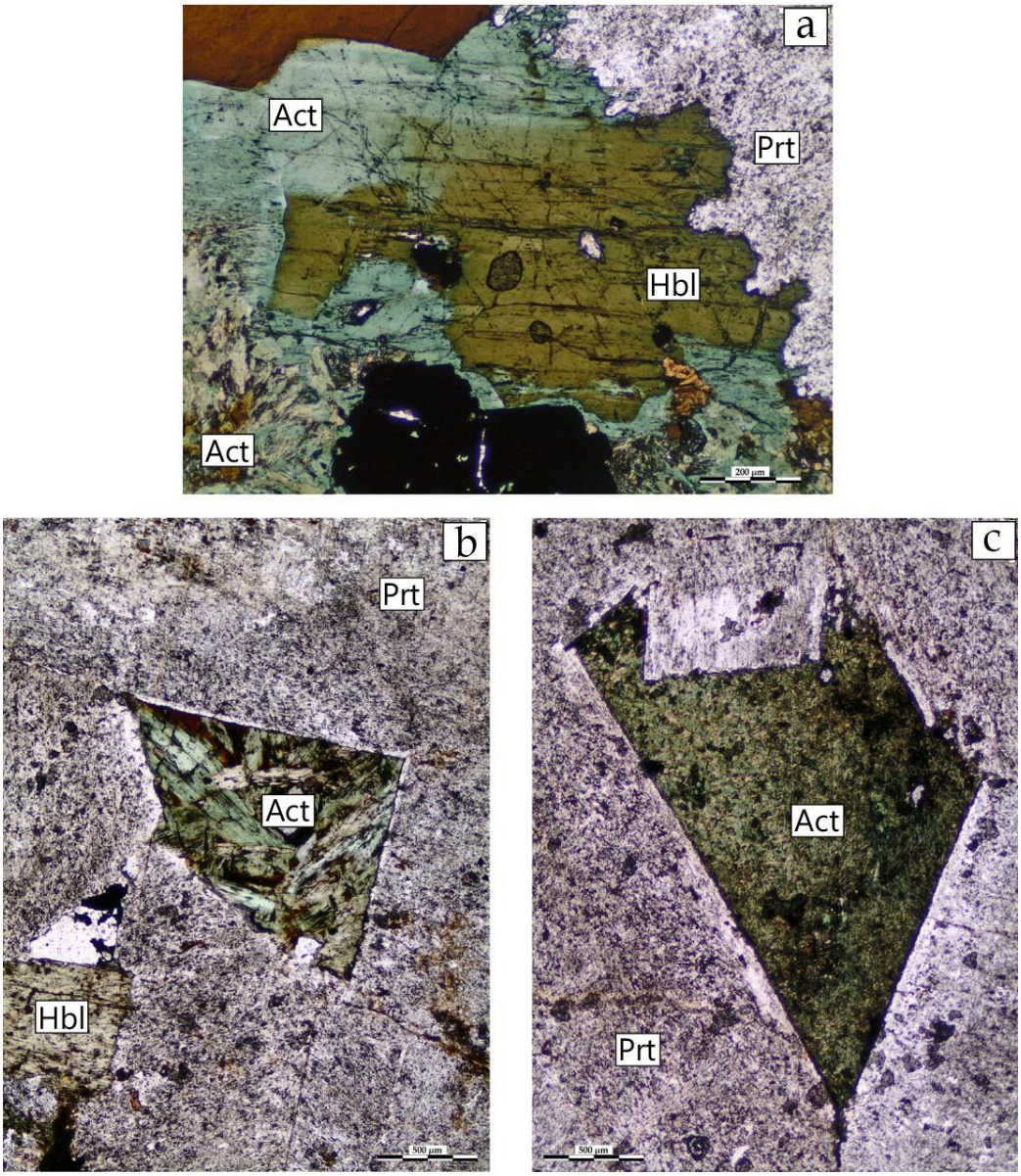


Figure 4.19 Photographie d'amphiboles de la série Actinolite-Trémolite dans les syénites du groupe CaS cristallisant (a) à partir de la déstabilisation des hornblendes (b, c) dans les derniers interstices laissés par les gros cristaux de feldspaths perthitiques.

Certaines structures particulières impliquant également l'actinolite s'observent de façon hétérogène dans les échantillons du groupe CaS. Les exemples et textures caractéristiques de ces microstructures sont illustrés dans la Figure 4.20. Ces structures se composent d'une association de petits minéraux cristaux d'actinolites et d'oxydes de Fe-Ti en leur centre (±feldspaths). Cet assemblage central est auréolé d'une couronne de biotite plus ou moins épaisse (Figure 4.20a). De par l'apparition tardive de l'actinolite dans les syénites, la forme sub-automorphe de ces agrégats minérals, leur taille variable et leur texture de type coronitique, ces structures sont interprétées comme des figures de remplacement d'un minéral préexistant (Figure 4.20a, b).

La Figure 4.20(c et d) montrent que les clinopyroxènes calciques ne semblent pas du tout affectés par la réaction qui a entrainé la formation de ces structures. Il est donc clair que ces structures ne sont pas issues de la déstabilisation du clinopyroxène mais d'un autre minéral précoce. Dans ces agrégats, les oxydes se concentrent dans les amphiboles. Leurs habitus xénomorphes ainsi que leur petite taille indiquent qu'ils proviennent majoritairement soit (i) du minéral précoce remplacé, soit (ii) des amphiboles (±biotite). Dans les deux cas, ils représentent une phase vraisemblablement exsolvée. Lorsque ce phénomène est important, les oxydes ne laissent qu'une fine frange d'actinolite en bordure et en contact avec la couronne de biotite (Figure 4.20, d). Ces structures sont très semblables à celles déjà observées dans la monzo-diorite au front de la coulée de Vulcain (Figure 4.11) et dans la monzonite/diorite de la Plage Jaune (Figure 4.14).

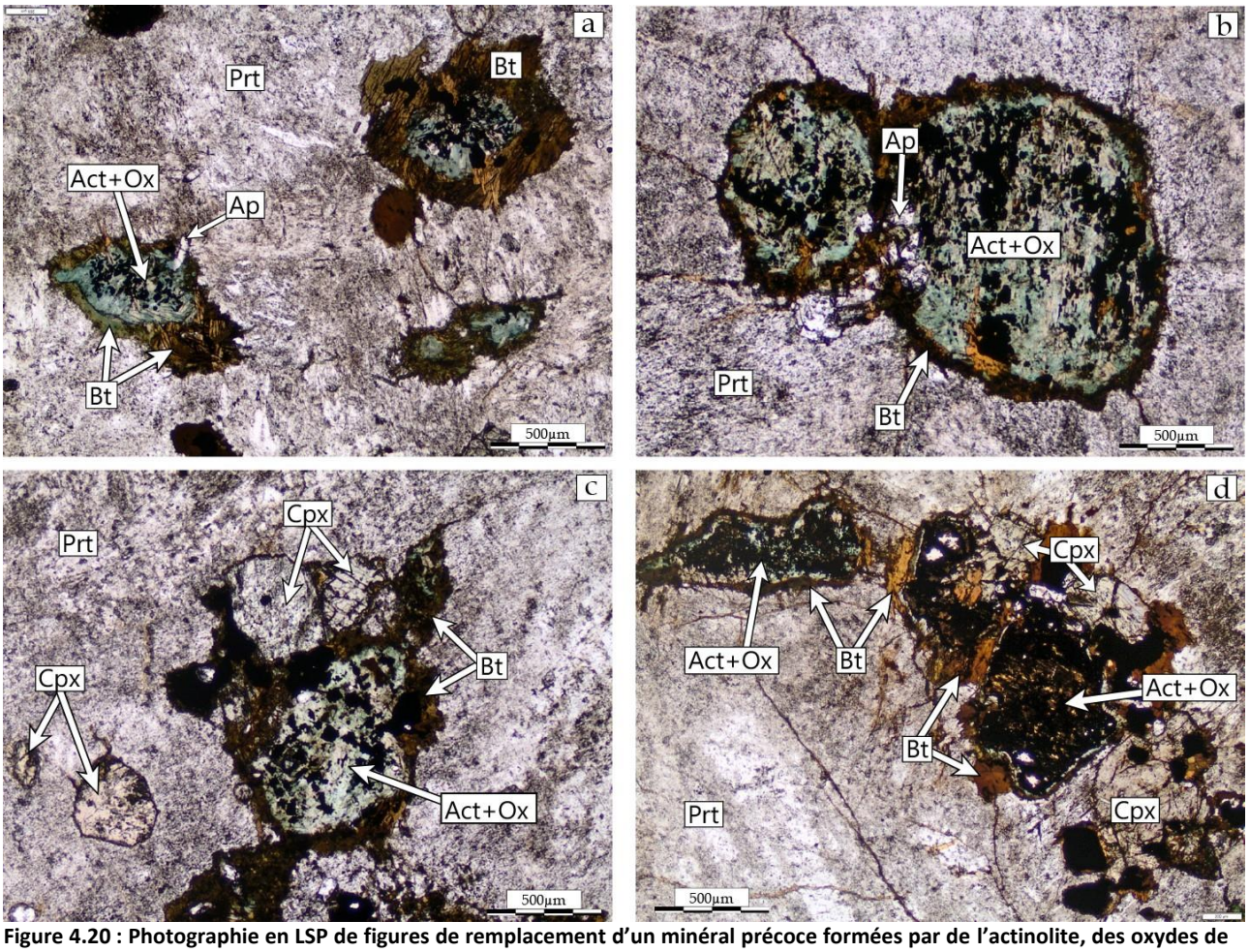


Figure 4.20 : Photographie en LSP de figures de remplacement d'un minéral précoce formées par de l'actinolite, des oxydes de Fe-Ti et une couronne de biotite. (a, b) Figures typiques au sein des perthites, (c) Relation avec le clinopyroxène, (d) Remplacement avancé formé au centre d'une majorité d'oxydes de Fe-Ti, auréolé d'une frange d'actinolite et surmonté d'une couronne de biotite.

Hormis les minéraux majeurs de ce groupe CaS que sont les clinopyroxènes calciques, les amphiboles calciques, le quartz, la biotite, les feldspaths perthitiques et les oxydes de Fe-Ti ; il existe d'autres minéraux accessoires en proportion variable selon les échantillons. Parmi ces minéraux accessoires, les apatites sont les plus abondantes. Elles s'observent en inclusion dans tous les autres minéraux et semblent donc se former tout au long de l'histoire de cristallisation des syénites. Les titanites sont aussi des minéraux accessoires et cristallisent souvent en association avec les amphiboles calciques de type hornblendes. Elles peuvent aussi se retrouver en fin de cristallisation avec le quartz et les actinolites. Les zircons sont relativement abondants et se retrouvent majoritairement en inclusion dans les amphiboles de première génération. Ils sont aussi souvent en inclusion dans les feldspaths perthitiques et plus

rarement présents en fin de séquence de cristallisation avec le quartz. Contenus dans les feldspaths mais le plus souvent associés aux amphiboles de type hornblende, des minéraux du groupe de la chevkinite s'observent également de façon plus ou moins abondante en fonction des échantillons. Ce sont des espèces minérales rares porteuses d'élément traces (notamment La et Ce) et HFSE (notamment Th) caractéristiques des systèmes magmatiques alcalins. Elles sont relativement bien représentées au sein de l'ensemble CaS. Finalement, quelques rares calcites tardives ont pu être observées en interstices ou dans des veines tardives associées avec le quartz. En résumé, le groupe pétrographique CaS regroupe un ensemble de roches de textures variées et caractérisées par l'omniprésence de minéraux ferromagnésiens calciques (pyroxènes et amphiboles en proportion relative variable). Ces minéraux, exclusivement calciques, s'observent tout au long de la séquence paragénétique des échantillons qui composent ce groupe. Ces phases minérales ont des habitus et des relations similaires au travers de tous les échantillons, attestant de caractères pétrographiques communs. En plus de ces phases majeures, les autres minéraux majeurs et accessoires s'observent de façon identique au sein des syénites qui composent ce groupe. C'est pourquoi, une séquence paragénétique commune peut être établie pour toutes les roches du groupe CaS (Tableau 4-5 suivant) :

Minéraux	***Séquence de cristallisation***
M1	
Clinopyroxènes	
Hornblendes	
Perthites	
Biotites	
Quartz	
Actinolites	
Apatites	
Oxydes Fe-Ti	
Zircons	
Titanites	
Chevkinites	

Tableau 4-5 : Séquence de cristallisation correspondant au groupe CaS. M1 : minéral précoce inconnu (olivine ?). Les minéraux en gras sont toujours présents quel que soit l'échantillon considéré.

Finalement, bien que la texture de ces roches soit différente, et que les proportions minérales soient variables d'un échantillon à l'autre, cette unique séquence de cristallisation permet de définir un premier ensemble pétrographique cohérent. Le terme « calcique » est relié à la composition des amphiboles et pyroxènes mais est également appuyé par la présence de phase telle que l'apatite (accessoire mais abondante) et la titanite, voire la calcite tardive.

4.1.2.2 Syénites sodiques (groupe pétrographique NaS)

Un deuxième ensemble a pu être défini sur des similitudes pétrographiques entres les différentes roches qui le composent. A l'instar du groupe précédent, la texture de ces roches est un paramètre variable. Comme le montre la Figure 4.21, ces roches ont en effet des textures qui vont de microgrenues à fortement grenues voire pegmatitiques. Ces roches sont toujours des syénites composées de phases minérales majeures que sont le quartz, les feldspaths, les pyroxènes et les amphiboles.

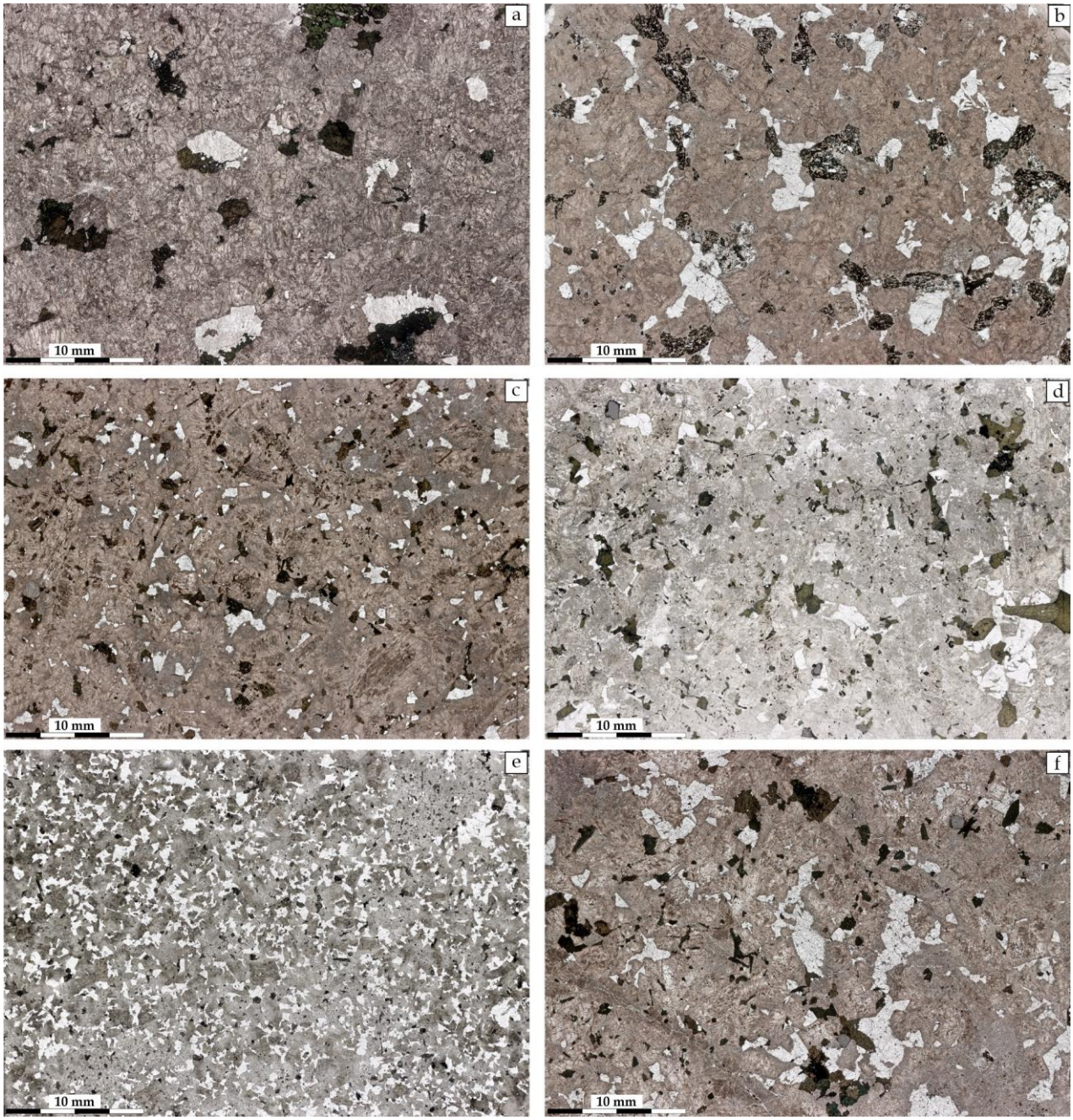


Figure 4.21 : Planche photographique de plusieurs échantillons appartenant au groupe NaS. (a) échantillon 13TK103B, texture grenue,(b) échantillon 13TK104, texture très grenue quasiment pegmatitique, (c) échantillon 13TK105, texture grenue (±porphyrique), (d) échantillon 13TK79, texture grenue, (e) échantillon 13TK76, texture microgrenue, (f) échantillon 13TK106, texture microgrenue porphyrique.

De la même manière que pour le groupe CaS, ce second groupe est définit à partir des caractères pétrographiques des minéraux ferro-magnésiens (pyroxènes et amphiboles). Tout comme dans le groupe CaS, les amphiboles sont toujours présentes dans tous les échantillons, contrairement aux pyroxènes dont le mode d'occurrence varie. Au-delà des caractéristiques communes aux amphiboles telles que leur relief modéré et leur clivage souvent finement marqué, avec des angles d'intersection à ≈120 ; les amphiboles de ce groupe se distinguent de par leurs couleurs. Elles possèdent en effet, un large spectre de teintes caractéristiques en LSP. Cet éventail apparait non seulement d'un échantillon à l'autre mais aussi d'un cristal à l'autre au sein d'une même roche ainsi qu'au sein même d'un unique cristal. Fortement pléochroïques, leurs teintes varient entre le jaune, le vert, le bleu et le brun. Elles passent généralement de teintes pâles vert-jaune à des teintes foncées brun-bleu. Tout comme leurs couleurs en LSP, leurs teintes en lumière polarisée et analysée sont variées. Elles oscillent entre des teintes rouge-bleu du 1er ordre et vert-jaune du second ordre. La diversité de coloration et de teintes de polarisation est révélatrice des variations de compositions chimiques de ces amphiboles. La Figure 4.22 suivante présente les différents habitus et colorations des amphiboles observables au sein du groupe NaS.

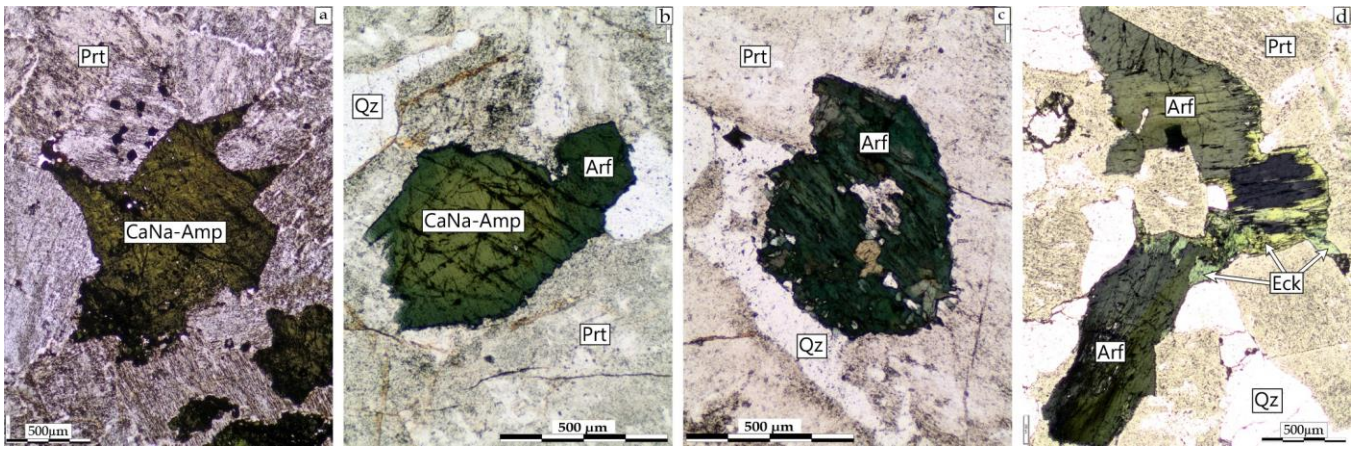


Figure 4.22 : Photographie en LSP des différents habitus des amphiboles présentes au sein des syénites du groupe NaS.

Cette figure montre des amphiboles de coloration allant de jaune-vert (a) à vert-jaune (b), et de vert-bleu (c) à bleu foncé (d). Défini pétrographiquement comme des amphiboles calco-sodiques, les deux premières (a, b) ont des caractéristiques relativement similaires aux amphiboles calciques du groupe CaS, si ce n'est une légère différence de coloration révélatrice d'un changement de composition élémentaire**.** Les analyses chimiques réalisées à la microsonde ont permis de les identifier comme des amphiboles calco-sodiques de la série des katophorites et de la série des richtérite (voir partie 4.2.2 Minéralogie), et de confirmer l'implication du sodium dans leur structure élémentaire. Ces amphiboles apparaissent à la fois en inclusions dans les feldspaths perthitiques et contraintes par la croissance de ces derniers (Figure 4.22, a). Cette caractéristique est visible de par les extrémités de l'amphibole dont la croissance est contrainte par les feldspaths environnant en Figure 4.22a. C'est également ce type d'amphibole qui apparait en Figure 4.22(b) et dont le changement de composition est mis en évidence par un changement progressif de coloration, passant de zones (majoritairement des cœurs) vert-jaune à des parties (principalement des bordures) brun-bleu. Ce changement se fait de manière progressive et n'est pas accompagné par la formation de nouveaux cristaux. Cette amphibole se transforme donc en une amphibole d'un bleu intense en LSP. Les teintes de polarisation de cette dernière vont jusqu'à la fin du 1er ordre, et sont souvent masquées par de la couleur bleue intense du minéral.

Cette amphibole bleue se retrouve donc en produit de déstabilisation et d'évolution d'une autre amphibole attestant de son caractère secondaire mais également en tant que minéral seul plus précoce dans certains échantillons, tel qu'illustré dans la Figure 4.22(c). Ces caractéristiques sont celles d'une amphibole sodique de la série arfvedsonite-eckermannite. Un dernier type d'amphibole apparait dans certains échantillons. Cette amphibole cristallise au cours des derniers stades de l'histoire de cristallisation de certaines syénites. Elle apparait dans les interstices laissés par les autres minéraux déjà cristallisés. Elles remplacent également l'amphibole sodique bleue à partir de sa bordure. Ce minéral est pléochroïque en LSP, d'incolore à vert jaunâtre. Il polarise dans des teintes vives du second degré. Représenté dans la Figure 4.22(d), cette amphibole a une forme aciculaire lorsqu'elle cristallise librement dans les derniers interstices. Cette amphibole est une eckermannite, un minéral très sodique représentant le pôle alumineux (±magnésien) de la série arfvedsonite-eckermannite. Il existe donc parmi les minéraux ferro-magnésiens caractérisant les roches du groupe NaS, plusieurs types d'amphibole allant de calco-sodiques (série katophorite- série richtérite) remplacées par des amphiboles franchement sodiques (série arfvedsonite – eckermannite). L'arfvedsonite, soit secondaire soit plus précoce, est l'amphibole la plus abondante au sein de ce groupe.

Contrairement au groupe CaS dont les pyroxènes sont exclusivement des clinopyroxènes calciques et relativement abondants, les clinopyroxènes calciques sont très rares dans les syénites du groupe NaS. Ils persistent en tant que reliques partiellement déstabilisés par les amphiboles ou bien en tant que minéral isolé en inclusion dans les feldspaths. Les pyroxènes les plus abondants et caractéristiques de ce groupe sont pléochroïques en LSP passant du jaune au vert intense. Leur teintes de polarisation s'étendent du 1er ordre à la fin des teintes vives du second. De plus, l'extinction est généralement droite voir très légèrement oblique. Ils possèdent un relief modéré toutefois plus fort que celui des amphiboles. Ces caractéristiques sont celles de clinopyroxènes sodiques de type aegirine. Ils se trouvent souvent en association avec les amphiboles calco-sodiques (Figure 4.23). Leurs relations texturales avec ces amphiboles calco-sodiques indiquent une cristallisation postérieure voire synchrone dans certains échantillons. Les textures de ces phases minérales semblent généralement montrer la déstabilisation et le remplacement partiel de l'amphibole par le pyroxène (Figure 4.23a). Cependant quelques exemples montrent également une cristallisation synchrone sans réaction évidente.

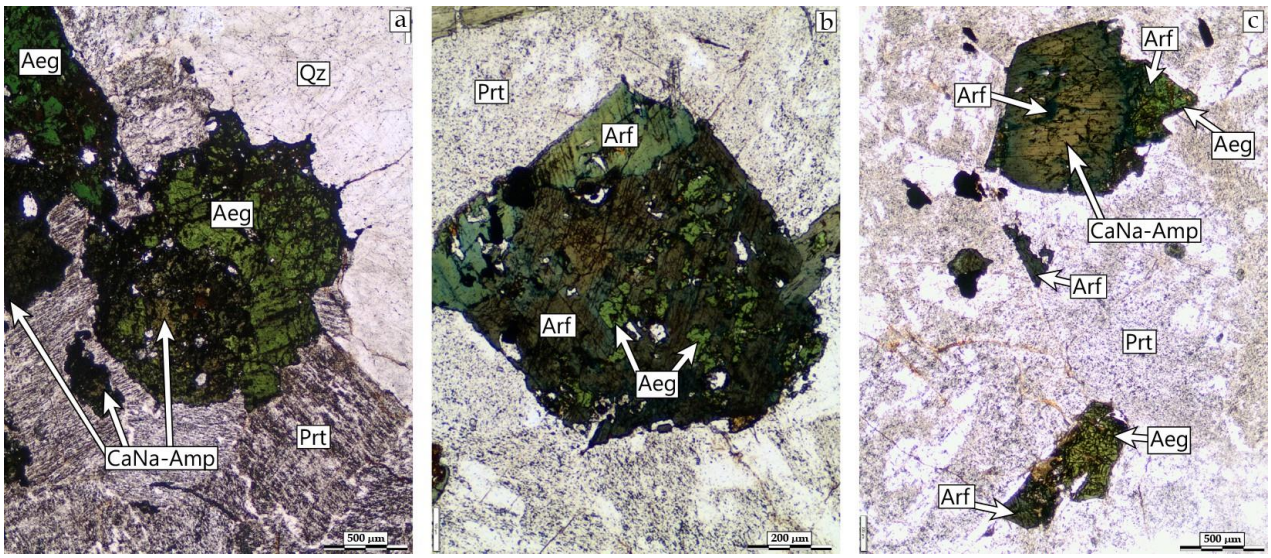


Figure 4.23 : Photographie en LSP des principales textures du clinopyroxène sodique observables au microscope au sein du groupe NaS. (a) : l'aegirine remplace l'amphibole. (b) L'aegirine cristallise en même temps que l'amphibole qui est déstabilisée en amphibole sodique. (c- haut) : l'amphibole se déstabilise en amphibole sodique tandis que l'aegirine est synchrone de cette transformation et cristallise en association avec l'arfvedsonite.

D'autres textures sont encore plus révélatrices de cette interaction qui existe entre ces deux phases minérales ferro-magnésiennes. La Figure 4.23b illustre en effet le type de relation et de texture le plus observé dans ce groupe NaS. Ici, l'amphibole calco-sodique montre un changement de composition révélateur de la déstabilisation et du remplacement de cette dernière par l'arfvedsonite en lien ou associé à l'aegirine, ne laissant presque plus de traces de la composition initiale calco-sodique. Ces aegirines sont donc majoritairement postérieures à la formation des amphiboles calco-sodiques et semblent associées à leur transformation en arfvedsonite. Cette phase sub-synchrone de cristallisation de minéraux ferro-magnésiens riches en sodium est également mis en évidence par la co-cristallisation de ces deux phases dans les interstices laissées par les grands feldspaths perthitiques (Figure 4.23c). Les minéraux ferro-magnésiens des syénites du groupe NaS sont donc majoritairement sodiques. De plus, les observations pétrographiques montrent que le caractère sodique de ces minéraux s'accentue au cours de l'histoire de cristallisation. Un autre caractère commun des syénites ce groupe est l'omniprésence du quartz. Malgré un mode variable d'une roche à l'autre, sa proportion est toujours plus grande que celle des syénites du groupe CaS. Il est d'ailleurs visible à l'œil nu dans les roches du groupe NaS contrairement à celles du groupe CaS (Figure 4.16 et Figure 4.21). Il apparait généralement en fin de séquence de cristallisation dans ses syénites dans lesquelles il cristallise dans les interstices laissés vacants par les minéraux plus précoces, souvent en association avec l'aegirine et l'arfvedsonite (Figure 4.24, a). Rarement, il montre une texture graphique avec les bordures des feldspaths perthitiques impliquant une cristallisation au moins synchrone avec ces dernières (Figure 4.24, b).

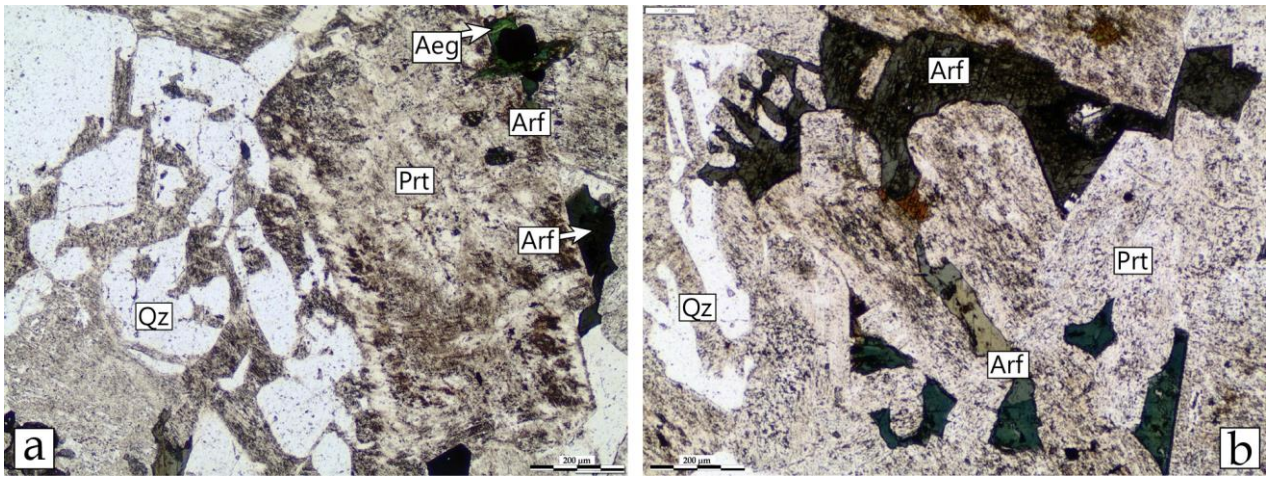


Figure 4.24 : Photographies en LSP des habitus d'arfvedsonites isolées et de quartz au sein des syénites du groupe NaS.

Cette plus grande proportion de quartz pourrait indiquer un degré de différenciation des roches du groupe NaS plus avancé que pour les échantillons du groupe CaS. Les minéraux opaques les plus grands sont des oxydes de Fe-Ti. Toutefois, les oxydes de Fe (magnétite) qui présentent souvent des figures d'exsolution d'oxydes de Ti (ilménite) tel qu'ils s'observent de façon quasiment ubiquiste dans le groupe CaS sont plus rares et moins abondants que les ilménites seules dans ce groupe NaS. Elles sont en général associées aux amphiboles et se retrouvent plus rarement en inclusion dans les feldspaths perthitiques. Les oxydes les plus tardifs cristallisant en association avec le quartz et les ferromagnésiens les plus sodiques sont des magnétites de petite taille. Les apatites sont en proportion modale moindre que dans les syénites du groupe CaS. Tout comme les oxydes de Fe-Ti, elles se concentrent surtout en inclusion dans les amphiboles et plus rarement dans les feldspaths. Les syénites du groupe NaS ont également la particularité d'être riches en certains minéraux accessoires. Ces minéraux accessoires sont suivant leur abondance relative décroissante : le zircon, la chevkinite et l'aenigmatite. Le zircon plus particulièrement est fortement représenté dans ce groupe et peut atteindre des tailles proches du millimètre. Il apparait

généralement en association avec les amphiboles calco-sodiques. Il cristallise également dans les interstices avec le quartz en fin de séquence de cristallisation. La chevkinite est présente à plusieurs stades de l'histoire de cristallisation, elle se retrouve généralement en association avec l'amphibole mais également en inclusion au sein des perthites et plus rarement en bordures de ces derniers et dans les interstices. L'aenigmatite est un inosilicate particulier riche en titane et en sodium. Une vive coloration « sanguine » permet de le repéré facilement dans ces roches. Des teintes de polarisation tout aussi « sanglantes » permettent de ne pas le confondre avec un mica noir riche en titane. Il se trouve plutôt en association avec l'arfvedsonite et l'aegirine mais peut également se retrouver en inclusion dans les feldspaths. Ce minéral est caractéristique des systèmes alcalins et confirme le caractère sodique de ces syénites observé via les ferromagnésiens et riche en titane repéré par l'abondance d'ilménite. La fin de l'histoire magmatique est caractérisée dans plusieurs échantillons par la cristallisation de petits minéraux accessoires en association avec le quartz et l'albite, dont les plus abondants sont les zircons, les chevkinites et des fluorites. Des cristaux d'astrophyllite, minéral d'aspect fibreux, ainsi que quelques pyrochlores ont également pu être observés.

La Figure 4.25 suivante compile quelques exemples photographiques des minéraux accessoires et de leurs textures majoritairement rencontrés dans le groupe NaS. Ces minéraux sont caractéristiques des systèmes alcalins et révèlent le caractère dit « agpaïtique » de ce groupe pétrographique.

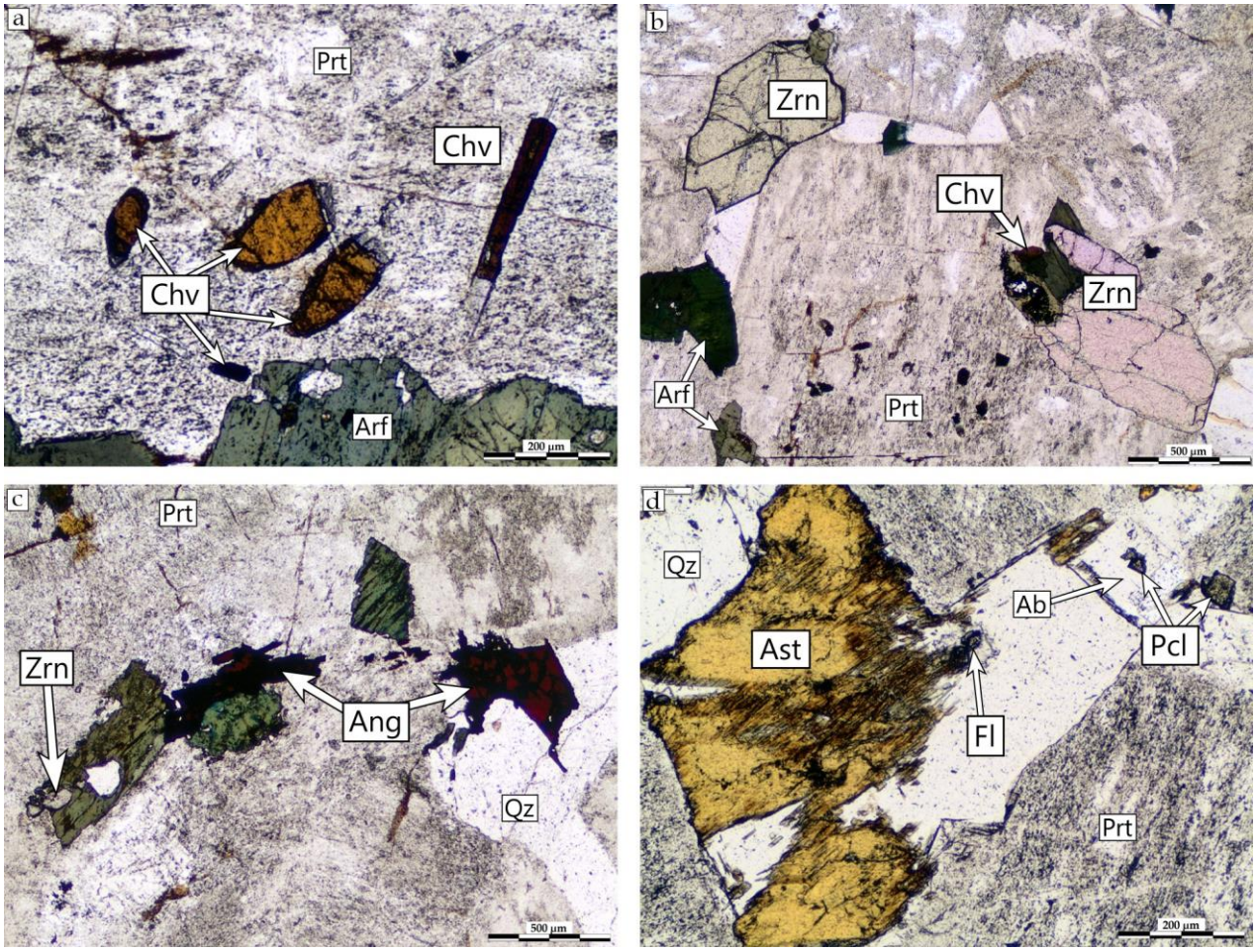


Figure 4.25 : Photographies des principaux minéraux accessoires du groupe NaS. (a) : Cristaux de chevkinite souvent en forme de pyramide et/ou aciculaire. (b) Minéraux de zircons dépassant 0,5mm et formés en même temps que les feldspaths. (c) : Cristaux de zircons en inclusion dans une amphibole calco-sodique et aenigmatite en inclusion dans le quartz et les perthites. (d) Cristal d'astrophyllite cristallisé en fin de séquence dans les interstices laissés par les perthites et en association avec le quartz, l'albite, le pyrochlore et la fluorite.

Après l'histoire magmatique des syénites, un épisode tardif de circulation de fluides affecte plusieurs échantillons. Cette dernière phase aboutit à l'oxydation généralisée de tous les minéraux ferro-magnésiens et est accompagnée d'un dépôt d'hydroxyde de fer (Figure 4.21, b). C'est peut être ce même épisode qui a permis de cristallisées les fluorites tardives.

En résumé, le groupe NaS se définit en premier lieu par ses minéraux ferromagnésiens qui sont en grande majorité sodiques et se distinguent donc clairement de ceux du groupe CaS. De plus, toutes les syénites du groupe NaS, ont dans l'ensemble une proportion de quartz plus grande que celle des syénites du groupe CaS et visible à l'œil nu. En outre, ces roches contiennent une plus grande proportion de minéraux accessoires caractéristiques des systèmes alcalins tels que la chevkinite (± pyrochlore) et l'aenigmatite. Les zircons sont également très présents et sont généralement de plus grande taille dans ce groupe NaS. Tout comme pour le groupe CaS, bien que la texture des roches soit différente, et que les proportions minérales soient variables d'un échantillon à l'autre, une séquence de cristallisation (Tableau 4-6) permet de caractériser ces échantillons formant un second groupe pétrographique au sein du SRBIC : le groupe NaS.

Minéraux	*Séquence de cristallisation magmatique*	*altération*
Ca - Cpx	———	
CaNa - Amp	———	
Na - Amp	– – – ———	
Aegirines	———	
Quartz	– – – ———	———
Perthites	———	
Feldspaths-K	———	– – – – – – –
Albites	———	———
Zircons	– – – ———	
Apatites	– – – ——— – – –	
Pyrochlores	– – – ———	
Chevkinites	– – – ———	
Aenigmatites	– – – ———	
Astrophyllites	———	
Fluorites	———	– – – – – – –
Oxydes Fe-Ti	– – – ———	———
Hydroxydes Fe		———

Tableau 4-6 : Séquence de cristallisation des roches appartenant au groupe pétrographique NaS. Les minéraux en gras sont toujours présents quelques soit l'échantillon considéré.

4.1.2.3 Syénites calco-sodiques (groupe pétrographique intermédiaire CaNaS)

A l'instar des syénites des deux groupes précédent de la péninsule de Rallier du Baty, les roches de ce groupe sont des syénites majoritairement composées de feldspaths perthitiques ainsi que de pyroxènes, d'amphiboles et de quartz. Tout comme ces deux groupes précédent, ce troisième ensemble pétrographique est défini ici sur la base des caractéristiques propres à ses minéraux ferro-magnésiens. La texture des roches de ce groupe est également variable, allant de textures magmatiques microgrenues à (±porphyriques) jusqu'à des textures très grenues. Ce dernier groupe est considéré comme un groupe intermédiaire entre les deux groupes CaS et NaS. C'est pourquoi il est nommé « CaNaS » (pour syénites calco-sodiques) dans la suite de cette thèse. Les roches de groupe CaNaS présentent en effet des caractères pétrographiques propres aux deux groupes précédents. Ces caractéristiques se retrouvent d'un échantillon à l'autre mais également et surtout au sein d'un même échantillon. Les pyroxènes de ce groupe sont tous des clinopyroxènes mais de plusieurs types : calciques, calco-sodiques et sodiques. La

Figure 4.26 représente les habitus communs de ces clinopyroxènes au sein de ce groupe, du clinopyroxène le plus sain (Figure 4.26, a) au plus altéré. Tout comme dans le groupe CaS, les clinopyroxènes calciques font partie des minéraux les plus précoces. Ils se retrouvent le plus souvent en inclusion dans les feldspaths perthitiques (Figure 4.26, a). D'autre part, le clinopyroxène sodique apparait plutôt dans les stades de cristallisation plus avancés en association avec les amphiboles (Figure 4.26, a,c). L'aegirine est souvent contrainte par les bordures des feldspaths perthitiques et cristallise aussi dans les interstices. Il existe donc des clinopyroxènes calciques et sodiques strictement distincts au sein de mêmes échantillons. Cependant, le pyroxène caractéristique de ce groupe est un clinopyroxène à la fois calcique et sodique. Il s'agit en effet d'un clinopyroxène dont le cœur est faiblement coloré voire incolore en LSP et dont les bordures sont de couleur verte intense (Figure 4.26b,c). Ce changement de coloration atteste d'un changement de composition progressif du cœur vers la bordure de ce minéral. Il s'agit de clinopyroxènes calciques dont les bordures se sont déstabilisées et devenues sodiques. Ce pyroxène illustre donc clairement le caractère intermédiaire de ce groupe CaNaS entre des cœurs de type diopside et des bordures de type aegirine. De plus, la texture de ce type de pyroxène ainsi que la chronologie relative des différents types de pyroxènes montre clairement une évolution dans le temps vers des termes sodiques.

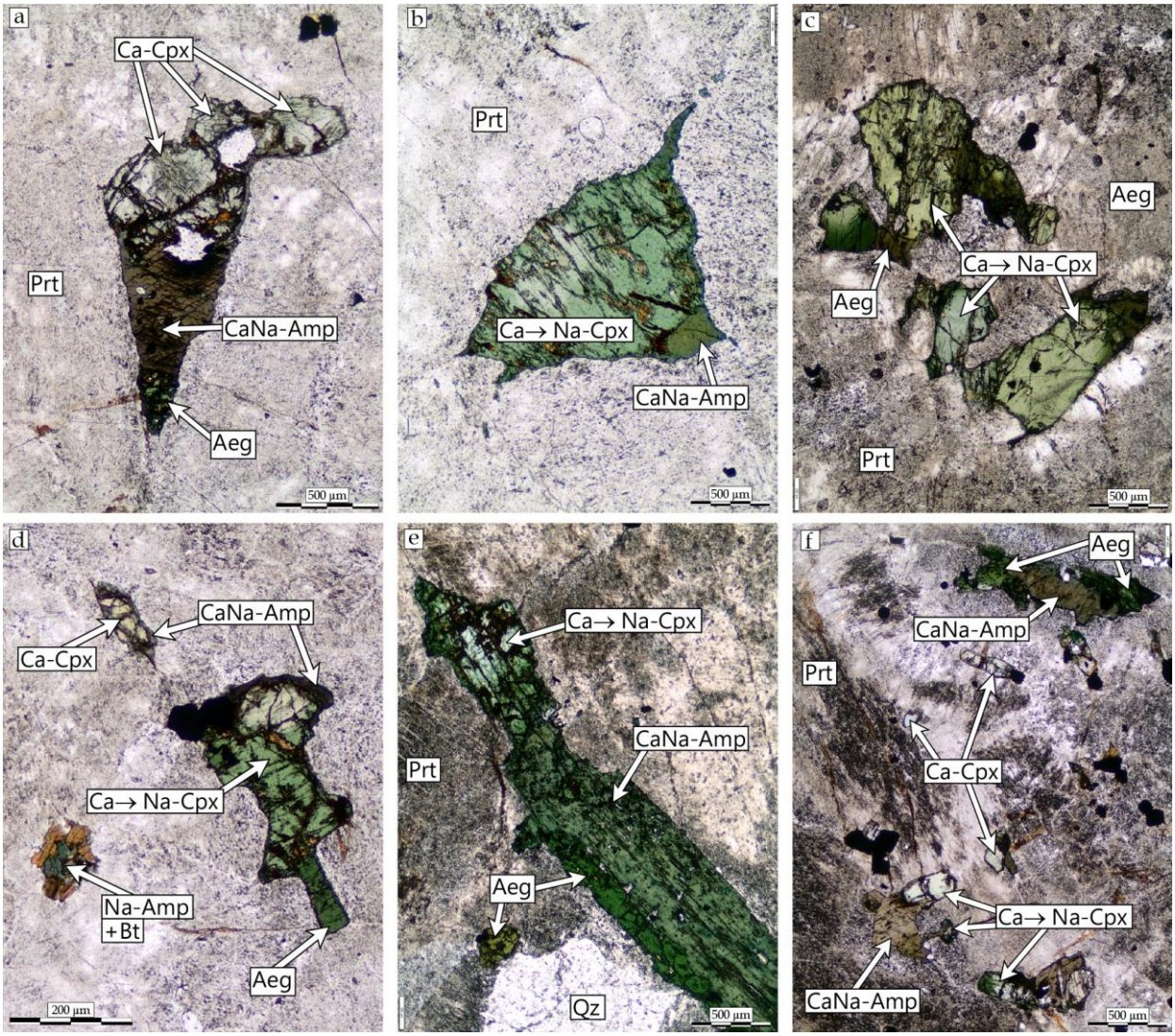


Figure 4.26 : Photographie en LSP des habitus typiques de clinopyroxènes observés dans les syénites du groupe CaNaS. (a) Ca-Cpx sains incluent dans une amphibole CaNa + aegirine, (b, c, d, e), (f) Relations Ca-Cpx sains, Ca-Cpx en transformation, aegirine et CaNa-amphibole.

La Figure 4.26(d) à (f) illustre des exemples de relations entre les ferromagnésiens couramment observées au sein du groupe CaNaS. Ainsi, l'observation des amphiboles de ce groupe CaNaS permet de faire un constat identique à celui de l'observation des pyroxènes. En effet, les amphiboles retrouvées au sein de ces roches sont de plusieurs natures mais clairement dominées par les amphiboles calco-sodiques. Ces amphiboles ont des colorations vertes aux nuances prononcées (brunes) ce qui permet de les distinguer optiquement des amphiboles de type hornblende (Figure 4.26a,b,e,f). Ces amphiboles incluent les clinopyroxènes calciques et semblent contemporaines voire légèrement antérieures à la cristallisation du clinopyroxène sodique (Figure 4.26a,b,d,e,f). Elles se forment de façon synchrone avec les feldspaths perthitiques qui les incluent. Les amphiboles de types hornblende sont précoces et plutôt rares tandis que les amphiboles sodiques de coloration bleue intense apparaissent surtout dans les derniers stades de l'histoire magmatique des syénites de ce groupe. Elles cristallisent majoritairement en relation avec la déstabilisation des amphiboles calco-sodiques et plus rarement dans les interstices laissés par les autres minéraux déjà cristallisés.

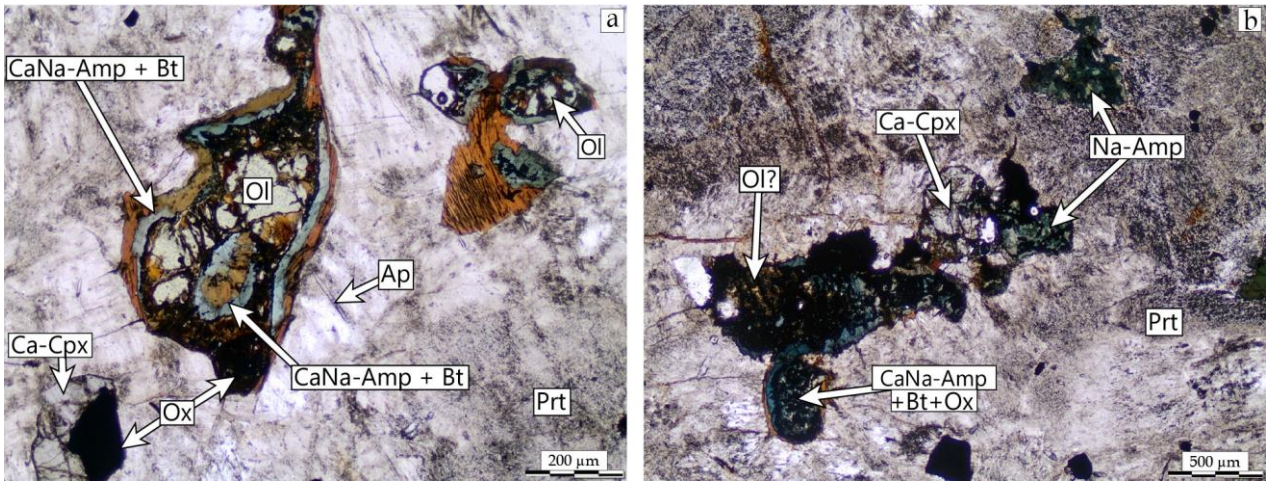


Figure 4.27 : (a et b) Photographies en LSP des figures de remplacement de l'olivine au sein des syénites du groupe CaNaS

L'amphibole sodique se retrouve également dans des structures particulières présentes dans certains échantillons. Ces structures correspondent à un assemblage de plusieurs minéraux toujours relativement bien organisés de manière concentrique (Figure 4.27,a). On retrouve rarement au centre de ces structures un minéral qui a un fort relief, très fracturé et dont ces fractures sont remplies d'oxydes de Fe-Ti. Incolore en LSP, polarisant dans des teintes vives du second degré et ne présentant pas de clivage apparent, ce minéral est une olivine de type fayalite. Cette olivine est souvent couronnée d'une frange d'amphibole vert-bleu en LSP et polarisant dans les vert-brun en LPA. L'analyse microsonde a révélé qu'il s'agissait d'une amphibole calco-sodique de type richtérite (plutôt magnésienne). Cette frange est toujours surmontée d'une seconde couronne de biotite. Les oxydes se concentrent surtout au centre de ces structures mais s'étendent parfois jusqu'aux micas. Il est clair que cet assemblage minéralogique coronitique est caractéristique du remplacement de l'olivine. Toutefois, il est rare d'observer nettement des reliques d'olivines qui sont souvent remplacées par les oxydes au centre de ces structures tel que sur la Figure 4.27(b) accompagnés d'une phase amorphe jaune. Toujours en association avec ces objets se trouvent d'autres agrégats minérals constituées par des amphiboles sodiques bleues en association avec des oxydes de Fe-Ti. Il pourrait également s'agir des mêmes figures de remplacement que les structures décrites précédemment mais à un stade plus avancé, ou bien de la transformation de plus petits cristaux d'olivine. Les analyses in-situ de ces amphiboles a permis de les identifier comme étant des riebéckites (amphiboles sodiques).

De par les rares amphiboles strictement calciques et la présence des amphiboles sodiques ; la nature et la texture des amphiboles de ce groupe ressemblent à celles des amphiboles du groupe NaS. Cependant l'amphibole calco-sodique est ici clairement dominante. De plus, l'amphibole sodique est ici rarement un minéral qui a cristallisé directement à partir du magma mais apparait surtout en remplacement d'amphiboles plus précoces. Ainsi, le constat sur l'évolution des pyroxènes dans ce groupe CaNaS s'applique également aux amphiboles. Les proportions relatives, la nature et la texture des amphiboles montrent également une évolution vers des termes sodiques au cours du temps.

La biotite est ici présente en tant que minéral précoce. En effet en plus de faire partie des figures de remplacement de l'olivine, elle cristallise tout comme dans le groupe CaS en grande plage, parfois isolée, mais le plus souvent en association avec les clinopyroxènes calciques et les amphiboles calco-sodiques. En majorité, les syénites de ce groupe CaNaS, tout comme celles du groupe CaS, sont relativement pauvres en quartz comparées à celles du groupe NaS. Celui-ci cristallise toujours dans les stades finaux de l'histoire magmatique. Les oxydes de Fe-Ti sont des magnétites à exsolutions d'ilménite de tailles variées. Ils sont présents tout au long de l'histoire de cristallisation de ces roches. Les minéraux accessoires sont surtout des chekvinites, des zircons et des aenigmatites. Contrairement aux syénites du groupe NaS, la titanite est bien présente et l'apatite apparait en proportion plus abondante. La première est en majorité inclue dans les amphiboles calco-sodiques et l'autre dans les perthites. Toutes ces observations permettent de définir une séquence de cristallisation pour les syénites du groupe CaNaS telle que représentée dans le Tableau 4-7 suivant :

Minéraux	*Séquence de cristallisation magmatique*
Olivines	
Ca - Cpx	
Hbl amp	
Biotites	
CaNa - Amp	
Perthites	
Na - Cpx	
Na - Amp	
Actinolites	
Quartz	
Apatites	
Titanites	
Oxydes Te-Ti	
Zircons	
Chevkinites	
Aenigmatites	

Tableau 4-7 : Séquence de cristallisation des roches appartenant au groupe pétrographique CaNaS

En résumé, les roches du groupe CaNaS se distinguent de celles du groupe CaS par l'apparition du clinopyroxène sodique, lequel se retrouve généralement en produit de déstabilisation des Cpx précoces impliquant une évolution des Cpx au travers des compositions calco-sodiques. Au niveau des amphiboles, malgré quelques amphiboles de type hornblendes semblables au groupe CaS, la grande majorité des amphiboles précoces sont des amphiboles calco-sodiques. Sauf quelques rares actinolites identiques au groupe CaS, l'arfvedsonite est l'amphibole représentative des derniers stades de cristallisation des roches de ce groupe. Les roches du groupe CaNaS se distinguent également de celles appartenant au groupe NaS de par l'abondance des Cpx calciques précoces en cours de déstabilisation. L'aegirine relativement tardive

ne montre pas de réaction avec les amphiboles calco-sodiques telles qu'elles s'observent dans le groupe NaS. L'arfvedsonite est dans ce groupe exclusivement tardive et bien moins abondante que dans le groupe NaS.

Ces distinctions pétrographiques basés sur les minéraux ferro-magnésiens montrent et impliquent des caractères également communs avec les deux groupes précédents, qui se retrouvent aussi au niveau des minéraux accessoires. Ces syénites apparaissent donc clairement comme intermédiaires entre les syénites du groupe CaS exclusivement calciques et les syénites du groupe NaS dont les ferromagnésiens sont majoritairement sodiques. De par ce caractère intermédiaire, certaines roches de ce groupe se rapprochent plus des syénites du groupe CaS tandis que d'autres ressemblent d'autant plus à celles du groupe NaS. Cette particularité est notamment liée aux proportions de modales des différentes phases ferromagnésiennes qui cristallisent au cours de l'histoire magmatique de chaque échantillon. Cependant, l'évolution pétrographique de ces derniers vers des termes sodiques tend à rapprocher naturellement les roches de ce groupe CaNaS de celles du groupe NaS.

4.1.3 Filons et dykes tardifs

Il existe deux grands types de filons identifiés comme syn à tardi-plutonisme (voir Chapitre 2). Les exemples qui suivent dans cette section sont issus de filons qui recoupent l'ensemble des structures plutoniques.

4.1.3.1 Filons de basalte

Le premier type regroupe les filons de nature basaltique (Figure 4.28 et Figure 4.29). Ces basaltes ont une texture microlitique (± porphyrique). Les phénocristaux sont des plagioclases et des clinopyroxènes. Les pyroxènes sont souvent zonés et possèdent souvent des macles en sablier. Ce sont également ces deux types de minéraux qui forment la mésostase microlitique sans orientation préférentielle marquée des microlites. Les apatites et les oxydes de Fe-Ti sont également présents en quantité significative et semblent avoir cristallisé tout au long de la séquence de cristallisation. La texture squelettique de certains oxydes atteste d'une croissance très rapide dans la mésostase. Tous ces oxydes montrent des figures d'exsolution entre une phase riche en titane (ilménite) et une phase riche en fer (magnétite). Ces roches contiennent également quelques sulfures de Fe-Cu. En effet, la pyrite et la chalcopyrite (plus tardive) s'observent souvent en minéraux accessoires (Figure 4.30). D'autre part, il est fréquent que ces filons aient subit une altération tardive conduisant à la déstabilisation des plagioclases et pyroxènes en micas (majoritairement noirs) et chlorites.

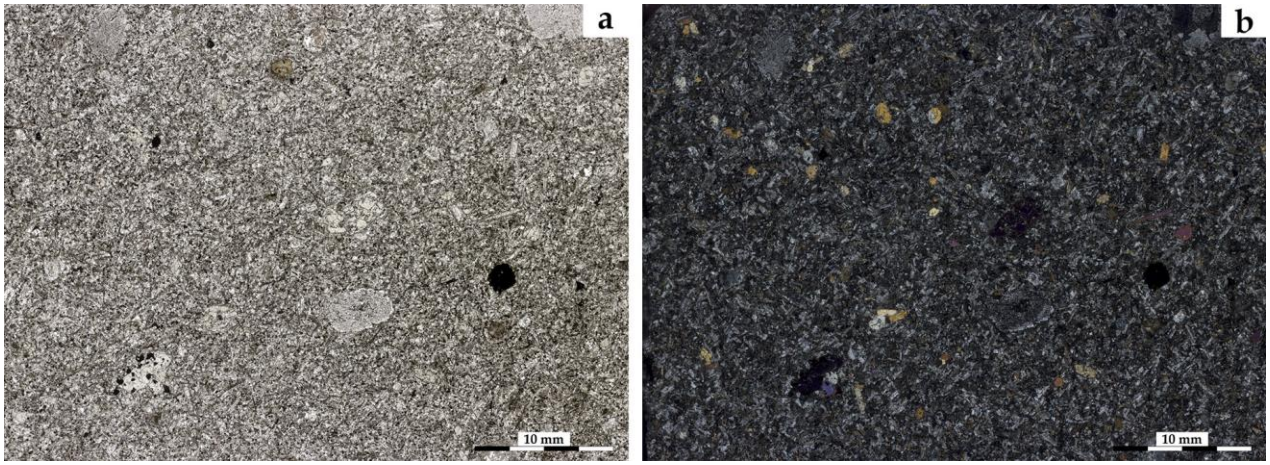


Figure 4.28 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de l'échantillon 13TK06. Dyke de basalte recoupant le SRBIC.

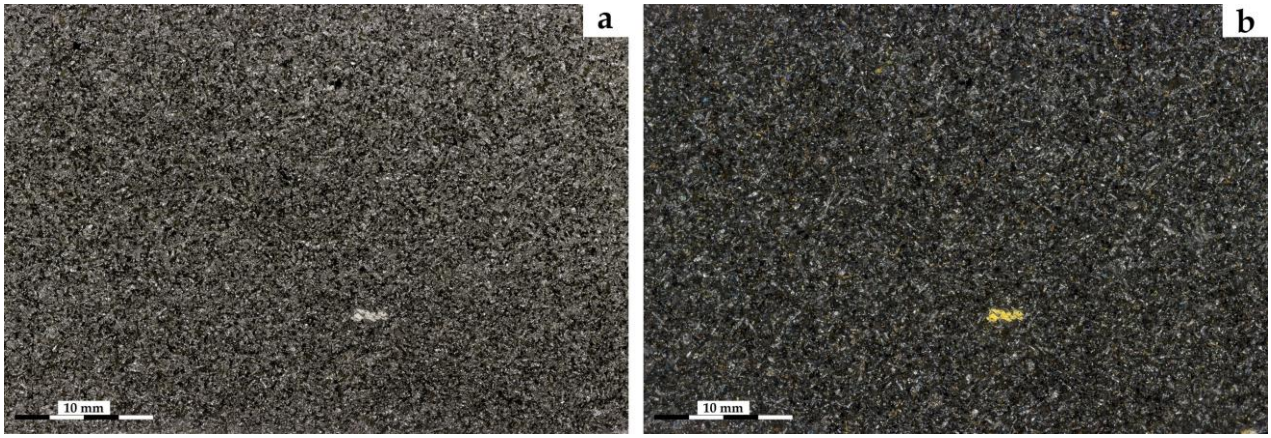


Figure 4.29 : Lame mince en LSP (a) et LPA (b) de l'échantillon 13TK52. Dyke de basalte recoupant le SRBIC.

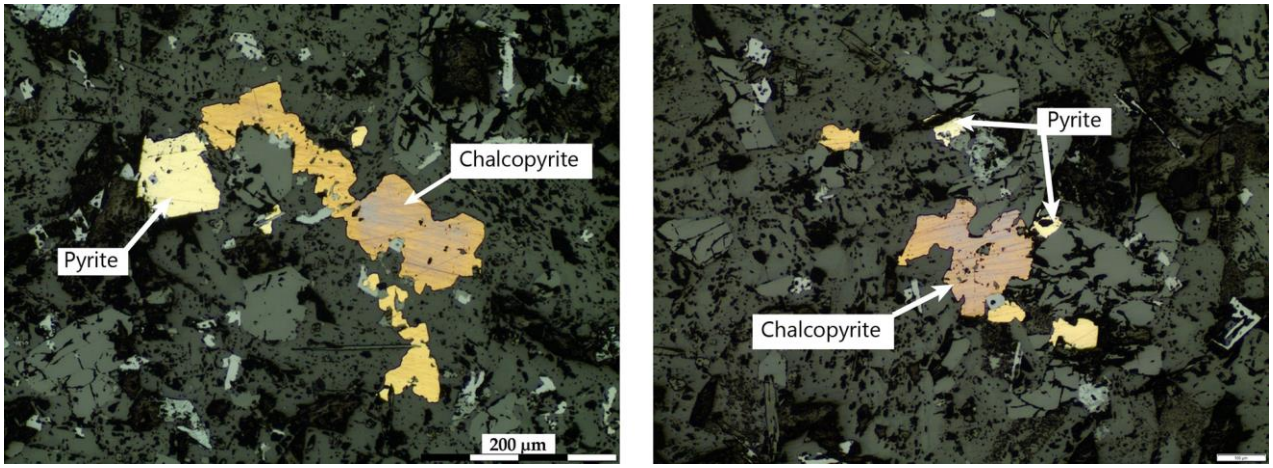


Figure 4.30 : Sulfures de Fer et sulfures de Fer-Cuivre dans les filons basaltiques tardifs du complexe sud de Rallier du Baty.

4.1.3.2 Filons de trachyte

Le second type de filons et dykes syn à post-plutonisme regroupe les filons de nature trachytique. Ces roches ont des textures microlitiques porphyriques (Figure 4.31). Les phénoblastes sont bien visibles à l'œil nu. De couleur blanche et d'aspect laiteux, ils se distinguent de la matrice homogène vert foncé. Pétrographiquement, ces roches sont entièrement cristallisées et sont composées en grande majorité de feldspaths. Les phénocristaux sont formés de plagioclases seuls ou en agrégats. Ils sont entourés de microlites plagioclasiques parfois orientés sur l'ensemble de la lame mince. Ces roches contiennent également quelques microcristaux de titanite souvent en inclusion dans les feldspaths. Les opaques sont des oxydes de Fe-Ti et sont toujours associés avec la titanite. D'autre part, des zircons magmatiques, de taille approchant le millimètre se retrouvent au sein de la mésostase (Figure 4.31). Ces minéraux accessoires particuliers font de ces trachytes des objets d'importance pour l'étude chronologique du SRBIC. Enfin, une phase d'altération tardive dans l'histoire de cristallisation a engendré la déstabilisation des plagioclases en biotite et chlorite. La couleur vert foncé de ces roches à l'affleurement provient donc de cette dernière phase d'altération en grande partie chloriteuse.

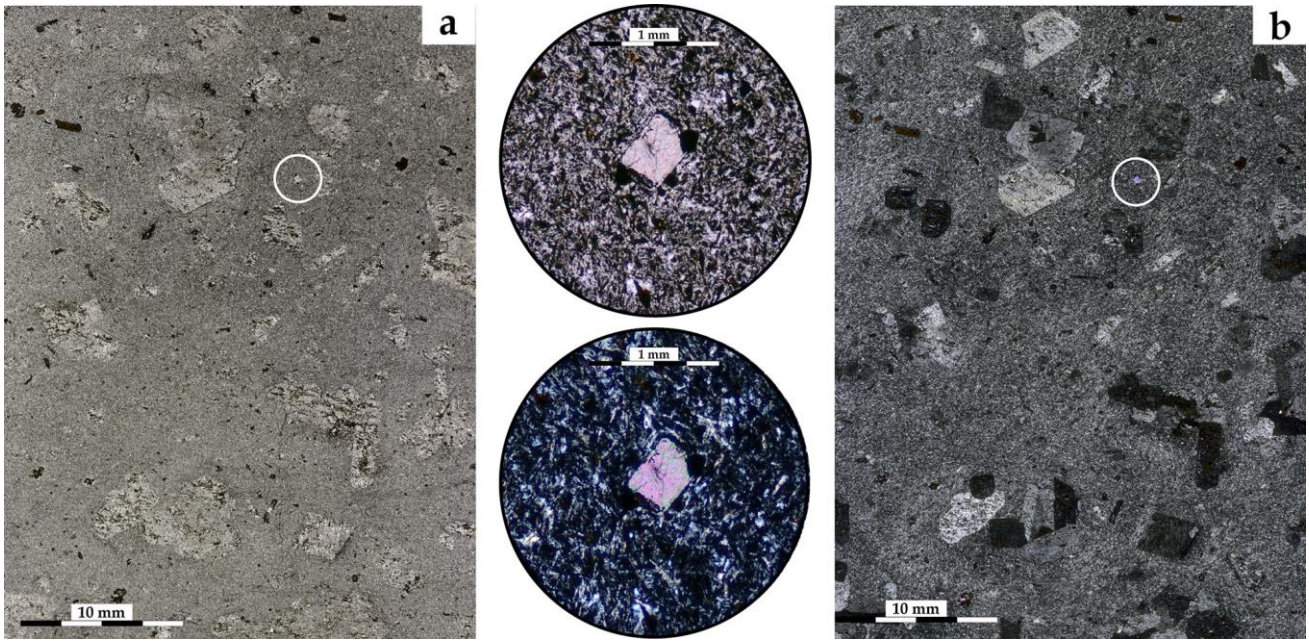


Figure 4.31 : Lame mince en LSP (a) et en LPA (b) d'une trachyte recoupant le SRBIC et contenant des zircons (13TK08).

4.2 Minéralogie des minéraux ferro-magnésiens

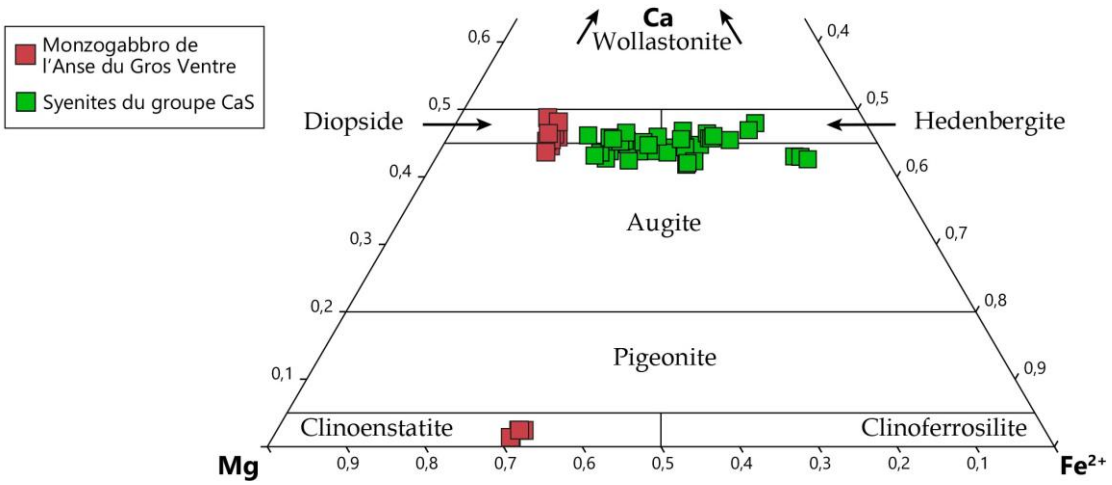
Les observations pétrographiques précédentes ont montré l'importance des minéraux ferro-magnésiens dans les roches plutoniques du SRBIC et de ses satellites, constituant le principal critère de discrimination pétrographique entres les différents types de syénites (partie précédente). Leur omniprésence, leur grande étendue dans les différentes séquences de cristallisation ainsi que leur variabilité compositionnelle à l'échelle du complexe en fait des phases représentatives de l'évolution magmatique au sein du complexe. Elles apparaissent donc comme idéales pour caractériser l'évolution géochimique in-situ des différents magmas à l'origine des roches plutoniques. C'est pourquoi, afin d'aborder cet aspect fondamental, une étude minéralogique a été réalisée via des mesures à la microsonde électronique et concentrée sur ces minéraux ferromagnésiens. Tout comme l'étude pétrographique des roches intrusives, cette étude minéralogique fut entreprise dans le but de mettre en évidence les tendances à grande échelle sur l'ensemble du complexe plutôt que de chercher à distinguer toutes les nuances de composition d'un échantillon à l'autre.

Près de 261 analyses in-situ ont été réalisées sur les pyroxènes présents dans les roches intrusives du complexe sud de Rallier du Baty. Les formules structurales ont été calculées via la feuille Excel « PX-NOM » de Sturm (2002) basées sur 6 Oxygènes. Le ratio Fe^{2+}/Fe^{3+} a été calculé automatiquement via cette même feuille Excel. Cette estimation stœchiométrique est basée sur l'équilibre des charges électroniques suivant le model général de Droop (1987). D'après ce modèle, l'estimation du Fe^{3+} peut s'écrire de la façon suivante :F =2 X (1-T/S) où T représente le nombre idéal de cation par formule structurale (T_{px}=4), S est le nombre total de cation estimé pour un nombre idéal X d'oxygènes (X_{px}=6). Ce modèle permet de minimiser les incertitudes sur les mesures in situ. Etant données les faibles variations observées pour la somme des oxydes à travers toutes les analyses de pyroxènes (entre 102 et 96%), ce choix de modèle m'est apparut comme étant le plus judicieux, et a été appliqué à toutes les analyses pour le calcul des formules structurales. Le détail des analyses effectuées est reporté en annexe.

4.2.1 Pyroxènes

4.2.1.1 Pyroxènes des syénites du groupe CaS

L'étude pétrographique des pyroxènes du groupe CaS a permis de mettre en évidence la cristallisation précoce et exclusive dans ces roches de clinopyroxènes calciques. Les 43 analyses in-situ ont été réalisées sur 7 échantillons différents représentatifs du groupe CaS. Toutes les compositions de pyroxènes analysés au sein des syénites sont représentées dans le diagramme En-Fs-Wo de la ←Figure 4.32 suivante :



←Figure 4.32 : Diagramme Enstatite-Ferrosilite-Wollastonite (d'après Morimoto, 1989) dans lequel sont reportés les pyroxènes des syénites du groupe CaS, ainsi que les compositions du monzogabbro (13TK002) de l'anse du Gros Ventre.

Le diagramme de la ←Figure 4.32 démontre que les deux types de pyroxènes identifiés pétrographiquement au sein du monzogabbro de l'anse du Gros Ventre sont des diopsides et des clino-enstatites. Les pyroxènes des syénites du groupe CaS se projettent sur les limites entre les champs du diopside de l'hédenbergite et de l'augite. Ces analyses élémentaires confirment que les pyroxènes des syénites du groupe CaS sont des clinopyroxènes calciques en accord avec les observations pétrographiques. Cependant, aucune distinction n'avait pu être établie microscopiquement entre les différents termes (reportés à la nomenclature) qui composent ces clinopyroxènes. Les analyses in-situ montrent également que ces clinopyroxènes se répartissent de façon hétérogène dans la série diopside-hédenbergite. Bien qu'une quantité certaine de pyroxènes calciques se retrouve dans le champ de l'augite, ces compositions sont très proches des champs du diopside et de l'hédenbergite. L'ensemble des analyses des pyroxènes des syénites du groupe CaS étant contenues entre 48 et 41.5% de Ca (% cationique). La moyenne et la médiane de Ca en % cationique se situant sur la limite qui sépare le champ des augites de la série Diopside-Hédenbergite (45.2 et 44.8 respectivement).

4.2.1.2 Pyroxènes des syénites du groupe NaS

L'étude pétrographique a permis de mettre en évidence le caractère sodique des pyroxènes qui cristallisent au sein des syénites du groupe NaS. La cristallisation des pyroxènes est soit synchrone de celle des amphiboles soit plus tardives dans ces roches. Les 24 analyses in-situ ont été réalisées sur 2 échantillons différents du groupe NaS. Toutes les compositions des pyroxènes ont été reportées dans la Figure 4.33 suivante :

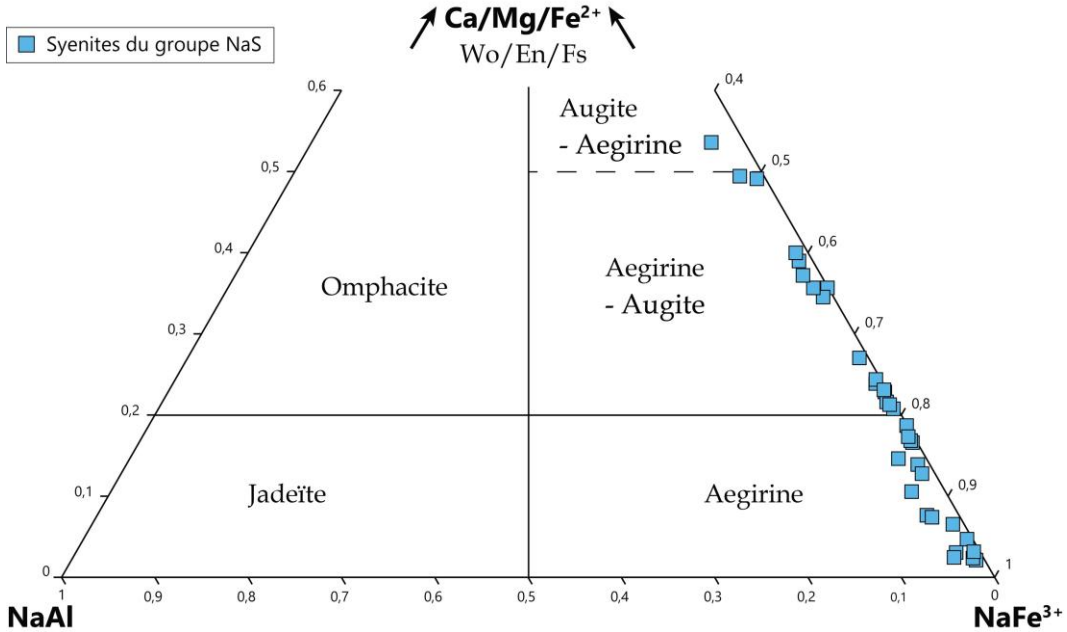


Figure 4.33 : Diagramme Quad-Jadéite-Aegirine d'après (Morimoto, 1989), avec Quad = Wollastonite+Ferrosilite+Enstatite ; où sont reportés les pyroxènes des syénites du groupe NaS.

La Figure 4.33 confirme le caractère sodique des pyroxènes analysés au sein de ce groupe. En effet, la majorité des compositions se projettent dans les champs des aegirines-augites et des aegirines. Seule une analyse se trouve dans le champ des augites-aegirines. Tous les clinopyroxènes sodiques ont des concentrations très faibles en Al et se situent donc le long de la droite reliant le pôle Q=Ca/Mg/Fe^{2+} au pôle ferrique. Bien que ces compositions déterminent plusieurs types de pyroxènes dans la nomenclature, aucune distinction pétrographique significative n'a pu être établie entre les différents

types. Il faut noter que le nombre d'analyses et d'échantillons étant moindre que pour le groupe CaS, il est probable qu'un léger biais conduise à une sur représentation des compostions à la limite aegirine-augite / aegirine. Ce biais, s'il existe, ne change en rien les conclusions précédentes.

Les diagrammes de classification des clinopyroxènes (←Figure 4.32 Figure 4.33) montrent donc sans ambiguïté une nette une différence de composition de ces derniers cristallisant au sein de ces roches des groupe CaS et NaS.

4.2.1.3 Pyroxènes des syénites du groupe CaNaS

Les 178 analyses in-situ ont été effectuées sur 23 échantillons représentatifs de ce groupe. Les compositions des pyroxènes ont été reportées dans la Figure 4.34 suivante :

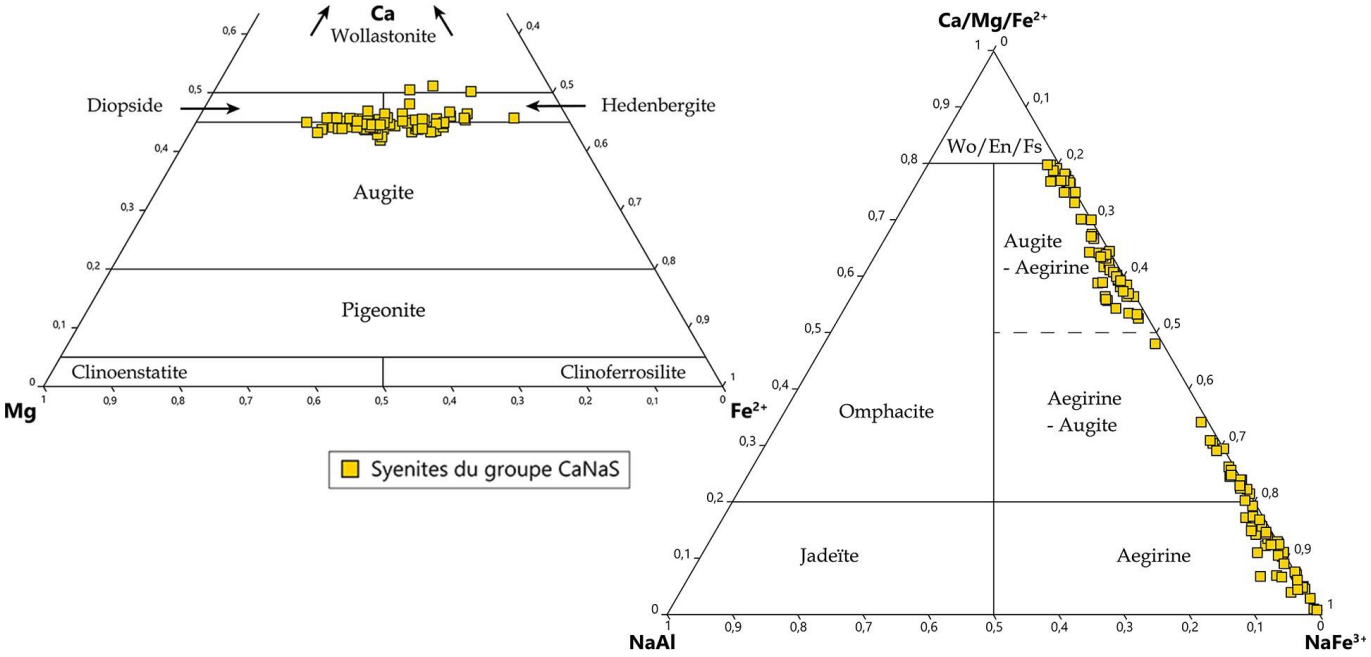


Figure 4.34 : Diagrammes de classification des pyroxènes (d'après Morimoto, 1989) où ont été reportées les compositions de pyroxènes des syénites du groupe CaNaS. (a) diagramme Wo-En-Fs, (b) diagramme Q-Jd-Aeg.

La Figure 4.34 montre que les pyroxènes de ce groupe analysés se répartissent entre à la fois sur le diagramme de classification des pyroxènes calciques (Wo-En-Fs) et celui des pyroxènes calco-sodiques (Q-Jd-Aeg). Cette représentation confirme ainsi les observations pétrographiques et montrent à la fois des clinopyroxènes calciques et sodiques au sein de ce groupe. Les compositions des pyroxènes calciques se retrouvent concentrées le long de la limite des champs des diopsides, hédenbergites et augites. La teneur en Ca des augites est très proches de celles des diopsides et hédenbergites. Tout comme pour les Ca-Cpx du groupe CaS, la moyenne et la médiane des analyses des Ca-Cpx de ce groupe se situent très proche de 45% de Ca (44.7 et 44.9% cationique respectivement). Seules 3 analyses appartenant à un même échantillon dont la plupart des autres pyroxènes se retrouvent dans le champ des diopsides et augites, sont des wollastonites. Tout comme pour les pyroxènes du groupe NaS, les compositions des pyroxènes sodiques sont aussi très pauvres en Al et s'alignent donc le long de l'axe Quad-Aeg dans le diagramme Q-Jd-Aeg (Figure 4.34). Les compositions de ces clinopyroxènes sodiques s'étendent ici des augites-aegirines aux aegirines en passant par les aegirines-augites. Un gap de compositions existe entre 51 et 64% d'aegirine. Il existe donc au sein du groupe CaNaS, des clinopyroxènes calciques, sodiques et calco-sodiques. Cette étude minéralogique confirme donc les observations pétrographiques et atteste du caractère intermédiaire de l'ensemble des pyroxènes de ce groupe par rapport à ceux des groupes pétrographiques précédents. De plus, la Figure 4.34 montre que dans une classification basée sur les

ferromagnésiens, un échantillon du groupe CaNaS aura des ressemblances plus ou moins prononcées avec le groupe CaS ou NaS, en fonction des compositions de ses pyroxènes.

4.2.1.4 Evolution des pyroxènes à l'échelle du complexe et de ses satellites

Les observations microscopiques ont permis d'établir les séquences de cristallisation des trois grands ensembles syénitiques : CaS, NaS et CaNaS. Ces différentes séquences (Tableau 4-5, Tableau 4-6 et Tableau 4-7) montrent que la cristallisation de l'ensemble des pyroxènes couvre une grande période de l'histoire de cristallisation des syénites du complexe sud de Rallier du Baty. Ceci est particulièrement vrai pour les différents pyroxènes formés dans les syénites du groupe CaNaS. C'est pourquoi, les analyses in-situ des pyroxènes dans les roches de ce groupe sont particulièrement utiles pour retracer l'évolution de leur composition au cours de la formation de ces roches. La diversité de composition des pyroxènes dans ces roches permet d'étudier leur évolution aussi bien à l'échelle de l'échantillon qu'à celle du minéral comme le montre la Figure 4.35. Ici sont illustrés deux exemples de l'analyse in-situ de ces pyroxènes dans deux échantillons différents du groupe CaNaS.

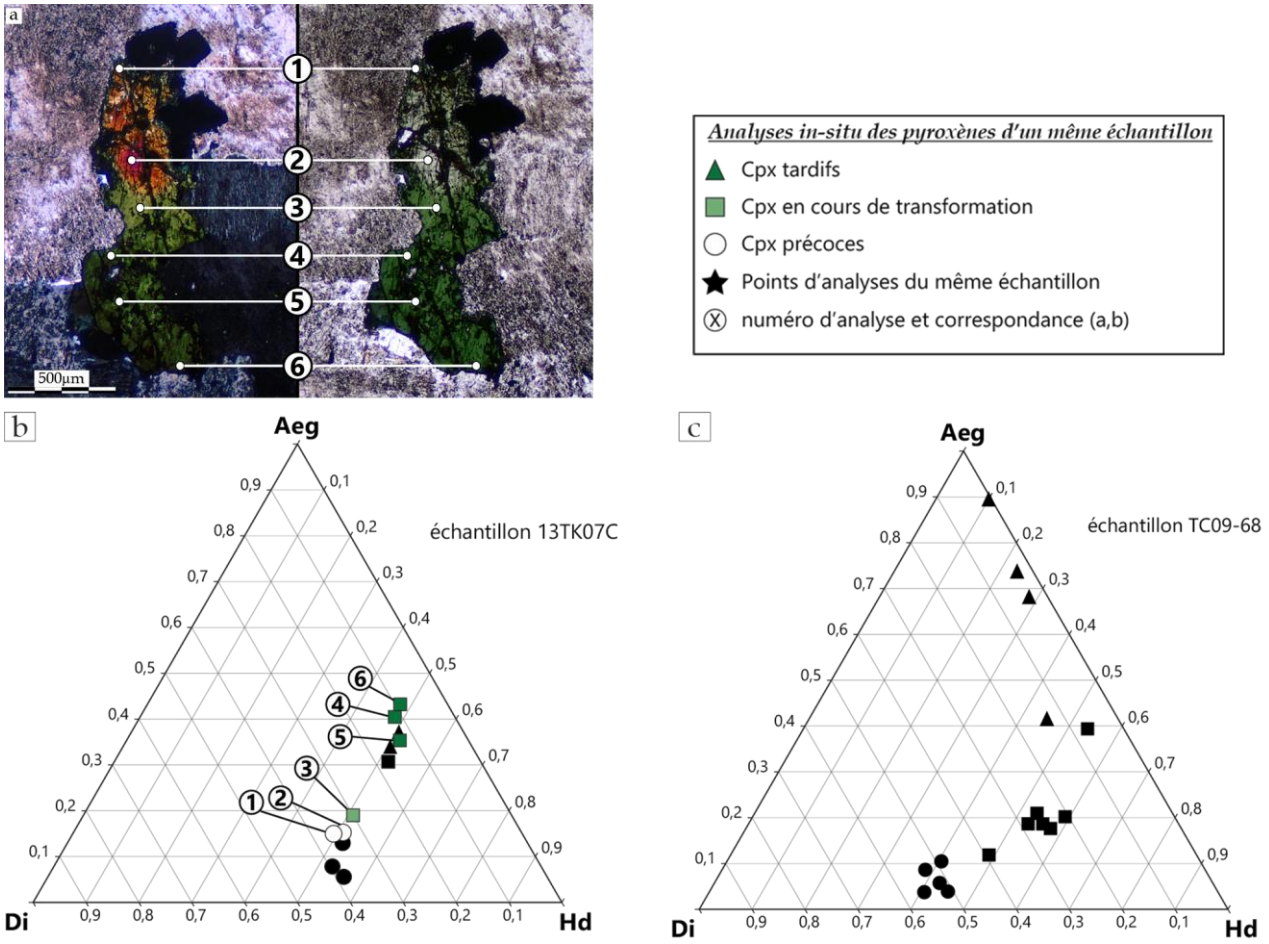


Figure 4.35 : Photographies et diagrammes Di-Aeg-Hd illustrant l'évolution des compositions chimiques des pyroxènes au sein de deux échantillons du groupe pétrographique CaNaS. (a) : localisation des analyses in-situ sur un Cpx en cours de transformation (échantillon 13TK07C) ; (b, c) : représentation des analyses de pyroxènes de l'échantillon 13TK07C en (a) et de l'échantillonTC09-68 précédents dans un diagramme ternaire Diopside-Hédenbergite-Aegirine.

La Figure 4.35 (a) illustre la localisation de 6 analyses effectuées sur un pyroxène vu en LPA (gauche) et en LSP (droite) et entouré de plusieurs feldspaths perthitiques. Au moins trois zones de coloration et de teintes de polarisation différentes se distinguent dans ce minéral. Une première zone de teintes de polarisation jaune-orange à rouge-violet du premier ordre contient les analyses n°1 et n°2. Une seconde

partie de couleur et de teinte vert-jaune se distingue au centre du minéral et contient l'analyse n°3. Enfin, une troisième partie au bas de ce minéral est de couleur verte intense et contient les analyses n°4,5 et 6.

Ce minéral et un cristal unique, bien que la photographie puisse laisser croire à deux individus, ce n'est pas le cas. Au vue de l'habitus ovoïde, du changement progressif de coloration, et des relations Ca-Cpx / Na-Cpx observés au sein du complexe, il parait évident que la partie la plus ancienne de ce minéral est incolore en LSP.

Les analyses n° 1 à 6 ont été reportées dans le diagramme Diopside-Hédenbergite-Aegirine de la Figure 4.35 (b). Le calcul des proportions de chaque pôles a été réalisé considérant Di = Mg, Hd = Fe^{2+} + Mn et Aeg = Na en proportion cationique. Les symboles noirs dans ce diagramme proviennent d'autres analyses in-situ sur des pyroxènes du même échantillon et non-présentés dans la Figure 4.35(a).

Dans cette représentation, les cercles proviennent d'analyses réalisées sur les pyroxènes considérés comme précoce dans l'échantillon en question. Dans cet exemple Figure 4.35(a, b), le pyroxène précoce corresponds aux analyses n°1 et 2. Les carrés correspondent aux pyroxènes qui ont subi une phase de transformation repérée pétrographiquement par un changement de coloration et de teintes de polarisation**.** Dans ce cas présent, les analyses 3 à 6 ont été réalisées sur un pyroxène qui a subi une transformation progressive et dont les caractéristiques précoces persistent dans la partie des analyses n°1 et 2. La déstabilisation et le remplacement évident du « cœur » ancien se répartissent de façon hétérogène par rapport à celui-ci, ce qui laisse penser que cette phase de transformation est accompagnée d'une nouvelle phase de croissance (vers le bas sur la figure) de composition différente. Les triangles correspondent à des pyroxènes qui ne sont pas issus de la transformation des pyroxènes précoces mais cristallisent directement dans le magma**.** Ces triangles regroupent donc des pyroxènes synchrones et postérieurs aux amphiboles calco-sodiques. Ces pyroxènes correspondent notamment à ceux qui cristallisent dans les interstices laissés vacants après la cristallisation de la paragénèse minérale précoce. La Figure 4.35 montre que le pyroxène précoce correspondant aux analyses n°1 et 2 est une hédenbergite. Ce minéral subit par la suite une transformation qui s'intensifie du cœur vers les bordures du minéral. Cette transformation implique un changement de composition depuis celle de l'hédenbergite (analyses n°1 et 2) jusqu'à des compositions d'aegirines-augites (analyses n°4,5 et 6). Ce changement de composition met en œuvre la substitution $Ca^{2+}+Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$. Les clinopyroxènes plus tardifs de cet échantillon confirment cette tendance au cours du temps.

De la même manière, la Figure 4.35 (c) présente les analyses in-situ réalisées sur les pyroxènes d'un seul et même échantillon (ici le TC09-68). Dans cette roche, les pyroxènes précoces (représentés par des cercles) sont majoritairement des diopsides, seule 1 composition. Les analyses réalisées sur les pyroxènes en cours de transformation sont majoritairement des aegirine-augites, à l'exception de la composition d'augite qui se trouve le plus proche des pyroxènes précoces. Enfin, les pyroxènes qui cristallisent tardivement et directement dans cette roche sans provenir de la transformation d'un clinopyroxène antérieur sont majoritairement des aegirines, excepté le pyroxène le plus proche des pyroxènes en cours de transformation et qui est également une aegirine-augite. C'est dans l'objectif de caractériser les évolutions chronologiques des compositions de pyroxènes que, de façon identique aux deux exemples précédents, toutes les compositions de pyroxènes des syénites du groupe CaNaS ont été reportées dans le diagramme Di-Hd-Aeg de la Figure 36(a). Ce diagramme illustre le large domaine quasiment continu que couvrent les pyroxènes de ce groupe et qui s'étale depuis des compositions franchement calciques jusqu'à des compositions franchement sodiques. Cependant, trois domaines de compositions peuvent être distingués.

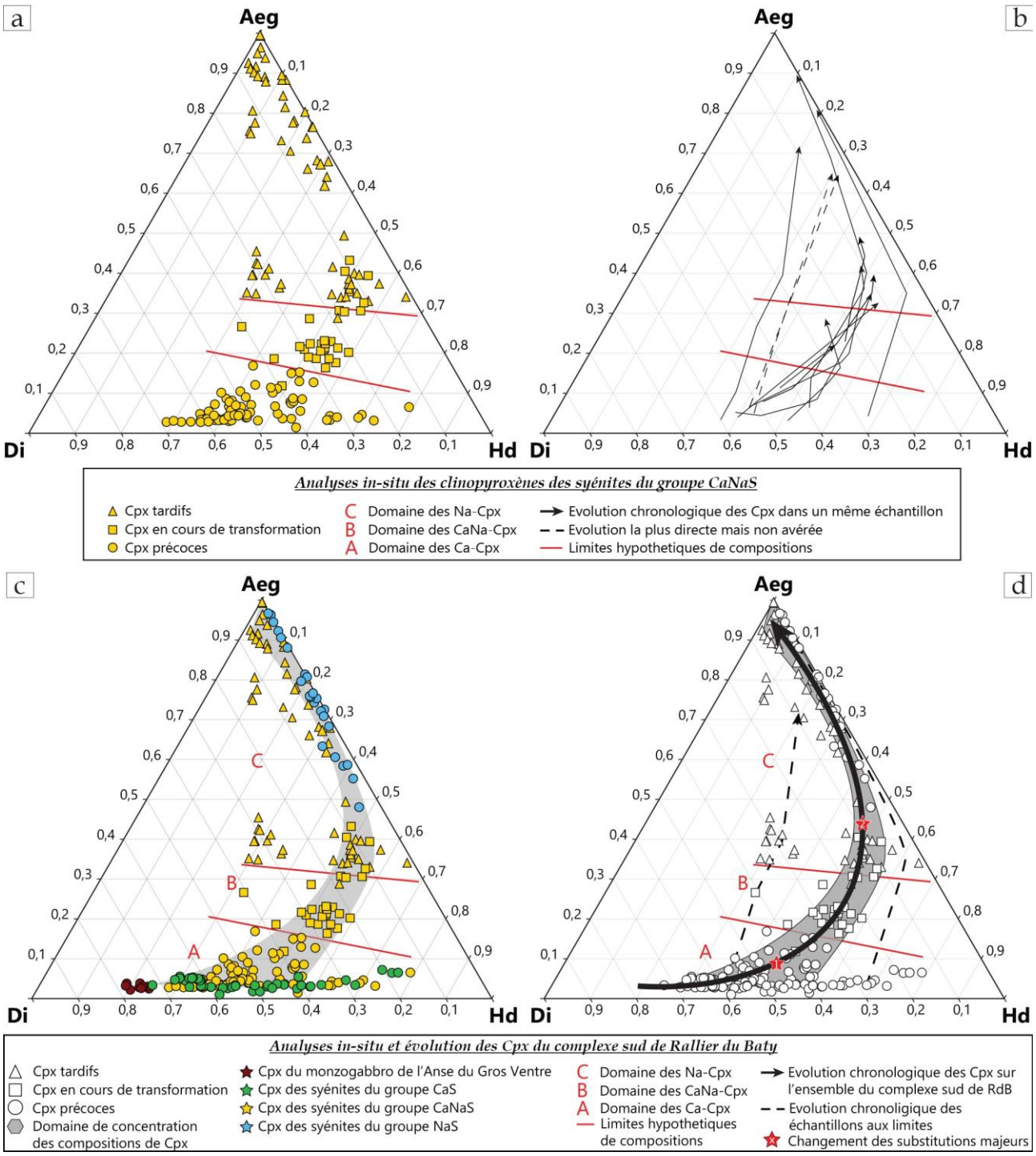


Figure 4.36 : Diagramme Di-Hd-Aeg des pyroxènes du groupe CaNaS (a), évolution chronologique au sein de ce groupe (b), diagramme Di-Hd-Aeg de l'ensemble des pyroxènes de Rallier du Baty (c), chemin d'évolution idéal des pyroxènes de Rallier du Baty.

Les pyroxènes les plus précoces, symbolisés par des cercles, sont clairement répartis entre les pôles diopside et hédenbergite et forment un premier domaine (A). Un second domaine B est constitué des pyroxènes calciques précoces ayant subi un changement de composition via la substitution $Ca^{2+}+Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$. Ces pyroxènes calco-sodiques sont représentés par des carrés. Enfin, le domaine le plus vaste est composé des pyroxènes de type aegirine-augite et aegirines qui cristallisent directement dans la roche et non pas aux dépends des Cpx déjà présents. Ils sont par contre plus tardifs que les pyroxènes calciques et lié à l'épisode de transformation de ces derniers. La limite qui sépare le domaine A du domaine B a été

tracée graphiquement et de telle façon que tous les Cpx précoces soient contenus dans le champ A. Ainsi, seule une analyse considérée comme provenant d'un Cpx déstabilisé se trouve dans le domaine A. La limite qui sépare le champ B du champ C a été placée graphiquement de façon à ce que la majorité des Cpx tardifs appartiennent au champ C. De cette manière, une seule analyse de Cpx tardif se retrouve dans le domaine B. Lorsque cela a été possible, l'évolution chronologique des compositions des pyroxènes pour 1 échantillon donné dans ce groupe CaNaS à été reporté dans la Figure 4.36(b).

L'ensemble des pyroxènes analysés dans les syénites du SRBIC et de ses satellites a été reportées dans le diagramme de la Figure 4.36 (c) en fonction des 3 groupes pétrographiques. Cette figure montre que les Ca-Cpx du groupe CaS correspondent exclusivement à des compositions se répartissant le long de la série diopside-hédenbergite, tandis que les Na-Cpx du groupe NaS montrent des compositions qui se répartissent le long de l'axe que forment les pôles Hd-Aeg. Les pyroxènes du groupe CaNaS, quant à eux, s'étalent entre ces deux groupes. Les Ca-Cpx du monzogabbro de l'anse du Gros Ventre ont également été reportés. Ils montrent les teneurs en Di les plus élevées de tous les roches plutoniques étudiées. Grace à l'évolution chronologique des compostions de pyroxène et notamment grâce au caractère intermédiaire du groupe CaNaS (Figure 4.36 a,b), une évolution chronologique des pyroxènes peut être envisagée pour l'ensemble du complexe sud de Rallier du Baty. Le domaine grisé de la Figure 4.36(c) représente graphiquement le champ où se concentrent principalement les analyses des pyroxènes des trois groupes de syénites étudiés. Ce dernier illustre donc les compositions représentatives de l'évolution des pyroxènes au cours du temps sur l'ensemble de ces roches plutoniques. Dans ce domaine, un chemin idéal d'évolution tracé graphiquement est reporté avec une flèche dans la Figure 4.36(d), ainsi que les 3 champs de compositions décrits précédemment. Cette tendance générale indique que l'histoire précoce des syénites est caractérisée par une évolution au sein de la série diopside-hédenbergite depuis des compositions plutôt magnésiennes vers des compositions plus riches en Fer ferreux. Cette tendance indique un changement dominé par la substitution $Mg^{2+} \rightarrow Fe^{2+}$ dans le site octaédrique *M1*. Cette évolution se poursuit jusqu'à un changement des échanges dominants. Ce changement est représenté par l'étoile n°1 de la Figure 4.36(d), qui a été placé par méthode graphique. La substitution dominante $Mg^{2+} \rightarrow Fe^{2+}$ est remplacée progressivement par la substitution couplée $Ca^{2+}+Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$ dans les 2 sites octaédriques *M1*, *M2*. Cette évolution est marquée pétrographiquement par des Ca-Cpx précoces montrant des bordures avec des compositions de type aegirine-augite et aegirine, sans variation du Fe^{2+} ($\pm Mn^{2+}$) élémentaire. Enfin, un dernier changement s'opère dans l'évolution des pyroxènes. Il correspond au remplacement progressif de la substitution dominante précédente ($Ca^{2+}+Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$) par la substitution $Ca^{2+}+Fe^{2+}(\pm Mn^{2+}) \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$. Ce changement est symbolisé dans la Figure 4.36(d) par l'étoile n°2 et permet le passage du champ B des CaCpx en remplacement au champ C des aegirines cristallisées directement dans la roche. En plus du chemin idéal suivi par les compositions des pyroxènes, deux autres chemins sont illustrés en pointillés dans la Figure 4.36(d). Ces tracés correspondent à l'évolution des échantillons qui constituent les pyroxènes ayant les compositions les plus extrêmes par rapport à l'évolution générale. Le chemin qui tend vers le pôle Hd correspond à l'échantillon 13TK119B provenant de la vallée de l'Armor. Son évolution reste assez proche de l'évolution générale. Ce n'est pas le cas du tracé en pointillé qui passe par le centre du diagramme. Cette évolution est dessinée par les pyroxènes de l'échantillon 13TK126 provenant de l'unité structurale 3 sous le contact est du Pic Chastaing. D'autres compositions qui se projettent au centre du diagramme proviennent de l'échantillon 13TK109, prélevé également dans l'unité structurale 3 sous le contact nord-ouest du massif des Deux Frères. Ces deux échantillons ont une position structurale et géographique très proche au sein de l'unité la plus récente. Cette évolution est différente de l'évolution des autres pyroxènes car fortement dominée dès le départ

par la substitution : $Ca^{2+}+Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$. Je n'ai pas encore su trouver d'explication satisfaisante à l'évolution à part de ces deux échantillons.

4.2.1.5 Synthèse sur la minéralogie des pyroxènes

En résumé, les compositions de pyroxènes analysées sur l'ensemble des syénites du complexe sud de Rallier du Baty et ses satellites confirment et affinent les observations microscopiques. En effet, chacun des trois grands ensembles défini pétrographiquement montrent des compositions de pyroxènes clairement distinctes. Les syénites du groupe CaS regroupent des pyroxènes exclusivement calciques et répartis dans la série diopside-hédenbergite. Ces Ca-Cpx cristallisent précocement dans ces roches. Ce sont également des Ca-Cpx qui composent les pyroxènes précoces du groupe CaNaS. Ces pyroxènes subissent une transformation à partir de leurs bordures, plus ou moins associée à une nouvelle phase de croissance, et montrent ainsi des compositions calciques et sodiques tendant vers des compositions de type aegirine-augite. Cette évolution chronologique s'effectue grâce à la substitution dominante $Ca^{2+}+Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$. En même temps et postérieurement à cette déstabilisation, d'autres pyroxènes qui ne sont pas issus de la déstabilisation des Ca-Cpx précoces cristallisent directement dans ces syénites. Ces pyroxènes plus tardifs ont des compositions qui s'étendent depuis celles des aegirines-augites jusqu'à celles des aegirines via la substitution $Ca^{2+}+Fe^{2+}(\pm Mn^{2+}) \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$. Ce sont également des Na-Cpx qui composent les pyroxènes du groupe des syénites NaS. Ainsi, il apparait clairement que l'évolution élémentaire des pyroxènes au cours du temps sur l'ensemble des termes syénitiques de Rallier du Baty se fait depuis un pôle calcique plutôt magnésien vers un pôle sodique ferrique.

4.2.2 Amphiboles

273 analyses in-situ ont été effectuées sur les amphiboles des roches plutoniques du SRBIC. Ces analyses ont été traitées en utilisant la feuille de calcul Excel de Locock (2014). Ainsi les formules structurales ont été calculées sur la base de 23(O). Les diagrammes de compositions des amphiboles ainsi que toutes les formules structurales idéales présentées dans les paragraphes suivant sont tirés de Hawthorne et al. (2012).

4.2.2.1 Amphiboles des roches plutoniques mafiques et intermédiaires

Parmi les roches plutoniques mafiques (±intermédiaires) de la péninsule de Rallier du Baty, seules les amphiboles des complexes satellites de l'anse du Gros Ventre (monzo-gabbro) et de la Plage Jaune (monzonite) ont été analysées. Dans le monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre, les amphiboles se sont formées après la cristallisation des pyroxènes. Les mesures in-situ indiquent que ces amphiboles sont des pargasites de formule structurale idéale : $NaCa_2(Mg_4Al)(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$. Bien qu'elles puissent incorporer une faible quantité de Na dans leur structure, ces amphiboles représentent un pôle pur de compositions au sein des amphiboles calciques (Leake et al., 1997, 2004; Hawthorne et al., 2012). Les amphiboles qui cristallisent dans la roche grenue la plus mafique de la péninsule de Rallier du Baty sont donc bien calciques. La Figure 4.37 représente les domaines de compositions des amphiboles calciques où ont été reportées les analyses des amphiboles du monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre ainsi que celles des amphiboles de la monzonite de la Plage Jaune.

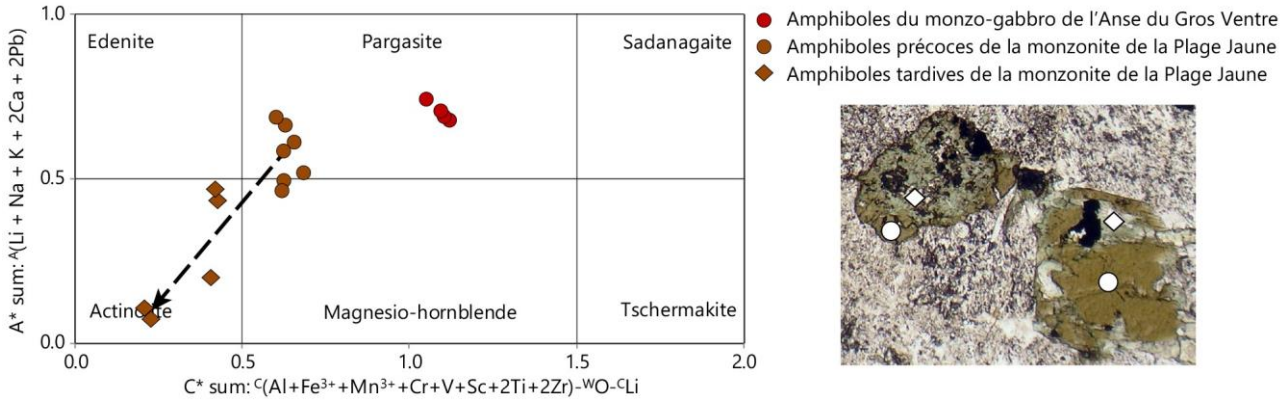


Figure 4.37 : Diagramme de composition des amphiboles calciques (d'après Hawthorne et al.,2012) où sont reportées les analyses du monzo-gabbro de l'Anse du Gros Ventre et celles de la monzonite de la Plage Jaune. La flèche correspond à une représentation idéale de l'évolution chronologique des compositions d'amphiboles dans la monzonite, passant des pargasites (cercles bruns) aux actinolites (losanges bruns).

Ainsi, les amphiboles du monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre qui n'ont pas subi de transformations tardives sont des pargasites (riches en Ti, nomenclature de Locock (2014). Les amphiboles de 1ère génération qui cristallisent dans la monzonite de la Plage Jaune, se trouvent pour la plupart également dans le domaine de compositions des pargasites. Cependant ces amphiboles sont des hastingsites dont le champ de composition est superposé à celui des pargasites dans ce diagramme. L'hastingsite est un autre pôle pur de compositions des amphiboles calciques dont la formule structurale idéale est: $NaCa_2(Fe^{2+}{}_4Fe^{3+})(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$. Ainsi, les analyses in-situ des amphiboles primaires des roches grenues mafiques (±intermédiaires) et intermédiaires confirment leur appartenance au groupe pétrographique des hornblendes au sens large (Deer et al., 1992; Roubault, 1963). Les hastingsites précoces de la monzonite subissent une déstabilisation tardive et une transformation en amphibole de 2ème génération. Cette transformation est illustrée par une flèche en pointillé dans la Figure 4.37 et marquée par le passage de compositions de type hastingsite vers des compositions de type actinolite et ferro-actinolite. L'actinolite forme une solution solide avec la trémolite dont la formule structurale générale est : $\square Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Le terme de trémolite est utilisé pour des compositions avec $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ >0.9, tandis que l'actinolite est utilisé pour des compositions comprise entre 0.5<Mg#<0.9 et la ferro-actinolite pour celles avec Mg#<0.5. Le changement de composition des hastingsites vers des actinolites implique donc des substitutions telles que $Al_2+Na+Fe^{3+}+Fe^{2+} \rightarrow Ca^{2+}+Mg^{2+}+Si_2$ et une évolution vers des termes plus riches en calcium au cours du temps. Cette évolution idéale est illustrée par une flèche en pointillé dans la Figure 4.37. Les compositions de ferri-ferro-hornblende qui se situent entre les ces deux extrêmes représentent donc des termes intermédiaires entre les hastingsites précoces en cours de transformation vers des compositions d'actinolite.

4.2.2.2 Amphiboles des syénites du groupe CaS

103 analyses in-situ ont été effectuées sur 14 échantillons représentatifs de ce groupe. Toutes les compositions mesurées sur les amphiboles de ce groupe ont été reportées dans les diagrammes de la Figure 4.38 suivante :

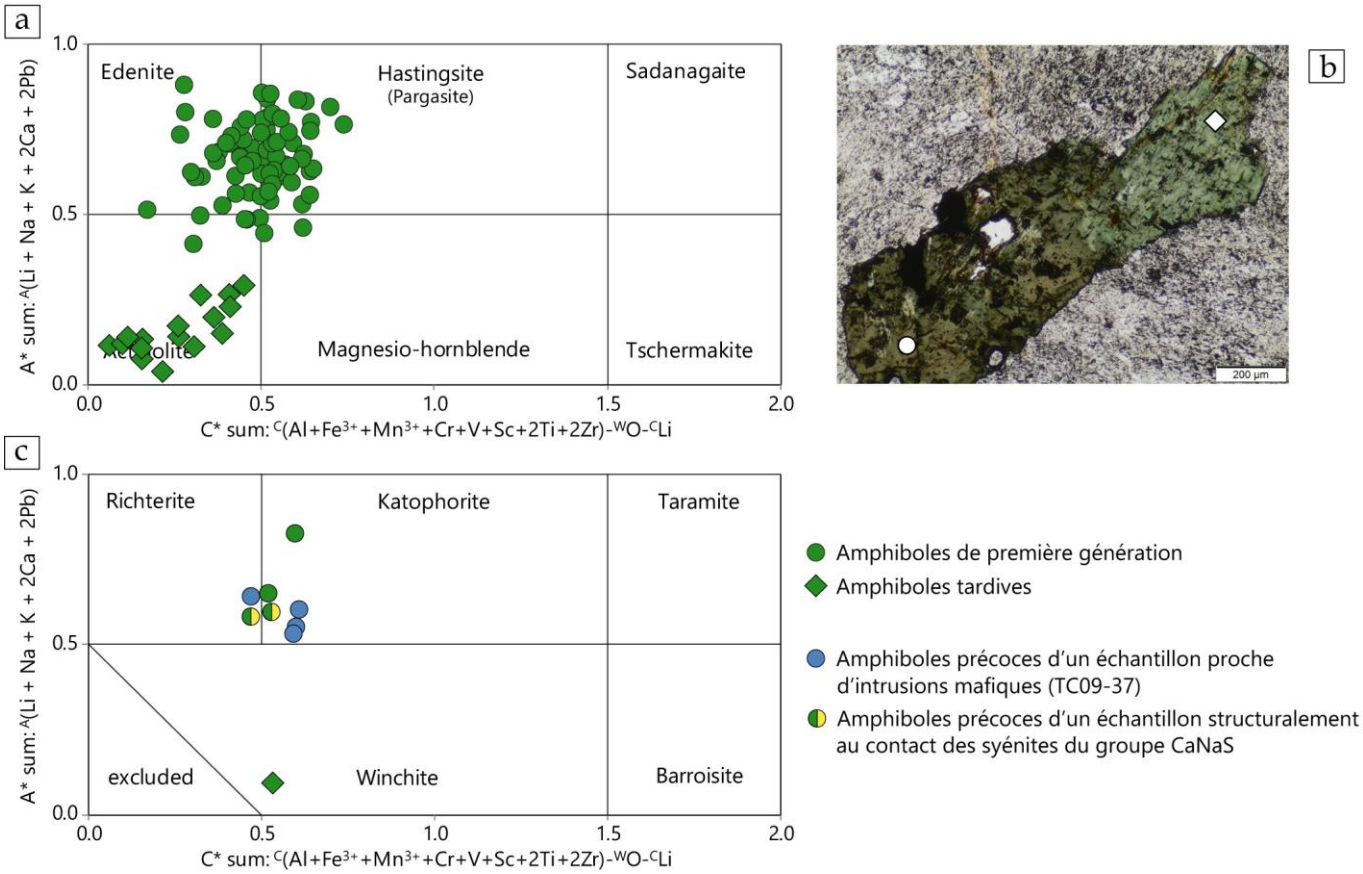


Figure 4.38 : Composition des amphiboles analysées des syénites du groupe CaS. (b et a) exemple illustré et diagramme de classification des amphiboles calciques (d'après Hawthorne et al., 2012); (c) diagramme de classification des amphiboles calco-sodiques (d'après Hawthorne et al., 2012).

L'étude pétrographique a permis de montrer que les premières amphiboles à cristalliser dans les syénites de ce groupe sont de type hornblendes au sens large. Les analyses in-situ confirment ces observations (Deer et al., 1992; Roubault, 1963) et montrent qu'il s'agit majoritairement d'hastingsites et de ferro-édenites (Figure 4.38). Quel que soit l'échantillon considéré ces amphiboles se forment après la cristallisation des clinopyroxènes calciques. Plus accentuée dans certains échantillons, ces amphiboles précoces subissent une déstabilisation tardive et un remplacement en pseudomorphose par de nouvelles amphiboles. Tout comme c'est le cas pour la monzonite de la Plage Jaune, cette phase tardive de transformation se traduit par l'apparition d'amphiboles de type actinolite représentées par des losanges verts dans la Figure 4.38(a). Plus précisément, ces amphiboles sont des ferro-actinolites. Les hastingsites et ferro-édenites se transforment donc en actinolites. Au sein des amphiboles précoces, quelques analyses tendent à montrer des cœurs plutôt de type hastingsite et des bordures de type ferro-edénite. Dans le cas d'un remplacement progressif d'une hastingsite par une ferro-actinolite, il est probable que la transition se fasse en passant par des compositions de ferro-édenite, ce qui pourrait expliquer une partie de ces compositions qui tendent vers le champ des actinolites. Cette évolution peut être justifiée par le caractère plus primaire de l'hastingsite avec un Mg# élevé par rapport à celui de la ferro-edénite. Cependant, une évolution simple de l'hastingsite vers la ferro-actinolite ne peut expliquer toutes les compositions de ferro-édenite reportées dans la Figure 4.38a. Il est clair que l'hastingsite et la ferro-edénite coexistent également dans même échantillon sans aucun lien apparent avec une quelconque phase de déstabilisation. De plus, lorsqu'elles coexistent ces deux amphiboles sont déstabilisées et remplacées de la même manière en ferro-actinolite. C'est pourquoi, ces amphiboles précoces, sont représentées de la même façon dans la Figure 4.38 et Figure 4.39 et évoluant vers des termes

actinolitiques au cours du temps. Cette chronologie suppose donc une évolution des compositions idéales telle que : (hastingsite) $NaCa_2(Fe^{2+}_4Fe^{3+})(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$ / $NaCa_2Fe^{2+}_5(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$ (ferro-édenite) → $\square Ca_2Fe^{2+}_5Si_8O_{22}(OH)_2$ (ferro-actinolite). C'est-à-dire un changement des compositions via des substitutions telles que : $Na^+ + Al_2 + Fe^{3+} \rightarrow Si_2 + Fe^{2+}$. La diminution du sodium, théoriquement contenu dans le site A mais dont une partie se retrouve dans le site B avec le Ca entraine l'augmentation de ce dernier dans le site B quelle que soit l'amphibole primaire remplacée. Cette tendance est nettement illustrée à travers les diagrammes de la Figure 4.39 (a, b et c) suivante :

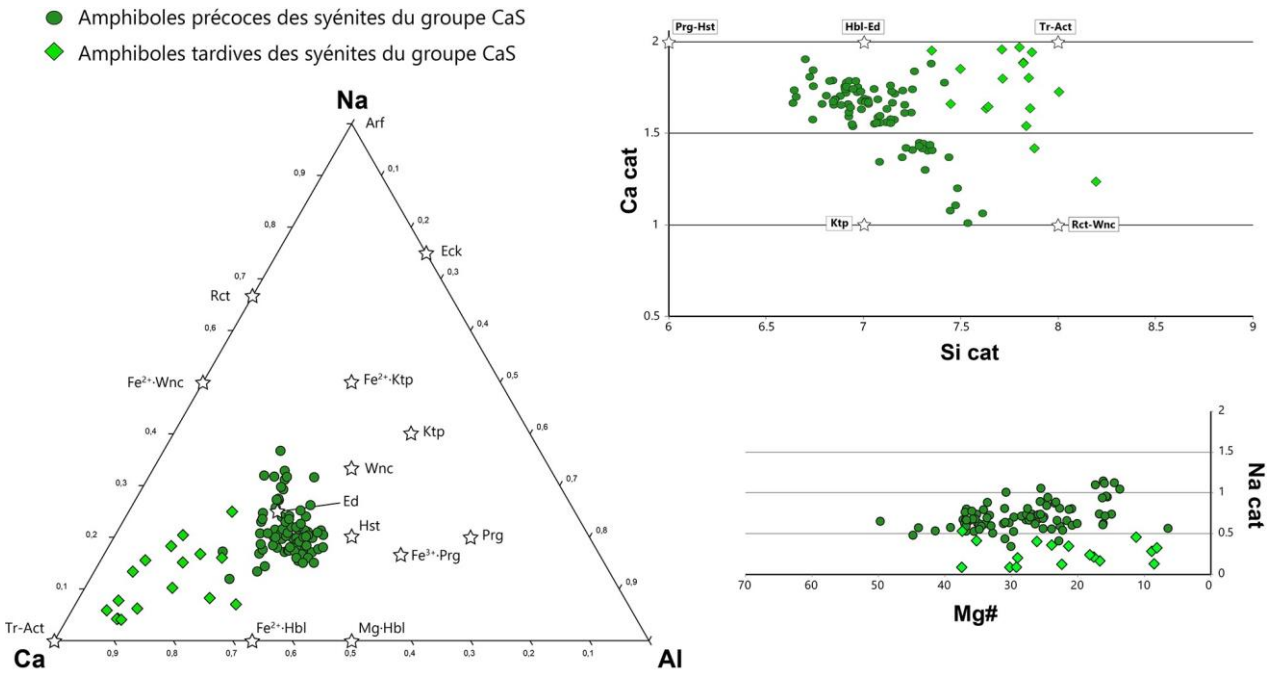


Figure 4.39 : Diagrammes de caractérisation minéralogique (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si, Na vs #Mg) des amphiboles des roches du groupe CaS.

Les premières amphiboles à cristalliser dans les syénites du groupe CaS sont donc calciques et évoluent au cours du temps vers des amphiboles ferreuses plus calciques (augmentation du rapport cationique Ca/Na).

Quelques analyses montrent des compositions d'amphibole calco-sodique qui sont reportées dans la Figure 4.38(c). Ces différents échantillons montrant également des compositions d'amphiboles calciques, elles pourraient être liées à une légère perturbation de la mesure à la microsonde menant à surestimer la proportion de Na tel que c'est surement le cas pour les cercles verts. Cependant certaines de ces amphiboles précoces (cercles bicolores) ont été analysées dans un échantillon qui se placent structuralement au contact avec les syénites du groupe CaNaS (13TK31). Appartenant pétrographiquement à des syénites du groupe CaS, ces analyses pourraient donc marquer ou annoncer un changement significatif dans la chimie globale des intrusions qui vont suivre. Les analyses représentées par des cercles bleus sont des amphiboles précoces analysées dans un échantillon (TC09-37) qui est structuralement au contact avec des intrusions monzo-dioritiques antérieures qui sont les extensions latérales de celles décrites au front de la coulée du Vulcain (Figure 2.19). Il est possible que ces intrusions mafiques aient eu un impact sur la chimie de la roche en profondeur menant à de telles compositions d'amphiboles dans ce cas particulier. Toutefois, il est curieux que ces analyses d'amphiboles calco-sodiques proviennent de deux échantillons desquels au moins un zircon est trop jeune pour faire partie de la population principale. Cette coïncidence semble indiquer que ces deux échantillons ont subit une phase de cristallisation tardive en relation avec les caractéristiques des roches CaNaS.

4.2.2.3 Amphiboles des syénites du groupe NaS

29 analyses in situ des amphiboles ont été réalisées sur 4 échantillons représentatifs du groupe pétrographiques NaS. Toutes ces analyses ont été reportées dans Figure 4.40 suivante :

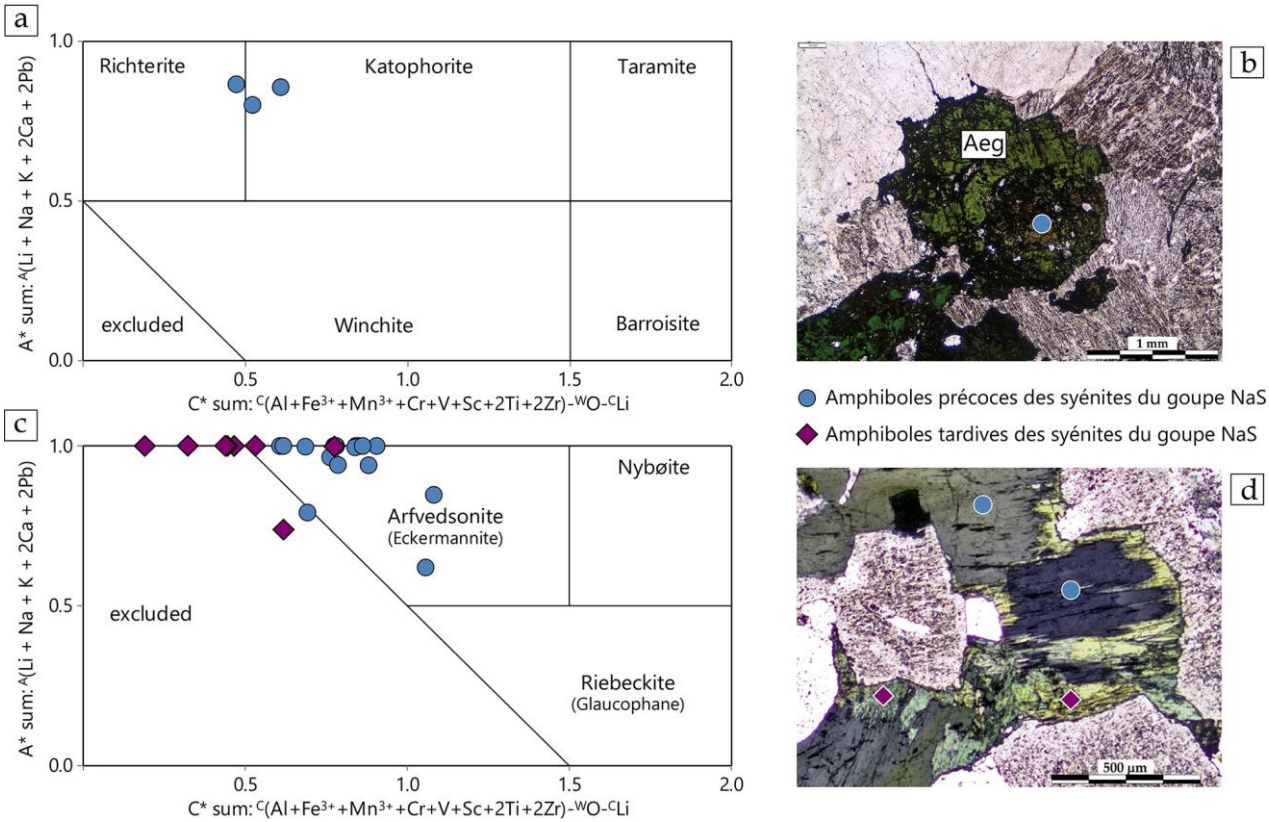


Figure 4.40 : Composition des amphiboles des syénites du groupe NaS. (b et a) exemple illustré et diagramme de classification des amphiboles calco-sodiques (d'après Hawthorne et al., 2012); (d et c) exemples illustrés et diagramme de classification des amphiboles sodiques (d'après Hawthorne et al., 2012).

En accord avec les observations pétrographiques, certains échantillons présentent parfois des amphiboles précoces de type calco-sodique. En effet, trois amphiboles ont des compositions de type ferro-katophorite, ferri-ferro-katophorite et ferro-richtérite, représentées dans la Figure 4.40(a). Les formules structurales idéales de ces amphiboles sont : $Na(NaCa)(Fe^{2+}{}_4Al)(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$ pour la ferro-katophorite avec une substitution $Al^{3+} \Leftrightarrow Fe^{3+}$ donnant la ferri-ferro-katophorite et $Na(NaCa)Fe^{2+}{}_5Si_8O_{22}(OH)_2$ pour la ferro-richtérite. Ces amphiboles sont définies par le rapport de [Ca/(Ca+Na)] dans le site B, compris entre 0.75 et 0.25, ce qui justifie leur appartenance au groupe des amphiboles calco-sodiques. Ces amphiboles sont toujours observées en cours de transformation remplacées par d'autres amphiboles associées au pyroxène sodique. Ces amphiboles plus tardives dans ces échantillons particuliers à amphiboles calco-sodiques représentent toutefois la majorité des amphiboles de 1ère génération qui cristallisent dans les syénites où les amphiboles calco-sodiques sont absentes, lesquelles forment la majorité des roches de ce groupe NaS. En outre les amphiboles calco-sodiques, les compositions des amphiboles précoces se concentrent dans le champ des arfvedsonites -eckermannites. La composition idéale de l'arfvedsonite est $NaNa_2(Fe^{2+}{}_4Fe^{3+})Si_8O_{22}(OH)_2$ avec F>(Cl,OH) dans le site W pour la fluoro-arfvedsonite. En accord avec les observations pétrographiques, les amphiboles primaires qui cristallisent au sein des syénites du groupe NaS sont donc en grande majorité sodiques. Des compositions d'amphiboles tardives dans l'histoire des roches de ce groupe sont également reportées sous forme de losange violet dans la Figure 4.40(c). Ces amphiboles tardives apparaissent en remplacement des arfvedsonites à partir de leurs bordures comme le montre la Figure 4.40(d). Il s'agit de ferro-eckermannites parfois riches en fluor ou en titane dont la

formule idéale est $NaNa_2(Fe^{2+}{}_4Al)Si_8O_{22}(OH)_2$. La majorité des analyses se retrouve cependant à l'extérieur du champ de l'eckermannite. Une des raisons qui pourrait expliquer ce décalage est une mauvaise calibration de la feuille de (Locock, 2014) utilisée pour le calcul des formules structurales de ce type d'amphibole très riches en sodium. Il est plus probable que ces amphiboles, du fait de leur cristallisation tardive, aient incorporé des éléments en traces dans leur structure qui n'ont été pas mesurés lors de l'analyse à la microsonde. Une autre explication serait la confusion de cette espèce minérale, du fait de la petite taille des cristaux, avec l'aegirine dont les compositions sont chimiquement proches. Cependant cette dernière hypothèse ne semble pas cohérente du fait de la présence significative de potassium, fluor et chlore dans certaines analyses. De plus et c'est là l'argument principal, les figures de remplacement entre l'arfvedsonite et ce minéral observées ici (Figure 4.40, d) ne ressemblent pas aux figures de remplacement impliquant l'arfvedsonite, l'aegirine et les CaNa-Amp (Figure 4.40). Même si ce minéral pourrait représenter une 2ème génération d'aegirine remplaçant les amphiboles, il est peu probable que le mécanisme de transformation formant un nouvel habitus ait été différent. Une des explications que je privilégie est la mauvaise calibration du ratio Fe^{2+}/Fe^{3+} dans la formule structurale de ces amphiboles de compositions extrêmes. C'est pourquoi, j'ai donc considéré que l'évolution caractéristique des amphiboles au sein des syénites du groupe NaS se fait dans un premier temps des amphiboles calco-sodiques vers les arfvedsonites, et plus tardivement des compositions d'arfvedsonite vers des compositions de ferro-eckermannite. Certains échantillons ne présentant que l'étape calco-sodique – sodique.

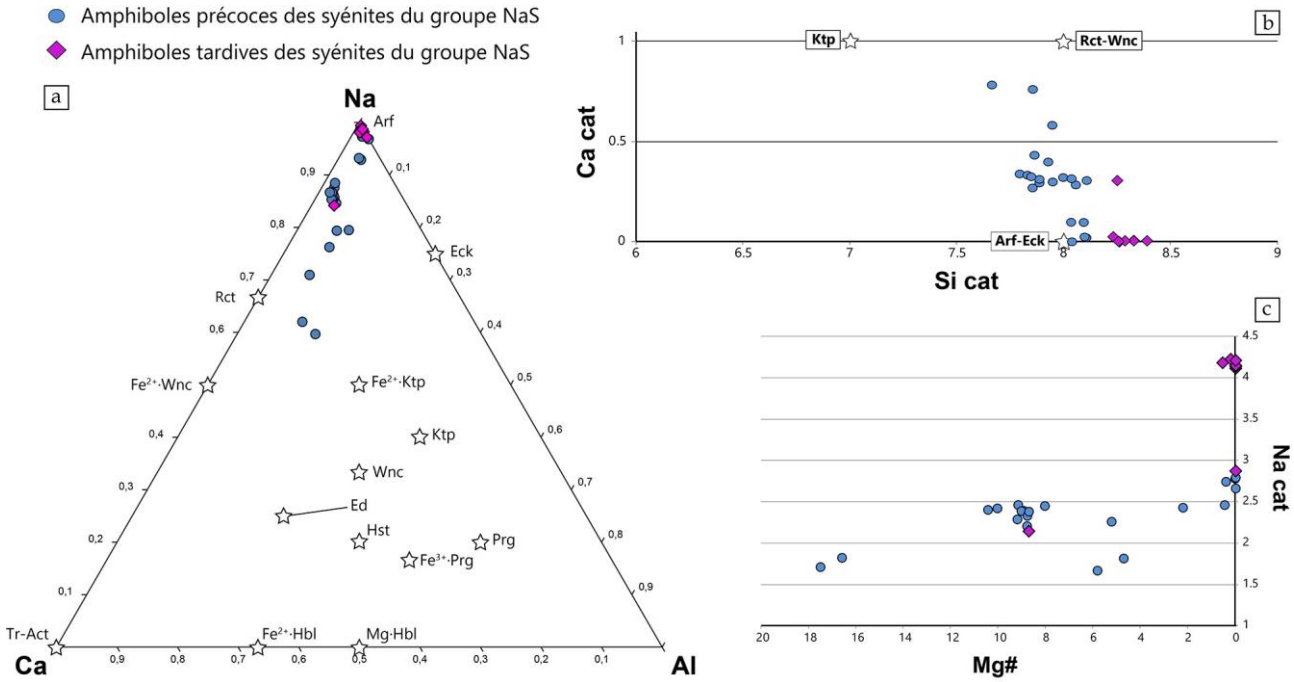


Figure 4.41 : Diagrammes de caractérisation minéralogique (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si, Na vs #Mg) des amphiboles des roches du groupe NaS.

Cette chronologie implique donc des substitutions de type $Ca^{2+}+Al_2 \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}+Si^{4+}$ dans le cas de la transformation d'une ferro-katophorite en arfvedsonite et une substitution $Ca^{2+}+Fe^{2+} \rightarrow Na^{+}+Fe^{3+}$ dans le cas de la transformation d'une ferro-richtérite. Ces transformations marquent donc un enrichissement net en sodium et fer ferrique qui s'illustre bien dans la Figure 4.41 (a, b et c). Plus tardivement le remplacement de l'arfvedsonite par la ferro-eckermannite s'opère via une substitution de type $Fe^{3+} \rightarrow Al^{3+}$. Cette dernière phase de remplacement ne s'observe pas dans tous les échantillons et semble donc en relation avec la circulation très localisée d'un fluide tardif alumineux.

4.2.2.4 Amphiboles des syénites du groupe CaNaS

125 analyses ont été effectuées sur 23 échantillons représentatifs du groupe CaNaS. Toutes ces analyses ont été représentées dans la Figure 4.42 suivante :

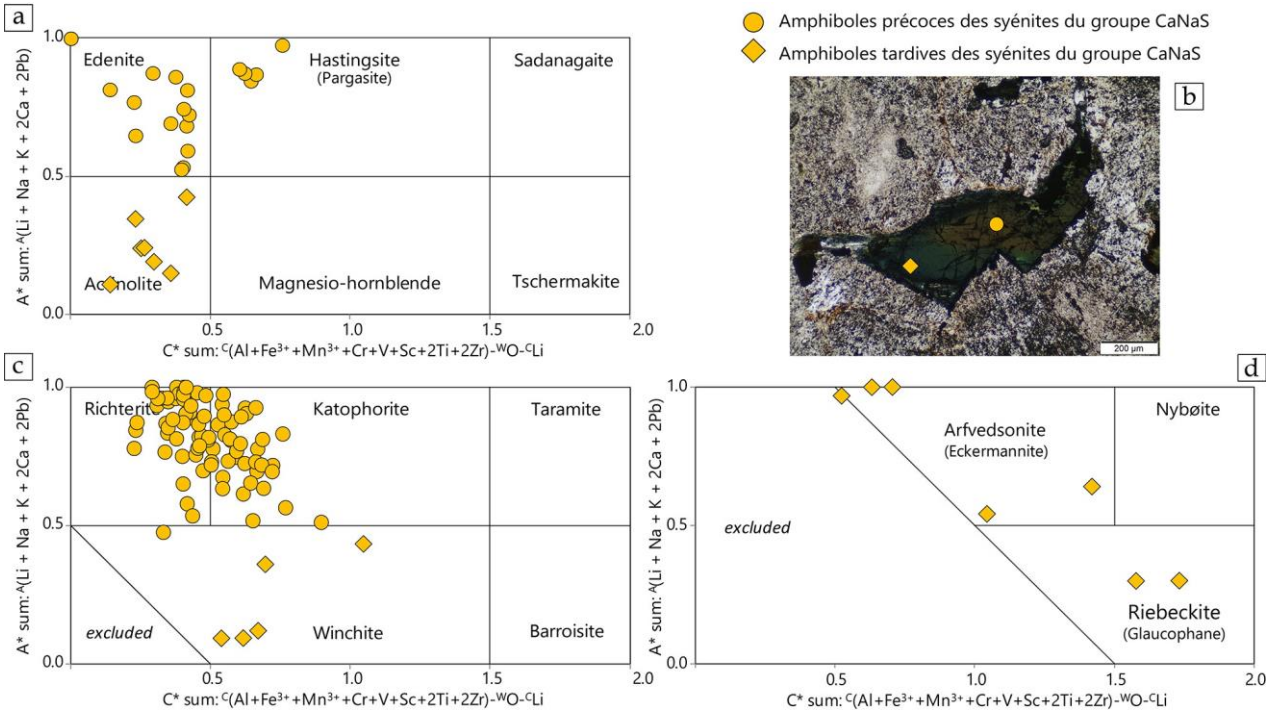


Figure 4.42 : Diagramme de classification des amphiboles des syénites du groupe CaNaS (d'après Hawthorne et al., 2012). (a) diagramme des amphiboles calciques. (b) Exemple photographique d'une katophorite en cours de remplacement par une arfvedsonite plus tardive illustrant les compositions reportées dans le diagramme des amphiboles calco-sodiques (b) et sodiques (c).

Cette figure montre que les amphiboles analysées au sein de ce groupe se classent à la fois dans les amphiboles calciques (Figure 4.42,a), les calco-sodiques (Figure 4.42,c) et les sodiques (Figure 4.42,d). Une partie des amphiboles les plus précoces sont calciques et composées en majorité de ferro-édenites et d'hastingsites représentées par des cercles dans la Figure 4.42(a). Cependant les amphiboles précoces qui dominent au sein de ce groupe sont des amphiboles calco-sodiques dont les compositions sont reportées en Figure 4.42(c). Ces amphiboles sont principalement des ferro-ferri-katophorites et des ferro-richtérites. L'étude pétrographique préliminaire a permis de mettre en évidence la déstabilisation et le remplacement des amphiboles précoces au cours de l'histoire des roches de ce groupe quelle que soit l'échantillon considéré. Cette déstabilisation est accompagnée de la formation de nouvelles amphiboles qui viennent remplacer en pseudomorphose les amphiboles déjà cristallisées et qui apparaissent aussi tardivement dans les interstices laissés vacants. Ces amphiboles tardives sont représentées par des losanges dans la Figure 4.42. Une partie d'entre elles ont des compositions d'amphiboles calciques et sont des ferro-actinolites (Figure 4.42,a). Ces phases calciques tardives s'observent dans les roches où ont cristallisé initialement des amphiboles majoritairement calciques. Une autre partie de ces amphiboles tardives s'observent dans les échantillons où les amphiboles précoces sont majoritairement calco-sodiques. Ces amphiboles secondaires ont des compositions calco-sodiques de type ferro-ferri-winchites et sodiques de type arfvedsonites. Deux analyses d'amphiboles qui forment avec la biotite une figure de remplacement d'un minéral d'olivine sont des magnésio-riebéckites. Cette amphibole a une formule idéale telle que : $Na_2(Mg_3Fe^{3+}_2)Si_8O_{22}(OH)_2$ et dont le champ est confondu avec celui du glaucophane dans ce diagramme. Les amphiboles des syénites du groupe CaNaS montrent ainsi deux évolutions nettes de leur compositions au cours du temps vers des compositions soit plus calciques soit plus sodiques.

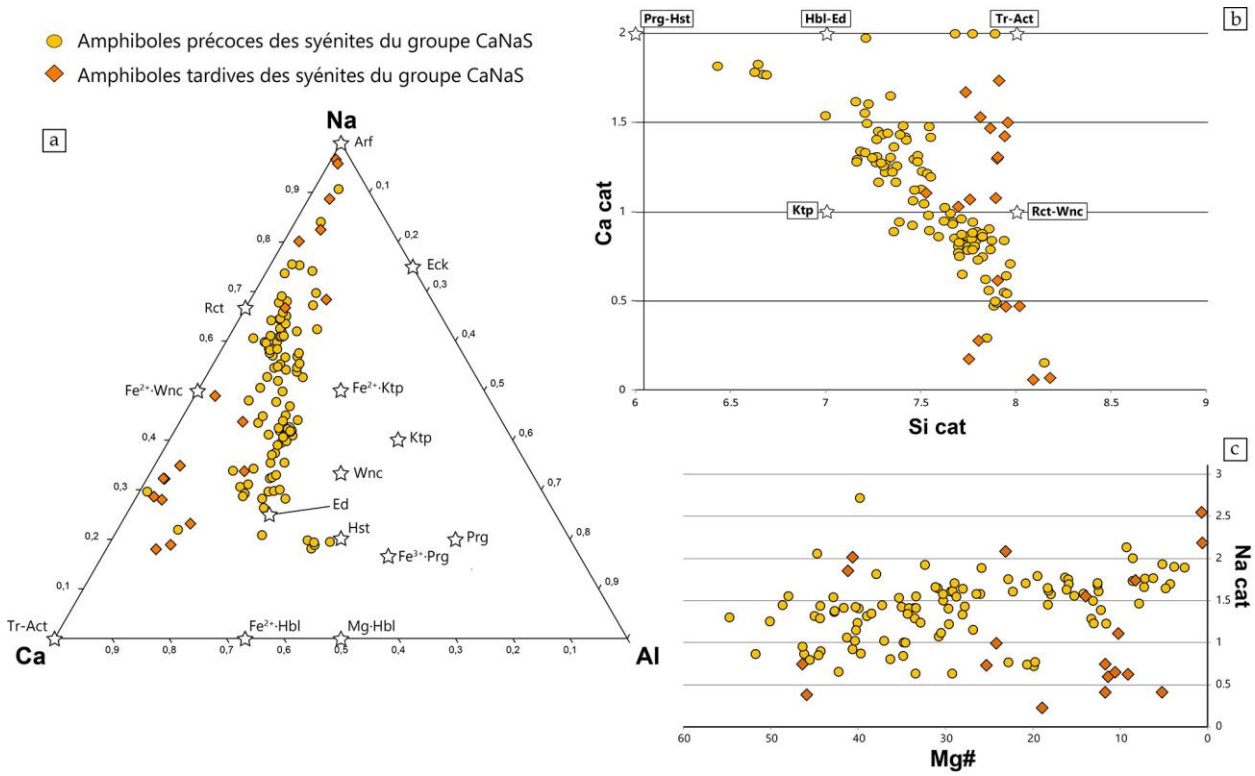


Figure 4.43 : Diagrammes de caractérisation minéralogique (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si, Na vs #Mg) des amphiboles des roches du groupe CaNaS.

Cependant en accord avec les observations pétrographiques, l'évolution dominante est celle qui implique les amphiboles calco-sodiques qui sont prépondérantes au sein de ce groupe. Il s'agit donc de l'évolution vers les amphiboles sodiques, bien que cette tendance dominante ne se reflète pas dans la dispersion des analyses. Les amphiboles des syénites du groupe CaNaS montrent des caractères communs avec les amphiboles des deux groupes précédents. En effet, la comparaison entre les diagrammes des amphiboles calciques du groupe CaS (Figure 4.38, a) et CaNaS (Figure 4.42,a) met en évidence une forte similitude entre les amphiboles calciques de ces deux groupes. De plus, l'évolution chronologique des ces amphiboles calciques est semblable dans les deux groupes, allant des termes précoces calciques de type hastingsite et ferro-édenite vers des amphiboles tardives plus calciques de type ferro-actinolite. Mais les amphiboles du groupe CaNaS ont également des caractères communs avec les amphiboles du groupe NaS puisque leurs amphiboles calco-sodiques de type ferro-ferri-katophorite et ferro-richtérite évoluent vers des termes sodiques de type arfvedsonite. Bien que certaines analyses tendent à montrer un cœur de composition plutôt katophorite et des bordures plutôt de richtérite pour les amphiboles précoces, cette observation ne peut être généralisée pour l'ensemble des roches de ce groupe. De plus, il est clair que ces deux amphiboles coexistent au sein de certains échantillons sans qu'il soit possible de les distinguer chronologiquement dans la séquence de cristallisation. Ainsi, les analyses des amphiboles qui cristallisent dans les syénites du groupe CaNaS confirment bien le caractère intermédiaire de ce groupe par rapport aux syénites à amphiboles calciques du groupe CaS et aux syénites à amphiboles sodiques du groupe NaS.

4.2.2.5 Evolution des amphiboles à l'échelle du complexe

Les analyses in-situ des amphiboles du SRBIC et de ses satellites ont ainsi permis de mettre en évidence des caractéristiques minéralogiques en fonction de la chronologie relative propre à chaque groupe. La comparaison entre ces différentes caractéristiques permet donc de contraindre l'évolution minéralogique des amphiboles à l'échelle du complexe plutonique dans son ensemble. La synthèse des résultats et la comparaison entre les différents groupes pétrographiques sont présentées dans les figures suivantes qui reprennent en partie les diagrammes présentés précédemment volontairement épurés.

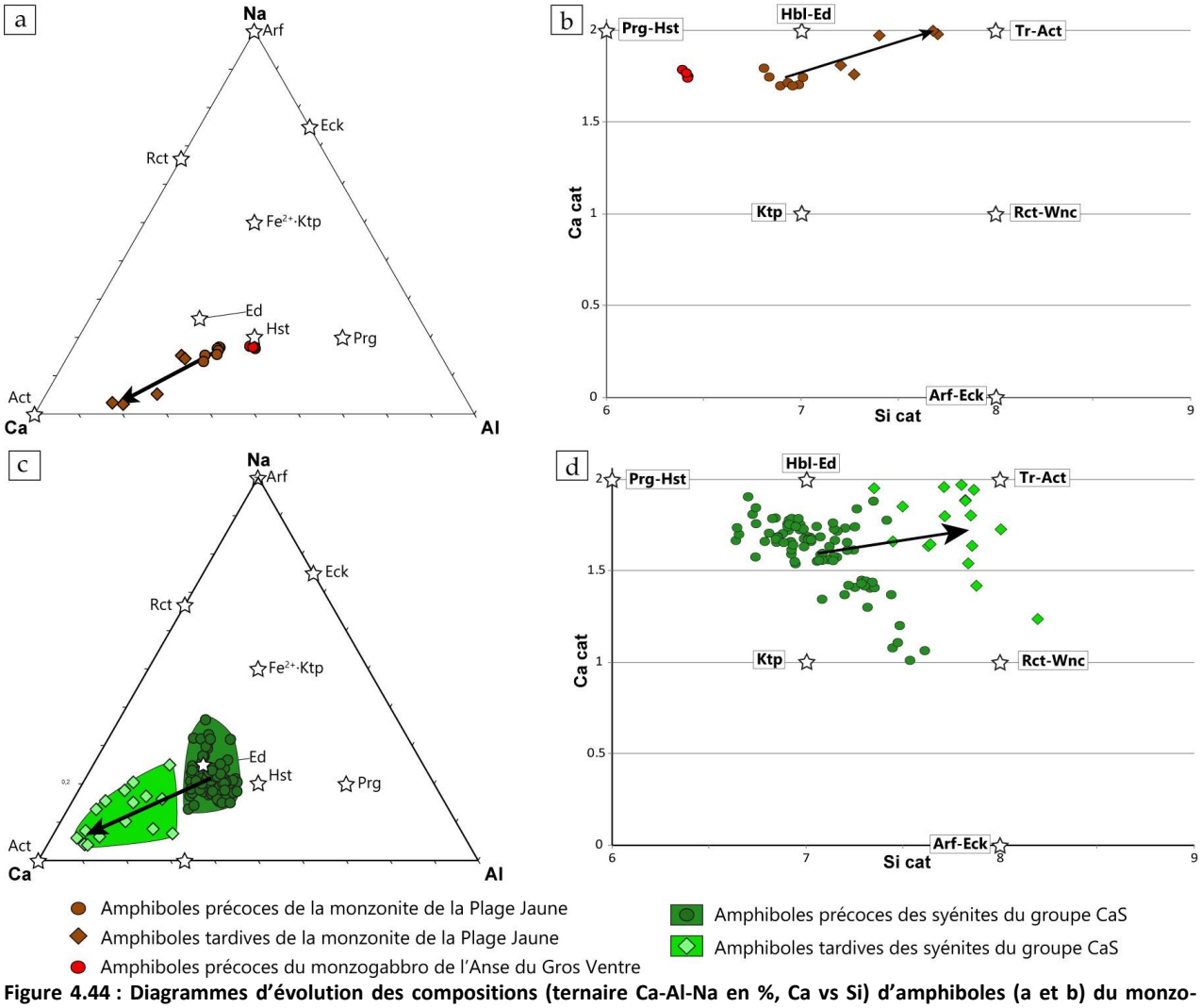


Figure 4.44 : Diagrammes d'évolution des compositions (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si) d'amphiboles (a et b) du monzo-gabbro de l'Anse du Gros Ventre et intermédiaire de la Plage Jaune, et (c et d) des roches du groupe CaS

L'échantillon le plus mafique de la péninsule, situé dans le complexe satellite de l'anse du Gros Ventre, est en partie constitué d'amphiboles de type pargasite, lesquelles sont représentées par des cercles rouges dans les diagrammes (a et b) de la Figure 4.44. Ces amphiboles constituent le pôle le plus riche en calcium et pauvre en silice de toutes les amphiboles analysées dans les roches du complexe (Figure 4.44,b). Les amphiboles de première génération analysées dans les monzonites qui forment l'intrusion de la Plage Jaune sont également riches en calcium. Plus riches en silice que les pargasites, ces amphiboles sont des hastingsites représentées par des cercles bruns dans la Figure 4.44 (a et b). Ces amphiboles sont remplacées tardivement par des amphiboles de type actinolites. Cette transformation induit un enrichissement relatif en calcium et en silice des amphiboles se traduisant par un étalement net des compositions vers le pôle calcique du diagramme ternaire et vers la composition idéale Tr-Act du

diagramme b. Cette évolution chronologique est illustrée par une flèche dans les deux diagrammes. Il apparait donc clairement que les premières amphiboles des roches mafiques et intermédiaires sont calciques et évoluent au cours de l'histoire de ces roches vers un pôle encore plus calcique. Les amphiboles des syénites du groupe pétrographique CaS montrent une tendance similaire. En effet, les premières amphiboles qui cristallisent dans ces roches sont majoritairement de type ferro-édenite (et minoritairement hastingsite), lesquelles subissent une transformation et un remplacement tardif par des amphiboles également de type actinolite. Cette transformation est bien illustrée dans les deux diagrammes c et d de la Figure 4.44, avec un partitionnement net des compositions d'amphiboles précoces par rapport à celles des amphiboles tardives. Les domaines de compositions couverts par les amphiboles des syénites du groupe CaS sont plus vastes que pour les amphiboles des roches mafiques et intermédiaires. Ceci s'explique bien entendu, mais seulement en partie, par le plus grand nombre d'échantillons analysés par rapport aux roches mafiques et intermédiaires. En effet, une tendance des amphiboles précoces CaS à s'étaler vers des compositions plus calco-sodiques de type katophorite s'observe notamment dans le diagramme d de la Figure 4.44 et n'est pas dû aux nombres d'analyses mais bien à la variation des compositions en fonction de l'échantillon considéré. Malgré cette légère variation, il est clair que les amphiboles primaires des roches intermédiaires et celles des syénites du groupe CaS sont calciques et évoluent au cours du temps vers des compositions relativement plus siliceuses et encore plus calciques au cours d'une phase de remplacement progressif.

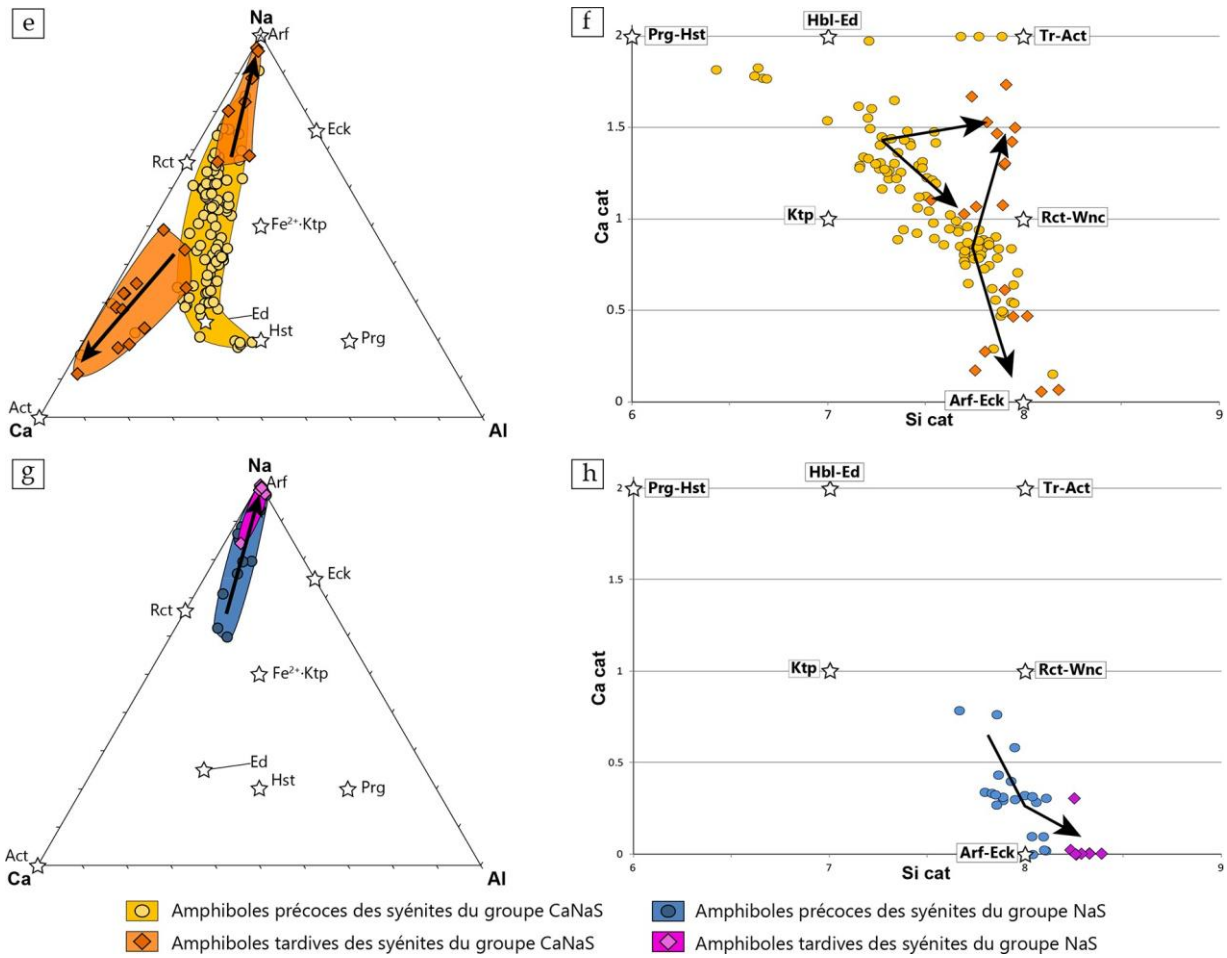


Figure 4.45 : Diagrammes d'évolution des compositions (ternaire Ca-Al-Na en %, Ca vs Si) d'amphiboles des roches du groupe (e et f) du groupe CaNaS et (g et h) du groupe NaS.

Les syénites du groupe CaNaS sont, quant à elles, constituées en grande majorité par des amphiboles calco-sodiques de type ferri-ferro-katophorite et ferro-richtérite représentées par des cercles ocres.

Toutefois le large domaine de compositions couvert par les amphiboles précoces de ce groupe indique nettement une variation de composition à partir de termes calciques hastingsite et ferro-édenite vers des compositions d'amphiboles calco-sodiques en fonction de l'échantillon considéré. Aussi, comme décrit dans une partie précédente, les amphiboles précoces de ce groupe sont à la fois calciques et calco-sodiques. Ces amphiboles précoces subissent une transformation et un remplacement tardif par des amphiboles de seconde génération dont le type varie également en fonction de l'échantillon considéré. En effet, illustrée par des champs oranges dans la Figure 4.45(e et f), cette évolution peut déboucher sur des amphiboles tardives plus calciques de type actinolite en passant parfois par des compositions de ferri-ferro-winchite ou bien vers des termes plus sodiques de type arfvedsonite. En accord avec les observations pétrographiques, c'est cette dernière tendance qui domine l'évolution des amphiboles au sein de ce groupe CaNaS. Enfin, les amphiboles précoces du groupe NaS sont dominées par des compositions d'arfvedsonite, bien que quelque amphiboles calco-sodiques précoces puissent être parfois observées.

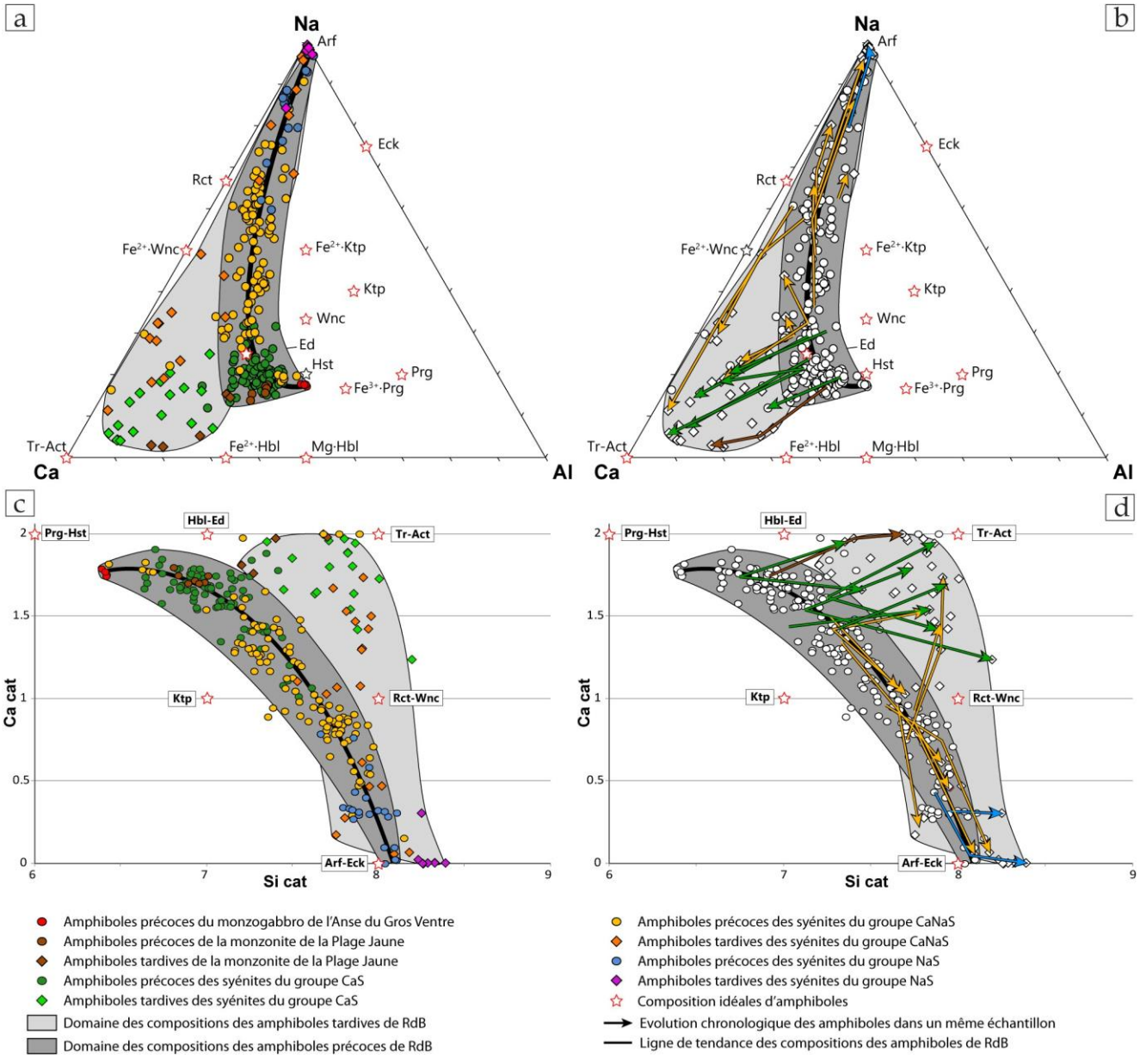


Figure 4.46: Diagrammes synthétiques de l'évolution des amphiboles au travers des 3 grands ensembles pétrographiques. a et b) ternaire Ca-Al-Na en %, et (c et d) Ca vs Si.

L'évolution des compositions de ces amphiboles se fait vers des compositions d'arfvedsonites plus riches en sodium et, dans quelques échantillons, aboutit plus tardivement à leur remplacement par des amphiboles de type ferro-eckermannite (Figure 4.45, g et h).

4.2.2.6 Synthèse sur la minéralogie des amphiboles

L'analyse minéralogique des amphiboles permet donc de caractériser un large domaine de compositions d'amphiboles précoces et tardives observées au sein des roches plutoniques du complexe sud de Rallier du Baty et de ses satellites. Tout comme c'est le cas pour les pyroxènes, ces compositions oscillent entre des termes très calciques et très sodiques. Cette particularité est illustrée dans la Figure 4.46, ou le domaine grisé, modélisé qualitativement, représente le domaine de concentration des compositions d'amphiboles de première génération sur l'ensemble des roches plutoniques étudiées.

D'autre part, l'étude minéralogique des différentes générations d'amphibole couplée aux observations pétrographiques au sein des roches plutoniques a permis de caractériser l'évolution de leur composition au cours du temps. Les résultats obtenus mettent clairement en évidence une évolution chronologique de ces phases minérales vers des termes calciques dans les roches intermédiaires, les syénites du groupe CaS et dans une faible proportion des syénites du groupe CaNaS. Ils démontrent aussi clairement que dans la majorité des roches du groupe CaNaS cette évolution chronologique se fait vers des termes sodiques tout comme dans les syénites du groupe NaS.

4.3 Synthèse sur la pétrographie et la minéralogie

L'étude pétrographique fut conduite sur les roches plutoniques du complexe sud de la péninsule de Rallier du Baty (SRBIC), comprenant le plus gros volume de mise en place et plusieurs de ses intrusions satellitaires. Majoritairement felsiques et plus précisément de compositions syénitiques (voir Chapitre 5), ces roches forment une série alcaline strictement sur-saturée en silice. Elles sont constituées des 4 phases majeures que sont les feldspaths perthitiques, les pyroxènes, les amphiboles et le quartz. Basée sur la pétrographie des clinopyroxènes et des amphiboles, cette étude a permis de distinguer trois grands ensembles pétrographiques parmi ces roches. Cristallisant à différents intervalles de temps dans l'histoire magmatique de ces roches et ce, avec différentes compositions minéralogiques, les amphiboles et les clinopyroxènes sont d'excellents marqueurs de l'évolution du système magmatique à l'origine du complexe. Ils sont donc, sans doute, les minéraux les plus adéquats permettant de discriminer les différentes roches plutoniques.

Ainsi, j'ai distingué un premier ensemble pétrographique constitué de syénites calciques (groupe CaS). Cet ensemble est caractérisé par la cristallisation exclusive de minéraux ferromagnésiens calciques (pyroxènes et amphiboles en proportion relative variable). Les premiers stades de cristallisation sont dominés par les pyroxènes de type Diopside-Hédenbergite-Augite. Les premières amphiboles relativement plus tardives que les pyroxènes sont de la famille des hornblendes. Finalement, les derniers ferromagnésiens cristallisant dans ces roches sont des actinolites. Le terme « calcique » est relié à la composition des amphiboles et pyroxènes mais est également appuyé par la présence de phases telles que l'apatite (accessoire mais relativement abondante), la titanite, voire parfois de la calcite tardive.

Un deuxième ensemble pétrographique correspond aux syénites sodiques (groupe NaS). Cet ensemble est caractérisé par la cristallisation abondante de minéraux ferromagnésiens sodiques. Les plus précoces dans ces syénites sont des amphiboles calco-sodiques et des amphiboles sodiques de type arfvedsonite (ces dernières cristallisent un plus tardivement que les précédentes). Les pyroxènes sont des aegirines qui déstabilisent les amphiboles calco-sodiques et apparaissent en association les arfvedsonites. A la fin de

l'histoire magmatique, ces dernières sont remplacées par des amphiboles de type eckermannite. Malgré la présence des amphiboles calco-sodiques, la proportion relative des ferromagnésiens sodiques (pyroxènes et amphiboles) justifient le terme de syénites « sodique » qui qualifie cet ensemble. D'autre part, les roches de ce groupe, riche en quartz, sont également très riches en minéraux accessoires typiques des systèmes alcalins évolués tels que la chevkinite, le zircon, l'aenigmatite, le pyrochlore, l'astrophyllite et la fluorite.

Un dernier ensemble pétrographique regroupe les syénites calco-sodiques. Comme l'indique cette dénomination, c'est un groupe intermédiaire entre les deux ensembles précédents. Ces roches ont donc des caractéristiques propres aux deux groupes CaS et NaS. Toutefois, elles se distinguent notamment de par les textures de déstabilisation et transformation des (nombreux) clinopyroxènes calciques précoces en clinopyroxènes sodiques, en passant donc par des compositions calco-sodiques. Les premières amphiboles sont calciques et surtout calco-sodiques, apparaissant après la cristallisation des clinopyroxènes calciques précoces. Ces amphiboles sont tardivement déstabilisées et remplacées soit par l'actinolite dans une faible proportion d'échantillons, soit par l'arfvedsonite qui est l'amphibole secondaire la plus abondante. Ces dernières sont contemporaines voire postérieures à la cristallisation des clinopyroxènes sodiques. Ce groupe pétrographique montre donc des similitudes avec les ensembles franchement calciques et franchement sodiques précédents. Cette caractéristique se retrouve également au niveau des minéraux accessoires tels que l'apatite, la titanite, l'aenigmatite, la chevkinite et le zircon. De par leur caractère intermédiaire, il est parfois difficile de distinguer les roches les plus évoluées de ce groupe avec celles les moins évoluées du groupe NaS uniquement via les caractéristiques des minéraux ferromagnésiens. C'est pourquoi, la quantité de quartz, la nature et l'abondance relative des minéraux accessoires ainsi que la proportion des minéraux sodiques doivent être pris en compte. D'autre part, cette difficulté relative révèle également les caractéristiques pétrographiques voisines de syénites. Ce lien apparent sera discuté plus en détail par la suite, notamment via les résultats géochimiques (Chapitre 5) mais permet, à ce stade, de distinguer au moins deux lignées d'évolution magmatique. La première évoluant de termes calciques vers des termes calciques correspondant aux syénites CaS et aux roches intermédiaires (monzo-gabbro/diorites et monzonites). La seconde évoluant de termes calciques précoces vers des termes sodiques incluant les syénites du groupe CaNaS et NaS.

Les caractères pétrographiques généraux du diagramme en Figure 4.47 permettent de mettre en évidence les changements de minéralogie in-situ des ferromagnésiens au travers des différents ensembles pétrographiques. Ces phénomènes d'évolution, notamment les textures de transformation et de remplacement dénotent des changements géochimiques dans l'environnement de cristallisation au cours de l'histoire des roches plutoniques du complexe. Toutes les textures observées sont magmatiques. Ceci implique que même si ces transformations sont accommodées/facilitées par la circulation de fluides, ceux-ci sont magmatiques. C'est pourquoi, ces figures de remplacement peuvent être considérées comme la conséquence d'un phénomène d'auto-métasomatisme des roches magmatiques plus ou moins cristallisées. Seules les figures d'intense oxydation et peut être la présence de minéraux exotiques tardifs (telle que la fluorite) au sein de quelques échantillons sur le massif des Deux frères pourraient être le résultat de la contribution de fluides en partie non magmatiques ayant eu un impact visible en lame mince sur les roches du complexe. En effet, les textures poreuses de certaines bordures de zircon indicatrices d'une potentielle participation de fluides hydrothermaux, révélées par l'imagerie électronique, n'ont pu être constatées à l'échelle de la lame mince.

La pétrographie des roches plutoniques démontre également que le complexe sud de la péninsule de RdB peut se définir pétrographiquement comme étant « agpaïtique transitionnel ». D'abord basés sur l'indice d'agpaïcité qui est en réalité l'index de peralcalinité $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$ en % molaire-(Ussing, 1912), les termes de « miaskitique » et « agpaïtique » ont été utilisés pour différencier les roches des systèmes peralcalins-alcalins. Révisés et redéfinis comme marqueurs minéralogiques (e.g. Sørensen, 1974; Marks and Markl, 2017), les roches miaskitiques sont les moins alcalines caractérisées par des minéraux porteurs des HFSE tels que la titanite, la pérovskite, le zircon et la baddeléyite. Les roches agpaïtiques sont les termes plus évolués de ces systèmes dont les principaux minéraux porteurs des HFSE sont l'eudyalite, la rinkite, les minéraux des groupes de la wöhlerite et de l'aenigmatite, l'astrophyllite, la catapleiite, la dalyite, l'elpidite, l'hilairite, la lampro-phyllite, la lorenzénite, la lovozérite, la parakeldyshite, la vlasovite, et la wadéite. C'est pourquoi, dans le cas du SRBIC, les syénites calciques (les plus vieilles du complexe) sont plutôt à tendance miaskitique tandis que les celles du groupe NaS (les plus jeunes du complexe) sont à tendance agpaïtique.

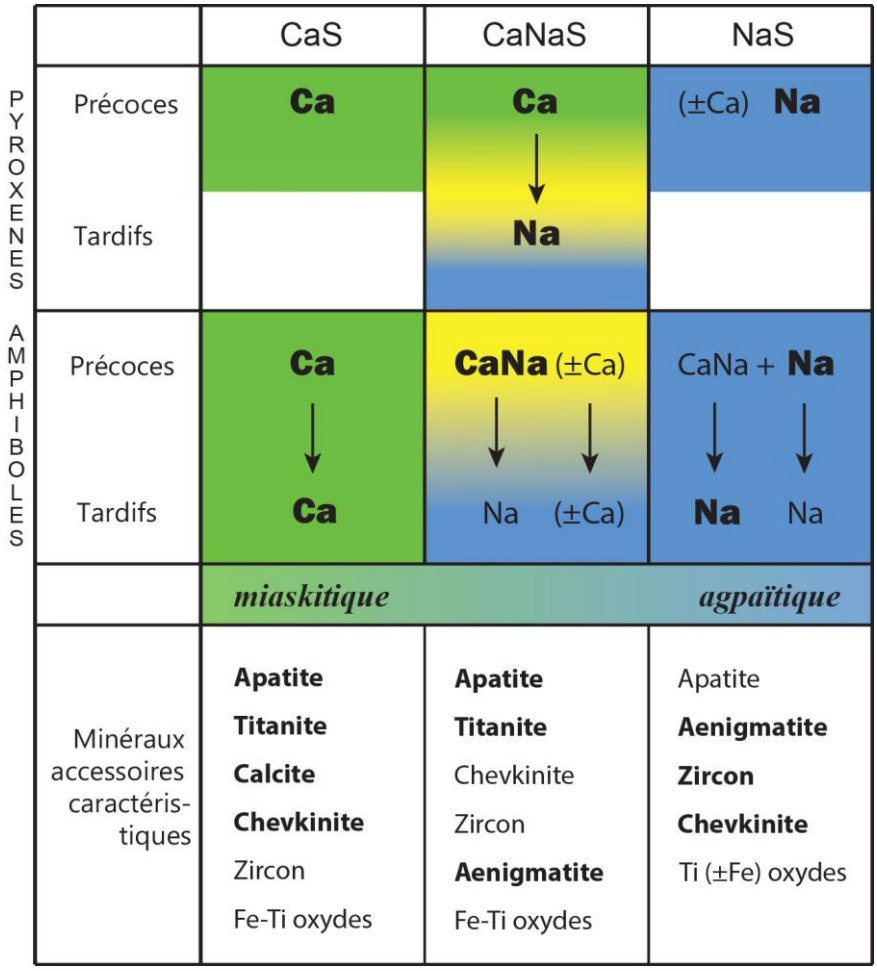


Figure 4.47: Diagramme synthétique des caractéristiques pétrographiques permettant de distinguer les 3 grands ensembles de roches plutoniques formant le complexe sud de Rallier du Baty.

4.4 Relation pétrographie-structure-géochronologie

Géochronologie :

L'étude de terrain couplée à l'étude géochronologique a permis de montrer que le complexe plutonique du SRBIC est formé par des injections successives de magma majoritairement syénitique et mises en place de façon continue dans le temps (Figure 3.8). Les premières manifestations plutoniques structuralement déconnectées du complexe majeur se sont mis en place vers 13.7 Ma à l'extrême sud de la péninsule. Les intrusions qui ont suivi se sont mises en place avec un âge décroissant du sud vers le nord et le centre de la péninsule. La mise en place du complexe du SRBIC à proprement dit a duré environ 3.7 Ma entre 11.57 et 7.88 Ma.

Structure :

Lorsque cela à été possible ces différentes injections ont pu être caractérisées sur le terrain grâce à leur contacts. Ces contacts, plus ou moins bien marqués à l'affleurement, sont tous des contacts magmatiques qui mettent en relation des roches d'aspects différents. Ces différences s'expriment par des changements relatifs et souvent associées, de taille de cristaux, d'agencement interne, de mode minéralogique et de couleur. Les différences texturales, qui sont les plus évidentes sur le terrain, sont donc des critères essentiels qui permettent la distinction entre les différentes injections. Aussi, 4 grands types de textures révélatrices de la construction du complexe ont été identifiées et qui sont: la texture pegmatitique, la texture grenue, la texture microgrenue, et la texture (microgrenue) porphyrique. La texture la plus représentée est sans conteste la texture grenue. Cependant, les observations répétées des différentes textures sur la péninsule ont montré que le SRBIC est formé par l'alternance de roches plutoniques de textures différentes répétées dans l'espace et dans le temps. Toutefois, l'organisation des différentes injections ne permet pas de définir dans le temps un processus qui se pourrait cyclique. La structure interne du SRBIC peut donc se schématiser par l'alternance de sills ou lentilles superposées de façon simple par sous-accrétion à l'échelle du complexe et de façon plus hétérogène à échelle plus fine. De plus, l'étude de terrain a permis de mettre en évidence trois grandes unités structurales toutes 3 composées par l'alternance de ces injections de textures différentes (Figure 2.33 et Figure 2.38). L'unité 1 est l'unité la plus vieille. La limite externe de cette unité est marquée par le contact intrusif avec les basaltes de plateau au sud et marqué par une zone de déformation intense le long de sa bordure interne. Elle est constituée par l'alternance de roche de texture grenue, pegmatitique est microgrenue. C'est également l'unité où se concentre le faciès microgrenue porphyrique. De plus, cette unité est la seule où s'observe une alternance de sills mafiques et syénitiques. L'unité 2, est plus récente. Sa bordure externe est marquée par le contact avec l'unité 1, et sa bordure interne par son contact avec l'unité 3. Elle est également formée par l'alternance des textures qui caractérisent les multiples injections plutonique. L'unité 3 est l'unité la plus récente. Sa bordure externe est formée par le contact avec l'unité 2 et ne possède pas de bordure interne. La proportion de syénite microgrenue dans cette unité est très inférieure à celle des unités précédente. Couplées à ces observations (Figure 2.49), les différentes mesures de terrains (Figure 2.32), l'orientation des basaltes encaissants (Figure 2.33) et les mesures de fabriques magnétiques (Figure 2.42) permettent de proposer un modèle de construction de type laccolithe pour le SRBIC (Figure 3.14).

Pétrographie :

L'étude pétrographique précédente a permis de mettre en évidence 3 grands ensembles pétrographiques au sein des roches plutoniques majoritairement felsiques du SRBIC. Ces ensembles ont pu être définis suivant une classification basée sur la pétrographie des minéraux ferro-magnésiens que sont les amphiboles et les pyroxènes. Le groupe CaS est défini par la cristallisation exclusive de ferromagnésiens

calciques quelle que soit leur place au sein de la séquence de cristallisation. Le groupe NaS est défini par la cristallisation de ferromagnésiens très majoritairement sodiques dès les premiers stades de cristallisation. Le groupe CaNaS est défini comme un groupe intermédiaire entre les 2 précédents. Les premiers stades de cristallisation des Fe-Mg étant dominés par des phases calciques ou calco-sodiques, tandis que les derniers stades sont dominés par la cristallisation ou l'évolution des Fe-Mg antérieurs vers des termes sodiques. Ainsi, chacun des 3 ensembles pétrographiques est défini par une séquence de cristallisation qui lui est propre. D'autre part, il est intéressant de noter que les textures observables sous microscopes différent quelque peu de celles identifiées sur le terrain. En comparant ces observations, il est clair que les textures identifiées sur le terrain dépendent de l'habitus des feldspaths qui forment la majorité du volume cristallisé. Sous le microscope, l'œil est moins attiré par ces gros volumes. Avec un regard critique, la taille des phases qui dépendent de leur nature, pourrait conduire à qualifier la majorité des syénites de porphyriques. Cependant, il faut ici considérer la texture de l'ensemble de la roche qui est majoritairement gouvernée par les feldspaths. De plus, ces minéraux faisant partie des premiers qui cristallisent et ce pendant une grande partie de l'histoire de la roche, ce biais d'observation n'en est finalement pas un. Le report de la pétrographie sur la carte de la péninsule de RdB permet d'aboutir à la Figure 4.48 :

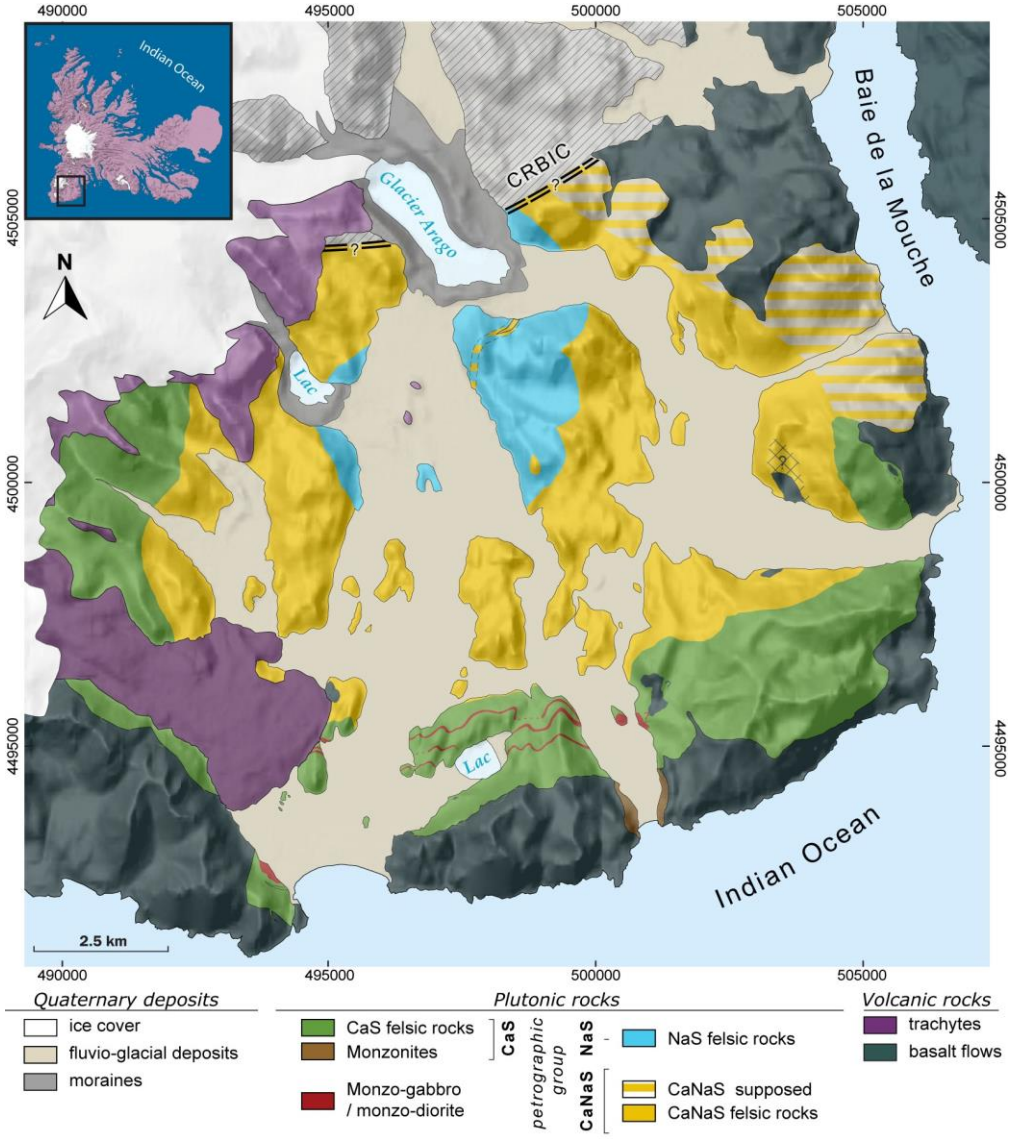


Figure 4.48: Carte pétrographique du complexe sud de Rallier du Baty.

Cette figure permet de montrer que les roches CaS sont exclusivement observées en bordure du complexe et strictement en dessous de 49°38'de latitude, c'est-à-dire de la vallée (autrefois glacier) de la Cascade jusqu'au mont Léon Lutaud. Les roches du groupe NaS sont elles, cantonnées au centre (± nord) de la péninsule, du pic Chastaing au massif du Portillon et s'observent majoritairement sur le massif des Deux Frères. Les roches CaNaS se retrouvent géographiquement entre les deux groupe précédents. Elles entourent les roches NaS et sont elles mêmes entourées par les roches CaS qui constituent la bordure du pluton. Cette caractéristique fait du SRBIC un complexe formé par des anneaux concentriques de pétrographie différente. Seule la bordure NE du complexe n'est pas constituée par les roches du groupe CaS mais formée par l'intrusion de différents complexes satellites, structuralement au dessus du SRBIC et dont les roches appartiennent au groupe CaNaS. Une mission réalisée sous peu permettra de confirmer ce dernier point qui reste pour le moment basé sur un échantillonnage réduit.

Mise en relation des résultats précédents :

La combinaison des cartes précédentes, structurale (Figure 2.33) et pétrographique (Figure 4.48) permet donc d'aboutir à la carte géologique du SRBIC présentée en Figure 4.49. La carte géologique ainsi établie permet de montrer qu'il existe une nette corrélation géographique et géochronologique entre la structure et la pétrographie des roches plutoniques à l'échelle du pluton. Cette relation s'illustre également au travers de la coupe NNE-SSO (Figure 4.50).

Les premières roches felsiques mises en place au complexe satellite de l'anse du Gros Ventre appartiennent au groupe pétrographique CaS. L'unité structurale la plus ancienne (unité 1) qui forme la bordure externe du SRBIC est également formée par une alternance de roches felsiques appartenant à ce groupe pétrographique. Au sein de cette unité, dans un temps très court suivant les premières intrusions syénitiques du complexe à proprement dit (à partir de 11.57 ± 0.15 jusqu'à 11.3 ± 0.2Ma sur l'arête Jérémine), se mettent en place les monzonites du complexe satellite de la Plage Jaune. Ces dernières sont suivies des syénites formant le contact du mont de Volz (11.13 ± 0.2Ma). Plus tard, se mettent en place, les intrusions de monzo-diorites au front de la coulée de Vulcain. Cette succession mise en évidence par la géochronologie montre que toutes ces roches de nature variée (monzo-diorite/monzonites/syénites) se mettent en place dans un temps extrêmement courts <1 Ma, voir <0.6Ma si les barres d'erreur ne sont pas prises en compte. Ceci montre également que le contact SRBIC/basalte n'est pas formé par une seule et même syénite (arête Jérémine 11.3±0.2; mont du Commandant 11,53±0.2 ; 11,13±0.2 mont de Volz ; 9.45 mont Lieutard). En effet, même si il est possible de contraindre un âge unique aux vues des barres d'erreur correspondant à une unique et hypothétique intrusion se retrouvant au SSW du complexe, l'âge de la syénite formant le contact de la vallée de Larmor plaide forcément pour des intrusions différentes. Ces dernières sont plus ou moins espacées dans le temps, sachant que les plus vieilles se mettent en place au SSE de la péninsule. Cette caractéristique renseigne également sur le modèle de construction du pluton. Malgré une structure annulaire cartographiquement, les âges du contact SRBIC/basaltes supposent qu'il ne peut pas avoir été formé par un unique filon annulaire (ring-dyke) courant le long des massifs externes. Par extension ce résultat peut être appliqué aux zones plus internes du complexe. La bordure interne de l'unité 1 se caractérise par une zone de forte déformation qui atteste du caractère antérieur de mise en place de cette unité par rapport aux intrusions suivantes. Les écrans de basalte de plateau qui se retrouvent dans cette zone de déformation supportent l'importance structurale de cette zone de transition entre deux unités structurales bien distinctes. Cette déformation est également présente mais moins intense dans la bordure externe de l'unité 2 (voir chapitre 1). Le contact entre les unités 1 et 2 se situe donc dans cette zone de forte déformation.

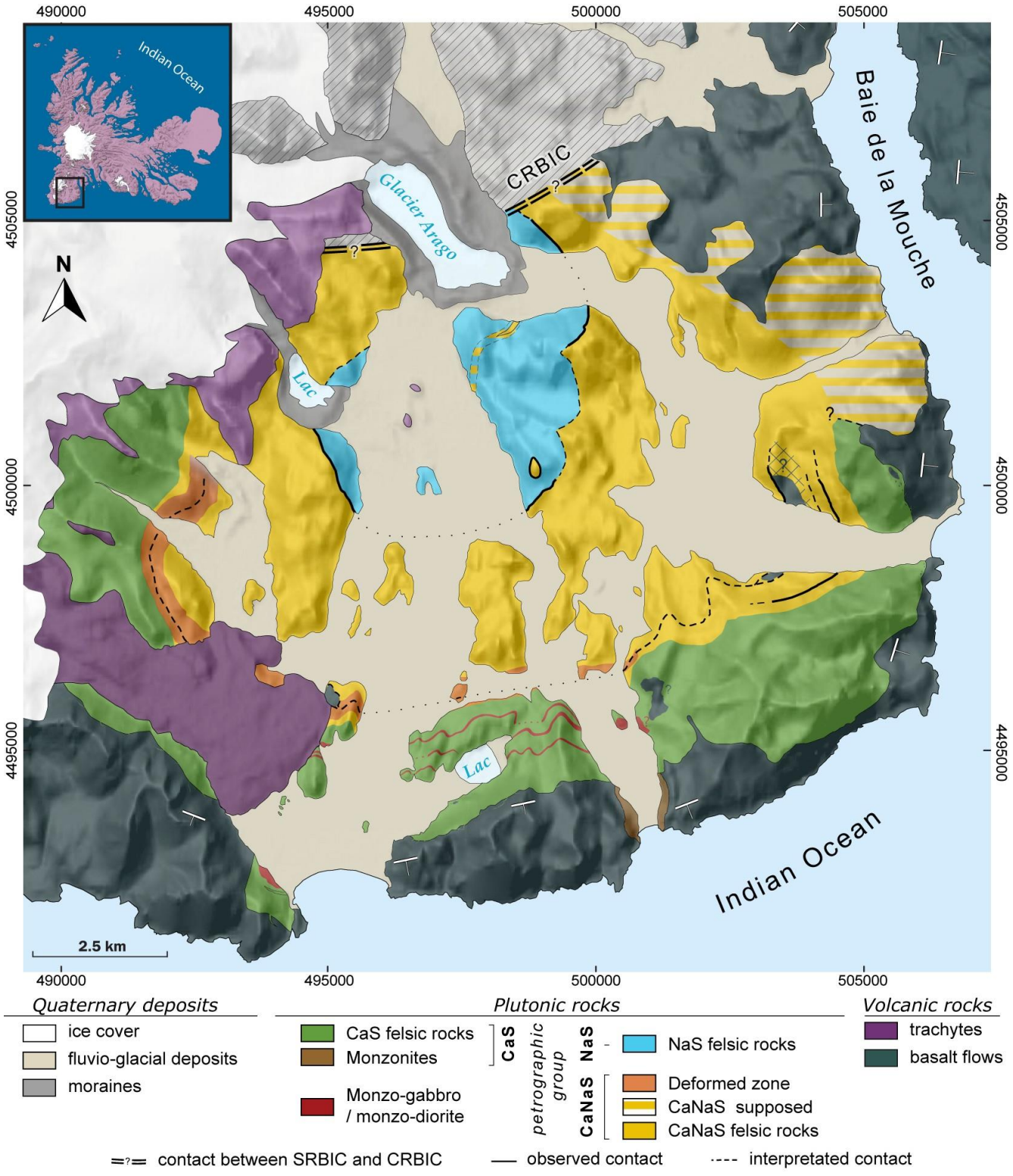


Figure 4.49: Carte géologique du SRBIC.

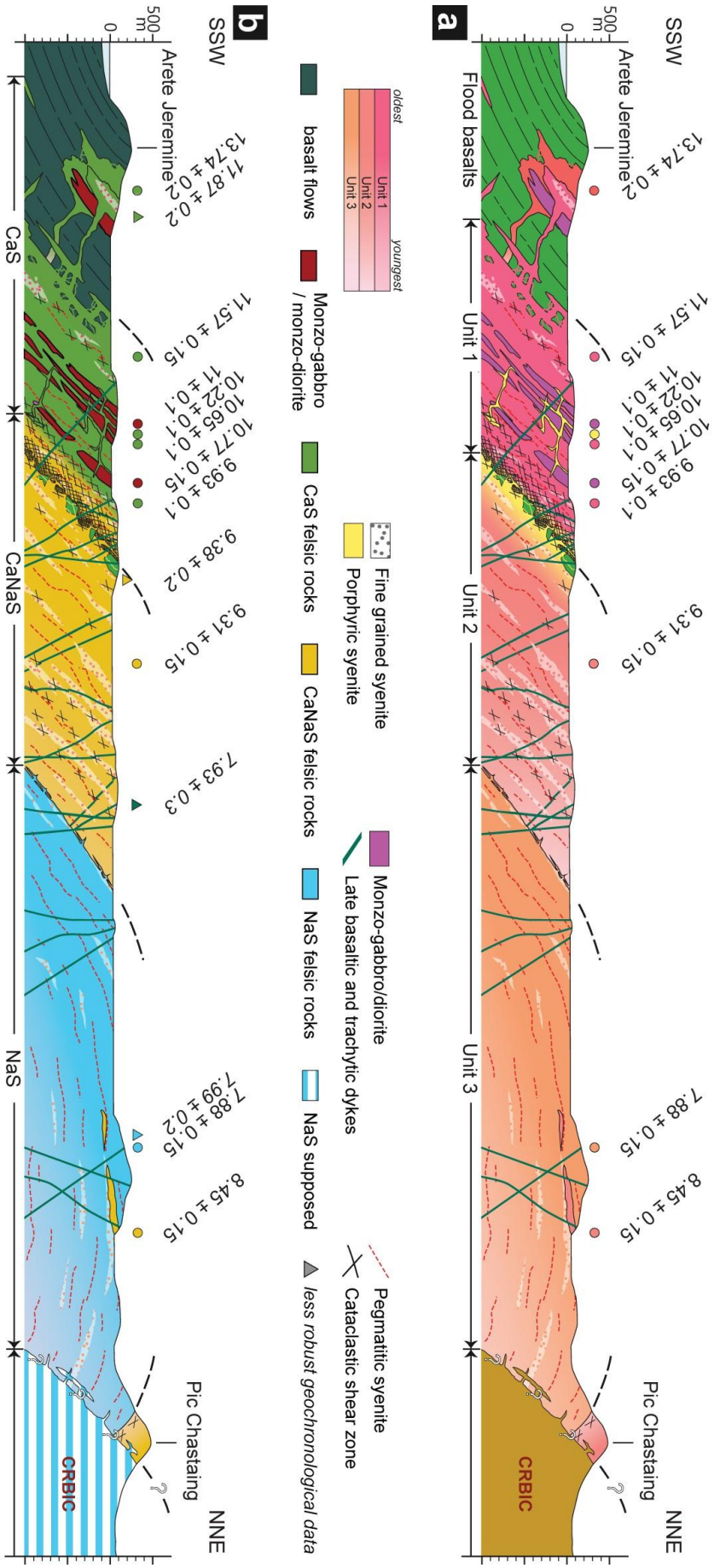


Figure 4.50: Comparaison des données structurales, pétrographiques et géochronologiques sur la coupe SSO-NNE.

La syénite caractéristique associée à cette zone de déformation, de texture porphyrique, qui constitue la bordure interne de l'Unité 1 fait partie des roches CaNaS. La transition entre les roches du groupe pétrographique CaS et CaNaS se fait donc au moins dans cette zone déformée, comme c'est le cas au pied du massif du Commandant. Toutefois, cette transition pétrographique s'observe le plus souvent avant le passage de l'unité 1 à l'unité 2 dans l'histoire de construction du complexe. En effet, bien que les roches du groupe CaNaS apparaissent toujours à la base de l'unité 1, elles se trouvent plus ou moins éloignées du contact entre U1 et U2 tel que dans la vallée de Larmor comparé à la vallée Fallot par exemple. Leur apparition semble cependant synchrone à l'échelle du complexe se situant entre 9.45 et 9.38 Ma. Les roches mises en place au sein de l'unité 2 sont toutes de types CaNaS. Le passage à l'unité structurale 3 au nord est marqué par un contact majeur sur le SRBIC. Ce contact structural se traduit également par le passage des roches du groupe CaNaS à la mise en place des roches du groupe NaS. Cette limite structurale est donc également une limite pétrographique. Seul un échantillon de roche (13TK101) appartenant au groupe CaNaS se retrouve enclavé au sein de l'unité 3 au niveau du flanc nord du massif des Deux Frères.

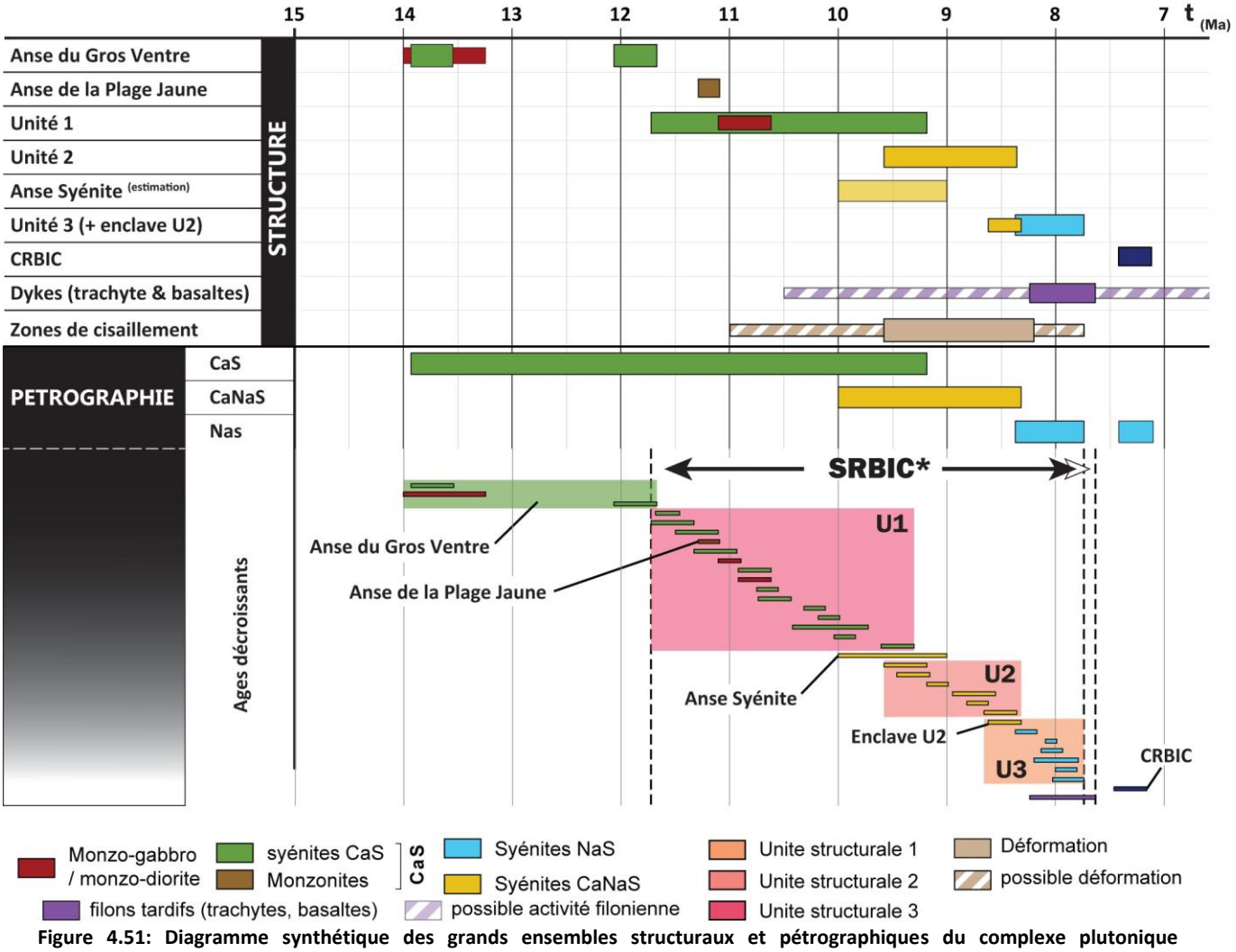


Figure 4.51: Diagramme synthétique des grands ensembles structuraux et pétrographiques du complexe plutonique représentés en fonction des données géochronologiques (à 2σ).

Il est possible que cette enclave se retrouve au sein d'une lentille (ou sills) plus grande qui traverse le massif, s'observant également sur le flanc W des Deux Frères. A cause d'une forte altération tardive qui rend difficile l'observation de la minéralogie originelle, je ne peux pas nier l'existence probable de cette entité, déjà observée par Marot et Zimine (1976). Si une telle extension de roche du groupe CaNaS existe

au sein de l'unité 3, elle est tout à fait en accord avec la structuration des différentes lithologies. Les roches NaS ont été datées entre 8.27 ± 0.1 Ma et 7.88 ± 0.15Ma. Les âges des roches de ce groupe sont tous décroissants du contact sud (Portillon et Deux frères) datés à 8.04 ± 0.1Ma vers le nord (7.88 ± 0.15Ma). Cependant l'âge plus vieux (8.27 ± 0.1 Ma) de l'échantillon 13TK70 pose question. Cet échantillon se trouve structuralement sous les syénites qui forment le contact majeur U2/U3. Ceci suppose donc qu'une première intrusion de type NaS (peut être formant le contact originel U2/U3 sous le massif du portillon) se retrouve structuralement en dessous d'au moins une intrusion plus jeune de syénite sodique, laquelle forme aujourd'hui le contact majeur. Ce recoupement dans les âges pourrait donc traduire l'intercalation d'intrusions au sein des intrusions précédentes telle qu'il a déjà été observé au sein de l'unité 1. Ceci confirme également que la construction du SRBIC n'est pas strictement réalisée par sous-accrétion à petite échelle.

Le diagramme de la Figure 4.51 synthétise les résultats de l'étude structurale et pétrographique en fonction des résultats de l'étude géochronologique. Ces comparaisons montrent clairement une évolution pétrographique des roches plutoniques en lien avec la construction du complexe. Les roches felsiques CaS sont les plus vielles et exclusivement cantonnées à l'unité 1. Les roches CaNaS apparaissent à la base de l'unité 1 et constitue la totalité de l'unité 2. Comme aucune roche CaNaS structuralement dans l'unité 1 n'a été datée, ce chevauchement entre pétrographie et unités structurales n'est pas retranscrit dans la Figure 4.51. Les roches NaS forment l'unité 3, laquelle contient cependant une enclave sous forme de lentilles ou sills appartenant au groupe CaNaS et vraisemblablement à l'unité 2, ce qui est confirmé par la géochronologie et déjà identifié par les précédentes études (Marot and Zimine, 1976). De plus ce diagramme montre que même si les premières intrusions syénitiques à l'anse du gros ventre sont déconnectées dans le temps du reste des syénites, les différents complexes satellites qui forment une partie de la bordure externe du complexe cartographiquement, se mettent en place en même temps que les intrusions qui forment le SRBIC à proprement dit. La pétrographie des roches qui composent ces différents satellites est identique avec la pétrographie des roches intrusives contemporaines au sein du SRBIC. D'autre part, la datation d'un filon tardif de trachyte montre que la fracturation de l'unité 2 est contemporaine de la mise en place des dernières roches de l'unité 3 à l'affleurement. Finalement, la déformation matérialisée par des zones de cisaillement affecte majoritairement la base de l'unité 1. Cette dernière est donc postérieure à la mise en place de l'unité 1 et certainement due à l'intrusion des intrusions suivantes. De plus, des zones de cisaillement ayant été observées au sein de l'enclave de l'unité 2 dans l'unité 3 mais aussi dans des blocs anguleux transportés par la syénite de type NaS sous le contact majeur U2/U3 du Pic Chastaing, la déformation s'étend au moins jusqu'à la mise en place des roches de l'unité 3 centrale. Ayant observé quelques des zones de cisaillement au sein de l'unité 1, il est possible que la déformation est pu débuter plus tôt qu'au moment de l'intrusion de l'unité 2 mais de façon moins intense. De la même manière, il est possible que les déformations visibles dans l'unité 2 soit la conséquence d'une déformation qui se soit poursuivit après l'intrusion des premières syénites formant l'unité 3. Cependant, puisqu'aucune zone de cisaillement n'a été observée dans cette unité, la déformation ne peut être plus tardive.

D'autre par à l'instar des textures (Figure 2.48), les paramètres intensifs de l'analyse de susceptibilité magnétique ne montrent aucune relation avec la pétrographie

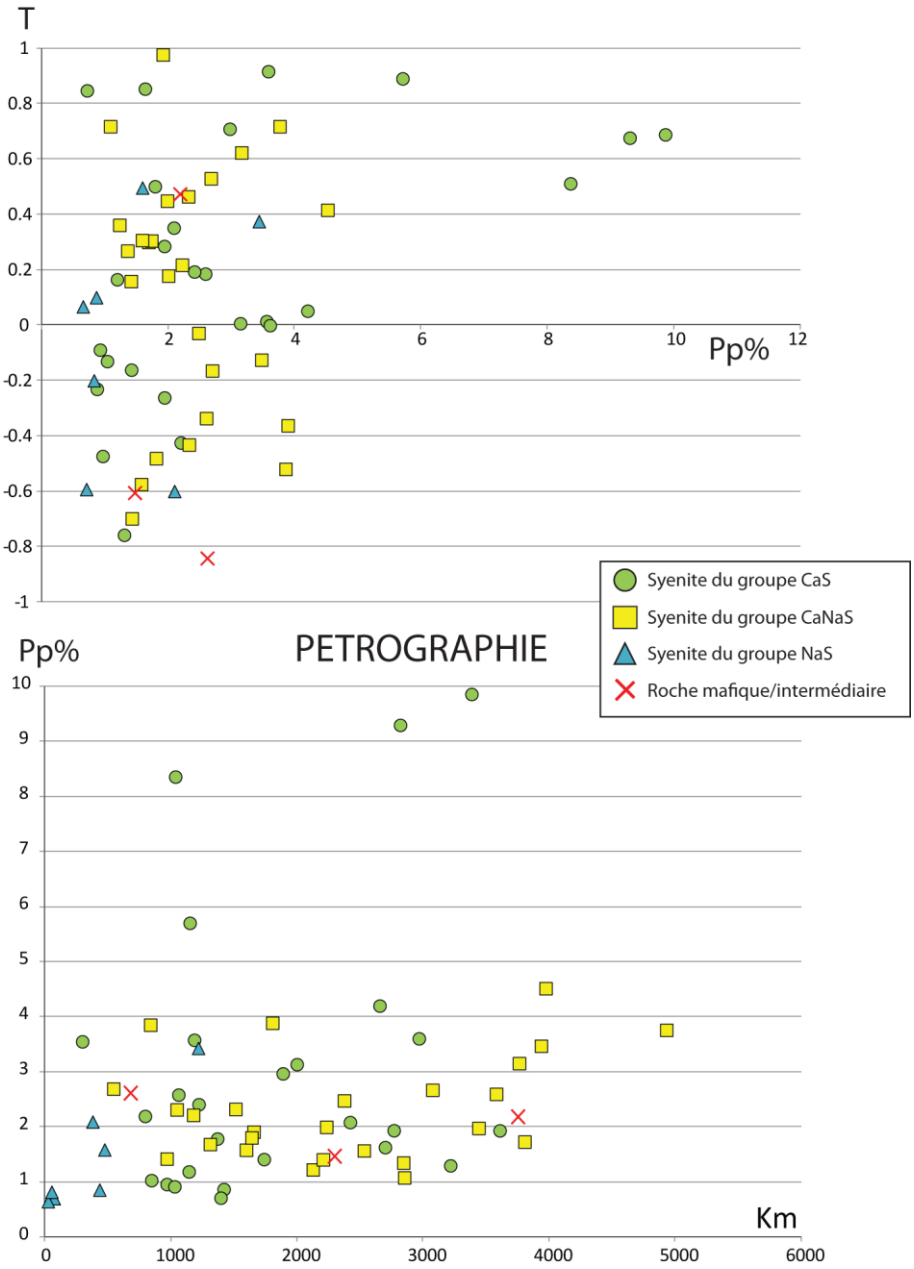


Figure 4.52: Corrélation des paramètres intensifs d'anisotropie magnétique en fonction des différentes groupes pétrographique du complexe sud de RdB ; a) T vs. Pp% et b) Pp% vs. Km.

Chapitre 5 : Géochimie

Cette étude géochimique a pour but de contraindre l'évolution des magmas produisant les roches plutoniques du complexe. Elle fut réalisée sur roches totales à la fois en analysant les éléments majeurs et les éléments traces. Le détail de ces données géochimiques est reporté en annexe.

5.1 Géochimie des éléments majeurs

5.1.1 Classification et nomenclature

La typologie des roches plutoniques de Rallier du Baty, étudiées au cours de ce travail de thèse, est basée sur la classification chimique de Middlemost (1994). Cette nomenclature est elle-même basée sur des travaux qui remontent au milieu du siècle dernier (e.g. Tilley, 1950) et qui ont montré l'intérêt de confronter les compositions exprimées en % de poids d'oxydes de Na_2O + K_2O (Total des Alcalins) et de SiO_2. Les compositions des roches du complexe sud de Rallier du Baty sont ainsi reportées dans un diagramme TAS (Figure 5.1).

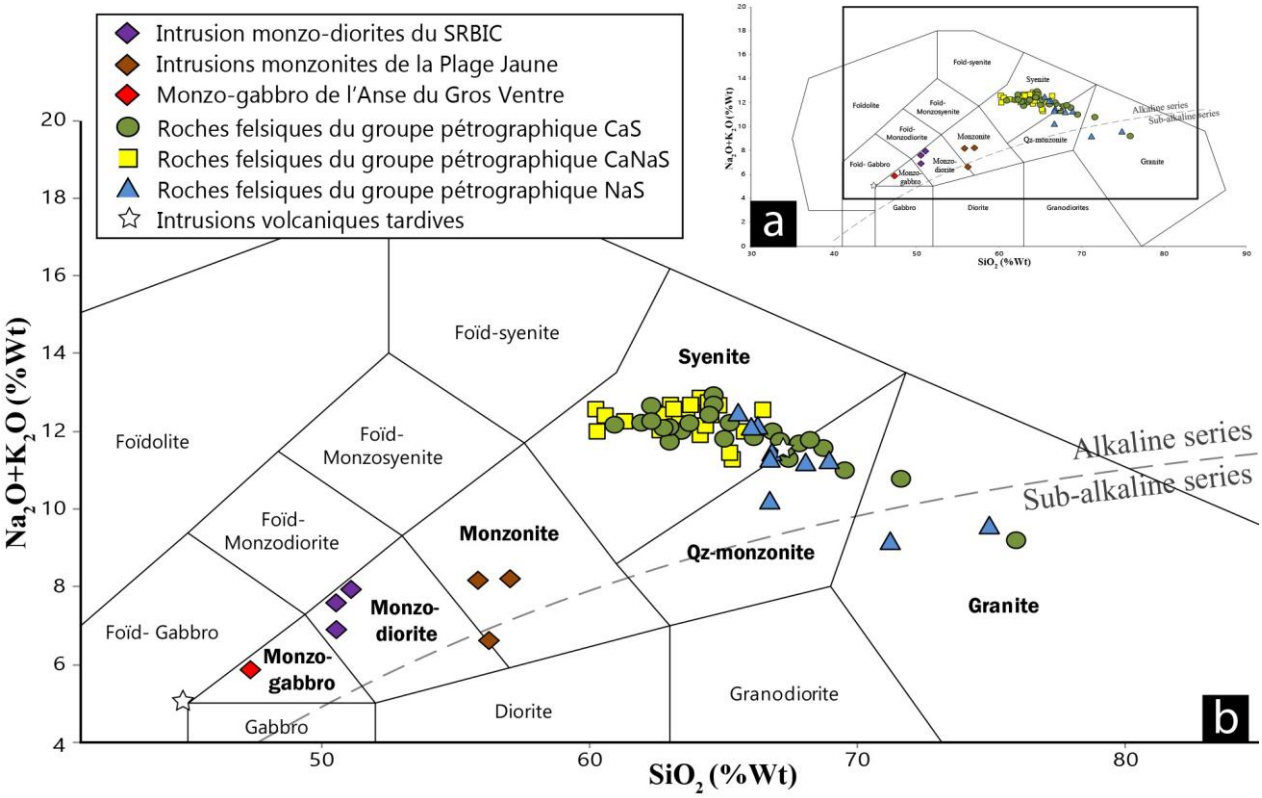


Figure 5.1 : Diagramme TAS (Total Alcalins versus SiO_2) pour les roches plutoniques étudiées (modifié d'après Middlemost, 1994).

Cette figure illustre également l'étendue des compositions en SiO_2 des roches analysées à l'échelle de l'ensemble du complexe plutonique qui vont de 47.3% pour les plus basiques à 75.9% pour les plus riches en silice.

5.1.1.1 Roches mafiques et intermédiaires

7 échantillons de roches plutoniques mafiques et intermédiaires du SRBIC ont fait l'objet d'analyses sur roche totale. Parmi ces échantillons, la roche identifiée comme étant la plus mafique, provient du complexe satellite de l'anse du Gros Ventre. Décrite pétrographiquement (voir Chapitre précédent), cette roche est un monzo-gabbro (Figure 5.1).

3 échantillons provenant des injections mafique-intermédiaires localisées exclusivement dans la partie sud de la péninsule (voir partie 4.4) ont été analysés. Deux de ces échantillons proviennent des injections ou sills situés au pied de la Coulée de Vulcain et le dernier provient d'une lentille située au niveau d'un massif rocheux de la vallée des Sables et situé à l'ouest du Mont du Commandant. Ces trois roches intrusives se projettent, dans la Figure 5.1, dans le champ des monzo-diorites. A la vue des légères différences minéralogiques observées sous le microscope optique entre les deux injections localisées au pied de la coulée de Vulcain, celui situé le plus au Nord avait été décrit pétrographiquement comme un monzo-gabbro.

Les seules roches intermédiaires étudiées proviennent du Sud de la Plage Jaune où elles forment une intrusion plutonique à part entière affleurant de part et d'autre de la vallée et adjacente au SRBIC. Cette intrusion forme le complexe satellite de la Plage Jaune. Les 3 échantillons analysés, représentatifs de ce dernier, ont tous des compositions de monzonites (Figure 5.1).

5.1.1.2 Roches felsiques

Les 61 échantillons analysés parmi les roches plutoniques felsiques sensu stricto ont des teneurs en silice qui s'échelonnent entre 60.2 et 75.9%. Ces roches s'échelonnent donc du domaine des syénites jusqu'à celui des granites en passant par des compositions de monzonites quartziques.

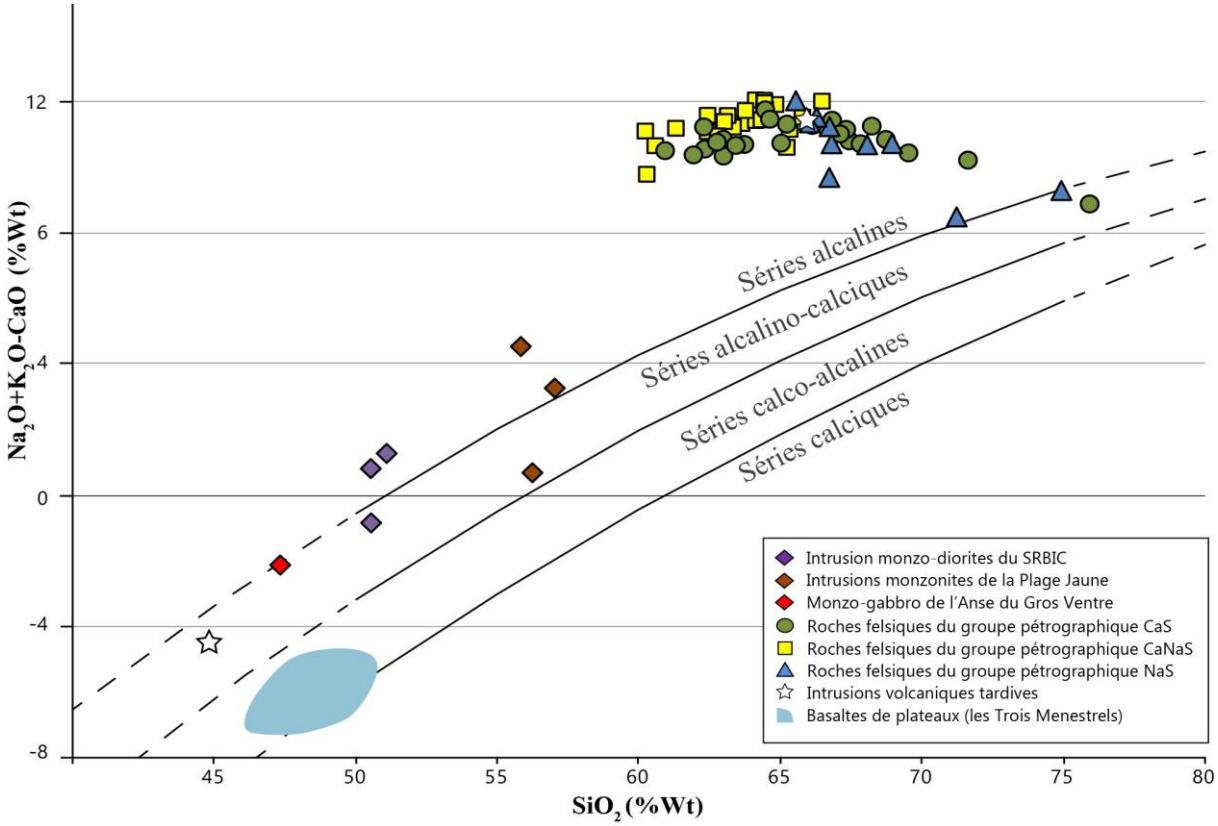


Figure 5.2 : Diagramme de classification MALI (Modified Alkaline Lime Index) pour les roches plutonique de la péninsule de Rallier du Baty auxquelles ont été ajoutées les compositions des basaltes de plateau les plus proches du complexe (massif des Trois Ménestrels : Diop, 2008).

Irvine et Baragar (1971) ont défini une limite géochimique dans le diagramme TAS qui est largement utilisée depuis et qui basée sur les différences de compositions observées entre des suites volcaniques alcalines (majoritairement de type point chaud océaniques et continentaux) et sub-alcalines majoritairement associée aux rides médio-océaniques et aux zones de convergence. Cette limite a été étendue et peut être également utilisée pour différencier les suites plutoniques. La grande majorité des roches grenues du complexe sud de Rallier du Baty se projettent au-dessus de cette limite et forme donc une série plutonique alcaline. En effet, seuls une monzonite et trois granites se projettent dans le domaine des séries sub-alcalines. Plus récemment, Frost et al (2001) ont proposé une nouvelle classification basée sur les travaux antérieurs et qui s'appuie davantage sur l'analyse des roches plutoniques. Cette classification basée sur le MALI (Modified Alcalin-Lime Index) prend en compte le CaO et permet de définir 4 domaines entre des séries alcalines et des séries calciques. De la même manière que pour le diagramme TAS (Figure 5.2) montre que la grande majorité des roches plutoniques de Rallier du Baty se projettent dans le champ des suites alcalines. Cependant, deux granites, une monzonite, une monzodiorite et le monzo-gabbro se retrouvent dans le domaine des séries alcalino-calciques. Malgré ces petites variations cantonnées aux compositions extrêmes, l'affinité alcaline des roches plutoniques du SRBIC ne fait aucun doute et est caractéristique du contexte de point chaud dans lequel elles se sont formées (Nougier, 1969; Giret, 1983).

5.1.2 Evolution à l'échelle de l'ensemble des roches plutoniques

Afin d'étudier l'évolution des éléments majeurs au sein du SRBIC, j'ai choisi de représenter les compositions des roches en fonction d'un indice de différenciation représenté par le taux de saturation en SiO_2 (Figure 5.3). Ces diagrammes, aussi appelés diagrammes de Harker, sont devenus incontournables et font office de références dans les études géochimiques des roches depuis plus d'un siècle (Harker, 1909).

Les données en éléments majeurs des roches plutoniques du SRBIC montrent un léger gap de composition entre 57 et 60% de silice, séparant l'ensemble des roches mafiques et intermédiaires, de l'ensemble constitué des syénites, Qz-syénites et granites. Cette observation a déjà été faite pour le SRBIC (Marot and Zimine, 1976; Giret, 1983).

L'étude au premier ordre des diagrammes de Harker permet d'identifier la tendance générale associée à chaque élément majeur à l'échelle du complexe plutonique. Ainsi la Figure 5.3 montre, pour des éléments tels que CaO, MgO, TiO_2, Fe_2O_3, et P_2O_5, des tendances similaires au premier ordre avec une diminution progressive de leur teneurs en allant des roches les plus mafiques vers les roches les plus riches en silice. Par contre, les évolutions du K_2O, Al_2O_3 et Na_2O semblent discontinues. Pour K_2O et Al_2O_3, cette discontinuité provient de l'évolution différente des roches mafiques et intermédiaire par rapport aux roches felsiques. Avec l'enrichissement en silice, le K_2O semblent augmenter dans les roches mafiques et intermédiaires alors qu'il diminue dans les roches felsiques. De plus, le K_2O augmente brutalement de ≤4% à ≤6.3% pour passer des roches intermédiaires à SiO_2 ≤57% aux roches felsiques à SiO_2 ≥60%. Ceci crée une forte discontinuité et déconnecte les roches mafiques et intermédiaires des roches felsiques au contraire de tous les autres éléments majeurs.

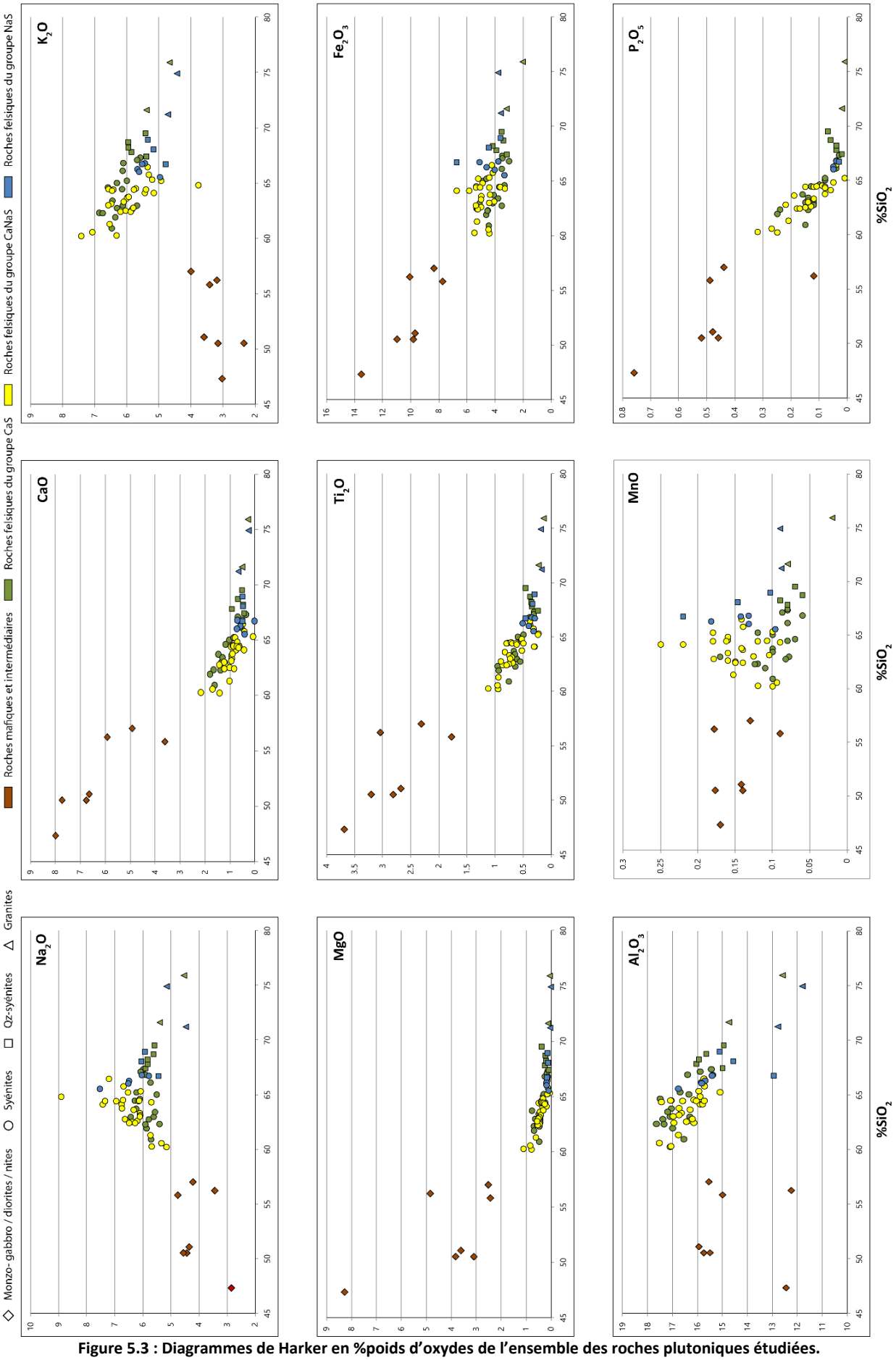


Figure 5.3 : Diagrammes de Harker en %poids d'oxydes de l'ensemble des roches plutoniques étudiées.

Les teneurs en Al_2O_3 des roches mafiques et intermédiaires sont très dispersées. Toutefois, on peut noter une relative constance ou une légère augmentation avec l'enrichissement en SiO_2. Dans les roches felsiques, Al_2O_3 diminue avec l'augmentation du SiO_2. Ainsi, Al_2O_3 semble avoir deux évolutions distinctes, tout comme K_2O. Cependant, contrairement à la forte discontinuité des valeurs de K_2O, la dispersion de Al_2O_3 dans le groupe des roches mafiques et intermédiaires ne permet pas de conclure sur la déconnexion relative de cet ensemble par rapport à celui des roches felsiques.

Les teneurs en Na_2O, elles, semblent former un ensemble continu depuis les roches mafiques et intermédiaires jusqu'aux roches felsiques. Cependant la tendance générale est discontinue puisque le Na_2O augmente au sein des roches les moins riches en silice jusqu'aux roches felsiques avant d'atteindre un point d'inflexion autour de 65% de SiO_2. La tendance s'inverse à partir de ce point puis Na_2O diminue avec l'enrichissement en silice.

Au premier ordre, les diagrammes de Harker de la Figure 5.3 montrent donc des tendances assez nettes sur l'ensemble des roches plutoniques du SRBIC. Seule l'évolution de MnO est difficile à identifier et décrire, probablement à cause des faibles teneurs de cet oxyde. C'est au sein des roches mafiques et intermédiaires que les corrélations avec le $\%SiO_2$ sont le moins bien définies pour la totalité des éléments majeurs. Ceci s'explique en partie par le nombre d'échantillons étudiés bien inférieur à celui des roches felsiques et qui reflète les proportions volumiques de roches intrusives du complexe sud de Rallier du Baty. De plus, la grande gamme de variabilité pour certains éléments dans ces roches mafiques et intermédiaires par rapport à celle des roches felsiques doit être prise en compte comme c'est le cas pour CaO, MgO, Fe_2O_3, TiO_2 ($\pm Al_2O_3$ $\pm P_2O_5$). Il est difficile à ce stade de relier cette dispersion à un processus pétrogénétique en particulier. Cependant, la tendance générale de l'évolution des éléments majeurs telle que la diminution nette de MgO, de $Fe_2O_{3(total)}$, de CaO et de TiO_2 marque sans doute une évolution chimique contrôlée par des processus de cristallisation fractionnée avec la formation de phase minérales précoces telles que l'olivine, les pyroxènes calciques, les perthites les oxydes de Fe-Ti dans un ou des liquides parents chimiquement proches.

5.1.3 Evolution à l'échelle des syénites

La Figure 5.4 représente les mêmes diagrammes de Harker que la Figure 5.3 mais centrés uniquement sur les roches felsiques que sont les syénites, les qz-monzonites et les granites. Les roches plutoniques felsiques de ce complexe forment un ensemble de données relativement bien continu en fonction de l'indice de différenciation exprimé en $\%SiO_2$. Les granites sont les roches les moins représentées avec seulement 4 échantillons. Cet ensemble relativement continu permet d'évaluer qualitativement au premier ordre l'évolution de chaque élément majeur à l'échelle de toutes les roches felsiques étudiées. Les diagrammes de CaO, de MgO, de TiO_2 et de P_2O_5 dont les évolutions des teneurs en fonction de la silice sont très similaires semblent donc être des éléments fortement corrélés entre eux. K_2O montre une évolution proche de celle des éléments précédents mais la faible variabilité des teneurs ne permet pas de le corréler avec certitude à ces éléments au premier ordre. Les diagrammes de Fe_2O_3 et de MnO sont également assez similaires et leur ressemblance est en partie due à la grande variabilité de leurs teneurs en fonction de l'enrichissement en SiO_2. Al_2O_3 et Na_2O sont tous deux des éléments à part car ils ne montrent pas de similitudes évidentes d'évolution avec les autres éléments majeurs au sein de l'ensemble des roches felsiques. Puisque que toutes les compositions des roches felsiques forment des ensembles relativement continus au sein des diagrammes de Harker, la description de l'évolution des éléments majeurs est faite en premier lieu en fonction de la nature des différentes roches felsiques (syénites / Qz-monzonites / granites).

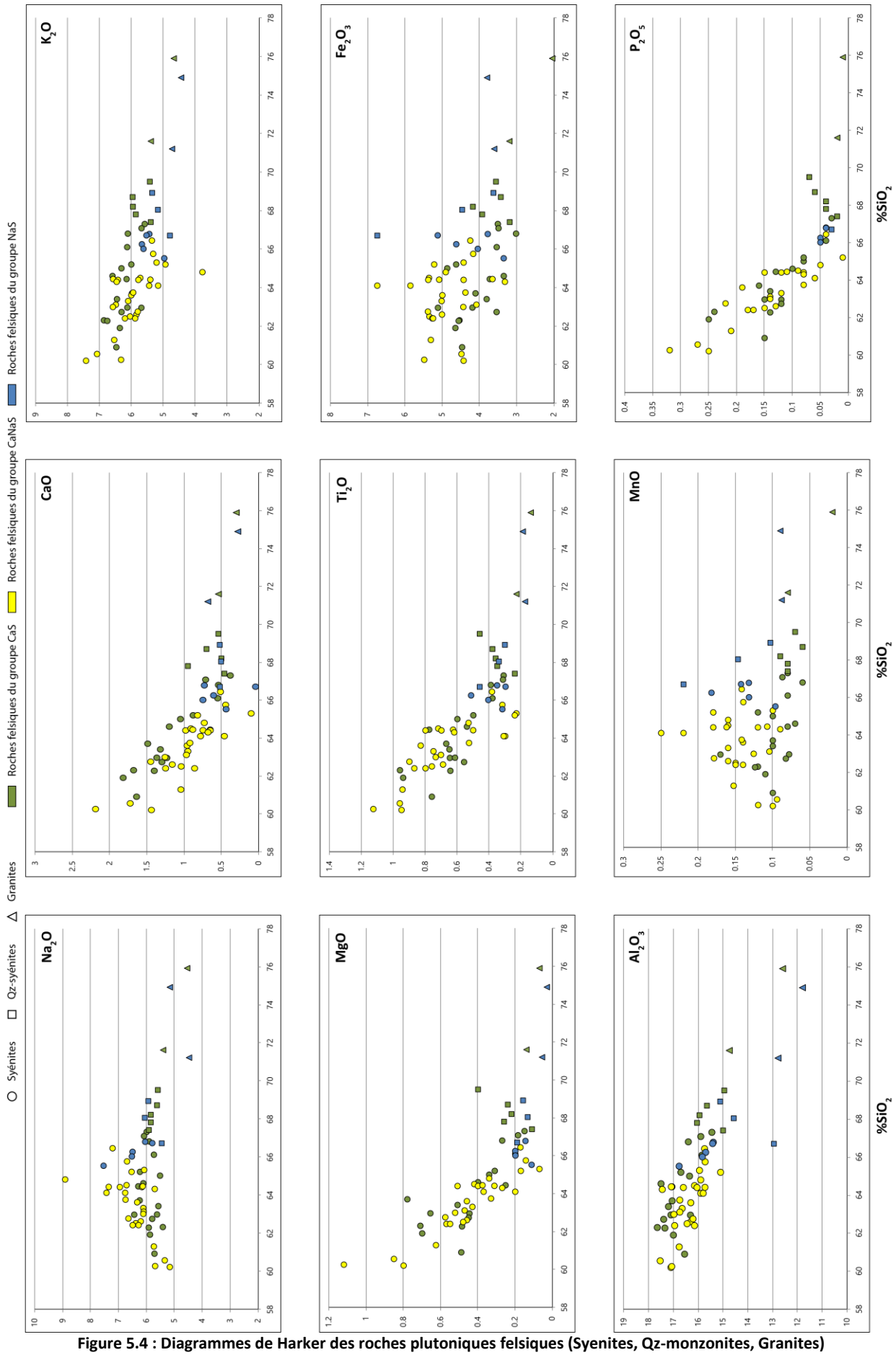


Figure 5.4 : Diagrammes de Harker des roches plutoniques felsiques (Syenites, Qz-monzonites, Granites)

Considérons tout d'abord, les diagrammes CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5 vs SiO_2 qui sont très similaires. Dans chacun de ces diagrammes, l'ensemble des roches syénitiques reparties entre 60.2 et 67.3% de SiO_2 (illustré par des cercles dans la Figure 5.3) suit en effet une tendance identique. Chaque oxyde considéré voit sa concentration diminuer, des termes syénitiques les moins différenciés jusqu'aux syénites contenant environ 66% de SiO_2. Pour les syénites contenant plus de 66% de SiO_2, les concentrations des différents éléments semblent toujours diminuer mais de façon moins prononcée avec une pente s'approchant de zéro. Cette variation qui s'observe dans les syénites les plus différenciées se poursuit et s'accentue au sein des Qz-monzonites. Dans ces dernières, les concentrations en CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5 ne semblent pas varier avec l'enrichissement en SiO_2. Cependant, à cause de la faible variation des teneurs en SiO_2 pour ces roches qui s'étalent seulement entre 66.7 et 69.5%, cette tendance à la stabilité peut être discutable. L'évolution des éléments cités ci-dessus montre de nouveau une variation significative en fonction de SiO_2 avec le passage des Qz-monzonites aux granites. Bien que le nombre d'échantillons de granite soit relativement faible, leurs concentrations en CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5 diminuent avec l'enrichissement en SiO_2 de 71.2 à 75.9%. Les diagrammes de CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5 en fonction de SiO_2 sont donc caractérisés par une même évolution des concentrations en fonction de la nature des roches et donc de l'indice SiO_2. A l'échelle du type de roche, la tendance est à la diminution des teneurs dans les syénites jusqu'à un point d'inflexion situé vers 66% de SiO_2. Puis, la concentration semble se stabiliser pour atteindre un pallier dans les Qz-monzonites, et finalement diminuer de nouveau et plus nettement dans les granites. Le coefficient négatif de la pente qui modéliserait cette dernière diminution dans les granites est cependant toujours plus faible que celui de la droite représentative de l'évolution des syénites. En définitive l'évolution des roches felsiques dans les diagrammes CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5 en fonction de SiO_2 peut se traduire par une forte diminution de la concentration dans les termes syénitiques jusqu'à un point d'inflexion situé autour de 66% de SiO2 pour se poursuivre de façon moins accentuée vers les termes les plus différenciés.

Les diagrammes Fe_2O_{3total} et MnO en fonction de SiO_2 sont tous deux identiques au premier ordre. Pour les syénites, la dispersion des concentrations de ces deux éléments augmente avec le taux d'enrichissement en silice pour atteindre une dispersion maximale autour de 64% de SiO_2. Malgré une forte variabilité, les concentrations de Fe_2O_3 dans les syénites semblent indiquer une diminution des teneurs avec l'augmentation de la concentration en SiO_2. Une tendance pour le MnO dans les syénites ne peut par contre pas être établie du fait de la trop grande dispersion des concentrations. Le passage des syénites au Qz-monzonites est progressif et montre une diminution de la dispersion avec l'augmentation du SiO_2. Les Qz-monzonites les plus différenciées montrent des concentrations en MnO proche de celles des syénites les moins différenciées, et des concentrations en Fe_2O_3 inférieures à celles des syénites les moins différenciées. Les teneurs de ces deux oxydes dans les granites diminuent avec l'enrichissement en SiO_2. C'est pourquoi, l'évolution de ces deux éléments entre les syénites les moins différenciées et les granites les plus différenciés est globalement à la baisse.

A première vue, l'Al_2O_3 se comporte de manière unique par rapport aux autres éléments majeurs. Toutefois comme pour le Fe_2O_3 et le MnO, la dispersion des données augmente jusqu'à atteindre un maximum situé vers 64%. Malgré cette variation dans les compositions avec l'augmentation du SiO_2, il est clair que l'Al_2O_3 diminue lorsque le SiO_2 augmente dans les syénites. Cette évolution peut être modélisée par une faible pente négative des termes les moins différenciés jusqu'à ≈64% de SiO_2, puis par une pente négative avec un coefficient plus élevé vers les syénites les plus riches en SiO_2. Les compositions des Qz-monzonites suivent l'évolution amorcée dans les syénites les plus enrichies. Malgré la dispersion des teneurs dans les roches granitiques, cette tendance semble se poursuivre vers les termes les plus

différenciés. Les compositions en Al_2O_3 au sein des roches felsiques montrent donc deux tendances qui pourraient être séparées par un point d'inflexion situé entre 64 et 66% de SiO_2.

Le diagramme de Harker de K_2O montre, comme ceux de Fe_2O_{3total}, MnO, et Al_2O_3, un maximum de variabilité dans les compositions à SiO_2 ≈64%. Malgré cette dispersion, l'évolution de la concentration en K_2O des syénites les moins différenciées jusqu'à ≈64% de SiO_2 est clairement décroissante. Cette tendance semble se stabiliser dans les syénites les plus différenciées et se poursuivre dans les Qz-monzonites. Finalement, les teneurs en K_2O décroissent de nouveau nettement lorsque SiO_2 augmente vers les compositions granitiques. Cette évolution est similaire à celles de CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5**,** bien que les courbes d'évolution de K_2O soient faiblement pentées et leur confèrent une allure quasiment constante.

Na_2O a lui aussi été considéré au premier ordre comme un élément dont l'évolution en fonction de SiO_2 apparait comme spécifique. Dans les syénites, les teneurs en Na_2O semblent augmenter en même temps que le taux de silice jusqu'à ≈ 64-65% de SiO_2. Cette valeur correspond au maximum de dispersion des teneurs en Na_2O dans les syénites comme c'est également le cas pour Fe_2O_3, MnO et K_2O. Cette teneur correspond également à un point d'inflexion dans la courbe qui modélise l'évolution de Na_2O dans les syénites, correspondant au passage entre cette tendance positive et une tendance négative pour les teneurs en SiO_2 plus élevées. Cette observation doit être tempérée à cause de la gamme de variation des teneurs en Na_2O dans les syénites. Cependant la diminution avec l'enrichissement en SiO_2 semble se poursuivre au sein des Qz-monzonites et se confirmer avec l'évolution des compositions granitiques. L'augmentation nette de Na_2O au sein des syénites jusqu'à un point d'inflexion situé autour de 65% de SiO_2 et une tendance décroissante constante jusque dans les termes les plus enrichie en SiO_2, font bien de Na_2O un élément au comportement unique dans les diagrammes de Harker.

En résumé, l'étude des diagrammes de Harker en fonction des différents types de roches felsiques permet de mettre en évidence des corrélations nettes entre CaO, MgO, TiO_2, P_2O_5 et K_2O. Ces cinq éléments majeurs montrent un comportement similaire avec l'enrichissement en silice au sein des différentes roches étudiées. Leur diminution dans les syénites les moins différenciées semble marquer le contrôle de leur évolutions respectives par des processus de cristallisation fractionnée impliquant la formation précoce des phases telles que l'olivine, les pyroxènes, les perthites, la biotite, les oxydes de Fer-Ti et l'apatite. Fe_2O_3 et MnO sont également des éléments qui montrent une corrélation. Celle-ci est moins évidente que pour les éléments précédents due à la forte dispersion des teneurs dans les syénites et Qz-monzonites. Enfin, bien que l'évolution du Na_2O et de l'Al_2O_3 ne puisse être indépendante de celle des autres éléments, elles ne peuvent être mises en corrélation directe avec ces dernières à partir des diagrammes de Harker. Ces deux oxydes se comportent de manière unique avec l'enrichissement en SiO_2. Cependant, certaines caractéristiques de leur évolution sont communes à d'autres éléments comme la dispersion maximum des teneurs entre ≈64 et ≈66% de SiO_2. Cette caractéristique s'observe clairement pour tous les éléments majeurs exceptés MgO et P_2O_5. Na_2O et Al_2O_3 montrent également un point d'inflexion vers 65% de SiO_2 autour duquel varie la tendance au sein des syénites. Cette inflexion (moins prononcée pour Al_2O_3) et la variation dans l'évolution des syénites les plus primitives vers les syénites les plus différenciées et les Qz-monzonites s'observent dans tous les diagrammes de Harker vers ≈65% de SiO_2. C'est pourquoi, malgré l'absence de corrélation entre Na_2O et Al_2O_3 et les autres éléments majeurs, il est clair que leur évolution respective est contrôlée par des processus géochimiques similaires.

J'ai également étudié l'évolution des compositions en éléments majeurs en fonction de l'appartenance des roches étudiées à l'un des trois grands groupes pétrographiques (Chapitre précédent). Cette distinction a pour but d'étudier les similitudes et les différences dans l'évolution des éléments majeurs au travers de chaque groupe pétrographiques en fonction des teneurs en SiO_2 (Figure 5.4 et Figure 5.5).

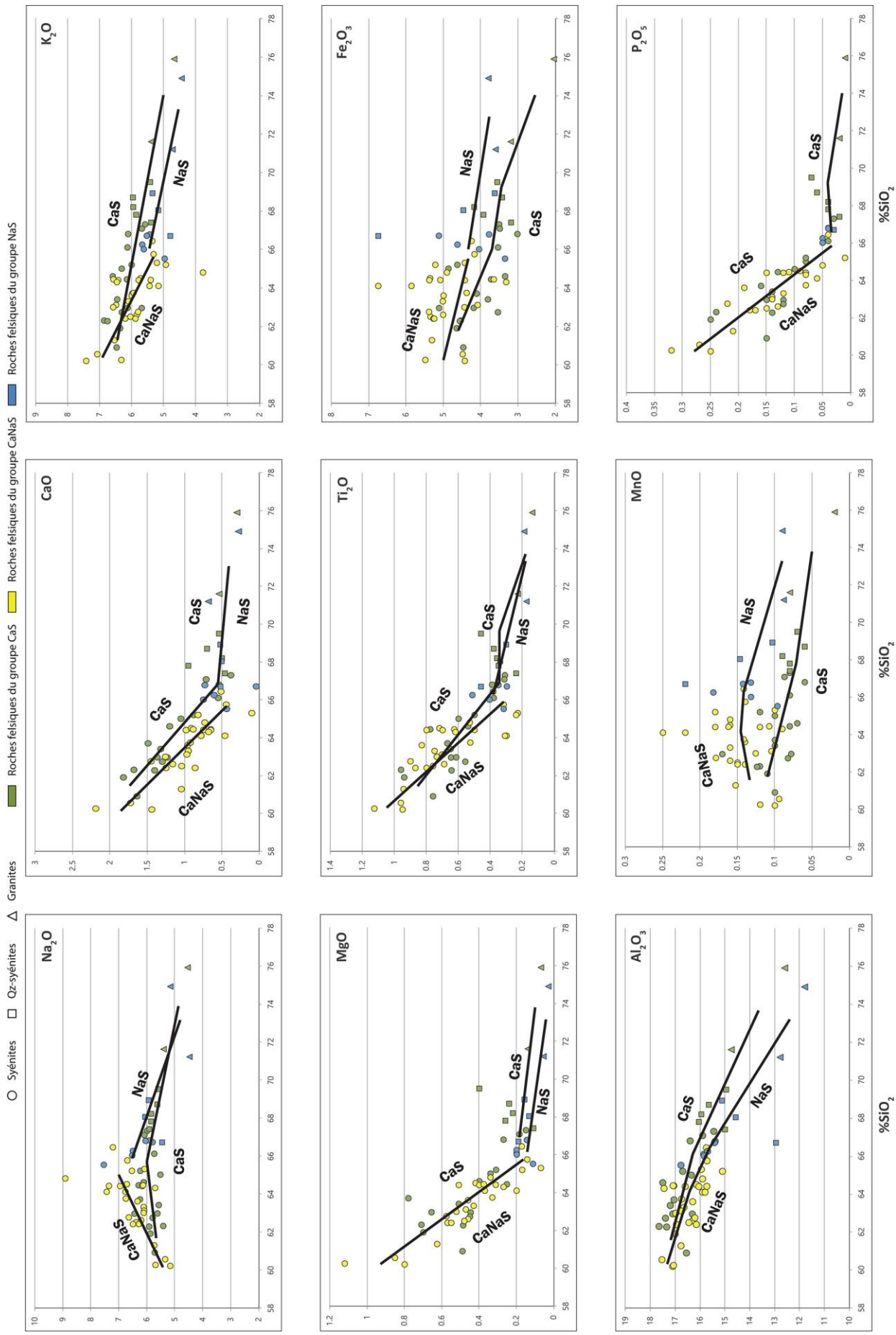


Figure 5.5: Interprétation des évolutions des éléments majeurs en fonction des groupes pétrographiques.

Une caractéristique importante, illustrée pour tous les éléments majeurs et déjà visible dans le diagramme TAS de la Figure 5.1, correspond à la gamme de % SiO_2 propre à chaque groupe pétrographique. Le groupe CaS s'étale de 60,9% à 75,9% de SiO_2 tandis que le groupe CaNaS couvre seulement des valeurs allant de 60,2% à 66,44% et le groupe NaS de 65,52 à 74,9% de SiO_2. Ainsi, les compositions des roches appartenant au groupe CaNaS et NaS se recouvrent pour des valeurs de SiO2 comprises entre 65,5 et 66,4%, tandis que les compositions des roches du groupe CaS recouvrent celles des deux groupes précédents de 60,9% à 74,9% de SiO_2. L'étude des diagrammes de Harker en fonction des différents types de roches (syénites/qz-monzonites/granites) a permis de mettre en évidence des ensembles de compositions relativement continus, pour tous les éléments majeurs (à l'exception de Fe_2O_3 et MnO), des syénites les moins riches en SiO_2 aux granites les plus différenciés. Cette continuité implique donc que les compositions en éléments majeurs des roches sont relativement similaires quel que soit le groupe pétrographique auxquelles elles appartiennent pour une concentration en SiO_2 donnée. Cette caractéristique est notamment vraie pour les syénites du groupe NaS qui ont toujours les mêmes teneurs en éléments majeurs que les syénites les plus différenciées du groupe CaNaS. Toutefois, du fait d'un point d'inflexion ou de dispersion maximum mis en lumière précédemment entre 64 et 65% pour tour les éléments majeurs, l'évolution des CaNaS et des NaS est toujours différente.

TiO_2 est le seul oxyde pour lequel les compositions des roches du groupe CaS se confondent presqu'en totalité avec celles des roches des groupes CaNaS et NaS. Seule une Qz-monzonite du groupe CaS s'écarte significativement des autres compositions.

Pour MgO, les syénites du groupe CaS et CaNaS ont des compositions similaires et suivent la même évolution avec l'enrichissement en SiO_2. Seules deux analyses de syénites CaS parmi les moins différenciées s'écartent quelque peu de l'allure générale des syénites. A partir de ≈67%, les compositions des Qz-monzonites et granites du groupe CaS sont majoritairement enrichies en MgO par rapport à celles des roches du groupe NaS. Malgré cet enrichissement l'évolution des roches du groupe CaS reste parallèle à celles des roches du groupe NaS.

Le diagramme de P_2O_5 montre des résultats similaires à celui de MgO. Les syénites du groupe CaS ont des compositions et une évolution similaire à celles des syénites du groupe CaNaS. La limite de détection du P_2O_5 est atteinte pour les granites du groupe NaS. Les Qz-monzonites et les granites du groupe CaS sont donc enrichis par rapport à ces derniers. Les Qz-monzonites montrent notamment un enrichissement relatif avec l'augmentation de SiO_2 entre ≈68 et ≈70%.

Le diagramme de CaO est sensiblement différent. Les syénites du groupe CaS suivent également la même évolution avec SiO_2 que celles appartenant au groupe CaNaS mais ont des compositions majoritairement plus élevées que ces dernières. Après le point d'inflexion situé entre 64 et 66% qui régit l'allure générale des roches felsiques, les compositions des syénites, Qz-monzonites et granites du groupe CaS sont identiques à celles des roches du groupe NaS. L'évolution des teneurs en K_2O par rapport aux concentrations en SiO_2 en fonction de la nature des roches a montré des caractéristiques communes avec CaO, MgO, TiO_2 et P_2O_5. Par contre, l'observation des données en fonction des différents groupes pétrographiques fait ressortir des différences notables. Les syénites les moins enrichies en SiO_2 du groupe CaS ont des compositions identiques à celles des syénites les moins riches en silice du groupe CaNaS. Avec l'enrichissement en SiO_2, les compositions respectives des deux groupes de syénites se divisent. En effet, les syénites les plus différenciées du groupe CaS ont des teneurs plus élevées en K_2O que celles du groupe CaNaS. Ceci implique une évolution différente de K_2O au sein des syénites de ces deux groupes. La diminution de K_2O avec l'enrichissement en SiO_2 est plus forte dans les syénites du groupe CaNaS que dans celles du groupe CaS. Les Qz-monzonites et granites du groupe CaS montrent également un

enrichissement par rapport aux compositions des roches du groupe NaS. Toutefois l'évolution des roches les plus différenciées de ces deux groupes est parallèle.

Le diagramme de l'Al_2O_3 peut être interprété de la même manière. En effet, les syénites les moins différenciées du groupe Cas et CaNaS ont des compositions similaires et qui semblent se diviser avec l'enrichissement en SiO_2. La majorité des syénites les plus différenciées du groupe CaS ont des teneurs en Al_2O_3 supérieures à celles des syénites du groupe CaNaS. Etant donné la répartition des compositions dans les syénites du groupe CaS, il est également possible d'y voir statistiquement des teneurs en Al_2O_3 majoritairement supérieures à celles des CaNaS dès les plus faibles teneurs en SiO_2. Ceci implique donc, soit une évolution identique des syénites entre les deux groupes avec des compositions toujours supérieures dans le groupe CaS, soit des évolutions qui divergent légèrement avec l'enrichissement en SiO_2 pour des compositions comparables dans les syénites les plus primitives des deux groupes. Tout comme pour le K_2O, les compositions des Qz-monzonites et granites du groupe CaS suivent la même évolution que les roches les plus différenciées du groupe NaS, mais avec des teneurs en Al_2O_3 majoritairement plus élevées.

Pour Na_2O et de la même façon que pour les autres éléments majeurs, les roches du groupe CaNaS et NaS se juxtaposent au niveau du point d'inflexion situé entre 64 et 66% de SiO_2. Pour cet élément, la corrélation est positive avec l'enrichissement du SiO_2 dans les syénites du groupe CaNaS alors qu'elle est négative pour les roches du groupe NaS. La syénite du groupe CaS la plus appauvrie en SiO_2 a une teneur en Na_2O identique aux syénites les moins enrichies en SiO_2 du groupe CaNaS. Dès ≈62% de SiO_2 les teneurs en Na_2O des deux groupes CaS et CaNaS se distinguent. En effet, la corrélation positive avec le SiO_2 au sein des syénites du groupe CaNaS mènent les compositions jusqu'à des teneurs majoritairement supérieures à celles des syénites du groupe CaS les plus différenciées. Dans ces dernières l'évolution des compositions peut être considéré comme faiblement positive voire invariante avec l'enrichissement en silice. A partir de ≈67%, les compositions et donc l'évolution des roches des groupes CaS et NaS semblent identiques et ce malgré la dispersion des compositions des granites du groupe NaS.

Dans le diagramme de Harker de MnO, les syénites les plus appauvries en SiO_2 du groupe CaS ont des compositions similaires aux syénites les moins enrichies du groupe CaNaS. Cependant, tandis que les teneurs en MnO augmentent dans les syénites du groupe CaNaS jusqu'au point d'inflexion situé entre 64 et 66%, celles des syénites du groupe CaS diminuent. C'est pourquoi dès 64% les compositions des roches du groupe CaS sont majoritairement inférieures à celles des roches du groupe CaNaS. Cette évolution se poursuit jusque dans les Qz-monzonites et les granites du groupe CaS. Toutefois alors que les teneurs en MnO des roches du groupe NaS diminuent avec l'enrichissement en silice, celles du groupe CaS tendent à se stabiliser. Cependant la dispersion et le faible nombre d'échantillons de granites ne permettent pas de conclure avec certitude sur l'évolution des termes les plus enrichis en silice. Les granites du groupe CaS ont toutefois des teneurs inférieures aux granites du groupe NaS. Les roches plutoniques ont donc des compositions et des comportements en MnO bien différents selon le groupe pétrographique auxquelles elles appartiennent.

Fe_2O_{3total} dont l'évolution en fonction du SiO_2 dans l'ensemble des roches felsiques est proche de celui de MnO montre des résultats relativement similaires à ce dernier au regard de son évolution au travers des différents groupes pétrographiques. L'évolution des teneurs et leur dispersion au sein des groupes CaNaS et NaS montrent une continuité flagrante de Fe_2O_{3total} jusque dans les Qz-monzonites les plus différenciées. Les syénites du groupe CaS ont des compositions majoritairement identiques aux compositions des syénites CaNaS. Ainsi, l'évolution globale des syénites des groupes CaNaS et CaS semble identique jusqu'à 65% de SiO_2 malgré le fait que quelques compositions viennent tempérer cette

observation. A partir de 66% de SiO_2 les teneurs en Fe_2O_{3total} dans les syénites les plus différenciées du groupe CaS semblent augmenter avec l'enrichissement en silice, tandis que la tendance générale des roches du groupe NaS est à la diminution. De la même façon que pour le MnO, les granites du groupe NaS montrent des teneurs en Fe_2O_{3total} stables tandis que ceux appartenant au groupe CaS montrent une forte diminution pour les plus hauts pourcentages de SiO_2. Tout comme MnO, les évolutions des roches des groupes en Fe_2O_{3total} des roches appartenant aux groupes NaS et CaS divergent pour des compositions en silice > 66% et montrent la même dispersion. La grande différence entre ces deux éléments réside surtout dans la superposition des champs de compositions des différents groupes pétrographiques. Dans le cas de Fe_2O_{3total}, les teneurs au sein des roches du groupe CaS sont toujours comprises dans les champs définis par les teneurs des roches appartenant aux deux autres groupes pétrographiques (excepté les granites). Dans le cas de MnO et pour les compositions en silice > 64%, les teneurs des roches du groupe CaS sont majoritairement inférieures aux teneurs des roches du CaNaS et NaS.

5.2 Géochimie des éléments traces

5.2.1 Analyse élémentaire

Afin de tester l'impact de processus d'altération post-magmatiques pouvant avoir affecté les roches analysés, certains éléments traces susceptibles d'avoir été perturbés (Rb, U, Ce) ont été comparés au Nb considéré comme immobile durant de tels processus. Les résultats sont présentés en Figure 5.6. Le diagramme Rb vs Nb montre une bonne corrélation entre les 2 éléments, ce qui laisse supposer que le Rb n'a pas été affecté de façon significative par des processus post-magmatiques pour la plupart des roches. Toutefois, il est possible que les échantillons les plus éloignés de cette droite de corrélation, au niveau des teneurs les plus fortes en Nb, aient subit une altération qui aurait appauvri ces roches en Rb ; notamment les 3 échantillons les plus riches en Nb.

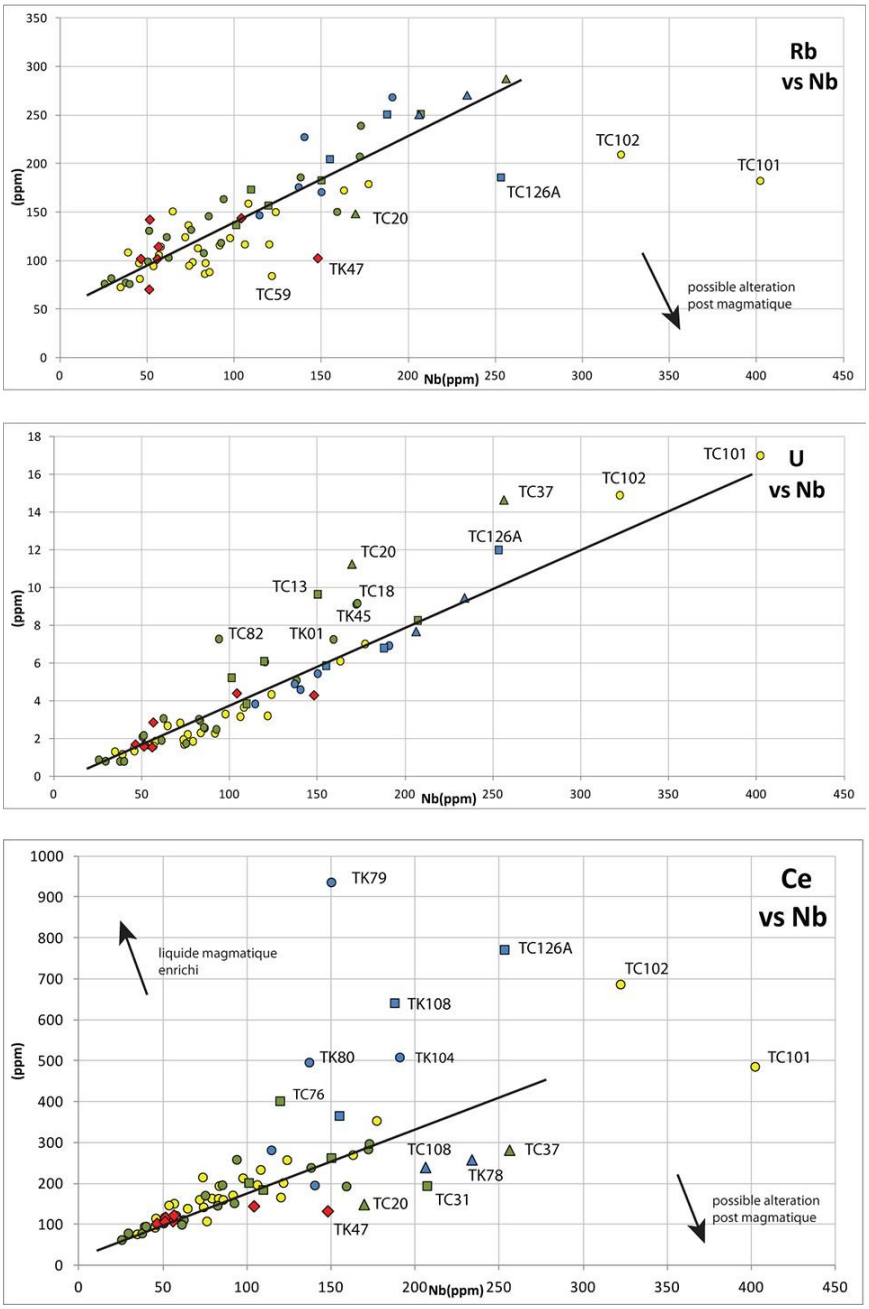


Figure 5.6 : Diagrammes Rb, U et Ce versus Nb.

Un même constat peut être établi pour l'uranium qui montre une bonne corrélation avec le Nb. Cependant, plusieurs échantillons, dont les 3 échantillons cités précédemment ainsi que quelques échantillons du groupe CaS, tous situés proches de la zone d'alternance de sills mafiques et syénitiques, montrent un enrichissement en Uranium. Cette observation indiquerait soit (i) un enrichissement en uranium du liquide parent de ces roches ou (ii) une accumulation d'un minéral riche en uranium et pauvre en Nb. Il apparait donc que les trois échantillons considérés comme altérés via le Rb vs Nb soient également enrichi en uranium. Enfin le diagramme du Ce montre une corrélation relativement bonne entre ces deux éléments jusqu'à des compositions d'environ 300ppm de Ce et 120ppm de Nb. Au-delà de ces teneurs, des échantillons de compositions variées se trouvent de part et d'autre de la droite de corrélation. Les syénites et Qz-monzonites du groupe NaS sont nettement enrichies en Ce tandis que les granites de ce même groupe sont appauvris. Une monzonite et quelques échantillons du groupe CaS sont également appauvris. Ces échantillons du groupe CaS font également partie de ceux qui sont enrichis en uranium. Les 3 échantillons les plus riches en Nb, appauvris en Rb et enrichi en uranium se répartissent de chaque côté de la droite de corrélation. La monzonite appauvrit en Rb est également appauvrit en Ce.

A travers la comparaison de ces différents diagrammes, il apparait que la majorité des roches du SRBIC analysées n'ont pas subi d'altération post-magmatique significative ayant affecté Rb, U ou Ce. Cependant, il est clair que certains échantillons ont des compositions qui s'éloignent significativement de la droite de corrélation avec Nb. La plupart de ces échantillons se retrouve d'un diagramme/élément à l'autre. De plus, en fonction de l'élément considéré, ces échantillons semblent plutôt indiquer un enrichissement de leur liquide magmatique parent ou au contraire une altération post magmatique. C'est pourquoi la seule utilisation de ces diagrammes n'est pas suffisante pour discriminer les deux processus à l'échelle de toutes les roches du SRBIC. De plus, les systèmes magmatiques alcalins sont connus pour leur diversité et relative abondance en minéraux « exotiques » accessoires qui en font des sources potentielles de minerais riches en certains éléments traces. Ainsi la proportion de minéraux accessoires tels que la monazite, l'apatite, la baddeléyite, le pyrochlore, le zircon, l'eudyalite, la bastnaésite ou encore la chevkinite parmi les plus communs a un impact considérable sur le contenu en éléments traces de ces roches (e.g. Platt et al., 1987; Chakhmouradian and Zaitsev, 2012). C'est pourquoi les diagrammes U et Ce *vs* Nb doivent être considérés avec précaution. En supposant qu'une altération post-magmatique ait pu modifier la chimie d'une roche du SRBIC, il est cohérent de penser que l'élément le plus susceptible d'avoir été affecté soit Rb qui se substitue à K dans les feldspaths perthitiques, lesquels représentent 70 à 80% des roches syénitiques. C'est pourquoi les 3 échantillons les plus riches en Nb (TC09-126A, TC09-101 et TC09-102) apparaissent les plus susceptibles d'avoir subi un processus d'altération post-magmatique. Cette hypothèse est en accord avec les observations pétrographiques de TC09-126A et TC09-101. Tandis que l'abondance de chevkinite dans l'échantillon TC09-102 est en accord avec des résultats d'expérimentations montrant que l'altération des chevkinites induit une augmentation du Nb (+Th) (Bagiński and Macdonald, 2013; Bagiński et al., 2015). Cette dernière hypothèse montre bien la difficulté à distinguer un processus d'enrichissement ou d'appauvrissement due à des variations de compositions au niveau des magmas parents des roches plutoniques, de processus physico-chimiques tardi-magmatiques. Ces 3 échantillons seront mis en exergue par la suite ainsi que la monzonite enrichie en Nb (13TK47) qui semble se distinguer des autres roches intermédiaires.

A l'instar des éléments majeurs, j'ai choisi de présenter les données en éléments traces sur roches totales à l'aide de diagrammes de Harker. Comme observé précédemment pour les éléments majeurs, les éléments traces montrent tous des ensembles continus au travers des différents types de roches avec l'enrichissement de la silice. C'est pourquoi, ces résultats sont plutôt présentés en fonction du groupe pétrographique auxquelles les roches analysées appartiennent (Figure 5.7). Seules les roches mafiques et intermédiaires forment des ensembles distincts du fait du gap en $\%SiO_2$ avec les roches felsiques. La Figure 5.7 et la Figure 5.8 représentent respectivement les données en éléments traces brutes et les interprétations qualitatives de tendances évolutives au sein de chaque groupe. Dans la Figure 5.8 interprétative, les échantillons possiblement altérés et/ou fortement enrichis cités précédemment sont représentés par des symboles noirs. De plus, j'ai choisi de faire ressortir certains groupes d'échantillons appartenant à une même structure sur le terrain lorsque ceux-ci se distinguent au niveau des éléments traces. C'est les cas des échantillons TC09-85, 13TK14 et 13TK23 qui sont représentés par des cercles orange dans cette figure. En effet ces échantillons, considérés comme appartenant au groupe CaNaS, sont tous des syénites porphyriques associées à la zone la plus déformée marquant la limite structurale entre les unités 1 et 2. Ils ont également les teneurs en SiO_2 les plus faibles parmi toutes les roches syénitiques et ne sont donc pas forcément pris en compte pour l'évolution au sein du groupe CaNaS. Sur certains diagrammes, les échantillons TC09-82 et 13TK01 qui constituent les premières intrusions plutoniques de la péninsule de RdB (anse du Gros Ventre) sont aussi mis en évidence pour certains éléments traces.

.

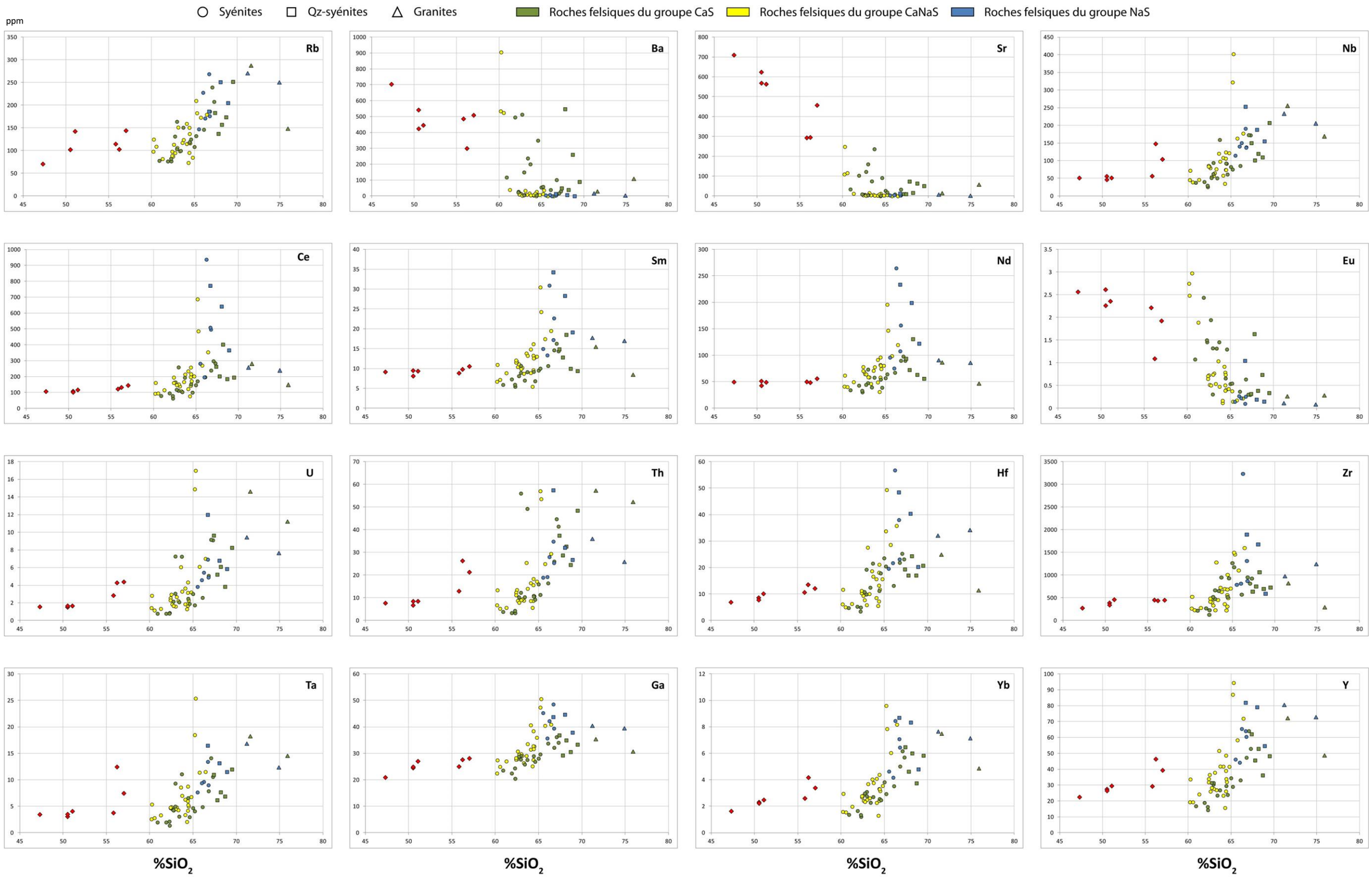


Figure 5.7: Diagrammes de Harker pour certains élément traces représentés en fonction des groupes pétrographiques Cas, CaNaS, NaS.

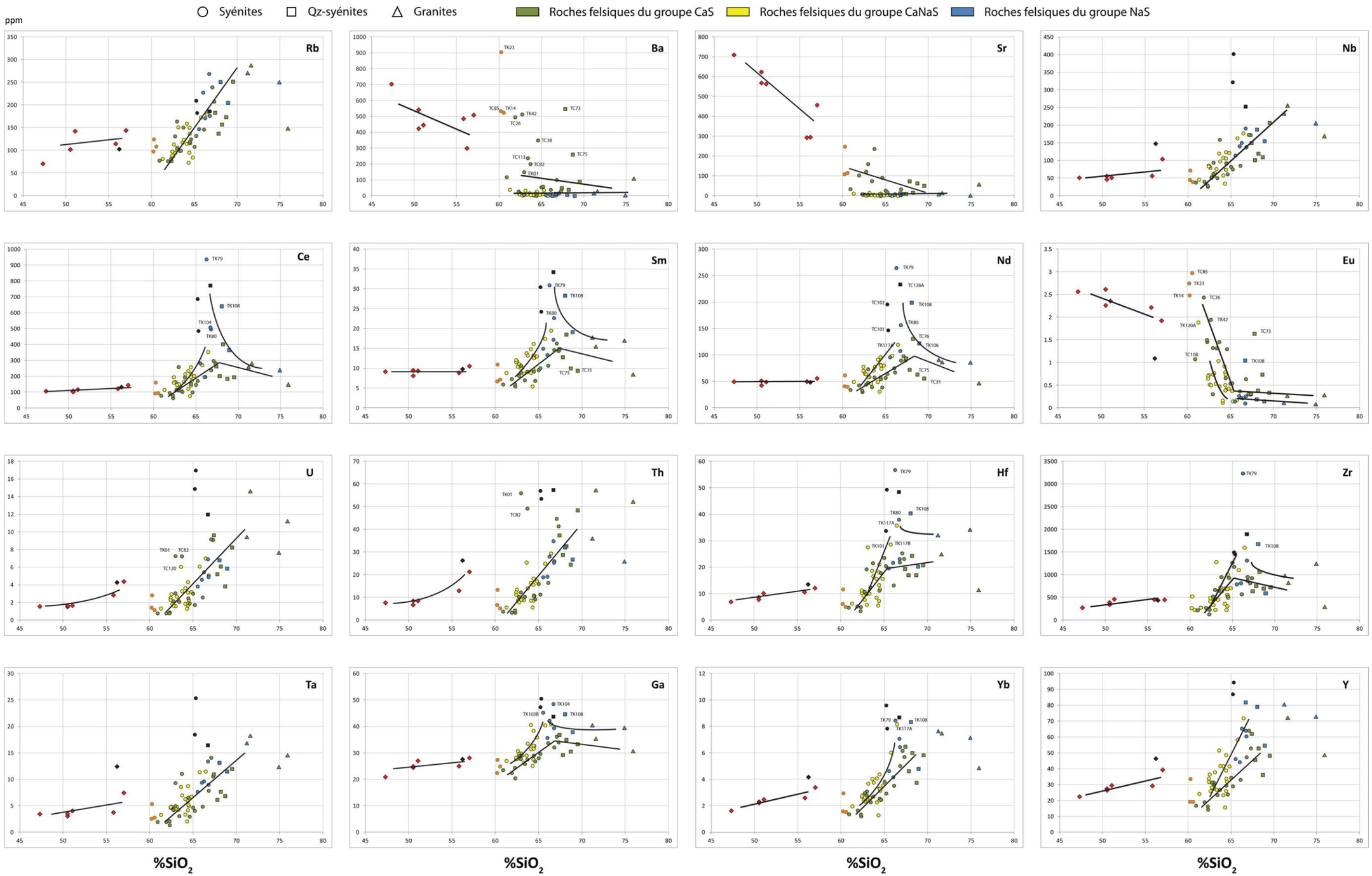


Figure 5.8: Interprétation des évolutions des éléments traces en fonction des groupes pétrographiques, illustrée dans les diagrammes de Harker.

Sans faire une description minutieuse de l'évolution de chaque élément au travers de chaque groupe comme il a été fait pour les éléments majeurs, les résultats des diagrammes de Harker permettent de distinguer plusieurs types d'évolution au sein des roches plutoniques felsiques. Plus précisément 3 grands types extrêmes d'évolution définissent le comportement des éléments traces au sein du SRBIC en fonction de la teneur en SiO_2. Il est à noter que certaines de ces évolutions ne prennent pas en compte les granites, leur nombre étant en effet faible et leur composition parfois très dispersées.

Les éléments tels que Rb, Nb, U, Th et Ta montrent une évolution linéaire avec l'enrichissement en SiO_2. Aucune distinction ne peut être clairement faite quant à l'évolution de ces éléments au travers des différents groupes pétrographiques. Ils sont donc corrélés de la même façon avec SiO_2 quelle que soit la nature de la roche ou le groupe pétrographique auquel elle appartient. Ils définissent donc un premier ensemble d'éléments traces qui évoluent de la même manière.

Les diagrammes Ba et Sr *vs* SiO_2 sont sensiblement similaires. Les teneurs de ces éléments sont très faibles. Cependant, dans ces deux diagrammes, certaines roches du groupe CaS montrent des compositions bien plus élevées que le reste des roches plutoniques. C'est notamment le cas pour les roches les moins différenciées de ce groupe. Ainsi l'évolution du Ba et du Sr semblent légèrement décroissante pour les roches du groupe CaS avec l'enrichissement en SiO_2. Au contraire, l'évolution de ces 2 éléments pour les roches des groupes CaNaS et NaS semble stable. Un zoom centré sur les roches felsiques et une échelle logarithmique en ordonnée permet de préciser ces observations.

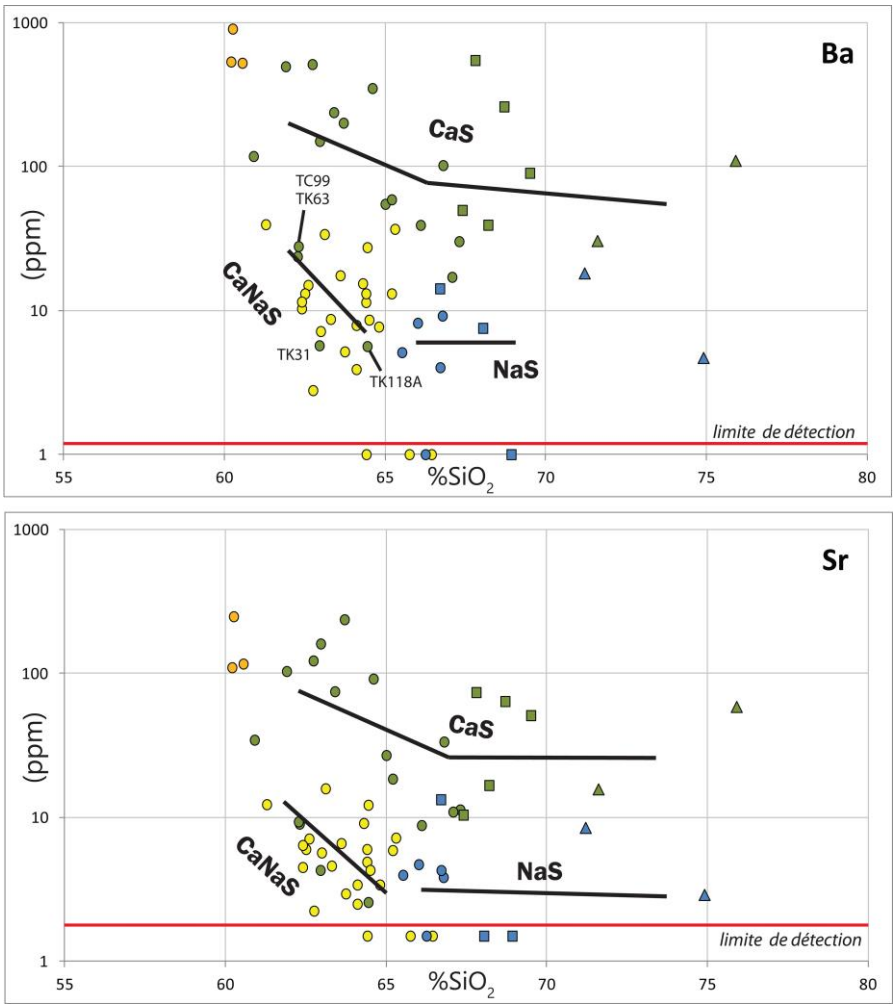


Figure 5.9: Zoom et interprétation des diagrammes Harker de Ba et Sr, représentés en fonction des groupes pétrographiques.

La Figure 5.9 montre que les évolutions du Ba et Sr sont bien similaires au sein des 3 groupes pétrographiques ave l'enrichissement en SiO_2. Les roches du groupe CaS ont majoritairement des compositions plus élevées que les roches du groupe CaNAS et NaS quel que soit le %SiO_2 considéré. Seuls 2 échantillons ont des compositions très faibles en Ba et Sr et sont situés à chaque extrémité du SRBIC, 13TK31 étant le plus à l'ouest et TC09-118A le plus à l'est. L'évolution du Ba et du Sr est décroissante au sein des syénites du groupe CaS et se stabilise ou décroit moins fortement après un point d'inflexion situé proche de 66% de SiO_2 marquant la transition vers les Qz-monzonites et les granites. Ces 2 éléments décroissent également dans les syénites du groupe CaNaS et se stabilisent aussi après un point d'inflexion situé autour de 66% de SiO_2 et qui marque ici un passage continu des compositions des roches du groupe CaNaS à celles des roches du groupe NaS. Ainsi, les évolutions des roches du groupe CaS sont comparables à celles des groupes CaNaS et NaS, malgré une plus forte anti-corrélation au sein des syénites du groupe CaNaS. Les évolutions de ces 2 éléments dans les diagrammes de Harker peuvent donc se modéliser par deux accents circonflexes plus ou moins ouverts, retournés et superposés. L'accent supérieur représentant l'évolution des compositions des roches du groupe CaS tandis que l'accent inférieur représente l'évolution dans les roches du groupe CaNaS (premier coté) et NaS (deuxième coté). Cette modélisation simpliste définit cependant une évolution particulière bien marquée au sein des roches du SRBIC. Repérée pour le Ba et Sr, ce type d'évolution caractérise également l'Eu, qui semblait unique parmi les diagrammes de Harker (Figure 5.8). Le Ba, Sr et Eu sont donc corrélés de la même façon avec le SiO_2 dans les roches du SRBIC.

Les diagrammes de Harker du Ce, Sm, Nd, et Ga sont également similaires. Tout comme les précédents, l'évolution de ces éléments dans chaque diagramme peut être modélisée par 2 accents circonflexes plus ou moins ouverts. Ceux-ci bien à l'endroit, avec l'accent supérieur représentant les évolutions au sein du groupe CaNaS et NaS, et l'accent inférieur représentant l'évolution au sein des roches du groupe CaS. En effet, bien que les teneurs soient quelques peu superposées dans les syénites les moins différenciées des groupes CaS et CaNaS, les compositions évoluent vers des termes clairement plus enrichis dans les syénites du groupe CaNaS avec l'enrichissement en silice. Il s'en suit un point d'inflexion commun à tous les groupes pétrographiques autour de 65-66%de SiO_2, après lesquels les compositions se stabilisent ou décroissent et qui marque également le passage quasiment continu des roches du groupe CaNaS à celles du groupe NaS. Les roches du groupe CaS ont donc des compositions en Ce, Sm, Nd et Ga majoritairement inférieures à celles des roches des groupes CaNaS et NaS quelle que soit la concentration de SiO_2 considérée. L'évolution de ces éléments dans les roches du groupe CaNaS tend vers des échantillons fortement enrichis qui sont également les échantillons possiblement affectés par un ou des processus d'altération post-magmatiques. Cependant, ces échantillons sont probablement enrichis avant d'être altéré (c.f. début de cette partie) car même si ils ne sont pas pris en compte pour l'interprétation des tendances, d'autres échantillons du groupe CaNaS et NaS marquent ce net enrichissement des compositions vers 65-66% de SiO_2. L'évolution du Ce, Sm, Nd et Ga qui montre une nette corrélation positive se trouve donc être l'inverse de celle du Ba, Sr et Eu pour des teneurs en silice < 67%. Les teneurs élémentaires au sein des différents groupes sont également inversées et toujours plus faibles en Ce, Sm, Nd et Ga dans les roches du groupe CaS. Pour les roches > 67 %SiO2, l'évolution de ces éléments devient comparable avec celle du Ba, Sr et Eu tandis que les teneurs des roches du groupe CaS semblent toujours plus faibles que celles du groupe NaS.

Un dernier type d'évolution peut être caractérisé dans les diagrammes de Harker de Yb, Y, Hf et Zr. En effet, ces éléments montrent des évolutions intermédiaires entre celles des groupes Ce, Sm, Nd, Ga et Rb, Nb, U, Th, Ta. Les teneurs en Yb, Y, Hf et Zr des roches du groupe CaS et CaNaS se superposent pour la

plupart des syénites. Seules les teneurs plus faibles dans les Qz-monzonites du groupe CaS pourraient rapprocher leurs évolutions de celles du Ce, Sm, Nd, Ga. Toutefois, certaines fortes teneurs dans les syénites du groupe CaS tendent également à rapprocher ces évolutions de l'évolution croissante linéaire de Rb, Nb, U, Th, Ta. La dispersion des teneurs dans les roches > 66-67% SiO_2 rend une interprétation des tendances difficiles. Toutefois si les granites ne sont pas considérés, les roches les plus enrichies en Hf, Zr, Yb et Y appartiennent aux groupes CaNaS et NaS et se situent autour de 66% de SiO_2. Par conséquent, même si il existe des similitudes entre ces éléments et le groupe Rb, Nb, U, Th, Ta, cette dernière observation tend à relier l'évolution de Zr, Hf, Yb, Y dans les roches du SRBIC à celle de Ce, Sm, Nd, Ga.

Les roches mafiques et intermédiaires forment des ensembles discontinus des roches felsiques. Pour la plupart des éléments majeurs, l'évolution au sein de ces roches peut difficilement être associée à celles des roches felsiques. Ceci est d'autant plus vrai pour les éléments traces. Il est clairement difficile d'établir une continuité entre les teneurs en traces des roches mafiques et intermédiaires et celles des roches felsiques. De plus, certains éléments comme Rb, U, Th, Yb et Y (parmi les plus flagrants) montrent une tendance sensiblement distincte de celles des roches felsiques. Seules les évolutions et les teneurs en Ba et Sr pourraient être dans la continuité de celles des roches felsiques.

5.2.2 Relation éléments majeurs - éléments traces

Le parallèle entre l'évolution des éléments traces et des éléments majeurs, possible grâce à la comparaison des diagrammes de Harker, montre dans un premier temps que Ba, Sr et Eu ont des comportements similaires à K_2O et CaO. Tous ces éléments ont des évolutions qui peuvent se modéliser par des accents circonflexes inversés plus ou moins ouverts et des teneurs au sein du groupe CaS toujours supérieures à celles des autres groupes. Dans une moindre mesure, ces éléments traces ont également des évolutions semblables à TiO_2, MgO et P_2O_5 qui ont toutefois des compositions identiques entre tous les groupes pétrographiques. Les évolutions des teneurs en Ba, Sr et Eu sont donc bien liés à celle des feldspaths perthitiques, des micas noirs et dans une moindre mesure à celle des autres minéraux magnésiens et de l'apatite.

L'évolution particulière des teneurs en Ce, Sm, Nd et Ga est tout à fait semblable à celle de Na_2O. Les compositions des roches du groupe CaNaS tendent vers de fortes teneurs et établissent une certaine continuité avec les fortes compositions des roches NaS autour d'un point d'inflexion à 66% de SiO_2. D'autre part, les teneurs dans les roches du groupe CaS sont toujours inférieures à celles dans les roches des deux autres groupes. Ce type d'évolution peut se modéliser par 2 accents circonflexes (à l'endroit) superposés. Les évolutions des teneurs en Fe_2O_3 et MnO ne sont pas vraiment modélisable de cette façon, toutefois les teneurs dans les roches du groupe CaS sont toujours inférieures à celles des autres roches et la forte dispersion des teneurs autours de 66% tendent à rapprocher le comportement de ces éléments de celui de Na_2O. C'est pourquoi, les évolutions des teneurs en Ce, Sm, Nd et Ga sont dépendantes de l'évolution des feldspaths sodiques et des ferro-magnésiens sodiques du SRBIC.

Rb, Nb, Th, U et Ta montrent des évolutions relativement linéaires au sein des roches du SRBIC, jusqu'à des teneurs en silice proches de 70%. Les compositions sont donc relativement identiques quel que soit le groupe pétrographique considéré. Ce résultat tend à lier ces éléments à TiO_2, MgO et P_2O_5 qui montrent ce même comportement. Cependant la corrélation positive linéaire implique également que l'impact d'un point d'inflexion doit être minime voire inexistant dans l'évolution des compositions vers les roches les plus différenciées. Les éléments majeurs dont l'évolution des compositions est la moins affectés par le point d'inflexion situé autour de 66% de SiO_2 sont K_2O et Al_2O_3. Le Na_2O peut être également mentionné car même si les évolutions au sein de chaque type pétrographiques sont affectées par le point d'inflexion,

les compositions ne varient que faiblement sur l'ensemble du SRBIC. C'est pourquoi le Rb, Nb, U, Th et Ga sont donc plutôt à relier au K_2O et à l'Al_2O_3 et dans une moindre mesure au Na_2O. Ces éléments sont donc surtout associés à l'évolution des feldspaths perthitiques ainsi qu'a d'autres phases telles que la biotite et les autres ferromagnésiens.

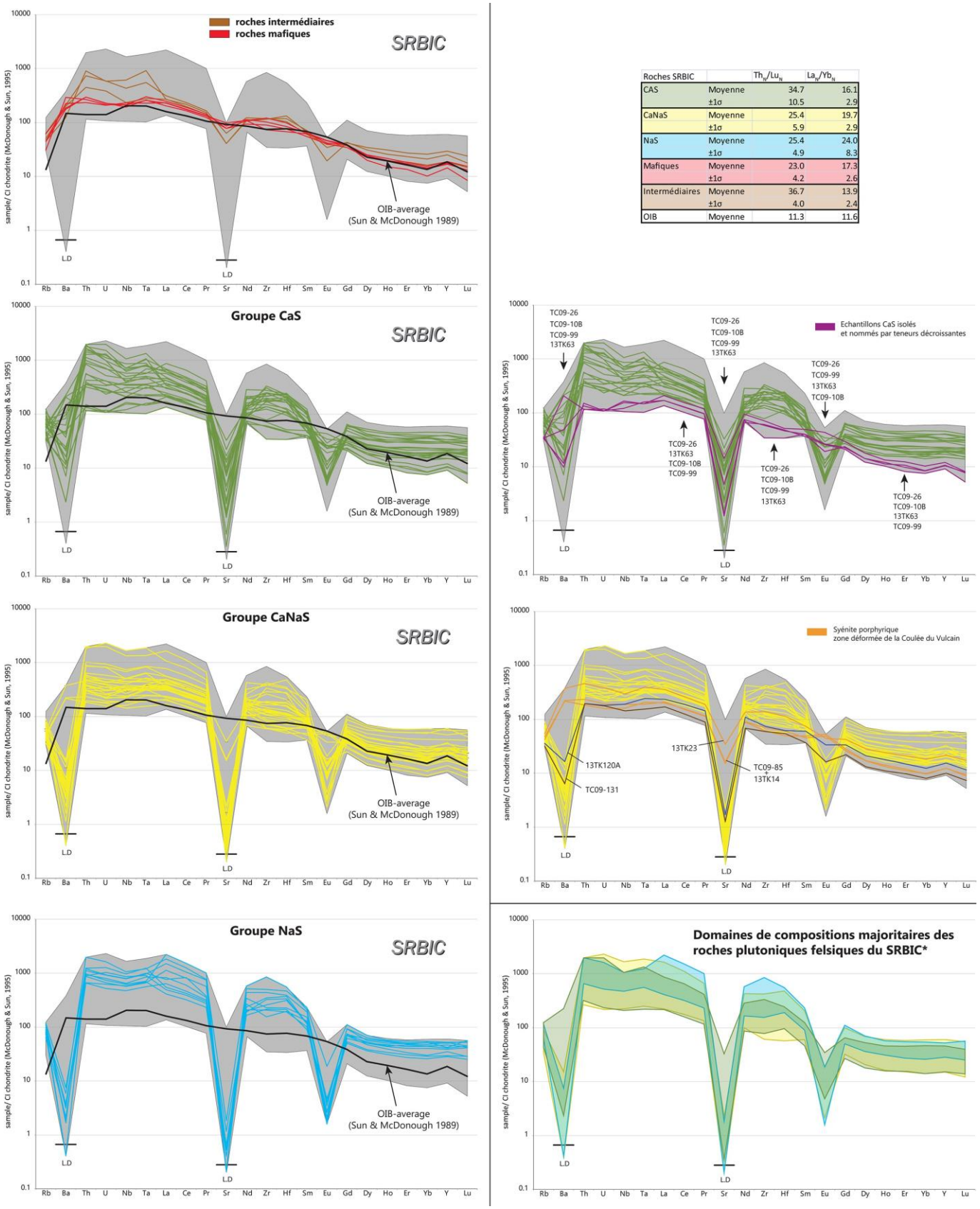
5.3 Etude des spectres en éléments traces

5.3.1 Caractéristiques générales des spectres des roches du SRBIC et de ses satellites

L'utilisation des spectres élémentaires permet, en s'affranchissant de l'abondance relative des éléments dans l'univers, de comparer directement les teneurs en éléments traces à un ou plusieurs réservoirs standards. Dans ce but, j'ai normalisé les compositions en éléments traces des roches du SRBIC par rapport au réservoir chondritique (CI). La Figure 5.10 représente donc les teneurs en éléments traces normalisés aux chondrites (McDonough and Sun, 1995) dans des diagrammes multi-élémentaires aussi appelés « spectres étendus ». Dans ces diagrammes, les éléments sont classés des plus incompatibles (à gauche) aux moins incompatibles (à droite) par rapport aux solides, c'est-à-dire leur tendance relative à l'incorporation dans les phases minérales. Cette représentation graphique permet de comparer les différentes caractéristiques en éléments traces des roches plutoniques entre elles et au sein du SRBIC. Les roches mafiques et intermédiaires y sont différenciées des roches felsiques, lesquelles sont représentées en fonction du groupe pétrographique auquel elles appartiennent. En tant que références les teneurs moyennes normalisées pour les basaltes OIB (Ocean Islands Basalts) de Sun and McDonough (1989) ont été superposées dans ces diagrammes.

Le champ grisé représente le domaine de compositions de toutes les roches plutoniques analysées dans cette étude du SRBIC. Ce domaine de compositions comparé au spectre des OIB montre de fortes disparités et anomalies caractéristiques. Il est toutefois intéressant de noter que les roches mafiques et intermédiaires ont des spectres présentant souvent une allure générale assez semblable à celle du spectre représentatif de la moyenne de composition des OIBs (Sun and McDonough, 1989).

Le Ba, Sr et Eu notamment montrent un large domaine de variations allant jusqu'à de fortes anomalies négatives. Ces trois éléments tendent vers des compositions jusqu'à 350 fois appauvries en Ba, 440 fois appauvries en Sr et 20 fois appauvries en Eu par rapport aux OIB de références. Le Sr et l'Eu ne montrent jamais d'enrichissement par rapport aux valeurs des OIB, tandis que le Ba peut être enrichi jusqu'à 2.6 fois la valeur des OIB. Le Nb, Ta, Zr, Hf (+U et +Th) sont des éléments très incompatibles et forment les HFSE (High Field Strength Elements). Ils montrent, au sein du SRBIC, des compositions légèrement appauvries par rapport aux OIB (environ 2 fois moins) jusqu'à des teneurs fortement enrichies d'environ 15 fois plus pour U et Th, 8 à 10 fois pour Nb et Ta, et 12 à 7 fois pour Zr et Hf par rapport aux OIB. Le La, Ce, Pr, Nd et Sm font partie des terres rares dites « légères » (LREE) et sont également très incompatibles. A l'instar des HFSE, leurs compositions au sein du SRBIC varient d'un léger appauvrissement par rapport aux OIB (environ < 1.5 fois moins) jusqu'à des enrichissements 10 fois supérieures aux valeurs des OIB (x15 pour le La, x12, x9.5 pour le Ce, x7 pour le Nd, x3.5 pour le Sm).Les terres rares lourdes (HREE) composées de Gd, Dy, Ho, Er et Yb auquel le Y est classiquement associé, sont les éléments les moins incompatibles. Ce sont également ceux dont les compositions varient le moins au sein du SRBIC. Ils sont appauvris jusqu'à environ 1.7 à 2.3 fois moins que les OIB et enrichie au maximum de 2.9 (Gd) à 4.6 (Lu) fois plus. Enfin, le Rb qui n'est pas une terre rare mais qui un élément en traces incompatible, faisant partie des LILE (Large Ion Lithophile Element), se trouve toujours plus enrichi que les OIB quelle que soit la roche du SRBIC considérée.



Roches SRBIC		Th_N/Lu_N	La_N/Yb_N
CAS	Moyenne	34.7	16.1
	±1σ	10.5	2.9
CaNaS	Moyenne	25.4	19.7
	±1σ	5.9	2.9
NaS	Moyenne	25.4	24.0
	±1σ	4.9	8.3
Mafiques	Moyenne	23.0	17.3
	±1σ	4.2	2.6
Intermédiaires	Moyenne	36.7	13.9
	±1σ	4.0	2.4
OIB	Moyenne	11.3	11.6

Figure 5.10: Spectres étendus normalisés aux chondrites, représentés en fonction des différents groupes pétrographiques du SRBIC et de ses satellites

5.3.1.1 Spectres des roches intermédiaires (monzo-gabbro/diorite)

Les 3 échantillons de roches mafiques (±intermédiaires) sont le monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre et 2 monzo-diorites provenant de l'affleurement caractéristique de l'Unité 1 au front de la coulée du Vulcain (13TK43 et 13TK36). Ces 3 roches ont des spectres étendus très proches de celui des OIB. Elles sont légèrement plus enrichies en HFSE (excepté Nb) et LREE, et ont des compositions similaires en HREE. Seul le monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre (TC09-79) à des teneurs en HREE appauvries par rapport aux OIB. C'est également cet échantillon qui présente les anomalies négatives en Sr et Eu les moins fortes, le rapprochant des valeurs des OIBs. Il a également la teneur en Rb la plus faible des échantillons mafiques et la teneur en Ba la plus forte. Le spectre du monzo-gabbro de l'anse du Gros Ventre est donc celui qui se rapproche le plus du référentiel OIB pour les éléments les plus incompatibles et le plus éloigné pour les éléments les moins incompatibles. Les roches mafiques ont des rapports moyens Th_N/Lu_N = 23 ±4 et La_N/Yb_N = 17 ±3 (1σ).

5.3.1.2 Spectres des roches intermédiaires (monzonites)

Les roches intermédiaires (monzonites) proviennent toutes de l'intrusion satellitaire de la Plage Jaune. L'allure de leurs spectres est comparable en plusieurs points à celui des roches mafiques excepté celui de l'échantillon TC09-79 avec lequel ils diffèrent plus franchement. En effet, les teneurs en Rb sont identiques à celles des roches mafiques les plus enrichies. Seul Ba pour l'échantillon 13TK47 est appauvri par rapport aux OIBs tandis que celui des autres roches intermédiaires est enrichi par rapport à ces derniers et similaire à celui des roches mafiques. Les roches intermédiaires ont également des compositions proches ou légèrement plus enrichis que les roches mafiques en LREE (La, Ce, Pr, Nd, Sm) et les HFSE les moins incompatibles (Zr et Hf). Les plus grandes différences avec les roches mafiques résident dans les HFSE les plus incompatibles (Th, U et Nb) et les HREE (Gd->Lu) pour lesquels les roches intermédiaires sont nettement plus enrichies. Notamment pour le Th et U, les compositions sont jusqu'à x 6.6 et x 4.4 plus enrichies respectivement que celles des roches mafiques. Concernant les HREE, elles ont des teneurs jusqu'à x2 fois celles des roches mafiques. Ces enrichissements sont corrélés avec un appauvrissement des teneurs en Sr et Eu qui sont jusqu'à x3 moins enrichies que celles des roches mafiques. Il est à noter que parmi les roches intermédiaires, l'échantillon TC09-117 a des compositions en éléments traces très proches de l'échantillon mafique le plus enrichi (13TK43), excepté un net enrichissement en U et Th. L'échantillon dont les compositions différent le plus des roches mafiques (et des OIBs) est le 13TK47, considéré plus tôt possiblement comme altéré. Les compositions des roches intermédiaires forment donc un ensemble relativement bien continu avec les roches mafiques avec des allures de spectres semblables, et des anomalies plus prononcées. Toutefois, le net enrichissement en Th, U (±Nd ±Ta) confère à ces roches des rapports (Th_N/La_N) compris entre 1.7 et 3.4 à celui des roches mafiques compris entre 1 et 1.4. Ces rapports témoignent donc d'un fractionnement plus important entre les HFSE + LREE les plus incompatibles par rapport aux autres éléments en comparaison des roches mafiques. Les roches intermédiaires (monzonites) ont des rapports moyens Th_N/Lu_N = 37 ±4 et La_N/Yb_N = 14 ±2 (1σ).

5.3.1.3 Spectres des syénites du groupe CaS

Les roches plutoniques du groupe CaS ont des spectres qui couvrent une large partie du domaine de variation des compositions analysées pour tout le SRBIC. Les teneurs en Rb couvrent la majeure partie des compositions du SRBIC avec un enrichissement par rapport aux OIB de 2.4 à 9.3. Il en est de même pour le Ba dont quelques compositions montrent un enrichissement jusqu'à 1.5 fois supérieur aux valeurs des OIBs donc identiques à celles des roches mafiques et intermédiaires. Mais la majeure partie des teneurs sont appauvries par rapport à celles des OIBs (et donc aux roches mafiques et intermédiaires) allant jusqu'à des teneurs 62 fois moins enrichies que dans les OIBs.

Les compositions en Th couvrent toutes les compositions du SRBIC, au minimum 2 fois plus appauvries que les valeurs des OIBs et au maximum 14.4 fois plus enrichies. Les teneurs en HFSE, LREE et HREE couvrent également une grande partie du domaine de variations observé pour le SRBIC, allant des teneurs les plus faibles analysées jusqu'à environ les 2/3 des compositions les plus enrichies. Les teneurs des roches du groupe CaS sont toutes appauvries en Sr et Eu. Ces teneurs vont des compositions les plus appauvries des roches intermédiaires jusqu'à des teneurs x257 et x11.2 plus faibles que celles des OIBs pour Sr et Eu respectivement. La majorité des roches du groupe du CaS, sont enrichies en HFSE, LREE et HREE. Seuls 4 échantillons (TC09-10B, TC09-26, TC09-99, 13TK63) montrent un comportement significativement différent pour ces éléments traces et des compositions appauvries par rapport aux OIBs. La majorité des spectres des roches du groupe CaS recouvrent donc ceux des roches intermédiaires avec une majorité de compositions plus enrichies que ces dernières en HSFE (hormis U et Th), LREE et HREE. L'enrichissement en U et Th est moins prononcé que pour les roches intermédiaires et le rapport (Th_N/Pr_N) des roches du groupe CaS majoritairement compris entre 2 et 5 contre $3<(Th_N/Pr_N)_{CaNaS}>6$ pour les roches du groupe CaNaS indique donc que le fractionnement est légèrement moins important dans les roches du groupe CaS. Ces dernières ont des rapports moyens $Th_N/Lu_N = 35 \pm 11$ et $La_N/Yb_N = 16 \pm 3$ (1σ).

5.3.1.4 Spectre des syénites du groupe CaNaS

Les spectres étendus des roches du groupe CaNaS montrent une grande variabilité de compositions au sein du SRBIC. 5 échantillons caractérisés par des spectres particuliers se distinguent de la majorité des roches de ce groupe. Considérons dans un premier temps la majorité des roches du groupe CaNaS (en jaune). Toutes ces roches montrent de fortes anomalies en Ba, Sr et Eu. Pour Ba, les teneurs sont appauvries de 9.5 fois la valeur des OIBs jusqu'à des valeurs atteignant la limite de détection de la machine (soit plus de 300 fois moins que la valeur des OIBs). Ces teneurs recouvrent donc en partie les compositions les plus appauvries en Ba des roches du groupe CaS. Même constat pour le Sr, qui montre des compositions similaires aux roches les plus appauvries du groupe CaS et qui s'étendent jusqu'à des valeurs atteignant le seuil de détection de la machine (soit plus de 400 fois moins que la valeur des OIBs). Pour l'Eu, les teneurs du groupe CaNaS recouvrent en grande majorité les teneurs des roches du groupe CaS. Elles varient entre 2.9 fois et 25 fois moins que les valeurs des OIBs. Les compositions des HFSE, LREE et HREE vont des teneurs des OIBs aux valeurs les plus enrichies du SRBIC. Elles recouvrent donc les compositions des roches mafiques, intermédiaires et des roches du groupe CaS. Pour le Rb, les compositions recouvrent une grande partie des compositions du Rb du SRBIC allant des teneurs les plus faibles (x2.3 les teneurs des OIBs) à x6.8 plus enrichies par rapport aux OIBs La majorité des roches du groupe CaNaS (en jaune) ont des rapports moyens $Th_N/Lu_N = 25 \pm 5$ et $La_N/Yb_N = 20 \pm 3$ (1σ).

Les 5 échantillons mis en lumière au sein des CaNaS sont les 3 échantillons de syénite porphyrique (13TK14, 13TK23 et TC09-85, en orange) associée à la zone de transition entre le groupe CaS (unité structurale 1) et le groupe pétrographique CaNaS (unité structurale 2) au niveau de la coulée du Vulcain.

Ces trois échantillons diffèrent clairement du reste des roches CaNaS. Ils possèdent les plus fortes teneurs en Ba, Sr et Eu de ce groupe et ont des teneures en LREE et HFSE parmi les plus faibles. Ces compositions en élément traces les rapprochent nettement des teneurs mesurées dans les roches les plus mafiques du complexes (monzo-gabbro/diorite), excepté pour le Sr qui est plus appauvri que dans ces dernières. L'échantillon 13TK120A se situe sur le flanc nord du mont Lieutard. Il constitue l'une des premières roches du groupe CaNaS dans la vallée de Larmor, au contact avec les roches structuralement au dessus du groupe CaS. Cet échantillon a les teneurs les plus faibles de la majorité des roches du groupe CaNaS (en jaune) pour la plupart des éléments en traces excepté le Ba, Sr et le Eu qui y sont les plus fortes. Excepté ces derniers le spectre de cette roche est également très proche de celui des monzo-gabbro/diorite. Finalement, l'échantillon TC09-131, qui se situe à l'embouchure du Val de Longue Attente, sur le flanc nord du mont L. Lutaud, et qui forme vraisemblablement la bordure intrusive du complexe de l'anse Syénite, montre les teneurs en éléments traces les plus faibles des roches de ce groupe pétrographique. Ses compositions rapprochent le spectre de cet échantillon de celui des roches très appauvries du groupe CaS, à l'exception et Th, U pour lesquels celui-ci est plus enrichi.

5.3.1.5 Spectre des syénites du groupe NaS :

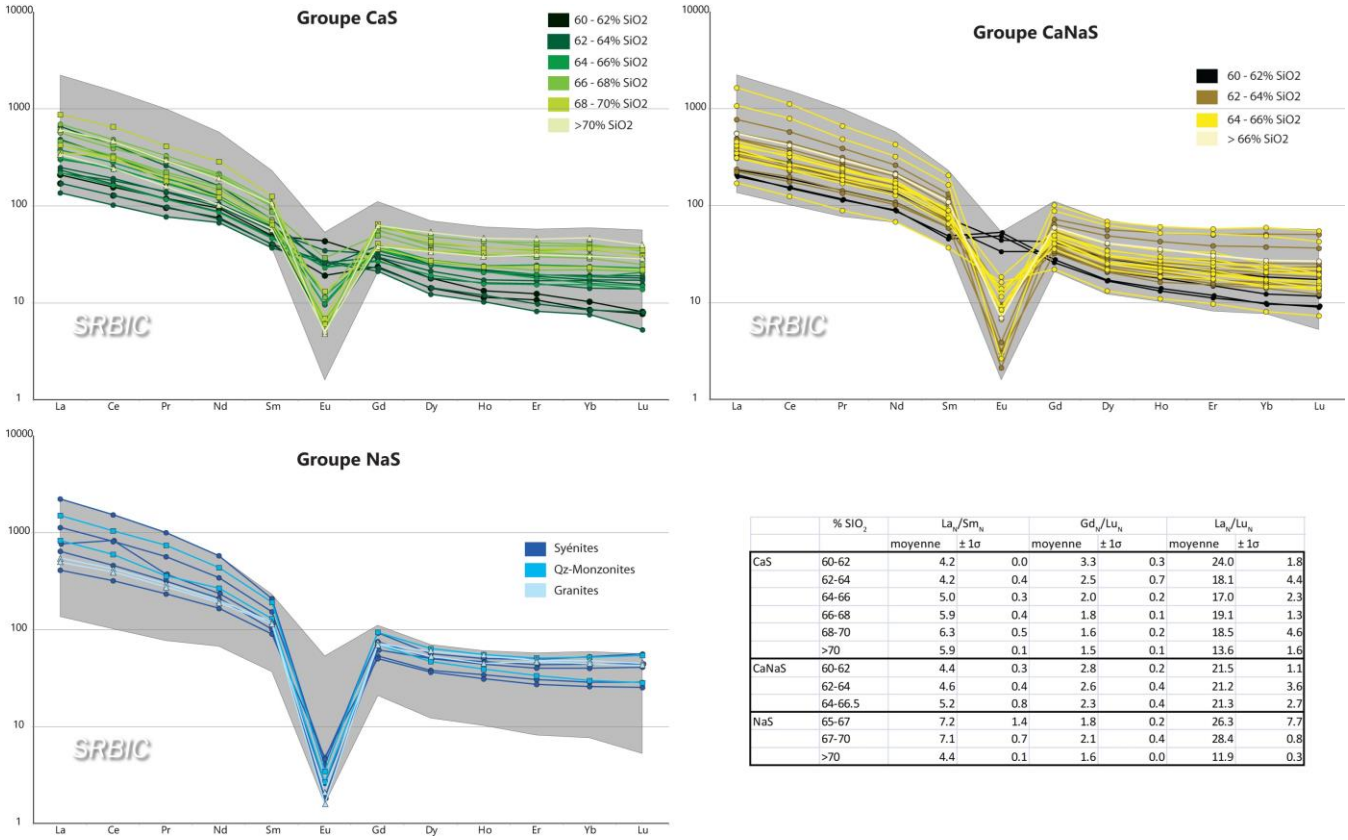
Les teneurs en éléments traces des roches du groupe NaS sont parmi les plus éloignées des compositions de référence des OIBS. En effet ces roches comptent parmi les roches les plus enrichies en Rb, HFSE, LREE et HREE. Ce sont également les roches ayant majoritairement les plus fortes anomalies en Ba, Sr et Eu. Seul l'échantillon TC09-126A, considéré comme possiblement altéré, montre une composition en Eu de l'ordre de celle de la monzonite la plus appauvrie (possiblement altéré également), soit 2.9 fois moins enrichi que les OIBS. Les teneurs en Rb sont également les plus enrichies du SRBIC. L'allure générale des spectres des roches du groupe NaS peut être définie par un Th_N/Lu_N = 25±5 et un La_N/Yb_N= 24 ± 8(1σ).

5.3.1.6 Evolution des éléments traces en fonction de la différenciation

Afin d'étudier l'évolution des teneurs en éléments traces en fonction de la différenciation et en complément des diagrammes de Harker, j'ai choisi de représenter les différents types de roches (syénite/Qz-monzonite/granite) dans des diagrammes de terres rares normalisées aux chondrites.

Les roches du groupe CaNaS montrent le plus grand étalement des niveaux de concentrations des terres rares contrairement à celui des groupes CaS et NaS. Les roches du groupe CaS montrent une plus forte densité de spectres vers les plus faibles teneurs tandis que cette tendance est opposée pour les roches du groupe NaS.

Les roches du groupe CaS, montrent un enrichissement progressif et relativement continu de leurs teneurs en éléments traces avec la différenciation (SiO_2 étant l'indice de différenciation choisi). Ceci s'observe assez bien au niveau des HREE tandis que les spectres des roches les plus différenciées se chevauchent au niveau des LREE. Cette différence se traduit par un rapport La/Lu plus faible dans les roches les plus différenciées traduisant un fractionnement moins important. De plus, le calcul des rapports La_N/Sm_N et Gd_N/Lu_N montre qu'avec la différenciation le fractionnement des LREE est légèrement à la hausse, tandis que celui des HREE est plutôt à la baisse. Enfin, malgré quelques particularités, l'anomalie en Eu est globalement plus forte avec l'enrichissement en silice.



	% SiO_2	La_N/Sm_N		Gd_N/Lu_N		La_N/Lu_N	
		moyenne	± 1σ	moyenne	± 1σ	moyenne	± 1σ
CaS	60-62	4.2	0.0	3.3	0.3	24.0	1.8
	62-64	4.2	0.4	2.5	0.7	18.1	4.4
	64-66	5.0	0.3	2.0	0.2	17.0	2.3
	66-68	5.9	0.4	1.8	0.1	19.1	1.3
	68-70	6.3	0.5	1.6	0.2	18.5	4.6
	>70	5.9	0.1	1.5	0.1	13.6	1.6
CaNaS	60-62	4.4	0.3	2.8	0.2	21.5	1.1
	62-64	4.6	0.4	2.6	0.4	21.2	3.6
	64-66.5	5.2	0.8	2.3	0.4	21.3	2.7
NaS	65-67	7.2	1.4	1.8	0.2	26.3	7.7
	67-70	7.1	0.7	2.1	0.4	28.4	0.8
	>70	4.4	0.1	1.6	0.0	11.9	0.3

Figure 5.11: Diagrammes de terres rares normalisées aux chondrites.

Les roches du groupe CaNaS comprises entre 60 et 66.5% de SiO_2 montrent un enrichissement grossier. Toutefois celui semblent nettement moins continu que pour le groupe CaS. En effet beaucoup des roches de ce groupe se trouvent entre 62 et 65% de SiO_2 et ne montrent donc pas d'enrichissement sur une si faible gamme de silice. Il apparait néanmoins qu'avec la différenciation, le fractionnement des LREE augmente tandis que celui des HREE diminue. La gamme de variation est sensiblement égale à celle des roches du groupe CaS. L'anomalie négative en europium est également moins bien corrélée avec le degré de différenciation bien que la tendance soit dans l'ensemble à son augmentation. Enfin, tout comme pour les roches du groupe CaS, le rapport La_N/Lu_N reste sensiblement constant pour les mêmes taux de silice.

Les roches du groupe NaS sont nettement plus enrichies en éléments traces que les autres roches plutoniques. Cependant, il n'y pas de vraiment d'évolution dans les compositions au travers des syénites et des Qz-monzonites. Seuls les spectres des granites diffèrent légèrement et montrent un appauvrissement relatif en LREE et un enrichissement en HREE. En effet, le fractionnement des éléments traces, assez stable dans les syénites et Qz-monzonites diminue avec le passage aux roches de type granite. Toutefois, l'évolution de l'anomalie négative semble bien corrélée avec le degré de différenciation.

5.3.1.7 Evolution des éléments traces dans le temps

Les études structurales et géochronologiques ont permis de mettre en évidence que les roches plutoniques ont été mises en place du sud vers le nord au centre de la péninsule de RdB. En prenant en compte les premiers âges déconnectés du complexe principal, la mise en place s'est déroulée entre environ 13.74 à 7.88 Ma, le volume le plus important formant le SRBIC s'étant mise en place entre 11.57 et 7.88 Ma. Ainsi, un moyen d'appréhender l'évolution des éléments traces au cours du temps est de retracer l'évolution de ces éléments au travers d'une coupe grossièrement N-S. Les analyses géochimiques des roches ont donc été replacées (ou projetées pour les échantillons un peu éloignés) sur

la coupe NNE-SSO réalisée pour l'étude structurale (voir Chapitre 2). Grâce aux échantillons datés le long de cette coupe, l'évolution des éléments en traces peut donc être bornée dans le temps.

La Figure 5.12 représente 7 portions de la coupe NNE-SSO, classées du sud (les plus vieilles) vers le nord (les plus jeunes), et pour lesquels les spectres multi-élémentaires des roches analysées ont été reportés. Dans chaque diagramme représentatif d'une portion de coupe, ont été reportés :(i) les noms d'échantillons classés selon leur teneur pour un élément donné, (ii) la position relative de ces échantillons le long de la coupe. La première portion de coupe (Figure 5.12a) comprend 3 échantillons constitutifs de la plus vieille intrusion de la péninsule de RdB, celle de l'anse du Gros Ventre. Le spectre de référence des OIBs (Sun and McDonough, 1989) a également été ajouté sur ce diagramme à titre de comparaison. Les âges des syénites s'étalent entre 13.74 Ma et 11.87 Ma. Le monzogabbro (TC09-79) est daté entre 13.6 Ma (biotite séparées, Dosso et al., 1979) et 15.7 Ma (K-Ar sur roche totale, (Lameyre et al., 1976). Les compositions de ce monzogabbro sont très proches de celle des OIBs de référence. Son spectre montre tout de même un enrichissement en Rb, en HFSE les plus incompatibles et en LREE ; contrairement au HREE qui sont légèrement appauvris par rapport aux compositions des OIBs. Les 2 syénites précoces ont un spectre tout à fait comparable qui montre un fort enrichissement en LREE et HFSE. Les teneurs en Th notamment sont parmi les plus fortes du SRBIC. Les HREE sont quant à elles faiblement enrichies comparées au monzo-gabbro et aux OIBs. Ces spectres illustrent donc un fractionnement important en élément traces dans les syénites les plus précoces. Bien que les rapports élémentaires soit sensiblement différents, ce fractionnement est également visible dans le plus vieux monzo-gabbro de la péninsule. Les anomalies en Ba, Sr et Eu sont toutes négatives mais d'amplitude relativement faible comparées au spectre des OIBs.

La deuxième portion de coupe (Figure 5.12b) comprend 4 échantillons (3 syénites et une Qz-monzonite) prélevées entre le contact intrusif du SRBIC avec les basaltes de plateau (échantillon TC09-41 daté à 11.53 ±0.2Ma) et un des petits massifs de syénite situé au SE du front de la Coulée de Vulcain et daté à 11.57 ±0.15Ma (échantillon TC09-06). Cette portion de coupe du SRBIC s'est donc construite très rapidement. Les spectres de ces 4 roches sont très similaires. La Qz-monzonite est toutefois plus enrichie que les trois syénites pour tous les éléments traces (excepté Zr et Hf). Cependant l'allure du spectre est tout à fait identique à ceux des syénites. Cet enrichissement semble donc être lié à une simple différenciation du même liquide parent que celui des syénites. Comparées aux 2 syénites précoces de l'anse du Gros Ventre ces 4 roches ont relativement les mêmes compositions en éléments traces. Les syénites ont cependant des compositions légèrement plus appauvries en HFSE et LREE, tandis que la Qz-monzonite à des teneurs plus enrichies en HREE. Seules les teneurs en Th et U de ces 4 roches sont moins élevées que celles des syénites plus précoces donnant un aspect plus plat aux spectres au niveau des éléments les plus incompatibles. La grande différence avec les syénites les plus précoces réside dans les anomalies en Ba, Sr et Eu qui sont bien plus importantes pour ces 4 échantillons.

Donc en l'espace de 2.5 Ma pour des roches de même nature, le niveau d'enrichissement en éléments traces n'a pas changer significativement mais les teneurs en Ba, Sr, et Eu se sont nettement appauvries. Ceci implique un fractionnement important des minéraux porteurs tels que les feldspaths perthitiques en profondeur.

La troisième portion de coupe (Figure 5.12c) est constituée de 4 échantillons : 2 syénites, un qz-monzonite et une monzodiorite. Cette portion de coupe prend donc en compte le sill de monzodiorite datée à 11 Ma et localisé au pied de la Coulée de Vulcain. Le premier échantillon de cette portion est une syénite à 60.9% de SiO_2 (TC09-10B) prélevée sur le massif syénitique le plus au sud en contact avec le front de la Coulée du Vulcain. Cette roche montre un spectre clairement différent des autres roches

felsiques de cette partie de coupe et des précédentes syénites. Elle est appauvrie en élément traces comparée à la monzodiorite et aux OIBs. Elle possède cependant un spectre de même allure que la monzodiorite en de nombreux points. En effet, seule l'anomalie en Sr donne à cette syénite une allure différente de celle du spectre de la monzodiorite. Plus au nord, une syénite suivie d'une Qz-monzonite montrent des spectres de composition et d'allure identiques entre eux. Ces spectres ont des caractéristiques identiques aux syénites précoces de l'anse du Gros Ventre tels que l'enrichissement en éléments les moins incompatibles. Mais ces 2 roches ont également des caractéristiques proches des syénites de la portion de coupes précédentes telles que des anomalies en Ba, Sr et Eu négatives, prononcées et des teneurs relativement élevées en HREE. Cette partie de coupe du SRBIC contient une succession de sills syénitiques et plus mafiques qui montrent des niveaux d'enrichissements différents. De plus, une des syénites mise en place après la monzodiorite est moins enrichie que cette dernière. Pour un taux de différenciation (SiO_2) plus élevé cette syénite est moins enrichie en éléments incompatibles que la monzodiorite. Cette syénite ne peut donc être pas le résultat d'une différenciation du même liquide parent ayant formé la monzodiorite. De plus, les différences de compositions entre cette syénite et les autres roches felsiques rencontrées plus au sud impliquent un changement des processus d'enrichissement et/ou un changement au niveau de la source des magmas.

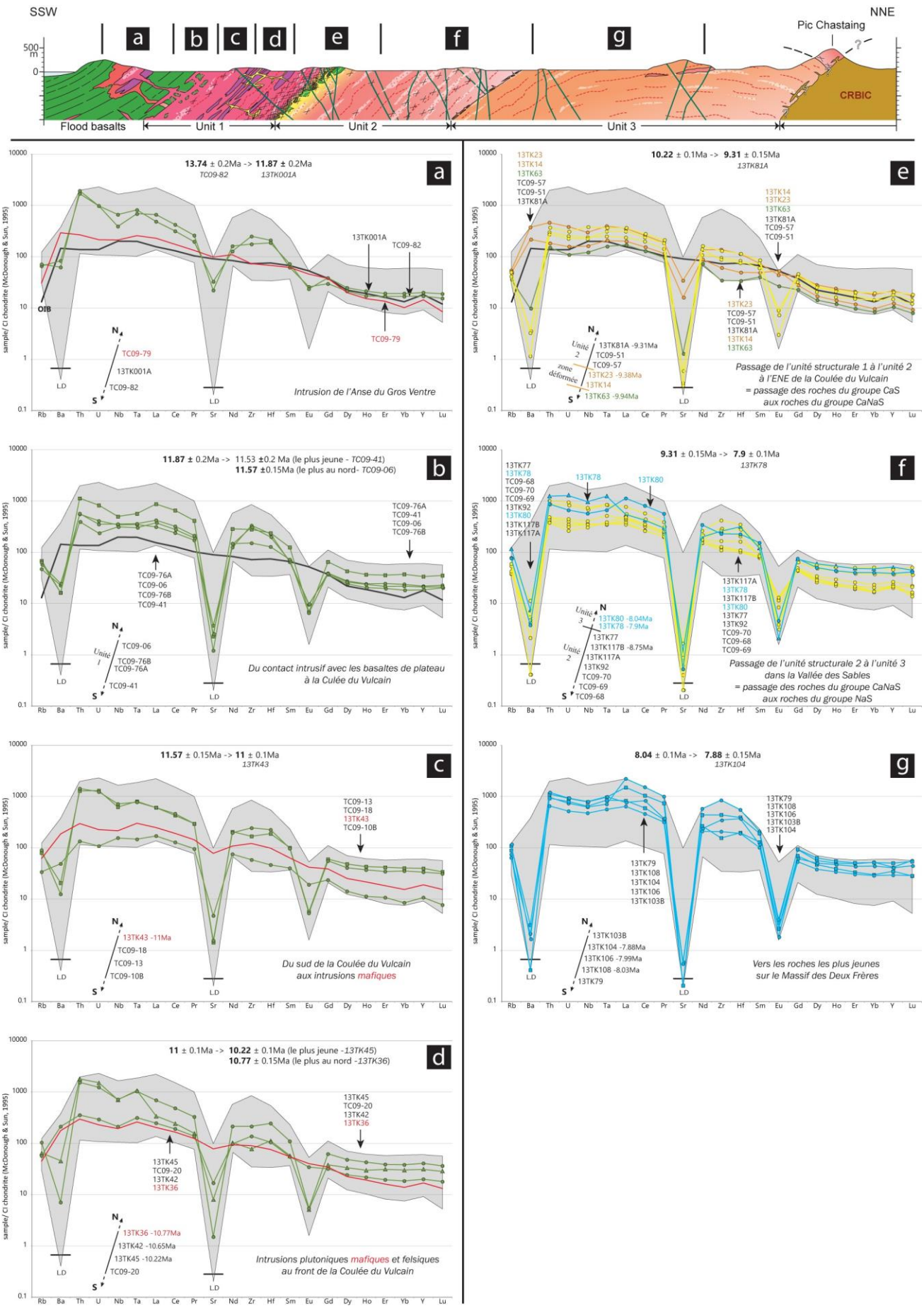


Figure 5.12: Evolution des spectres normalisés aux CI le long d'une coupe SSO-NNE : anse du Gros Ventre – Pic Chastaing

La quatrième partie de la coupe étudiée comprend 4 échantillons et s'étend jusqu'au dernier sill de monzo-diorite mis en place vers le nord et daté à 10.77 Ma. Cette portion de coupe comprend donc les alternances d'intrusions mafiques et syénitiques qui caractérisent l'unité structurale 1. Dans cette petite portion de coupe, l'échantillonnage plus abondant, a permis de mettre en évidence des recoupements chronologiques entre les différentes injections en accord avec les observations de terrain. La syénite la plus jeune étant datée à 10.22 Ma. Dans l'ordre chronologique, c'est la monzodiorite (13TK36) qui s'est mise en place en premier. Les erreurs sur les âges U-Pb peuvent laisser penser que cette monzodiorite (10.77 ± 0.15 Ma) et celle de la partie précédente (11 ± 0.1 Ma) font partie d'une seule et même intrusion. Toutefois, le contact entre les 2 roches ne peut pas être observé car il est aujourd'hui recoupé par des syénites et/ou recouvert par des dépôts récents. De plus, la légère différence minéralogique observée entre les deux roches suggère l'existence de 2 intrusions distinctes bien qu'une variation locale au sein d'une seule intrusion ne peut être exclue. Ceci ne change en rien le propos exposé ici. Cette monzodiorite a en effet un spectre en éléments traces similaire à la précédente monzodiorite. Elle est suivie dans le temps par l'intrusion d'une syénite datée à 10.65 Ma (13TK42) qui a, à peu de chose près, le même spectre. En effet, cette syénite est moins de 1.5 fois plus enrichie que la monzo-diorite en Rb et autres éléments les plus incompatibles jusqu'au Ce. Elle possède en outre les mêmes teneurs en Pr, Nd, Sm, Gd et Dy. Les éléments les moins incompatibles sont jusqu'à deux fois plus enrichis par rapport à la monzodiorite, tout comme le Zr et l'Hf. Seul le Sr montre une anomalie négative avec un appauvrissement de x4.6 par rapport à la monzodiorite. Ainsi, les roches mises en place entre 11 et 10.65 Ma ont des spectres relativement similaires mais l'une d'entre elles est une syénite à 67.2% de SiO_2 présentant une anomalie en Sr. Tout comme pour la syénite TC09-10B de la portion de coupe précédente, il est clair que les différences de compositions entre cette syénite et les autres roches felsiques rencontrées plus au sud impliquent une différence dans les processus d'enrichissement et/ou une différence au niveau de la source. Cette syénite datée à 10.65 Ma est suivie d'une injection de syénite (67.1% de SiO_2) à 10.22 Ma et de granite (75.9% de SiO_2). La syénite 13TK45 est une syénite porphyrique qui possède un spectre similaire aux syénites rencontrées plus au sud ou au niveau de l'anse du Gros Ventre. Elle montre également de fortes anomalies en Ba, Sr et Eu. Le granite provenant d'une injection pegmatitique a un spectre différent qui montre des anomalies négatives en Ba, Sr et Eu moins fortes que la syénite porphyrique. Hormis le Th, U, Nb et Ta, il est également moins enrichi que cette syénite. Cet échantillon granitique ne peut donc pas provenir de la différenciation du magma parent de la syénite porphyrique. Cependant, le spectre de ce granite est assez cohérent avec les spectres des syénites rencontrées plus au sud et de celles de l'anse du Gros Ventre. Les différences en LREE et Zr, Hf sont sans doute à mettre en relation avec une proportion plus faible de minéraux porteurs ayant cristallisé dans ce granite tels que les chevkinites et les zircons.

La cinquième portion de coupe (Figure 5.12e) s'étend du dernier sill plutonique mafique alternant avec les syénites au front de la coulée de Vulcain jusqu'aux échantillons de l'unité structurale 2 projetés dans la Vallée des Sables. Cette partie de coupe comprend donc le passage de l'unité 1 constitué des roches du groupe CaS à l'unité 2 constitué des roches du groupe CaNaS. Le diagramme illustre les compositions des 6 échantillons de syénites de cette partie de la coupe et datés entre 9.94 (13TK63) et 9.31 Ma (13TK81A). La première syénite mise en place est en contact avec la monzodiorite précédente datée à 10.77 Ma. Cette syénite du groupe CaS (62.3 %SiO2) est à l'image des syénites précédentes les moins enrichies (TC09-10B et 13TK42). De ces trois syénites relativement appauvries, celle-ci possède les anomalies les plus négatives en Ba et Sr. De par ses teneurs en HREE, elle ressemble davantage à la syénite appauvrie (TC09-10B) située la plus au sud de la coupe. Viennent ensuite les syénites porphyriques associées à la zone déformée au front de la Coulée de Vulcain. Ces syénites font partie du groupe pétrographique

CaNaS et marque donc le passage des roches du groupe CaS au groupe CaNaS. Ces deux syénites porphyriques ont des spectres (oranges) de même allure. La syénite porphyrique la moins enrichie est la 13TK14 dont les teneurs sont similaires aux compositions des monzodiorites et monzogabbros rencontrés plus au sud. Seuls le Zr et l'Hf semblent légèrement appauvris par rapport à ces derniers. Elle montre donc des anomalies positives en Ba, négative en Sr et peu ou pas d'anomalie en Eu. La seconde syénite porphyrique a un spectre semblable avec des compositions plus enrichies hormis en Eu. Ces syénites particulières montrent donc une différence notable de niveau d'enrichissement et/ou de source avec les syénites rencontrées au niveau de l'anse du Gros Ventre et dans la majeure partie de l'unité 1. Elles montrent davantage de similitude avec les roches plutoniques mafiques et les syénites les plus appauvries de l'unité 1. Ces syénites porphyriques sont suivies vers le nord par des syénites qui marquent le passage entre l'unité structurale 1 déformée à sa base et l'unité structurale 2. Ces syénites ont des compositions qui sont bornées par celles des 2 syénites porphyriques précédentes. Elles ont notamment les mêmes teneurs en REE. Toutefois ces 3 échantillons de syénites ont des anomalies très négatives en Ba, Sr et Eu (notamment en Ba et Sr pour lesquels elles atteignent presque la limite de détection). Le passage de l'unité 1 à l'unité 2 est donc marqué par un net changement affectant au moins le fractionnement des feldspaths.

La sixième portion de coupe (Figure 5.12f) comprend 9 échantillons et s'étend le long du Massif du Portillon jusqu'aux roches de l'unité structurale 3. Cette partie de coupe illustre donc le passage entre les roches du groupe CaNaS et les premières roches intrusives du groupe NaS (projetées sur la coupe). Les syénites du groupe CaNaS les plus au sud de cette coupe ont les mêmes spectres que les syénites les plus enrichies de la partie de coupe précédente. Elles sont aussi grossièrement de plus en plus enrichies vers le nord mêmes si les deux échantillons les plus riches du groupe des CaNaS ne sont pas strictement les plus au nord. Ces deux échantillons sont les plus riches en silice. Toutefois, il est clair que depuis les syénites les plus vielles de l'unité 2 jusqu'au plus jeunes (< 8.05 Ma) l'enrichissement semble corréler avec la position structurale et, dans une moindre mesure, le taux de différenciation. Au vu des spectres étendus, le passage à l'unité structurale 3 et aux roches appartenant au groupe NaS n'implique pas de changement significatif. Les compositions du granite et de la syénite sont relativement similaires aux syénites les plus enrichies du groupe CaNaS. La différence de nature des échantillons du groupe NaS est due à la position des échantillons, le granite 13TK78 se trouvant sous le contact majeur du portillon et la syénite 13TK80 se trouvant sous le contact sud du massif des Deux Frères. Ces deux échantillons ont les mêmes compositions en HREE. Le granite est plus enrichi en Rb et HFSE les moins incompatibles tandis que la syénite est plus enrichie en LREE. Cette différence est sans doute à relier à la cristallisation plus importante de chevkinite dans la syénite.

La dernière portion de coupe étudiée comprend 5 échantillons (3 syénites et 2 qz-monzonites) de l'unité structurale 3 et s'étend du massif en forme de molaire dans la Vallée jusqu'à la pointe nord-ouest du Massif des Deux Frères. Ces roches du groupe NaS sont parmi les roches les plus enrichies du SRBIC. Bien que la teneur en SiO_2 varie de 66.2 à 68.9% l'enrichissement ne semble pas corrélé avec la différenciation et toutes les roches ont des compositions relativement similaires. Les spectres ont une allure semblable aux syénites du groupe CaNaS de la portion précédente et des compositions semblables à celle qui sont les plus enrichies. Les teneurs varient surtout pour les LREE (La, Ce, Pr) les HFSE les moins incompatibles Zr et Hf, ainsi que les MREE Nd et Sm. Ces variations sont à relier aux différences de proportions de minéraux riches en terres rares telles que les chekvinites et les zircons. Les roches du groupe NaS présentent des anomalies en Ba, Sr et Eu très négatives, similaires ou légèrement plus fortes que celles des syénites CaNaS.

Au travers de cette « coupe géochimique », l'évolution des éléments traces dans le temps a donc permi d'identifier deux comportements distincts entre la succession des roches de l'unité 1 et la succession des roches des unités 2 et 3. Rappelons dans un premier temps que chaque unité est formée par différentes injections successives de roches ayant des degrés de différenciation plus ou moins variés (c.f. Chapitre 1). L'unité 1 est particulièrement caractérisé par des alternances de roches plutoniques mafiques et syénitiques. L'unité 2 et l'unité 3 ne montrent pas une telle variation de degré de différenciation. Toutefois, les roches de l'unité 3 sont majoritairement les plus différenciées du SRBIC.

L'évolution des éléments traces au sein de l'unité 1 se caractérise par l'alternance de spectres enrichis et de spectres appauvris. Les spectres enrichis correspondent à la majorité des roches felsiques. Les spectres appauvris comprennent les roches plutoniques mafiques et quelques roches syénitiques dont certaines sont encore plus appauvries que les monzo-gabbros/diorites. Bien défini dans le temps par la géochronologie, cet appauvrissement des teneurs en éléments traces ne peut donc pas s'expliquer par de simples variations de différenciation d'un même magma parent. Il est clair que ce « reset » des teneurs est induit par un changement dans les processus d'enrichissement lié au changement de composition des magmas parents de ces différentes syénites.

Le passage aux roches du groupe CaNaS (dans la zone déformée) est marqué par des spectres de compositions intermédiaires entre ceux des roches plutoniques mafiques et syénitiques enrichis du groupe CaS. Le passage de l'unité 1 (zone déformée) à l'unité 2 est marqué par le retour à des spectres de syénites de même allure que ceux de la majorité des syénites du groupe CaS mais moins enrichis que ces derniers. L'évolution des éléments traces au sein de l'unité 2 est caractérisée par un enrichissement progressif vers le nord. Malgré des recoupements relatifs à la variation des teneurs en silice dans la superposition des spectres, cet enrichissement est bien corrélé avec la progression vers le nord.

Le passage de l'unité 2 à l'unité 3, donc des roches du groupe CaNaS aux roches du groupe NaS ne peut être distingué dans les éléments traces. Les roches du groupe NaS ont les mêmes spectres que les roches les plus enrichies du groupe CaNaS. Elles montrent également des variations relatives au taux de différenciation mais surtout des variations dues à la proportion de minéraux accessoires tels que les chevkinites et les zircons.

Ainsi, l'évolution des éléments traces au sein de l'unité 2 et de l'unité 3 peut être considérée continue et progressive dans l'espace et dans le temps. Cette unique évolution est directement liée à la structure et donc indirectement au degré de différenciation. Au contraire, l'évolution des éléments traces au sein de l'unité 1 est discontinue et sans relation directe avec le taux de différenciation.

5.4 Synthèse de l'étude des éléments majeurs et traces

Les roches plutoniques du SRBIC sont majoritairement des syénites et des monzonites à quartz avec quelques monzogabbros, monzodiorites, monzonites et granites. Elles forment une série plutonique typiquement alcaline avec seulement quelques roches qui ont une affinité alcalino-calcique (Figure 5.1 et Figure 5.2).

Cette étude confirme le gap de composition qui existe entre 57 et 60% de silice et qui sépare les roches mafiques et intermédiaires des roches felsiques sur la péninsule. Ce gap nommé « Daly gap », déjà été observé dans les études précédentes des roches plutoniques des Iles Kerguelen (e.g. Bonin and Giret, 1990; Scoates et al., 2007), s'observent également dans de nombreuses séries alcalines volcaniques en domaine océanique (Baker, 1992) comme les Canaries (Chayes, 1977); l'Ascension (Clague, 1978), Hawaii (Cousens et al., 2003) ou encore l'Islande (Bindeman et al., 2012).

La tendance générale de l'évolution des éléments majeurs et traces dans toutes les roches plutoniques du SRBIC, telle que la diminution nette du MgO, du Fe_2O_3(total), du CaO, du TiO_2, du Ba et du Sr et l'augmentation nette en Nb, U et Th lorsque la teneur en SiO2 augmente, marque sans doutes une évolution chimique contrôlée, du moins en partie, par des processus de cristallisation fractionnée avec la formation de phase minérales précoces telles que l'olivine, les pyroxènes calciques, les perthites et les oxydes de Fe-Ti dans un ou des magmas parents chimiquement proches.

Les roches mafiques et intermédiaires ont des spectres présentant une allure générale assez semblable à celle du spectre représentatif de la moyenne de composition des OIBs (Sun and McDonough, 1989). L'allure des spectres des roches felsiques montrent bien plus de différences avec ces derniers, à cause des très importantes anomalies négatives en Ba, Sr et Eu mais aussi des teneurs plus élevées pour les éléments les plus incompatibles.

Concernant les roches felsiques de loin les plus abondantes, l'étude des diagrammes de Harker en fonction des différents types de roches (syénites/Qz-monzonites/granites) permet de mettre en évidence des ensembles de compositions relativement continus, pour de nombreux éléments majeurs et traces, des syénites les moins enrichies en SiO2 aux granites les plus différenciés (Figure 5.3,Figure 5.4 et Figure 5.7). Cette continuité implique donc que les compositions des roches sont relativement similaires quel que soit le groupe pétrographique auxquelles elles appartiennent pour une concentration en SiO2 donnée. Cette caractéristique est notamment vraie pour les syénites les moins riches en silice du groupe NaS qui ont toujours les mêmes teneurs en éléments majeurs et traces que les syénites les plus différenciées du groupe CaNaS.

Toutefois dans le détail, il est clair que les roches du groupe CaS définissent une série qui se distingue d'une série formée des roches CaNaS et NaS. Que ce soit par des évolutions et/ou compositions légèrement différente avec l'augmentation du degré de différenciation cette distinction se retrouve aussi bien au niveau des éléments majeurs que des éléments en traces (Figure 5.5 et Figure 5.8). Au niveau des traces, ces évolutions sont souvent en partie floutées par le contrôle qu'exerce certaines phases minérales accessoires sur les concentrations de certains éléments traces, comme par exemple le zircon pour Zr, Hf, U et Th et la chevkinite pour les terres rares (en particulier les légères). De plus, les roches felsiques les moins différenciées de ces deux lignées ont des teneurs en éléments très similaires. Ceci pourrait supposer que les compositions des magmas parents de ces deux séries sont identiques.

Finalement, l'étude géochimique des éléments majeurs et des éléments traces va dans le même sens que l'étude pétrographique en montrant qu'il existe deux grandes unités plutoniques au niveau du SRBIC sensu lato:

-une plus ancienne (entre 13.7 et environ 9.45Ma) constituée par l'ensemble des roches du groupe pétrographique CaS auxquelles peuvent être associées les roches mafiques/intermédiaires. Dans le temps, cette série est discontinue montrant des variations hétérogènes du degré de différenciation ainsi que des épisodes répétés d'appauvrissement en éléments traces. Ce résultat porte à croire que cette série dont l'évolution est en partie contrôlée par des processus de cristallisation fractionnée subit des épisodes répétés de recharges magmatique du réservoir magmatique à partir duquel elles sont extraites. Cette série semble donc avoir évolué dans un système magmatique relativement ouvert.

- une plus récente (entre 9.45 et 7.88 Ma) qui regroupe les roches felsiques CaNaS et NaS dont les termes sodiques sont les plus différenciées et les plus jeunes. Ce résultat montre que cette série dont l'évolution est également contrôlée par des processus de cristallisation fractionnée, évolue au sein d'un système magmatique clos.

Chapitre 6 : Géochimie isotopique

La détermination des compositions isotopiques en Sr et Nd a été effectuée pour 34 échantillons dont 2 monzogabbro/diorites, 1 monzonite, 24 syénites (<66.5% SiO_2), 4 monzonites à quartz (<67.1% SIO_2), 2 granites (>70% SiO_2) et 1 trachyte. Les rapports père/fils pour les deux systèmes isotopiques ont été directement mesurés sur un ELEMENT XR, sur une aliquote de chaque échantillon destiné à la mesure des compositions isotopiques. Les syénites et lithologies associées sont susceptibles de présenter des très forts rapports Rb/Sr et donc de développer rapidement des signatures fortement radiogéniques en Sr, ce qui justifie la détermination précise des rapports père/fils. Les rapports isotopiques ont été mesurés au GET sur un TIMS Finnigan Mat 261 (1987). Le comportement des deux systèmes isotopiques étant très différents pour ce type de faciès, les deux géochronomètres sont traités séparément. Les résultats et détails des traitements appliqués sont reportés en annexe.

6.1 Système Rb/Sr

6.1.1 Résultats à l'actuel

Les données sont reportées dans un diagramme isochrone (Figure 6.1) classique en fonction des affinités pétrographiques.

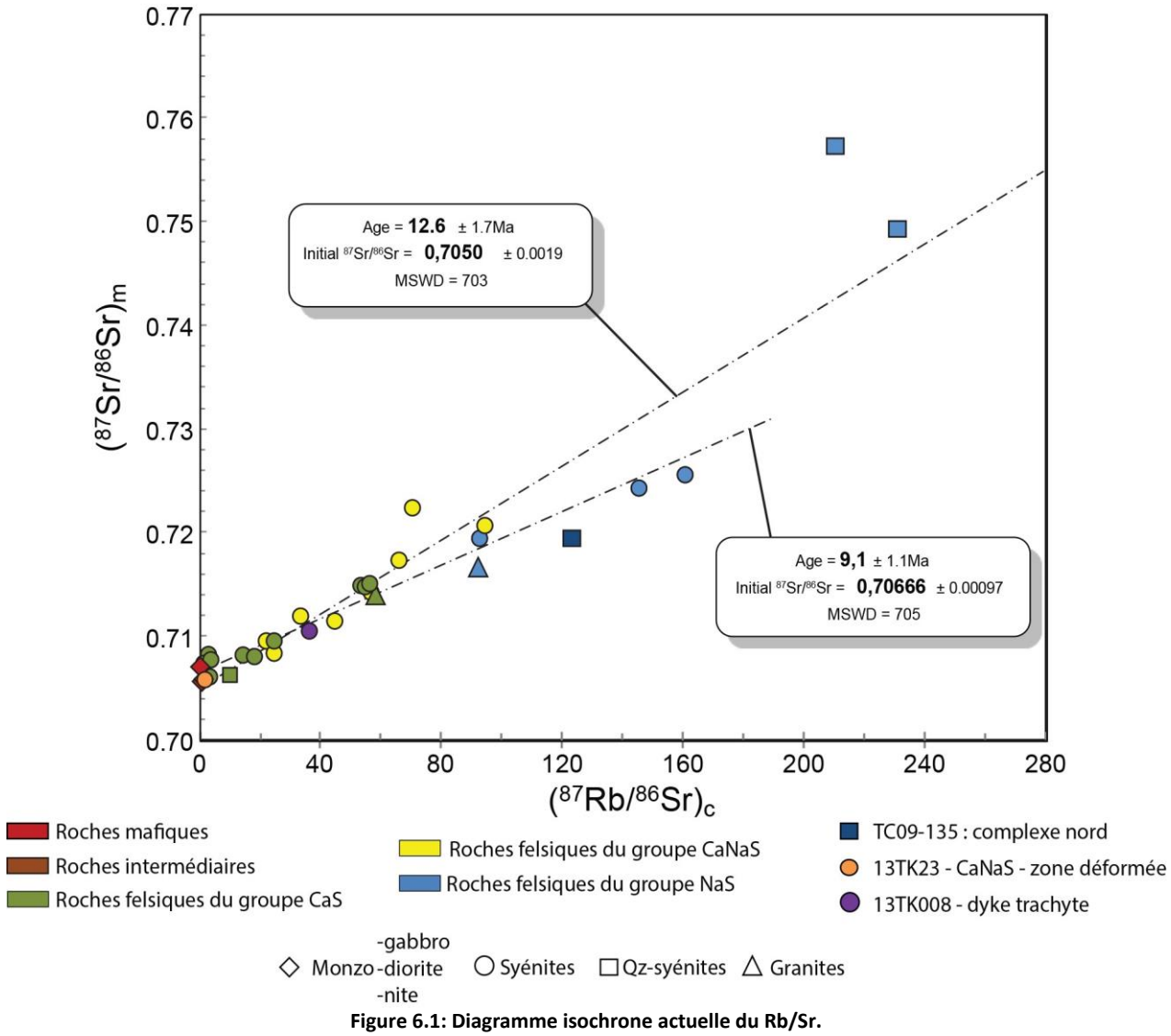


Figure 6.1: Diagramme isochrone actuelle du Rb/Sr.

Ce diagramme rend compte de la grande variabilité des rapports isotopiques mesurés sur le SRBIC. Les rapports isotopiques mesurés varient entre 0.705720 et 0.706947 pour les roches mafiques. Le 13TK47 est la seule roche intermédiaire (monzonite) à avoir été analysée et présente un rapport de 0.705833. Les roches mafiques et intermédiaires montrent donc des rapports isotopiques relativement semblables contrairement aux roches felsiques. Les syénites du groupe CaS qui se situent entre 62.3 et 67.1% de SIO_2 présentent des rapports isotopiques mesurés entre 0.706130 et 0.714997. Une seule Qz-monzonite (TC09-75) a été mesurée avec un rapport de 0.706173. Enfin, un seul granite du groupe CaS a également été mesuré avec un rapport de 0.713863. L'ensemble des roches appartenant au groupe pétrographique CaS (entre 62,3 et 71,6 % SiO_2) présentent donc des rapports isotopiques variant de 0,706130 à 0,714997.

Les syénites du groupe pétrographiques CaNaS (entre 60,25 et 64,8% SiO_2), dont fait partie la syénite 13TK23 de la zone fortement déformée, présentent des rapports isotopiques allant de 0,705790 à 0,722467. Ce sont les échantillons du groupe NaS qui montrent la plus grande amplitude de variation isotopique, avec des syénites allant de 0.719495 à 0.725521, jusqu'au granite à 0.716503, en passant par deux Qz-monzonites ayant des rapports de 0.749252 et 0.757258. Ces deux dernières ont donc des rapports isotopiques bien supérieurs aux autres roches du complexe. Pour élargir le champ des données mesurées sur les syénite du SRBIC, une trachyte tardive recoupant les syénites a également été mesuré et se situe à 0.710447. Et finalement, un échantillon de syénite appartenant au groupe NaS, situé à l'entrée de la Vallée Milady et faisant partie du CRBIC donne un rapport isotopique mesuré de 0.719442.

Globalement, l'ensemble des échantillons se répartit de manière hétérogène autour d'une isochrone théorique moyenne montrant un âge cohérent (environ 12Ma) avec ceux connus dans le massif. Cependant, il semble que la dispersion des données augmente avec le rapport $^{87}Rb/^{86}Sr$, ce dernier pouvant atteindre des valeurs extrêmes, autour de 230. Avec de telles valeurs, les syénites vont développer en un bref laps de temps des signatures très radiogéniques. Effectuer une correction d'âge est donc critique si l'on veut discuter de la source de ces magmas. C'est pourquoi, j'ai représenté une seconde isochrone théorique ne prenant pas en compte les 2 qz-monzonites au rapport père/fils les plus élevés. Bien que cette deuxième isochrone montre également un âge cohérent avec les données géochronologiques, la dispersion des rapports isotopiques ne peut s'expliquer par une source isotopiquement homogène commune à tous les échantillons.

Sans faire un zoom détaillé des valeurs les plus faibles en $(^{87}Rb/^{86}Sr)_{calculé}$, il apparait également impossible d'identifier sur ce diagramme isochrone une source homogène pour chaque groupe pétrographique.

La majorité des échantillons ayant été datés par la méthode U/Pb in situ sur zircon, les rapports isotopiques du Sr ont été corrigés de l'âge déterminé pour chaque échantillon. Parmi ces échantillons, seuls 4 échantillons n'ont pas été datés par cette méthode. L'âge du monzo-gabbro (13TK002) provient de l'étude géochronologique de Dosso et al., 1979 qui ont également daté un gabbro provenant du même affleurement (anse du Gros Ventre / K-Ar sur biotite séparées). Cet âge est identique à l'âge obtenu ici par U-Pb pour la première intrusion syénitique dans la même aire géographique (échantillon TC09-82). Les âges des échantillons 13TK77 et TC09-59 ont été estimés de par leur position structurale en accord avec la géométrie et géochronologie de mise en place du complexe. En plus de ces critères, l'âge estimé de l'échantillon TC09-131 (Anse !syénite) est supporté par une datation Ar-Ar sur apatites séparées (F.Ahadi et al, in progress – communication personnelle).

6.1.2 Résultats à l'état initial

Les données ont été reportées dans un diagramme isochrone initial, c'est à dire où les rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ et $^{87}Rb/^{86}Sr$ sont corrigés des âges U-Pb de chaque roche obtenus précédemment.

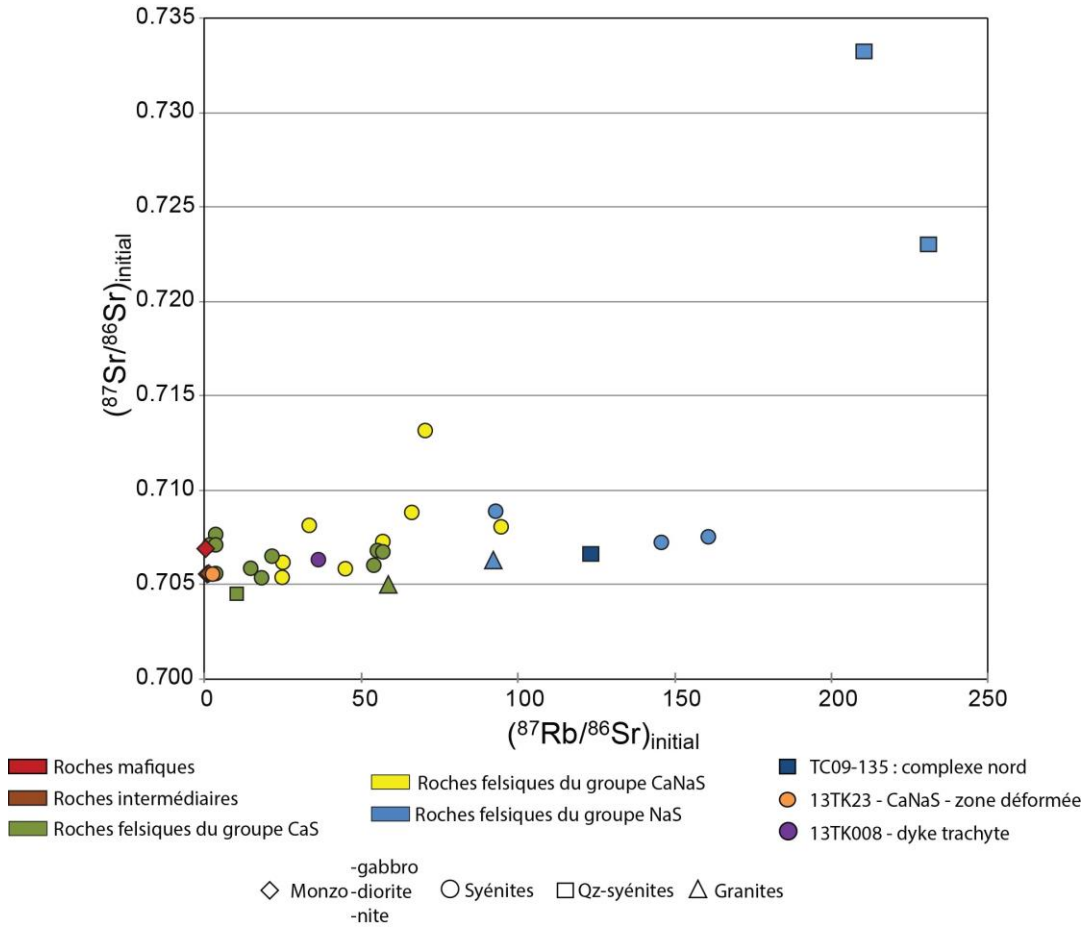


Figure 6.2: Diagramme isochrone initiale du Rb/Sr.

La plupart des échantillons tombe dans un intervalle de compositions isotopiques initiales plus restreint, tout en conservant une grande variabilité des rapports $^{87}Rb/^{86}Sr$. Toutefois, certaines syénites des groupes CaNaS et NaS présentent des compositions isotopiques initiales fortement radiogéniques (0.713196 pour CaNaS-13TK81A et 0.723058 à 0.733282 pour NaS-13TK106 et 13TK108 respectivement) et non documentées dans cette région.

Ce résultat pose la question de la validité de la correction d'âge et surtout de la propagation d'erreur de ce calcul sur la valeur initiale. Dans des lithologies anciennes ou métamorphisées, la perte de Rb, préférentiellement au Sr, est souvent envisagée pour expliquer la mauvaise estimation des compositions initiales. Cette hypothèse ne peut cependant pas s'appliquer dans le cas des roches plutoniques de la péninsule. Une autre explication peut être un décalage temporel entre la fermeture des géochronomètres U/Pb sur zircon et Rb/Sr sur roche totale. En effet, les rapports $^{87}Rb/^{86}Sr$ extrêmes vont favoriser le développement de signatures différentes si ces deux chronomètres s'initialisent avec un décalage dans le temps. Là aussi, les signatures initiales calculées nécessiteraient un décalage temporel trop élevé (de l'ordre de plusieurs millions d'années pour les Qz-monzonites par exemple), incompatible avec le temps de refroidissement d'un corps magmatique de cette taille (e.g. Annen et al., 2015). Etant donné que la correction de l'âge a un impact cohérent pour la majorité des échantillons, je suppose que les échantillons dont les rapports isotopiques initiaux sont les plus forts (13TK81, 13TK106 et 13TK108) et

qui divergent fortement des autres données ont donc certainement subit un biais analytique (tel qu'une hétérogénéité lors du prélèvement avant la mise en solution). Ils ne peuvent pas être considérés comme viables dans le système Rb/Sr et ne seront donc pas considérés par la suite.

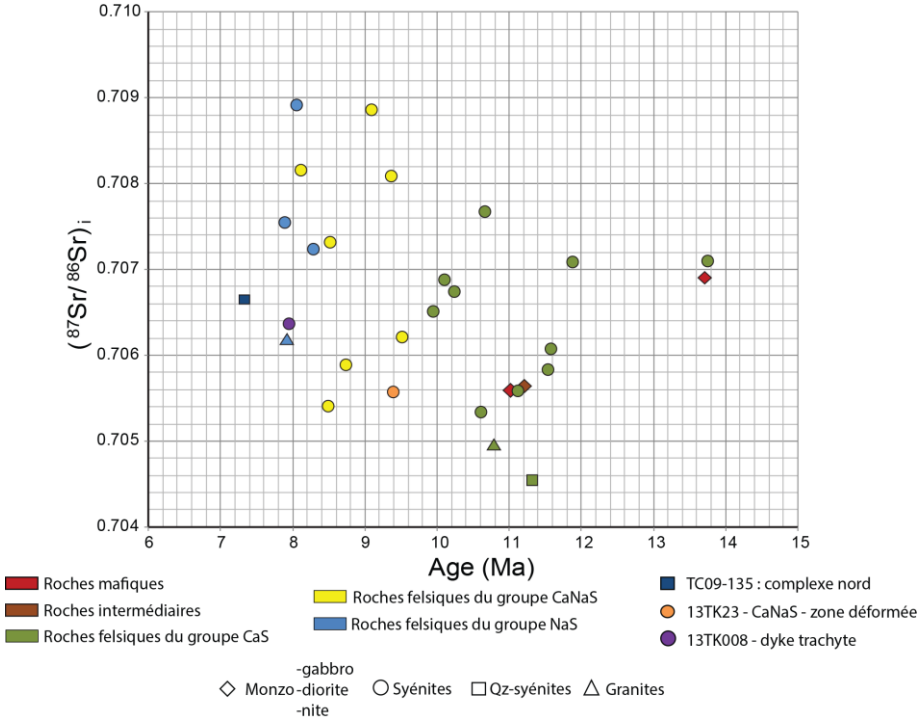


Figure 6.3: Diagramme de compositions isotopiques initiales en Sr reportées en fonction des âges de chaque échantillon.

Considérant de manière pragmatique ces résultats, les rapports initiaux en Sr pourraient s'interpréter comme le reflet de sources isotopiques aussi diverses que le nombre d'échantillons analysés (

Figure 6.3). Cette première interprétation peu réaliste doit être mise en parallèle des données isotopiques acquises dans le système suivant. Toutefois la carte de répartition des valeurs initiales montre un net signal au centre du complexe (Figure 6.4).

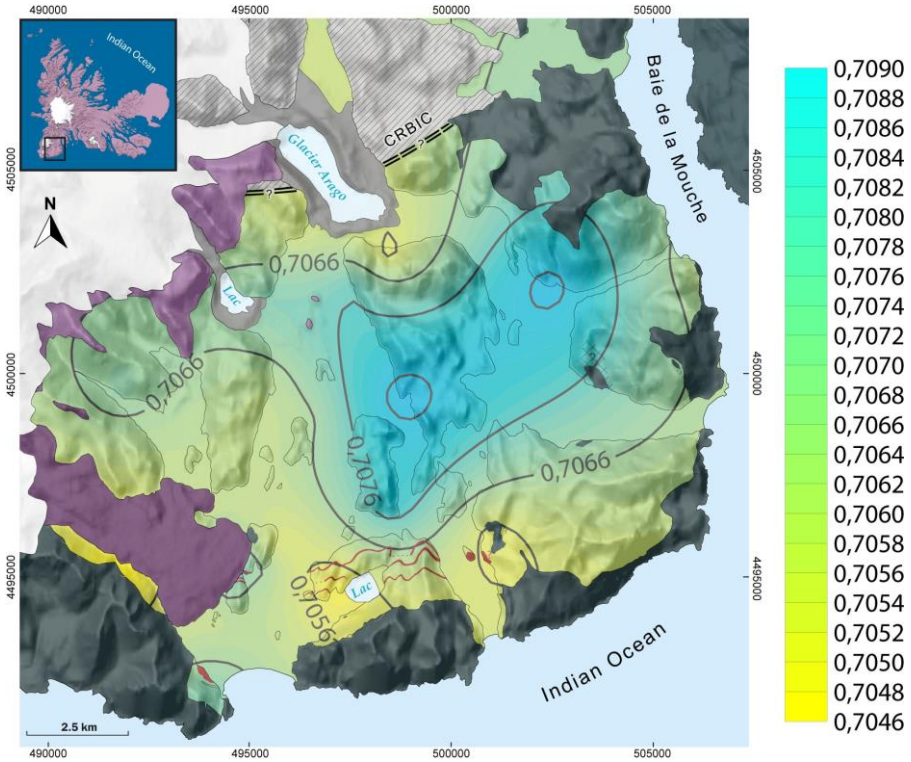


Figure 6.4: Carte de répartition des compositions isotopiques initiales en strontium corrigés de l'âge U-Pb des échantillons.

6.2 Système Sm/Nd

Deux échantillons de plus ont été analysés par rapport aux analyses en Strontium que sont le 13TK117B (daté à 8.75Ma) et le 13TK118A (9.45Ma). Le même traitement de données a été effectué pour le couple père-fils Sm/Nd.

Les rapports isotopiques $^{147}Nd/^{144}Nd$ mesurés sur l'ensemble des échantillons du SRBIC s'échelonnent entre 0.512276 et 0.512628. Toutefois, mis à part un échantillon de composition intermédiaire (monzo gabbro) et trois syénites (deux CaS et une CaNaS), la plupart des mesures se concentrent dans une gamme assez restreinte entre 0.512502 et 0.512628 qui sont 2 syénites du groupe CaS. Les roches du appartenant au groupe CaNaS s'étalent entre 0.512542 et 0.512613. Les roches du groupe NaS se concentrent entre 0.512563 et 0.512627. Les 4 échantillons dont les rapports isotopiques sont très faibles en comparaison des autres roches du SRBIC s'étalent entre 0.5122276 et 0.512418. Ces échantillons sont un monzo-gabbro, deux syénites du groupe CaS et une syénite du groupe CaNaS. L'échantillon de trachyte tardive et la syénite du CRBIC ont des rapports isotopiques similaires aux autres échantillons du SRBIC.

De la même façon que pour le couple Rb/Sr, les données isotopiques du système Sm/Nd sont reportées sur un diagramme isochrone (Figure 6.5).

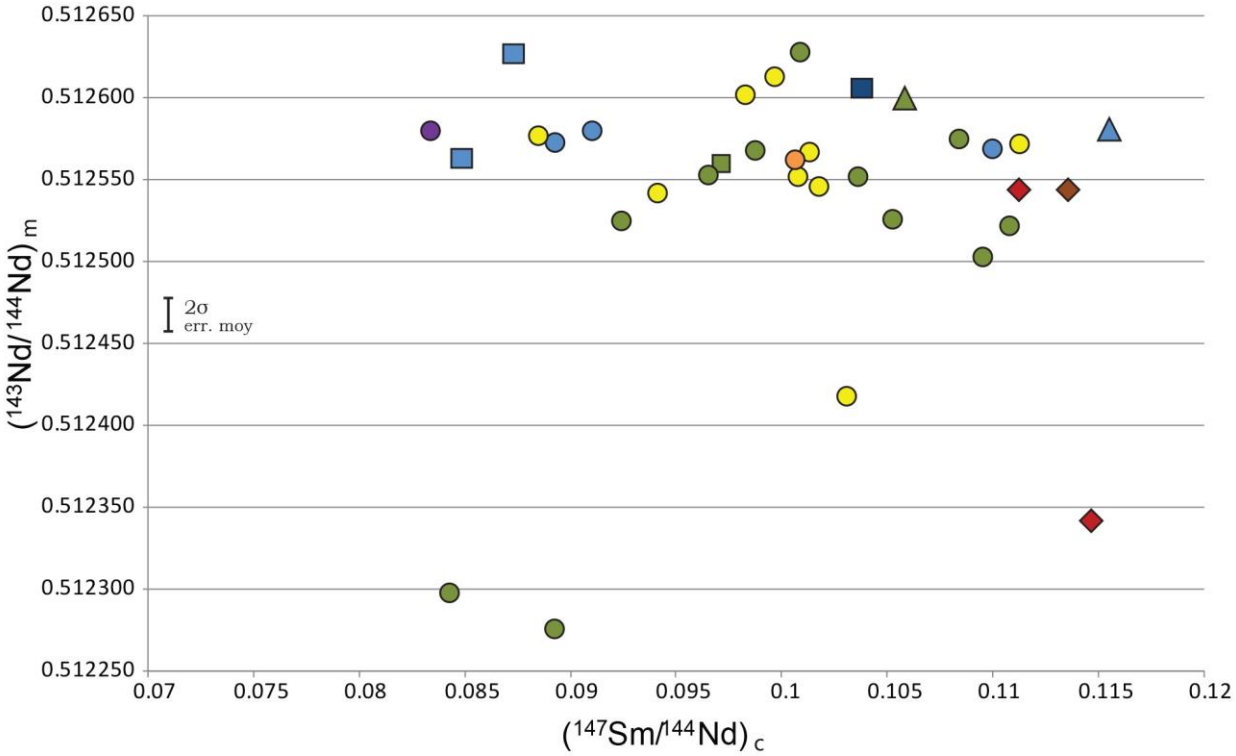


Figure 6.5: Diagramme isochrone actuelle en Sm/Nd.

Il n'apparait aucun alignement particulier, contrairement à celui présenté dans le diagramme isochrone Rb/Sr, mais la gamme de variation du rapport $^{147}Sm/^{144}Nd$ est beaucoup plus faible. Ceci ajouté à la période de demi-vie du ^{147}Sm fait que le développement de signatures radiogéniques sur des échantillons jeunes est assez improbable. De la même manière que pour le Sr, les données ont été corrigées de l'âge en utilisant les âges U/Pb sur zircon et reportées dans un diagramme isochrone initiale (Figure 6.6).

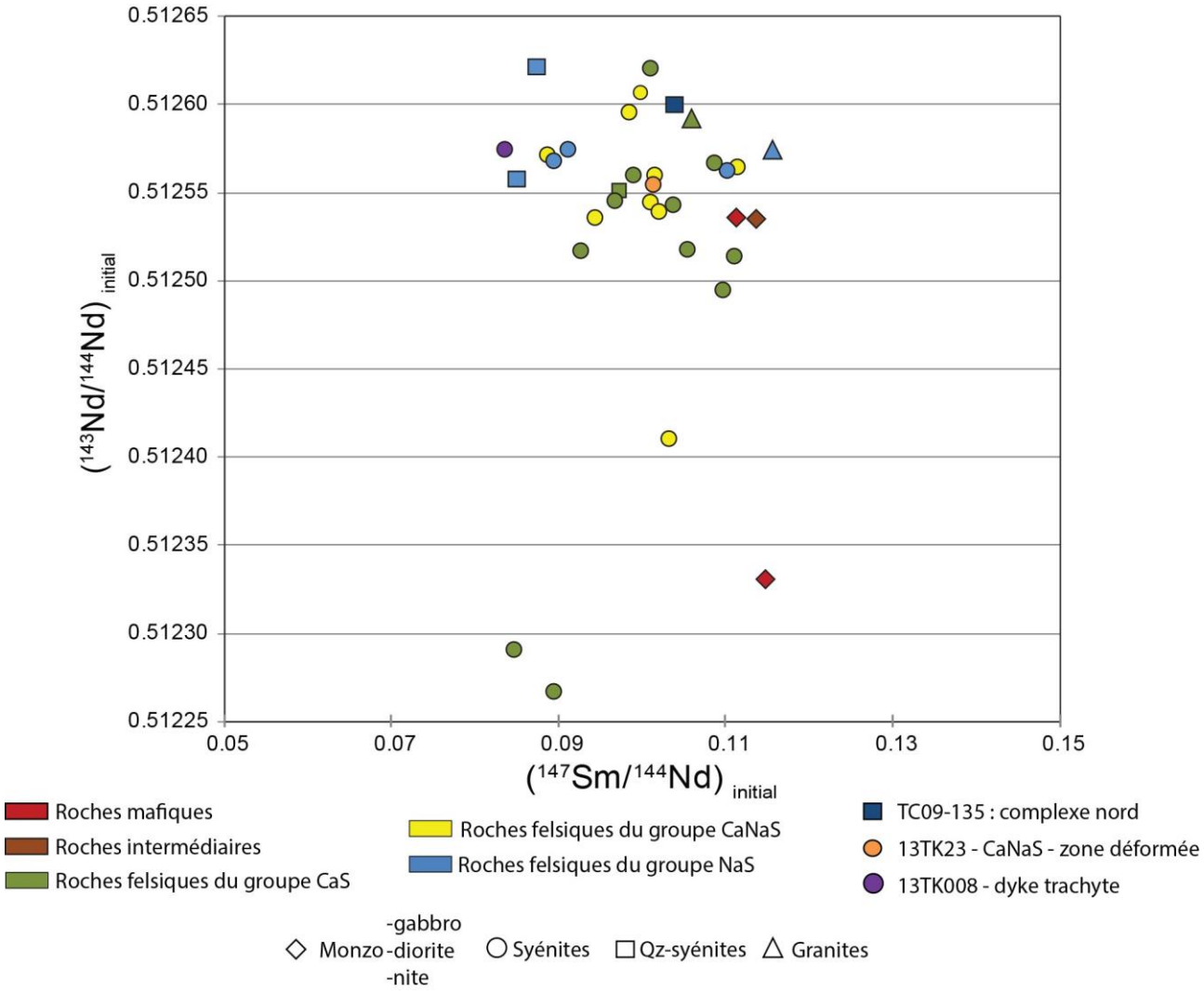


Figure 6.6 : Diagramme isochrone initiale en Sm/Nd.

Les valeurs corrigées sont pratiquement identiques aux valeurs mesurées et les échantillons avec des valeurs nettement moins radiogéniques conservant leurs spécificités. La correction maximale est de -1.10^{-5} et de $-6.10^{-6} \pm 1.10^{-5}$ en moyenne du rapport isotopique $^{143}Nd/^{144}Nd$ sur l'ensemble des échantillons. Cette correction se situe donc dans l'erreur sur la mesure des rapports isotopiques actuels.

Mis à part les 4 échantillons les moins radiogéniques (13TK001, 13TK002, TC09-131 et TC09-82), le fait que les compositions isotopiques initiales en Nd présentent peu de différences est un argument de plus pour affirmer que certaines des compositions isotopiques initiales en Sr sont entachées d'erreur, en particulier celles des échantillons possédant de très forts rapports corrigés. En effet, à part sur des roches ayant subi de fortes interactions avec des fluides hydrothermaux comme l'eau de mer, il n'est pas documenté de découplage aussi fort entre ces deux traceurs isotopiques sur des lithologies magmatiques. Les données en Nd confirment donc la non-viabilité des données Rb/Sr envisagée précédemment des deux monzonites à quartz (13TK106 et 13TK108) et de la syénite du groupe CaNaS (13TK81).

A l'instar du couple Rb/Sr les rapports isotopiques initiaux en Nd ont été reportés en fonction de l'âge des échantillons afin d'étudier l'évolution de ces rapports dans le temps à l'échelle du complexe plutonique.

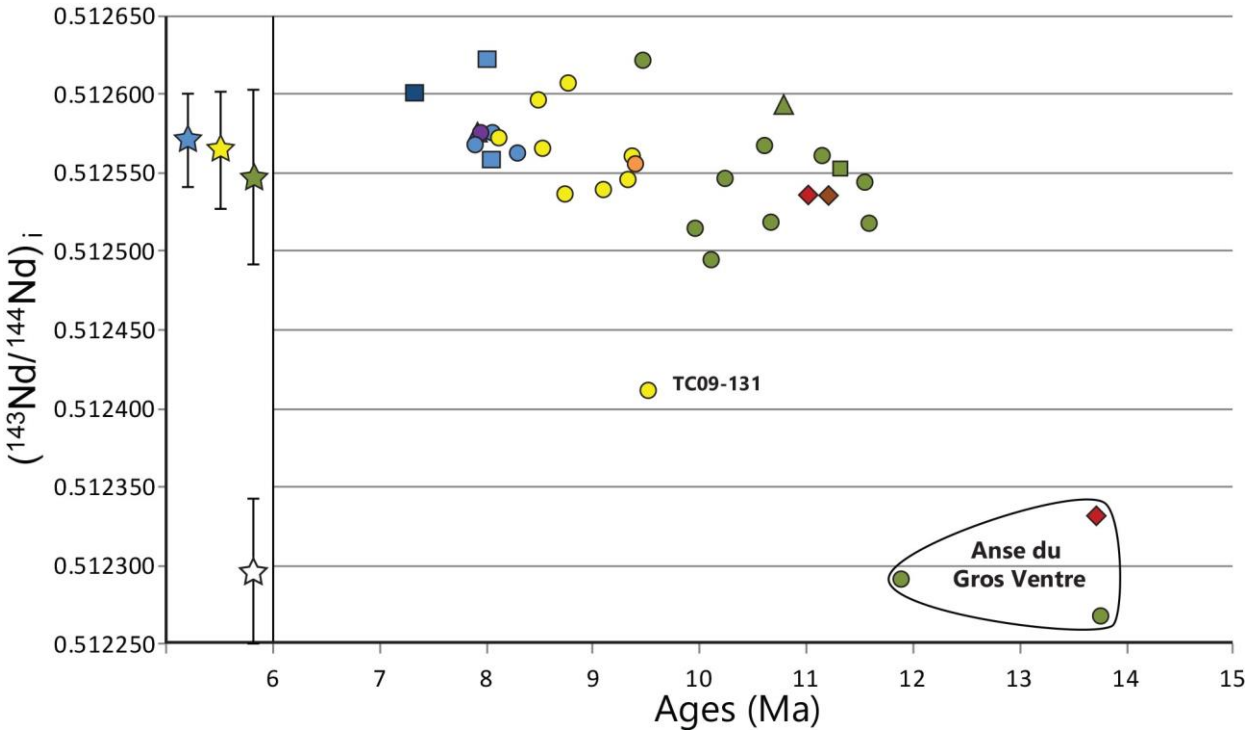


Figure 6.7 : Diagramme des compositions initiales en Nd reportées en fonction de l'âge de chaque échantillon

A l'exception des 4 échantillons les moins radiogéniques, la Figure 6.7 précédente permet de montrer une certaine évolution non linéaire de la composition isotopique initiale au sein des différents groupes pétrographiques. En effet, ne considérant que les valeurs médianes de chaque groupe pétrographique, un signal à grande échelle semble se dessiner. Ces valeurs ont été calculées sans tenir compte des 4 échantillons particuliers, ni des échantillons 13TK008 (filons trachytique tardif) et TC09-135 (complexe CRBIC). Ces valeurs médianes sont respectivement de 0.512547 ± 0.000056 (2σ), 0.512561 ± 0.000037 et 0.512572 ± 0.000030 pour les roches du groupe CaS, CaNaS et NaS respectivement. Les roches appartenant au groupe pétrographique CaS datées entre 11.57 et 9.35 Ma ont la valeur médiane la plus faible. Avec le passage aux roches du CaNaS comprises entre 9.38 et 8.1 Ma cette valeur médiane isotopique augmente. Cette augmentation semble se prolonger vers les roches appartenant au groupe NaS datées entre 8.1 et 7.88 Ma. Ces observations doivent être modérées de la dispersion des valeurs isotopiques au sein de chaque groupe. En effet, l'évolution entre les roches du groupe CaNaS et NaS peut également être considérée comme stable. Malgré l'amplitude de variation, il parait plus difficile de considérer une évolution stable en partant des roches du groupe CaS. Le filon de trachyte tardif 13TK008 (7.93 Ma) et la syénite TC09-135 (7.31 Ma) qui appartient au CRBIC semblent confirmer une certaine augmentation des rapports isotopiques vers les termes les plus jeunes.

Quatre échantillons ont des compositions initiales qui sont très différentes du reste des échantillons du SRBIC. Trois de ces échantillons proviennent d'une même zone géographique. De nature différente, ces échantillons sont les plus vieux du SRBIC et forment le petit complexe plutonique, structuralement déconnecté du complexe majeur SRBIC, anciennement décrit et nommé « satellite » de l'anse du Gros Ventre. Les compositions initiales de ces trois échantillons sont clairement les plus faibles de la péninsule de RdB avec une moyenne de 0.512297 ± 0.000046 (2σ). La composition isotopique initiale la plus faible (0.512268) est atteinte pour l'échantillon syénitique le plus vieux (13.74Ma). Un dernier échantillon donne une composition isotopique initiale de 0.512412 ± 0.000017 intermédiaire entre ces roches les plus vielles et la majorité des échantillons du SRBIC. Cet échantillon (TC09-131) dont l'âge est estimé autour de

9.45Ma est lui aussi situé au niveau d'une intrusion considérée comme satellite du SRBIC et nommée « l'anse Syénite ».

Pour résumer, en dépit de variations relative d'un échantillon à l'autre, il semble exister une source relativement homogène en néodyme à l'origine de la majeure partie des roches du SRBIC. Il est possible que cette source unique ait pu évoluer légèrement entre 11.5 et 7.3 Ma vers des compositions légèrement plus radiogéniques. D'autre part, il existe au moins une composante bien moins radiogénique à l'origine (ou au moins en partie) d'intrusions mineures structuralement déconnectées du volume le plus important de roches plutoniques mises en places formant le SRBIC. La Figure 6.8 suivante illustre cartographiquement les compositions initiales en Néodyme du SRBIC (réalisée avec le logiciel Surfer-goldensoftware.com).

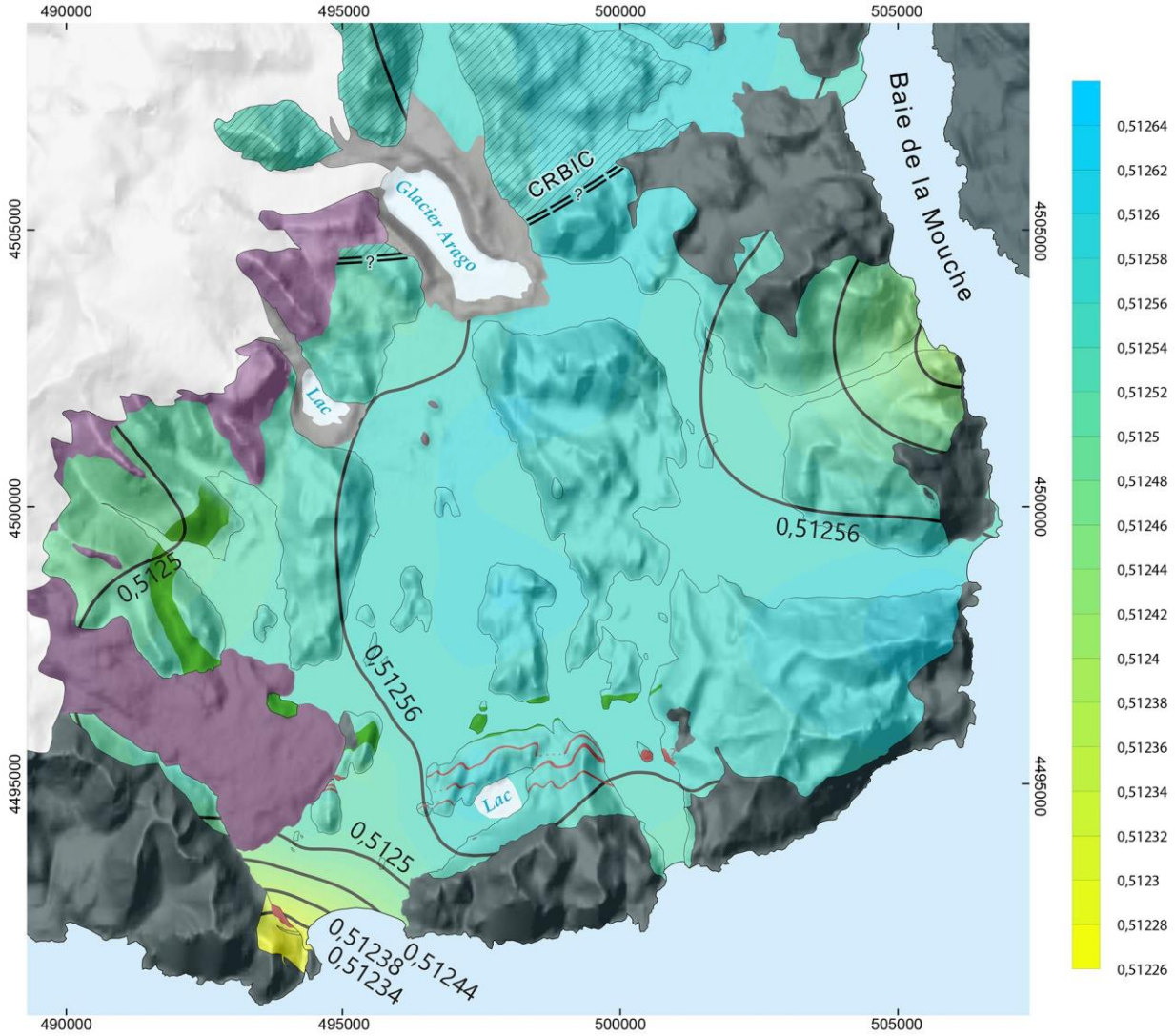
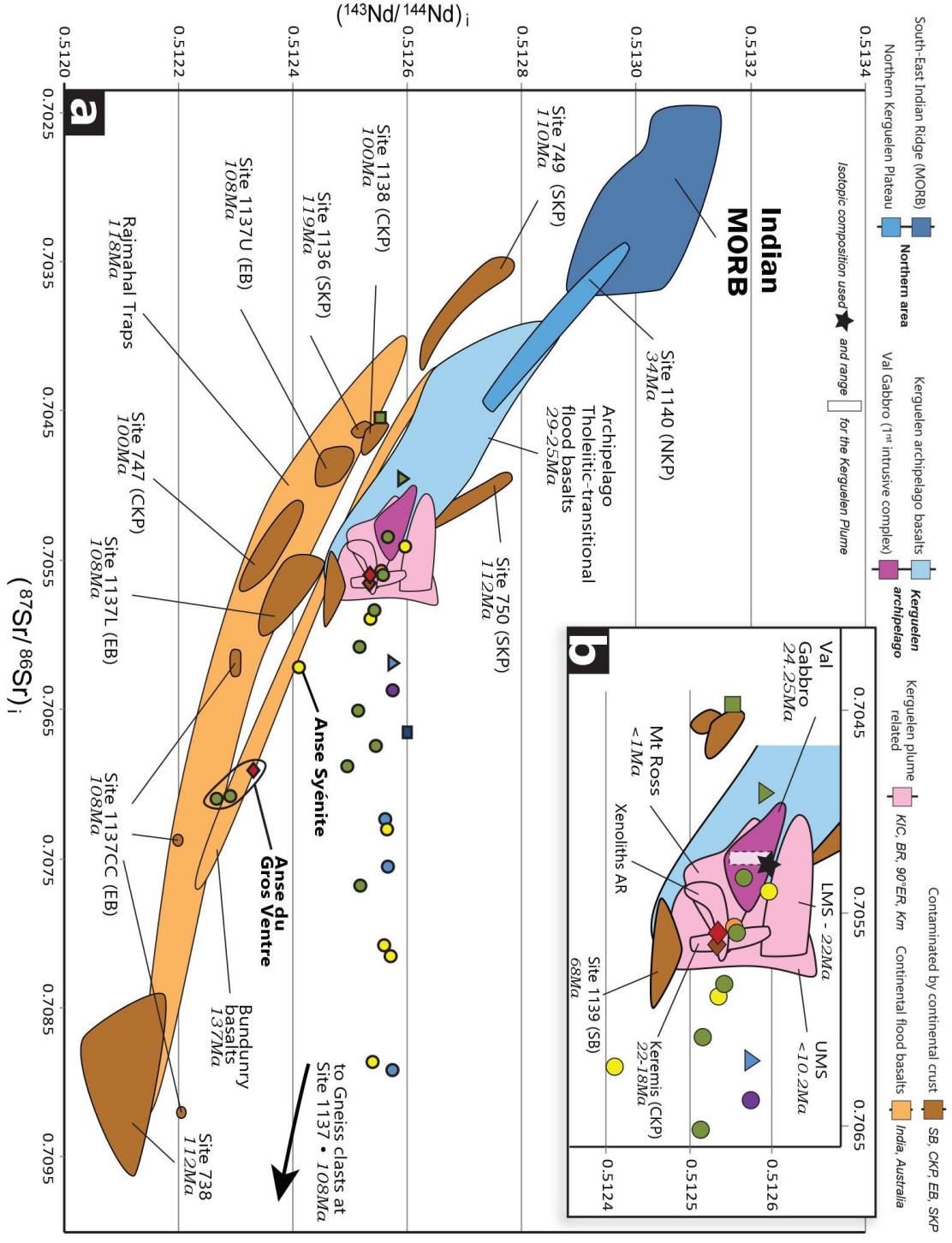


Figure 6.8 : Carte de répartition des valeurs initiales en Nd sur la péninsule de Rallier du Baty.

6.3 Corrélation des deux systèmes isotopiques

De nombreuses études isotopiques ont été conduites sur l'archipel et le Plateau de Kerguelen depuis les années 70. Elles ont permis de contraindre et d'affiner les compositions isotopiques des sources mises en jeu dans la genèse des roches constitutives du plateau depuis environ 118Ma. Plus récemment, les dernières études isotopiques ont permis de relier génétiquement le plateau océanique de Kerguelen à plusieurs localités continentales attestant de l'impact du point chaud dès 140-130Ma, précédant de peu la dislocation du Gondwana. Afin de replacer les échantillons du SRBIC dans le contexte du plateau océanique, les résultats isotopiques des couples Rb/Sr et Sm/Nd ont été comparés aux données disponibles sur le plateau de Kerguelen dans la littérature.



←Figure 6.9: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ et $Sr_{initial}$ des données provenant du LIP lié à la présence du panache de Kerguelen. a) à grande échelle, b) zoomée sur les roches intrusives de l'archipel.

La ←Figure 6.9 représente les différentes compositions isotopiques corrigées des âges attribués dans la littérature. L'ensemble des compositions isotopiques utilisées est reportée en annexe.

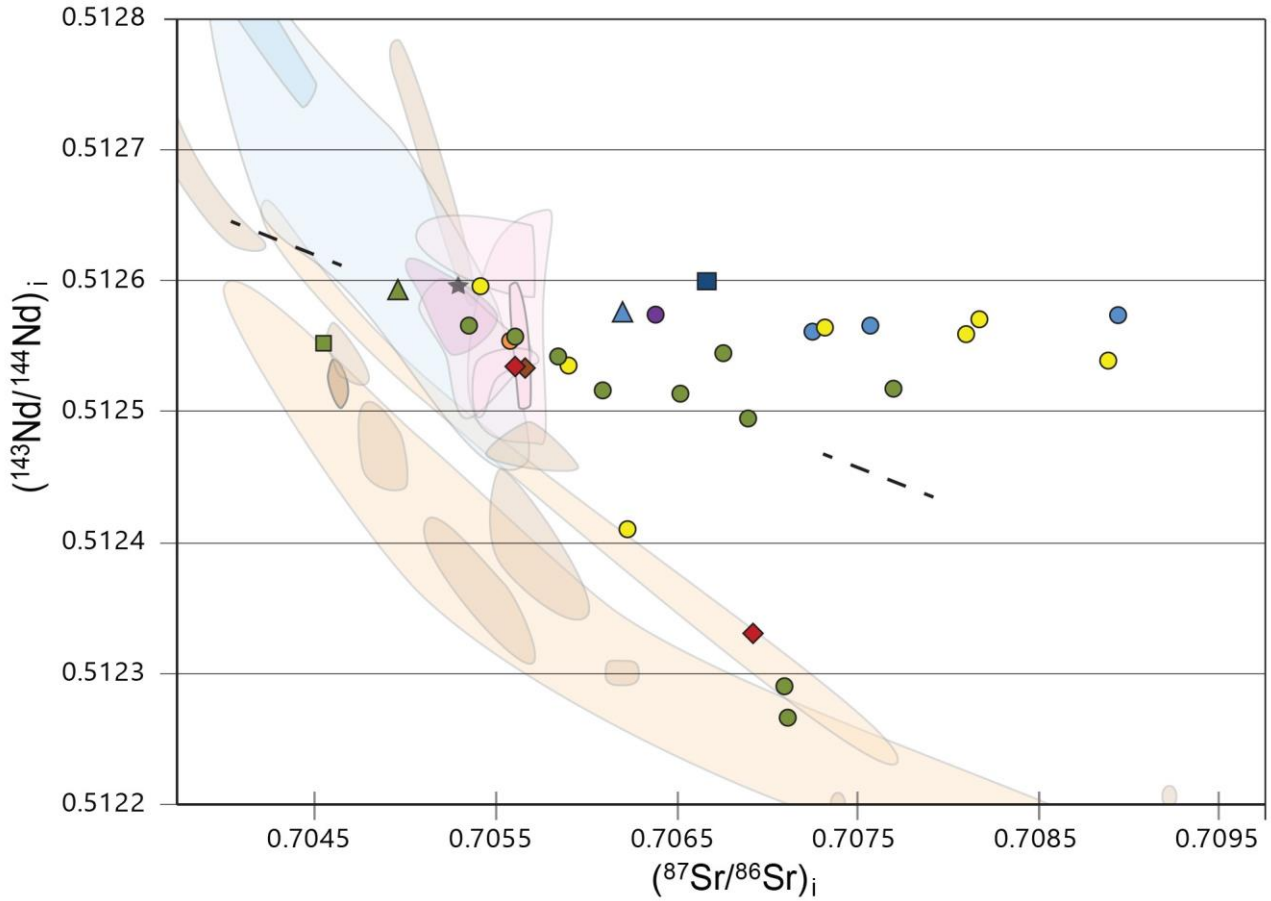


Figure 6.10: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ centré sur les données obtenues de péninsule de RdB.

Dans cette représentation ←Figure 6.9a, les basaltes du plateau océanique (>68 Ma CKP et SKP) présentent tous l'implication d'une contamination crustale continentale (en brun). Les basaltes du NKP (bleu) ainsi que ceux de la Ninetyeast Ridge se retrouvent entre les pôles des MORB typiques de la SEIR et du panache de Kerguelen, témoignant de l'interaction des deux pôles à l'origine de ces basaltes. Les basaltes qui forment l'archipel témoignent donc également de ces deux influences mais le pôle du plume de Kerguelen devient de plus en plus prédominant avec l'éloignement de l'archipel par rapport à la dorsale au cours du temps. Les roches intrusives mises en place dans les basaltes de l'archipel dont les premières forment le pluton du Val Gabbro (24.25 Ma – en pourpre) ont toutes été interprétées comme formées par la source de type panache de Kerguelen, plaidant pour une certaine hétérogénéité intrinsèque menant à une certaine variation de compositions (en rose). Les données isotopiques en Rb/Sr qui sont utilisées dans la littérature comme référence pour le panache de Kerguelen (e.g. Mattielli et al., 2002; Ingle et al., 2003; Scoates et al., 2007) proviennent de l'échantillonnage du Mont Crozier alors considéré comme son expression la plus pure (notamment grâce à ces compositions isotopiques extrêmes en Pb). Au contraire des données isotopiques Pb et Hf, les données géochimiques (majeurs et traces) et isotopiques en Sr et Nd de ce dernier ne sont pas publiées et uniquement cité sous cette appellation : Weis et al. 1998 unpublished data. Seule une moyenne des données du plume Rb/Sr = 0.70523 et Sm/Nd = 0.51259 apparait dans Weis et Frey (2002). En prenant en compte ce manque de données et les variations isotopiques du pôle utilisé comme référentiel dans la littérature, j'ai utilisé des valeurs de

0.7053 en Rb/Sr et 0.512598 en Sm/Nd pour la composition isotopique du plume de Kerguelen. Ces valeurs qui sont des moyennes graphiques et numériques, sont tout à fait cohérentes avec les valeurs recensées dans la littérature pour le plume (e.g. Weis et al., 1998; Weis and Frey, 2002; Doucet et al., 2002; Mattielli et al., 2002; Ingle et al., 2003; Delpech, 2004; Scoates et al., 2007; Xu et al., 2007).

Les données isotopiques du SRBIC et de ses satellites ne se répartissent pas au hasard, mais tombent pour la majorité dans un domaine correspondant aux roches issues du point chaud de Kerguelen (en rose), du moins pour les compositions isotopiques en Nd. Il est donc cohérent de supposer que la source de type panache de Kerguelen soit à l'origine de la majorité de ces roches telle qu'il a déjà été proposé auparavant (Dosso et al., 1979; Dosso and Murthy, 1980).

Les 4 échantillons les moins radiogéniques en Nd se retrouvent dans le champ des basaltes continentaux de Bundury (137 Ma – Australie) et proches de ceux de Rajmahal (118Ma). Hormis ces derniers, comme documenté précédemment, les valeurs en ($^{87}Sr/^{86}Sr$)initial sont toujours très variables, jusqu'à des rapports corrigés fortement radiogéniques, décorrélés du Nd. Cependant la majeure partie des syénites du groupe CaS sont anti-corrélées en Sr et Nd (Figure 6.10). Ce type de comportement est habituellement attribué à un phénomène de mélange ou de contamination crustale. Afin de déterminer les sources potentiellement responsables d'un tel comportement toutes les données isotopiques disponibles ont été corrigées à 14Ma, c'est-à-dire l'âge de la première intrusion plutonique de la péninsule de Raller du Baty. Les données isotopiques des roches plus jeunes n'ont pas subi cette correction (Figure 6.11).

La tendance des roches du groupe CaS anti-corrélées en Sr et Nd nécessite l'implication d'une source fortement radiogénique en Sr et faiblement radiogénique en Nd. D'après la Figure 6.11, ces caractéristiques sont remplies par les sources formant les domaines du site 1137 qui implique une participation de la croûte continentale, soit limitée (1137-CC : conglomérat, grès, trachyte et rhyolite) soit totale (gneiss d'Elan Bank). La contribution d'une telle source est bien connue dans la genèse des complexes plutonique continentaux (e.g. Eby, 1985; Landoll et al., 1994; Harris et al., 1999 parmi d'autre) sachant que la migration et différentiation magmatique de ces corps sont des facteurs facilitant les interactions avec l'encaissant.

Afin de tester cette hypothèse, j'ai réalisé une modélisation du comportement des signatures isotopiques lors d'un processus de contamination crustale de type AFC (assimilation-fractionnal crystallisation) entre un pôle primaire de composition type « panache de Kerguelen » et un pôle de type croûte continentale. Les détails de cette modélisation sont reportés en annexe. N'ayant pas réalisé de modélisation pétrogénétique, j'ai utilisé la composition d'un microgabbro de Val Gabbro (24.25Ma - péninsule de Jeanne d'Arc) comme proxy de la composition du magma parent des syénites de RdB. Cette considération repose sur l'étude Scoates et al, (2007) montrant qu'il était possible de former les roches plutoniques felsiques du Val Gabbro à partir de cette composition typique de liquide basaltique alcalin et dont les compositions isotopiques reflètent la seule implication du panache de Kerguelen. Cette hypothèse est corroborée par de nombreuses études montrant que les magmas felsiques alcalins en domaine océanique peuvent être produit par différenciation ultime de liquide basaltique alcalin (Marsh et al., 1991; Bonin et al., 1994; Gagnevin et al., 2003; Cousens et al., 2003; Martin and Sigmarsson, 2007). Le pôle contaminant de type « croûte continentale » est représenté par l'équivalent récent (dont les compositions isotopiques ont été recalculées à 14 Ma) du « vieux » gneiss d'Elan Bank.

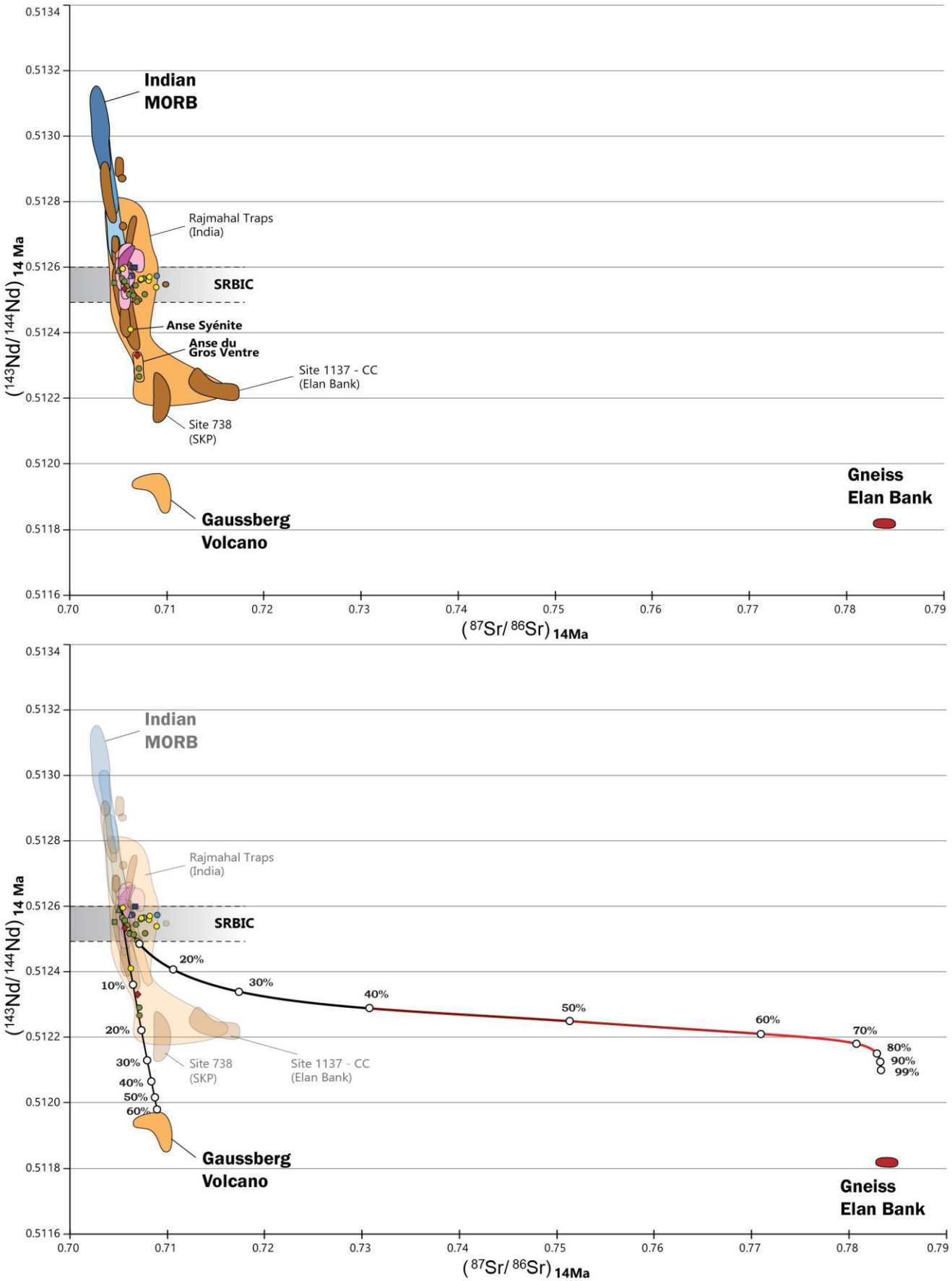


Figure 6.11: haut) Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs. $Sr_{initial}$ avec toutes les compositions recalculées à 14Ma (excepté les plus jeunes), bas) résultats de modélisation AFC entre le panache de Kerguelen et le gneiss d'Elan Bank et mélange entre le panache de Kerguelen et le manteau métasomatisé à l'origine des lamproïtes du Gaussberg.

Les résultats de cette modélisation sont illustrés dans la Figure 6.11. L'AFC montre qu'il est possible de modéliser les compositions de la majeure partie des roches du CaS grâce à l'assimilation de croûte continentale par les liquides primitifs des roches du SRBIC avec un rapport de Masse assimilée/Masse cristallisée de r = 0.4 et ce dans les premiers 10 pourcents de cristallisation fractionnée.

Si les incertitudes sur les compositions du pôle primitif ou le % de masse assimilée permettent d'obtenir différentes modélisations, il est n'en reste pas moins clair que la majeure partie des compositions des roches du groupe CaS sont le reflet de l'interaction de liquide basaltique issu d'une source type panache de Kerguelen avec un contaminant de type croûte continentale probablement identique au gneiss d'Elan Bank.

Même si cette modélisation est satisfaisante pour les roches CaS, elle ne peut expliquer les valeurs faiblement radiogéniques en Nd qui caractérisent les échantillons de l'anse du Gros Ventre et de l'Anse Syénite. En effet, le seul contaminant « continental » ne peut expliquer ces compositions. Ces dernières traduisent donc l'implication d'une autre composante faiblement radiogénique en Sr et faiblement radiogénique en Nd dans leur genèse. Cet autre contaminant, dictée par la position de ces échantillons dans le diagramme (Nd/Nd)initial vs (Sr/Sr)initial pourrait être la source supposée à l'origine des lamproites du Gaussberg (Antarctique). Cette source a été récemment identifiée par (Olierook et al., 2017) comme étant un manteau métasomatisé. Afin de tester également cette hypothèse, j'ai donc réalisé une seconde modélisation isotopique. Toutefois, les concentrations élémentaires des pôles sont telles qu'une assimilation de type AFC ne permet pas d'expliquer les valeurs faiblement radiogéniques en Nd. Ces compositions isotopiques particulières ne peuvent être modélisées que grâce au mélange en profondeur entre des liquides basaltiques issus de la fusion d'un manteau de type « Panache de Kerguelen » et des liquides basaltiques issus de la fusion d'un manteau métasomatisé à l'origine des roches du Gaussberg dans des proportions inférieures à 20%. Les résultats de cette modélisation (mixing curve) sont représentés dans la Figure 6.11bas.

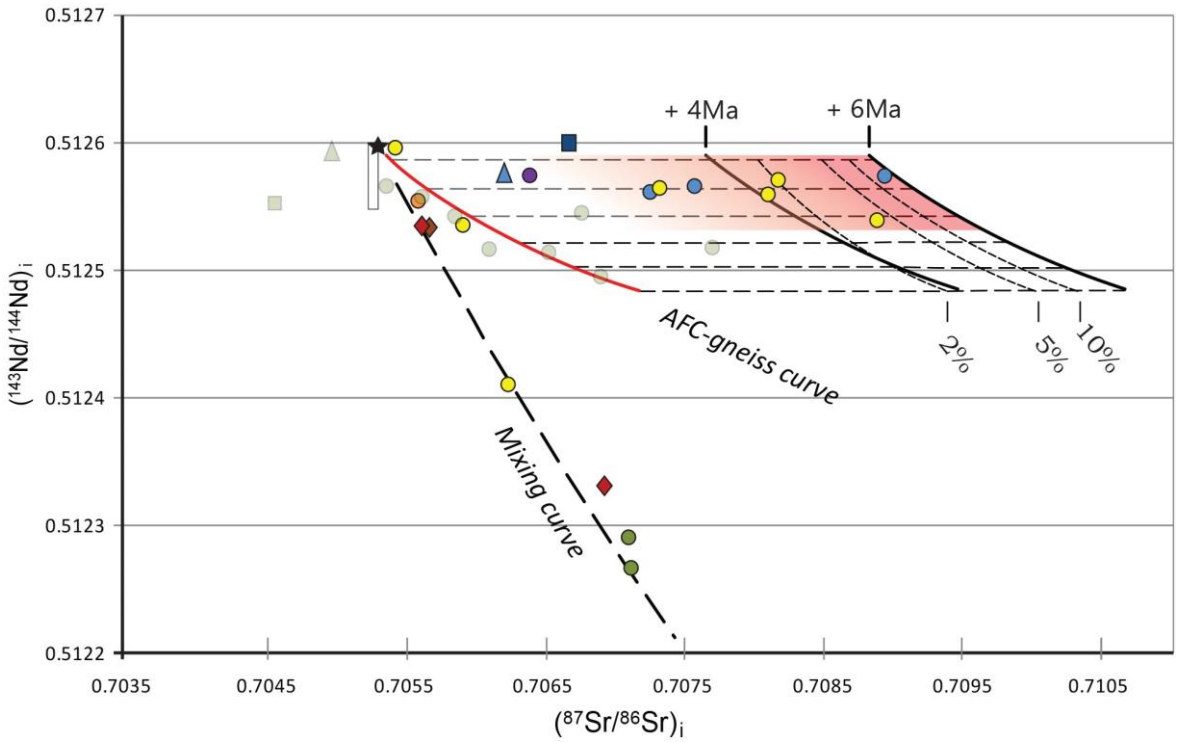


Figure 6.12: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ illustrant les résultats de l'AFC (avec r=0.4) des roches CaS vieillies (jusqu'à 6Ma) par les suivantes. Le domaine en dégradé rouge représente le faible impact du gneiss et/ou du manteau métasomatisé. Les pourcentages représentent le taux de CF de l'AFC.

Les résultats des modélisations d'AFC et de mélange magmatique permettent donc d'expliquer la plupart des roches du groupe CaS ainsi que les échantillons faiblement radiogénique en Nd. Plusieurs échantillons tels que la monzodiorite au front de la coulée de Vulcain, la monzonite de l'intrusion satellite de la plage jaune (CaS), la syénite de la zone déformée proche de la coulée du Vulcain, ainsi qu'une syénite du groupe CaNaS sur le mont des Deux Frères peuvent également s'expliquer soit par la simple origine du panache de Kerguelen soit par des processus semblables aux modélisations précédentes. Toutefois, les compositions initiales pour 2 syenites du groupe CaS mais surtout celles de la majeure partie des roches CaNaS et toutes celles des NaS sont trop radiogéniques en Sr pour être expliquées par ces processus. L'explication la plus plausible est que les magmas à l'origine des roches les plus jeunes du complexe (CaNaS et nas) aient intérLes roches des groupes CaNaS et NaS étant plus jeunes que les roches CaS, ces syénites plus récentes ont probablement interagit avec les roches déjà cristallisées. Une dernière modélisation d'AFC, dont les résultats sont illustrés dans la Figure 6.12, permet de vérifier cette hypothèse. Un laps de temps suffisant permet aux syénites les plus anciennes de développer des signatures plus radiogéniques en Sr et Nd. Ce décalage est représenté par les traits pleins à 4 et 6 Ma issus du vieillissement des compositions « idéales » provenant de la première modélisation d'AFC avec le gneiss d'Elan Bank. Si les compositions des liquides syénitiques qui vont former les syénites les plus récentes sont au départ identiques à ces compostions CaS modélisées, alors l'assimilation des premières syénites ayant vieilli de plusieurs millions d'années permet de fortement enrichir en Sr les plus récentes sans affecter le Nd. Ces processus d'assimilation sont représentés par les traits en pointillés.

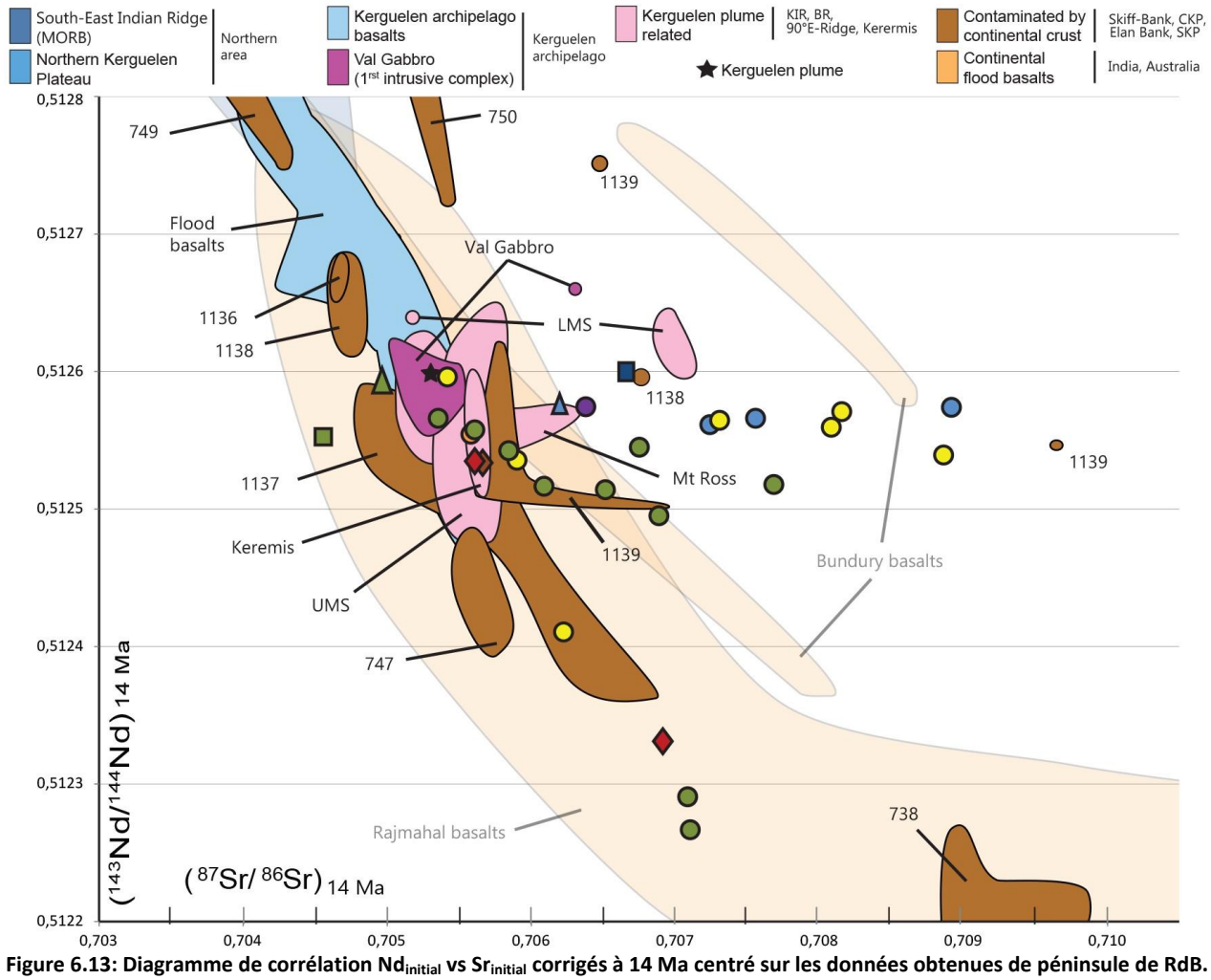


Figure 6.13: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ corrigés à 14 Ma centré sur les données obtenues de péninsule de RdB.

Il est donc possible de modéliser les compositions initiales des roches les plus récentes du SRBIC grâce l'assimilation des roches préalablement formées. En effet, la composition initiale calculée pour l'échantillon NaS le plus radiogénique en Sr (13TK80) est atteinte pour une masse assimilée/Masse cristallisée de 0.4 dans les 15 premiers pourcents de cristallisation fractionnée. Même si la contamination crustale qui dicte les compostions d'entrée des ces liquides syénitiques récents peut être discutable, il est clair que le manteau métasomatisé « contaminant » n'est pas ou très peu impliqué dans la genèse de ces roches au vu de la gamme de variation des rapports en Nd.

Pour résumer, les modélisations isotopiques précédentes ont permis d'expliquer les compositions isotopiques de la majeure partie des échantillons. Cependant, au moins un granite appartenant aux roches du groupe CaS reste inexpliqué. Sa composition en néodyme suggère qu'il est sans doute un produit majoritairement issu du panache de Kerguelen. Pourtant sa faible composition en Sr ne permette pas d'en faire l'unique source. Ce granite tombe proche du domaine des basaltes de plateau issus du site 1137 d'Elan Bank sans doute contaminés par la croûte continentale lorsqu'ils sont corrigés à 14Ma (Figure 6.13). De plus, il est également dans le domaine des basaltes continentaux du Rajmahal (Inde). Bien qu'un peu faible en Sr, ceci est un argument pour bien relier ce granite avec les autres roches CaS modélisées par la contamination crustale.

L'un des paramètres les plus sujets à controverse dans l'interprétation de ces données isotopique réside dans l'incertitude sur les valeurs isotopiques du panache de Kerguelen. En effet, comme illustré sur la ←Figure 6.9, les données disponibles dans la littérature permettent de contraindre ce panache entre 051255 et 0.51256. Même si cette gamme de variation parait faible, c'est dans cette gamme que se situent la plupart des données du SRBIC et notamment les roches les plus récentes. C'est pourquoi, la contamination crustale à l'origine des liquides syénitiques les plus récents ne peut être vérifiée et, si elle a bien eu lieu, son impact a été minime. Au contraire, l'anti-corrélation à l'intérieur du groupe des roches CaS ne laisse pas de place au doute. Le décalage des compositions les plus récentes vers des valeurs plus radiogéniques en Sr sans variations en Nd s'explique par « l'auto-contamination » des roches du SRBIC. L'assimilation des roches les plus anciennes permet de modéliser ces compositions récentes. Ce processus peut également être invoqué pour deux roches du groupe CaS enrichies en Sr radiogénique. Cette hypothèse est cohérente avec les arguments géochronologiques de terrains et in-situ qui montrent que ces roches 13TK42 et 13TK45 recoupent des roches préalablement mises en places. Il faut noter que l'assimilation + cristallisation nécessaire pour modéliser leurs compositions est moindre que pour les roches plus récentes. Enfin, le mélange entre une source dominante qu'est le panache de Kerguelen et une source mantellique métasomatisé permet de modéliser les compositions les moins radiogéniques en Nd des roches provenant de plusieurs satellites du SRBIC. Comme évoqué précédemment pour la contamination continentale, il est difficile d'impliquer ce type de mélange pour le reste des roches du complexe étant donné la gamme de variation du Nd. La encore, si ce type d'interaction a eu lieu, son impact fut tellement faible qu'il ne peut être décelé pour le reste des roches du complexe.

Contrairement à l'échelle des différentes unités pétrographiques, cette prédominance du panache de Kerguelen sur la plupart des roches du complexe par rapport aux faibles pourcentages d'interactions avec les différents « contaminants » ne permet pas de corréler avec exactitudes l'influence des différents pôles avec l'âge de mise en place des différents échantillons au sein de ces ensembles. Par exemple, il n'est pas possible d'établir de corrélation entre l'âge des différentes syénites CaS et l'importance de la contamination crustale à l'intérieur de ce groupe.

Finalement, l'étude isotopique a permis de montrer pour la première fois que plusieurs sources ont été impliquées dans la genèse des roches plutoniques de la péninsule de RdB.

Les premières roches mises en place à l'anse du gros Ventre résultent du mélange profond entre des liquides basaltiques majoritairement issus de la fusion du manteau de type panache de Kerguelen et des fractions de liquides basaltiques issus de la fusion d'un manteau relativement plus ancien et métasomatisé.

Par la suite, les nouveaux liquides basaltiques issus du panache de Kerguelen interagissent et assimilent en proportion variable des fragments de croûte continentale pour donnent les premières roches formant le SRBIC et appartenant au groupe CaS.

Les liquides basaltiques qui vont évoluer par différenciation par la suite pour former les roches plus récentes CaNaS et NaS sont majoritairement ou uniquement issus de la fusion du manteau de type panache de Kerguelen. Une fois différenciée ces liquides syénitiques interagissent et assimilent des proportions de roches mise en place précédemment avant de se mettre en place à leur tour.

Les roches plutoniques de la péninsule ont donc une origine prédominante qui est le manteau du panache de Kerguelen et des origines « contaminantes » mineures. Ces origines ou contaminations mineures sont :

premièrement, un manteau relativement ancien métasomatisé dont l'implication semble effective entre 14 et 9.5 Ma mais discontinue dans le temps car affectant des roches d'âges différents,

: deuxièmement, une contamination mineure continentale qui affecte les liquides magmatiques qui forment les premières intrusions du laccolithe entre 11.5 et 10Ma,

: troisièmement, une auto-contamination des roches nouvellement mise en place par assimilation partielle des précédentes entre au moins entre 9.5 et 8 Ma.

Les roches du complexe du SRBIC et de ces satellites montrent donc en 6 Ma plusieurs sources impliquées dans leur(s) genèse(s) suggérant différents niveaux d'interactions magmatiques évoluant dans le temps depuis les niveaux sources profond jusqu'aux niveaux supra-crustaux/hypo-crustaux/plus superficiels de la croûte océanique proche de la mise en place.

Chapitre 7 : Synthèse et discussion

7.1 Le SRBIC : un complexe plutonique composite

L'étude pétrographique m'a permis de confirmer que les roches plutoniques de la partie sud de la péninsule Rallier du Baty, sont majoritairement des roches felsiques de type syénites et syénites à quartz accompagnées de quelques granites lorsque le quartz est abondant. Ces roches felsiques sont associées à des roches plutoniques plus mafiques de type monzogabbros, monzodiorites et monzonites dans la partie sud mais qui restent volumétriquement subordonnées aux roches felsiques. Au sein de l'ensemble felsique, trois grands ensembles pétrographiques ont pu être définis en se basant sur la nature des silicates ferro-magnésiens que sont les amphiboles et les clinopyroxènes.

Les roches du groupe CaS sont définies par la cristallisation exclusive de clinopyroxènes et d'amphiboles calciques. Le groupe NaS est défini par l'apparition de ferromagnésiens très majoritairement sodiques dès les premiers stades de cristallisation. Le groupe CaNaS est défini comme un groupe intermédiaire entre les 2 précédents. Dans ce groupe CaNaS, les premiers clinopyroxènes et amphiboles à cristalliser dans les roches les moins différenciées sont calciques et/ou calco-sodiques, tandis que les derniers stades de cristallisation sont dominés par des ferromagnésiens sodiques. Ainsi, chacun de ces 3 ensembles est défini par une séquence paragénétique qui lui est propre. Etant données les relations de terrains et l'étude géochronologique, il est clair que les roches plutoniques felsiques appartenant au groupe CaS et roches plus mafiques associées, sont les plus anciennes de la péninsule Rallier du Baty (13,74 - 9,45 Ma-Figure 4.51). Les roches appartenant au groupe NaS sont au contraire les plus jeunes (8,27 - 7,88 Ma pour le SRBIC), tandis que les roches du groupe CaNaS se positionnent entre les deux précédentes (9,38 - 8,47 Ma). Le caractère sodique semble s'étendre vers le nord dans les intrusions plus jeunes du CRBIC (TC09-135 à 7,31 Ma).

Les études antérieures et notamment les travaux précurseurs de Marot et Zimine (1976) avaient mis en évidence au moins sept grands types pétrographiques de roches plutoniques. En accord avec leurs observations de terrain, les premières roches intrusives sont bien composées par des silicates Fe-Mg exclusivement calciques quelle que soient leur place dans la séquence de cristallisation. Les intrusions plutoniques qui suivent, montrent une nette évolution minéralogique des pyroxènes et amphiboles entre un pôle calcique précoce (augite et hornblende) et un pôle sodique tardif (aegyrine et arfvedsonite). Enfin, ce pôle sodique caractérise bien les silicates Fe-Mg des roches grenues les plus récentes qu'ils avaient observés. La classification pétrographique et la répartition des roches felsiques en 3 grands ensembles pétrographiques d'âges différents que j'ai établi pour le SRBIC est donc tout à fait en accord leur étude pétrographique. Cette nouvelle approche pétrographique s'affranchit des compositions modales et notamment celle des minéraux accessoires tout en se concentrant sur la nature des clinopyroxènes et des amphiboles qui s'observent dans toutes les roches plutoniques du SRBIC et de ses satellites. Cette classification est donc plus simple que celle de Marot et Zimine (1976), tout en rendant compte des différentes roches qui composent le SRBIC et de leur évolution.

Il existe donc trois ensembles de roches plutoniques au sein desquelles l'évolution des silicates ferro-magnésiens au cours de la différenciation magmatique est la suivante :

1- Au sein du groupe le plus ancien CaS, une évolution de la minéralogie d'un pôle précoce calcique vers un pôle tardif également calcique. La nature des ferro-magnésiens ne change pas et reste calcique.
2- Au sein du groupe intermédiaire CaNaS, une évolution d'un pôle calcique précoce vers un pôle sodique, en passant par des clinopyroxènes et amphiboles calco-sodiques
3- Dans le groupe des roches NaS, les plus jeunes, une évolution des clinopyroxènes et amphiboles depuis des termes calco-sodiques vers des termes franchement sodiques.

Au cours du temps et des intrusions successives, il y a donc le passage d'une phase magmatique pendant laquelle la nature des silicates ferro-magnésiens n'évolue pas puisqu'ils sont toujours de type calcique vers une phase magmatique caractérisée par l'apparition et l'implication de plus en plus tôt dans la séquence de cristallisation de minéraux ferromagnésiens sodiques. Sur cette base, je propose donc que les 3 ensembles pétrographiques forment deux lignées d'évolution distinguant d'une part les roches les plus âgées appartenant au groupe CaS et d'autre part les roches des groupes CaNaS et NaS mises en place plus tardivement.

Débuté par Aubert de la Rüe (1932), les études géochimiques des éléments majeurs des roches du SRBIC ont été poursuivies par Nougier (1969), Marot et Zimine (1976) et Giret (1983). Ce dernier a de plus étudié les éléments en traces sur roche totale de quelques échantillons du SRBIC. Ces études ont été conduites essentiellement dans le but de comparer ces roches grenues aux autres roches intrusives de la péninsule Rallier du Baty (Marot and Zimine, 1976), à celles de l'archipel dans son ensemble, ainsi qu'à des roches similaires d'autres contextes géodynamiques (Giret, 1983).

En accord avec ces travaux antérieurs, les compositions en éléments majeurs que j'ai obtenu lorsqu'elles sont reportées en fonction des teneurs en SiO_2 (considéré comme indice de différenciation), montrent un ensemble de compositions relativement continu au sein des roches plutoniques felsiques (Figure 5.3). Les compositions des roches plus mafiques, que sont les monzogabbros, monzodiorites et monzonites (les deux dernières étant des roches qualifier d'intermédiaires), sont d'autre part séparées des roches felsiques par un gap de composition. En accord avec les travaux antérieurs, ce gap entre 57 et 60% de SiO_2 interrompt une certaine continuité géochimique entre les deux familles de roches. Ce gap est comparable au « Daly gap » observé au niveau des suites de roches de plusieurs systèmes volcaniques océaniques (e.g. Baker, 1968; Chayes, 1977; Clague, 1978). Sur la base des premiers travaux géochimiques, les roches plutoniques du SRBIC ont donc été interprétées au premier ordre, comme une suite ou une lignée magmatique unique issue de la différenciation d'un magma parent de composition monzonitique. Dans un tel schéma, ces études antérieures ont donc proposé que les roches felsiques représentent les liquides différenciés et que les roches plus « mafiques » représentent les cumulats.

Toutefois, l'étude géochimique conduite à une échelle plus fine pendant ma thèse permet de mettre en évidence une évolution beaucoup plus complexe. En effet, couplée à l'étude géochronologique elle montre clairement qu'il existe deux lignées de différenciation bien distinctes : (i) une première correspondant aux roches les plus anciennes qui englobe les roches intermédiaires et les syénites de type CaS et (ii) une seconde plus récente qui va des syénites du groupe CaNaS aux granites les plus différenciés du groupe NaS (Figure 5.4 et Figure 5.8). En effet, le comportement des éléments au sein des trois groupes pétrographiques définis pour les roches felsiques, et caractérisés par des âges de mise en place différents, montre une évolution relativement bien continue depuis les roches du groupe CaNaS jusqu'aux roches du groupe NaS. Cette continuité semble donc souligner l'appartenance de ces deux groupes à une unique lignée magmatique régit par les mêmes processus d'évolution géochimique. D'autre part, bien que les compositions des roches felsiques les moins différenciées du groupe CaS et CaNaS soient similaires pour la plupart des éléments majeurs, l'ensemble des compositions des roches du groupe CaS se distinguent des compositions formant la lignée précédente (en particulier pour Al2O3, K2O et MnO). Malgré un comportement élémentaire relativement similaire en fonction du SiO_2 qui suppose une évolution régit par des processus proches de ceux qui régissent la suite CaNaS-NaS, l'évolution et les compositions des roches plus anciennes se distinguent généralement de la série précédente à partir de 63% de silice. Les plus fortes disparités s'illustrant majoritairement entre 63 et 68%, les roches du groupe

CaS forme donc une série magmatique évoluant différemment de la série CaNaS-NaS au cours de la différenciation.

Associés aux résultats géochronologiques, l'étude géochimique des éléments majeurs montre donc que l'ensemble des roches du SRBIC ne peut pas représenter une seule série de roches plutoniques produite par la différenciation continue dans le temps d'un seul magma parent quelle que soit la nature de ce dernier. Ce résultat géochimique est tout à fait en accord avec les observations pétrographiques qui montrent une lignée plus ancienne exclusivement calcique (suite roches intermédiaires-groupe felsique CaS) et une lignée récente calco-sodique/sodique (groupes felsiques CaNaS et NaS).

L'étude des éléments traces mène à la même conclusion. En effet, l'évolution de ces derniers au cours de la différenciation souligne l'enrichissement relativement bien continu des roches CaNaS aux roches NaS, tandis que l'évolution au sein des roches CaS les plus anciennes est clairement dissociée de cette lignée.
A l'instar des éléments majeurs, la géochimie des éléments en traces des roches du SRBIC avait été regardée au 1er ordre par les auteurs précédents, c'est-à-dire à des fins de comparaison et d'identification de processus pétrogénétiques à grande échelle. L'évolution des éléments traces a donc également été interprétée comme traceur de l'évolution par différenciation d'un magma parent unique, malgré une mise en évidence d'incohérences entre le degré de différenciation et l'enrichissement relatif au cours du temps par Giret (1983). Ces incohérences constatées n'ont pas été expliquées ni considérées dans ces études à grandes échelles. Tout comme pour les éléments majeurs, il est clair que les roches du SRBIC les plus enrichies en éléments traces correspondent aux roches les plus jeunes et majoritairement les plus différenciées, celles du groupe NaS. Et tout comme précédemment soulignée par les éléments majeurs, les roches du groupe CaNaS plus anciennes et moins enrichies montrent des concentrations en éléments traces inférieures mais corrélées à celles du groupe NaS. De plus, dans cette suite CaNaS-NaS, l'augmentation des anomalies négatives en Ba, Sr et Eu au cours des injections successives marquent une évolution des éléments en trace contrôlée par la cristallisation fractionnée. Les éléments en traces confirment donc l'appartenance de ces deux groupes à une même série de différenciation magmatique essentiellement contrôlée par des processus de cristallisation fractionnée. C'est sans doute cette lignée magmatique que les premières études géochimiques avaient mises en évidence. Cependant, l'évolution des éléments traces au sein des roches les plus anciennes du SRBIC n'est pas si simple. En effet, au sein du groupe CaS, certaines syénites mises en place à des moments différents, ont des compositions en éléments traces semblables voire inférieures aux compositions des roches intermédiaires. Par conséquent, il n'existe pas de corrélation entre l'enrichissement en éléments traces et le degré de différenciation pour les intrusions qui forment cet ensemble magmatique CaS-roches mafiques/ intermédiaires (monzogabbros, monzodiorites et monzonites). Il n'existe donc pas non plus de corrélation entre l'évolution des éléments traces et l'âge de mise en place des différentes intrusions de ce groupe. Les éléments en traces confirment donc les résultats des études pétrographiques et géochimiques des éléments majeurs et supportent les interprétations suivantes :

- Les roches des groupes CaNaS et NaS forment une unique série magmatique différenciée dont l'évolution est essentiellement contrôlée par des processus de cristallisation fractionnée. Cette différenciation se traduit par le passage relativement progressif de syénites jusqu'à des monzonites-à quartz et granites à l'échelle du pluton. De plus, cette évolution se traduit pétrographiquement par l'implication de plus en précoce d'un pôle sodique dans la cristallisation des minéraux ferro-magnésiens par rapport à un pôle calcique primaire.

- Les roches les plus anciennes de nature intermédiaire (monzogabbros, monzodiorites et monzonites) et appartenant au groupe felsique CaS sont clairement distinctes de la lignée magmatique précédente.

L'évolution chimique de ces roches ne peut être expliquée par une différenciation simple au cours du temps. Le comportement proche des éléments majeurs et traces avec ceux de la série précédente suggère toutefois une implication certaine des processus de cristallisation fractionnée dans l'évolution de ces roches. L'évolution des éléments traces au fil de ces intrusions successives suggère des recharges plus ou moins régulières de matériel plus juvénile permettant de ré-appauvrir la composition des magmas parents des ces roches produites au moins en partie par des processus de cristallisation fractionnée. La dernière phase d'appauvrissement en éléments traces correspond à la recharge qui marque le passage dans le temps aux roches du groupe CaNaS à partir de laquelle les intrusions suivantes sont enrichies progressivement. Cette transition est également corrélée avec l'apparition du pôle sodique dans la minéralogie des minéraux ferromagnésiens jusque là exclusivement calciques.

La géochronologie et les observations de terrains montrent que l'emplacement des monzogabbros, monzodiorites et monzonites du SRBIC est synchrone de celles des syénites. Les compositions en éléments traces de ces roches intermédiaires sont tout à fait semblables à celles des syénites les moins différenciées. Ces caractéristiques supposent que ces roches ne sont pas des cumulats issus du processus de différenciation qui aurait produit les roches syénitiques les moins évoluées et illustrent donc le caractère bimodal du magmatisme dans les premiers millions d'années de formation du complexe.

Les spectres des terres rares et d'éléments en traces des roches du SRBIC ont des caractéristiques typiques des OIBs (Figure 5.10). Ils confirment les résultats des études antérieures qui pointaient l'affinité alcaline de ces roches et les reliaient à une origine issue de l'activité du point chaud de Kerguelen (Dosso et al., 1979; Giret, 1983).

Finalement l'étude pétrographique et géochimique plus détaillée et centrée sur le complexe du SRBIC m'ont permis de mieux caractériser l'évolution de ces roches plutoniques au cours du temps :

1 - Un magmatisme alcalin bimodal a produit les premières roches plutoniques (monzogabbros, monzodiorites, monzonites et syénites CaS), caractérisées par des minéraux silicatés ferro-magnésiens calciques (clinopyroxènes et amphiboles) ; lesquelles se sont mises en places entre 14 et 10 Ma. La géochimie de ces roches met en évidence des processus de ré-appauvrissement en éléments traces répétés dans le temps. Ces épisodes traduisent donc une évolution magmatique en système ouvert avec des processus de réinjections magmatiques réguliers dans les premiers millions d'années. Les nouveaux apports de magma conduisent à des teneurs similaires en éléments traces à celles des roches intermédiaires synchrones des syénites à cette époque.

2 - Puis un changement du magmatisme alcalin s'opère entre environ 10 et 9,5 Ma. Ce changement souligne le début de l'évolution magmatique en système clos ; marquée par la disparition de la bi-modalité et l'apparition de la lignée de roches felsiques CaNaS-NaS qui va évoluer presque complètement par des processus de cristallisation fractionnée et dont les phases silicatées ferro-magnésiennes évoluent progressivement depuis un pôle calcique vers un pôle sodique en passant par des termes calco-sodiques.

7.2 Origines et sources des roches plutoniques du SRBIC et de ses satellites

De par leur contexte géodynamique intraplaque et de par leurs caractéristiques géochimiques : (i) série alcaline sur-saturée en silice, (iia) fort enrichissement en éléments incompatibles, (iib) présence de minéraux de terres rares et (iii) caractère bimodal ; les roches grenues de la partie sud de la péninsule Rallier du Baty sont comparables à de nombreux exemples intrusifs en domaine continental (exemples plutoniques et volcaniques) et en domaine océanique (volcaniques) liés à l'activité d'un point chaud. Ainsi l'origine de ces roches rejoint un débat plus large sur l'origine de la production de produits felsiques issus d'un magmatisme alcalin en contexte géodynamique de type intraplaque anorogénique. Les références sont nombreuses et se retrouvent compilées (entre autres) dans les reviews suivantes : (Sørensen, 1974; Fitton and Upton, 1987; Eby, 1990; Frost et al., 2001; Bonin, 2007; Dall'Agnol et al., 2012). Basées sur les conclusions des études de ces exemples continentaux et océaniques, deux grandes hypothèses peuvent être avancées pour la formation des roches du SRBIC et particulièrement les roches felsiques qui sont de loin les plus abondantes :

- Les hypothèses purement mantelliques : dans ce cas, les roches felsiques de type syénites et associées (syénites à quartz, granites alcalins) mais aussi les roches intermédiaires associées (monzogabbros, monzodiorites et monzonites) sont issues de la différenciation d'un magma basaltique alcalin. Cette hypothèse suppose que la formation du magma parent basaltique provient soit de la fusion partielle d'un manteau asthénosphérique de type point chaud, soit celle d'un manteau lithosphérique métasomatisé. Dans les deux cas, ce manteau source est relativement enrichi en éléments incompatibles, et suppose des taux de fusion partielle faibles à des profondeurs de l'ordre de 100 Km. Des exemples récents se retrouvent dans Jung et al. (2007); Kogarko et al. (2010); Owen-Smith et al. (2013) parmi d'autres dans les reviews citées plus haut.

- Les hypothèses avec implication totale ou partielle de la croûte continentale. Dans ce cas, ces roches seraient issues de la contamination d'un magma basaltique par des roches provenant de la croûte continentale (assimilation, mélange…) voire même directement de la fusion de roches en base de croûte continentale (e.g. Foland et al., 1993; Marks et al., 2003; Riishuus et al., 2008; Markl et al., 2010; Elburg and Cawthorn, 2017 et reviews précédentes). La digestion de roches crustales relativement enrichies en éléments incompatibles par rapport au liquide basaltique permettrait notamment d'expliquer les teneurs en incompatibles des roches felsiques issues de la différenciation de ce liquide**.** L'implication possible de la croûte continentale ne fait aucun doute dans la plupart des intrusions en domaine continental même si les conséquences pétro-géochimiques de cette implication sont encore mal comprises. En domaine océanique, plusieurs études isotopiques appuyées par des évidences xénolithiques ont prouvé l'implication de la croûte continentale dans la genèse des produits felsiques (Ascension, Açores et Seychelles). Ce concept d'influence continentale, lié à la rareté des roches felsiques en domaine océanique, est apparu très tôt dans les études sur l'archipel de Kerguelen conduisant Watkins et al. (1974) à s'interroger sur la nature même de l'archipel : « Kerguelen : Continental Fragment or Oceanic Island ? ».

Ces deux hypothèses n'étant pas exclusives, il est possible que plusieurs des processus associés à l'un ou l'autre de ces deux extrêmes aient joué un rôle plus ou moins important dans la genèse des roches du SRBIC. Ces deux grandes hypothèses et leur relation montrent bien la difficulté d'identification des paramètres susceptibles de conduire à la formation des roches différenciées alcalines.

Une seule étude impliquant une modélisation pétrogénétique a été réalisée sur les roches plutoniques de l'archipel de Kerguelen (Scoates et al., 2007). Elle s'est focalisée sur le massif plutonique du Val Gabbro, situé au niveau de la presqu'île Jeanne d'Arc, c'est-à-dire au sud-est de l'archipel. Cet édifice plutonique à tendance moyennement alcaline est la plus vielle intrusion datée de l'Archipel (U-Pb sur zircons : 24,25 ± 0,15 Ma). Les roches qui composent ce pluton sont essentiellement des cumulats ultrabasiques et différents types de gabbros et microgabbros associés à des roches felsiques (monzonites et monzonites à quartz). Les auteurs ont démontré que les compositions felsiques de ce pluton peuvent être modélisées à partir de la composition d'un microgabbro de composition alcaline échantillonné sur le complexe. Cette composition supposée la plus représentative du magma parent de ces roches felsiques est typique de celle d'un magma basaltique alcalin. Il est donc possible de former, au niveau de l'archipel de Kerguelen, des roches felsiques (monzonites et monzonites à quartz dans le cas du Val Gabbro) à partir de la différenciation d'un liquide basaltique alcalin. Cette étude montre donc qu'il n'est nul besoin d'impliquer des contaminations crustales pour former des roches felsiques sur l'archipel. Tout comme pour le complexe du SRBIC, le pluton du Val Gabbro présente un gap de composition entre les roches mafiques (type gabbros) et les roches felsiques (type monzonites). Scoates et al (2008) expliquent ce caractère bimodal, qui ne s'observe pas pour toutes les suites magmatiques de Kerguelen, comme le résultat du piégeage des compositions intermédiaires en profondeur du fait essentiellement d'une augmentation de la viscosité au cours du processus de différenciation magmatique. Toujours concernant le pluton du Val Gabbro, les données isotopiques quelque peu hétérogènes mesurées sont représentatives de l'hétérogénéité du plume de Kerguelen lui-même selon Scoates et al. (2007). Ces données sont également très proches des données isotopiques obtenues pour la majorité des roches du SRBIC. Je suppose donc que la composition du microgabbro du Val gabbro utilisé par Scoates et al. (2007) peut être utilisée comme un « proxy » de la composition du magma parent des deux séries plutonique du SRBIC.

Les sources du magma parent des roches du SRBIC ont déjà fait l'objet de travaux antérieurs, il y a plusieurs décennies, via l'utilisation du couple isotopique Rb/Sr comme traceur. Ces travaux (Watkins et al., 1974; Lameyre et al., 1976; Dosso et al., 1979) ont permis d'identifier à l'aide d'isochrones, un rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ initial commun à toutes les roches autour de 0,7057 ± 0.0003. A l'époque de ces études, les auteurs ne pouvaient pas savoir que cette valeur est extrêmement proche de la composition isotopique admise aujourd'hui comme la plus représentative du panache de Kerguelen (Weis and Frey, 2002). Ils avaient justement conclu à l'époque que l'unique source des roches du SRBIC était un manteau enrichi quelque peu hétérogène (type panache) et qu'aucune contamination crustale n'était impliquée dans la genèse des roches plutoniques de la péninsule Rallier du Baty. Un couplage avec le système Sm/Nd (Dosso and Murthy, 1980) sur quelques échantillons du complexe SRBIC a abouti aux mêmes conclusions avec des valeurs du rapport $^{143}Nd/^{144}Nd$ initial situées entre 0.512500 ± 25.10^{-6} et 0.512550 ± 37.10^{-6}. Ces mesures semblent donc supporter l'hypothèse d'une source strictement mantellique telle qu' elle a été proposée pour le pluton du Val Gabbro.

Reportées à l'échelle des compositions isotopiques du plateau de Kerguelen, les compositions isotopiques des roches de la péninsule obtenues au cours de cette thèse montrent que la majorité est voisine de celle représentative du panache de Kerguelen (Figure 6.10). En accord avec les interprétations antérieures, le plume de Kerguelen est donc bien la source principale de la plupart des roches magmatiques de l'archipel de Kerguelen, y compris des roches plutoniques du SRBIC.

Cependant, l'étude isotopique que j'ai conduite sur plusieurs systèmes radiogéniques durant cette thèse sur les roches du SRBIC apporte beaucoup de précisions et vient modérer l'hypothèse de cette unique source mantellique. Dans ce cadre, la modélisation AFC a permis de montrer que les compositions

isotopiques des roches du groupe CaS peuvent être expliquées par l'assimilation de croûte continentale (représenté par le gneiss d'Elan Bank) par un liquide de composition de type basalte alcalin (microgabbro du Val Gabbro) au cours de sa cristallisation. En effet, pour un ratio de masse assimilée/ masse cristalisée = 0.4, les premiers 11% de cristallisation fractionnée permettent d'obtenir des compositions isotopiques similaires à celles observées pour les roches felsiques de type CaS du SRBIC. Il apparait donc que le liquide basaltique parent des roches du groupe CaS et issu de la fusion partielle de la source mantellique « Plume de Kerguelen » a interagi à un moment de son histoire avec un fragment de croûte continentale certainement similaire au gneiss de l'Elan Bank. Ce processus de contamination ne s'observe pas pour les roches les plus récentes du SRBIC (CaNaS et NaS). Entre ≈10 et≈ 9,5 Ma, l'implication de la composante continentale a donc soit (i) cessé, soit (ii) ne fut plus assez significative pour être perçue dans les roches mises en place par la suite. Ces dernières ont des compositions isotopiques caractéristiques, bien plus radiogéniques en Strontium que les roches CaS. Mon étude isotopique met en évidence pour la première fois un autre processus d'assimilation résultant de l'interaction entre la majorité des magmas felsiques les plus récents (formant la suite CaNaS et NaS) avec des roches felsiques plus anciennes de la suite roches intermédiaires-CaS (Figure 6.11). Le processus d'AFC suggère qu'il faut un maximum de 6 Ma pour permettre l'évolution isotopique d'une première syénite de type CaS qui soit ensuite assimilée par une nouvelle syénite permettant d'expliquer les compositions les plus radiogéniques en strontium. Cette hypothèse est en accord avec les données géochronologiques qui stipulent une construction du SRBIC en 4 Ma. La différence de 2 Ma peut être modérée du fait que les 6 Ma sont un maximum mais également du fait qu'il peut exister des intrusions en profondeur plus anciennes similaires aux roches de type CaS aujourd'hui à l'affleurement. Cette dernière hypothèse enfin est supportée par l'existence d'intrusions au niveau de la péninsule Rallier du Baty datée à ≈14 Ma, c'est-à-dire mises en place environ 2 Ma d'années avant le SRBIC. D'autre part, les résultats isotopiques montrent qu'au moins 4 échantillons issus de complexe plutonique satellitaire du complexe majeur SRBIC sont très faiblement radiogéniques en Nd comparés à la valeur du panache de Kerguelen. Les signatures isotopiques de ces échantillons ne peuvent donc pas s'expliquer comme provenant de l'unique source de type « panache de Kerguelen ». Elles ne peuvent pas non plus s'expliquer par l'assimilation de matériel crustal du même type que le gneiss d'Elan Bank. Elles suggèrent donc l'implication d'une 3ème composante isotopique dans la genèse de ces roches. Grâce à la modélisation, ces compositions isotopiques particulières peuvent être expliquées par des processus de mélange en profondeur. Ces processus impliquent que le liquide basaltique issu de la fusion partielle du composant panache (représenté encore une fois par le microgabbro du Val Gabbro) a interagi avec de faibles fractions d'un liquide hyperalcalin provenant de la fusion partielle d'un manteau lithosphérique métasomatisé (type source des lamproites du Gaussberg, (Olierook et al., 2017). Ces échantillons proviennent de complexes plutoniques satellites (anse du Gros Ventre et anse Syénite) d'âges différents et constitués de roches appartenant à des groupes pétrographiques différents (CaS et CaNaS, respectivement). Ce type de liquide « contaminant » est donc impliqué à différents moments ou étapes de la construction du complexe plutonique de la péninsule Rallier du Baty.

Ainsi, contrairement, à ce qui avait été proposé auparavant, les résultats isotopiques Rb/Sr et Sm/Nd obtenus au cours de ce travail de thèse mettent en évidence l'influence de plusieurs sources dans la genèse des roches plutoniques du SRBIC : une source principale (la seule mise en avant auparavant) qui correspond au manteau asthénosphérique de type « Panache de Kerguelen », et deux sources secondaires : (i) des fragments de croûte continentale et (ii) des fractions de liquides hyperalcalins issus d'un manteau lithosphérique métasomatisé.

Entre 14 et 11,5 Ma, les premières roches intrusives de la péninsule ont été formées à partir d'un liquide basaltique parent issu d'un mélange profond entre la source typique du panache de Kerguelen et un manteau métasomatisé. A partir de 11,5 Ma, la construction du SRBIC débute avec des syénites formées par un liquide basaltique issu du plume de Kerguelen et ayant assimilé de la croûte continentale en faible proportion. A partir de 9,5 Ma, l'implication de cette composante crustale disparait pour ne laisser que la prédominance du panache de Kerguelen. Jusqu'à 8 Ma les liquides syénitiques formés à partir de ce dernier assimilent en proportion variable les roches felsiques préalablement mises en place. Ce processus plaide en faveur d'au moins un dernier réservoir commun de différenciation du magma parent des roches felsiques du SRBIC, lequel empreinte des chemins relativement identiques à travers les niveaux supérieurs de la coute durant la construction du complexe. Ce processus d'assimilation semble perdurer au delà de 8 Ma comme le montrent les compositions isotopiques d'un filon trachytique tardif et au moins une intrusion du nord de la péninsule (échantillons 13TK008 et TC09-135 respectivement).

Ces résultats ont été mis en parallèle avec les résultats issus des mesures isotopiques Lu/Hf réalisées sur les zircons ayant servi précédemment à l'étude géochronologique. Les détails des données mesurées et calculées pour l'initial (t) sont reportés en annexe.

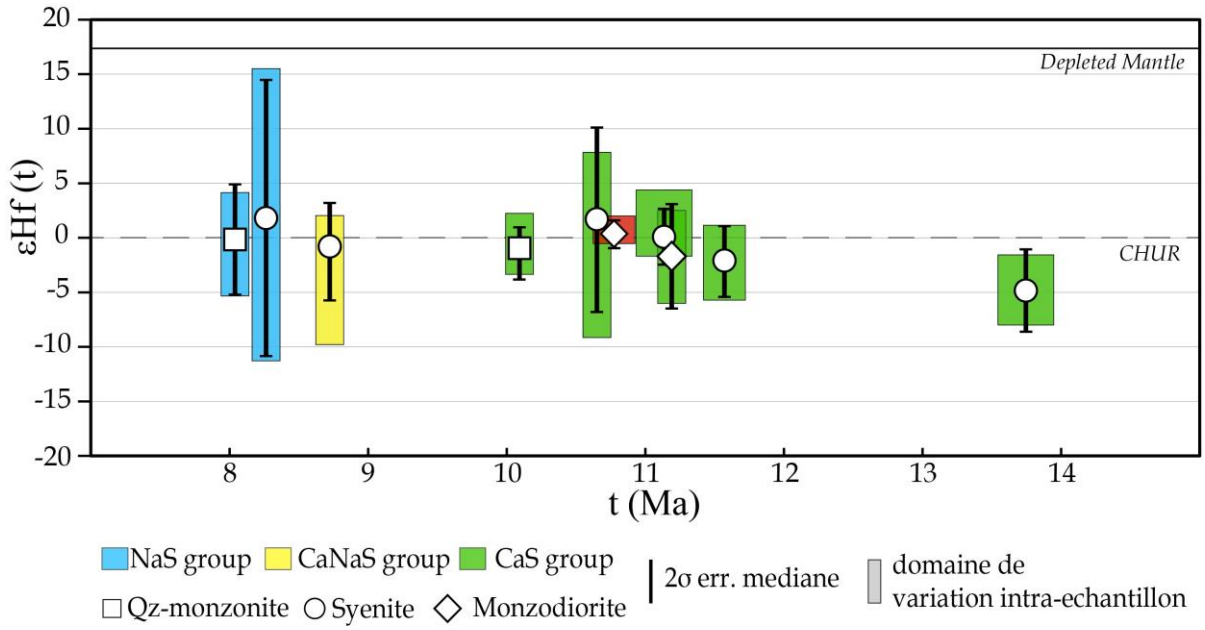


Figure 7.1: Données isotopiques Lu/Hf sur zircon, corrigés de l'âge de chaque échantillon et reportés en fonction du temps.

En dépit des grandes variations intra-échantillons qui reflètent des fluctuations analytiques, ces résultats montrent que les compositions initiales en Hf s'étalent de part et d'autre de la composition du CHUR(t) quel que soit l'échantillon considéré (Figure 7.1). Seul l'échantillon TC09-82, le plus vieux, a des compositions strictement inférieures au CHUR(t). En effet, à l'exception de ce dernier, les rapports isotopiques initiaux qui forment un nuage de compositions indépendant de la nature et de l'âge de la roche hôte. Lorsqu'ils sont comparés aux données de la littérature (Figure 7.2), les résultats Hf forment également un nuage de point situé entre le panache de Kerguelen (Mont Crozier) et les basaltes du plateau moins radiogéniques en Hf affectés par une faible contamination crustale (site 747). Ils forment donc un ensemble cohérent avec les données des autres roches intrusives de l'archipel considérées comme formées majoritairement par le panache de Kerguelen étant plus ou moins hétérogène. Seule la syénite la plus ancienne de l'anse du Gros Ventre (TC09-82) se distingue réellement du reste des échantillons du SRBIC vers des compositions proches du site 738 (à 112 Ma) du SKP.

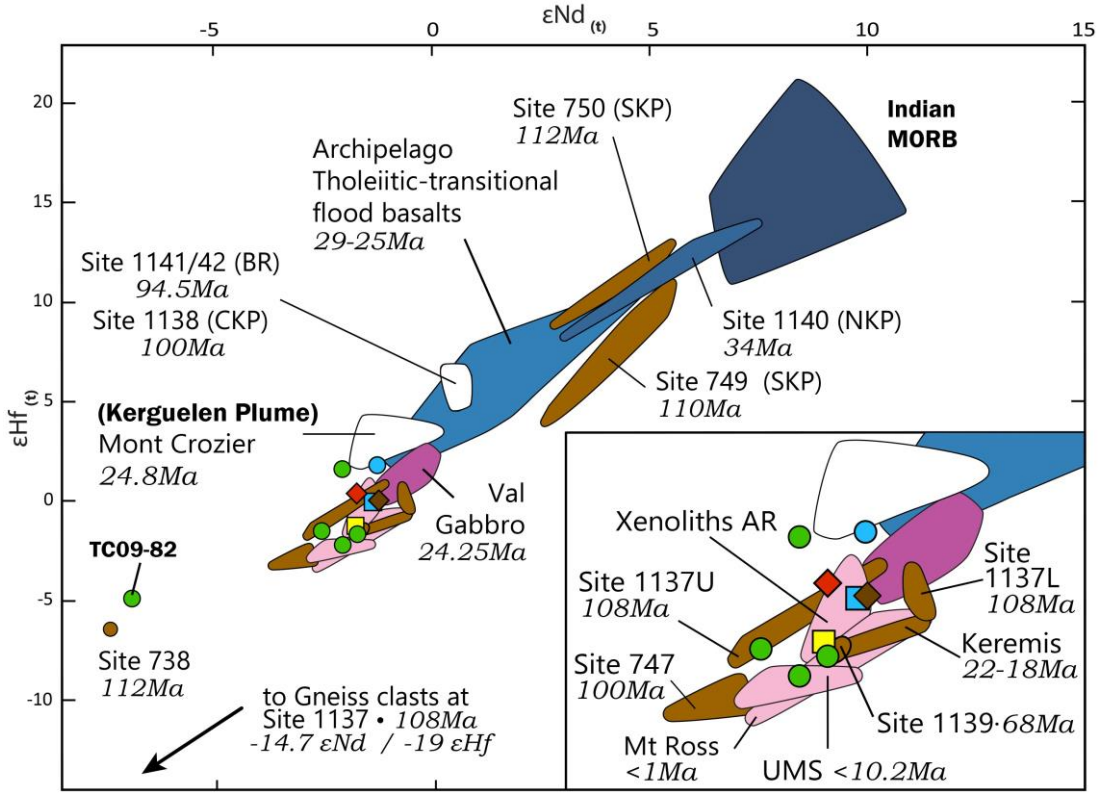


Figure 7.2: Diagramme de corrélation εNd vs εHf à l'état initial des roches étudiées et comparées aux données existantes sur le plateau de Kerguelen.

Ces données isotopiques en Hf in-situ sont donc cohérentes avec les systèmes Nd et Sr (roches totales) précédents. Même si une partie de l'hafnium est sans doute contenu dans d'autres minéraux non analysés comme l'apatite, ces résultats sur zircons confirment néanmoins le caractère particulier de l'anse du Gros Ventre par rapport au reste du complexe. Toutefois, si cette particularité traduit l'influence du manteau métasomatique dans la genèse des premières roches mise en place sur la péninsule, la contamination crustale identifiée précédemment avec les systèmes Sr et Nd est transparente dans le système de Lu/Hf.

A plus grande échelle, les deux composantes isotopiques secondaires mises en avant pour expliquer les compositions isotopiques des roches plutoniques du SRBIC ont été identifiées comme ayant une influence à un moment donné de l'histoire de l'activité magmatique du « Grand Plateau de Kerguelen » (c'est-à-dire le plateau de Kerguelen et les basaltes continentaux plus anciens lié à l'existence du panache mantellique, Olierook et al., 2017). En effet, l'assimilation de matériel crustal a été proposée pour rendre compte des signatures isotopiques des basaltes tholeiitiques des sites du SKP et CKP : ODP 738 (Mahoney et al., 1995) ; ODP 747, 749 et 750 (Frey et al., 2002b). Le gneiss dragué au niveau de l'Elan Bank est à ce jour le seul témoin direct de la présence de fragments continentaux emballés dans les produits magmatiques issus de l'activité du point chaud de Kerguelen (site ODP 1137 - Nicolaysen et al., 2001; Ingle et al., 2002). L'influence d'une source de type manteau lithosphérique métasomatisé a été plus récemment mise en avant pour expliquer les caractéristiques isotopiques d'une partie du « Grand plateau de Kerguelen » reléguant la participation du plume en tant que source effective influente seulement à partir de 95 Ma (Olierook et al., 2017). Les lamproïtes de Gaussberg (Sushchevskaya et al., 2014) ainsi que des enclaves de péridotites mantelliques remontées par les laves alcalines l'archipel de Kerguelen témoignent de l'existence d'un tel manteau lithosphérique métasomatisé dans la région (Delpech et al., 2004; Grégoire et al., 2000, 2001; Wasilewski et al., 2017). De plus, des filons de lamprophyres ont été décrits au niveau de l'archipel de Kerguelen (Leyrit, 1992 ; B. Moine, J-Y Cottin et M Grégoire, communications

personnelles). Or les lamprophyres sont des roches magmatiques hyperalcalines qui présentent des compositions proches de celles des lamproites, lesquelles sont souvent pensés comme provenant de sources de type manteau supérieur métasomatisé ou ayant assimilé une lithosphère océanique (Bergman, 1987; Neal and Davidson, 1989; Riley et al., 2003; Tappe et al., 2006).

Il est également à noter que plusieurs données « oubliées » dans la littérature, volontairement ou pas, peuvent également s'expliquer par un mélange entre la source de type panache de Kerguelen et le même manteau lithosphérique métasomatisé (Figure 7.3). Parmi ces données se trouvent les roches plutoniques de l'île de l'Ouest (Dosso and Murthy, 1980), datés (Giret and Lameyre, 1983) entre 16.6 ± 0.9Ma (gabbros) et 12.4 ±0.7Ma (syénites), qui présentent un caractère bimodal identique à celui du SRBIC. Le complexe de l'île de l'Ouest qui est vraisemblablement plus jeune que le SRBIC semble donc indiquer que l'interaction entre les deux sources mantelliques est bien à l'origine des premières intrusions au sud-ouest de l'archipel. En outre, quelques trachytes et phonolites provenant de la péninsule Jeanne d'Arc et Loranchet, ainsi qu'une monzonite provenant de la péninsule de Courbet tendent également vers des compositions isotopiques très faibles en Nd, potentiellement explicables par ce type d'interaction à la source.

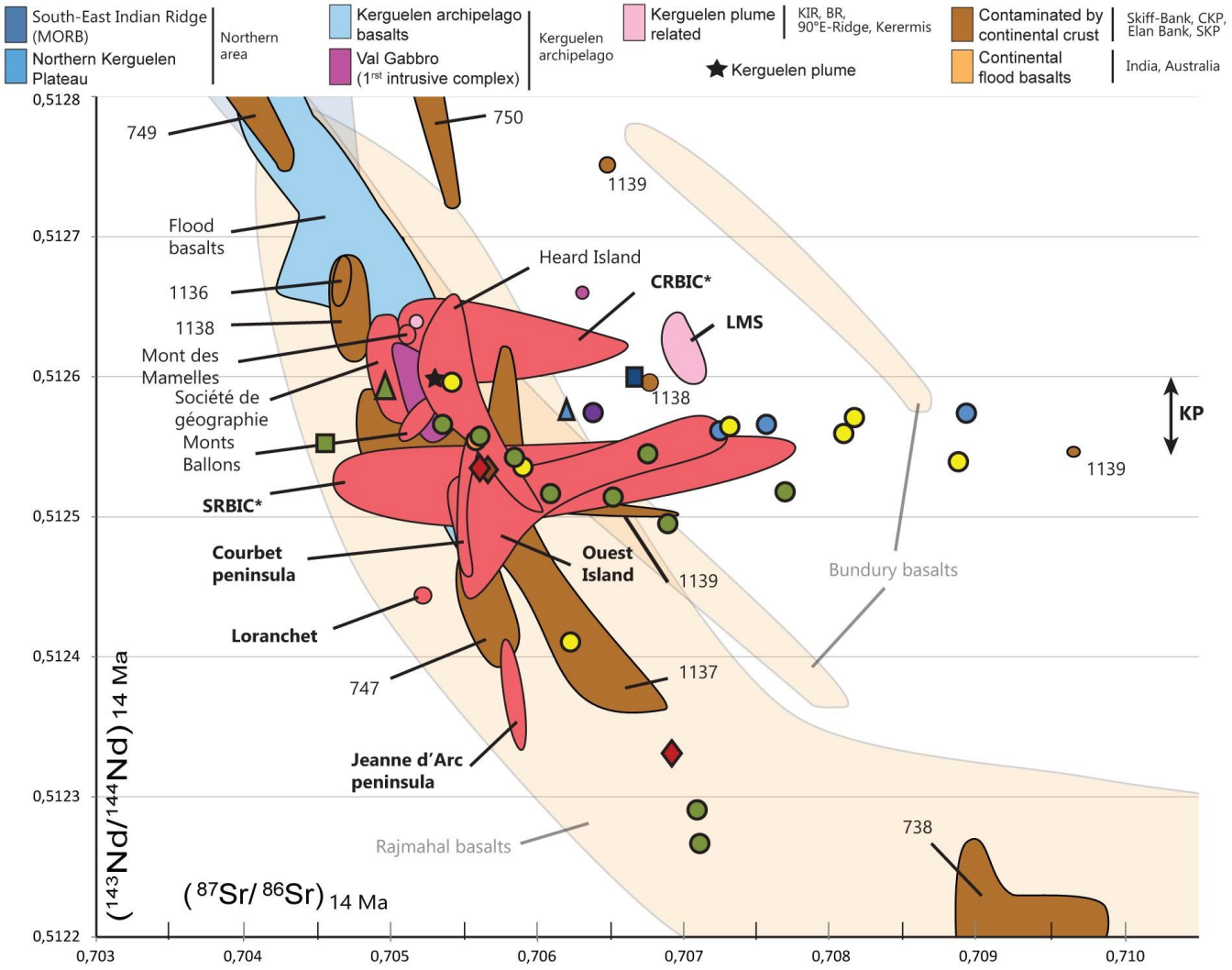


Figure 7.3: Diagramme de corrélation $Nd_{initial}$ vs $Sr_{initial}$ (corrigés à 14Ma) , centré sur les données isotopiques obtenues. Les domaines en rouge correspondent aux données non présentées dans la ←Figure 6.9. Les noms en gras correspondent aux données sur roches felsiques (volcaniques et plutoniques), « oubliées » dans la littérature, de Dosso et al. (1979), Dosso et Murphy (1980), Weis et al. (1994), et celles plus récentes de Gagnevin et al. (2003).

Ainsi, au niveau du seul complexe plutonique sud de Rallier du Baty (SRBIC) et de ses satellites, les roches plutoniques montrent l'influence des différentes sources proposées par les études isotopiques pour expliquer certaines compositions de roches de l'archipel et même du plateau océanique dans son ensemble. Ce résultat prouve également que les deux « contaminants » (croûte continentale et manteau lithosphérique métasomatisé), dont l'implication n'était établie que jusqu'à 68 Ma au niveau du plateau de Kerguelen, ont encore eu une influence sur le magmatisme de l'archipel il y a moins de 10 Ma.

7.3 Les deux suites plutoniques du SRBIC

L'étude isotopique a permis de mettre en évidence un réservoir de différenciation commun aux deux suites magmatiques Mafiques/intermédiaires–Cas et CaNaS-NaS (= assimilation). L'étude géochimique a permis de montrer que les différentes sources impliquées dans la genèse des roches du SRBIC n'ont eu que très peu d'impact sur la composition des magmas parents des deux lignées magmatiques qui peuvent donc être considérés comme identiques. Pourtant il existe bien deux séries de roches felsiques géochimiquement et pétrographiquement différentes. Les processus qui ont donc permis de faire évoluer ces 2 lignées de roches différemment ont opéré par conséquent ;(i) soit dans le réservoir au sein duquel les liquides syénitiques se sont différenciés, (ii) et/ou entre ce réservoir et le niveau de mise en place.

L'évolution des minéraux silicatés ferromagnésiens calciques précoces vers des termes sodiques plus tardifs qui s'observe au travers de la série formée des roches felsiques CaNaS et NaS est une évolution « classique » reconnue dans de nombreux complexes plutoniques et volcaniques d'affinité alcaline. Cette évolution s'observe en effet aussi bien dans les systèmes sursaturés que sous-saturés en silice (Sørensen, 1974; Mitchell, 1990; Bonin, 2007; Marks and Markl, 2017). Elle est souvent associée dans la littérature à la transition des termes dits « miaskitiques » aux termes « agpaïtiques ». D'abord basés sur l'index d'agpaïcité, qui est en réalité l'index de peralcalinité $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$ en % molaire (Ussing, 1912), ces deux termes ont été révisés et redéfinis comme marqueurs minéralogiques dans les systèmes peralcalins (e.g. Sørensen, 1974; Marks and Markl, 2017). Les roches miaskitiques sont les moins alcalines et sont caractérisées par des minéraux porteurs des HFSE tels que la titanite, la pérovskite, le zircon et la baddeléyite. Les principaux minéraux porteurs des HFSE des roches agpaïtiques sont l'eudyalite, la rinkite, les minéraux des groupes de la wöhlerite et de l'aenigmatite, l'astrophyllite, la catapleiite, la dalyite, l'elpidite, l'hilairite, la lampro-phyllite, la lorenzénite, la lovozérite, la parakeldyshite, la vlasovite, et la wadéite.

Toutes les roches felsiques du SRBIC contiennent du zircon. La titanite est présente en majorité dans les roches les plus anciennes de type CaS et CaNaS. L'aenigmatite est présente dans les roches du type CaNaS mais surtout dans les roches les plus jeunes de type NaS, tandis que l'astrophyllite et la fluorite ont également été identifiées dans ces dernières. Ainsi, le SRBIC peut être défini comme composé de roches « agpaïtiques transitionnelles » (Marks and Markl, 2017). Les roches les plus anciennes sont à tendance miaskitique et les plus jeunes à tendance agpaïtique.

Pour la suite CaNaS-NaS, l'évolution des roches les moins alcalines vers les termes les plus alcalins est accompagnée d'une évolution classique des pyroxènes calciques de type Augite vers les pyroxènes sodiques de type Aegyrine. Dans cette suite, l'évolution des amphiboles correspond à la lignée Hastingsite → Katophorite (± Ferro-Edénite) → Arfvedsonite. Ces deux évolutions ne s'observent pas pour la suite roches intermédiaires-CaS au sein desquelles les silicates ferromagnésiens restent calciques tout au long du processus de différenciation magmatique.

La minéralogie exacte des silicates ferromagnésiens dépend de chaque complexe alcalin (Figure 7.4), toutefois l'évolution générale des termes calciques précoces riches en $Ca + Fe^{2+}$ vers les termes sodiques

tardifs riche en Na + Fe^{3+} est indéniable (e.g. Sørensen, 1974; Giret et al., 1980; Bonin and Giret, 1985; Mitchell, 1990, 1996; Marks and Markl, 2001; Marks et al., 2008 parmi d'autres).

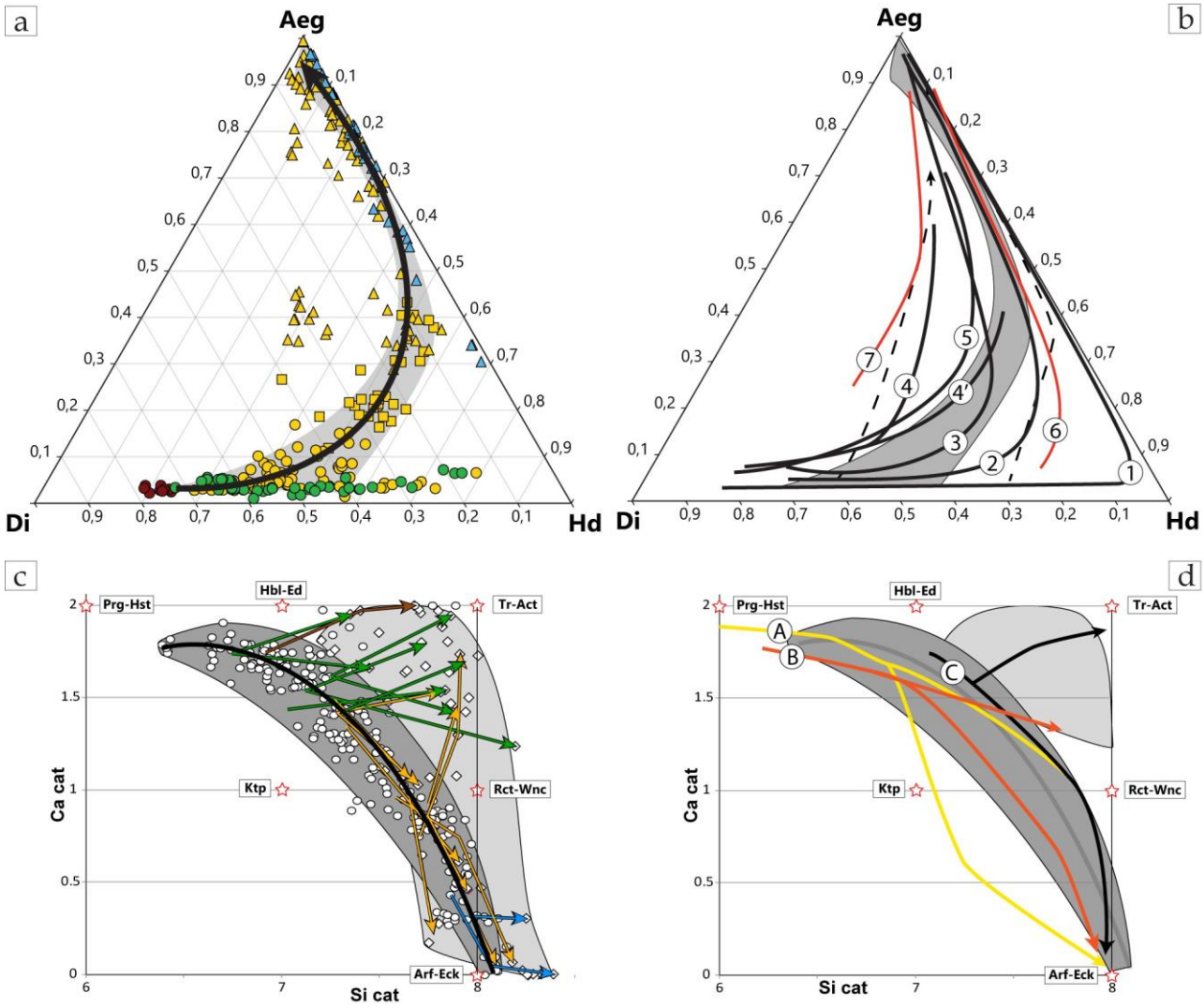


Figure 7.4: Exemples et comparaison d'évolution des pyroxènes (a et b) et des amphiboles (c et d) au sein de complexes alcalins sur-saturés et sous saturés de par le monde. a) évolution des pyroxènes du SRBIC (voir Figure 4.36) ; b) évolution des pyroxènes de : (1) Ilimaussaq (Larsen, 1976), (2) Coldwell (Mitchell and Platt, 1982) ; (3) South Qôroq (Stephenson, 1972) ; (4) Alnö (Vuorinen, 2005), (5) Iron Hill (Nash, 1972), (6) Kilombe (Ridolfi et al., 2006), (7) Tenerife (Wolff, 1987) ; c) évolution des amphiboles du SRBIC ; d) évolution des amphiboles de : (A) Ilimaussaq (Larsen, 1976; Marks et al., 2004) , (B) Zomba-Malosa (Woolley and Jones, 1992), (C) Pulken (Marks et al., 2004).

L'enrichissement en alcalin d'un liquide magmatique se fait de manière naturelle au cours de la différenciation, la cristallisation précoce des minéraux anhydres tel que l'olivine et les pyroxènes permettant d'augmenter les rapports Na/Ca et Fe^{3+}/Fe^{2+} dans le magma résiduel. Ce processus est d'autant plus efficace dans un système magmatique évoluant en système clos (e.g. Byers et al., 1984; Bézos and Humler, 2005). Cet enrichissement est également une conséquence directe du fractionnement des plagioclases connu sous le nom d'« effet de Bowen » (Bowen, 1945). La cristallisation de ces minéraux permet en effet d'appauvrir le liquide résiduel en Al et d'en augmenter les teneurs en Na et K. Le caractère agpaïtique des roches les plus jeunes de la lignée CaNaS-NaS peut donc s'expliquer par un simple processus de différenciation au cours du temps dans un réservoir clos. La spéciation du Fer est, d'autre part, en relation directe avec les conditions d'oxydo-réduction qui sont approchées au travers des estimations de la fugacité en O_2. Il a été montré que lorsqu'un liquide se différencie, le liquide différencié s'enrichi en Fe^{3+} (+Na+K) et sa fugacité d'oxygène augmente via l'équation $4Fe^{3+} + 2O^{2-} = 4Fe2^{+} + O^{2-}$ (Kress

and Carmichael, 1988; Lange and Carmichael, 1989; Gerlach et al., 1998, 1999; Rüssel and Wiedenroth, 2004). Ceci explique également pourquoi le liquide magmatique résiduel, qui représente une fraction de plus en plus faible en volume est de plus en plus oxydé. En effet, à l'échelle de l'échantillon, les silicates ferromagnésiens précoces riches en Fe^{2+} et Ca, clinopyroxènes et amphiboles calciques, témoignent d'une cristallisation en milieu relativement réduit. Cette cristallisation permet d'augmenter le caractère oxydant et l'alcalinité du liquide résiduel interstitiel qui va permettre la cristallisation tardive de minéraux ferromagnésiens riches en Na tel que l'ægyrine et l'arfvedsonite. Un simple processus cristallisation fractionnée permet donc d'augmenter naturellement l'alcalinité de concert avec la fugacité d'oxygène (e.g. Carmichael, 1991). Ces variations temporelles de fO_2 à l'échelle de l'échantillon peuvent être étendues à l'échelle de la lignée CaNaS-NaS. En effet, l'évolution des roches CaNaS vers les roches agpaïtiques NaS les plus jeunes pourrait s'expliquer par le caractère réduit du réservoir à partir duquel elles s'injectent au cours du temps. Ces conditions réduites permettraient d'étendre le champ de stabilité de l'olivine aux dépens de celui des oxydes ferro-titanés via l'équation du tampon FMQ : 3Fayalite + O_2 = 2Magnetite + 3Quartz. En conséquence, les termes les plus évolués seraient marqués par un enrichissement en fer et une diminution du SiO_2 dans les termes les plus évolués (Marks and Markl, 2017). Cette interprétation semble cohérente avec la géochimie des majeurs qui montre que les roches du SRBIC les plus jeunes (datées à ≈7.9 Ma) sont des Qz-monzonites à 68% de SiO_2 (échantillons 13TK106 et 13TK108). Aussi et surtout, la présence exclusive de fayalite relativement bien conservée dans les roches plus anciennes de cette série CaNaS-NaS, supporte cette hypothèse. La lignée magmatique CaNaS-NaS qui montrent l'évolution classique miaskitique vers agpaïtique peut donc s'expliquer par un processus simple de différenciation magmatique au sein d'un réservoir clos et dans des conditions de faible fO_2.

Bien que les deux lignées felsiques CaS et CaNa-NaS soient différentes, elles évoluent toutes les deux à partir d'un magma parent similaire et relativement riche en Ca et Fe^{2+}. Toutefois, contrairement à ceux de la série CaNaS-NaS, les clinopyroxènes et les amphiboles des roches du groupe CaS demeurent calciques tout le long du processus de différenciation de cette lignée alors que les amphiboles ne sont remplacées et transformées en actinolites au cours des stades tardifs de l'histoire de ces roches. Ceci suppose donc que pour un échantillon donné, le rapport Ca/Na et Fe^{2+}/Fe^{3+} des ferromagnésiens augmente au cours du temps. Cette observation pourrait traduire l'évolution du liquide syénitique dans des conditions relativement oxydantes (e.g. Marks and Markl, 2017). Ces dernières pourraient ainsi faciliter l'incorporation du Fe^{3+} dans les phases minérales qui cristallisent et enrichir de façon relative le liquide interstitiel différencié en Fe^{2+} et donc permettre la cristallisation tardive des actinolites.

Les différences d'évolution des deux lignées magmatiques pourraient donc être liées à une évolution différente des conditions d'oxydo-réduction entre le réservoir syénitique et le niveau de mise en place des intrusions. Cette hypothèse est en accord avec plusieurs études qui ont montré que les roches à tendance miaskitiques sont souvent formées dans des conditions plus oxydantes que les roches à tendance agpaïtiques (e.g. Markl et al., 2010). D'autre part, la cristallisation de calcite interstitielle associée aux derniers stades (actinolites) des roches CaS dénote la présence de phases fluides relativement riche en CO_2. Cette observation est également en accord avec plusieurs études qui ont montré qu'en conditions oxydantes les phases fluides associées aux liquides magmatiques alcalins sont plutôt à dominante H_2O+CO2 (e.g. Marks et al., 2003). L'absence de carbonates dans les derniers stades de cristallisation des roches de la lignée CaNaS-NaS semble confirmer une évolution des liquides magmatiques dans des conditions plus réduites pouvant traduire un changement de la nature des fluides dans le temps via la réaction « redox » $CO_2+2H_2O \rightarrow CH4+2O_2$ qui a été mise en évidence dans plusieurs

études (e.g. Schonenberger and Markl, 2008; Marks and Markl, 2017). Un paramètre tel que la fugacité d'oxygène a donc probablement joué un rôle important dans la dichotomie observée entre les 2 séries magmatiques. Ce paramètre est interdépendant des conditions de pression et de température. Il est donc clair que la combinaison de ces trois paramètres intensifs est responsable de l'évolution des produits magmatiques felsiques. Etant donné que les deux lignées partagent au moins un dernier réservoir commun et qu'elles se mettent en place à un niveau structural relativement similaire, la pression n'est pas un paramètre qui a pu varier de manière significative au cours du temps. Au contraire, la température est un paramètre susceptible de varier avec amplitude au cours du temps. Lorsque les premières intrusions de la péninsule Rallier du Baty se mettent en place, elles intrudent les basaltes de plateau qui sont relativement froids. La différence de température entre les intrusions et leur encaissant basaltique est donc relativement élevée. Au cours du temps, les intrusions successives (au moins au niveau de mise en place) ainsi que les recharges magmatiques répétées au niveau du réservoir ont sans doute augmenté les températures du réservoir jusque dans les niveaux d'emplacement. Les liquides syénitiques plus jeunes ont sans doute connu un environnement de cristallisation plus chaud que les premières intrusions. De plus, ces liquides ont évolué et traversé un encaissant non plus seulement formé des basaltes de plateau mais également constitué des intrusions syénitiques qui les ont précédées. Les intrusions successives ont donc formé progressivement un nouvel environnement de cristallisation et d'intrusion. Je propose donc que le passage d'un environnement basaltique froid à un environnement plus chaud et avec une forte proportion de syénites plus anciennes, ait eu un impact progressif sur la fugacité d'oxygène et la température qui contrôlent l'évolution des deux séries magmatiques du SRBIC.

7.4 La construction du SRBIC

7.4.1 Comparaison avec les études antérieures

Les premières observations structurales sur la péninsule de Rallier du Baty ont été faites par Jacques Nougier. De nombreuses descriptions de grande valeur ont été consignées dans sa thèse d'état en 1969. Cependant, sa thèse contient une étude géologique complète de l'archipel, dont Rallier du Baty ne représente qu'une partie parmi d'autres. Ce travail remarquable pour l'époque, a posé les bases des deux campagnes d'André Marot et Serge Zimine centrées sur l'étude des complexes de Rallier du Baty. Leur thèse commune présente donc la première étude structurale (entre autre) centrée sur la péninsule qui est aussi la plus complète. Un certain nombre de leurs observations ont pu donc être vérifiées ici et confirmées 40 ans plus tard.

Ces auteurs et les suivants, ont tous observé que le pendage des basaltes de plateaux augmente à l'approche du complexe plutonique. L'érosion a laissé des basaltes de plateaux sur quelques sommets marginaux. Sur ces sommets, le contact intrusif du SRBIC est concordant et ne recoupe pas les coulées basaltiques. Par conséquent, passé un certain point d'inflexion, le pendage des basaltes s'horizontalise vers les parties topographiquement hautes de la zone et épouse la géométrie de l'intrusion plutonique. Pour reprendre les termes utilisés dans les études précédentes, les basaltes à l'échelle de la péninsule sont bien « bombés » et envelopperaient aujourd'hui les roches plutoniques sans les effets de l'érosion.

Egalement observé auparavant, le SRBIC est formée par l'injection successive de magma syénitique de la bordure vers le centre de la péninsule. Les roches les plus vielles forment la bordure externe et le contact avec les basaltes de plateaux tandis que les roches les plus jeunes forment le nord ouest du massif des Deux Frères. Ces différentes injections reportées en 2D sur une carte forment bien des anneaux concentriques (des plus vieux en bordures aux plus jeunes au centre-nord de la péninsule).

Quelques écrans de basaltes pouvant atteindre une centaine de mètres ont été observés à plusieurs endroit sur le complexe et souvent au contact entre deux injections syénitiques. Les plus grands de ces écrans basaltiques marquent une zone particulièrement déformée (zones de cisaillement, cataclases, brèches…), laquelle forme également un arc de cercle cartographiquement.

Toutes ces observations majeures faites par Nougier (1969) et Marot et Zimine (1976) que nous avons confirmées sur le terrain, leur ont permis de proposer que le complexe annulaire du SRBIC se soit mis en place selon un modèle de subsidence en chaudron.

7.4.2 Précédent modèle de construction : subsidence en chaudron

Les bases de ce modèle sont posées par Clough et al. (1909) dont les travaux sur le volcanisme établissent un modèle d'effondrement de caldera par subsidence de blocs. Ce modèle a été étendu par la suite aux intrusions plutoniques (Richey, 1928). En 1936, Anderson a proposé un modèle théorique qui permet de justifier les observations de terrains. Ce modèle hypovolcanique prévoit le bombement initial d'un substratum rigide par surpression dans une chambre magmatique sous-jacente. Cette surpression provoque la création de failles radiaires (et plus rarement concentriques = cone-sheets) à fort pendage vers un épicentre situé a l'aplomb de la chambre magmatique. Les failles permettent l'éjection de magma tout en faisant redescendre la pression dans la chambre. Cette chute de pression permet d'individualiser un bloc de la structure, initialement bombée, grâce à la formation de failles annulaires. Ces failles en coupole sont à pendage centripète. Le bloc ainsi découplé de la structure va descendre plus ou moins progressivement dans la chambre magmatique permettant à l'espace laissé libre de se remplir par des injections magmatiques nommées filons annulaires. Suite à une nouvelle hausse de pression (associé à l'augmentation de volume dû à la différenciation dans la chambre magmatique), ce cycle va se répéter plusieurs fois pour permettre la mise en place successives de sills injectés dans les failles annulaires. Ces différentes étapes mécaniques peuvent s'opérer de façon plus ou moins continue dans le temps, ce qui les rendrait parfois difficiles à voir.

7.4.3 Arguments en défaveur du modèle de subsidence en chaudron

Au-delà des questions théoriques et mécaniques que pose ce modèle sur l'initiation du bombement ou la taille du bloc descendant, quelques observations nécessaires à l'application de ce modèle sur le SRBIC sont manquantes à notre étude de terrain.

Le modèle de subsidence en chaudron suppose de distinguer un toit et des murs pour les différentes intrusions. D'après Marot et Zimine le contact intrusif est plutôt discordant à la base des massifs, dans les bas niveaux topographiques, et plutôt concordants dans les parties hautes. Le toit et le mur de la première intrusion représentant respectivement les contacts intrusifs concordant et discordant avec les basaltes. Toutefois, nos observations montrent clairement que la géométrie du contact intrusif est soit : (i) fortement pentée et discordante, soit (ii) faiblement pentée et concordante avec les basaltes; et ce à différentes échelles d'observation. Il existe en effet des parties basses aux contacts intrusifs concordants tels que sur le flanc ouest de la Plage Jaune (SRBIC et complexe satellite); mais également des parties topographiquement hautes aux contacts discordants avec les basaltes tels que sur le massif de L. Lutaud dans les vallées de l'Armor et de Longue Attente. Cette géométrie du contact intrusif implique que la distinction entre mur et toit à l'échelle du complexe perd quelque peu de son sens. Il est clair que cette géométrie des basaltes suppose qu'à grande échelle le contact intrusif soit globalement concordant avec les basaltes.

La subsidence de blocs basaltiques est également proposée pour expliquer les intrusions satellites du SRBIC. Or, comme le montre la Figure 2.10, il n'existe pas de traces d'un tel mécanisme sous l'intrusion de l'anse Syénite par exemple. Si une phase de fracturation synchrone de l'intrusion a pu faciliter son passage dans ces derniers la géométrie du contact telle qu'elle s'observe partout sur le SRBIC impliquerait des failles de dislocation « en marche d'escalier » peu compatible avec le modèle de subsidence. Je me permets de remettre en avant les écrits de J.Nougier qui avait déjà décrit et interprété la relation du SRBIC avec les basaltes encaissants en ces termes :

« […] L'ensemble de ces faits montre l'antériorité du basalte par rapport aux roches grenues. Il faut donc considérer ces roches comme un batholite qui lors de sa montée, a traversé les basaltes préexistants, les a basculés sur son pourtour, expliquant ainsi le fort pendage sud-est des basaltes de la région de la baie de la Mouche. Le batholite grenu, véritable volcano-pluton, a même conservé lors de sa mise en place, des capuchons basaltiques qui couronnent actuellement plusieurs sommets de la périphérie et de l'intérieur de la péninsule. […] » (Nougier, 1963)

Afin de palier au problème d'épaississement sur l'élongation que suppose le modèle d'intrusion en filon annulaire, les auteurs ont supposé que l'épaisseur des flancs des intrusions était bien plus fine que leur épaisseur verticale. Selon leur interprétation, l'épaisseur des parties formant ce qu'ils ont considéré comme les murs est donc plus fine que l'épaisseur des parties formant les toits. Aucun indice de terrain ne nous a permis de confirmer cette hypothèse, que ce soit la distinction entre des toits et des murs ou bien des différences d'épaisseur entre ces différentes parties. De plus, tel que ce modèle avait été envisagé, il nécessite d'impliquer au moins un découplage de la partie inférieure des intrusions pouvant subsider avec le bloc basaltique ou la subsidence de blocs entiers de syénites pour permettre l'intrusion des nouvelles syénites au même niveau topographique que les précédentes. Si un tel mécanisme avait existé, cela aurait dû laisser des traces de discordances fortes avec la structure générale du pluton, lesquelles n'ont pas été observées.

D'autre part, le manque de bordures figées, noté par Marot et Zimine suppose (entre autres) une température proche dans chaque intrusion, ce qu'il est difficile de concevoir dans un modèle ou le moteur du processus intrusif est la fracturation dans les intrusions précédentes ou à l'interface du bloc en subsidence-intrusions. En outre, la complexité des textures et des injections à l'échelle de quelques mètres sur le terrain est difficilement compatible avec ce modèle qui implique des injections de grands volumes et donc relativement homogènes.

Dans le modèle de subsidence, il se peut que les éventuelles fractures annulaires ne puissent pu être visibles aujourd'hui car masquées par les intrusions qui les ont empruntées. Cependant, aucune fracturation conique à pendage interne n'a pu être observée. Il existe en effet des filons tardifs basiques (interprétés comme des cone-sheets par Marot et Zimine) et trachytiques recoupant les syénites mais leurs orientations ne coïncident pas avec une fracturation conique à l'échelle du complexe (Figure 2.32). Certains de ces filons se propagent dans les massifs basaltiques externes mais ne forment en aucun cas des injections d'une fracturation radiaire. Cette observation est également en accord avec l'étude des orientations de failles et filons de Mathieu et al. (2011). Au-delà de ces filons majoritairement tardifs, toutes les autres entités constituantes de ce complexe sont co-structurées avec le litage magmatique général centripète dont le pendage diminue vers le centre de l'intrusion.

7.4.4 Arguments en faveur d'un modèle de construction alternatif : laccolithe

La comparaison de nos observations de terrains avec celles de Marot et Zimine sont bien cohérentes dans les grandes lignes. Cependant, il est clair que leurs données de terrain, pourtant précises, ont été interprétées et probablement adaptées à des modèles de mise en place actifs (diapirs) ou passifs (subsidence en chaudron) largement utilisés pour justifier de la circularité apparente des intrusions en domaine continental. (Jacobson et al., 1958; Bonin and Lameyre, 1978; Black et al., 1985; Vail, 1985; Bowden et al., 1987; Bonin et al., 1998).

Il est clair que le changement de pendage des basaltes à l'approche du SRBIC est une conséquence directe de l'intrusion plutonique. De fait, l'espace nécessaire à la mise en place de l'intrusion est directement accommodé par le soulèvement des basaltes de plateau. Là encore je remets en avant un autre exemple des écrits de J.Nougier qui figure dans sa thèse associés à ses coupes de terrain :

« […] Un examen tectonique est particulièrement significatif des conditions de mise en place du pluton. Partout où nous avons pu les étudier (Est, Sud, Ouest) les pendages divergent de la région centrale du massif et s'orientent normalement à la cote (voir carte). L'intensité du pendage qui est généralement très faible (0 à 10° environ) atteint des valeurs beaucoup plus considérables (40 à 60°) sur la cote Sud. On conçoit que dans ces conditions les strates basaltiques aient été soulevées lors de la poussée verticale provoquée par la mise en place du pluton. […] » (Nougier, 1969, p. 61)

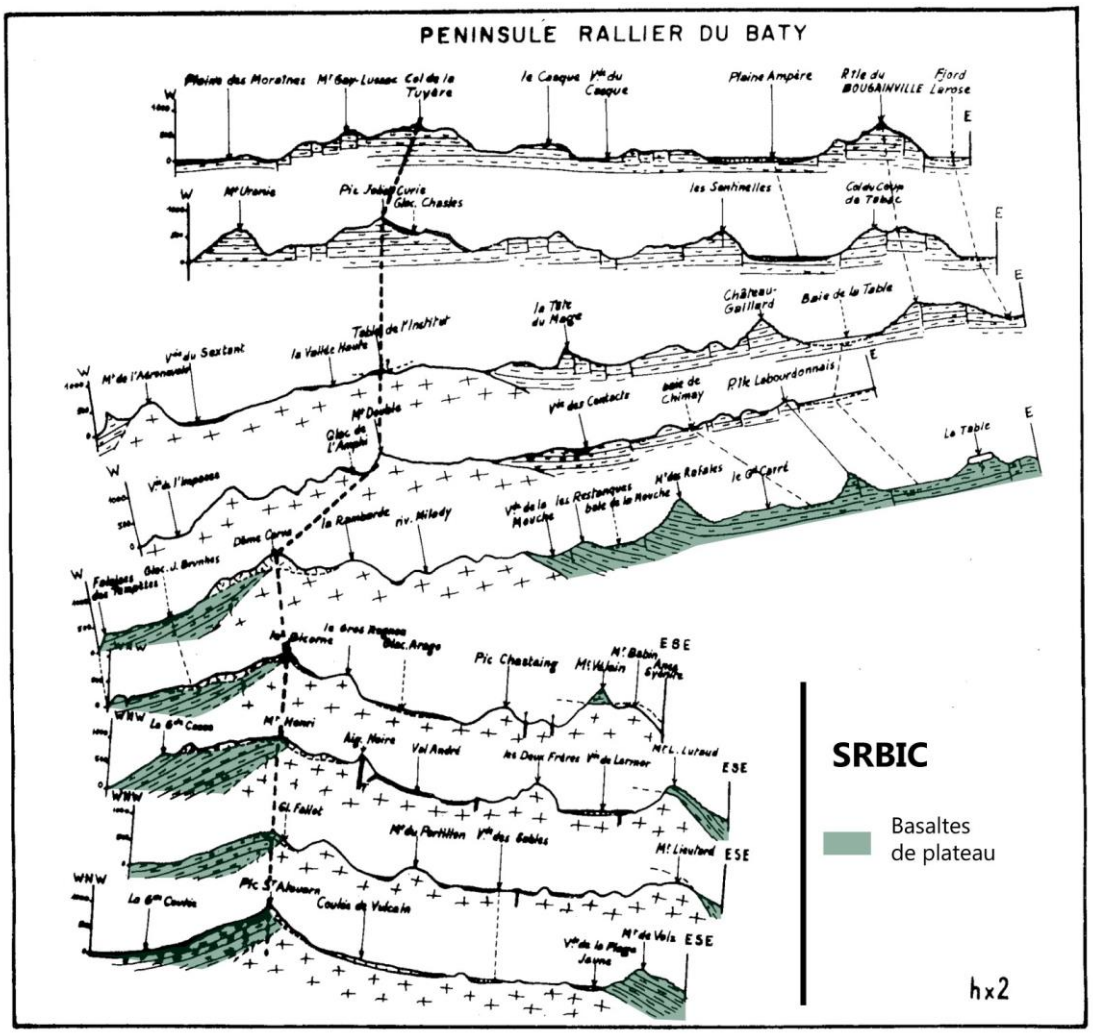


Figure 7.5: Coupes W-E extraites de la thèse de J.Nougier (1969) qui montrent la concordance à grande échelle entre le SRBIC et les basaltes de plateau soulevés par ce dernier.

Ce soulèvement est estimé à 3 kilomètres (Marot and Zimine, 1976). La géométrie en dôme de ces basaltes de plateau est également en accord avec les profils sismiques réalisés sur l'archipel dont les auteurs avaient conclu :

« *In the Kerguelen Isles, at the western end of profile P2-87, velocities of 6.2-6.3 km s-', higher than those observed in lava flows at shallow depth (Fig. 6a), denote the seaward extension of the Rallier du Baty plutonic complex.* » (Charvis et al., 1995).

Cette géométrie implique donc que le SRBIC est concordant à grande échelle. Les géométries de contacts intrusifs discordantes et fortement pentées sont dues à des irrégularités impliquant un mécanisme de « stopping » peu développé comme le suggère l'occurrence d'enclaves basaltiques sous ses contacts irréguliers. Il peut également s'agir par endroits de remplissage de failles en extension due à la composante extensive de déformation dans les basaltes induite par le remplissage magmatique. Dans la Figure 7.6 illustrant ces mécanismes, la longueur initiale des basaltes BC = AB est devenue plus grande (BC > AB) après l'injection de syénite impliquant l'ouverture et le remplissage de failles en extension.

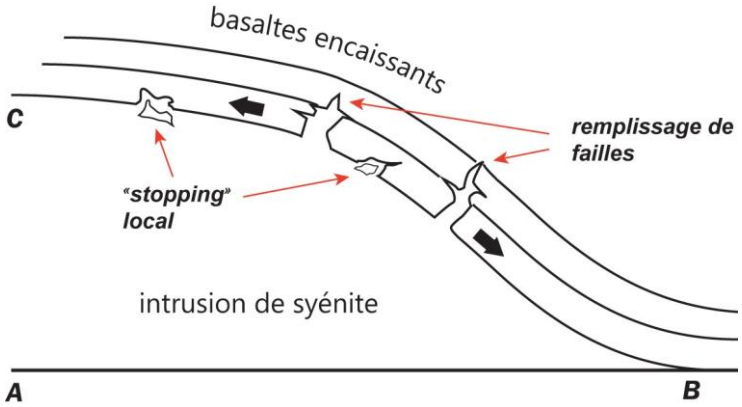


Figure 7.6 : Représentation schématique des mécanismes responsables des géométries discordantes au contact SRBIC-basaltes de plateau (opérants à plusieurs échelles).

Nos observations de terrain ont montré que le SRBIC est composé de trois unités structurales majeures constituées par une superposition de sills ou lentilles dont le nombre et la variabilité de taille ne peut être retranscrite cartographiquement avec exactitude. Les cartes de terrains présentées dans cette thèse, ainsi que les cartes géologiques (issue de cette thèse et celle de Marot et Zimine) ne peuvent retranscrire cette complexité. Formé d'une multitude d'injections successives, la structure du SRBIC traduit une construction de l'intrusion par succession de pulses magmatiques. Les contacts entres les différentes intrusions sont francs et ne montrent aucune bordure figée. Ce sont donc des contacts magmatiques impliquant (entre autre) un faible contraste de température entre les intrusions successives. Toutes ces différentes intrusions forment un litage magmatique à pendage centripète dont l'orientation est parallèle au contact intrusif dans les basaltes de plateau.

Les contacts internes entre les différentes injections confirment la structure en dôme à grande échelle du complexe. Comme les roches du SRBIC ne montrent que peu d'orientation préférentielle de forme des minéraux a l'échelle macroscopique, l'étude des fabriques minérales a été conduite indirectement. L'anisotropie de susceptibilité magnétique a permis de mettre en évidence la fabrique magnétique des roches du SRBIC. Les foliations magnétiques sont parallèles aux contacts externes et internes du SRBIC et confirment la structure en dôme. Les linéations magnétiques sont N-S dans les intrusions les plus jeunes au centre –nord du complexe lesquelles évoluent graduellement vers des linéations parallèles au contact SRBIC-basaltes de plateau dans les intrusions les plus anciennes. Ces dernières montrent le contrôle qu'exerce ce contact sur la mise en place/ l'injection des magmas. Ce type de fabrique est similaire à celui de nombreux exemples continentaux (e.g. St Blanquat et al., 2001, 2006). Les linéations N-S observées

dans les syénites les plus jeunes peuvent être interprétées comme représentatives de la direction d'injection du magma lors de sa mise en place.

Les marqueurs de déformation observés sur le SRBIC correspondent essentiellement à plusieurs générations de zones de cisaillement. Ces zones de cisaillement organisées en réseau recoupent et décalent de quelques millimètres à quelques mètres les structures préexistantes. Les relations de terrains ainsi que des évidences macro et microscopiques de déformation à la transition ductile-fragile montrent qu'elles sont syn-plutonisme. Elles se retrouvent de façon hétérogène dans les unités les plus anciennes mais se concentrent surtout à la base de l'unité structurale la plus ancienne. Cette zone définit donc un anneau concordant avec la géométrie des intrusions successives du complexe. La présence de quelques brèches syn-magmatiques à plusieurs endroits atteste de l'intensité de la déformation dans cette zone. Les zones de cisaillement du SRBIC sont tout à fait comparables à celles qui déforment les bordures du pluton d'Eastern Mourne (Stevenson et al., 2007). En accord avec les interprétations de ce dernier, ces déformations marquent le caractère plus ancien de l'unité intrusive externe qui est au contact des basaltes de plateau. Les orientations de ce réseau de déformations traduisent un raccourcissement perpendiculaire aux différents contacts externes et internes (Figure 7.7).

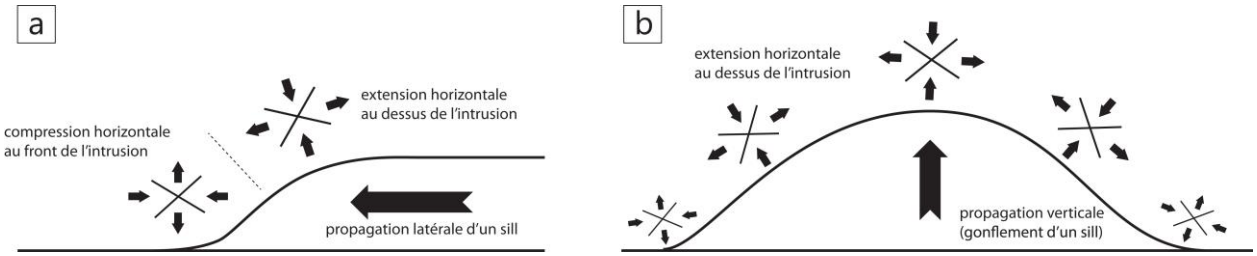


Figure 7.7: Représentation schématique des contraintes subies par l'encaissant lors de la propagation d'un sill.

Ces zones de cisaillement enregistrent l'amincissement d'une injection due à l'injection suivante. La concentration de la déformation à la base de l'unité indique que cette unité était dans un état de cristallisation suffisamment avancée pour enregistrer cette déformation. Cependant des évidences de déformations ductile montrent que la roche n'était pas complètement froide lors de sa déformation (Gapais, 1989; Vigneresse et al., 1996).

La géométrie concordante en dôme ainsi que la construction à partir de pulses/injections magmatiques successives du SRBIC est en accord avec les études conduites depuis une vingtaine d'années sur la formation des plutons en domaine continental. En effet, il est maintenant établi que les plutons sont généralement tabulaires horizontalement ou verticalement (Cruden, 1998; Vigneresse et al., 1999; Mahan et al., 2003; Michel et al., 2008), formés par de nombreux pulses magmatiques (e.g. Coleman et al., 2004; Glazner et al., 2004; Horsman et al., 2009) et que le problème d'espace lié à l'apport intrusif est essentiellement compensé par le déplacement de l'encaissant (e.g. Tikoff et al., 1999; Acocella, 2000; Menand et al., 2015). Ainsi, des modèles de mise en place tels que la montée massive de magma par diapirisme et la subsidence en chaudron sont de plus en plus remis en questions (e.g. Petford et al., 2000; Stevenson et al., 2007; Horsman et al., 2009). De part ces avancées dans la compréhension des mécanismes de formation des plutons et d'après les évidences de terrain décrites plus haut, il est clair que le SRBIC est un complexe plutonique laccolithique dont la construction a soulevé les basaltes de plateau. C'est également dans ce sens que plusieurs massifs continentaux considérés comme des complexes annulaires ont été réinterprétés (e.g. Stevenson et al., 2007; Magee et al., 2012).

Les données sur lesquelles repose ce modèle proposé pour le complexe sud de RdB sont sujettes à un certain biais dû à la sur-représentation de l'étude d'une partie de la péninsule (Figure 7.8). Cependant, la

comparaison entre les mesures de terrain et les mesures attendues pour un laccolithe en fonction de cette répartition montre la compatibilité des données de terrain avec ce modèle.

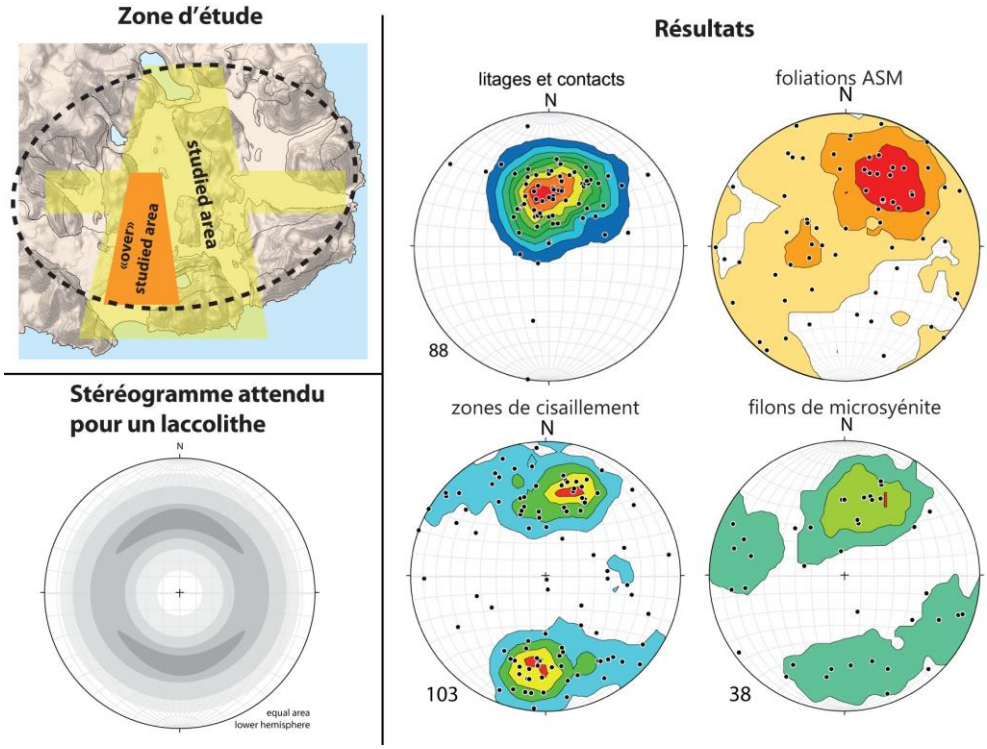


Figure 7.8: Impact de la sur-représentation des données dans une aire spécifique de la zone d'étude et compatibilité avec le modèle de construction du SRBIC.

7.4.5 Questions en suspens

- *Forme du laccolithe*

Le caractère elliptique de ce laccolithe est indéniable aux vues de la géométrie de l'intrusion bien visible cartographiquement. Toutefois, les épanchements trachytiques plus récents et la couverture glaciaire (prolongement la calotte Cook) ne permettent pas d'observer le contact intrusif avec les basaltes de plateaux au NW du complexe. C'est pourquoi, il est possible que ce laccolithe puisse être asymétrique selon un axe N-S. Seul l'avenir pourra permettre de confirmer cette hypothèse en appliquant des méthodes géophysiques ou en s'armant de patience au vue de l'état actuel du réchauffement climatique et de l'assèchement de l'air (Favier et al., 2016). Qu'il soit asymétrique ou pas, le laccolithe est la géométrie plus simple pour décrire la forme de cette intrusion. De la même manière, le soulèvement des basaltes est le processus mécaniquement le plus simple qui explique la construction de ces intrusions. Une autre possibilité serait que le SRBIC puisse s'interpréter comme un bysmalithe, lequel aurait permis, en plus d'un bombement des basaltes, le soulèvement vertical d'une grande partie par « effet piston » , accommodé par des failles de grande ampleur. Si ce modèle est connu en domaine continental (e.g. St Blanquat et al., 2006), l'absence de ces grandes failles sur RdB ne permet pas de valider ce modèle.

- *Volume – flux magmatique*

Etant donné le manque d'informations sur la structure profonde du SRBIC, l'estimation des volumes magmatiques intrusifs reste à ce jour approximative. Toutefois, les données cartographiques et structurales permettent d'estimer le volume du SRBIC de l'ordre de 550 ± 150 Km^3. En considérant une durée de mise en place de 3.7 Ma mise en évidence par les données géochronologiques, le flux

magmatique moyen est donc de l'ordre de 1.5 x 10^{-4} Km^3/an (± 5.10^{-5} Km^3). Ce dernier est tout à fait comparable aux flux moyen observés dans la croûte continentale (voir St Blanquat et al., 2011).

- *Structure interne –fabrique - feeder*

La fabrique magnétique du SRBIC peut s'interpréter comme l'expression de la direction d'injection des intrusions magmatiques du nord vers le sud. Cette dernière pourrait donc indiquer un conduit d'alimentation situé au nord de la péninsule. La géométrie de ce conduit d'alimentation ne peut être définie avec certitude à l'heure actuelle. De plus, le rajeunissement des âges des intrusions successives du sud vers le nord pourrait traduire une migration de cette zone d'alimentation vers le nord au cours du temps. Cette hypothèse semble en accord avec la chronologie des différents complexes identifiés au nord de la péninsule de RdB. Toutefois, même si cette migration est sans doute en lien avec la migration du plateau de Kerguelen vers le sud par rapport à la SEIR et la SWIR, les vitesses d'expansion des fonds océaniques (Royer and Schlich, 1988; Cande et al., 2010) supposent qu'en 4 Ma un point immobile en profondeur aurait parcouru entre 100 et 260 Km sur la plaque. Une migration aussi rapide est incompatible avec la migration de la zone d'alimentation des intrusions estimable à 2.5Km/Ma au maximum (entre l'anse du Gros Ventre ≈14Ma et Castor et Pollux ≈4.9Ma). La migration des intrusions vers le nord n'est donc pas uniquement contrôlée par le mouvement relatif du plateau de Kerguelen par rapport aux dorsales. De façon plus générale, la tectonique régionale extensive liée aux dorsales ne semble pas avoir eu d'impact sur les structures plutonique de mise en place de la péninsule comme le montrent les orientations des marqueurs de déformations.

- *Textures et thermicité*

Les textures magmatiques se développent dans les niveaux superficiels de cristallisation des roches intrusives contrairement aux caractéristiques chimiques qu'elles acquièrent au travers des niveaux plus profonds de la croûte (e.g. Annen et al., 2006; Jagoutz, 2010). Elles dépendent donc des paramètres thermodynamiques qui sont propres à la dynamique d'injection du magma tel que son volume, sa température, sa vitesse d'emplacement, son pourcentage de charge solide et sa composition (notamment en éléments volatiles). Elles dépendent également des contrastes entre ces paramètres du magma et ceux de l'encaissant. A grande échelle, les différent faciès texturaux du SRBIC montrent une certaine évolution au cours du temps. Les syénites porphyriques ne se retrouvent qu'au sein de l'unité 1 recoupant l'alternance monzodiorites-syénites ainsi qu'au contact entre cette dernière et l'unité 2. Certaines passées porphyriques ont également pu être observées ça et là au contact intrusif du SRBIC, lequel est également formé de syénite grenues et injections aphyriques. Au cours du temps et de la construction du complexe le volume de syénite microgrenue injectée diminue. Ce facies est peu abondant dans l'unité 3 structurale la plus récente. C'est pourquoi sur le SRBIC, le fait que les textures soient progressivement dominées par les facies grenus au cours du temps indique une certaine stabilisation des dynamiques d'injection et de mise en place dans l'encaissant. Cette hypothèse est en accord avec les interprétations géochimiques qui montrent que l'environnement d'évolution des liquides syénitiques, les plus anciens, est ouvert avec des recharges magmatiques répétées, tandis que l'environnement d'évolution des liquides syénites les plus jeunes est plus stable, probablement déjà syénitique, avec une évolution classique en système fermé. De plus, il est probable que la température des niveaux de mise en place ait augmenté par l'accumulation des précédentes injections, ce qui pourrait avoir favorisé le développement des faciès grenus. Ainsi, même si la texture se forme lors de la mise en place et la cristallisation, elle contient également des informations sur l'évolution progressive de la dynamique magmatique.

A l'échelle de l'affleurement les variations de textures aux contacts entre les différents sills renseignent sur les contrastes thermiques encaissant – injections. Tous les contacts observés sur le terrain ne montrent pas de bordures figées. Cette particularité s'observe également à l'échelle microscopique ou les rares bordures figées observées sont de tailles millimétriques. Cette observation suggère donc que de faibles contrastes thermodynamiques entre les intrusions successives. Elle suppose notamment que le contraste de température entre les deux intrusions est faible. Par conséquent, la première intrusion ne peut être entièrement refroidie lorsque la suivante se met en place. De telles observations pourraient même traduire une recristallisation ou une homogénéisation des textures aux contacts impliquant une recristallisation ou une nouvelle phase de nucléation dans la première intrusion. Cette hypothèse suppose donc la mise en jeu d'une faible portion de liquide magmatique contenue dans la première intrusion. Cette faible fraction de liquide ne peut exister que si la température de la première intrusion se trouve au dessus du solidus. Deux hypothèses peuvent donc être avancées pour expliquer cette fraction de liquide magmatique résiduelle : soit la température de la première intrusion n'est jamais descendue en dessous du solidus lorsque la seconde se met en place, soit la mise en place de la seconde permet d'augmenter la température de la précédente pour permettre de franchir à nouveau le solidus.

L'observation des textures pose donc plusieurs questions dont les réponses relèvent de l'état thermique du SRBIC. Les premiers travaux de modélisation thermiques des intrusions plutoniques (e.g. Harrison and Clarke, 1979) ont montré que le refroidissement d'une intrusion magmatique dans les niveaux supérieurs froid de la croûte est très rapide : de l'ordre de la centaine de milliers d'années. Les travaux plus récents ont montré que la température du solidus est atteinte d'autant plus vite (<10000 ans) si cette intrusion a la forme d'un sill ou un dyke (e.g. Annen et al., 2008). Evidement, ces considérations dépendent de la taille de l'intrusion, de sa vitesse d'emplacement, de sa composition et de l'état thermique initial de l'encaissant. Toutefois, quelle que soit la forme du pluton, le temps de refroidissement est souvent inférieur au temps de construction total mesuré par différentes méthodes, supportant de fait les modèles de mises en place par succession de pulses magmatiques.

Les observations de contacts magmatiques entre les différentes intrusions à l'intérieur de chaque grande unité structurale du SRBIC supposent donc que, pour la plupart, le temps qui sépare la mise en place d'une intrusion à une autre est inférieur au temps qu'il faut pour refroidir entièrement la première intrusion. Cette hypothèse impliquerait une construction de chaque unité en quelques milliers, dizaine de milliers voire centaine de milliers d'années. Or, les âges U-Pb obtenus sur zircons montrent, au moins pour la première et la seconde unité, des temps de construction qui dépassent le million d'années. Ce résultat devrait conduire à l'observation d'au moins une forte discontinuité temporelle et structurale à l'intérieur de ces unités. Bien que nous ayons observé différents contacts magmatiques, aucune forte discontinuité structurale, telle qu'elle existe entre l'unité 2 et 3 par exemple, n'a pu être identifiée à l'intérieur de ces unités. Cette caractéristique pourrait donc signifier que les âges U-Pb obtenus pour chaque échantillon ne représentent pas seulement les âges minimum d'emplacement. Cependant ces âges obtenus sont tout à fait similaires aux âges précédemment obtenus par K-Ar (Dosso et al., 1979) dont la température de fermeture est inférieure à celle du zircon. La cohérence entre ces deux systèmes est notamment vérifiée dans les parties externes du complexe à la vue de l'âge identique entre le métamorphisme des basaltes au contact intrusif et les syénites directement sous ce contact. De plus, les datations U-Pb sont indirectement vérifiées par la modélisation isotopique qui implique un intervalle de temps de plusieurs Ma entre les premières manifestations plutoniques et les plus récentes. Les âges U-Pb des différents échantillons semblent donc représenter l'âge minimum d'emplacement des différentes

intrusions, ce qui devrait permettre des cycles de refroidissement suffisant pour donner lieu à des fortes discontinuités texturales et structurales.

Pourtant, au delà des contacts magmatiques sans bordures figées, l'organisation des fabriques magnétiques au cours de temps, les déformations localisées en zones de cisaillement à la limite fragile-ductile ainsi que les injections sinueuses trachy-basaltiques tardives supposent que l'environnement de mise en place du SRBIC est un environnement où des températures élevées proches du solidus (estimé autour de 700°C) ont été maintenues ou ont oscillé pendant des temps relativement longs. Il y a donc une incompréhension « temps vs. textures » qui reste en suspens.

Afin de maintenir des températures élevées au sein d'intrusions plutoniques, les travaux récents de modélisation thermique (Annen et al., 2015 et références inclues) supposent que les taux d'accrétion et de flux magmatique doivent être suffisamment élevés. Couplé à des temps de longévité assez long, ces caractéristiques laissent penser que le SRBIC serait formé d'innombrables intrusions accrétées progressivement et dont les contacts sont aujourd'hui masqués sur le terrain. Chaque grande unité structurale étant formée de nombreuses intrusions d'échelle métrique/décamétrique, lesquelles pourraient être également formées de plusieurs injections relativement continues dans le temps et presque invisible à l'affleurement. Les différentes grandes unités structurales représentant des phases ou épisodes magmatiques relativement continus séparés par des discontinuités (au moins) temporelles plus ou moins grandes. Cette hypothèse va dans le sens des résultats obtenus sur d'autres complexes plutoniques tel que le Torres del Paine (Chili) expliquant les contacts francs entre les grandes unités structurales (Baumgartner et al., 2007) et le peu de contacts visibles à l'affleurement entre les intrusions successives qui composent ces unités (Leuthold et al., 2012). Cette hypothèse d'intrusions de petite échelle relativement continues et indiscernables sur le terrain est tout à fait envisageable dans le cas de SRBIC. Ainsi, en fonction de la dynamique d'injection (taille des intrusions, différentiel de température, vitesses, charge solide etc…) la température élevée du système pourrait permettre la rééquilibration texturale des intrusions déjà mises en place, voire permettre à une faible portion de liquide magmatique d'être maintenue à chaque instant *t* au sein de l'intrusion fraichement mise en place. Les intrusions suivantes s'injecteraient donc dans ou au contact d'un « mush » syénitique capable de masquer ce contact par rééquilibration texturale ou nouvelle phase de cristallisation expliquant ainsi l'absence de bordures figées entre les différentes intrusions (Wiebe, 2004; Miller et al., 2011; Leuthold et al., 2014).

Même si cette hypothèse est séduisante, le maintien de températures élevées proche du solidus est difficile à concevoir et correspond certainement plus à des oscillations cycliques autour de cette valeur (e.g. Johnson and Glazner, 2010; Mills and Glazner, 2013). Elle reste également et surtout difficile à concevoir en termes de temps. Bien que 32 échantillons aient pu être datés pendant cette thèse, il est clair que la maille d'échantillonnage est trop grande pour permettre de contraindre avec assez de précisions des injections multiples à l'échelle métrique ou inférieure. De plus, les erreurs analytiques sur la mesure des âges par ablation laser obtenus sont de l'ordre de la centaine de milliers d'années. Cette technique n'est pas la plus adaptée pour quantifier des processus de refroidissement du même ordre de grandeur et inférieur. A l'échelle de l'échantillon, le traitement des données géochronologiques montre que tous les zircons n'ont pas exactement le même âge (aux erreurs près). En effet, même s'il est cohérent d'estimer l'âge concordant comme l'âge de fermeture du système U-Pb le plus représenté au sein de l'échantillon, tous les zircons ne montrent pas strictement le même âge de fermeture. Certains échantillons présentent ainsi des zircons dont les âges se répartissent sur des intervalles avoisinant le million d'années (mais toujours inférieur). Faisant abstraction des erreurs relatives, ceci implique que la température de fermeture de chaque zircon a été atteinte à des moments différents dans un même

échantillon. La répartition de ces âges au sein d'un seul échantillon pourrait s'expliquer soit (i) par un biais dans les âges obtenus directement lié au traitement analytique mis en œuvre soit (ii) à la présence de zircons « hérités » dont les systèmes U-Pb ont été fermés précocement. La présence de ces zircons hérités peut être envisagée comme le transport de cristaux cristallisés plus profondément. Cette hypothèse semble cohérente avec des circulations et multi-injections dans un mush, lesquelles auraient engendré un certains brassage minéral. Cependant, le magma transportant ces zircons permet également la cristallisation des zircons plus récents dont les plus jeunes cristallisent au minimum au niveau de cristallisation finale de la roche. Cela suppose que la saturation en zircon atteinte à un moment donné aurait dû former des couronnes de croissance récentes sur les premiers zircons transportés. Or, si ces surcroissances existent, je les ai assurément manqués en cathodoluminescence. Ces zircons devraient donc être plutôt assimilés à des « antecryst » similaires à ceux décrits par Charlier et al., 2005, qui ne présentent pas vraiment de cœurs hérités et de bordures. Les rares mesures effectuées sur les cœurs et bordures des zircons du SRBIC montrent néanmoins des périodes espacées de plusieurs centaines de milliers d'années ce qui supporte le maintien ou les oscillations de températures sur des temps relativement longs.

En faisant abstraction de ces problèmes de textures, la répartition des âges des zircons dans un même échantillon ne peut être acquise seulement dans le niveau d'emplacement. Il faudrait donc concevoir différents niveaux de mush contenant des zircons en cours de cristallisation à partir desquels un liquide aurait pu être extrait ou ségrégé pour transporter ces derniers, ou bien le passage d'un liquide au travers ces différents mush. En accord avec la présence de rare zircon clairement hérités, ces hypothèses envisagent donc des niveaux de mush qui se placeraient entre le niveau du dernier réservoir de différenciation des syénites et les niveaux de mise en place.

Il est clair que les données thermiques et géochronologiques dont je dispose ne permettent en aucun cas de valider un tel modèle. Toutefois, elles permettent de l'envisager et mettent surtout en lumière un des axes de recherches futures sur le SRBIC des plus prometteur : la nécessité des observations détaillées à petite échelle.

7.4.6 Modèle de formation du SRBIC à l'échelle de la lithosphère

Tous les résultats obtenus durant ce travail et synthétisés dans ce chapitre permettent de proposer un modèle interprétatif à l'échelle de la lithosphère. Ce dernier est illustré par un schéma évolutif sous forme de coupe verticale synthétique à différents instants de la formation du pluton. Cette évolution est reportée sur la structure de la croûte océanique épaissie du plateau (Figure 7.9), elle-même basée sur les études antérieures de la structure profonde sous l'archipel (Recq et al., 1990; Charvis et al., 1995; Grégoire et al., 1998; Chevet, 2009). Cette structure est composée d'une première épaisseur de croute basaltique (layer 2) qui s'étend jusqu'à environ 9.5 Km. Délimitée par une limite physique mise en évidence par la sismique, elle est distinguée d'une croute de plus forte vitesse de propagation d'onde p pensée comme une croûte gabbroïque (layer 3). Cette dernière s'étend de 9.5 à 18Km de profondeur sous l'archipel. La transition croûte manteau est repérée par une zone de forte vitesse de propagation entre 18 et 20 Km. Cette zone d'approximativement 2 Km correspond à une aire de sous-plaquage et d'intrusions magmatiques. Elle est formée par de nombreux cumulats mafiques et ultramafiques, principalement reliée à l'activité de la dorsale océanique dont les produits montrent des évidences de métamorphisme HP-HT de type granulitique. Il est possible que cette zone puisse également contenir des cumulats alcalins présents à 14 Ma (dont les xénolithes, contrairement aux roches ultramafiques n'ont pas été récupérés en tant que tels sur le terrain jusqu'à présent). Un peu avant et surtout après cette

zone particulière, les vitesses augmentent progressivement jusqu'à atteindre les vitesses de propagation « classiques » d'un manteau de type harzburgitique. Cette particularité suppose donc qu'au-delà de cette zone de cumulats bien marquée la transition croute-manteau sous l'archipel est très diffuse. Il est assez évidement que cette transition est marquée par de nombreux niveaux d'intrusions et de cumulats qui se superposent progressivement jusqu'à former cette zone de forte concentration entre 18 et 20 Km. C'est pourquoi il est assez difficile de délimiter la transition croûte-manteau en profondeur. D'âpres les études antérieures, je la conçois et la dessine comme pouvant s'étendre proche des 30 Km de profondeur.

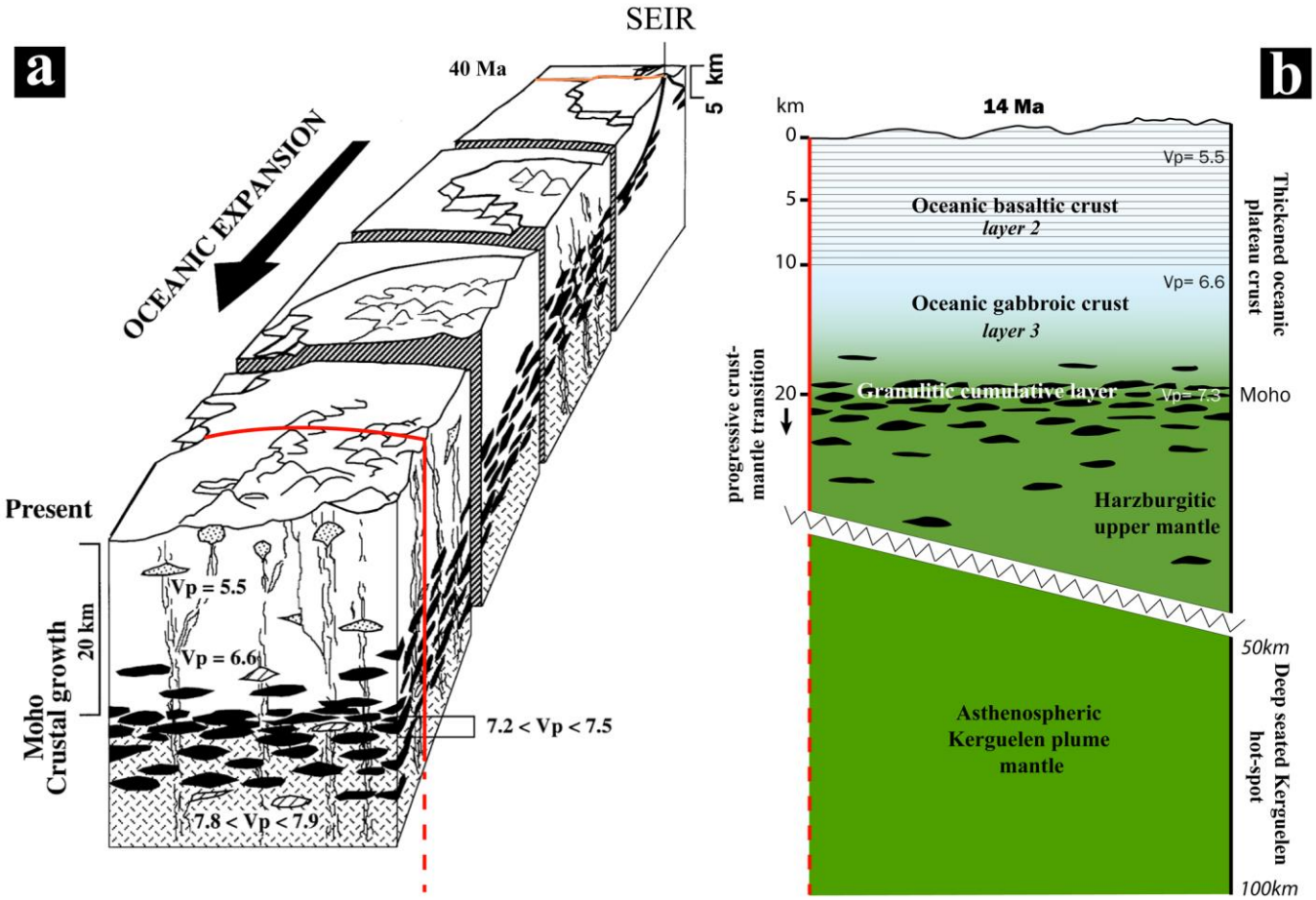
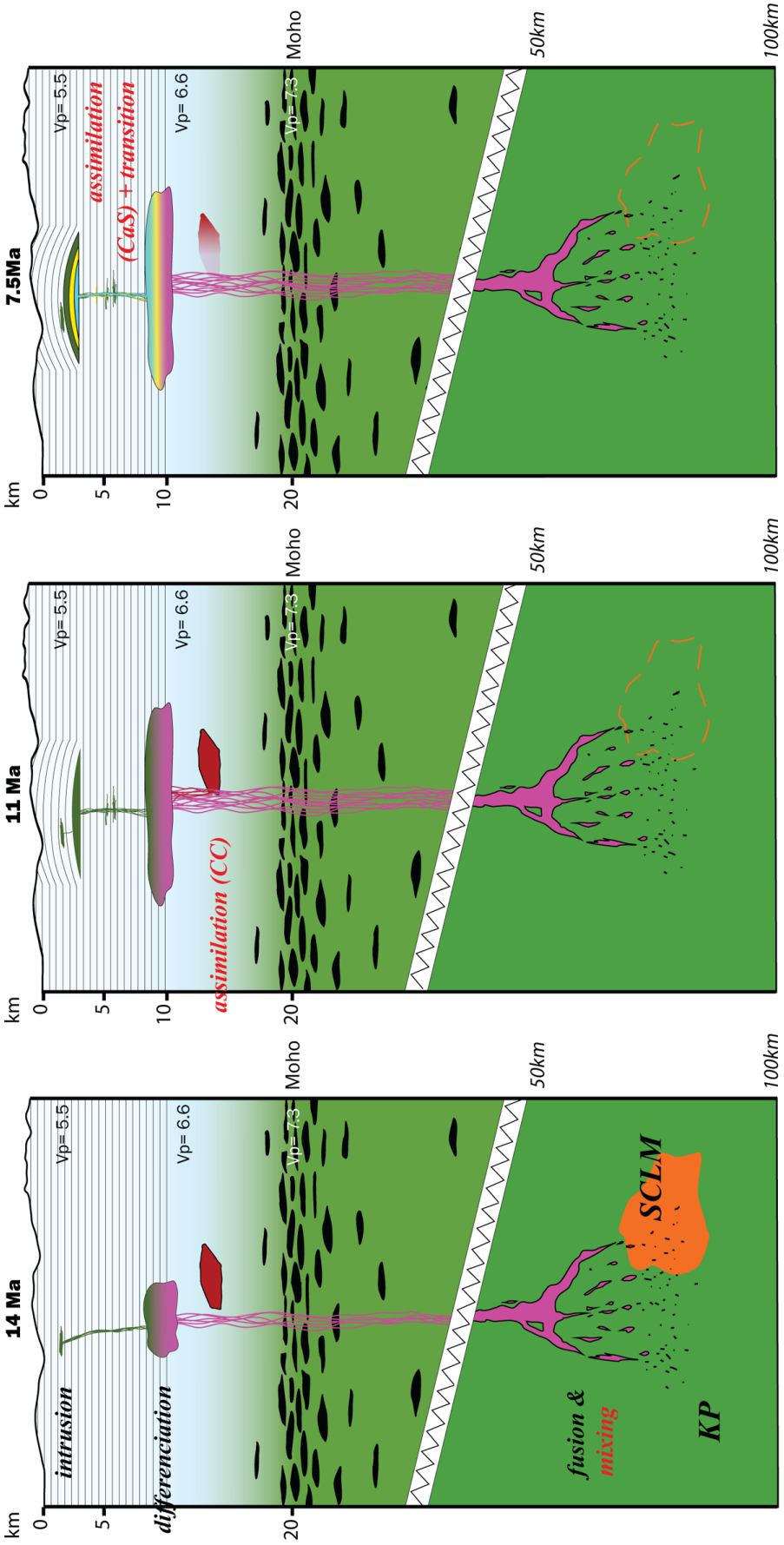


Figure 7.9: Structure de la croute océanique épaissie sous l'archipel de Kerguelen, a) d'après Grégoire et al. (1998) ; (b) détaillée sous le complexe de RdB

Sur la base de cette structure de croûte du plateau océanique sous l'archipel, la ←Figure 7.10 suivante schématise les différentes étapes de construction du SRBIC à 14 Ma (âge des premières roches mises en place) ; 11 Ma et 7.5 Ma (âge-limite connu des dernières roches mises en place sur le complexe). Les différentes interactions étant déjà exposées ci-dessus, je serais bref quant à la description de ce modèle.

- Peu avant 14 Ma et jusqu'à 11.5 Ma : Les liquides de fusion partielle du manteau asthénosphérique du panache de Kerguelen (qui s'effectue entre 60 et 100Km de profondeur) se mélangent avec des liquides basaltiques issus d'un manteau sub-continental métasomatisé. Les liquides ainsi mélangés sont transportés par densité vers les niveaux supérieurs de la lithosphère. Ils traversent la zone de transition manteau-croute, ainsi que la croûte gabbroïque et viennent se localiser dans un niveau de différenciation semblable à une chambre magmatique que je situe à la limite croûte basaltique/gabbroïque à 9.5 Km. A l'intérieur de ce niveau intermédiaire, ces liquides vont se différencier pour donner les premiers liquides syénitiques alcalins calciques. Ces derniers sont ensuite, ou en même temps mais de façon progressive, injectés dans la croute basaltique. Ils se stoppent et finissent la plus grande partie de leur cristallisation

dans les niveaux de mise en place que je situe entre 2 et 3 Km. Ces premières intrusions forment le massif de l'anse du Gros Ventre.



←Figure 7.10: Modèle de la formation du SRBIC à l'échelle de la lithosphère, à travers 3 schémas évolutifs

- Aux alentours de 11.5 Ma : Le mélange en profondeur avec les liquides de fusion du manteau métasomatisé n'ont plus lieu. Seuls les liquides basaltiques de signature du panache de Kerguelen remontent à travers les différentes enveloppes de la croûte océanique épaissie. Ces liquides basaltiques dont la production est plus volumineuse forment probablement des conduits de drainage ou d'alimentation de plus grande envergure. Ils vont interagir avec un fragment de croûte continentale qui se localise forcément entre le niveau de différenciation et le niveau d'extraction ou de drainage de ces liquides (AFC). Je propose donc que ce fragment soit situé proche du niveau de différenciation, dans la croûte inférieure gabbroïque, aux alentours de 12-13 Km. La production de ces liquides semble discontinue avec des phases répétées d'alimentation dans le niveau de différenciation. L'assimilation et la différenciation de ces liquides forment des magmas alcalins calciques. Ces derniers sont ensuite mise en place sous forme de sills ou lentilles diachrones dans les hauts niveaux de la croûte pour donner la série des roches mafiques/intermédiaires-CaS.

- Depuis 9.5Ma jusqu'à 7.5 Ma: Les liquides basaltiques précédents ayant interagi avec le fragment de croûte continentale ont progressivement diminué son pouvoir de contamination. Aussi, la dernière recharge magmatique issue du panache de Kerguelen ne contient plus cette signature continentale. De plus, le système qui était auparavant ouvert se ferme et les derniers liquides basaltiques produits se différencient dorénavant en système clos de manière plus « classique ». De par les précédentes intrusions de liquides au travers de la croûte océanique froide, leur différenciation et leur mise en place, cette croute océanique a changé progressivement. Le système magmatique actif depuis environ 5 Ma, a engendré l'augmentation de la température de cette croute qui fut initialement froide. Mais il a également changé les conditions de fugacité d'oxygène qui sont devenues de plus en plus réduites ainsi que la nature des fluides associés, auparavant chargés en H_2O et CO_2, vers des compositions de type CH_4. Ces changements ont pu s'opérer sur l'ensemble de la croute traversée mais sont sans doute concentrés depuis le niveau de différenciation jusque dans les niveaux de mise en place. L'activité de ce système dynamique a même changé la nature de la croute sur son passage. Auparavant, supposée strictement basaltique, les liquides différenciés ont drapés les murs des conduits d'alimentation et certainement formé plusieurs petits niveaux intrusifs syénitiques entre le niveau de différenciation et le niveau de mise en place. Entre 10 et 3 Km cette croute basaltique est donc maintenant lardée d'intrusions filonniennes syénitiques et sa composition est probablement intermédiaire entre une syénite et un basalte. C'est pourquoi, les derniers liquides qui vont se différencier depuis 9.5Ma évoluent dans un environnement nettement différent de celui qui existait à 14 Ma. Cette différence a pour conséquence de former des magmas de plus en plus sodiques. Au cours de leur différenciation en système clos cette caractéristique s'accentue pour donner des magmas de plus en plus agpaïtique. Lors de leur injection progressive via les mêmes conduits, ces liquides syénitiques assimilent les premières roches intrusives CaS, qu'ils croisent entre le niveau de différentiation et le SRBIC (AFC). Finalement, ces magmas qui forment la série magmatique CaNaS-NaS se mettent en place progressivement de manière pulsée sous les premiers niveaux intrusifs CaS et termine la construction du laccolithe.

Ce modèle, et les schémas qui l'illustrent, synthétise clairement les différents résultats obtenus. Bien qu'il ait l'avantage de découpler clairement les différentes sources impliquées dans la genèse du SRBIC, ce modèle pose plusieurs questions. Notamment sur la signification et la viabilité de ce niveau intermédiaire requis, pour la différenciation des roches, et dont le volume est probablement sous estimé ici. En effet, mis à part la limite physique qu'il existe à 9.5 Km entre la croûte sup et inf., il n'y a pas d'autres d'arguments qui justifient de le placer à cet endroit. De plus, où sont les basaltes qui lui ont laissé la

place ? Ont-ils été digérés ? Et si non, ne devrait il pas y avoir quelconques indices de déplacement visibles 6-7 Km plus haut (dans les niveaux basaltiques aujourd'hui à l'affleurement). A là vue de cette incertitude majeure, je propose un modèle alternatif où ce niveau nécessaire à la différenciation des liquides basaltiques est situé dans la zone de transition manteau-croute. Par conséquent, afin de respecter les résultats obtenus il est également nécessaire de placer le fragment continental sous ce niveau de différenciation dans la zone de transition. Ce modèle alternatif ne change en rien les différentes interactions, dynamiques et processus exposé dans le précédent modèle. Il translate simplement les processus supposés entre 14 et 7 Km dans la zone de transition manteau-croute. C'est pourquoi je ne représente que la dernière coupe à 7.5 Ma en comparaison du modèle précédent.

Ce second modèle semble plus viable que le précédent car la zone de transition croûte-manteau sous l'archipel est une autre discontinuité forte dans la lithosphère océanique. En plus d'être plus franche, son épaisseur permet de supposer que de nombreuses interactions y prennent place. L'importance physique de cette zone est déjà mise en évidence par les cumulats granulitiques qui s'y concentrent. D'autre part, une zone de production de magmas felsiques située en base de croûte est une hypothèse aujourd'hui largement envisagée en domaine continental (Annen et al., 2006). Si tel semble également le cas dans la lithosphère sous l'archipel de Kerguelen, ce modèle mettrait en évidence l'une des premières « Deep Oceanic Hot Zone ».

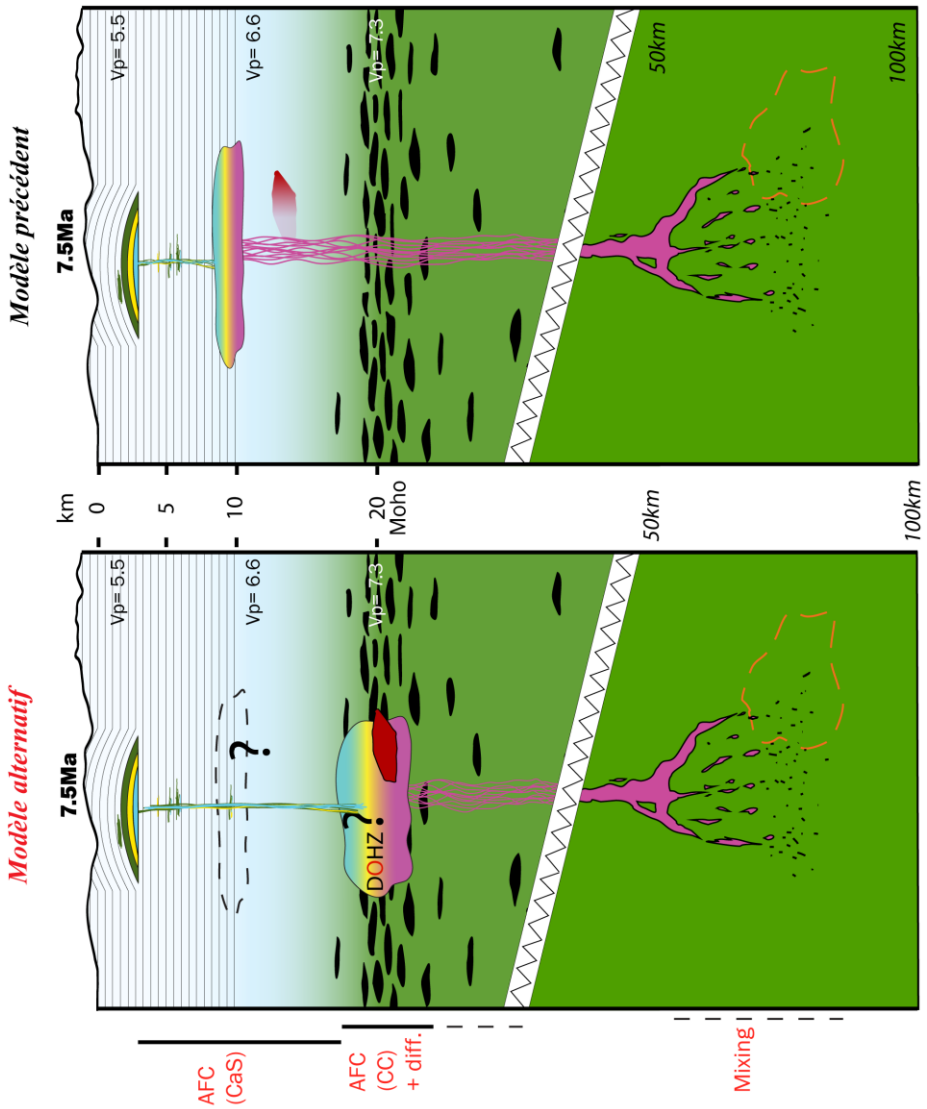


Figure 7.11: Modèle alternatif à l'échelle de la lithosphère, impliquant une Deep Hot Zone en domaine océanique.

Quel que soit le modèle privilégié, il implique nécessairement la présence d'un fragment continental ; lequel je situe dans la croûte inférieure (à l'intérieur de celle-ci ou à sa base). Ces deux modèles supposent donc que ce fragment continental a dû être incorporé dans la croûte océanique lors de la dislocation du Gondwana. Je propose que ce fragment continental constitue une des parties manquantes, non-identifiée jusqu'ici, entre la marge indienne et la marge antarctique dans les modèles actuels de reconstruction de l'Océan Indien. Situé entre l'Elan Bank et la butte de Gulden Draak à 120 Ma, ce fragment est certainement issus de la marge indienne. La position de ce fragment, reportée sur les cartes de reconstruction paléogéographique de l'Océan indien, met clairement en évidence une logique continue de dislocation et incorporation de fragments continentaux ; lesquels forment aujourd'hui des monts sous-marins ou plateaux océanique dans cet océan tels que le NKP.

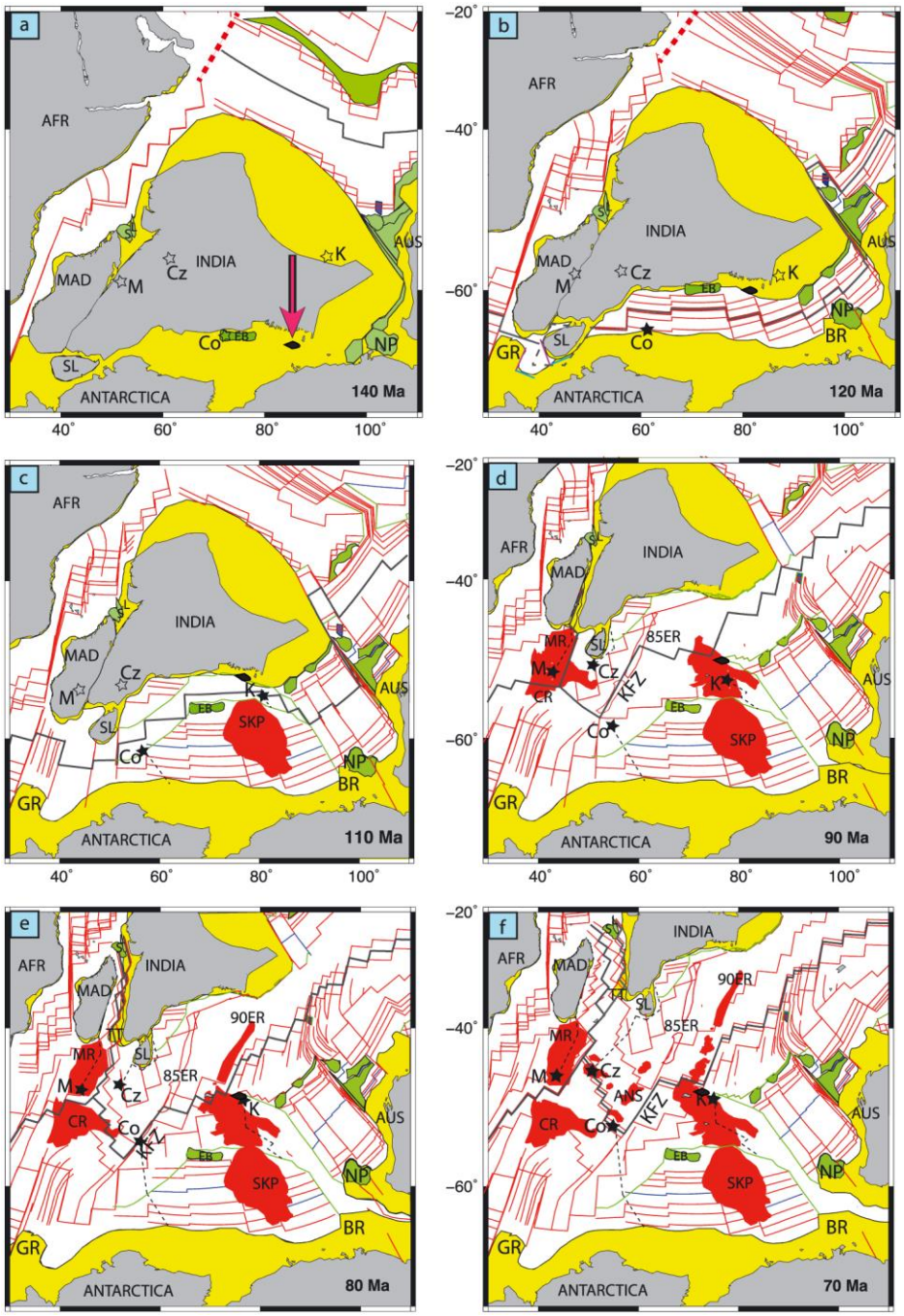


Figure 7.12: Position du fragment continental reportée (par une flèche en a) sur les cartes de reconstruction de l'ouverture de l'Océan indien de Gibbons et al., (2013).

Conclusions et perspectives

8.1 Conclusions générales

Ce travail de thèse avait pour objectif spécifique de revoir la géologie du complexe sud de Rallier-du-Baty à la lumière des progrès réalisés dans les analyses et la compréhension des systèmes magmatiques plutoniques. Au travers d'une approche multi-disciplinaire ce travail fournis de nouveaux résultats qui permettent de répondre aux questions à l'origine de cette étude :

→ Quelle est l'origine des magmas ?

L'étude isotopique sur roche totale, menée au travers des couples Rb/Sr et Sm/Nd a permis d'identifier plusieurs composantes impliquées dans la genèse des roches plutoniques du SRBIC et de ses satellites. Il est clair que la composante principale est le plume de Kerguelen. L'origine des roches plutoniques se situe donc dans le manteau enrichi qui forme ce panache et qui les relie directement au magmatisme de point chaud. Le magma parent des syénites et monzonites/diorite/gabbros du complexe est donc un liquide basaltique alcalin. Cependant, trois autres composantes isotopiques impliquées de façon plus discrète ont pu être identifiées. Ces dernières interagissent en faible proportion avec les liquides primaires extraits du manteau enrichi de type plume de Kerguelen. Elles peuvent donc être considérées comme des « contaminants ». La première de ses composantes, faiblement radiogénique en Nd, trouve son origine dans un manteau métasomatisé relativement ancien, dont les liquides issus de la fusion partielle se sont mélangés en proportion variable avec les liquides alcalins issus du panache de Kerguelen (« mixing »). Cette interaction semble être prédominante dans les liquides magmatiques à l'origine des premières intrusions plutoniques sur la péninsule (Massif du Gros Ventre). La seconde composante, faiblement radiogénique en Nd et fortement radiogénique en Sr, est de type croûte continentale. Il s'agit vraisemblablement d'un (ou plusieurs) fragment(s) de croûte continentale d'âge Crétacé assimilé(s) en faible proportion par les liquides alcalins issus du plume (« AFC »). Cette interaction s'observe dans premiers volumes de syénite qui constituent le laccolithe du SRBIC. La dernière composante isotopique identifiée, isotopiquement identique au panache de Kerguelen en Nd et fortement radiogénique en Sr, correspond à des syénites du SRBIC lui-même. En effet, les premières syénites mises en place, développant des signatures très radiogéniques en Sr au cours du temps, ont été en partie assimilées à de faibles degrés par des nouveaux liquides syénitiques. Ces derniers ne montrent pas de traces de contamination crustale. Les dernières syénites mises en place sur la péninsule résultent donc d'une « auto-contamination » du SRBIC.

Cette étude confirme donc l'origine essentiellement mantellique du complexe sud de Rallier du Baty comme cela avait été déjà mis en avant par les travaux antérieurs pour ce pluton et pour les autres complexes plutoniques de l'archipel (Dosso et al., 1979; Scoates et al., 2007). Cependant, cette étude montre pour la première fois la complexité des sources secondaires impliquées dans la genèse des roches plutoniques qui forment ce complexe. Elle met en évidence trois sources secondaires n'ayant jamais été décrites pour les roches plutoniques de l'archipel de Kerguelen, dont une source syénitique jamais décrite auparavant quelques soient les roches intrusives. Les interactions entre ces différentes sources impliquent plusieurs niveaux d'interactions magmatiques, évoluant dans le temps, depuis les niveaux sources profonds jusqu'aux niveaux plus superficiels de la croûte océanique. Ces résultats montrent également que les différentes sources reconnues ou supposées ayant joué un rôle dans la construction du plateau océanique de Kerguelen (KP) se retrouvent au sein d'un pluton 7000 à 9000 fois plus petit à l'affleurement (estimation, SRBIC : 175 km^2 / KP : 1,395 (±0,045) x 10^6 km^2). Ces résultats confirment enfin que ces différentes sources pressenties dans les roches intrusives de l'archipel (<25Ma) et reconnues au niveau du plateau océanique (jusqu'à 68 Ma) ont bien eu une influence dans la construction de ce plateau

entre 14 et 9,5 Ma. D'autre part, il n'est donc définitivement pas nécessaire d'impliquer avant tout la croûte continentale pour former d'importants volumes de roches syénitiques en contexte océanique.

↪ Comment *(ces magmas)* **ont-ils évolué pour former les roches plutoniques?**

Les observations de terrain, les études pétrographiques, minéralogiques et géochimiques montrent que les roches plutoniques qui composent le SRBIC et ses satellites sont largement dominées par les syénites (± monzonites à Qz) et forment une série alcaline strictement sur-saturée en silice. Les roches les moins felsiques sont des monzo-gabbros et monzo-diorites non-cumulatifs. Le spectre de composition et les relations de terrain montrent donc que le magmatisme fut bimodal et ce, exclusivement dans les premiers épisodes du magmatisme intrusif de RdB. L'étude pétrographique a permis de définir, sur la base des caractéristiques des amphiboles et des pyroxènes, trois grands ensembles pétrographiques au sein des roches plutoniques felsiques du complexe. Ces minéraux ferro-magnésiens, montrent une évolution d'un pôle calcique vers un pôle sodique à l'échelle du complexe, depuis les syénites les plus anciennes (groupe CaS) vers les syénites les récentes (groupe NaS) en passant par des syénites intermédiaires (groupe CaNaS). Couplée aux relations de terrain, la pétrographie et la géochimie (majeurs et traces) montre un lien génétique entre les syénites des types CaNaS et NaS (plus différenciées). Elles définissent une lignée magmatique unique formée à partir de la différenciation d'un liquide basaltique alcalin par des processus de cristallisation fractionnée en système clos. Les syénites du groupe CaS forment une autre série magmatique, plus ancienne, également formée par des processus de cristallisation fractionnée, associées à plusieurs épisodes de recharges magmatiques du réservoir à partir duquel elles se sont formées. Les liquides, qui se sont différenciés pour former les premières syénites mises en place, ont donc évolué au sein d'un système magmatique ouvert**.** Les roches plutoniques intermédiaires (monzo-gabbros/diorites et monzonites) sont exclusivement associées avec ces syénites précoces. L'étude isotopique a permis de montrer que l'implication des contaminants était très faible au regard de la source primaire mantellique du panache de Kerguelen. L'absence d'évidences de ces différentes contaminations en géochimie élémentaire (majeurs et traces) appuie cette conclusion. C'est pourquoi, les compositions des magmas parents de toutes les syénites du SRBIC peuvent être considérées comme identiques. De plus, le phénomène d'assimilation des syénites les plus vielles par les syénites les plus jeunes supposent que le (dernier ?) réservoir de différenciation est commun aux deux séries magmatiques. Ces résultats impliquent donc que le passage de la série magmatique CaS à la série magmatique CaNaS-NaS ne se fait pas dans les niveaux plus profonds que celui de ce dernier réservoir de différenciation. L'existence de ces deux séries magmatiques se traduit également par l'évolution des minéraux ferro-magnésiens à l'échelle de l'échantillon. Les amphiboles et pyroxènes secondaires des roches de la série CaS (+intermédiaires) sont exclusivement calciques tandis qu'ils sont majoritairement sodiques dans la lignée CaNaS. L'évolution des ferromagnésiens (primaires et secondaires) ainsi que la paragénèse associée (notamment les minéraux accessoires) traduit également un changement affectant le système magmatique jusque dans les niveaux de mise en place. Les roches plutoniques du SRBIC évoluent depuis des roches à tendance miaskitique vers des roches à tendance agpaïtique au cours du temps. Ce passage est révélateur des changements des conditions d'évolution magmatique (température – fugacité d'O_2) entre le (dernier ?) niveau de différenciation et le niveau de mise en place. Je propose que ces changements soient le reflet du degré de contrôle des basaltes encaissants sur le système magmatique se mettant en place pour former le SRBIC. Les basaltes de plateaux directement en contacts avec les premiers magmas de compositions intermédiaires ou felsiques ascendants forceraient ces derniers à évoluer au sein d'un environnement relativement froid et oxydé. Avec la dynamique des injections magmatiques qui continuent de fonctionner, la croûte océanique épaissie se retrouverait

progressivement intrudée par de nombreux dykes felsiques. Ce mécanisme entrainerait un changement local de sa composition au cours du temps. Ce changement s'accompagne d'une augmentation en température via l'accumulation des intrusions ainsi qu'une diminution de la fugacité d'oxygène. Les liquides syénitiques plus récents n'évolueraient donc plus directement au contact avec les basaltes de plateaux mais au travers d'un environnement plus syénitique. La preuve en est donnée par l'étude isotopique qui met en évidence des processus d'assimilation des syénites les plus vieilles par les plus récentes.

↪ Comment ce complexe syénitique s'est mis en place ?

↪ En combien de temps ?

Les observations de terrains montrent sans doute possible que la place nécessaire à la mise en place du complexe est accommodée par le soulèvement des basaltes de plateau. La forme en dôme de cette intrusion est donc concordante à l'échelle de la péninsule. Le complexe est constitué de trois grandes unités structurales. Les relations de terrains montrent que l'unité intrusive dans les basaltes est la plus ancienne, suivent des deux unités plus jeunes situées structuralement en dessous de la première. Ces trois unités correspondent grossièrement aux unités pétrographiques, de l'unité la plus ancienne formée en majorité par des syénites CaS (+ monzo-diorites) à l'unité la plus jeune située au centre du complexe et constitué des syénites NaS. Chaque unité est formée par l'alternance des roches syénitiques de textures différentes. Les contacts entre ces différentes roches sont souvent francs et sans bordures figées. Ces alternances texturales reflètent la dynamique d'injection des intrusions successives qui forment un litage magmatique à l'échelle du SRBIC. L'unité la plus ancienne est la seule qui présente des alternances entre injections plutoniques de compositions intermédiaires (monzo-diorites) et syénitiques. L'orientation de ce litage est parallèle au contact intrusif SRBIC/basaltes ainsi qu'aux contacts internes qui séparent les grandes unités. Ces observations et mesures confirment donc la structure concordante en dôme du complexe formée par des injections successives sous accrétées à l'échelle de l'ensemble du complexe. L'analyse des fabriques de forme, via l'analyse des fabriques magnétiques, soulignent également cette structure. En mettant en évidence la déformation accumulée, elles confirment également le basculement progressif des unités vers le sud induit par les accrétions successives vers le nord, en accord avec les observations de terrain. Les évidences de déformation (zones de cisaillement) exclusivement observées dans les unités les plus anciennes, et concentrées à la base de la première, confirment cette conclusion. La géochronologie in-situ sur zircons montrent que les intrusions plutoniques de la péninsule de RdB, (comprenant le SRBIC et ses satellites situés structuralement au dessus de celui-ci) s'étalent entre 13.7 ± 0.2 Ma à 7.88 ± 0.15 Ma. La construction du SRBIC se fait sans discontinuité temporelle marquée entre 11.57 + 0.15 Ma et 7.88 ± 0.15 Ma de la bordure externe au sud vers le centre du complexe au nord. Ces résultats montrent donc que l'étude géochronologique ne rend pas compte des discontinuités structurales observées à l'échelle des différentes injections ou même à l'échelle des grandes unités structurales. Cependant, quelques recoupement dans les âges confirment les observations de terrains et suppose que le complexe n'est pas strictement former par sous-accrétion des intrusions mais qu'une partie d'entre elles ont pu être injectées à l'intérieur (ou entre) les précédentes. L'âge de 7.31 Ma d'une intrusion appartenant au complexe situé plus au nord (CRBIC) dans la province plutonique de RdB suppose que migration des âges vers le nord constaté sur la péninsule se poursuit au travers de la province plutonique. Ces résultats montrent également que la mise en place des intrusions les plus récentes du SRBIC voire du CRBIC est synchrone de l'injection d'au moins une partie des trachytes (et basaltes?) sous forme de dyke tardif recoupant le SRBIC au sud.

Ces conclusions sont en accord avec la plupart des observations de terrain antérieures, à savoir :
Oui : le SRBIC est bien formé par les intrusions successives de magmas majoritairement syénitiques, sous accrétées à l'échelle du complexe et de plus en plus jeune de l'extérieur vers le centre de ce dernier.
Oui : les basaltes de plateau sont soulevés et le complexe a une géométrie en dôme légèrement aplatie verticalement.
Oui : Les différentes intrusions décrivent cartographiquement des anneaux concentriques.
De plus :
Oui : La fabrique magnétique analysée pour la première fois au niveau d'un complexe plutonique océanique confirme ces conclusions.
La géochronologie in-situ sur zircon réalisée pour la première fois sur ce complexe confirme et affine considérablement les âges précédents obtenus par K-Ar et Rb/Sr. Et oui, elle confirme également les conclusions précédentes.
Finalement,
Non : Toutes les caractéristiques et les nouvelles interprétations issues des relations de terrain, révélatrices de la construction du SRBIC, ne peuvent pas s'expliquer par un modèle de subsidence en chaudron. Ce complexe plutonique est un laccolithe.
Ce type de mise en place, similaire à de nombreux exemples continentaux, implique donc que la croûte océanique épaissie du plateau de Kerguelen joue un rôle identique à celui de la croûte continental dans la construction et la mise en place d'un pluton dans les niveaux superficiels. Il semble donc que la nature de la croûte ne joue aucun rôle dans le mode de construction et de mise en place des corps plutoniques.

8.2 Perspectives

La construction du laccolithe de Rallier du Baty est similaire à de nombreux exemples continentaux. Ceci signifie donc qu'au moins dans les niveaux superficiels de mise en place, la composition, la densité, la rigidité, ou le géotherme de la croûte n'a pas un impact différent de celui de la croûte continentale sur la construction d'un pluton. L'épaisseur totale de la croûte (env. 18 km sous l'archipel) n'a pas non plus d'influence. Le mode de construction dans les niveaux d'intrusion plutonique est donc régit par la dynamique magmatique plutôt que par les caractéristiques physico-chimique de l'encaissant. La construction d'un pluton est donc le reflet des processus magmatiques profonds entre la source et la croûte moyenne qui contrôlent cette dynamique. Pour aller plus loin dans la formation des corps plutoniques, il faut donc s'intéresser plus en détail à ces processus profonds. Cette idée est peu réjouissante car les occurrences de manteau, de croûte inférieure et moyenne sont rares et souvent perturbés, modifiés ou altérés. Une des façons d'accéder à ces parties profondes, serait d'utiliser par exemple la modélisation numérique en constante évolution couplé à des études pétrographiques et géochimiques expérimentales sous pression contrôlée.

Les conclusions sur la construction du SRBIC montrent également que les modèles classiques de construction par diapirisme et/ou chaudron doivent être revus. Elles permettent notamment de poser une question plus précise qui va dans le sens de plusieurs études récentes : le modèle de subsidence en chaudron est –il obsolète ? Il semble que non. Plusieurs études montrent que ce mode de construction est toujours d'actualité (e.g. Troll et al., 2002; Kennedy and Stix, 2007). Cependant, ce modèle ne semble aujourd'hui s'appliquer qu'aux systèmes volcaniques et hypovolcaniques caractérisés par l'effondrement d'une caldéra. La question est donc plutôt de savoir à partir de quelle profondeur ce modèle ne semble –t- il plus opérer et pourquoi? Cette question s'inscrirait également dans un débat plus large et relativement vif sur le couplage ou découplage volcanisme – plutonisme.

Les résultats de cette thèse démontrent qu'un seul et unique pluton, dont le contexte et les roches uniquement sur-saturées en silice, laisseraient supposer à un mode de formation et une histoire magmatique « simple », peut avoir une histoire très complexe. Là encore, la plomberie magmatique et le transport magmatique au travers de la croûte (niveaux de différenciation, chemins empruntés…) ont un impact évident sur l'évolution des magmas à une échelle de quelques millions d'années et ce, sur une zone géographique très restreinte. La nécessité de pouvoir accéder de manière indirecte à la structuration de la croûte en profondeur est encore une des clés pour comprendre cette évolution, que ce soit en domaine océanique ou ailleurs. C'est pourquoi, il faut conduire sur Kerguelen plusieurs campagnes géophysiques. En lien avec la nécessité de comprendre la structuration de la croûte, les résultats isotopiques obtenus dans cette thèse et leur interprétation permettent de porter un nouveau regard sur les données isotopiques des roches intrusives de l'archipel de la littérature. En effet, si des processus d'assimilation continue ou d'auto-assimilation ont pu être mis en évidence sous RdB, il est probable que ce phénomène ait pu se produire ailleurs dans les systèmes intrusifs de l'archipel. Cette hypothèse expliquerait les données isotopiques précédentes « tombées dans l'oubli » du SRBIC et CRBIC mais pourrait également expliquer, les forts rapports isotopiques en Sr des syénites de l'île de l'Ouest, des syénites du Val gabbro et des trachytes et phonolites (LMS) de la péninsule Jeanne d'Arc, dont certaines ont été considérés comme inutilisables. Sans remettre en cause les interprétations issues des précédentes études isotopiques, il me semble cependant cohérent d'évoquer la possible mise en jeu des processus d'assimilation pour les roches les plus évoluées plutôt qu'une simple hétérogénéité du Plume de Kerguelen. Une hypothèse qu'il reste à vérifier sur les différents complexes intrusifs.

Pour 4 échantillons plutoniques (1 intermédiaire et 3 syénitiques) la croûte continentale n'a pas à être impliquée dans leur genèse et donc pour expliquer la formation de faciès sursaturés en silice. Pour les roches les plus anciennes du laccolithe SRBIC, l'influence de la croûte continentale ne fait par contre aucun doute. Ainsi, l'implication obligatoire de la croûte continentale dans la formation et l'évolution des roches magmatiques alcalines sursaturées, proposée par de nombreuses études ne peut pas être clairement réfutée avec les résultats de cette thèse. Toutefois, que ce soit par des fragments de croûte continentale, ou par des produits de fusion d'un manteau lithosphérique métasomatisé, les roches du SRBIC d'origine mantellique sont « contaminées ». Par conséquent, les roches plutoniques alcalines sursaturées, semblent donc très souvent être affectée par des processus de contamination qui peuvent être d'origine mantellique ou continentale. Pour aller plus loin sur le complexe, peut-on supposer que de tels processus de contamination puissent avoir affecté toutes les roches plutoniques mais que les systèmes isotopiques du Sr et du Nd (tel qu'ils ont été utilisés ici) ne soient pas assez sensibles et puissent pas rendre compte d'une très faible contamination mantellique ou crustale ? Afin de tester cette hypothèse il me parait nécessaire de coupler ces systèmes avec d'autres traceurs de sources isotopiques comme le système Lu/Hf (dont les premiers essais sur zircons sont peu satisfaisant) et Pb/Pb, lequel a déjà été appliqué à d'autres roches magmatiques de l'archipel. Conscient des limites et des complémentarités, la multiplication des traceurs isotopiques (mais aussi élémentaires) permettra certainement d'encore mieux comprendre et contraindre l'origine et l'évolution des roches alcalines de l'archipel (et plus globalement terrestre) et notamment les différences entre suites sursaturées et sous-saturées.

Les questions en suspens évoquées en fin du chapitre précédent montrent également la nécessité de conduire des études plus approfondies et mieux contraintes dans les différents aspects du travail qui fut conduit durant cette thèse. Avec des travaux plus détaillés de terrain (ce qui nécessite plus de temps sur place), de meilleur contraintes géochronologiques (la mesure via ID-TIMS est plus précise mais comment

séparer les cœurs de zircons des bordures pour garder une trace de l'héritage ?), une étude pétrographique et minéralogique élargie à l'ensemble des minéraux (notamment les accessoires), les prochains résultats permettraient d'établir l'un des premiers modèle thermique basé sur un pluton en domaine océanique ; un modèle pétrogénétique qui permettrait de contraindre la composition du magma parent en s'approchant de la dualité série sur-saturée-sous-saturée; ainsi que d'aborder les conditions P-T fO2 de formation de ces roches.

N'en déplaise à la direction de la Réserve Naturelle des T.A.A.F., tous ces futurs chantiers d'investigations sur les roches de Kerguelen sont très prometteurs. En ce qui me concerne, rien n'est plus exaltant que la promesse d'y retourner un jour.

Références

Acocella, V., 2000. Space accommodation by roof lifting during pluton emplacement at Amiata (Italy). Terra Nova 12, 149–155. https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2000.00286.x

Andersen, T., 2002. Correction of common lead in U–Pb analyses that do not report 204 Pb. Chemical geology 192, 59–79. https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00195-X

Anderson, E.M., 1936. The Dynamics of the Formation of Cone-sheets, Ring-dykes, and Cauldron-subsidences. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 56, 128–157. https://doi.org/10.1017/S0370164600014954

Annell, H., 2005. Petrology and geochemistry of the 25 Ma Mt. Marion Dufresne basaltic section on the Kerguelen Archipelago : constraining the transition from tholeiitic to mildly alkalic volcanism on a major oceanic island. The University of British Columbia. https://doi.org/10.14288/1.0052331

Annen, C., Blundy, J.D., Leuthold, J., Sparks, R.S.J., 2015. Construction and evolution of igneous bodies: Towards an integrated perspective of crustal magmatism. Lithos 230, 206–221. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2015.05.008

Annen, C., Blundy, J.D., Sparks, R.S.J., 2006. The Genesis of Intermediate and Silicic Magmas in Deep Crustal Hot Zones. Journal of Petrology 47, 505–539. https://doi.org/10.1093/petrology/egi084

Annen, C., Pichavant, M., Bachmann, O., Burgisser, A., 2008. Conditions for the growth of a long-lived shallow crustal magma chamber below Mount Pelee volcano (Martinique, Lesser Antilles Arc). Journal of Geophysical Research 113. https://doi.org/10.1029/2007JB005049

Aubert de la Rüe, E., 1932. Etude géologique et géographique de l'archipel de Kerguelen. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique.

Bagiński, B., Macdonald, R., 2013. The chevkinite group: underestimated accessory phases from a wide range of parageneses. Mineralogia 44. https://doi.org/10.2478/mipo-2013-0006

Bagiński, B., Macdonald, R., Dzierżanowski, P., Zozulya, D., Kartashov, P.M., 2015. Hydrothermal alteration of chevkinite-group minerals: products and mechanisms. Part 1. Hydration of chevkinite-(Ce). Mineralogical Magazine 79, 1019–1037. https://doi.org/10.1180/minmag.2015.079.5.01

Bailey, J., 1974. Origin of alkaline magmas as a result of anatexis-crustal anatexis., in: The Alkaline Rocks. H. Sorensen, London, pp. 436–442.

Baker, I., 1968. Intermediate oceanic volcanic rocks and the 'Daly gap.' Earth and Planetary Science Letters 4, 103–106. https://doi.org/10.1016/0012-821X(68)90002-2

Baker, P.E., 1992. Oceanic islands and the mantle: historical perspectives. Journal of Volcanology and Geothermal Research 50, 17–32. https://doi.org/10.1016/0377-0273(92)90034-B

Baksi, A.K., 2005. Evaluation of radiometric ages pertaining to rocks hypothesized to have been derived by hotspot activity, in and around the Atlantic, Indian, and Pacific Oceans, in: Special Paper 388: Plates, Plumes and Paradigms. Geological Society of America, pp. 55–70. https://doi.org/10.1130/0-8137-2388-4.55

Bardintzeff, J.-M., Bellon, H., Bonin, B., Brousse, R. & McBirney, A. R. (1988). Plutonic rocks from Tahiti-Nui caldera (Society Archipelago, French Polynesia): a petrological, geochemical and mineralogical study, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 35, 31–53.

Bardintzeff, J.-M., Leyrit, H., Guillou, H., Guille, G., Bonin, B., Giret, A., Brousse, R., 1994. Transition between tholeiitic and alkali basalts: Petrographical and geochemical evidence from Fangataufa, Pacific Ocean, and Kerguelen, Indian Ocean. Geochemical Journal 28.

Barker, F., Wones, D.R., Sharp, W.N., Desborough, G.A., 1975. The Pikes Peak batholith, Colorado front range, and a model for the origin of the gabbro—anorthosite—syenite—potassic granite suite. Precambrian Research 2, 97–160. https://doi.org/10.1016/0301-9268(75)90001-7

Baumgartner, L.P., Jürgen, M., Putlitz, B., Leuthold, J., Müntener, O., Robyr, M., Darbellay, B., Demant, A., Hervé, F., Menichetti, M., Tassone, A., 2007. Field guide to the Torres del Paine Igneous Complex

and its contact aureole, International Congress on the Southern Hemisphere. ed, GEOSUR 2007. Demant A., Santiago.

Beaux, J., 1986. Le complexe volcano-plutonique de la Presqu'Ile de la Société de Géographie (Iles Kerguelen). Structure et Pétrologie. Université Paris 6.

Belousova, E.A., 2005. Zircon Crystal Morphology, Trace Element Signatures and Hf Isotope Composition as a Tool for Petrogenetic Modelling: Examples From Eastern Australian Granitoids. Journal of Petrology 47, 329–353. https://doi.org/10.1093/petrology/egi077

Belousova, E.A., Griffin, W.L., Shee, S.R., Jackson, S.E., O'Reilly, S.Y., 2001. Two age populations of zircons from the Timber Creek kimberlites, Northern Territory, as determined by laser-ablation ICP-MS analysis. Australian Journal of Earth Sciences 48, 757–765. https://doi.org/10.1046/j.1440-0952.2001.485894.x

Bénard, F., Callot, J.-P., Vially, R., Schmitz, J., Roest, W., Patriat, M., Loubrieu, B., 2010. The Kerguelen plateau: Records from a long-living/composite microcontinent. Marine and Petroleum Geology 27, 633–649. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2009.08.011

Benisek, A., Finger, F., 1993. Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: a microprobe study. Contributions to Mineralogy and Petrology 114, 441–451. https://doi.org/10.1007/BF00321749

Bergman, S.C., 1987. Lamproites and other potassium-rich igneous rocks: a review of their occurrence, mineralogy and geochemistry. Geological Society, London, Special Publications 30, 103–190. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1987.030.01.08

Bézos, A., Humler, E., 2005. The Fe3+/ΣFe ratios of MORB glasses and their implications for mantle melting. Geochimica et Cosmochimica Acta 69, 711–725. https://doi.org/10.1016/j.gca.2004.07.026

Bindeman, I., Gurenko, A., Carley, T., Miller, C., Martin, E., Sigmarsson, O., 2012. Silicic magma petrogenesis in Iceland by remelting of hydrothermally altered crust based on oxygen isotope diversity and disequilibria between zircon and magma with implications for MORB: Silicic magma petrogenesis in Iceland. Terra Nova 24, 227–232. https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2012.01058.x

Black, L.P., Gulson, B.L., 1978. The age of the Mud Tank Carbonatite, Strangways Range, Northern Territory. Journal of Australian Geology & Geophysics 3, 227–232.

Black, R., Lameyre, J., Bonin, B., 1985. The structural setting of alkaline complexes. Journal of African Earth Sciences (1983) 3, 5–16.

Blanc, P., Baumer, A., Cesbron, F., Ohnenstetter, D., Panczer, G., Rémond, G., 2000. Systematic Cathodoluminescence Spectral Analysis of Synthetic Doped Minerals: Anhydrite, Apatite, Calcite, Fluorite, Scheelite and Zircon, in: Pagel, M., Barbin, V., Blanc, Philippe, Ohnenstetter, D. (Eds.), Cathodoluminescence in Geosciences. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 127–160. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04086-7_5

Boher, M., Abouchami, W., Michard, A., Albarede, F., Arndt, N.T., 1992. Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. Journal of Geophysical Research 97, 345. https://doi.org/10.1029/91JB01640

Bonin, B., 2007. A-type granites and related rocks: Evolution of a concept, problems and prospects. Lithos 97, 1–29. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2006.12.007

Bonin, B., Azzouni-Sekkal, A., Bussy, F., Ferrag, S., 1998. Alkali-calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: petrologic constraints and geodynamic settings. Lithos 45, 45–70. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00025-5

Bonin, B., Bardintzeff, J.-M., Giret, A., 1994. The distribution of felsic rocks within the alkaline igneous centres. Mémoires de la Société géologiques de France.

Bonin, B., Ethien, R., Gerbe, M.C., Cottin, J.-Y., Feraud, G., Gagnevin, D., Giret, A., Michon, G., Moine, B., 2004. The Neogene to Recent Rallier-du-Baty nested ring complex, Kerguelen Archipelago (TAAF, Indian Ocean): stratigraphy revisited, implications for cauldron subsidence mechanisms. Geological Society, London, Special Publications 234, 125–149. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.234.01.08

Bonin, B., Giret, A., 1990. Plutonic alkaline series: Daly gap and intermediate compositions for liquids filing up crustal magma chambers. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 70, 175–187.

Bonin, B., Giret, A., 1985. Clinopyroxene compositional trends in oversaturated and undersaturated alkaline ring complexes. Journal of African Earth Sciences (1983) 3, 175–183. https://doi.org/10.1016/0899-5362(85)90035-1

Bonin, B., Lameyre, J., 1978. Réflexions sur la position et l'origine des complexes magmatiques anorogeniques. Bulletin de la Société géologique de France S7-XX, 45–59. https://doi.org/10.2113/gssgfbull.S7-XX.1.45

Borisova, A.Y., Faure, F., Deloule, E., Grégoire, M., Béjina, F., de Parseval, P., Devidal, J.-L., 2014. Lead isotope signatures of Kerguelen plume-derived olivine-hosted melt inclusions: Constraints on the ocean island basalt petrogenesis. Lithos 198–199, 153–171. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.03.022

Bouchez, J.L., 1997. Granite is Never Isotropic: An Introduction to AMS Studies of Granitic Rocks, in: Bouchez, J. L., Hutton, D.H.W., Stephens, W.E. (Eds.), Granite: From Segregation of Melt to Emplacement Fabrics. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 95–112. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1717-5_6

Bowden, P., Black, R., Martin, R.F., Ike, E.C., Kinnaird, J.A., Batchelor, R.A., 1987. Niger-Nigerian alkaline ring complexes: a classic example of African Phanerozoic anorogenic mid-plate magmatism. Geological Society, London, Special Publications 30, 357–379. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1987.030.01.17

Bowen, N.L., 1945. Phase equilibria bearing on the origin and differentiation of alkaline rocks. American Journal of Science 243, 75–89.

Brooks, C.K., 1982. Compositional Variation in the Pyroxenes and Amphiboles of the Kangerdlugssuaq Intrusion, East Greenland: Further Evidence for the Crustal Contamination of Syenite Magma. Mineralogical Magazine 45, 1–9. https://doi.org/10.1180/minmag.1982.045.337.01

Burchardt, S., Tanner, D.C., Krumbholz, M., 2010. Mode of emplacement of the Slaufrudalur Pluton, Southeast Iceland inferred from three-dimensional GPS mapping and model building. Tectonophysics 480, 232–240. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.10.010

Byers, C.D., Christie, D.M., Muenow, D.W., Sinton, J.M., 1984. Volatile contents and ferric-ferrous ratios of basalt, ferrobasalt, andesite and rhyodacite glasses from the Galapagos 95.5°W propagating rift. Geochimica et Cosmochimica Acta 48, 2239–2245. https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90220-5

Cande, S.C., Patriat, P., Dyment, J., 2010. Motion between the Indian, Antarctic and African plates in the early Cenozoic: Indian Ocean Plate motions. Geophysical Journal International 183, 127–149. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04737.x

Carmichael, I.S.E., 1991. The redox states of basic and silicic magmas: a reflection of their source regions? Contributions to Mineralogy and Petrology 106, 129–141. https://doi.org/10.1007/BF00306429

Chakhmouradian, A.R., Zaitsev, A.N., 2012. Rare Earth Mineralization in Igneous Rocks: Sources and Processes. Elements 8, 347–353. https://doi.org/10.2113/gselements.8.5.347

Charlier, B.L.A., Wilson, C.J.N., Lowenstern, J.B., Blake, S., Van Calsteren, P.W., Davidson, J.P., 2005. Magma Generation at a Large, Hyperactive Silicic Volcano (Taupo, New Zealand) Revealed by U–Th and U–Pb Systematics in Zircons. Journal of Petrology 46, 3–32. https://doi.org/10.1093/petrology/egh060

Charvis, P., Recq, M., Operto, S., Brefort, D., 1995. Deep structure of the northern Kerguelen Plateau and hotspot-related activity. Geophysical Journal International 122, 899–924.

Chayes, F., 1977. The oceanic basalt–trachyte relation in general and in the Canary Islands. American Mineralogist 62, 666–671.

Chen, C.-Y., Frey, F.A., 1985. Trace element and isotopic geochemistry of lavas from Haleakala Volcano, east Maui, Hawaii: Implications for the origin of Hawaiian basalts. Journal of Geophysical Research: Solid Earth 90, 8743–8768. https://doi.org/10.1029/JB090iB10p08743

Chevet, J., 2009. INTRUSIVE BASALTIC ROCKS AND ASSOCIATED MAFIC/ULTRAMAFIC CUMULATES FROM THE THICKENED OCEANIC CRUST OF THE KERGUELEN ARCHIPELAGO. Macquarie.

Chiaradia, M., Schaltegger, U., Spikings, R., Wotzlaw, J.-F., Ovtcharova, M., 2013. How accurately can we date the duration of magmatic-hydrothermal events in porphyry systems?—an invited paper. Economic Geology 108, 565–584.

Claesson, S., Pallister, J.S., Tatsumoto, M., 1984. Samarium-neodymium data on two late Proterozoic ophiolites of Saudi Arabia and implications for crustal and mantle evolution. Contributions to Mineralogy and Petrology 85, 244–252. https://doi.org/10.1007/BF00378103

Clague, D.A., 1978. The Oceanic Basalt-Trachyte Association: An Explanation of the Daly Gap. The Journal of Geology 86, 739–743. https://doi.org/10.1086/649740

Clarke, I., 1983. Volcanic evolution of Heard and McDonald Islands, southern Indian Ocean, in: Antarctic Earth Science.

Clough, C.T., Maufe, H.B., Bailey, E.B., 1909. The Cauldron-Subsidence of Glen Coe, and the Associated Igneous Phenomena. Quarterly Journal of the Geological Society 65, 611–678. https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1909.065.01-04.35

Coffin, M.F., Eldholm, O., 1994. Large igneous provinces: Crustal structure, dimensions, and external consequences. Reviews of Geophysics 32, 1. https://doi.org/10.1029/93RG02508

Coffin, M.F., Pringle, M.S., Duncan, R.A., Gladczenko, T.P., Storey, M., Muller, R.D., Gahagan, L.A., 2002. Kerguelen Hotspot Magma Output since 130 Ma. Journal of Petrology 43, 1121–1137. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1121

Coleman, D.S., Gray, W., Glazner, A.F., 2004. Rethinking the emplacement and evolution of zoned plutons: Geochronologic evidence for incremental assembly of the Tuolumne Intrusive Suite, California. Geology 32, 433. https://doi.org/10.1130/G20220.1

Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., Kinny, P., 2003. Atlas of Zircon Textures. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 53, 469–500. https://doi.org/10.2113/0530469

Cousens, B.L., Clague, D.A., Sharp, W.D., 2003. Chronology, chemistry, and origin of trachytes from Hualalai Volcano, Hawaii: HUALALAI VOLCANO TRACHYTES. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 4, n/a-n/a. https://doi.org/10.1029/2003GC000560

Crisp, J.A., 1984. Rates of magma emplacement and volcanic output. Journal of Volcanology and Geothermal Research 20, 177–211. https://doi.org/10.1016/0377-0273(84)90039-8

Cruden, A.R., 1998. On the emplacement of tabular granites. Journal of the Geological Society-London 155, 853–862. https://doi.org/10.1144/gsjgs.155.5.0853

Dall'Agnol, R., Frost, C.D., Rämö, O.T., 2012. IGCP Project 510 "A-type Granites and Related Rocks through Time": Project vita, results, and contribution to granite research. Lithos 151, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.08.003

Davies, G.R., Macdonald, R., 1987. Crustal Influences in the Petrogenesis of the Naivasha Basalt--Comendite Complex: Combined Trace Element and Sr-Nd-Pb Isotope Constraints. Journal of Petrology 28, 1009–1031. https://doi.org/10.1093/petrology/28.6.1009

Deer, W.., Howie, R.., Zussman, J., 1992. An introduction to the Rock-Forming Minerals, 2nd ed. Longman Group UK Limited, Essex.

Delpech, G., 2004. Etude des enclaves ultramafiques des Iles Kerguelen: caractérisation du métasomatisme sous un plateau océanique. Jean Monnet - Macquarie, Sydney.

Delpech, G., Grégoire, M., O'Reilly, S.Y., Cottin, J.Y., Moine, B., Michon, G., Giret, A., 2004. Feldspar from carbonate-rich silicate metasomatism in the shallow oceanic mantle under Kerguelen Islands (South Indian Ocean). Lithos 75, 209–237. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2003.12.018

DePaolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. Earth and Planetary Science Letters 53, 189–202. https://doi.org/10.1016/0012-821X(81)90153-9

Diop, H.E.H.S., 2008. Geochemical investigation of basalts from Trois Menestrels, Kerguelen Archipelago. Kansas State University.

Dosso, L., Murthy, V.R., 1980. A Nd isotopic study of the Kerguelen Islands: Inferences on enriched oceanic mantle sources. Earth and Planetary Science Letters 48, 268–276. https://doi.org/10.1016/0012-821X(80)90190-9

Dosso, L., Vidal, P., Cantagrel, J.M., Lameyre, J., Marot, A., Zimine, S., 1979. "Kerguelen: Continental fragment or oceanic island?": Petrology and isotopic geochemistry evidence. Earth and Planetary Science Letters 43, 46–60. https://doi.org/10.1016/0012-821X(79)90154-7

Doucet, S., Weis, D., Scoates, J., Nicolaysen, K., Frey, F., Giret, A., 2002. The Depleted Mantle Component in Kerguelen Archipelago Basalts: Petrogenesis of Tholeiitic-Transitional Basalts From the Loranchet Peninsula. Journal of Petrology 43, 1341–1366. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1341

Droop, G.T.R., 1987. A General Equation for Estimating Fe3+ Concentrations in Ferromagnesian Silicates and Oxides from Microprobe Analyses, Using Stoichiometric Criteria. Mineralogical Magazine 51, 431–435. https://doi.org/10.1180/minmag.1987.051.361.10

Duncan, R.A., 2002. A Time Frame for Construction of the Kerguelen Plateau and Broken Ridge. Journal of Petrology 43, 1109–1119. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1109

Duncan, R.A., Quilty, P.G., Barling, J., Fox, J.M., 2016. Geological development of Heard Island, Central Kerguelen Plateau. Australian Journal of Earth Sciences 63, 81–89. https://doi.org/10.1080/08120099.2016.1139000

Eby, G.N., 1990. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. Lithos 26, 115–134. https://doi.org/10.1016/0024-4937(90)90043-Z

Eby, G.N., 1985. Sr and Pb isotopes, U and Th chemistry of the alkaline Monteregian and White Mountain igneous provinces, eastern North America. Geochimica et Cosmochimica Acta 49, 1143–1153. https://doi.org/10.1016/0016-7037(85)90005-5

Eby, G.N., Woolley, A.R., Din, V., Platt, G., 1998. Geochemistry and Petrogenesis of Nepheline Syenites: Kasungu-Chipala, Ilomba, and Ulindi Nepheline Syenite Intrusions, North Nyasa Alkaline Province, Malawi. Journal of Petrology 39, 1405–1424. https://doi.org/10.1093/petroj/39.8.1405

Elburg, M.A., Cawthorn, R.G., 2017. Source and evolution of the alkaline Pilanesberg Complex, South Africa. Chemical Geology 455, 148–165. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.10.007

Elhlou, S., Belousova, E., Griffin, W.L., Pearson, N.J., O'Reilly, S.Y., 2006. Trace element and isotopic composition of GJ-red zircon standard by laser ablation. Geochimica et Cosmochimica Acta 70, A158. https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.06.1383

Estrade, G., Béziat, D., Salvi, S., Tiepolo, M., Paquette, J.-L., Rakotovao, S., 2014. Unusual evolution of silica-under- and -oversaturated alkaline rocks in the Cenozoic Ambohimirahavavy Complex (Madagascar): Mineralogical and geochemical evidence. Lithos 206–207, 361–383. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.08.008

Favier, V., Verfaillie, D., Berthier, E., Menegoz, M., Jomelli, V., Kay, J.E., Ducret, L., Malbéteau, Y., Brunstein, D., Gallée, H., Park, Y.-H., Rinterknecht, V., 2016. Atmospheric drying as the main driver of dramatic glacier wastage in the southern Indian Ocean. Scientific Reports 6. https://doi.org/10.1038/srep32396

Fielding, P.E., 1970. The distribution of uranium, rare earths, and color centers in a crystal of natural zircon. The American Mineralogist 55, 428–440.

Fitton, J.G., 1987. The Cameroon line, West Africa: a comparison between oceanic and continental alkaline volcanism. Geological Society, London, Special Publications 30, 273–291. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1987.030.01.13

Fitton, J.G., Upton, B.G.J., 1987. Alkaline Igneous Rocks: Introduction. Geological Society, London, Special Publications 30, ix–xiv. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1987.030.01.01

Foland, K.A., Henderson, C.M.B., 1976. Application of age and Sr isotope data to the petrogenesis of the Marangudzi ring complex, Rhodesia. Earth and Planetary Science Letters 29, 291–301. https://doi.org/10.1016/0012-821X(76)90133-3

Foland, K.A., Landoll, J.., Henderson, C.M.B., Jiangfeng, C., 1993. Formation of cogenetic quartz and nepheline syenites. Geochimica and Cosmochimica Acta 57, 697–704. https://doi.org/10.1016/0016-7037(93)90380-F

Frey, F.A., Coffin, M.F., Wallace, P.J., Weis, D., 2003. Leg 183 synthesis: Kerguelen Plateau-Broken Ridge—a large igneous province, in: Proc. Ocean Drill. Program Sci. Results. pp. 1–48.

Frey, F.A., Coffin, M.F., Wallace, P.J., Weis, D., Zhao, X., Wise, S.W., Wähnert, V., Teagle, D.A.H., Saccocia, P.J., Reusch, D.N., others, 2000. Origin and evolution of a submarine large igneous province: the Kerguelen Plateau and Broken Ridge, southern Indian Ocean. Earth and Planetary Science Letters 176, 73–89. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00315-5

Frey, F.A., Nicolaysen, K., Kubit, B.K., Weis, D., Giret, A., 2002a. Flood Basalt from Mont Tourmente in the Central Kerguelen Archipelago: the Change from Transitional to Alkalic Basalt at 25 Ma. Journal of Petrology 43, 1367–1387. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1367

Frey, F.A., Nobre Silva, I.G., Huang, S., Pringle, M.S., Meleney, P.R., Weis, D., 2015. Depleted components in the source of hotspot magmas: Evidence from the Ninetyeast Ridge (Kerguelen). Earth and Planetary Science Letters 426, 293–304. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.06.005

Frey, F.A., Pringle, M., Meleney, P., Huang, S., Piotrowski, A., 2011. Diverse mantle sources for Ninetyeast Ridge magmatism: Geochemical constraints from basaltic glasses. Earth and Planetary Science Letters 303, 215–224. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.12.051

Frey, F.A., Weis, D., Borisova, A. Y., Xu, G., 2002b. Involvement of Continental Crust in the Formation of the Cretaceous Kerguelen Plateau: New Perspectives from ODP Leg 120 Sites. Journal of Petrology 43, 1207–1239. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1207

Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Davis, J.E., Frost, C.D., 2001. A Geochemical classification for granitic rocks. Journal of petrology.

Furman, T., Meyer, P.S., Frey, F., 1992. Evolution of Icelandic central volcanoes: evidence from the Austurhorn intrusion, southeastern Iceland. Bulletin of volcanology 55, 45–62.

Gagnevin, D., Ethien, R., Bonin, B., Moine, B., Féraud, G., Gerbe, M.., Cottin, J.., Michon, G., Tourpin, S., Mamias, G., Perrache, C., Giret, A., 2003. Open-system processes in the genesis of silica-oversaturated alkaline rocks of the Rallier-du-Baty Peninsula, Kerguelen Archipelago (Indian Ocean). Journal of Volcanology and Geothermal Research 123, 267–300. https://doi.org/10.1016/S0377-0273(02)00509-7

Gaina, C., Müller, R.D., Brown, B.J., Ishihara, T., 2003. Microcontinent formation around Australia. Geological Society of America Special Papers 372, 405–416.

Ganerod, M., Torsvik, T.H., van Hinsbergen, D.J.J., Gaina, C., Corfu, F., Werner, S., Owen-Smith, T.M., Ashwal, L.D., Webb, S.J., Hendriks, B.W.H., 2011. Palaeoposition of the Seychelles microcontinent in relation to the Deccan Traps and the Plume Generation Zone in Late Cretaceous-Early Palaeogene time. Geological Society, London, Special Publications 357, 229–252. https://doi.org/10.1144/SP357.12

Gapais, D., 1989. Shear structures within deformed granites: Mechanical and thermal indicators. Geology 17, 1144. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<1144:SSWDGM>2.3.CO;2

Garver, J.I., 2014. Radiation-damage and cooling ages of Precambrian detrital zircon. Presented at the 14th International Conference on Thermochronology, chamonix.

Garver, J.I., Kamp, P.J.J., 2002. Integration of zircon color and zircon fission-track zonation patterns in orogenic belts: application to the Southern Alps, New Zealand. Tectonophysics 349, 203–219. https://doi.org/10.1016/S0040-1951(02)00054-9

Gautier, I., 1987. Les basaltes des îles Kerguelen. Université Paris 6.

Gautier, I., Weis, D., Mennessier, J.P., Vidal, P., Giret, A., Loubet, M., 1990. Petrology and geochemistry of the Kerguelen Archipelago basalts (South Indian Ocean)evolution of the mantle sources from ridge to intraplate position. Earth and Planetary Science Letters 1–3, 59–76. https://doi.org/10.1016/0012-821X(90)90176-X

Gerlach, S., Claußen, O., Rüssel, C., 1999. A voltammetric study on the thermodynamics of the Fe3+/Fe2+-equilibrium in alkali–lime–alumosilicate melts. Journal of Non-Crystalline Solids 248, 92–98. https://doi.org/10.1016/S0022-3093(99)00103-9

Gerlach, S., Claußen, O., Rüssel, C., 1998. Thermodynamics of iron in alkali–magnesia–silica glasses. Journal of Non-Crystalline Solids 238, 75–82. https://doi.org/10.1016/S0022-3093(98)00681-4

Gibbons, A.D., 2012. Regional plate tectonic reconstructions of the Indian Ocean, PhD thesis, the University of Sydney.

Gibbons, A.D., Whittaker, J.M., Müller, R.D., 2013. The breakup of East Gondwana: Assimilating constraints from Cretaceous ocean basins around India into a best-fit tectonic model. Journal of Geophysical research: Solid Earth 118, 808-822. https://doi.org/10.1002/jgrb.50079e.

Giret, A., 1983. Le plutonisme oceanique intraplaque: exemple des Iles Kerguelen, CNFRA. Comité national français pour les recherches antarctiques. Laboratoire de pétrologie, Université Pierre et Marie Curie.

Giret, A., Bonin, B., Leger, J.-M., 1980. Amphibole compositional trends in oversaturated and undersaturated alkaline plutonic ring-composition. The Canadian Mineralogist 18, 481–495.

Giret, A., Chotin, P., Verdier, O., 1988. Des laves aux roches plutoniques. L'exemple du mont Ross, îles Kerguelen. Comptes rendus de l'Academie des Sciences.

Giret, A., Lameyre, J., 1983. A study of Kerguelen plutonism Petrology, Geochronology and Geological Implications, in: Antarctic Earth Science. Oliver, R. L., James, P. R. & Jabo, J. B., Cambridge, pp. 647–651.

Gladczenko, T.P., Coffin, M.F., 2001. Kerguelen Plateau crustal strucure and basin formation from seismic and gravity data. Journal of Geophysical Research 106, 16583–16601. https://doi.org/10.1029/2001JB000370

Glazner, A.F., Bartley, J.M., Coleman, D.S., Gray, W., Taylor, R.Z., 2004. Are plutons assembled over millions of years by amalgamation from small magma chambers? GSA Today 14, 4. https://doi.org/10.1130/1052-5173(2004)014<0004:APAOMO>2.0.CO;2

Götze, J., Kempe, U., Habermann, D., Nasdala, L., Neuser, R.D., Richter, D.., 1999. High-resolution cathodoluminescence combined with SHRIMP ion probe measurements of detrital zircons. Mineralogical Magazine 63, 179–187.

Grégoire, M., 1994. Pétrologie des enclaves ultrabasiques et basiques des îles Kerguelen. Les contraintes minéralogiques et thermobarométriques et leurs implications géodynamiques. Jean Monnet, Saint Etienne.

Grégoire, M., Cottin, J.Y., Giret, A., Mattielli, N., Weis, D., 1998. The meta-igneous granulite xenoliths from Kerguelen Archipelago: evidence of a continent nucleation in an oceanic setting. Contributions to Mineralogy and Petrology 133, 259–283. https://doi.org/10.1007/s004100050451

Grégoire, M., Jackson, I., O'Reilly, S., Cottin, J., 2001. The lithospheric mantle beneath the Kerguelen Islands (Indian Ocean): petrological and petrophysical characteristics of mantle mafic rock types and correlation with seismic profiles. Contributions to Mineralogy and Petrology 142, 244–259. https://doi.org/10.1007/s004100100289

Grégoire, M., Moine, B.N., O'Reilly, S.Y., Cottin, J.Y., Giret, A., 2000. Trace element residence and partitioning in mantle xenoliths metasomatized by highly alkaline, silicate-and carbonate-rich melts (Kerguelen Islands, Indian Ocean). Journal of Petrology 41, 477–509. https://doi.org/10.1093/petrology/41.4.477

Griffin, W.L., Belousova, E.A., Shee, S.R., Pearson, N.J., O'Reilly, S.Y., 2004. Archean crustal evolution in the northern Yilgarn Craton: U–Pb and Hf-isotope evidence from detrital zircons. Precambrian Research 131, 231–282. https://doi.org/10.1016/j.precamres.2003.12.011

Griffin, W.L., Powell, W.J., Pearson, N.J., O'Reilly, S.Y., 2008. Glitter: Data reduction software for laser ablation ICP-MS, in: Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues, Mineralogical Association of Canada Short Course Series. Vancouver, pp. 308–311.

Griffiths, R.W., Campbell, I.H., 1990. Stirring and structure in mantle starting plumes. Earth and Planetary Science Letters 99, 66–78. https://doi.org/10.1016/0012-821X(90)90071-5

Gutscher, M.-A., Olivet, J.-L., Aslanian, D., Eissen, J.-P., Maury, R., 1999. The "lost inca plateau": cause of flat subduction beneath peru? Earth and Planetary Science Letters 171, 335–341. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00153-3

Halden, N.M., Hawthorne, F.C., 1993. The fractal geometry of oscillatory zoning in crystals: Application to zircon. American Mineralogist 78, 1113–116.

Hanchar, J.M., Miller, C.F., 1993. Zircon zonation patterns as revealed by cathodoluminescence and backscattered electron images: Implications for interpretation of complex crustal histories. Chemical Geology 110, 1–13. https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90244-D

Hanchar, J.M., Watson, E.B., 2003. Zircon Saturation Thermometry. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 53, 89–112. https://doi.org/10.2113/0530089

Harker, A., 1909. The Natural History of Igneous Rocks. MacMillan, New York. https://doi.org/10.1017/CBO9780511920424

Harris, C., 1983. The Petrology of Lavas and Associated Plutonic Inclusions of Ascension Island. Journal of Petrology 24, 424–470. https://doi.org/10.1093/petrology/24.4.424

Harris, C., Marsh, J.S., Milner, S.C., 1999. Petrology of the Alkaline Core of the Messum Igneous Complex, Namibia: Evidence for the Progressively Decreasing Effect of Crustal Contamination. Journal of Petrology 40, 1377–1397. https://doi.org/10.1093/petroj/40.9.1377

Harrison, T.M., Clarke, G.K.C., 1979. A model of the thermal effects of igneous intrusion and uplift as applied to Quottoon pluton, British Columbia. Canadian Journal of Earth Sciences 16, 411–420. https://doi.org/10.1139/e79-039

Hassler, D.R., Shimizu, N., 1998. Osmium Isotopic Evidence for Ancient Subcontinental Lithospheric Mantle Beneath the Kerguelen Islands, Southern Indian Ocean. Science 280, 418–421. https://doi.org/10.1126/science.280.5362.418

Hawthorne, F.C., Oberti, R., Harlow, G.E., Maresch, W.V., Martin, R.F., Schumacher, J.C., Welch, M.D., 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. American Mineralogist 97, 2031–2048. https://doi.org/10.2138/am.2012.4276

Henderson, C.M.B., Pendlebury, K., Foland, K.A., 1989. Mineralogy and Petrology of the Red Hill Alkaline Igneous Complex, New Hampshire, U.S.A. Journal of Petrology 30, 627–666. https://doi.org/10.1093/petrology/30.3.627

Hoffman, J.F., Long, J.V.P., 1984. Unusual sector zoning in Lewisian zircons. Mineralogical magazine 48, 513–517. https://doi.org/10.1180/minmag.1984.048.349.05

Hopkinson, J., 1890. Magnetic properties of alloys of nickel and iron. Proceedings of the Royal Society of London 1–13.

Horsman, E., Morgan, S., St Blanquat, M. (de), Habert, G., Nugent, A., Hunter, R.A., Tikoff, B., 2009. Emplacement and assembly of shallow intrusions from multiple magma pulses, Henry Mountains, Utah. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh 100, 117–132. https://doi.org/10.1017/S1755691009016089

Horsman, E., Tikoff, B., Morgan, S., 2005. Emplacement-related fabric and multiple sheets in the Maiden Creek sill, Henry Mountains, Utah, USA. Journal of Structural Geology 27, 1426–1444. https://doi.org/10.1016/j.jsg.2005.03.003

Hoskin, P.W., Schaltegger, U., 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. Reviews in mineralogy and geochemistry 53, 27–62. https://doi.org/10.2113/0530027

Hoskin, P.W.O., 2000. Patterns of chaos: fractal statistics and the oscillatory chemistry of zircon. Geochimica et Cosmochimica Acta 64, 1905–1923. https://doi.org/10.1016/S0016-7037(00)00330-6

Ingle, S., Weis, D., Doucet, S., Mattielli, N., 2003. Hf isotope constraints on mantle sources and shallow-level contaminants during Kerguelen hot spot activity since ~120 Ma: Hf isotope constraints on mantle sources. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 4, n/a-n/a. https://doi.org/10.1029/2002GC000482

Ingle, S., Weis, D., Scoates, J.S., Frey, F.A., 2002. Relationship between the early Kerguelen plume and continental £ood basalts of the paleo-Eastern Gondwanan margins. Earth and Planetary Science Letters 197, 35–50. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)00473-9

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian journal of earth sciences 8, 523–548. https://doi.org/10.1139/e71-055

Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. Chemical Geology 211, 47–69. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017

Jacobson, R.R.E., MacLeod, W.N., Black, R., 1958. Ring-complexes in the younger granite province of Northern Nigeria, Geologycal Society of London. ed. London.

Jagoutz, O.E., 2010. Construction of the granitoid crust of an island arc. Part II: a quantitative petrogenetic model. Contributions to Mineralogy and Petrology 160, 359–381. https://doi.org/10.1007/s00410-009-0482-6

Johnson, B.R., Glazner, A.F., 2010. Formation of K-feldspar megacrysts in granodioritic plutons by thermal cycling and late-stage textural coarsening. Contributions to Mineralogy and Petrology 159, 599–619. https://doi.org/10.1007/s00410-009-0444-z

Jung, S., Hoffer, E., Hoernes, S., 2007. Neo-Proterozoic rift-related syenites (Northern Damara Belt, Namibia): Geochemical and Nd–Sr–Pb–O isotope constraints for mantle sources and petrogenesis. Lithos 96, 415–435. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2006.11.005

Kennedy, B., Stix, J., 2007. Magmatic processes associated with caldera collapse at Ossipee ring dyke, New Hampshire. Geological Society of America Bulletin 119, 3–17. https://doi.org/10.1130/B25980.1

Kent, D.V., Gradstein, F.M., 1986. A Jurassic to recent chronology, in: The Geology of North America. pp. 45–50.

Kent, R.W., Pringle, M.S., Muller, R.D., Saunders, A., Ghose, N.C., 2002. 40Ar/39Ar Geochronology of the Rajmahal Basalts, India, and their Relationship to the Kerguelen Plateau. Journal of Petrology 43, 1141–1153. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1141

Kieffer, B., Arndt, N.T., Weis, D., 2002. A bimodal alkalic shield volcano on shiff bank: its place in the evolution of the Kerguelen plateau. Journal of Petrology 43, 1259–1286.

Klinger, M., Kempe, U., Pöpl, A., Böttcher, R., Trinkler, M., 2012. Paramagnetic hole centres in natural zircon and zircon colouration. European Journal of Mineralogy 24, 1005–1016. https://doi.org/10.1127/0935-1221/2012/0024-2236

Kogarko, L.N., 1974. Role of volatiles, in: The Alkaline Rocks. H. Sorensen, London, pp. 474–487.

Kogarko, L.N., Lahaye, Y., Brey, G.P., 2010. Plume-related mantle source of super-large rare metal deposits from the Lovozero and Khibina massifs on the Kola Peninsula, Eastern part of Baltic Shield: Sr, Nd and Hf isotope systematics. Mineralogy and Petrology 98, 197–208. https://doi.org/10.1007/s00710-009-0066-1

Köksal, S., Cemal Göncüoglu, M., Toksoy-Köksal, F., Möller, A., Kemnitz, H., 2008. Zircon typologies and internal structures as petrogenetic indicators in contrasting granitoid types from central Anatolia, Turkey. Mineralogy and Petrology 93, 185–211. https://doi.org/10.1007/s00710-007-0228-y

Kostov, I., 1973. Zircon morphology as a Crystallogenetic indicator. Kristall und Technik 8, 11–19. https://doi.org/10.1002/crat.19730080103

Kramm, U., Kogarko, L.N., 1994. Nd and Sr isotope signatures of the Khibina and Lovozero agpaitic centres, Kola Alkaline province, Russia. Lithos 32, 225–242. https://doi.org/10.1016/0024-4937(94)90041-8

Kress, V.., Carmichael, I.S.., 1988. Stoichiometry of the iron oxidation reaction in silicate melts. American Mineralogist 73, 1267–1274.

Kroenke, L.W., 1974. Origin of continents through development and coalescence of oceanic flood basalt plateaus. EOS. Trans. AGU, Fall Meeting 443.

Lameyre, J., Marot, A., Zimine, S., Cantagrel, J.M., Dosso, L., Vidal, P., 1976. Chronological evolution of the Kerguelen Islands syenite–granite ring complex. Nature 263, 306–307. https://doi.org/10.1038/263306a0

Landoll, J.D., Foland, K.A., Henderson, C.M.B., 1994. Nd isotopes demonstrate the role of contamination in the formation of coexisting quartz and nepheline syenites at the Abu Khruq Complex, Egypt. Contributions to Mineralogy and Petrology 117, 305–329. https://doi.org/10.1007/BF00310871

Lange, R.A., Carmichael, I.S.., 1989. Ferric-ferrous equilibria in Na2O-FeO-Fe2O3-SiO2 melts: Effects of analytical techniques on derived partial molar volumes. Geochimica et Cosmochimica Acta 53, 2195–2204. https://doi.org/10.1016/0016-7037(89)90343-8

Larsen, L.M., 1976. Clinopyroxenes and Coexisting Mafic Minerals from the Alkaline Ilimaussaq Intrusion, South Greenland. Journal of Petrology 17, 258–290. https://doi.org/10.1093/petrology/17.2.258

Larsen, L.M., Sørensen, H., 1987. The Ilímaussaq intrusion—progressive crystallization and formation of layering in an agpaitic magma. Geological Society, London, Special Publications 30, 473–488. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1987.030.01.23

Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, E., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W., Youzhi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. European Journal of Mineralogy 9, 623–651. https://doi.org/10.1127/ejm/9/3/0623

Leake, B.E., Woolley, A.R., Birch, W.D., Burke, E.A.J., Ferraris, G., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Schumacher, J.C., Stephenson, N.C.N., Whittaker, E.J.W., 2004. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. Mineralogical Magazine 68, 209–215. https://doi.org/10.1180/0026461046810182

Leclaire, L., Bassias, Y., Denis-Clocchiatti, M., Davies, H., Gautier, I., Gensous, B., Giannesini, P.-J., Patriat, P., Segoufin, J., Tesson, M., others, 1987. Lower Cretaceous basalt and sediments from the Kerguelen Plateau. Geo-marine letters 7, 169–176. https://doi.org/10.1007/BF02242768

Leuthold, J., Blundy, J.D., Holness, M.B., Sides, R., 2014. Successive episodes of reactive liquid flow through a layered intrusion (Unit 9, Rum Eastern Layered Intrusion, Scotland). Contributions to Mineralogy and Petrology 168. https://doi.org/10.1007/s00410-014-1021-7

Leuthold, J., Müntener, O., Baumgartner, L.P., Putlitz, B., Ovtcharova, M., Schaltegger, U., 2012. Time resolved construction of a bimodal laccolith (Torres del Paine, Patagonia). Earth and Planetary Science Letters 325–326, 85–92. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.01.032

Leyrit, H., 1992. Kerguelen: Cartographie et magmatologie des presqu'îles Jeanne d'arc et Ronarc'h. Paris Sud, Orsay.

Locock, A.J., 2014. An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations. Computers & Geosciences 62, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.09.011

Loftus, T., Weis, D., Scoates, J.S., Giret, A., 2011. The 13 Ma Monts Ballons alkalic plutonic suite, Kerguelen Archipelago, Indian Ocean, in: American Geophysical Union, Fall Meeting 2011. Presented at the AGU.

Magee, C., Stevenson, C., O'Driscoll, B., Schofield, N., McDermott, K., 2012. An alternative emplacement model for the classic Ardnamurchan cone sheet swarm, NW Scotland, involving lateral magma supply via regional dykes. Journal of Structural Geology 43, 73–91. https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.08.004

Mahan, K.H., Bartley, J.M., Coleman, D.S., Glazner, A.F., Carl, B.S., 2003. Sheeted intrusion of the synkinematic McDoogle pluton, Sierra Nevada, California. Geological Society of America Bulletin 115, 1570. https://doi.org/10.1130/B22083.1

Mahoney, J.J., Jones, W.B., Frey, F.A., Salters, V.J.M., Pyle, D.G., Davies, H.L., 1995. Geochemical characteristics of lavas from Broken Ridge, the Naturaliste Plateau and southernmost Kerguelen Plateau: Cretaceous plateau volcanism in the southeast Indian Ocean. Chemical Geology 120, 315–345. https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00144-W

Markl, G., Marks, M.A.W., Frost, B.R., 2010. On the Controls of Oxygen Fugacity in the Generation and Crystallization of Peralkaline Melts. Journal of Petrology 51, 1831–1847. https://doi.org/10.1093/petrology/egq040

Marks, M., Halama, R., Wenzel, T., Markl, G., 2004. Trace element variations in clinopyroxene and amphibole from alkaline to peralkaline syenites and granites: implications for mineral?melt trace-element partitioning. Chemical Geology 211, 185–215. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.032

Marks, M., Markl, G., 2001. Fractionation and Assimilation Processes in the Alkaline Augite Syenite Unit of the Ilímaussaq Intrusion, South Greenland, as Deduced from Phase Equilibria. Journal of Petrology 42, 1947–1969. https://doi.org/10.1093/petrology/42.10.1947

Marks, M., Vennemann, T., Siebel, W., Markl, G., 2003. Quantification of Magmatic and Hydrothermal Processes in a Peralkaline Syenite-Alkali Granite Complex Based on Textures, Phase Equilibria, and Stable and Radiogenic Isotopes. Journal of Petrology 44, 1247–1280. https://doi.org/10.1093/petrology/44.7.1247

Marks, M.A.W., Markl, G., 2017. A global review on agpaitic rocks. Earth-Science Reviews 173, 229–258. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.002

Marks, M.A.W., Schilling, J., Coulson, I.M., Wenzel, T., Markl, G., 2008. The Alkaline-Peralkaline Tamazeght Complex, High Atlas Mountains, Morocco: Mineral Chemistry and Petrological Constraints for Derivation from a Compositionally Heterogeneous Mantle Source. Journal of Petrology 49, 1097–1131. https://doi.org/10.1093/petrology/egn019

Marot, A., Zimine, S., 1976. Les complexes annulaires de syenites et granites alcalins dans la peninsule de Rallier du Baty (Iles Kerguelen, T.A.A.F). Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, Laboratoire Scientifique des T.A.A.F.

Marsh, B.D., Gunnarsson, B., Congdon, R., Carmody, R., 1991. Hawaiian basalt and Icelandic rhyolite: Indicators of differentiation and partial melting. Geologische Rundschau 80, 481–510. https://doi.org/10.1007/BF01829378

Martin, E., Martin, H., Sigmarsson, O., 2008. Could Iceland be a modern analogue for the Earth's early continental crust? Terra Nova 20, 463–468. https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2008.00839.x

Martin, E., Sigmarsson, O., 2007. Crustal thermal state and origin of silicic magma in Iceland: the case of Torfajökull, Ljósufjöll and Snæfellsjökull volcanoes. Contributions to Mineralogy and Petrology 153, 593–605. https://doi.org/10.1007/s00410-006-0165-5

Martin, R., 2006. A-type granites of crustal origin ultimately result from open-system fenitization-type reactions in an extensional environment. Lithos 91, 125–136. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2006.03.012

Mathieu, L., Byrne, P., Guillaume, D., van Wyk de Vries, B., Moine, B., 2011. The field and remote sensing analysis of the Kerguelen Archipelago structure, Indian Ocean. Journal of Volcanology and Geothermal Research 199, 206–215. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.11.013

Mattielli, N., Weis, D., Blicherttoft, J., Albarède, F., 2002. Hf Isotope Evidence for a Miocene Change in the Kerguelen Mantle Plume Composition. Journal of Petrology 43, 1327–1339. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1327

Mattielli, N., Weis, D., Scoates, J.S., Shimizu, N., Grégoire, M., Mennessier, J.P., Cottin, J.-Y., Giret, A., 1999. Evolution of Heterogeneous Lithospheric Mantle in a Plume Environment Beneath the Kerguelen Archipelago. Journal of Petrology 40, 1721–1744. https://doi.org/10.1093/petroj/40.11.1721

Mattinson, J.M., Graubard, C.M., Parkinson, D.L., McClelland, W.C., 1996. U-Pb Reverse Discordance in Zircons: The Role of Fine-Scale Oscillatory Zoning and Sub-Micron Transport of Pb, in: Basu, A., Hart, S. (Eds.), Earth Processes: Reading the Isotopic Code. American Geophysical Union, Washington, D. C., pp. 355–370. https://doi.org/10.1029/GM095p0355

McDonough, W.F., Sun, S. -s., 1995. The composition of the Earth. Chemical Geology 120, 223–253. https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4

Menand, T., Annen, C., St Blanquat, M. (de), 2015. Rates of magma transfer in the crust: Insights into magma reservoir recharge and pluton growth. Geology 43, 199–202. https://doi.org/10.1130/G36224.1

Menand, T., St Blanquat, M. (de), Annen, C., 2011. Emplacement of magma pulses and growth of magma bodies. Tectonophysics 500, 1–2. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2010.05.014

Michel, J., Baumgartner, L.P., Putlitz, B., Schaltegger, U., Ovtcharova, M., 2008. Incremental growth of the Patagonian Torres del Paine laccolith over 90 k.y. Geology 36, 459–465.

Middlemost, E.A.K., 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system. Earth-Science Reviews 37, 215–224. https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9

Miller, C.F., Furbish, D.J., Walker, B.A., Claiborne, L.L., Koteas, G.C., Bleick, H.A., Miller, J.S., 2011. Growth of plutons by incremental emplacement of sheets in crystal-rich host: Evidence from Miocene intrusions of the Colorado River region, Nevada, USA. Tectonophysics 500, 65–77. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.07.011

Miller, C.F., McDowell, S.M., Mapes, R.W., 2003. Hot and cold granites? Implications of zircon saturation temperatures and preservation of inheritance. Geology 31, 529. https://doi.org/10.1130/0091-7613(2003)031<0529:HACGIO>2.0.CO;2

Mills, R.D., Glazner, A.F., 2013. Experimental study on the effects of temperature cycling on coarsening of plagioclase and olivine in an alkali basalt. Contributions to Mineralogy and Petrology 166, 97–111. https://doi.org/10.1007/s00410-013-0867-4

Mingram, B., Trumbull, R.., Littman, S., Gerstenberger, H., 2000. A petrogenetic study of anorogenic felsic magmatism in the Cretaceous Paresis ring complex, Namibia: evidence for mixing of crust and mantle-derived components. Lithos 54, 1–22. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00033-5

Mitchell, R.H., 1996. Compositional Variation of Pyroxene and Mica from the Little Murun Ultrapotassic Complex, Aldan Shield, Russia. Mineralogical Magazine 60, 907–925. https://doi.org/10.1180/minmag.1996.060.403.06

Mitchell, R.H., 1990. A review of the compositional variation of amphiboles in alkaline plutonic complexes. Lithos 26, 135–156. https://doi.org/10.1016/0024-4937(90)90044-2

Mitchell, R.H., Platt, R.G., 1982. Mineralogy and Petrology of Nepheline Syenites from the Coldwell Alkaline Complex, Ontario, Canada. Journal of Petrology 23, 186–214. https://doi.org/10.1093/petrology/23.2.186

Montelli, R., 2004. Finite-Frequency Tomography Reveals a Variety of Plumes in the Mantle. Science 303, 338–343. https://doi.org/10.1126/science.1092485

Moore, J., White, W.M., Paul, D., Duncan, R.A., Abouchami, W., Galer, S.J.G., 2011. Evolution of shield-building and rejuvenescent volcanism of Mauritius. Journal of Volcanology and Geothermal Research 207, 47–66. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.07.005

Morgan, J.., Reston, T.., Ranero, C.., 2004. Contemporaneous mass extinctions, continental flood basalts, and 'impact signals': are mantle plume-induced lithospheric gas explosions the causal link? Earth and Planetary Science Letters 217, 263–284. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00602-2

Morgan, S., Stanik, A., Horsman, E., Tikoff, B., de Saint Blanquat, M., Habert, G., 2008. Emplacement of multiple magma sheets and wall rock deformation: Trachyte Mesa intrusion, Henry Mountains, Utah. Journal of Structural Geology 30, 491–512. https://doi.org/10.1016/j.jsg.2008.01.005

Morgan, W.J., 1971. Convection Plumes in the Lower Mantle. Nature 230, 42–43. https://doi.org/10.1038/230042a0

Nasdala, L., Lengauer, C.L., Hanchar, J.M., Kronz, A., Wirth, R., Blanc, P., Kennedy, A.K., Seydoux-Guillaume, A.-M., 2002. Annealing radiation damage and the recovery of cathodoluminescence. Chemical Geology 191, 121–140. https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00152-3

Nash, W.P., 1972. Mineralogy and Petrology of the Iron Hill Carbonatite Complex, Colorado. Geological Society of America Bulletin 83, 1361. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[1361:MAPOTI]2.0.CO;2

Neal, C.R., Davidson, J.P., 1989. An unmetasomatized source for the Malaitan alnöite (Solomon Islands): Petrogenesis involving zone refining, megacryst fractionation, and assimilation of oceanic lithosphere. Geochimica et Cosmochimica Acta 53, 1975–1990. https://doi.org/10.1016/0016-7037(89)90318-9

Neal, C.R., Mahoney, J.J., Chazey III, W.J., 2002. Mantle sources and highly variable role of continental lithosphere in basalt petrogenesis of the Kerguelen Plateau and Broken Ridge LIP: Results from ODP Leg 183. Journal of Petrology 43, 1177–1205. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1177

Nesbitt, R.W., Talbot, J.L., 1966. The layered basic and ultrabasic intensives of the Giles Complex, Central Australia. Contributions to Mineralogy and Petrology 13, 1–11. https://doi.org/10.1007/BF00518123

Nicolaysen, K., Bowring, S.A., Frey, F.A., Weis, D., Pringle, M.S., Coffin, M.F., 2001. Provenance of Proterozoic garnet-biotite gneiss recovered from Elan Bank, Kerguelen Plateau, southern Indian

Ocean. Geology 29, 235–238. https://doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029<0235:POPGBG>2.0.CO;2

Nicolaysen, K., Frey, F.A., Hodges, K.V., Weis, D., Giret, A., 2000. 40Ar/39Ar geochronology of flood basalts from the Kerguelen Archipelago, southern Indian Ocean: implications for Cenozoic eruption rates of the Kerguelen plume. Earth and Planetary Science Letters 174, 313–328. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00271-X

Nougier, J., 1972. Geochronology of the Volcanic activity in îles Kerguelen, in: Antarctic Geology and Geophysics, Scientific Committee on Antarctic Research. R.J. Adie, Oslo, pp. 809–815.

Nougier, J., 1969. Contribution à l'étude géologique et géomorphologique des îles Kerguelen, CNFRA. Comité national français pour les recherches antarctiques.

Nougier, J., 1963. Les phases volcaniques successives dans la péninsule Rallier du Baty (archipel des Kerguelen). Comptes rendus de l'Academie des Sciences.

Nougier, J., Ballestracci, R., Blavoux, B., 1982. Les manifestations post-volcaniques dans les îles australes françaises 'TAAF): zones fumerolliennes et sources thermo-minérales. Comptes rendus de l'Academie des Sciences 295, 389–392.

Nougier, J., Pawlowski, D., Cantagrel, J.-M., 1983. Chronospatial Evolution of the Volcanic Activity in Southeastern Kerguelen (T.A.A.F.), in: Antarctic Earth Science. Oliver, R. L., James, P. R. & Jabo, J. B., Cambridge, pp. 640–645.

Nur, A., Ben-Avraham, Z., 1982. Oceanic plateaus, the fragmentation of continents, and mountain building. Journal of Geophysical Research 87, 3644. https://doi.org/10.1029/JB087iB05p03644

Olierook, H.K.H., Jourdan, F., Merle, R.E., Timms, N.E., Kusznir, N., Muhling, J.R., 2016. Bunbury Basalt: Gondwana breakup products or earliest vestiges of the Kerguelen mantle plume? Earth and Planetary Science Letters 440, 20–32. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.02.008

Olierook, H.K.H., Merle, R.E., Jourdan, F., 2017. Toward a Greater Kerguelen large igneous province: Evolving mantle source contributions in and around the Indian Ocean. Lithos 282–283, 163–172. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.03.007

Olierook, H.K.H., Merle, R.E., Jourdan, F., Sircombe, K., Fraser, G., Timms, N.E., Nelson, G., Dadd, K.A., Kellerson, L., Borissova, I., 2015. Age and geochemistry of magmatism on the oceanic Wallaby Plateau and implications for the opening of the Indian Ocean. Geology 43, 971–974. https://doi.org/10.1130/G37044.1

Operto, S., Charvis, P., 1996. Deep structure of the southern Kerguelen Plateau (southern Indian Ocean) from ocean bottom seismometer wide-angle seismic data. Journal of Geophysical Research 101, 25077–25103. https://doi.org/10.1029/96JB01758

Operto, S., Charvis, P., 1995. Kerguelen Plateau: A volcanic passive margin fragment? Geology 23, 137–140.

Owen-Smith, T.M., Ashwal, L.D., Torsvik, T.H., Ganerød, M., Nebel, O., Webb, S.J., Werner, S.C., 2013. Seychelles alkaline suite records the culmination of Deccan Traps continental flood volcanism. Lithos 182–183, 33–47. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.09.011

Pankhurst, R.J., Beckinsale, R.D., Brooks, C.K., 1976. Strontium and oxygen isotope evidence relating to the petrogenesis of the Kangerdlugssuaq alkaline instrusion, East Greenland. Contributions to Mineralogy and Petrology 54, 17–42. https://doi.org/10.1007/BF00370870

Petford, N., Cruden, A.R., McCaffrey, K.J.., Vigneresse, J.-L., 2000. Granite magma formation, transport and emplacement in the Earth's crust. Nature 408, 669–673. https://doi.org/10.1038/35047000

Pidgeon, R.T., 1992. Recrystallisation of oscillatory zoned zircon: some geochronological and petrological implications. Contributions to Mineralogy and Petrology 110, 463–472. https://doi.org/10.1007/BF00344081

Pidgeon, R.T., Compston, W., 1992. A SHRIMP ion microprobe study of inherited and magmatic zircons from four Scottish Caledonian granites. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences 83, 473–483. https://doi.org/10.1017/S0263593300008142

Platt, R.G., Wall, F., Williams, C.T., Woolley, A.R., 1987. Zirconolite, chevkinite and other rare earth minerals from nepheline syenites and peralkaline granites and syenites of the Chilwa Alkaline Province, Malawi. Mineralogical Magazine 51, 253–263.

Poldervaart, A., 1955. Zircons in rocks; Part 1, Sedimentary rocks; Part 2, Igneous rocks. American Journal of Science 253, 433–461. https://doi.org/10.2475/ajs.253.8.433

Pringle, M.S., 2008. A simple linear age progression for the Ninetyeast Ridge, Indian Ocean: New constraints on Indian plate motion and hot spot dynamics. EOS. Trans. AGU, Fall Meeting, Fall Meet. Suppl. 89, Abstract T54B-03.

Pringle, M.S., 2007. New Ar/Ar ages from the Ninetyeast Ridge, Indian Ocean: Beginning of a robust Indo-Atlantic hotspot reference frame. EOS. Trans. AGU, Fall Meeting 88, Abstract U13A-0871.

Pupin, J.P., 1980. Zircon and granite petrology. Contributions to Mineralogy and Petrology 73, 207–220. https://doi.org/10.1007/BF00381441

Quilty, P.G., Wheller, G.E., 2000. Heard Island and the McDonald Islands: a window into the Kerguelen Plateau, in: Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania. pp. 1–12.

Recq, M., Brefort, D., Malod, J., Veinante, J.-L., 1990. The Kerguelen Isles (southern Indian Ocean): new results on deep structure from refraction profiles. Tectonophysics 182, 227–248. https://doi.org/10.1016/0040-1951(90)90165-5

Remond, G., Phillips, M.R., Roques-Carmes, C., 2000. Importance of Instrumental and Experimental Factors on the Interpretation of Cathodoluminescence Data from Wide Band Gap Materials, in: Pagel, M., Barbin, V., Blanc, P., Ohnenstetter, D. (Eds.), Cathodoluminescence in Geosciences. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 59–126. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04086-7_4

Richey, J.E., 1928. The Structural Relations of the Mourne Granites, Northern Ireland. Quarterly Journal of the Geological Society 83, 653–687. https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1927.083.01-05.27

Ridolfi, F., Renzulli, A., Macdonald, R., Upton, B., 2006. Peralkaline syenite autoliths from Kilombe volcano, Kenya Rift Valley: Evidence for subvolcanic interaction with carbonatitic fluids. Lithos 91, 373–392. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2006.03.026

Riishuus, M.S., Peate, D.W., Tegner, C., Wilson, J.R., Brooks, C.K., 2008. Petrogenesis of Cogenetic Silica-Oversaturated and -Undersaturated Syenites by Periodic Recharge in a Crustally Contaminated Magma Chamber: the Kangerlussuaq Intrusion, East Greenland. Journal of Petrology 49, 493–522. https://doi.org/10.1093/petrology/egm090

Riley, T.R., Leat, P.T., Storey, B.C., Parkinson, I.J., Millar, I.L., 2003. Ultramafic lamprophyres of the Ferrar large igneous province: evidence for a HIMU mantle component. Lithos 66, 63–76. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(02)00213-X

Romé De l'Isle (de), J.-B.L., 1772. Essai de cristallographie ou description des figures géométriques propres à différents corps du règne minéral. Didot, Paris.

Roubault, M., 1963. Détermination des minéraux des roches au microscope, Lamarre-Poinat. ed. Paris.

Royer, J.-Y., Coffin, M.F., 1988. 50. Jurassic to eocene plate tectonic reconstructions in the Kerguelen plateau region, in: Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results. pp. 917–928.

Royer, J.-Y., Sandwell, D.T., 1989. Evolution of the eastern Indian Ocean since the Late Cretaceous: Constraints from Geosat altimetry. Journal of Geophysical Research: Solid Earth 94, 13755–13782. https://doi.org/10.1029/JB094iB10p13755

Royer, J.-Y., Schlich, R., 1988. Southeast Indian Ridge Between the Rodriguez Triple Junction and the Amsterdam and Saint-Paul Islands: Detailed Kinematics for the Past 20 m.y. Journal of Geophysical Research: Solid Earth 93, 13524–13550. https://doi.org/10.1029/JB093iB11p13524

Rubatto, D., Gebauer, D., 2000. Use of Cathodoluminescence for U-Pb Zircon Dating by Ion Microprobe: Some Examples from the Western Alps, in: Pagel, M., Barbin, V., Blanc, P., Ohnenstetter, D. (Eds.), Cathodoluminescence in Geosciences. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 373–400. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04086-7_15

Rüssel, C., Wiedenroth, A., 2004. The effect of glass composition on the thermodynamics of the Fe2+/Fe3+ equilibrium and the iron diffusivity in Na2O/MgO/CaO/Al2O3/SiO2 melts. Chemical Geology 213, 125–135. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.08.037

Saunders, A.D., Tarney, J., Kerr, A.C., Kent, R.W., 1996. The formation and fate of large oceanic igneous provinces. Lithos 37, 81–95. https://doi.org/10.1016/0024-4937(95)00030-5

Schärer, U., 1984. The effect of initial230Th disequilibrium on young UPb ages: the Makalu case, Himalaya. Earth and Planetary Science Letters 67, 191–204. https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90114-6

Schärer, U., Tapponnier, P., Lacassin, R., Leloup, P.H., Zhong Dalai, Ji Shaocheng, 1990. Intraplate tectonics in Asia: A precise age for large-scale Miocene movement along the Ailao Shan-Red River shear zone, China. Earth and Planetary Science Letters 97, 65–77. https://doi.org/10.1016/0012-821X(90)90099-J

Schonenberger, J., Markl, G., 2008. The Magmatic and Fluid Evolution of the Motzfeldt Intrusion in South Greenland: Insights into the Formation of Agpaitic and Miaskitic Rocks. Journal of Petrology 49, 1549–1577. https://doi.org/10.1093/petrology/egn037

Scoates, J.S., Weis, D., Franssens, M., Mattielli, N., Annell, H., Frey, F.A., Nicolaysen, K., Giret, A., 2007. The Val Gabbro Plutonic Suite: A Sub-volcanic Intrusion Emplaced at the End of Flood Basalt Volcanism on the Kerguelen Archipelago. Journal of Petrology 49, 79–105. https://doi.org/10.1093/petrology/egm071

Scott, D.J., Helmstaedt, H., Bickle, M.J., 1992. Purtuniq ophiolite, Cape Smith belt, northern Quebec, Canada: A reconstructed section of Early Proterozoic oceanic crust. Geology 20, 173. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1992)020<0173:POCSBN>2.3.CO;2

Shaw, H.R., 1985. Links between magma-tectonic rate balances, plutonism, and volcanism. Journal of Geophysical Research 90, 11275. https://doi.org/10.1029/JB090iB13p11275

Sørensen, H., 1974. The Alkaline Rocks, Wiley and Sons. ed. H. Sorensen, London.

St Blanquat, M. (de), Habert, G., Horsman, E., Morgan, S.S., Tikoff, B., Launeau, P., Gleizes, G., 2006. Mechanisms and duration of non-tectonically assisted magma emplacement in the upper crust: The Black Mesa pluton, Henry Mountains, Utah. Tectonophysics 428, 1–31. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.07.014

St Blanquat, M. (de), Horsman, E., Habert, G., Morgan, S., Vanderhaeghe, O., Law, R., Tikoff, B., 2011. Multiscale magmatic cyclicity, duration of pluton construction, and the paradoxical relationship between tectonism and plutonism in continental arcs. Tectonophysics 500, 20–33. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.12.009

St Blanquat, M. (de), Law, R.D., Bouchez, J.-L., Morgan, S.S., 2001. Internal structure and emplacement of the Papoose Flat pluton: An integrated structural, petrographic, and magnetic susceptibility study. Geological Society of America Bulletin 113, 976–995. https://doi.org/10.1130/0016-7606(2001)113<0976:ISAEOT>2.0.CO;2

Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. Earth and Planetary Science Letters 26, 207–221. https://doi.org/10.1016/0012-821X(75)90088-6

Stephenson, D., 1972. Alkali clinopyroxenes from nepheline syenites of the South Qôroq Centre, south Greenland. Lithos 5, 187–201. https://doi.org/10.1016/0024-4937(72)90069-2

Stevenson, C.T.E., Owens, W.H., Hutton, D.H.W., Hood, D.N., Meighan, I.G., 2007. Laccolithic, as opposed to cauldron subsidence, emplacement of the Eastern Mourne pluton, N. Ireland: evidence from anisotropy of magnetic susceptibility. Journal of the Geological Society 164, 99–110. https://doi.org/10.1144/0016076492006-008

Stevenson, R., Upton, B.G.J., Steenfelt, A., 1997. Crust-mantle interaction in the evolution of the Ilímaussaq Complex, South Greenland: Nd isotopic studies. Lithos 40, 189–202. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(97)00025-X

Sun, S. -s., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society, London, Special Publications 42, 313–345. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19

Sushchevskaya, N.M., Migdisova, N.A., Antonov, A.V., Krymsky, R.S., Belyatsky, B.V., Kuzmin, D.V., Bychkova, Y.V., 2014. Geochemical features of the quaternary lamproitic lavas of Gaussberg Volcano, East Antarctica: Result of the impact of the Kerguelen plume. Geochemistry International 52, 1030–1048. https://doi.org/10.1134/S0016702914120106

Tappe, S., Foley, S.F., Jenner, G.A., Heaman, L.M., Kjarsgaard, B.A., Romer, R.L., Stracke, A., Joyce, N., Hoefs, J., 2006. Genesis of Ultramafic Lamprophyres and Carbonatites at Aillik Bay, Labrador: a

Consequence of Incipient Lithospheric Thinning beneath the North Atlantic Craton. Journal of Petrology 47, 1261–1315. https://doi.org/10.1093/petrology/egl008

Tikku, A.A., Cande, S.C., 2000. On the fit of Broken Ridge and Kerguelen plateau. Earth and Planetary Science Letters 180, 117–132. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(00)00157-6

Tikoff, B., St Blanquat, M. (de), Teyssier, C., 1999. Translation and the resolution of the pluton space problem. Journal of Structural Geology 21, 1109–1117. https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00058-9

Tilley, C.E., 1950. Some aspects of magmatic evolution. Quarterly Journal of the Geological Society 106, 37–61. https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1950.106.01-04.04

Timms, N.E., Reddy, S.M., 2009. Response of cathodoluminescence to crystal-plastic deformation in zircon. Chemical Geology 261, 12–24. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2008.09.008

Troll, V.R., Walter, T.R., Schmincke, H.-U., 2002. Cyclic caldera collapse: Piston or piecemeal subsidence? Field and experimental evidence. Geology 30, 135. https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0135:CCCPOP>2.0.CO;2

Tucker, R.D., Ashwal, L.D., Torsvik, T.H., 2001. U–Pb geochronology of Seychelles granitoids: a Neoproterozoic continental arc fragment. Earth and Planetary Science Letters 187, 27–38. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00282-5

Uenzelmann-Neben, G., 2013. Volcanology: Magma giant. Nature Geoscience 6, 902–903. https://doi.org/10.1038/ngeo1958

Ussing, N.V., 1912. Geology of the country around Julianehaab, Greenland. Meddelelser om Grønland, C.A. Reitzel. ed. Copenhagen.

Vail, J.R., 1985. Alkaline ring complexes in Sudan. Journal of African Earth Sciences (1983) 3, 51–59. https://doi.org/10.1016/0899-5362(85)90022-3

Vavra, G., 1993. A guide to quantitative morphology of accessory zircon. Chemical Geology 110, 15–28. https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90245-E

Vavra, G., 1990. On the kinematics of zircon growth and its petrogenetic significance: a cathodoluminescence study. Contributions to Mineralogy and Petrology 106, 90–99.

Vigneresse, J.L., Barbey, P., Cuney, M., 1996. Rheological Transitions During Partial Melting and Crystallization with Application to Felsic Magma Segregation and Transfer. Journal of Petrology 37, 1579–1600. https://doi.org/10.1093/petrology/37.6.1579

Vigneresse, J.-L., Tikoff, B., Améglio, L., 1999. Modification of the regional stress field by magma intrusion and formation of tabular granitic plutons. Tectonophysics 302, 203–224. https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00285-6

Vuorinen, J.H., 2005. The Alnö alkaline and carbonatitic complex, east central Sweden – a petrogenetic study. Stockholm, Stockholm.

Wasilewski, B., Doucet, L.S., Moine, B., Beunon, H., Delpech, G., Mattielli, N., Debaille, V., Delacour, A., Grégoire, M., Guillaume, D., Cottin, J.-Y., 2017. Ultra-refractory mantle within oceanic plateau: Petrology of the spinel harzburgites from Lac Michèle, Kerguelen Archipelago. Lithos 272–273, 336–349. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.12.010

Watkins, N.D., Gunn, B.M., Nougier, J., Baksi, A.K., 1974. Kerguelen: Continental Fragment or Oceanic Island? Geological Society of America Bulletin 85, 201. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1974)85<201:KCFOOI>2.0.CO;2

Watson, E.B., Liang, Y., 1995. A simple model for sector zoning in slowly grown crystals; implications for growth rate and lattice diffusion, with emphasis on accessory minerals in crustal rocks. American Mineralogist 80, 1179–1187. https://doi.org/10.2138/am-1995-11-1209

Wedepohl, K.H., 1991. Chemical composition and fractionation of the continental crust. Geologische Rundschau 80, 207–223. https://doi.org/10.1007/BF01829361

Weis, D., Frey, F.A., 2002. Submarine Basalts of the Northern Kerguelen Plateau: Interaction Between the Kerguelen Plume and the Southeast Indian Ridge REvealed at ODP Site 1140. Journal of Petrology 43, 1287–1309. https://doi.org/10.1093/petrology/43.7.1287

Weis, D., Frey, F.A., Giret, A., Cantagrel, J.M., 1998. Geochemical characteristics of the youngest volcano (Mount Ross) in the Kerguelen Archipelago: inferences for magma flux, lithosphere assimilation

and composition of the Kerguelen plume. Journal of Petrology 39, 973–994. https://doi.org/10.1093/petroj/39.5.973

Weis, D., Frey, F.A., Leyrit, H., Gautier, I., 1993. Kerguelen Archipelago revisited: geochemical and isotopic study of the Southeast Province lavas. Earth and Planetary Science Letters 118, 101–119. https://doi.org/10.1016/0012-821X(93)90162-3

Weis, D., Frey, F.A., Schlich, R., Schaming, M., Montigny, R., Damasceno, D., Mattielli, N., Nicolaysen, K.E., Scoates, J.S., 2002. Trace of the Kerguelen mantle plume: Evidence from seamounts between the Kerguelen Archipelago and Heard Island, Indian Ocean. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 3, 1–27. https://doi.org/10.1029/2001GC000251

Weis, D., Giret, A., 1994. Kerguelen plutonic complexes: Sr,Nd,Pb isotopic study and inferences about their sources, age and geodynamic settings. Mémoires de la Société géologiques de France.

Weis, D., Ingle, S., Damasceno, D., Frey, F.A., Nicolaysen, K., Barling, J., others, 2001. Origin of continental components in Indian Ocean basalts: Evidence from Elan Bank (Kerguelen Plateau, ODP Leg 183, Site 1137). Geology 29, 147–150. https://doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029<0147:OOCCII>2.0.CO;2

White, R.., Tarney, J., Kerr, A.., Saunders, A.., Kempton, P.., Pringle, M.., Klaver, G.., 1999. Modification of an oceanic plateau, Aruba, Dutch Caribbean: Implications for the generation of continental crust. Lithos 46, 43–68. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00061-9

White, S.M., Crisp, J.A., Spera, F.J., 2006. Long-term volumetric eruption rates and magma budgets: Eruption rates and magma budgets. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 7. https://doi.org/10.1029/2005GC001002

Whitechurch, H., Montigny, R., Sevigny, J., Storey, M., Salters, V., 1992. K-Ar and 40Ar-39Ar ages of central Kerguelen Plateau basalts, in: Proc. Ocean Drill. Program Sci. Results. pp. 71–77.

Widom, E., Gill, J.B., Schmincke, H.-U., 1993. Syenite Nodules as a Long-Term Record of Magmatic Activity in Agua de Pao Volcano, Sao Miguel, Azores. Journal of Petrology 34, 929–953. https://doi.org/10.1093/petrology/34.5.929

Wiebe, R.A., 2004. Late-Stage Mafic Injection and Thermal Rejuvenation of the Vinalhaven Granite, Coastal Maine. Journal of Petrology 45, 2133–2153. https://doi.org/10.1093/petrology/egh050

Wiedenbeck, M., Alle, P., Corfu, F., Griffin, W.L., Meier, M., Oberli, F., Quadt, A. von, Roddick, J.C., Spiegel, W., 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. Geostandards newsletter 19, 1–23. https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x

Wolff, J.A., 1987. Crystallisation of nepheline syenite in a subvolcanic magma system: Tenerife, canary islands. Lithos 20, 207–223. https://doi.org/10.1016/0024-4937(87)90009-0

Woolley, A.R., Jones, G.C., 1992. The alkaline/peralkaline syenite-granite complex of Zomba-Malosa, Malawi: mafic mineralogy and genesis. Journal of African Earth Sciences (and the Middle East) 14, 1–12. https://doi.org/10.1016/0899-5362(92)90050-M

Xu, G., Frey, F.A., Weis, D., Scoates, J.S., Giret, A., 2007. Flood basalts from Mt. Capitole in the central Kerguelen Archipelago: Insights into the growth of the archipelago and source components contributing to plume-related volcanism: FLOOD BASALTS IN KERGUELEN ARCHIPELAGO. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 8, n/a-n/a. https://doi.org/10.1029/2007GC001608

Yang, H.-J., Frey, F.A., Weis, D., Giret, A., Pyle, D., Michon, G., 1998. Petrogenesis of the flood basalts forming the northern Kerguelen Archipelago: implications for the Kerguelen plume. Journal of Petrology 39, 711–748. https://doi.org/10.1093/petroj/39.4.711

Zhao, D., 2015. Multiscale Seismic Tomography, in: Multiscale Seismic Tomography. Springer Japan, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55360-1_1

Zhao, D., 2009. Multiscale seismic tomography and mantle dynamics. Gondwana Research 15, 297–323. https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.07.003

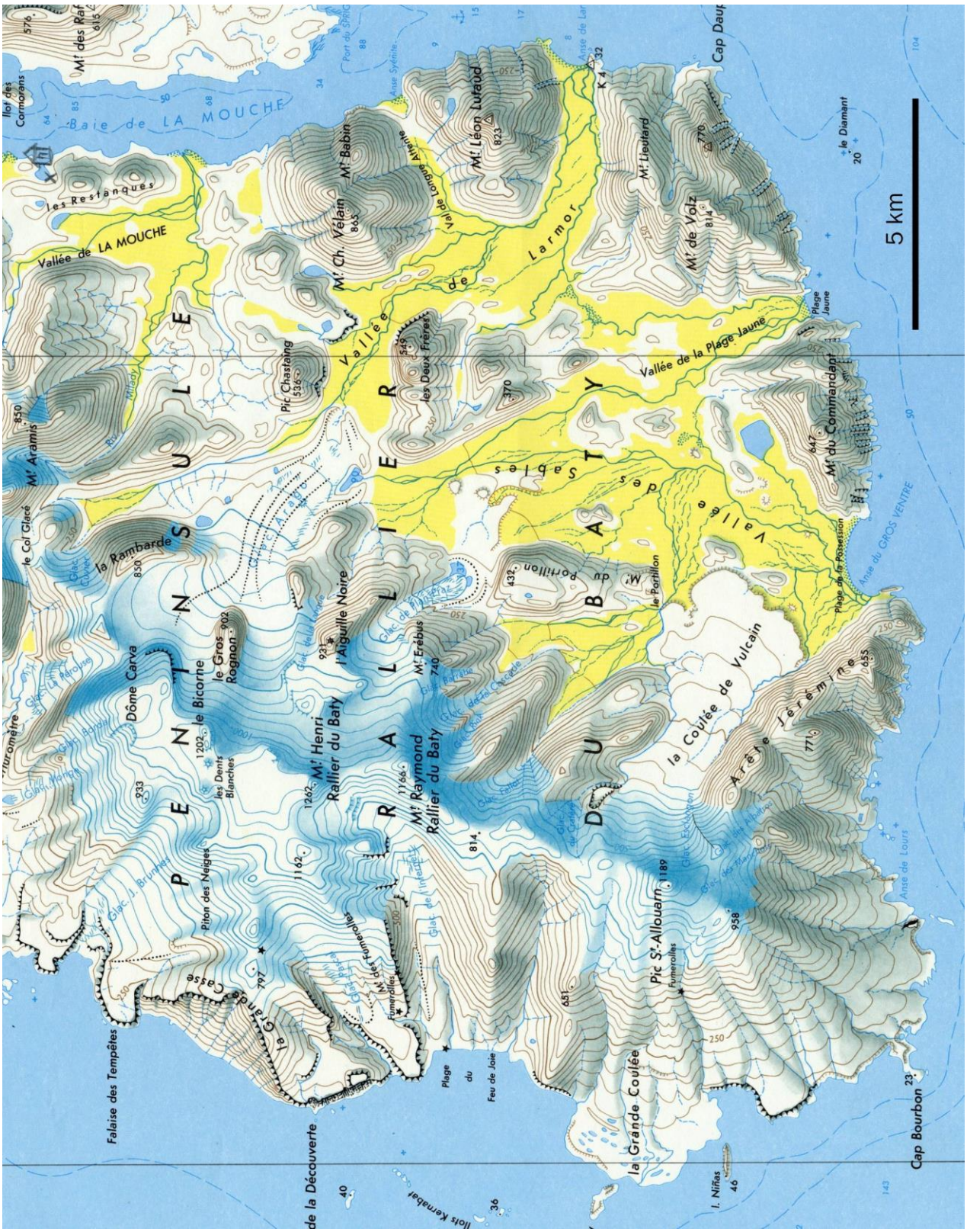
Zhu, D.-C., Chung, S.-L., Mo, X.-X., Zhao, Z.-D., Niu, Y., Song, B., Yang, Y.-H., 2009. The 132 Ma Comei-Bunbury large igneous province: Remnants identified in present-day southeastern Tibet and southwestern Australia. Geology 37, 583–586. https://doi.org/10.1130/G30001A.1

Zimmerle, W., 1975. Accessory Zircon from Rhyolite, Yellowstone National Park (Wyoming, U.S.A.). Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 130, 361–369.

Annexes

Annexe n°1 :	Carte topographique IGN de la péninsule de Rallier du Baty
Annexe n°2 :	Liste des abréviations utilisées
Annexe n°3 :	Liste des points GPS des échantillons
Annexe n°4 :	Carte de localisation des échantillons (13TKXX)
Annexe n°5 :	Carte de localisation des échantillons (TC09 -KXX)
Annexe n°6 :	Mesures des fabriques (foliations magmatiques) observées sur le terrain
Annexe n°7 :	Protocole d'échantillonnage et d'analyse pour l'anisotropie de susceptibilité magnétique
Annexe n°8 :	Données d'anisotropie de susceptibilité magnétique
Annexe n°9 :	Données U-Pb sur zircons
Annexe n°10 :	Données d'analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes
Annexe n°11 :	Données d'analyses microsondes et formules structurales des amphiboles
Annexe n°12 :	Données d'analyses en éléments majeurs et traces sur roche totale
Annexe n°13 :	Protocole de séparation des isotopes Rb/Sr et Sm/Nd
Annexe n°14 :	Résultats des modélisations isotopiques (Mixing / AFC)
Annexe n°15 :	Compilation des données isotopiques (et géochronologiques) disponibles dans la littérature modifiée d'après Olierook et al. (2017) et calculs à l'état initial (âge biblio + âge à 14 Ma)

Annexe n° 1 : Carte topographique IGN de la péninsule de Rallier du Baty



Annexe n° 2 : Liste des abréviations

Structure :

RdB:	Rallier du Baty
SRBIC :	South Rallier du Baty Igneous Complex
CRBIC :	Central Rallier du Baty igneous complex
NKP:	North part of the Kerguelen Plateau
CKP:	Center part of the Kerguelen Plateau
SKP:	South part of the Kerguelen Plateau
KIR :	Kerguelen Intrusive Rocks
BR:	Broken Ridge
EB:	Elan Bank
SB:	Skiff Bank
CR:	Crozet Islands
ASP:	Amsterdam-and Saint Paul islands
C :	Crozet islands
CR :	Conrad Rise
G :	Gaussberg volcano
K:	Kerguelen archipelago
PE:	Prince Edouard islands
U1	Unité structurale 1
U2	Unité structurale 2
U3	Unité structurale 3
ASM	Anisotropie de Susceptibilité Magnétique
Km	Susceptibilité moyenne
Pp	Anisotropie totale
T	Paramètre de forme

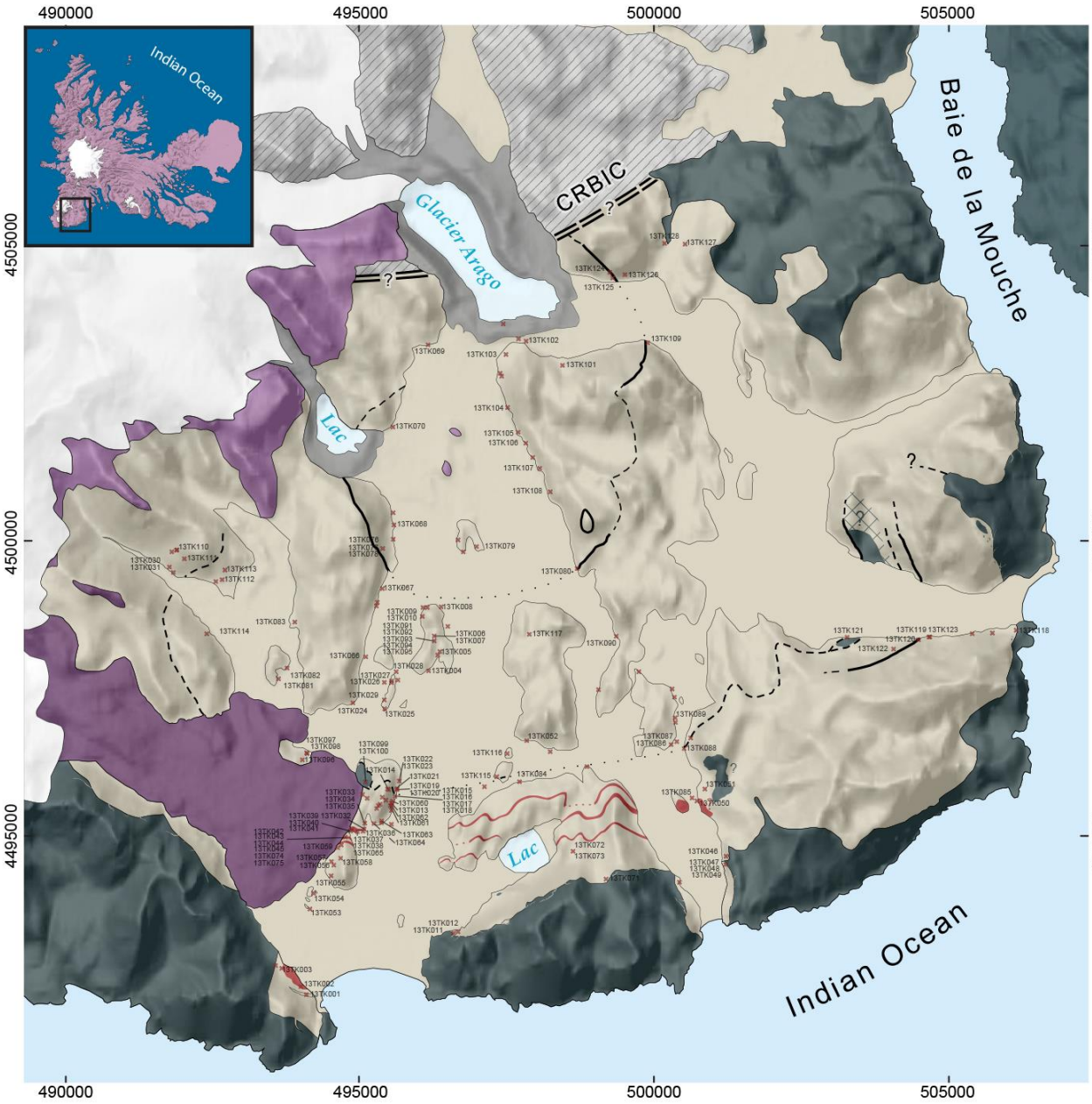
Pétrographie:

CaS	Groupe des syénites calciques
CaNaS	Groupe des syénites calco-sodiques
NaS	Groupe des syénites sodiques
Chl	Chlorite
Ep	Epidote
Ol	Olivine
Px	Pyroxènes
Amp	Amphibole
Pl	Plagioclases
Phl	Phlogopite
Di	Diopside
En	Enstatite (clino)
Prg	Pargasite
Ap	Apatite
Zrn	Zircon
Bt	Biotite
Hbl	Hornblendes
Py	Pyrite
Ttn	Titanite
Ox	Oxydes (Fe-Ti)
Act	Actinolite
Fsp	Feldspaths
Opq	Opaques (oxydes de Fe-Ti)
Prt	Perthites
Qz	Quartz
Chv	Chevkinite
Cpx	Clinopyroxènes
Arf	Arfvedsonite
Eck	Eckermannite
Aeg	Aegirine
Ang	Aenigmatite
Fl	Fluorite
Ast	Astrophyllite
Pcl	Pyrochlore
Ab	Albite
Hd	Hédenbergite
Jd	Jadéite
Fs	Ferrosilite
Q	Quad = Wollastonite, Enstatite
Et	Ferrosilite
Ed	Edenite
Tr	Trémolite
Hst	Hastingsite
Ktp	Katophorite
Rct	Richtérite
Wnc	Winchite

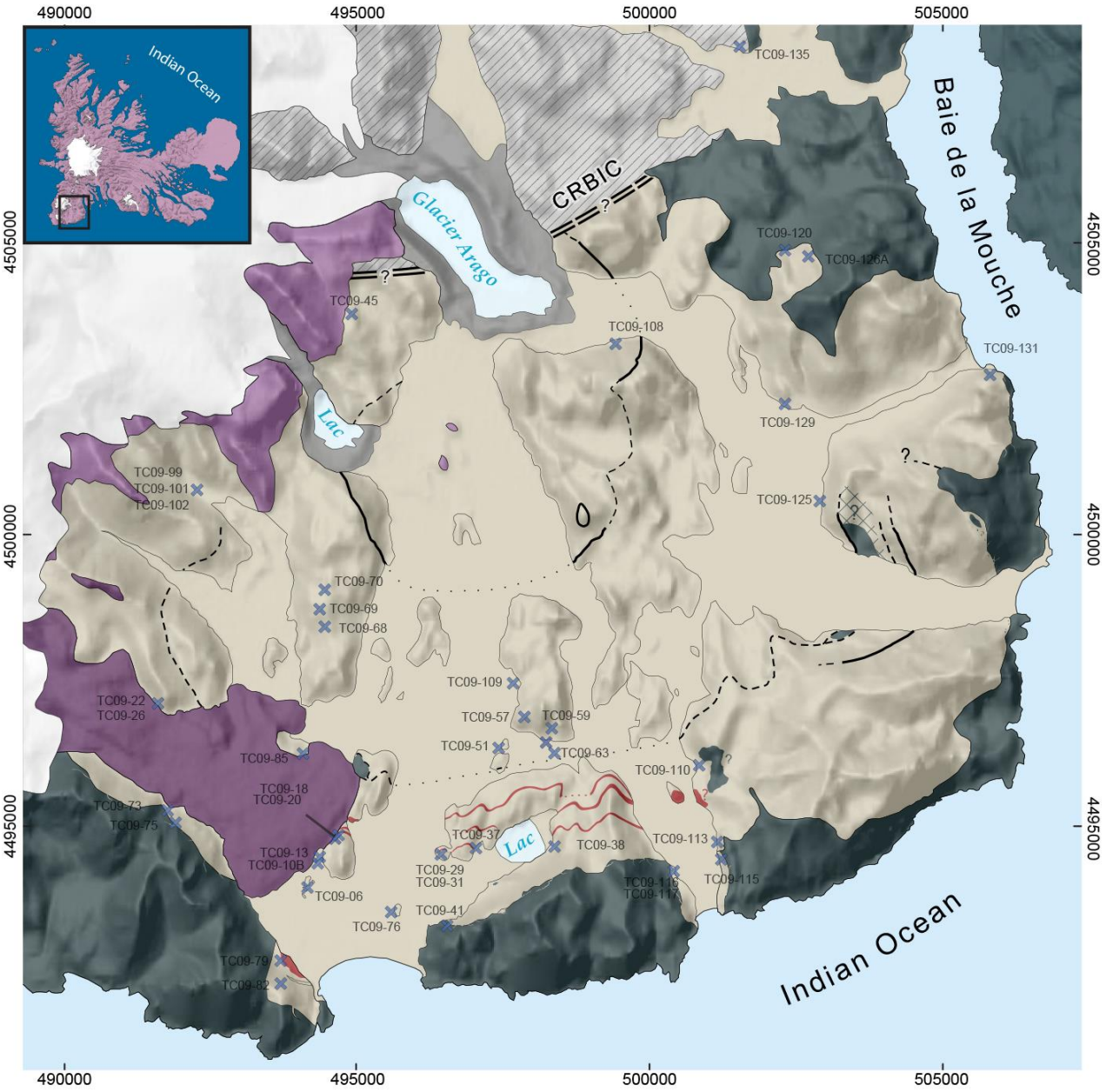
Annexe n°3 : Liste des points GPS des échantillons

		SAMPLE	UTM lat	UTM lon	Decimal degrees lat	Decimal degrees lon	Degrees Minutes Seconds lat		Degrees Minutes Seconds lon	
x	□	13TK001	4492472	494060	-49.72023	68.91759	49°43'12.81"	S	68°55'03.34"	E
x		13TK002	4492607	493966	-49.71901	68.91629	49°43'08.43"	S	68°54'58.65"	E
	□	13TK007	4498502	496228	-49.66601	68.94773	49°39'57.62"	S	68°56'51.82"	E
x		13TK008	4498992	496344	-49.66160	68.94934	49°39'41.75"	S	68°56'57.63"	E
	□	13TK021	4495936	495603	-49.68908	68.93904	49°41'20.69"	S	68°56'20.54"	E
	□	13TK022	4496063	495639	-49.68794	68.93954	49°41'16.58"	S	68°56'22.34"	E
x	□	13TK023	4496063	495639	-49.68794	68.93954	49°41'16.58"	S	68°56'22.34"	E
	□	13TK026	4497722	495386	-49.67302	68.93605	49°40'22.85"	S	68°56'09.79"	E
x	■	13TK031	4499670	491714	-49.65545	68.88520	49°39'19.64"	S	68°53'06.72"	E
	□	13TK032	4495281	495059	-49.69497	68.93149	49°41'41.88"	S	68°55'53.36"	E
	□	13TK034	4495352	495053	-49.69433	68.93141	49°41'39.59"	S	68°55'53.06"	E
	■	13TK036	4495241	495035	-49.69533	68.93116	49°41'43.18"	S	68°55'52.16"	E
	□	13TK041	4495228	494815	-49.69544	68.92811	49°41'43.59"	S	68°55'41.18"	E
x	■	13TK042	4495126	494725	-49.69636	68.92686	49°41'46.89"	S	68°55'36.68"	E
x	■	13TK043	4495126	494725	-49.69636	68.92686	49°41'46.89"	S	68°55'36.68"	E
x	■	13TK045	4495126	494725	-49.69636	68.92686	49°41'46.89"	S	68°55'36.68"	E
x	■	13TK047	4494657	501167	-49.70060	69.01618	49°42'02.16"	S	69°00'58.26"	E
	□	13TK053	4493914	494121	-49.70726	68.91846	49°42'26.12"	S	68°55'06.46"	E
	□	13TK054	4494183	494187	-49.70484	68.91938	49°42'17.41"	S	68°55'09.77"	E
	□	13TK055	4494469	494481	-49.70227	68.92346	49°42'08.16"	S	68°55'24.47"	E
	□	13TK057	4494709	494489	-49.70011	68.92358	49°42'00.39"	S	68°55'24.88"	E
	□	13TK059	4494943	494594	-49.69800	68.92504	49°41'52.81"	S	68°55'30.13"	E
	□	13TK060	4495725	495524	-49.69098	68.93794	49°41'27.52"	S	68°56'16.59"	E
	□	13TK061	4495648	495511	-49.69167	68.93776	49°41'30.01"	S	68°56'15.94"	E
	□	13TK062	4495648	495487	-49.69167	68.93743	49°41'30.01"	S	68°56'14.74"	E
x	■	13TK063	4495387	495341	-49.69402	68.93540	49°41'38.46"	S	68°56'07.44"	E
	□	13TK064	4495345	495212	-49.69439	68.93361	49°41'39.82"	S	68°56'85601"	E
	□	13TK065	4495220	494934	-49.69552	68.92976	49°41'43.86"	S	68°55'47.12"	E
	□	13TK066	4498152	495070	-49.66915	68.93168	49°40'08.92"	S	68°55'54.04"	E
	□	13TK067	4499295	495349	-49.65887	68.93556	49°39'31.92"	S	68°56'08.01"	E
	□	13TK068	4500364	495545	-49.64925	68.93829	49°38'57.31"	S	68°56'17.83"	E
x	■	13TK069	4503394	496121	-49.62200	68.94630	49°37'19.21"	S	68°56'46.66"	E
	□	13TK069	4503394	496121	-49.62200	68.94630	49°38'03.69"	S	68°56'17.15"	E
x	■	13TK070	4502020	495531	-49.63436	68.93811	49°39'10"	S	68°56'08.39"	E
x	□	13TK077	4499972	495356	-49.65278	68.93566	49°39'10"	S	68°56'08.39"	E
x		13TK078	4499972	495356	-49.65278	68.93566	49°39'10"	S	68°56'08.39"	E
	□	13TK079	4500008	496946	-49.65246	68.95769	49°39'22.46"	S	68°58'53.71"	E
x	■	13TK080	4499589	498671	-49.65624	68.98159	49°40'21.05"	S	68°54'40.33"	E
x	■	13TK081	4497776	493593	-49.67251	68.91120	49°41'05.1"	S	68°55'00.41"	E
	□	13TK096	4496416	493997	-49.68475	68.91678	49°37'30.35"	S	68°58'840.3"	E
x	■	13TK101	4503051	498401	-49.62510	68.97786	49°37'24.55"	S	68°57'52.75"	E
	□	13TK103	4503230	497447	-49.62349	68.96465	49°37'24.55"	S	68°57'52.75"	E
x	■	13TK104	4502343	497474	-49.63146	68.96502	49°37'53.27"	S	68°57'54.07"	E
	□	13TK105	4501927	497649	-49.63521	68.96744	49°38'06.74"	S	68°58'02.79"	E
x	□	13TK106	4501744	497783	-49.63685	68.96930	49°38'12.67"	S	68°58'09.47"	E
x	■	13TK108	4500926	498194	-49.64421	68.97498	49°38'39.16"	S	68°58'29.94"	E
x	□	13TK117	4498531	497844	-49.66575	68.97012	49°39'56.71"	S	68°58'12.44"	E
x	●	13TK118	4498549	505690	-49.66557	69.07885	49°39'56.04"	S	69°04'43.86"	E
x	■	TC09-06	4494112	494120	-49.70547	68.91845	49°42'19.69"	S	68°55'06.42"	E
	□	TC09-13	4494685	494450	-49.70032	68.92303	49°42'01.15"	S	68°55'22.91"	E
	□	TC09-18	4495071	494697	-49.69685	68.92647	49°41'48.66"	S	68°55'35.29"	E
	□	TC09-26	4497361	491752	-49.67622	68.88568	49°40'34.39"	S	68°53'08.45"	E
	□	TC09-31	4494754	496488	-49.69972	68.95130	49°41'58.99"	S	68°57'04.68"	E
x	□	TC09-37	4494850	497112	-49.69886	68.95995	49°41'55.9"	S	68°57'35.82"	E
	□	TC09-38	4494870	498463	-49.69868	68.97869	49°41'55.25"	S	68°58'43.28"	E
x	■	TC09-41	4493503	496559	-49.71097	68.95227	49°42'39.49"	S	68°57'08.17"	E
	□	TC09-45	4503920	495008	-49.61726	68.93089	49°37'02.14"	S	68°55'51.2"	E
x		TC09-59	4496910	498401	-49.68033	68.97783	49°40'49.2"	S	68°58'40.2"	E
	□	TC09-63	4496472	498430	-49.68427	68.97824	49°41'03.37"	S	68°58'41.66"	E
	□	TC09-69	4498921	494447	-49.66222	68.92306	49°39'44"	S	68°55'23"	E
	□	TC09-70	4499230	494527	-49.65944	68.92417	49°39'34"	S	68°55'27"	E
x	●	TC09-75	4495305	491907	-49.69472	68.88778	49°41'41"	S	68°53'16"	E
	□	TC09-76	4493755	495644	-49.70870	68.93958	49°42'31.32"	S	68°56'22.49"	E
x	■	TC09-82	4492543	493729	-49.71958	68.91300	49°43'10.5"	S	68°54'46.8"	E
	□	TC09-109	4497657	497715	-49.67361	68.96833	49°40'25"	S	68°58'06"	E
x	●	TC09-110	4496268	500902	-49.68611	69.01250	49°41'10"	S	69°00'45"	E
x	■	TC09-113	4494921	501170	-49.69822	69.01622	49°41'53.6"	S	69°00'58.4"	E
	□	TC09-115	4494711	501162	-49.70011	69.01611	49°42'00.4"	S	69°00'58"	E
x	■	TC09-120	4505162	502410	-49.60611	69.03336	49°36'22"	S	69°02'00.1"	E
	□	TC09-125	4500714	502932	-49.64611	69.04061	49°38'46"	S	69°02'26.2"	E
x	■	TC09-129	4502299	502367	-49.63186	69.03278	49°37'54.7"	S	69°01'58"	E
x	□	TC09-131	4502868	505878	-49.62672	69.08139	49°37'36.2"	S	69°04'53"	E
x	■	TC09-135	4508347	501608	-49.57746	69.02224	49°34'38.86"	S	69°01'20.06"	E

Annexe n°4 : Carte de localisation des échantillons (13TKXX)

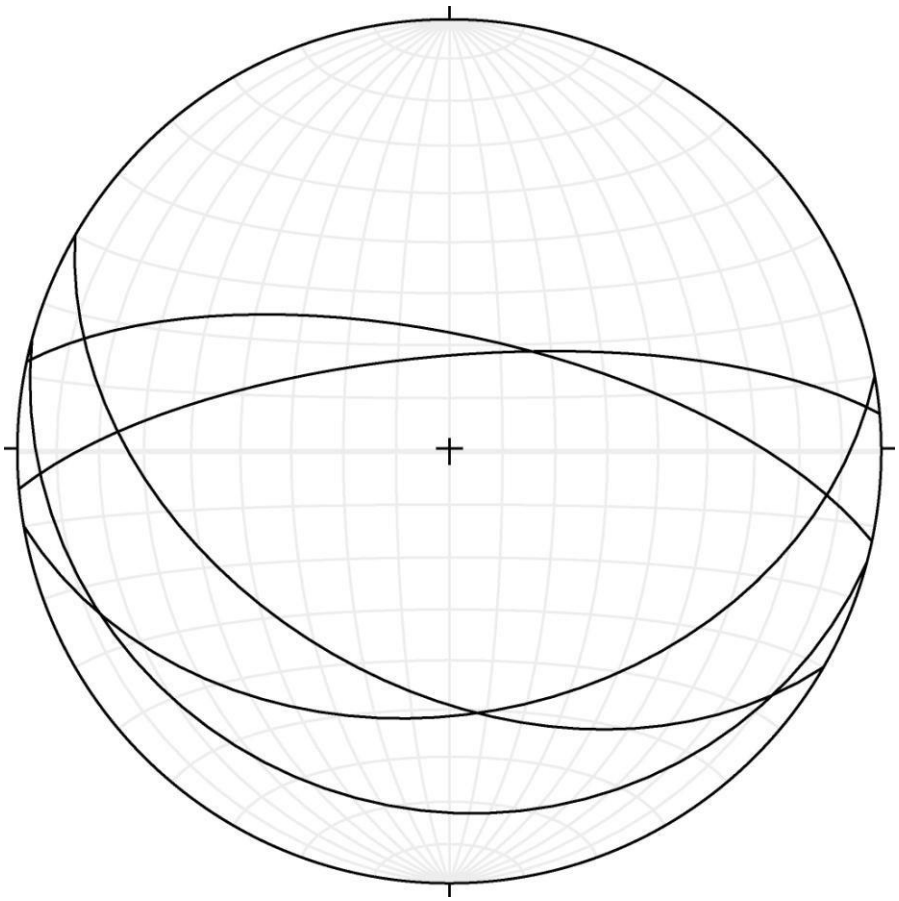


Annexe n°5 : Carte de localisation des échantillons (TC09 -KXX)



Annexe n°6 : Mesures des fabriques (foliations magmatiques) observées sur le terrain

Localisation		*UTM*		*Plans de foliation*		
Anse Gros Ventre	Gabbro	493966	4492607	105	S	18
Zone déformée	Syenite porphyrique	495592	4495920	102	N	68
Zone déformée	Syenite porphyrique	495592	4495920	85	N	72
Zone déformée	Syenite porphyrique	493997	4496416	120	S	45
Flanc sud armor	Syenite grenue (+- porphyrique)	504011	4498280	80	S	39



textures magmatiques et très peu anisotropes

Annexe n°7 : Protocole d'échantillonnage et d'analyse de l'anisotropie de susceptibilité magnétique

Le texte qui suit est extrait sans modification du Data Repository associé à l'article soumis à la revue Geology.

Sampling

Field observations and sampling were conducted during two field campaigns of ~1 month each, only possible during the austral summer from November to February because of the weather conditions. The first, realized in 2009, was part of the Dylioker 444 IPEV (Paul Emile Victor Institute, http://www.institut-polaire.fr) program directed by Dr B.N. Moine (LMV, Saint-Etienne, France), and the second occurred in 2013 as part of the Talisker 1077 IPEV program directed by Prof. D. Guillaume (LMV, Saint-Etienne, France). Samples collected during these missions correspond to TC09 and 13TK, respectively.

AMS theory and protocol

The magnetic susceptibility (K) is defined by M = K x H, where M is the induced magnetization of the material and H is the inducing magnetic field. As both M and H are expressed in amperes per meter, the volumetric susceptibility is dimensionless. Susceptibility varies according to the applied magnetic field and temperature, and may also vary according to the measurement direction resulting in a non-parallelism between H and M vectors. The output of an AMS measurement of one rock sample is an ellipsoid of magnetic susceptibility defined by the length and orientation of its three principal axes, kmax ≥ kint ≥ kmin, which are the three eigenvectors of the susceptibility tensor. Depending on their mineralogy, magmatic rocks may have paramagnetic or ferromagnetic behavior. In paramagnetic rocks, AMS is induced by the Fe-bearing silicates such as biotite or amphibole. In ferromagnetic rocks, i.e. magnetite-bearing granitoids, the paramagnetic contribution of Fe-Mg silicates may become negligible with respect to the ferromagnetic contribution because of the high intrinsic magnetic susceptibility of magnetite. Hence, the magnetic fabric results primarily from the shape anisotropy of the grains of magnetite. This effect was postulated by Stacey (1960), examined by Khan (1962) and Uyeda et al. (1963) by microscopic observations on different rock types, and by Ellwood and Whitney (1980) and Grégoire et al. (1995) on granites. A component of the magnetic anisotropy may also result from the anisotropy of grain distribution, often referred to as distribution anisotropy (Hargraves et al., 1990; Stephenson, 1994; Grégoire et al., 1995; Gaillot et al., 2006).

The magmatic texture is defined by the shape-preferred orientation (SPO) of ferromagnesian minerals and feldspar phenocrysts. Their SPO must be associated with the orientation and the characteristics of the magmatic flow: they are early-crystallized minerals which are oriented in the flow while the magma is still viscous. The shape and distribution of magnetite grains should reflect the geometrical characteristics of the SPO of these early-crystallizing minerals, regardless of when the magnetite crystallized during the emplacement history of the magma: early crystallized magnetite grains would become aligned with the earlier-formed minerals, while later crystallized magnetite would preferentially grow along the pre-existing grain-shape fabric of the ferromagnesian minerals (Knight &

Walker, 1988) (see below). The magnetic anisotropy that results from the mean orientation of these minerals is thought to reflect the orientation and shape of the finite strain ellipsoid. The plane of maximum flattening (foliation) and the direction of maximum elongation (lineation) thus defined can be mapped over an entire pluton and, along with microstructural data, are used to interpret the structural history of the intruding magma.

Due to the particular logistical issues/limits we didn't drill directly in the field. 65 samples were collected (on average 1000-3000 cm^3 per sample) and oriented on the field taking into account the regional declination (-56.5°). All sampled were then drilled at the GET-laboratory, Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier, Toulouse (France) with at least 2 oriented cores from 7 to 9 cm in length and 2.5 cm in diameter per sample. Cores were then cut in standard specimens (2.2 cm long, 10.8 cm^3). Measurements were all acquired with a Kappabridge MKF1 (2 x 10^{-8} SI sensitivity from AGICO) at the LMV-laboratory, Saint-Etienne (France). The ANISOFT program package (Hrouda et al., 1990) was used for statistical treatment of the AMS of each sample using the methods of Jelínek and Kropáček (1978). The site averaging was realized with the AMS_50 spreadsheet of Patrick Launeau (Launeau and Robin, 2005).

Annexes n°8 : Données ASM

massif	éch	grain, texture	gpe pétro	Km 10-5SI	P%	T	nb	Km 10-6SI	sKm	Kmax	KmaxD	KmaxI	vpMdisp1	s11	s12	Kint	KintD	KintI	vpMdisp2	s21	s22	Kmin	KminD	KminI	vpMdisp3	s31	s32	P	L	F	L%	F%	Flinn	P'	LinAz	LinPl	FolAz	FolDir	FolPend	FolD	FolI
SRDBIC-sat	**13TK001B**	moyen	CaS	**2655**	**4.2**	**0.05**	9	**26552**		27090	124	42	0.98	16	8	26567	312	47	0.95	22	15	25998	217	4	0.96	22	10	1.042	1.020	1.022	**2.0**	**2.2**	0.91	1.042	**124**	**42**	**127**	**N**	**86**	**307**	**86**
SRDBIC	**13TK007A**	fin	CaNaS	**3440**	**2.0**	**0.45**	8	**34403**		34690	321	2	0.57	75	29	34503	229	41	0.51	80	32	34016	53	49	0.84	46	13	1.020	1.005	1.014	**0.5**	**1.4**	0.36	1.020	**321**	**2**	**143**	**W**	**41**	**143**	**41**
SRDBIC	**13TK021A**	fin	CaNaS	**2233**	**2.0**	**0.18**	6	**22329**		22538	107	4	0.97	19	10	22355	204	59	0.97	18	7	22096	15	31	0.99	11	7	1.020	1.008	1.012	**0.8**	**1.2**	0.67	1.020	**107**	**4**	**105**	**S**	**59**	**105**	**59**
SRDBIC	**13TK022**	porphyrique	CaNaS	**2205**	**1.4**	**0.16**	5	**22054**		22201	211	3	0.99	13	4	22070	120	29	0.96	22	3	21892	306	61	0.96	22	6	1.014	1.006	1.008	**0.6**	**0.8**	0.75	1.014	**211**	**3**	**36**	**E**	**29**	**36**	**29**
SRDBIC	**13TK023**	fin	CaNaS	**1804**	**3.9**	**-0.36**	6	**18038**		18426	6	41	1.00	7	4	17953	118	23	1.00	6	2	17735	229	40	1.00	7	4	1.039	1.026	1.012	**2.6**	**1.2**	2.17	1.040	**6**	**41**	**139**	**E**	**50**	**319**	**50**
SRDBIC	**13TK026**	gros	CaNaS	**1309**	**1.7**	**0.30**	10	**13092**		13191	147	35	0.85	45	10	13114	296	51	0.83	44	18	12972	46	15	0.97	18	11	1.017	1.006	1.011	**0.6**	**1.1**	0.55	1.017	**147**	**35**	**136**	**W**	**75**	**136**	**75**
SRDBIC	**13TK031**	gros	CaS	**1184**	**3.6**	**0.92**	6	**11840**		11984	309	33	0.74	60	6	11967	214	8	0.74	58	17	11570	112	56	0.96	20	9	1.036	1.001	1.034	**0.1**	**3.4**	0.03	1.041	**309**	**33**	**22**	**W**	**34**	**202**	**34**
SRDBIC	**13TK032A**	gros	CaS	**4931**	**3.8**	**0.72**	6	**49307**		49998	184	43	0.80	51	13	49739	300	25	0.74	51	30	48185	50	36	0.90	30	20	1.038	1.005	1.032	**0.5**	**3.2**	0.16	1.041	**184**	**43**	**140**	**W**	**54**	**140**	**54**
SRDBIC	**13TK034A**	gros	CaS	**1998**	**3.1**	**0.01**	5	**19981**		20289	276	44	0.75	53	26	19980	161	24	0.83	47	12	19672	52	37	0.77	45	33	1.031	1.015	1.016	**1.5**	**1.6**	0.94	1.031	**276**	**44**	**142**	**W**	**53**	**142**	**53**
SRDBIC	**13TK041B**	gros	CaS	**1059**	**2.6**	**0.19**	6	**10588**		10715	74	69	0.81	50	11	10604	247	21	0.80	51	15	10445	338	2	0.95	23	10	1.026	1.010	1.015	**1.0**	**1.5**	0.67	1.026	**74**	**69**	**68**	**S**	**88**	**68**	**88**
SRDBIC	**13TK042**	gros	CaS	**1219**	**2.4**	**0.19**	5	**12193**		12329	185	50	0.82	48	16	12211	280	4	0.76	54	21	12039	14	40	0.91	34	8	1.024	1.010	1.014	**1.0**	**1.4**	0.71	1.024	**185**	**50**	**104**	**S**	**50**	**104**	**50**
SRDBIC	**13TK043**	basique	Monzodiorite	**677**	**2.6**	**-0.84**	5	**6773**		6886	15	33	0.99	10	2	6723	218	55	0.65	72	5	6710	112	11	0.65	72	8	1.026	1.024	1.002	**2.4**	**0.2**	12.00	1.029	**15**	**33**	**22**	**W**	**79**	**202**	**79**
SRDBIC	**13TK045**	porphyrique	CaS	**1027**	**0.9**	**-0.09**	6	**10274**		10322	121	1	0.88	34	20	10271	213	59	0.82	37	33	10228	31	31	0.87	39	15	1.009	1.005	1.004	**0.5**	**0.4**	1.25	1.009	**121**	**1**	**121**	**S**	**59**	**121**	**59**
SRDBIC-sat	**13TK047A**	basique	Monzonite	**3752**	**2.2**	**0.47**	8	**37516**		37858	315	27	0.94	25	13	37642	122	63	0.95	24	8	37046	222	5	0.98	15	8	1.022	1.006	1.016	**0.6**	**1.6**	0.38	1.023	**315**	**27**	**132**	**N**	**85**	**312**	**85**
SRDBIC	**13TK053B**	gros	CaS	**2698**	**1.6**	**0.85**	6	**26983**		27139	151	36	0.64	71	19	27107	265	29	0.66	67	21	26704	23	40	0.81	45	24	1.016	1.001	1.015	**0.1**	**1.5**	0.07	1.018	**151**	**36**	**113**	**S**	**50**	**113**	**50**
SRDBIC	**13TK053D**	fin	CaS	**3384**	**9.9**	**0.69**	6	**33844**		35063	165	49	0.92	29	14	34554	261	5	0.87	39	16	31915	356	41	0.93	31	5	1.099	1.015	1.083	**1.5**	**8.3**	0.18	1.107	**165**	**49**	**86**	**S**	**49**	**86**	**49**
SRDBIC	**13TK054**	gros	CaS	**2420**	**2.1**	**0.35**	5	**24204**		24425	300	6	0.77	56	5	24262	38	52	0.68	61	29	23926	205	37	0.90	37	8	1.021	1.007	1.014	**0.7**	**1.4**	0.50	1.021	**300**	**6**	**115**	**N**	**53**	**295**	**53**
SRDBIC	**13TK055**	gros	CaS	**3216**	**1.3**	**-0.76**	4	**32164**		32425	290	13	0.89	31	21	32059	191	34	0.68	63	25	32009	39	53	0.67	66	22	1.013	1.011	1.002	**1.1**	**0.2**	5.50	1.014	**290**	**13**	**129**	**S**	**37**	**129**	**37**
SRDBIC	**13TK057A**	gros	CaS	**793**	**2.2**	**-0.42**	6	**7934**		8032	105	35	0.87	38	20	7909	251	50	0.74	61	9	7859	3	17	0.64	66	29	1.022	1.016	1.006	**1.6**	**0.6**	2.67	1.023	**105**	**35**	**93**	**S**	**73**	**93**	**73**
SRDBIC	**13TK057B**	fin	CaS	**296**	**3.6**	**0.01**	4	**2956**		3007	103	5	0.91	32	15	2956	12	6	0.59	76	18	2904	234	83	0.54	85	7	1.036	1.017	1.018	**1.7**	**1.8**	0.94	1.036	**103**	**5**	**144**	**E**	**7**	**324**	**7**
SRDBIC	**13TK059**	gros	CaS	**1367**	**1.8**	**0.50**	7	**13670**		13771	205	32	0.61	65	36	13710	37	57	0.55	67	44	13529	298	5	0.61	58	46	1.018	1.004	1.013	**0.4**	**1.3**	0.31	1.019	**205**	**32**	**28**	**E**	**85**	**28**	**85**
SRDBIC	**13TK060**	gros	CaNaS	**3580**	**2.6**	**-0.34**	6	**35802**		36314	206	53	0.97	14	12	35697	300	3	0.79	52	14	35394	32	37	0.80	52	11	1.026	1.017	1.009	**1.7**	**0.9**	1.89	1.026	**206**	**53**	**122**	**S**	**53**	**122**	**53**
SRDBIC	**13TK061**	gros	CaNaS	**3973**	**4.5**	**0.42**	7	**39725**		40481	200	37	0.97	20	8	39963	110	0	0.95	20	18	38732	20	53	0.97	18	8	1.045	1.013	1.032	**1.3**	**3.2**	0.41	1.046	**200**	**37**	**110**	**S**	**37**	**110**	**37**
SRDBIC	**13TK062**	moyen	CaNaS	**3074**	**2.7**	**0.53**	6	**30744**		31078	313	26	0.74	54	25	30886	90	56	0.71	55	32	30269	213	20	0.85	40	22	1.027	1.006	1.020	**0.6**	**2.0**	0.30	1.028	**313**	**26**	**123**	**N**	**70**	**303**	**70**
SRDBIC	**13TK063B**	gros	CaS	**1141**	**1.2**	**0.17**	4	**11412**		11475	281	49	0.57	73	32	11419	110	40	0.53	70	43	11341	16	4	0.68	63	26	1.012	1.005	1.007	**0.5**	**0.7**	0.71	1.012	**281**	**49**	**106**	**S**	**86**	**106**	**86**
SRDBIC	**13TK064**	gros	CaS	**966**	**1.0**	**-0.47**	7	**9657**		9711	236	30	0.80	43	30	9643	142	7	0.54	71	40	9618	41	59	0.55	75	34	1.010	1.007	1.003	**0.7**	**0.3**	2.33	1.010	**236**	**30**	**131**	**S**	**31**	**131**	**31**
SRDBIC	**13TK065**	porphyrique	CaS	**2818**	**9.3**	**0.68**	4	**28182**		29147	177	47	0.98	16	1	28732	279	11	0.98	18	3	26667	18	41	0.99	8	1	1.093	1.014	1.077	**1.4**	**7.7**	0.18	1.100	**177**	**47**	**108**	**S**	**49**	**108**	**49**
SRDBIC	**13TK066A**	gros	CaNaS	**2851**	**1.1**	**0.72**	10	**28511**		28627	255	48	0.68	68	13	28584	127	30	0.66	67	24	28321	20	27	0.93	27	16	1.011	1.002	1.009	**0.2**	**0.9**	0.22	1.012	**255**	**48**	**110**	**S**	**63**	**110**	**63**
SRDBIC	**13TK067**	gros	CaNaS	**1046**	**2.3**	**0.47**	9	**10458**		10560	142	28	0.91	36	3	10495	270	49	0.90	36	8	10320	36	27	0.99	10	5	1.023	1.006	1.017	**0.6**	**1.7**	0.35	1.024	**142**	**28**	**126**	**S**	**63**	**126**	**63**
SRDBIC	**13TK068**	fin	NaS	**70**	**0.7**	**-0.59**	10	**703**		707	195	43	0.91	33	9	703	316	29	0.70	62	22	701	67	34	0.68	64	23	1.007	1.006	1.001	**0.6**	**0.1**	6.00	1.008	**195**	**43**	**157**	**W**	**56**	**157**	**56**
SRDBIC	**13TK069B**	gros	CaNaS	**3805**	**1.7**	**0.31**	9	**38052**		38346	21	20	0.59	73	27	38118	231	67	0.44	74	53	37693	115	11	0.74	56	23	1.017	1.006	1.011	**0.6**	**1.1**	0.55	1.018	**21**	**20**	**25**	**W**	**79**	**205**	**79**
SRDBIC	**13TK070**	moyen	NaS	**23**	**0.7**	**0.07**	5	**234**		235	186	19	0.73	59	20	234	307	57	0.59	59	48	233	86	26	0.74	49	35	1.007	1.003	1.004	**0.3**	**0.4**	0.75	1.007	**186**	**19**	**176**	**W**	**64**	**176**	**64**
SRDBIC	**13TK077**	gros	CaNaS	**1656**	**1.9**	**0.98**	8	**16560**		16666	153	10	0.64	73	7	16662	8	77	0.64	73	11	16353	244	7	0.98	11	10	1.019	1.000	1.019	**0.0**	**1.9**	0.00	1.022	**153**	**10**	**154**	**E**	**83**	**334**	**83**
SRDBIC	**13TK079**	gros	NaS	**432**	**0.9**	**0.10**	10	**4320**		4338	157	10	0.62	66	34	4321	64	18	0.55	66	47	4300	276	69	0.58	79	15	1.009	1.004	1.005	**0.4**	**0.5**	0.80	1.009	**157**	**10**	**6**	**E**	**21**	**6**	**21**
SRDBIC	**13TK080**	fin	NaS	**472**	**1.6**	**0.50**	6	**4716**		4747	149	29	0.77	56	11	4728	46	22	0.77	56	7	4672	285	53	0.98	12	11	1.016	1.004	1.012	**0.4**	**1.2**	0.33	1.017	**149**	**29**	**15**	**E**	**37**	**15**	**37**
SRDBIC	**13TK081A**	moyen	CaNaS	**3762**	**3.2**	**0.62**	6	**37623**		38085	181	16	0.63	74	11	37863	277	20	0.59	74	27	36920	54	64	0.92	28	19	1.032	1.006	1.026	**0.6**	**2.6**	0.23	1.034	**181**	**16**	**144**	**W**	**26**	**144**	**26**
SRDBIC	**13TK096**	porphyrique	CaNaS	**1177**	**2.2**	**0.22**	5	**11768**		11888	107	13	0.96	21	5	11786	10	30	0.96	22	7	11630	219	57	0.99	9	4	1.022	1.009	1.013	**0.9**	**1.3**	0.69	1.022	**107**	**13**	**129**	**N**	**33**	**309**	**33**
SRDBIC	**13TK101**	porphyrique	CaNaS	**1512**	**2.3**	**-0.43**	8	**15120**		15319	122	16	0.97	16	11	15069	27	16	0.87	40	15	14971	254	67	0.88	40	8	1.023	1.017	1.007	**1.7**	**0.7**	2.43	1.024	**122**	**16**	**164**	**E**	**23**	**344**	**23**
SRDBIC	**13TK103A**	gros	NaS	**1216**	**3.4**	**0.38**	7	**12158**		12337	176	12	0.89	37	12	12208	267	1	0.88	39	12	11928	1	78	0.98	15	8	1.034	1.011	1.024	**1.1**	**2.4**	0.46	1.035	**176**	**12**	**91**	**S**	**12**	**91**	**12**
SRDBIC	**13TK104**	gros	NaS	**378**	**2.1**	**-0.60**	8	**3776**		3823	161	6	0.78	49	25	3760	69	13	0.56	68	42	3744	276	76	0.64	70	21	1.021	1.017	1.004	**1.7**	**0.4**	4.25	1.022	**161**	**6**	**6**	**E**	**14**	**6**	**14**
SRDBIC	**13TK105**	moyen	CaNaS	**543**	**2.7**	**-0.16**	8	**5427**		5503	160	22	0.77	46	32	5418	263	28	0.61	56	48	5358	38	53	0.73	59	19	1.027	1.016	1.011	**1.6**	**1.1**	1.45	1.027	**160**	**22**	**128**	**S**	**37**	**128**	**37**
SRDBIC	**13TK108**	moyen	NaS	**52**	**0.8**	**-0.20**	6	**519**		521	170	70	0.72	62	12	519	1	20	0.67	62	29	517	270	4	0.78	49	25	1.008	1.005	1.003	**0.5**	**0.3**	1.67	1.008	**170**	**70**	**0**	**E**	**86**	**0**	**86**
SRDBIC	**13TK117A**	gros	CaNaS	**1596**	**1.6**	**0.31**	9	**15959**		16071	330	32	0.90	36	10	15984	162	57	0.89	36	15	15820	64	5	0.97	17	12	1.016	1.005	1.010	**0.5**	**1.0**	0.50	1.016	**330**	**32**	**154**	**W**	**85**	**154**	**85**
SRDBIC	**TC09-006**	gros	CaS	**1418**	**0.9**	**-0.23**	4	**14180**		14246	313	3	0.68	55	38	14171	221	41	0.52	69	47	14123	46	49	0.70	64	14	1.009	1.005	1.003	**0.5**	**0.3**	1.67	1.009	**313**	**3**	**136**	**W**	**41**	**136**	**41**
SRDBIC	**TC09-013**	fin	CaS	**1034**	**8.4**	**0.51**	4	**10340**		10684	268	49	0.99	10	3	10477	176	2	0.99	11	0	9859	83	41	1.00	4	3	1.084	1.020	1.063	**2.0**	**6.3**	0.32	1.087	**268**	**49**	**173**	**W**	**49**	**173**	**49**
SRDBIC	**TC09-018**	moyen	CaS	**844**	**1.0**	**-0.13**	6	**8440**		8485	163	59	0.88	39	13	8436	260	4	0.71	50	39	8398	353	30	0.81	51	11	1.010	1.006	1.004	**0.6**	**0.4**	1.50	1.010	**163**	**59**	**83**	**S**	**60**	**83**	**60**
SRDBIC	**TC09-026**	gros	CaS	**2768**	**1.9**	**-0.26**	4	**27677**		27967	96	43	0.85	44	9	27630	353	14	0.77	45	33	27435	249	43	0.76	53	22	1.019	1.012	1.007	**1.2**	**0.7**	1.71	1.020	**96**	**43**	**159**	**E**	**47**	**339**	**47**
SRDBIC	**TC09-031**	fin	CaS	**1149**	**5.7**	**0.89**	2	**11486**		11709	192	7	0.87	42	0	11673	286	28	0.87	42	0	11076	90	62	1.00	1	0	1.057	1.003	1.054	**0.3**	**5.4**	0.06	1.064	**192**	**7**	**180**	**W**	**28**	**180**	**28**
SRDBIC	**TC09-037**	fin	CaS	**1887**	**3.0**	**0.71**	4	**18872**		19083	135	18	0.89	38	6	19001	34	29	0.89	38	3	18532	253	55	1.00	6	4	1.030	1.004	1.025	**0.4**	**2.5**	0.16	1.032	**135**	**18**	**163**	**E**	**35**	**343**	**35**
SRDBIC	**TC09-038**		CaS	**1541**	**1.5**	**0.08**	4	**15410**		15522	229	28	0.80	49	19	15416	101	49	0.80	51	14	15292	335	27	0.95	20	14	1.015	1.007	1.008	**0.7**	**0.8**	0.87	1.015	**229**	**28**	**65**	**S**	**63**	**65**	**63**
SRDBIC	**TC09-041**	gros	CaS	**1737**	**1.4**	**-0.16**	3	**17369**		17498	355	5	0.88	40	2	17355	112	78	0.75	55	23	17253	265	10	0.86	43	8	1.014	1.008	1.006	**0.8**	**0.6**	1.33	1.014	**355**	**5**	**175**	**E**	**80**	**355**	**80**
SRDBIC	**TC09-045**	gros	CaNaS	**2125**	**1.2**	**0.36**	4	**21254**		21368	37	2	0.93	30	10	21285	129	27	0.95	20	15	21109	303	62	0.93	26	17	1.012	1.004	1.008	**0.4**	**0.8**	0.50	1.013	**37**	**2**	**33**	**E**	**28**	**33**	**28**
SRDBIC	**TC09-063**	gros	CaNaS	**2374**	**2.5**	**-0.03**	3	**23742**		24037	100	20	0.88	35	20	23736	193	8	0.91	35	3	23455	304	69	0.89	31	22	1.025	1.013	1.012	**1.3**	**1.2**	1.08	1.025	**100**	**20**	**34**	**E**	**21**	**34**	**21**
SRDBIC	**TC09-069**	moyen	CaNaS	**2531**	**1.6**	**-0.57**	3	**25308**		25543	315	46	0.97	19	6	25232	59	13	0.84	46	11	25148	161	41	0.83	49	3	1.016	1.012	1.003	**1.2**	**0.3**	4.00	1.017	**315**	**46**	**71**	**N**	**49**	**251**	**49**
SRDBIC	**TC09-070**	gros	CaNaS	**2844**	**1.4**	**0.27**	6	**28436**		28609	359	42	0.93	26	17	28469	265	4	0.88	35	19	28228	170	48	0.89	35	17	1.014	1.005	1.009	**0.5**	**0.9**	0.56	1.014	**359**	**42**	**80**	**N**	**42**	**260**	**42**
SRDBIC	**TC09-076**	moyen	CaS	**2967**	**3.6**	**0.00**	2	**29671**		30199	245	90	0.95	25	0	29667	128	0	0.97	19	0	29148	38	0	0.93	30	0	1.036	1.018	1.018	**1.8**	**1.8**	1.00	1.036	**245**	**90**	**128**	**S**	**90**	**128**	**90**
SRDBIC-sat	**TC09-082**	gros	CaS	**1394**	**0.7**	**0.85**	4	**13938**		13974	141	53	0.56	82	11	13966	4	29	0.55	79	24	13875	262	21	0.90	34	13	1.007	1.001	1.007	**0.1**	**0.7**	0.14	1.008	**141**	**53**	**172**	**E**	**69**	**352**	**69**
SRDBIC	**TC09-109**	gros	CaNaS	**966**	**1.4**	**-0.70**	2	**9658**		9743	31	67	0.98	17	0	9626	255	17	0.50	90	0	9606	161	15	0.51	89	0	1.014	1.012	1.002	**1.2**	**0.2**	6.00	1.015	**31**	**67**	**71**	**N**	**75**	**251**	**75**
SRDBIC	**TC09-113**	gros	CaS	**3608**	**1.9**	**0.29**	3	**36081**		36395	231	31	0.77	57	2	36146	21	56	0.72	64	6	35703	133	14	0.92	33	7	1.019	1.007	1.012	**0.7**	**1.2**	0.58	1.020	**231**	**31**	**43**	**W**	**76**	**223**	**76**
SRDBIC-sat	**TC09-115**	basique	Monzonite	**2296**	**1.5**	**-0.61**	6	**22963**		23165	210	50	0.83	48	8	22894	74	31	0.74	50	34	22829	330	23	0.83	48	5	1.015	1.012	1.003	**1.2**	**0.3**	4.00	1.016	**210**	**50**	**60**	**S**	**67**	**60**	**67**
SRDBIC-sat	**TC09-120**		NaS	**167**	**0.5**	**0.17**	4	**1670**		1674	205	73	0.65	69	20	1671	326	9	0.54	82	21	1666	59	14	0.67	65	25	1.005	1.002	1.003	**0.2**	**0.3**	0.67	1.005	**205**	**73**	**149**	**W**	**76**	**149**	**76**
SRDBIC	**TC09-125**	moyen	CaNaS	**1639**	**1.8**	**-0.48**	5	**16386**		16556	197	25	0.59	55	52	16338	84	39	0.68	63	24	16262	310	40	0.56	74	33	1.018	1.013	1.005	**1.3**	**0.5**	2.60	1.019	**197**	**25**	**40**	**E**	**50**	**40**	**50**
SRDBIC	**TC09-129**		CaNaS	**1500**	**1.0**	**0.31**	2	**15002**		15066	87	54	0.57	82	0	15017	228	29	0.61	77	0	14923	329	19	0.96	24	0	1.010	1.003	1.006	**0.3**	**0.6**	0.50	1.010	**87**	**54**	**59**	**S**	**71**	**59**	**71**
SRDBIC-sat	**TC09-131**		CaNaS	**666**	**0.8**	**0.21**	3	**6661**		6686	223	1	0.73	57	24	6665	13	89	0.60	58	47	6633	133	1	0.72	55	29	1.008	1.003	1.005	**0.3**	**0.5**	0.60	1.008	**223**	**1**	**43**	**W**	**89**	**223**	**89**
CRDBIC	**TC09-135**	porphyrique		**18**	**1.5**	**-0.36**	7	**184**		185	304	0	0.99	9	7	184	214	68	0.95	25	7	183	34	22	0.95	25	7	1.015	1.010	1.005	**1.0**	**0.5**	2.00	1.016	**304**	**0**	**124**	**S**	**68**	**124**	**68**

Annexe n°9 : Données U-Pb sur zircons

Analysis	ISOTOPIC RATIOS								AGES (Ma)									CONCENTRATIONS (ppm)				
	$^{207}Pb/^{206}Pb$	± 1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	± 1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	± 1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	±1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	± 1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	± 1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	± 1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	±1σ	[1]conc.	Th	± 2σ	U	± 2σ	[2]$f_{(Th/U)}$
13TK31																						
31_L1_Z02	0.04611	0.0035	0.001505	0.00003	0.00947	0.0007	0.00047	0.00002	3.5	173	9.69	0.19	9.6	0.7	9.6	0.41	-0.98	123	17	231	9	0.12
31_L1_Z04	0.04656	0.00394	0.001553	0.00004	0.0099	0.00081	0.00044	0.00002	26.6	191	10	0.23	10	0.81	9	0.33	-0.04	285	40	286	11	0.22
31_L1_Z05	0.04618	0.00333	0.001504	0.00003	0.0095	0.00067	0.00047	0.00001	7.1	165	9.69	0.17	9.6	0.67	9.5	0.27	-0.89	217	30	252	10	0.19
31-L1-Z07	0.04634	0.00253	0.001424	0.00002	0.009	0.00048	0.00045	0.00001	15.3	126	9.18	0.14	9.1	0.48	9.1	0.25	-0.83	228	32	349	16	0.15
31_L1_Z08-B	0.04678	0.0021	0.001555	0.00002	0.00993	0.00043	0.00049	0.00001	38	104	10.02	0.15	10	0.43	9.9	0.27	-0.16	358	50	673	31	0.12
31_L1_Z08-A	0.04615	0.0029	0.001624	0.00003	0.01025	0.00062	0.0005	0.00001	5.2	145	10.46	0.18	10.4	0.63	10.2	0.29	-0.58	195	27	251	11	0.17
31_L2_Z01	0.04609	0.00315	0.001554	0.00003	0.00977	0.00065	0.00051	0.00001	2.3	157	10.01	0.17	9.9	0.65	10.3	0.27	-1.09	187	26	217	10	0.19
31_L2_Z02	0.04617	0.00173	0.001524	0.00002	0.00963	0.00035	0.00048	0.00001	6.5	87	9.82	0.12	9.7	0.35	9.7	0.18	-1.21	292	41	400	18	0.16
31_L2_Z06	0.04639	0.00229	0.001575	0.00002	0.00996	0.00048	0.00052	0.00001	18.1	115	10.14	0.14	10.1	0.48	10.4	0.27	-0.43	163	23	288	13	0.13
31_L2_Z12	0.04638	0.00238	0.001585	0.00002	0.01003	0.0005	0.00052	0.00001	17.2	119	10.21	0.16	10.1	0.5	10.5	0.28	-1.06	221	31	373	17	0.13
31_L2_Z13	0.04668	0.00209	0.001563	0.00002	0.00997	0.00043	0.0005	0.00001	32.5	104	10.07	0.14	10.1	0.43	10.1	0.2	0.29	373	52	405	18	0.2
31_L4_Z04	0.0461	0.00269	0.001662	0.00003	0.01046	0.00059	0.0005	0.00001	2.9	135	10.71	0.19	10.6	0.59	10.1	0.24	-1.01	484	67	391	18	0.27
13TK36																						
36_L1_Z03	0.04626	0.00254	0.001675	0.00003	0.01059	0.00056	0.00054	0.00002	11	127	10.79	0.17	10.7	0.56	11	0.32	-0.81	249	47	421	59	0.13
36_L1_Z09	0.04641	0.00651	0.001664	0.00004	0.01055	0.00146	0.00057	0.00003	18.9	306	10.72	0.27	10.7	1.46	11.4	0.61	-0.18	70	13	102	14	0.15
36_L1_Z12	0.04741	0.00446	0.001654	0.00004	0.0107	0.00098	0.00054	0.00003	69.4	210	10.66	0.26	10.8	0.98	10.9	0.51	1.33	133	25	203	28	0.15
36_L1_Z14	0.04644	0.00536	0.001694	0.00004	0.01077	0.00122	0.00055	0.00002	20.7	256	10.91	0.24	10.9	1.23	11.1	0.47	-0.09	87	16	108	15	0.18
36_L2_Z03	0.04643	0.00618	0.001824	0.00005	0.01158	0.00151	0.00057	0.00003	19.7	292	11.75	0.33	11.7	1.51	11.5	0.65	-0.42	83	16	119	17	0.16
36_L2_Z06	0.04673	0.00388	0.001603	0.00003	0.01024	0.00083	0.00046	0.00001	35.5	188	10.32	0.2	10.3	0.83	9.3	0.28	-0.22	218	41	191	27	0.25
36_L2_Z12	0.04659	0.00282	0.001674	0.00003	0.01067	0.00063	0.00051	0.00001	28.4	139	10.78	0.19	10.8	0.63	10.4	0.3	0.19	347	65	388	54	0.2
36_L3_Z06	0.04992	0.00533	0.001594	0.00004	0.0109	0.00113	0.00042	0.00002	191.5	231	10.27	0.25	11	1.14	8.5	0.47	6.65	139	21	196	11	0.16
36_L3_Z11	0.04674	0.0025	0.0017	0.00003	0.01091	0.00056	0.00057	0.00001	35.7	123	10.95	0.18	11	0.56	11.6	0.2	0.44	1057	157	600	33	0.39
13TK42																						
42_L1_Z01	0.04678	0.00508	0.001592	0.00004	0.01017	0.00108	0.00049	0.00002	37.9	242	10.26	0.25	10.3	1.08	9.9	0.38	0.42	300	37	245	11	0.27
42_L1_Z02	0.04643	0.00732	0.001584	0.00004	0.01005	0.00156	0.00051	0.00003	19.9	340	10.2	0.27	10.2	1.57	10.3	0.56	-0.02	121	15	150	7	0.18
42_L1_Z03	0.04672	0.00675	0.001644	0.00004	0.01051	0.0015	0.00053	0.00003	35	314	10.59	0.25	10.6	1.51	10.6	0.55	0.11	118	15	149	7	0.17
42_L1_Z04	0.04667	0.00518	0.001584	0.00004	0.0101	0.0011	0.0005	0.00002	32.2	247	10.2	0.25	10.2	1.1	10	0.45	0	235	29	268	12	0.2
42_L1_Z06	0.0462	0.00167	0.001642	0.00002	0.01037	0.00036	0.00055	0.00001	8.2	84	10.58	0.12	10.5	0.36	11.1	0.22	-0.72	1215	150	910	42	0.3
42_L1_Z07	0.05021	0.00426	0.001671	0.00004	0.01148	0.00094	0.00058	0.00002	204.9	186	10.77	0.24	11.6	0.95	11.8	0.32	7.2	519	72	354	13	0.33
42_L1_Z09	0.04647	0.00944	0.001633	0.00006	0.01036	0.00207	0.00052	0.00003	22	426	10.52	0.36	10.5	2.08	10.6	0.66	-0.19	118	17	124	5	0.21
42_L1_Z10	0.04739	0.00379	0.001683	0.00004	0.01089	0.00084	0.00049	0.00002	68.4	181	10.84	0.23	11	0.85	10	0.33	1.45	413	58	398	15	0.23
42_L1_Z12	0.04604	0.00162	0.001654	0.00002	0.01042	0.00035	0.00052	0.00001	0.1	81	10.66	0.13	10.5	0.35	10.5	0.22	-1.49	827	115	1284	48	0.14
42_L1_Z13	0.04653	0.00173	0.001684	0.00002	0.01068	0.00038	0.00055	0.00001	25	87	10.85	0.13	10.8	0.39	11	0.21	-0.44	560	78	751	28	0.17
42_L1_Z15	0.04639	0.00482	0.001744	0.00004	0.01107	0.00113	0.00059	0.00002	17.7	232	11.23	0.24	11.2	1.13	11.9	0.48	-0.3	159	22	224	8	0.16
42_L1_Z16	0.04609	0.00643	0.001643	0.00004	0.01033	0.00142	0.00058	0.00003	2.2	306	10.59	0.27	10.4	1.43	11.7	0.51	-1.79	150	21	165	6	0.2
42_L1_Z17	0.04657	0.00207	0.001654	0.00002	0.01053	0.00045	0.00054	0.00001	27.4	104	10.65	0.14	10.6	0.46	10.9	0.24	-0.5	578	81	714	26	0.18
42_L2_Z01	0.04713	0.00744	0.001583	0.00005	0.01019	0.00158	0.00055	0.00003	55.2	339	10.2	0.33	10.3	1.58	11.1	0.55	1	177	25	173	6	0.23
13TK43																						
43_L1_Z01	0.04579	0.00128	0.001669	0.00002	0.01047	0.00028	0.00051	0.00001	0.1	52	10.75	0.12	10.6	0.28	10.3	0.12	-1.39	3902	576	1756	94	0.49
43_L1_Z02	0.04704	0.00085	0.001702	0.00002	0.011	0.00019	0.00051	0	50.9	42	10.96	0.11	11.1	0.19	10.4	0.1	1.23	10015	1479	2561	137	0.87
43_L1_Z03	0.04717	0.00102	0.001758	0.00002	0.01139	0.00023	0.00056	0.00001	57.2	51	11.32	0.12	11.5	0.24	11.3	0.12	1.55	5226	772	2146	115	0.54
43_L1_Z08	0.04636	0.00084	0.001718	0.00002	0.0109	0.00019	0.00053	0.00001	16.1	43	11.06	0.11	11	0.19	10.7	0.12	-0.58	7799	1152	3179	170	0.55
43_L2_Z04	0.04642	0.00444	0.001733	0.00004	0.011	0.00103	0.00059	0.00002	19.2	215	11.16	0.25	11.1	1.03	11.9	0.4	-0.55	222	33	206	11	0.24
43_L3_Z09	0.04698	0.00133	0.001689	0.00002	0.0109	0.00029	0.00053	0.00001	47.8	66	10.88	0.12	11	0.3	10.8	0.13	1.1	4115	584	1978	90	0.46
43_L4_Z01	0.04679	0.00127	0.001699	0.00002	0.01089	0.00028	0.00053	0.00001	38.5	64	10.95	0.12	11	0.28	10.6	0.13	0.49	4405	625	2219	101	0.44
13TK45																						
45_L1_Z01	0.04646	0.00116	0.001541	0.00002	0.00979	0.00023	0.0005	0.00001	21.5	58	9.93	0.1	9.9	0.23	10	0.13	-0.29	3200	450	2187	89	0.33
45_L1_Z04	0.04619	0.0008	0.001591	0.00001	0.01007	0.00017	0.00049	0.00001	7.4	41	10.25	0.09	10.2	0.17	9.9	0.11	-0.49	5317	747	3527	143	0.33
45_L1_Z09	0.04811	0.00113	0.00159	0.00002	0.01045	0.00023	0.0005	0.00001	104.9	55	10.24	0.1	10.6	0.23	10	0.13	3.38	4270	600	2335	95	0.41
*45_L1_Z12	0.04614	0.00159	0.001732	0.00002	0.01094	0.00036	0.00056	0.00001	5.1	80	11.15	0.13	11	0.36	11.3	0.17	-1.39	1346	189	971	39	0.31
45_L1_Z22	0.04612	0.0007	0.001579	0.00001	0.00997	0.00014	0.00049	0.00001	4.1	36	10.17	0.09	10.1	0.14	10	0.12	-0.69	10186	1432	4745	192	0.48
45_L1_Z23	0.04737	0.00198	0.00161	0.00002	0.01044	0.00042	0.0005	0.00001	67.1	97	10.37	0.14	10.5	0.42	10.2	0.17	1.21	1422	200	828	34	0.38
45_L2_Z20_A	0.04622	0.00146	0.001602	0.00002	0.01014	0.00031	0.00051	0.00001	9.2	74	10.32	0.12	10.2	0.31	10.3	0.17	-1.18	1495	210	1223	50	0.27
45_L2_Z20_B	0.0463	0.00118	0.00156	0.00002	0.00989	0.00024	0.00049	0.00001	13.1	59	10.05	0.1	10	0.24	9.8	0.15	-0.49	2737	385	1516	61	0.4
45_L3_Z03	0.04642	0.00135	0.001582	0.00002	0.01005	0.00028	0.0005	0.00001	19.5	68	10.19	0.11	10.2	0.28	10.2	0.17	0.07	1512	213	1266	51	0.27
45_L3_Z08	0.04596	0.00572	0.001644	0.00003	0.01032	0.00127	0.00058	0.00002	0.1	271	10.59	0.22	10.4	1.27	11.6	0.48	-1.81	122	17	153	6	0.18
13TK47																						
47_L1_Z03	0.04618	0.00066	0.001712	0.00002	0.01083	0.00015	0.00052	0.00001	6.9	34	11.03	0.1	10.9	0.15	10.4	0.14	-1.16	4432	587	3405	159	0.29
47_L2_Z02	0.04643	0.00062	0.001709	0.00002	0.01089	0.00014	0.00053	0	19.9	31	11.01	0.1	11	0.14	10.7	0.1	-0.07	6593	889	3152	163	0.46
47_L2_Z04	0.04624	0.00081	0.001761	0.00002	0.01113	0.00018	0.00054	0.00001	10.2	41	11.34	0.11	11.2	0.19	10.8	0.12	-1.29	2289	309	1547	80	0.33
47_L3_Z03	0.04633	0.00075	0.00168	0.00002	0.01069	0.00016	0.00052	0.00001	14.7	38	10.82	0.11	10.8	0.16	10.4	0.11	-0.19	5093	687	2732	141	0.41
47_L3_Z07	0.04653	0.001	0.001761	0.00002	0.01124	0.00023	0.00057	0.00001	24.9	50	11.34	0.12	11.3	0.23	11.5	0.14	-0.37	3006	406	1917	99	0.35
47_L3_Z09	0.04662	0.00073	0.001756	0.00002	0.01128	0.00017	0.00056	0.00001	29.7	37	11.31	0.11	11.4	0.17	11.3	0.12	0.81	7536	1017	2511	130	0.67
47_L3_Z10	0.04634	0.00106	0.001737	0.00002	0.01106	0.00024	0.00053	0.00001	15.4	53	11.19	0.12	11.2	0.24	10.8	0.13	0.08	3630	490	1451	75	0.56
47_L4_Z01	0.04675	0.001	0.00174	0.00002	0.01115	0.00023	0.00055	0.00001	36.1	50	11.21	0.12	11.3	0.23	11.1	0.14	0.8	3427	462	1999	103	0.38
47_L4_Z02	0.046	0.00101	0.00176	0.00002	0.01119	0.00023	0.00055	0.00001	0.1	49	11.34	0.12	11.3	0.23	11.1	0.14	-0.34	6767	913	1540	80	0.98
13TK63																						
63_L1_Z11	0.04699	0.00136	0.001543	0.00002	0.00989	0.00027	0.00049	0.00001	48.6	68	9.94	0.11	10	0.28	10	0.16	0.58	1003	153	1090	76	0.2
63_L1_Z12	0.04661	0.00151	0.00156	0.00002	0.00994	0.00031	0.00049	0.00001	29.2	76	10.05	0.11	10	0.31	10	0.14	-0.48	1989	303	1065	75	0.41
63_L2_Z02	0.04629	0.00151	0.001561	0.00002	0.00988	0.00031	0.0005	0.00001	12.6	76	10.06	0.12	10	0.31	10	0.16	-0.58	1905	291	1325	93	0.32
63_L2_Z04	0.04642	0.00216	0.001521	0.00002	0.00967	0.00043	0.00048	0.00001	19.3	108	9.8	0.14	9.8	0.44	9.7	0.18	0.03	1179	180	735	52	0.36
63_L2_Z05	0.04813	0.00201	0.001523	0.00002	0.01005	0.0004	0.00048	0.00001	105.5	96	9.81	0.13	10.2	0.4	9.6	0.2	3.82	935	143	906	64	0.23
63_L2_Z06	0.0464	0.00244	0.001544	0.00002	0.00977	0.0005	0.00049	0.00001	18.4	122	9.95	0.14	9.9	0.5	9.9	0.27	-0.47	359	55	507	36	0.16
63_L2_Z07	0.04644	0.00255	0.001534	0.00002	0.00974	0.00052	0.00054	0.00001	20.4	127	9.88	0.16	9.8	0.52	10.9	0.3	-0.83	513	78	673	47	0.17
63_L2_Z09	0.0464	0.00112	0.001553	0.00002	0.00986	0.00023	0.00051	0.00001	18.3	57	10.01	0.1	10	0.23	10.2	0.18	-0.07	1626	248	1791	126	0.2
63_L2_Z12	0.04642	0.00189	0.001583	0.00002	0.01007	0.0004	0.0005	0.00001	19.6	95	10.19	0.13	10.2	0.4	10	0.21	0.06	932	142	820	57	0.25
63_L3_Z02	0.04656	0.00124	0.001534	0.00002	0.00979	0.00025	0.00047	0.00001	26.7	62	9.88	0.1	9.9	0.25	9.6	0.16	0.2	1076	133	1321	61	0.18
63_L3_Z05	0.04631	0.00189	0.001553	0.00002	0.00985	0.00039	0.00047	0.00001	13.7	95	10	0.12	10	0.39	9.6	0.18	-0.02	813	100	739	34	0.24
63_L3_Z06	0.04659	0.00117	0.001492	0.00002	0.00951	0.00023	0.00048	0.00001	28.3	58	9.61	0.1	9.6	0.23	9.7	0.15	-0.15	1984	245	1693	78	0.26
13TK69																						
69_L1_Z01_A	0.04609	0.00269	0.001352	0.00002	0.00854	0.00048	0.00042	0.00001	2.4	135	8.71	0.14	8.6	0.49	8.4	0.17	-1.27	512	83	388	43	0.29
69_L1_Z01_B	0.04632	0.01021	0.001364	0.00004	0.0086	0.00188	0.00046	0.00003	14.1	458	8.79	0.26	8.7	1.89	9.3	0.61	-1	51	8	66	7	0.17
69_L1_Z04	0.04598	0.01585	0.001404	0.00006	0.00878	0.00301	0.00051	0.00004	0.1	668	9.04	0.36	8.9	3.03	10.3	0.89	-1.62	38	6	49	5	0.17
69_L1_Z05_A	0.04607	0.0045	0.001384	0.00003	0.00872	0.00083	0.00044	0.00002	0.1	221	8.91	0.21	8.8	0.84	9	0.34	-1.28	226	37	257	28	0.2
69_L1_Z09	0.04622	0.00788	0.001375	0.00004	0.00866	0.00145	0.00054	0.00004	8.9	366	8.86	0.29	8.8	1.46	10.9	0.75	-0.64	66	11	119	13	0.12
69_L1_Z10	0.04668	0.00301	0.001384	0.00002	0.00879	0.00055	0.00039	0.00001	33	148	8.91	0.14	8.9	0.56	7.8	0.22	-0.14	254	41	288	32	0.2
69_L1_Z11	0.04597	0.0147	0.001334	0.00006	0.00835	0.00265	0.00039	0.00004	0.1	628	8.59	0.38	8.4	2.66	8	0.83	-2.29	42	7	51	6	0.18
69_L1_Z12_A	0.04618	0.00269	0.001374	0.00002	0.00866	0.00048	0.00046	0.00001	7.1	273	8.85	0.22	8.8	1.05	9.3	0.4	-0.58	163	23	208	10	0.17
69_L1_Z14	0.04603	0.01585	0.001222	0.00006	0.00767	0.00301	0.00037	0.00004	0.1	137	7.87	0.13	7.8	0.45	7.4	0.16	-0.96	705	102	576	27	0.27
69_L2_Z03	0.04635	0.0045	0.001414	0.00003	0.00892	0.00083	0.00046	0.00002	15.8	506	9.11	0.39	9	2.18	9.3	0.78	-1.21	75	11	97	5	0.17
69_L2_Z04_A	0.04616	0.0085	0.001288	0.00004	0.00814	0.00157	0.00035	0.00004	5.9	83	8.3	0.11	8.2	0.28	7.1	0.1	-1.16	4407	635	1785	84	0.55
69_L2_Z04_B	0.04662	0.00788	0.001224	0.00004	0.00779	0.00145	0.0004	0.00004	29.8	567	7.89	0.36	7.9	2.19	8.1	0.95	0.15	49	7	76	4	0.14
69_L2_Z05_A	0.04619	0.00301	0.001312	0.00002	0.00829	0.00055	0.00038	0.00001	7.5	159	8.46	0.16	8.4	0.56	7.7	0.21	-0.66	522	75	444	21	0.26
69_L2_Z05_B	0.04604	0.0147	0.001375	0.00006	0.00862	0.00265	0.00046	0.00004	0.1	653	8.85	0.5	8.7	2.85	9.4	1.17	-1.78	45	6	71	3	0.14
69_L2_Z10_A	0.04608	0.00364	0.001394	0.00003	0.00879	0.00067	0.00043	0.00001	2	180	8.98	0.19	8.9	0.68	8.8	0.29	-0.87	367	53	414	19	0.2
69_L2_Z13_B	0.04596	0.01093	0.001445	0.00005	0.00908	0.00214	0.00049	0.00004	0.1	487	9.31	0.32	9.2	2.15	10	0.84	-1.15	49	7	81	4	0.13
69_L2_Z13_A	0.04644	0.00154	0.001311	0.00002	0.0083	0.00026	0.00039	0.00001	20.7	77	8.44	0.1	8.4	0.27	7.9	0.13	-0.52	2255	325	1363	64	0.37
69_L2_Z14	0.0459	0.00947	0.001234	0.00004	0.00772	0.00157	0.00045	0.00003	0.1	427	7.95	0.25	7.8	1.59	9	0.56	-1.94	100	17	143	15	0.16
69_L3_Z11	0.0454	0.01256	0.001375	0.00005	0.00852	0.00234	0.00056	0.00005	0.1	528	8.86	0.31	8.6	2.36	11.4	1.02	-2.98	44	7	80	8	0.12
13TK70																						
70_L1_Z02	0.04909	0.0022	0.001231	0.00002	0.00824	0.00035	0.00042	0.00001	152.1	102	7.93	0.12	8.3	0.36	8.5	0.18	4.42	1876	318	1275	134	0.33
70_L1_Z05	0.04587	0.00155	0.00129	0.00002	0.00809	0.00026	0.00038	0.00001	0.1	70	8.31	0.1	8.2	0.26	7.7	0.15	-1.37	3621	614	2078	219	0.39
70_L1_Z06	0.04642	0.00156	0.001287	0.00002	0.00816	0.00026	0.00041	0.00001	19.2	78	8.29	0.11	8.2	0.26	8.2	0.15	-1.13	5561	943	2161	228	0.57
70_L1_Z09	0.04617	0.00308	0.001321	0.00003	0.00833	0.00054	0.00045	0.00001	6.5	153	8.51	0.16	8.4	0.54	9.2	0.25	-1.33	1069	181	715	75	0.33
70_L1_Z11	0.04644	0.00178	0.001309	0.00002	0.00834	0.00031	0.00042	0.00001	20.5	89	8.43	0.12	8.4	0.31	8.5	0.19	-0.4	3726	632	1811	191	0.46
70_L2_Z01	0.04658	0.00126	0.00132	0.00002	0.00838	0.00022	0.0004	0.00001	27.5	63	8.5	0.1	8.5	0.22	8.1	0.18	-0.02	3434	582	1784	188	0.43
70_L2_Z04	0.0462	0.00358	0.001351	0.00003	0.00855	0.00064	0.00044	0.00001	8.2	177	8.71	0.18	8.6	0.65	9	0.28	-1.23	877	149	608	64	0.32
70_L2_Z05	0.04633	0.00297	0.001232	0.00002	0.00776	0.00048	0.00038	0.00001	14.7	147	7.94	0.13	7.9	0.49	7.6	0.17	-0.46	599	108	454	59	0.29
70_L2_Z07	0.0464	0.00197	0.001261	0.00002	0.008	0.00033	0.00037	0.00001	18.6	99	8.12	0.11	8.1	0.33	7.5	0.12	-0.28	2219	402	1387	180	0.36
70_L2_Z10	0.04811	0.00367	0.001293	0.00003	0.0085	0.00063	0.00041	0.00001	104.9	171	8.33	0.16	8.6	0.63	8.3	0.23	3.16	624	113	566	74	0.24
70_L2_Z11	0.04585	0.00188	0.001317	0.00002	0.00826	0.00033	0.00039	0.00001	0.1	85	8.49	0.11	8.4	0.33	7.8	0.11	-1.04	2519	456	998	130	0.56
70_L2_Z14	0.04675	0.00218	0.001263	0.00002	0.00803	0.00036	0.00039	0.00001	36.2	108	8.14	0.11	8.1	0.36	7.8	0.16	-0.44	859	156	795	103	0.24
70_L3_Z07	0.04616	0.00179	0.001282	0.00002	0.00808	0.0003	0.00037	0.00001	5.9	90	8.26	0.11	8.2	0.3	7.5	0.13	-0.72	1477	267	1148	149	0.29
70_L3_Z09	0.04751	0.00245	0.001242	0.00002	0.00808	0.0004	0.00037	0.00001	74.2	119	8	0.12	8.2	0.41	7.5	0.16	2.41	861	156	681	88	0.28

Annexe n°9 : Données U-Pb sur zircons (suite)

Analysis	ISOTOPIC RATIOS								AGES (Ma)								CONCENTRATIONS (ppm)					
	$^{207}Pb/^{206}Pb$	± 1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	± 1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	± 1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	±1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	± 1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	± 1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	± 1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	±1σ	[1]conc.	Th	± 2σ	U	± 2σ	[2]$f_{(Th/U)}$
13TK80																						
80_L1_Z04	0.04597	0.00156	0.001262	0.00002	0.00795	0.00026	0.00043	0.00001	0.1	75	8.13	0.1	8	0.26	8.7	0.15	-1.63	2652	480	2051	266	0.29
80_L1_Z05	0.04628	0.001	0.001279	0.00001	0.00811	0.00017	0.00039	0.00001	12	51	8.24	0.08	8.2	0.17	7.9	0.11	-0.47	5834	1056	2734	355	0.47
80_L1_Z08	0.0463	0.00124	0.001258	0.00001	0.00798	0.0002	0.00036	0	13.3	62	8.1	0.09	8.1	0.2	7.3	0.08	-0.05	5858	783	2466	96	0.53
80_L1_Z12	0.04753	0.00151	0.001243	0.00001	0.00804	0.00024	0.00038	0.00001	75.4	74	8.01	0.09	8.1	0.25	7.7	0.12	1.13	1262	169	1233	48	0.23
80_L1_Z13	0.04636	0.00138	0.00123	0.00001	0.00783	0.00022	0.00037	0	16.4	69	7.92	0.09	7.9	0.22	7.5	0.1	-0.31	3509	469	1932	75	0.4
80_L2_Z03	0.04664	0.00115	0.001238	0.00001	0.00792	0.00019	0.00038	0	30.8	57	7.98	0.09	8	0.19	7.7	0.09	0.3	6932	926	2936	114	0.52
80_L2_Z04	0.04641	0.00102	0.001251	0.00001	0.00793	0.00017	0.00038	0	19.1	51	8.06	0.08	8	0.17	7.7	0.09	-0.76	3132	418	2055	80	0.34
80_L2_Z08	0.04613	0.00376	0.001254	0.00003	0.00787	0.00062	0.00045	0.00002	4.5	186	8.08	0.17	8	0.63	9.2	0.32	-1.01	196	26	289	11	0.15
80_L3_Z07	0.04636	0.0009	0.001231	0.00001	0.00779	0.00014	0.00037	0	16.6	45	7.93	0.08	7.9	0.14	7.5	0.09	-0.39	2994	400	1916	74	0.35
13TK81A																						
81A_L1_Z03	0.04654	0.00188	0.001402	0.00002	0.00895	0.00035	0.00041	0.00001	25.8	94	9.03	0.12	9	0.35	8.3	0.15	-0.34	979	130	730	34	0.3
81A_L1_Z06	0.04634	0.00184	0.001474	0.00002	0.00933	0.00036	0.00045	0.00001	15.6	93	9.49	0.13	9.4	0.36	9.1	0.19	-0.98	609	81	681	32	0.2
81A_L1_Z09	0.04622	0.00143	0.001433	0.00002	0.00907	0.00027	0.00046	0.00001	9.2	72	9.23	0.11	9.2	0.27	9.2	0.16	-0.37	837	111	923	43	0.2
81A_L2_Z08-A	0.04613	0.00166	0.001454	0.00002	0.00917	0.00032	0.00044	0.00001	4.3	84	9.36	0.12	9.3	0.32	9	0.17	-0.68	506	67	575	27	0.2
81A_L2_Z08-B	0.04658	0.00163	0.001412	0.00002	0.00897	0.0003	0.00043	0.00001	27.6	82	9.1	0.12	9.1	0.3	8.8	0.15	0.02	1051	139	881	41	0.26
81A_L3_Z09	0.04618	0.00159	0.001483	0.00002	0.00933	0.00031	0.00046	0.00001	7.3	80	9.56	0.12	9.4	0.31	9.3	0.18	-1.65	810	107	864	40	0.21
13TK101																						
101A_L1_Z06	0.04684	0.00963	0.001345	0.00006	0.00858	0.00172	0.00049	0.00006	40.7	430	8.67	0.38	8.7	1.74	9.9	1.14	0.4	42	6	89	4	0.1
101A_L1_Z09	0.04628	0.00871	0.001294	0.00004	0.00817	0.00152	0.0005	0.00003	12	400	8.33	0.25	8.3	1.53	10	0.55	-0.41	55	8	65	3	0.19
101A_L1_Z10	0.04688	0.00591	0.001264	0.00003	0.0081	0.001	0.00042	0.00002	42.7	277	8.14	0.19	8.2	1.01	8.5	0.37	0.71	89	13	109	5	0.18
101A_L1_Z11	0.04958	0.00536	0.001314	0.00003	0.00888	0.00093	0.00045	0.00002	175.2	235	8.46	0.22	9	0.94	9	0.41	5.96	127	18	152	6	0.19
101A_L2_Z01	0.04638	0.00777	0.001324	0.00004	0.00836	0.00138	0.00047	0.00003	17.1	360	8.53	0.27	8.4	1.39	9.5	0.56	-1.52	69	10	82	3	0.19
101A_L2_Z05	0.04615	0.01846	0.001355	0.00007	0.00855	0.00339	0.00053	0.00007	5.3	756	8.73	0.45	8.6	3.42	10.6	1.4	-1.48	17	2	29	1	0.13
101A_L2_Z08	0.04664	0.00618	0.001325	0.00003	0.0084	0.00109	0.00046	0.00003	30.8	290	8.53	0.22	8.5	1.1	9.2	0.57	-0.4	55	8	95	4	0.13
101A_L2_Z11	0.04609	0.00659	0.001333	0.00003	0.00837	0.00118	0.00047	0.00002	2.2	313	8.59	0.21	8.5	1.19	9.6	0.39	-1.04	76	11	76	3	0.22
101A_L3_Z04	0.04707	0.00669	0.001355	0.00005	0.00869	0.0012	0.00052	0.00003	52.3	308	8.73	0.29	8.8	1.21	10.5	0.7	0.83	75	11	129	5	0.13
101A_L3_Z05	0.04666	0.00749	0.001334	0.00004	0.00848	0.00134	0.00048	0.00002	31.7	346	8.59	0.25	8.6	1.35	9.7	0.5	0.1	72	10	83	3	0.19
101A_L3_Z07	0.04578	0.00957	0.0011443	0.00005	0.00713	0.00146	0.00044	0.00003	0.1	426	7.37	0.31	7.2	1.47	8.8	0.7	-2.39	92	13	134	5	0.15
101A_L3_Z08	0.04673	0.01067	0.001355	0.00006	0.00866	0.00194	0.00033	0.00005	35.4	471	8.73	0.39	8.8	1.95	6.7	0.96	0.84	43	6	71	3	0.13
101A_L4_Z02	0.04617	0.0108	0.001344	0.00006	0.00848	0.00195	0.0004	0.00004	6.5	483	8.66	0.39	8.6	1.96	8.1	0.81	-0.7	49	7	73	3	0.15
101A_L4_Z08	0.04658	0.00766	0.001343	0.00004	0.00856	0.00138	0.00045	0.00002	27.8	353	8.65	0.28	8.7	1.39	9.1	0.49	0.54	94	13	98	4	0.21
101A_L4_Z09	0.04609	0.00359	0.001263	0.00003	0.00797	0.0006	0.00038	0.00001	2.2	178	8.14	0.18	8.1	0.6	7.8	0.26	-0.49	333	47	361	14	0.21
101A_L5_Z03	0.04637	0.01561	0.001304	0.00007	0.00822	0.00273	0.0005	0.00006	16.7	656	8.4	0.45	8.3	2.75	10.1	1.11	-1.22	35	5	48	2	0.16
13TK104																						
TK104_C1_Z1	0.04755	0.00145	0.001212	0.00001	0.00734	0.00021	0.00037	0	76.4	72	7.81	0.09	7.4	0.22	7.5	0.1	-5.54	1766	283	1431	132	0.27
TK104_C1_Z3	0.04936	0.00237	0.001192	0.00002	0.00773	0.00035	0.00038	0.00001	165	108	7.68	0.12	7.8	0.36	7.6	0.14	1.56	1509	242	1119	103	0.3
TK104_C3_Z1	0.04612	0.00924	0.001304	0.00005	0.00818	0.00161	0.00045	0.00003	3.8	423	8.4	0.34	8.3	1.62	9.2	0.65	-1.23	106	17	150	13	0.16
TK104_C3_Z3	0.04629	0.00333	0.001286	0.00003	0.00809	0.00056	0.00038	0.00002	12.8	165	8.28	0.17	8.2	0.57	7.8	0.43	-1.01	123	19	374	33	0.07
TK104_C3_Z4	0.0463	0.00277	0.001225	0.00002	0.0077	0.00045	0.0004	0.00002	13.2	138	7.89	0.13	7.8	0.45	8.1	0.33	-1.22	130	20	344	30	0.08
TK104_C4_Z1	0.04633	0.00169	0.001214	0.00002	0.00768	0.00027	0.00038	0.00001	14.8	84	7.82	0.11	7.8	0.27	7.7	0.17	-0.29	610	96	879	77	0.15
13TK108																						
108A_L1_Z02	0.04769	0.00163	0.001221	0.00002	0.00798	0.00026	0.00036	0	83.1	80	7.86	0.1	8.1	0.26	7.3	0.1	2.92	1864	257	1101	46	0.38
108A_L1_Z05	0.04646	0.00294	0.001284	0.00002	0.00816	0.0005	0.00041	0.00001	21.7	146	8.27	0.14	8.3	0.51	8.4	0.25	0.31	229	32	352	15	0.14
108A_L1_Z07	0.04645	0.00132	0.001221	0.00001	0.00777	0.00021	0.00037	0	21.2	66	7.87	0.09	7.9	0.21	7.5	0.1	0.43	1580	218	1009	42	0.35
108A_L1_Z09	0.04644	0.0029	0.001283	0.00002	0.00811	0.00049	0.0004	0.00001	20.3	144	8.27	0.15	8.2	0.49	8	0.22	-0.82	435	60	451	19	0.21
108A_L1_Z10	0.04624	0.00105	0.001249	0.00001	0.0079	0.00017	0.00039	0	10.4	53	8.05	0.08	8	0.17	7.9	0.09	-0.57	3157	435	1482	61	0.47
108A_L2_Z02	0.04712	0.00106	0.00124	0.00001	0.00799	0.00017	0.00039	0	55.1	53	7.99	0.08	8.1	0.17	7.8	0.09	1.4	2484	342	1301	54	0.42
108A_L2_Z06	0.04643	0.00233	0.001323	0.00002	0.0084	0.00041	0.00043	0.00001	19.8	117	8.52	0.13	8.5	0.41	8.7	0.17	-0.24	524	83	465	44	0.25
108A_L2_Z13	0.0466	0.0014	0.001239	0.00001	0.00791	0.00023	0.00039	0	28.6	70	7.98	0.1	8	0.23	7.8	0.09	0.19	2572	408	1283	122	0.45
108A_L3_Z02	0.04618	0.00108	0.001238	0.00001	0.00781	0.00017	0.00038	0	7.1	55	7.98	0.08	7.9	0.18	7.7	0.08	-0.99	3290	522	1444	137	0.51
108A_L3_Z03	0.04626	0.0022	0.001242	0.00002	0.00782	0.00036	0.00037	0.00001	11.2	110	8	0.12	7.9	0.36	7.5	0.15	-1.32	664	105	566	54	0.26
108A_L4_Z01	0.0464	0.00194	0.001274	0.00002	0.00808	0.00032	0.0004	0.00001	18.3	97	8.21	0.11	8.2	0.33	8.1	0.16	-0.07	458	73	549	52	0.19
13TK118A																						
TK118A_C1_Z1	0.04602	0.00382	0.001485	0.00003	0.0093	0.00075	0.00055	0.00003	0.1	188	9.57	0.22	9.4	0.75	11.2	0.51	-1.77	134	19	284	19	0.1
TK118A_C2_Z1	0.04763	0.00249	0.00149	0.00003	0.00972	0.00049	0.00047	0.00001	80.3	121	9.6	0.17	9.8	0.49	9.4	0.19	2.03	1259	178	730	48	0.38
TK118A_C3_Z1	0.04713	0.00312	0.001476	0.00003	0.00949	0.0006	0.0005	0.00002	55.5	151	9.5	0.2	9.6	0.61	10.2	0.49	0.99	131	19	369	24	0.08
TK118A_C4_Z1	0.04643	0.00226	0.001444	0.00002	0.00917	0.00043	0.00048	0.00001	20	113	9.3	0.14	9.3	0.43	9.7	0.23	-0.01	209	29	262	17	0.18
TK118A_C5_Z1	0.04617	0.00294	0.001464	0.00003	0.00921	0.00056	0.00048	0.00002	6.4	147	9.43	0.18	9.3	0.57	9.7	0.34	-1.43	264	37	389	26	0.15
TC09_06																						
06A_L1_Z02	0.04671	0.00273	0.001815	0.00003	0.01161	0.00066	0.00054	0.00002	34.4	134	11.69	0.18	11.7	0.66	11	0.34	0.11	203	30	334	18	0.14
06A_L1_Z03	0.04787	0.00199	0.001783	0.00002	0.0117	0.00047	0.00058	0.00001	91.9	97	11.49	0.14	11.8	0.47	11.7	0.21	2.66	398	59	436	24	0.2
06A_L1_Z04	0.04647	0.00246	0.001765	0.00003	0.01119	0.00057	0.00056	0.00002	22.1	122	11.37	0.18	11.3	0.57	11.3	0.36	-0.6	252	37	500	28	0.11
06A_L1_Z05	0.04648	0.00256	0.001803	0.00003	0.0115	0.00061	0.00057	0.00001	22.3	127	11.61	0.19	11.6	0.61	11.6	0.28	-0.12	506	75	511	28	0.22
06A_L1_Z08	0.04823	0.00206	0.001865	0.00003	0.01227	0.0005	0.00056	0.00002	110.5	98	12.01	0.17	12.4	0.5	11.4	0.33	3.13	459	65	985	38	0.1
06A_L1_Z09	0.04619	0.00368	0.001784	0.00003	0.01126	0.00088	0.0006	0.00002	7.5	182	11.49	0.21	11.4	0.88	12.1	0.37	-0.79	177	25	229	9	0.17
06A_L1_Z10	0.04701	0.00299	0.001775	0.00003	0.01138	0.0007	0.00058	0.00002	49.6	146	11.43	0.2	11.5	0.7	11.8	0.39	0.61	239	34	399	15	0.13
06A_L2_Z03	0.04627	0.00355	0.001803	0.00003	0.01144	0.00085	0.00059	0.00002	11.5	175	11.61	0.22	11.6	0.86	11.8	0.36	-0.13	285	41	306	12	0.21
06A_L2_Z06	0.04636	0.00239	0.001823	0.00003	0.01156	0.00058	0.00059	0.00001	16.6	119	11.74	0.18	11.7	0.58	12	0.27	-0.36	450	64	444	17	0.23
06A_L2_Z09	0.04649	0.00368	0.001784	0.00003	0.01135	0.00088	0.00059	0.00002	22.9	180	11.49	0.21	11.5	0.88	12	0.4	0.07	177	25	250	10	0.16
06A_L3_Z06	0.04839	0.00436	0.001714	0.00004	0.01133	0.00099	0.00059	0.00002	118.2	200	11.04	0.24	11.4	1	11.8	0.48	3.15	160	23	223	9	0.16
TC09_41																						
TC41_C1_Z1	0.0464	0.0033	0.001715	0.00003	0.01084	0.00075	0.0005	0.00002	18.4	163	11.04	0.22	10.9	0.75	10.2	0.39	-1.32	185	26	302	16	0.14
TC41_C1_Z2	0.04671	0.00535	0.001764	0.00005	0.01126	0.00125	0.00061	0.00003	34.1	254	11.36	0.32	11.4	1.26	12.3	0.55	0.36	122	17	144	8	0.19
TC41_C2_Z1	0.04648	0.00352	0.001805	0.00004	0.01145	0.00084	0.00067	0.00003	22.7	173	11.63	0.24	11.6	0.84	13.5	0.52	-0.22	122	17	245	13	0.11
TC41_C2_Z2	0.04618	0.00486	0.001843	0.00004	0.01165	0.0012	0.00062	0.00002	6.8	236	11.87	0.28	11.8	1.2	12.5	0.47	-0.62	105	15	116	6	0.2
TC41_C2_Z3	0.04628	0.00423	0.001663	0.00004	0.01054	0.00093	0.00055	0.00002	12	206	10.71	0.26	10.6	0.94	11.2	0.39	-1.07	235	33	245	13	0.21
TC41_C3_Z1	0.04628	0.0046	0.001864	0.00004	0.01179	0.00115	0.00062	0.00002	12.4	223	12	0.24	11.9	1.15	12.5	0.42	-0.86	92	13	106	6	0.19
TC41_C3_Z2	0.04635	0.00319	0.001844	0.00003	0.01167	0.00078	0.00056	0.00002	15.6	158	11.88	0.21	11.8	0.79	11.3	0.38	-0.67	110	16	165	9	0.15
TC41_C3_Z3	0.04647	0.00399	0.001764	0.00004	0.01119	0.00094	0.00064	0.00002	22.1	194	11.36	0.25	11.3	0.94	12.8	0.48	-0.57	152	22	234	12	0.14
TC09_75																						
75_L1_Z01	0.0474	0.00399	0.001682	0.00004	0.01094	0.00089	0.00058	0.00002	68.6	190	10.84	0.24	11	0.9	11.7	0.33	1.48	448	63	381	19	0.26
75_L1_Z02	0.0462	0.01344	0.001735	0.00007	0.01097	0.00317	0.00054	0.00006	8.2	582	11.17	0.43	11.1	3.18	10.9	1.11	-0.65	36	5	60	3	0.13
75_L1_Z03	0.04626	0.01393	0.001725	0.00008	0.01089	0.00324	0.00055	0.00007	11	599	11.11	0.53	11	3.26	11.2	1.51	-0.98	28	4	45	2	0.14
75_L1_Z05	0.04611	0.00627	0.001794	0.00005	0.01132	0.0015	0.00064	0.00003	3.1	299	11.55	0.35	11.4	1.51	12.9	0.64	-1.34	113	16	134	7	0.19
75_L1_Z06	0.04704	0.00364	0.001792	0.00004	0.01157	0.00087	0.00055	0.00002	51.1	175	11.54	0.24	11.7	0.87	11.1	0.33	1.33	296	42	246	12	0.27
75_L1_Z07	0.04641	0.00653	0.001864	0.00005	0.01183	0.00164	0.00057	0.00003	18.8	307	12	0.31	11.9	1.65	11.6	0.59	-0.88	79	11	99	5	0.18
*75_L1_Z13	0.04705	0.0014	0.002073	0.00003	0.01337	0.00038	0.00065	0.00001	51.2	70	13.35	0.16	13.5	0.38	13.2	0.21	1.13	866	122	781	39	0.25
75_L1_Z14	0.04732	0.01003	0.001814	0.00007	0.01171	0.00244	0.00064	0.00004	65.1	440	11.68	0.44	11.8	2.45	12.8	0.88	1.01	54	8	62	3	0.19
75_L1_Z18	0.04663	0.00445	0.001654	0.00004	0.01054	0.00097	0.00058	0.00002	30.4	214	10.65	0.27	10.6	0.98	11.8	0.47	-0.49	222	31	260	13	0.19
75_L2_Z06	0.04957	0.00421	0.001744	0.00004	0.0118	0.00097	0.00063	0.00002	174.8	187	11.23	0.25	11.9	0.98	12.7	0.44	5.62	182	26	216	11	0.19
75_L3_Z06	0.04762	0.0045	0.001752	0.00004	0.01142	0.00105	0.00065	0.00002	79.5	211	11.28	0.27	11.5	1.05	13.1	0.39	1.89	273	39	198	10	0.31
TC09_82																						
82A_L1_Z01	0.0466	0.00219	0.002121	0.00003	0.01358	0.00062	0.00067	0.00001	28.6	109	13.66	0.18	13.7	0.62	13.5	0.21	0.31	732	104	461	21	0.35
82A_L1_Z03	0.04659	0.00147	0.002184	0.00003	0.01392	0.00042	0.00071	0.00001	28.3	74	14.06	0.16	14	0.42	14.3	0.25	-0.45	561	80	692	32	0.18
82A_L1_Z12	0.04657	0.00107	0.002171	0.00002	0.01385	0.00031	0.00068	0.00001	27	53	13.98	0.14	14	0.31	13.8	0.18	0.13	1543	219	1042	48	0.33
82A_L1_Z15	0.04687	0.00168	0.002203	0.00003	0.01413	0.00049	0.00067	0.00001	42.6	84	14.18	0.19	14.3	0.49	13.5	0.26	0.81	1135	161	1036	47	0.24
82A_L2_Z04	0.04635	0.00156	0.002142	0.00003	0.01361	0.00044	0.00064	0.00001	15.6	78	13.79	0.17	13.7	0.44	12.9	0.23	-0.69	1403	199	1096	50	0.28
82A_L3_Z01	0.04641	0.00299	0.002132	0.00004	0.01358	0.00085	0.00064	0.00001	19.1	148	13.73	0.24	13.7	0.85	13	0.3	-0.2	485	65	348	14	0.31
82A_L3_Z06	0.04644	0.0012	0.002111	0.00002	0.01344	0.00033	0.00066	0.00001	20.5	60	13.59	0.14	13.6	0.33	13.3	0.18	0.05	1812	244	1119	46	0.36
82A_L3_Z09	0.04687	0.00224	0.002032	0.00003	0.01302	0.0006	0.00065	0.00001	42.3	111	13.09	0.2	13.1	0.6	13.1	0.26	0.11	837	113	649	27	0.29
82A_L3_Z11	0.04704	0.00389	0.002013	0.00004	0.01294	0.00104	0.00071	0.00002	50.8	187	12.97	0.28	13.1	1.04	14.4	0.48	1.02	284	38	305	13	0.21
82A_L4_Z08	0.05084	0.00263	0.002093	0.00004	0.01461	0.00072	0.00065	0.00002	233.5	115	13.48	0.23	14.7	0.72	13.2	0.32	8.33	643	87	554	23	0.26
TC09_110																						
110A_L1_Z06	0.04628	0.0022	0.001675	0.00003	0.01062	0.00049	0.00053	0.00001	12	110	10.79	0.16	10.7	0.49	10.6	0.27	-0.8	295	41	480	20	0.14
110A_L1_Z12	0.04676	0.00132	0.001601	0.00002	0.01023	0.00028	0.00053	0.00001	36.6	67	10.31	0.12	10.3	0.28	10.6	0.14	-0.13	2947	414	1910	79	0.34
110A_L1_Z14	0.04628	0.00262	0.001664	0.00003	0.01053	0.00058	0.00056	0.00002	12.4	131	10.72	0.18	10.6	0.58	11.3	0.3	-1.11	305	43	403	17	0.17
110A_L1_Z18	0.04675	0.00189	0.001665	0.00002	0.01061	0.00042	0.00057	0.00001	36.5	94	10.73	0.13	10.7	0.42	11.4	0.26	-0.23	191	27	409	17	0.1
110A_L2_Z12	0.04622	0.00238	0.001655	0.00002	0.01048	0.00052	0.00052	0.00001	9.2	120	10.66	0.16	10.6	0.53	10.6	0.3	-0.55	187	26	324	13	0.13
110A_L3_Z05	0.04622	0.00284	0.001615	0.00003	0.01021	0.00061	0.00049	0.00002	9.1	142	10.4	0.18	10.3	0.61	9.9	0.31	-0.97	238	33	381	14	0.14
110A_L3_Z08	0.0458	0.00394	0.001634	0.00004	0.01026	0.00086	0.00058	0.00002	0.1	183	10.53	0.24	10.4	0.86	11.8	0.46	-1.23	177	24	270	10	0.15
110A_L3_Z15-A	0.04634	0.00446	0.001655	0.00004	0.01049	0.00098	0.00051	0.00003	15.5	217	10.66	0.25	10.6	0.99	10.3	0.51	-0.55	121	17	206	8	0.13
110A_L4_Z07	0.04636	0.0032	0.001634	0.00003	0.01036	0.00069	0.00051	0.00002	16.5	158	10.52	0.21	10.5	0.69	10.4	0.34	-0.23	289	40	363	14	0.18

Annexe n°9 : Données U-Pb sur zircons (suite)

	ISOTOPIC RATIOS								AGES (Ma)									CONCENTRATIONS (ppm)				
Analysis	$^{207}Pb/^{206}Pb$	± 1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	± 1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	± 1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	±1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	± 1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	± 1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	± 1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	±1σ	[1]conc.	Th	± 2σ	U	± 2σ	[2]$f_{(Th/U)}$
TC09_113																						
113_L1_Z02	0.04705	0.00551	0.001814	0.00005	0.01165	0.00133	0.00058	0.00003	51.4	259	11.68	0.32	11.8	1.34	11.7	0.59	0.99	97	21	130	23	0.17
113_L1_Z05	0.04621	0.00737	0.001774	0.00006	0.01121	0.00175	0.00056	0.00004	8.8	345	11.43	0.36	11.3	1.76	11.3	0.75	-1.12	50	11	68	12	0.17
113_L1_Z08	0.04702	0.00595	0.001755	0.00004	0.01125	0.0014	0.00058	0.00003	50.1	278	11.3	0.27	11.4	1.41	11.8	0.7	0.86	41	9	71	12	0.13
113_L1_Z10	0.04624	0.00515	0.001694	0.00005	0.01069	0.00116	0.00053	0.00003	10.3	248	10.91	0.29	10.8	1.17	10.8	0.56	-1.05	84	18	124	22	0.15
113_L1_Z12	0.0472	0.00279	0.001695	0.00003	0.01092	0.00063	0.0006	0.00002	59.1	136	10.92	0.19	11	0.63	12.2	0.4	0.75	153	32	314	55	0.11
113_L1_Z13	0.04635	0.00255	0.001743	0.00003	0.01104	0.00059	0.00055	0.00001	15.7	127	11.23	0.18	11.1	0.59	11.2	0.26	-1.13	303	64	283	50	0.24
113_L3_Z02	0.04626	0.00787	0.001664	0.00006	0.01054	0.00176	0.0006	0.00004	10.9	365	10.72	0.37	10.7	1.77	12.2	0.76	-0.16	64	13	79	14	0.18
113_L3_Z05	0.04649	0.00522	0.001774	0.00004	0.0113	0.00124	0.00054	0.00002	23	250	11.42	0.28	11.4	1.25	10.9	0.5	-0.21	96	20	116	20	0.19
113_L3_Z09	0.04633	0.00793	0.001724	0.00005	0.0109	0.00184	0.00055	0.00004	14.6	367	11.1	0.34	11	1.85	11.1	0.71	-0.95	67	10	90	4	0.17
113_L3_Z11	0.04721	0.00896	0.001785	0.00006	0.01152	0.00215	0.00071	0.00005	59.4	399	11.5	0.4	11.6	2.16	14.3	1.1	0.9	43	6	79	3	0.12
113_L4_Z04	0.04607	0.0073	0.001544	0.00005	0.0097	0.00151	0.00053	0.00003	0.1	344	9.94	0.33	9.8	1.51	10.8	0.55	-1.45	118	17	131	6	0.2
113_L4_Z08	0.04611	0.00756	0.001685	0.00005	0.01061	0.00171	0.00044	0.00004	3.6	354	10.85	0.34	10.7	1.72	8.9	0.78	-1.41	55	8	91	4	0.14
TC09_120																						
120_L1_Z07	0.04625	0.00147	0.001304	0.00002	0.00825	0.00025	0.00042	0.00001	10.8	74	8.4	0.11	8.3	0.25	8.5	0.16	-1.23	956	134	1336	62	0.16
120_L2_Z04	0.04607	0.00366	0.00126	0.00004	0.00797	0.00059	0.00042	0.00001	1	175	8.1	0.2	8.1	0.6	8.5	0.2	0	1978	277	523	24	0.84
120_L2_Z07	0.0465	0.00156	0.001305	0.00002	0.0083	0.00027	0.00044	0.00001	23.4	79	8.41	0.11	8.4	0.27	8.9	0.2	-0.1	459	64	1067	38	0.1
120_L3_Z08	0.04773	0.00287	0.001365	0.00003	0.0089	0.00051	0.00044	0.00002	84.9	138	8.8	0.17	9	0.52	8.9	0.38	2.27	404	56	1012	36	0.09
120_L3_L11	0.04564	0.00349	0.001395	0.00003	0.00868	0.00064	0.00042	0.00002	0.1	154	8.99	0.18	8.8	0.65	8.5	0.43	-2.15	146	20	378	13	0.09
120_L3_Z17	0.04591	0.00824	0.001306	0.00005	0.00816	0.00144	0.00045	0.00006	0.1	377	8.41	0.3	8.2	1.45	9.1	1.13	-2.58	43	6	142	5	0.07
120_L3_Z118	0.04926	0.00155	0.0013	0.00002	0.00883	0.00024	0.00041	0.00001	160	75	8.4	0.1	8.9	0.2	8.3	0.1	5.62	931	129	1912	68	0.11
120_L4_Z07	0.046	0.00706	0.001336	0.00004	0.00835	0.00126	0.00042	0.00005	0.1	331	8.61	0.26	8.4	1.27	8.4	1.04	-2.45	45	6	156	6	0.06
TC09_129																						
129_L1_Z04	0.04725	0.0016	0.001441	0.00002	0.0093	0.0003	0.00041	0.00001	61.4	79	9.28	0.12	9.4	0.3	8.2	0.13	1.23	1243	185	836	110	0.33
129_L1_Z05	0.04674	0.00067	0.001386	0.00001	0.00887	0.00012	0.0004	0	35.9	34	8.93	0.08	9	0.12	8.1	0.09	0.79	10859	1614	3787	500	0.64
129_L1_Z06	0.04685	0.0014	0.001402	0.00002	0.00897	0.00026	0.00041	0.00001	41.3	70	9.03	0.11	9.1	0.26	8.2	0.13	0.73	920	137	756	100	0.27
129_L1_Z12	0.04635	0.00104	0.001442	0.00002	0.00916	0.0002	0.00042	0.00001	15.7	52	9.29	0.1	9.3	0.2	8.5	0.13	0.11	1443	215	1130	149	0.28
*129_L2_Z08	0.04638	0.0018	0.001603	0.00002	0.01019	0.00038	0.00054	0.00001	17.2	91	10.33	0.14	10.3	0.38	10.9	0.23	-0.26	551	82	560	74	0.22
129_L3_Z05	0.04642	0.00123	0.001411	0.00002	0.00899	0.00023	0.00044	0.00001	19.7	62	9.09	0.11	9.1	0.23	8.9	0.17	0.1	1761	262	1170	154	0.33
129_L3_Z13	0.04618	0.00078	0.0014	0.00001	0.00887	0.00014	0.00043	0	7.3	40	9.02	0.08	9	0.14	8.6	0.09	-0.21	4428	586	2442	114	0.4
129_L4_Z04	0.04929	0.0014	0.001383	0.00002	0.00931	0.00025	0.00043	0.00001	161.6	65	8.91	0.1	9.4	0.25	8.6	0.13	5.24	1247	165	1110	52	0.25
129_L4_Z05	0.04619	0.00063	0.001427	0.00001	0.00902	0.00012	0.00044	0	7.7	33	9.19	0.08	9.1	0.12	8.8	0.09	-1.02	11478	1520	4384	204	0.58
TC09_135																						
135_L1_Z01-A	0.04624	0.00293	0.001212	0.00002	0.00768	0.00047	0.00038	0.00001	10.4	146	7.81	0.15	7.8	0.47	7.7	0.18	-0.1	959	140	730	38	0.29
135_L1_Z01-B	0.04654	0.00227	0.001134	0.00002	0.00719	0.00034	0.00035	0.00001	25.7	113	7.3	0.11	7.3	0.34	7.1	0.17	-0.05	601	88	700	36	0.19
135_L1_Z07	0.04611	0.00311	0.001094	0.00002	0.00687	0.00045	0.00035	0.00001	3.4	155	7.05	0.13	6.9	0.45	7.1	0.21	-2.14	383	56	479	25	0.18
135_L1_Z09	0.04627	0.00225	0.001172	0.00002	0.00737	0.00034	0.00037	0.00001	11.8	113	7.55	0.12	7.5	0.35	7.5	0.15	-0.66	1044	152	770	40	0.3
135_L1_Z11	0.04616	0.00325	0.001153	0.00002	0.00727	0.0005	0.00036	0.00001	5.8	161	7.43	0.13	7.4	0.5	7.4	0.2	-0.42	274	40	293	15	0.21
135_L2_Z06	0.04839	0.00158	0.001112	0.00001	0.00734	0.00023	0.00036	0.00001	118.6	75	7.16	0.09	7.4	0.23	7.2	0.12	3.2	2287	334	1710	89	0.3
135_L2_Z07	0.04612	0.00769	0.001158	0.00004	0.00736	0.00121	0.00038	0.00001	3.7	359	7.46	0.25	7.4	1.21	7.6	0.18	-0.83	647	94	129	7	1.11
135_L2_Z08	0.04674	0.00206	0.001095	0.00002	0.00693	0.00029	0.00038	0.00001	35.6	102	7.05	0.11	7	0.29	7.7	0.19	-0.75	1053	148	1736	81	0.13
TC09_37																						
37A-L1-Z03	0.04612	0.00094	0.00143243	0.00001	0.00902	0.00018	0.00048	0.00001	3.8	48	9.23	0.1	9.1	0.18	9.7	0.11	-1.40	2523	363	2132	131	0.26
37A_L1_Z06	0.04649	0.00449	0.001615	0.00003	0.01026	0.00097	0.00057	0.00003	23.1	217	10.40	0.22	10.4	0.97	11.6	0.56	-0.03	94	14	197	12	0.11
37A_L2_Z10	0.04646	0.00140	0.001662	0.00002	0.01054	0.0003	0.00053	0.00001	21.6	70	10.71	0.13	10.6	0.31	10.8	0.16	-1.01	1035	149	866	53	0.27
37A_L3_Z05	0.04869	0.00138	0.001682	0.00002	0.01120	0.0003	0.00054	0.00001	133	65	10.83	0.13	11.3	0.30	10.9	0.17	4.12	1538	221	1218	75	0.28
37A_L3_Z06	0.04632	0.00404	0.001684	0.00004	0.01065	0.0009	0.00061	0.00002	14.4	197	10.85	0.24	10.8	0.91	12.3	0.48	-0.45	176	25	252	16	0.16
37A_L3_Z07	0.04651	0.00185	0.001693	0.00002	0.01076	0.00041	0.00054	0.00001	24.2	93	10.90	0.15	10.9	0.42	10.9	0.21	-0.02	709	102	622	38	0.25
TC09_26																						
TC26_C3_Z1	0.04657	0.00580	0.001564	0.00005	0.00992	0.0012	0.00048	0.00003	27	274	10.07	0.32	10.0	1.20	9.8	0.54	-0.74	166	22	209	8	0.18
13TK78																						
78_L1_Z10	0.04694	0.00340	0.001244	0.00003	0.00799	0.00056	0.00046	0.00002	45.8	165	8.01	0.16	8.1	0.56	9.2	0.32	1.06	620	84	809	33	0.17
78_L1_Z17	0.04854	0.00166	0.001200	0.00001	0.00798	0.00026	0.00037	0.00001	125.9	78	7.73	0.10	8.1	0.26	7.4	0.15	4.56	4219	568	2269	94	0.41
78_L2_Z09	0.04637	0.00144	0.001242	0.00001	0.00789	0.00023	0.00039	0.00001	16.8	72	8.00	0.10	8.0	0.24	7.8	0.12	-0.03	2590	371	2031	121	0.28
78_L3_Z10	0.04640	0.00151	0.001252	0.00002	0.00796	0.00025	0.00040	0.00001	18.2	75	8.07	0.10	8.0	0.25	8	0.14	-0.85	2629	377	2169	129	0.27
13TK106																						
TC106_C1_Z1	0.04696	0.00225	0.001274	0.00002	0.00817	0.00038	0.00041	0.00001	46.8	111	8.21	0.13	8.3	0.38	8.3	0.21	1.10	583	85	822	31	0.16
TC106_C2_Z1	0.04632	0.00275	0.001284	0.00002	0.00810	0.00047	0.00042	0.00001	14.4	137	8.27	0.13	8.2	0.47	8.6	0.21	-0.87	214	31	274	10	0.17
TC106_C4_Z1	0.04715	0.00162	0.001192	0.00002	0.00769	0.00025	0.00038	0.00001	56.4	80	7.68	0.10	7.8	0.26	7.6	0.12	1.52	1109	161	903	35	0.27
TC106_C5_Z2	0.04645	0.00135	0.001229	0.00001	0.00781	0.00022	0.00038	0.00001	20.9	67	7.92	0.10	7.9	0.22	7.7	0.1	-0.23	2763	401	1334	51	0.46
13TK1A																						
TK1A_C1_Z1	0.05222	0.00446	0.001863	0.00005	0.01332	0.00109	0.00067	0.00002	294.9	184	12.00	0.30	13.4	1.10	13.5	0.46	10.44	153	28	160	24	0.21
TK1A_C4_Z1	0.05212	0.00102	0.001840	0.00002	0.01315	0.00024	0.00059	0.00001	290.6	44	11.85	0.13	13.3	0.24	12	0.12	10.91	5426	1010	2856	422	0.42
TK1A_C6_Z1	0.04614	0.00172	0.001839	0.00002	0.01162	0.00042	0.00056	0.00001	4.9	86	11.84	0.16	11.7	0.42	11.3	0.16	-1.23	870	162	414	61	0.47
TK1A_C6_Z2	0.04628	0.00228	0.001842	0.00003	0.01170	0.00055	0.00059	0.00001	12.3	115	11.86	0.20	11.8	0.55	11.8	0.24	-0.53	664	124	495	73	0.30
13TK8																						
TK8_C1_Z1	0.04594	0.00850	0.001175	0.00005	0.00732	0.00132	0.00038	0.00003	0.1	389	7.57	0.31	7.4	1.33	7.8	0.65	-2.27	84	12	144	7	0.13
TK8_C2_Z1	0.04616	0.00234	0.001273	0.00002	0.00802	0.00039	0.00043	0.00001	6	118	8.20	0.13	8.1	0.39	8.6	0.19	-1.26	571	79	583	29	0.22
TK8_C3_Z1	0.04632	0.00621	0.001273	0.00004	0.00805	0.00104	0.00036	0.00002	14.5	294	8.20	0.28	8.1	1.05	7.2	0.37	-1.23	326	45	303	15	0.24
TK8_C5_Z1	0.04614	0.00266	0.001172	0.00002	0.00737	0.00041	0.00035	0.00001	5.1	133	7.55	0.14	7.5	0.41	7.1	0.17	-0.67	898	124	673	33	0.30
13TK23																						
TK23_C5_Z1	0.04669	0.00090	0.001480	0.00002	0.00949	0.00017	0.00047	0.00001	33.2	45	9.53	0.10	9.6	0.18	9.5	0.12	0.71	3127	495	1642	130	0.42
TK23_C5_Z2	0.04639	0.00137	0.001430	0.00002	0.00909	0.00026	0.00048	0.00001	18.1	68	9.21	0.11	9.2	0.26	9.7	0.15	-0.16	2805	444	1649	130	0.38
13TK117B																						
TC117B_C2_Z1	0.04607	0.00131	0.00139	0.00002	0.00886	0.00022	0.00045	0	1	58	9	0.2	9.0	0.20	9.1	0	0.00	3001	481	1267	116	0.53
TC117B_C7_Z1	0.04628	0.00175	0.001322	0.00002	0.00814	0.0003	0.00041	0.00001	12.1	89	8.51	0.11	8.2	0.30	8.3	0.12	-3.83	1203	193	868	80	0.31

* : inherited zircon

[1] : calculated as 100-(100 x ($^{207}Pb/^{235}U_{age}$ / $^{206}Pb/^{238}U_{age}$))

[2] : calculated with $(Th/U)_{magma}$= 4.5

: young zircon dissociated from the main population within a sample, not taken into account

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes

Type roche	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Mz-gabbro
sample	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**	**TK002**
sample	TK002A-C1-0010	TK002A-C1-0012	TK002A-C1-0016	TK002A-C1-003	TK002A-C1-004	TK002A-C1-006	TK002A-C1-009	TK002A-C2-0018	TK002A-C2-0023	TK002A-C2-0024	TK002A-C2-0025	TK002A-C2-0026
SiO2	53.07	53.19	54.62	52.63	51.41	52.61	54.61	51.75	54.67	54.92	49.44	53.21
TiO2	0.38	0.42	0.19	0.73	1.19	0.81	0.27	1.17	0.12	0.11	1.87	0.49
Al2O3	1.27	1.36	0.74	2.06	3.05	2.10	0.72	3.19	0.48	0.56	4.35	1.31
FeO	8.58	8.23	19.09	7.78	7.92	8.07	19.51	6.81	18.91	18.82	7.66	8.21
MnO	0.15	0.24	0.48	0.17	0.21	0.18	0.42	0.13	0.46	0.46	0.14	0.26
MgO	14.06	14.51	23.90	14.56	13.80	14.32	23.57	13.88	24.51	24.53	13.23	15.02
CaO	22.42	21.60	1.24	21.94	22.07	22.06	1.22	23.60	0.70	0.71	22.79	21.36
K2O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
Na2O	0.36	0.46	0.04	0.42	0.55	0.45	0.06	0.30	0.00	0.02	0.50	0.40
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.02	0.07	0.00	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.33	100.05	100.32	100.32	100.21	100.60	100.40	100.88	99.85	100.15	100.01	100.27
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.97	1.97	2.00	1.94	1.90	1.94	2.01	1.90	2.01	2.01	1.84	1.97
Ti	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.05	0.01
Al (T)	0.03	0.03	0.00	0.06	0.10	0.06	0.00	0.10	0.00	0.00	0.16	0.03
Al (M1)	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01
Fe3+ (T+M1)	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01
Fe2+	0.25	0.25	0.59	0.23	0.21	0.23	0.60	0.20	0.58	0.58	0.17	0.24
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Mg	0.78	0.80	1.31	0.80	0.76	0.79	1.29	0.76	1.34	1.34	0.73	0.83
Ca	0.89	0.86	0.05	0.87	0.88	0.87	0.05	0.93	0.03	0.03	0.91	0.85
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.03	0.00	0.03	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective					aluminian			aluminian			aluminian	
pyroxene	**diopside**	**augite**	**(clino)enstatite**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**(clino)enstatite**	**diopside**	**(clino)enstatite**	**(clino)enstatite**	**diopside**	**augite**
enstatite	40.1	41.7	66.8	41.9	40.3	41.1	66.2	40.0	68.3	68.4	38.9	42.8
ferrosillite	14.0	13.7	30.7	12.8	13.3	13.3	31.4	11.2	30.3	30.2	12.9	13.5
wollastonite	46.0	44.6	2.5	45.3	46.4	45.6	2.5	48.8	1.4	1.4	48.2	43.7
jadeite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Type roche	Mz-gabbro	Mz-gabbro	Monzonite	Monzonite	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
sample	**TK002**	**TK002**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**
sample	TK002A-C2-0027	TK002A-C2-0029	TC09-116-ZoneB-12	TC09-116-ZoneB-35	TC09-10-C10-p1	TC09-10-C10-p2	TC09-10-C11-p1	TC09-10-C11-p2	TC09-10-C12-p1	TC09-10-C4-p1	TC09-10-C6-p1	TC09-10-C8-p1
SiO2	51.19	54.54	53.99	53.11	51.82	50.97	51.41	51.39	49.92	51.01	51.09	51.10
TiO2	1.29	0.23	0.13	0.00	0.11	0.12	0.33	0.36	0.00	0.00	0.26	0.41
Al2O3	3.12	0.58	1.40	1.76	0.25	0.16	0.53	0.85	0.00	0.00	0.50	0.61
FeO	7.49	19.01	14.27	15.45	17.10	18.23	15.24	14.95	21.63	19.20	16.91	16.32
MnO	0.21	0.47	0.39	0.34	1.02	0.85	0.73	0.80	1.08	0.96	0.92	0.79
MgO	14.23	23.67	15.00	14.52	9.56	8.57	10.48	10.77	4.71	7.26	9.43	10.02
CaO	22.42	1.24	11.38	11.79	21.88	21.40	21.55	21.24	22.39	22.42	20.91	21.29
K2O	0.02	0.00	0.40	0.24	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
Na2O	0.45	0.04	1.16	0.86	0.26	0.41	0.37	0.39	0.44	0.34	0.26	0.48
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.04	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.46	99.80	98.13	98.12	102.01	100.71	100.65	100.77	100.17	101.19	100.30	101.04
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.89	2.01	2.05	2.03	1.96	1.97	1.96	1.95	1.98	1.97	1.97	1.94
Ti	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Al (T)	0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.02	0.03
Al (M1)	0.02	0.03	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03
Fe3+ (M1)	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.03	0.07
Fe3+ (T+M1)	0.05	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.04	0.10
Fe2+	0.18	0.59	0.45	0.49	0.47	0.50	0.41	0.40	0.65	0.54	0.50	0.42
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
Mg	0.78	1.30	0.85	0.83	0.54	0.49	0.59	0.61	0.28	0.42	0.54	0.57
Ca	0.89	0.05	0.46	0.48	0.89	0.88	0.88	0.86	0.95	0.93	0.86	0.87
K	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.00	0.09	0.06	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective	aluminian											
pyroxene	**diopside**	**(clino)enstatite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**augite**	**augite**
enstatite	41.1	66.7	47.8	45.6	27.0	24.7	30.0	30.9	14.0	20.9	27.4	28.7
ferrosillite	12.5	30.8	26.2	27.8	28.7	30.9	25.7	25.4	38.0	32.6	29.0	27.5
wollastonite	46.5	2.5	26.0	26.6	44.4	44.4	44.3	43.8	48.0	46.4	43.6	43.8
jadeite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
sample	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-10**	**TC09-26**	**TC09-26**	**TC09-26**	**TC09-26**	**TC09-26**	**TC09-26**	**TC09-26**	**TC09-38**
sample	TC09-10-C9-p1	TC09-10-C9-p2	TC09-10-C9-p3	TC09-10-C9-p4	TC09-26-C10-p1	TC09-26-C1-p1	TC09-26-C2-p1	TC09-26-C2-p2	TC09-26-C2-p3	TC09-26-C5-p1	TC09-26-C6-p1	TC09-38-zE-057
SiO2	52.00	52.69	50.39	50.04	51.75	51.34	51.91	52.42	51.16	51.49	51.95	51.89
TiO2	0.72	0.03	0.21	0.05	0.38	0.43	0.43	0.29	0.47	0.43	0.38	0.46
Al2O3	0.72	0.22	0.23	0.13	0.46	0.65	0.48	0.66	0.57	0.79	0.65	1.05
FeO	14.67	13.70	19.07	20.74	13.80	12.76	13.12	12.61	13.36	13.00	12.55	12.86
MnO	0.95	0.78	0.95	0.89	0.80	0.85	0.74	0.77	0.84	0.85	0.88	0.61
MgO	11.67	11.21	7.10	6.24	11.16	11.15	11.30	11.40	11.21	11.25	11.34	12.10
CaO	20.95	22.34	21.48	21.31	21.87	22.06	21.88	21.97	22.12	21.88	22.18	21.32
K2O	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.04
Na2O	0.44	0.15	0.45	0.47	0.66	0.72	0.64	0.72	0.70	0.74	0.71	0.65
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	102.14	101.12	99.91	99.89	100.87	99.98	100.54	100.82	100.45	100.46	100.68	100.98
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.94	1.99	1.97	1.97	1.95	1.95	1.96	1.97	1.93	1.94	1.95	1.94
Ti	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
Al (M1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.03	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01
Fe3+ (M1)	0.05	0.02	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08
Fe3+ (T+M1)	0.08	0.02	0.06	0.08	0.11	0.11	0.08	0.07	0.13	0.11	0.10	0.09
Fe2+	0.38	0.41	0.56	0.61	0.33	0.30	0.33	0.33	0.29	0.30	0.30	0.31
Mn	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
Mg	0.65	0.63	0.41	0.37	0.63	0.63	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.67
Ca	0.84	0.90	0.90	0.90	0.88	0.90	0.89	0.88	0.90	0.88	0.89	0.85
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.01	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective					ferrian	ferrian			ferrian	ferrian		
pyroxene	**augite**	**diopside**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**augite**
enstatite	32.9	31.7	21.0	18.5	31.8	32.2	32.5	32.8	32.0	32.4	32.6	34.6
ferrosillite	24.7	23.0	33.3	36.0	23.4	22.1	22.4	21.6	22.7	22.4	21.7	21.6
wollastonite	42.4	45.4	45.7	45.5	44.8	45.8	45.2	45.5	45.3	45.2	45.8	43.8
jadeite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Type roche	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
sample	**TC09-38**	**TC09-38**	**TC09-38**	**TC09-82**	**TC09-82**	**TC09-82**	**TC09-82**	**TC09-82**	**TC09-82**	**TK001A**	**TK001A**	**TK001A**
sample	TC09-38-zE-058	TC09-38-zE-061	TC09-38-zE-062	TC09-82-C10-p1	TC09-82-C14-p1	TC09-82-C2-p1	TC09-82-C6-p1	TC09-82-C7-p1	TC09-82-C8-p1	TK-001A-C1-2	TK-001A-C1-5	TK-001A-C1-6
SiO2	51.66	52.20	52.95	51.32	50.61	50.72	50.45	51.36	50.55	52.70	51.59	51.19
TiO2	0.37	0.82	0.72	0.67	0.08	0.14	0.11	0.28	0.36	0.27	0.31	0.22
Al2O3	1.08	1.24	1.14	1.64	0.18	0.18	0.23	0.57	0.89	1.19	0.98	0.71
FeO	12.77	12.16	12.04	10.75	18.97	19.06	19.16	13.54	13.33	12.13	12.34	16.94
MnO	0.51	0.57	0.60	0.42	0.87	0.96	0.68	0.52	0.42	0.56	0.54	0.76
MgO	12.27	12.51	13.07	12.83	8.28	8.99	8.81	11.57	10.77	11.63	11.41	8.05
CaO	20.46	21.14	21.30	22.77	19.82	20.21	20.13	22.36	22.40	22.08	21.76	22.04
K2O	0.13	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.81	0.76	0.71	0.46	0.51	0.44	0.49	0.40	0.40	0.46	0.46	0.51
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.04	101.45	102.56	100.90	99.33	100.71	100.08	100.60	99.14	101.03	99.39	100.43
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.94	1.94	1.94	1.91	1.98	1.96	1.96	1.94	1.94	1.97	1.97	1.98
Ti	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.05	0.05	0.05	0.07	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02
Al (M1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01
Fe3+ (T)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.10	0.07	0.07	0.09	0.05	0.07	0.07	0.08	0.07	0.02	0.04	0.04
Fe3+ (T+M1)	0.11	0.08	0.08	0.11	0.06	0.10	0.11	0.11	0.09	0.02	0.04	0.04
Fe2+	0.30	0.30	0.29	0.23	0.56	0.51	0.52	0.32	0.34	0.36	0.35	0.51
Mn	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
Mg	0.69	0.69	0.71	0.71	0.48	0.52	0.51	0.65	0.62	0.65	0.65	0.46
Ca	0.83	0.84	0.84	0.91	0.83	0.84	0.84	0.90	0.92	0.89	0.89	0.91
K	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.06	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective	ferrian			ferrian		ferrian	ferrian	ferrian				
pyroxene	**augite**	**augite**	**augite**	**diopside**	**augite**	**augite**	**augite**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**hedenbergite**
enstatite	35.6	35.9	36.8	36.2	24.6	25.9	25.6	32.6	31.1	33.6	33.3	23.8
ferrosillite	21.6	20.5	20.0	17.7	33.1	32.3	32.4	22.2	22.3	20.6	21.1	29.4
wollastonite	42.7	43.6	43.2	46.1	42.3	41.8	42.0	45.2	46.5	45.8	45.6	46.8
jadeite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
sample	**TK31**	**TK31**	**TK31**	**TK31**	**TK63**	**TK63**	**TK63**	**TK63**	**TK63**	**TK63**	**TK63**
sample	TK31-C1-001	TK31-C1-005	TK31-C1-006	TK31-C1-007	TK-63B-C1-01	TK-63B-C1-010	TK-63B-C1-02	TK-63B-C1-04	TK-63B-C1-07	TK-63B-C1-08	TK-63B-C1-09
SiO2	49.85	49.81	49.80	51.31	51.71	50.37	50.17	49.93	50.42	50.26	50.05
TiO2	0.10	0.10	0.13	0.27	0.21	0.37	0.26	0.42	0.48	0.48	0.04
Al2O3	0.17	0.16	0.18	0.54	0.51	0.49	0.48	0.64	0.94	0.92	0.11
FeO	24.66	25.01	25.60	18.05	15.30	19.06	19.12	17.04	14.44	14.99	20.98
MnO	1.31	1.20	1.25	0.93	0.75	0.83	0.83	0.82	0.74	0.70	1.16
MgO	3.71	3.44	3.20	7.42	9.29	6.91	6.76	8.30	10.03	9.87	5.08
CaO	19.22	19.02	18.86	20.36	21.65	21.16	21.32	21.36	21.26	21.02	21.52
K2O	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04
Na2O	1.02	0.92	0.94	0.79	0.47	0.42	0.42	0.36	0.40	0.44	0.62
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.06	99.65	99.98	99.69	99.89	99.62	99.39	98.89	98.74	98.70	99.59
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.99	2.01	2.00	2.00	1.99	1.98	1.98	1.96	1.96	1.95	1.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Al (T)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.01
Al (M1)	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe3+ (M1)	0.08	0.05	0.05	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
Fe3+ (T+M1)	0.08	0.05	0.05	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
Fe2+	0.75	0.80	0.81	0.58	0.48	0.60	0.59	0.51	0.42	0.43	0.64
Mn	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04
Mg	0.22	0.21	0.19	0.43	0.53	0.41	0.40	0.49	0.58	0.57	0.30
Ca	0.82	0.82	0.81	0.85	0.89	0.89	0.90	0.90	0.88	0.88	0.92
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.08	0.07	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective											
pyroxene	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**diopside**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**diopside**	**augite**	**hedenbergite**
enstatite	11.6	10.8	10.0	22.7	27.4	20.8	20.3	24.6	29.7	29.2	15.4
ferrosillite	45.4	46.2	47.4	32.6	26.6	33.5	33.6	29.8	25.2	26.1	37.7
wollastonite	43.0	43.0	42.6	44.7	46.0	45.7	46.0	45.6	45.2	44.7	46.9
jadeite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-59**	**TC09-59**	**TC09-59**	**TC09-59**	**TC09-59**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-109**
sample	TC09-59-C2-p1	TC09-59-C4-p1	TC09-59-C5-p1	TC09-59-C7-p1	TC09-59-C7-p2	TC09-102-zB-021	TC09-102-zB-034	TC09-102-zD-51	TC09-102-zD-61	TC09-109-C10-p1	TC09-109-C10-p2	TC09-109-C1-p1
SiO2	52.79	51.82	53.07	51.95	52.33	53.30	52.78	53.74	54.62	51.06	51.42	51.79
TiO2	3.78	1.20	3.66	1.55	0.96	0.09	0.89	0.53	0.73	0.61	0.39	0.39
Al2O3	0.23	0.44	0.10	0.39	0.41	0.55	0.65	0.51	0.53	0.50	0.51	0.49
FeO	24.69	25.42	25.00	25.64	25.05	28.34	26.94	27.48	26.12	15.89	13.99	13.30
MnO	1.39	0.93	1.37	0.86	0.69	0.58	0.47	0.58	0.52	0.72	0.61	0.89
MgO	0.83	2.56	0.54	2.17	2.55	0.71	0.34	0.68	0.81	10.06	10.67	11.10
CaO	1.96	6.17	2.11	5.64	6.26	2.67	2.29	2.27	1.75	20.91	21.41	21.80
K2O	0.06	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
Na2O	12.97	10.19	12.63	10.60	10.29	11.69	12.73	11.69	12.02	0.64	0.77	0.51
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.02	0.06	0.00	0.05	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.72	98.79	98.50	98.87	98.55	97.94	97.13	97.51	97.08	100.46	99.77	100.27
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.99	1.96	2.01	1.97	1.98	2.03	2.01	2.06	2.09	1.95	1.96	1.96
Ti	0.11	0.03	0.10	0.04	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Al (T)	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
Al (M1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01
Fe3+ (M1)	0.75	0.71	0.69	0.72	0.72	0.77	0.83	0.70	0.64	0.06	0.07	0.05
Fe3+ (T+M1)	0.75	0.73	0.69	0.74	0.72	0.77	0.83	0.70	0.64	0.09	0.09	0.06
Fe2+	0.03	0.08	0.10	0.07	0.08	0.14	0.03	0.19	0.19	0.42	0.36	0.36
Mn	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Mg	0.05	0.14	0.03	0.12	0.14	0.04	0.02	0.04	0.05	0.57	0.61	0.63
Ca	0.08	0.25	0.09	0.23	0.25	0.11	0.09	0.09	0.07	0.86	0.87	0.89
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.95	0.75	0.93	0.78	0.76	0.86	0.94	0.87	0.89	0.05	0.06	0.04
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Na	Ca-Na	Na	Ca-Na	Ca-Na	Na	Na	Na	Na	Quad	Quad	Quad
adjective	titanian	ferrian sodian	titanian	ferrian sodian	ferrian sodian							
pyroxene	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**augite**	**diopside**	**diopside**
enstatite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	29.2	31.2	32.0
ferrosillite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	27.1	23.9	22.9
wollastonite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	43.7	44.9	45.1
jadeite	0	0	0.6	0	0.2	2.7	3.1	2.7	3.1	----------	----------	----------
aegirine	92.6	76.1	89.1	78.5	75.9	83.1	89.9	81.8	82.1	----------	----------	----------
Quad	7.4	23.9	10.3	21.5	23.9	14.2	6.9	15.5	14.9	----------	----------	----------

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**
sample	TC09-109-C3-p1	TC09-109-C5-p1	TC09-109-C6-p1	TC09-109-C6-p2	TC09-109-C6-p3	TC09-131-zC-055	TC09-131-zG-084	TC09-45-zA-004	TC09-45-zA-007	TC09-45-zA-008a	TC09-45-zA-008b	TC09-45-zA-011
SiO2	51.41	51.23	50.40	51.30	50.95	51.86	51.88	50.95	51.17	52.44	52.06	52.52
TiO2	0.44	0.41	0.21	0.39	0.42	0.31	0.58	0.20	0.23	0.21	0.19	0.29
Al2O3	0.44	0.64	0.00	0.42	0.52	0.56	0.52	0.28	0.38	0.08	0.26	0.30
FeO	15.38	15.01	25.86	16.17	15.34	15.33	14.51	19.77	18.06	15.11	15.71	16.62
MnO	0.97	0.84	1.82	0.96	0.96	0.94	0.82	1.30	1.29	1.20	0.96	0.92
MgO	10.41	10.70	2.00	9.56	10.18	10.28	10.48	7.00	8.05	10.12	9.55	9.97
CaO	21.22	21.15	14.15	20.83	20.99	21.31	20.73	20.11	20.13	22.17	21.75	20.39
K2O	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.08	0.02	0.00	0.05
Na2O	0.44	0.52	4.48	0.58	0.46	0.47	0.62	1.22	0.96	0.61	0.71	1.04
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.72	100.51	99.00	100.24	99.84	101.08	100.14	100.84	100.40	101.95	101.20	102.14
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.96	1.95	2.00	1.97	1.96	1.97	1.98	1.97	1.98	1.97	1.98	1.97
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
Al (M1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
Fe3+ (M1)	0.05	0.07	0.33	0.05	0.05	0.05	0.03	0.11	0.08	0.06	0.06	0.09
Fe3+ (T+M1)	0.07	0.09	0.33	0.06	0.07	0.06	0.03	0.13	0.09	0.09	0.08	0.11
Fe2+	0.42	0.39	0.53	0.46	0.42	0.43	0.43	0.51	0.49	0.39	0.42	0.42
Mn	0.03	0.03	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
Mg	0.59	0.61	0.12	0.55	0.58	0.58	0.60	0.40	0.46	0.57	0.54	0.56
Ca	0.87	0.86	0.60	0.86	0.86	0.87	0.85	0.83	0.83	0.89	0.88	0.82
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.04	0.35	0.04	0.03	0.03	0.05	0.09	0.07	0.04	0.05	0.08
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Ca-Na	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective								ferrian				ferrian
pyroxene	**augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**diopside**	**diopside**	**augite**
enstatite	29.9	30.7	----------	28.0	29.6	29.6	30.8	21.0	24.1	28.7	27.7	28.9
ferrosillite	26.3	25.6	----------	28.2	26.6	26.3	25.3	35.5	32.5	26.0	27.1	28.6
wollastonite	43.8	43.7	----------	43.8	43.8	44.1	43.8	43.4	43.3	45.3	45.2	42.5
jadeite	----------	----------	0	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	35.5	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	64.5	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-57**	**TC09-57**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**
sample	TC09-45-zD-029	TC09-45-zD-030	TC09-57-C6-p1	TC09-57-C8-p1	TC09-63-C1-p1	TC09-63-C2-p1	TC09-63-C2-p2	TC09-63-C3-p1	TC09-63-C4-p1	TC09-63-C4-p2	TC09-63-C4-p3	TC09-63-C5-p1
SiO2	51.37	51.72	50.60	50.26	52.18	52.60	51.64	51.99	52.17	53.26	52.56	53.29
TiO2	0.27	0.34	0.40	0.37	2.30	2.69	0.34	1.02	0.11	0.19	0.07	0.29
Al2O3	0.30	0.30	0.48	0.42	0.00	0.00	0.13	0.33	0.50	0.63	0.74	0.09
FeO	16.60	15.87	15.29	17.16	26.81	27.31	30.96	27.82	28.18	27.04	28.27	30.06
MnO	1.07	1.10	0.78	0.97	1.10	0.66	0.74	0.41	1.07	0.99	0.72	0.15
MgO	10.22	10.09	10.22	8.98	0.95	0.55	0.03	1.11	1.03	1.98	1.11	0.03
CaO	20.23	20.50	21.75	21.25	1.22	1.55	4.04	1.98	4.68	5.50	3.87	0.46
K2O	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.67	0.65	0.61	0.63	13.29	13.46	11.50	12.76	11.59	10.94	12.07	13.82
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.02	0.04	0.01	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.73	100.62	100.17	100.07	97.90	98.82	99.40	97.47	99.34	100.54	99.42	98.19
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.96	1.97	1.93	1.94	1.97	1.97	1.96	1.97	1.96	1.98	1.97	2.01
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.08	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01
Al (T)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00
Al (M1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.03	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.08	0.06	0.09	0.09	0.87	0.85	0.87	0.91	0.88	0.79	0.91	0.98
Fe3+ (T+M1)	0.10	0.07	0.13	0.13	0.90	0.88	0.90	0.92	0.89	0.79	0.91	0.98
Fe2+	0.43	0.44	0.36	0.43	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
Mn	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00
Mg	0.58	0.57	0.58	0.52	0.05	0.03	0.00	0.06	0.06	0.11	0.06	0.00
Ca	0.83	0.84	0.89	0.88	0.05	0.06	0.16	0.08	0.19	0.22	0.16	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.05	0.05	0.05	0.05	0.97	0.98	0.85	0.94	0.85	0.79	0.88	1.01
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.05	4.02	4.00	4.03	4.01	4.00	4.02	4.03
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
adjective	ferrian		ferrian	ferrian						magnesian		
pyroxene	**augite**	**augite**	**diopside**	**hedenbergite**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**
enstatite	29.5	29.4	29.3	26.1	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
ferrosillite	28.6	27.7	25.9	29.6	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
wollastonite	41.9	42.9	44.8	44.4	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
jadeite	----------	----------	----------	----------	0	0	0	0	0	0.6	0	0.4
aegirine	----------	----------	----------	----------	95.0	95.5	87.0	92.9	87.3	80.1	89.0	98.6
Quad	----------	----------	----------	----------	5.0	4.5	13.0	7.1	12.7	19.3	11.0	1.0

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-63**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**
sample	TC09-63-C5-p2	TC09-63-C5-p3	TC09-63-C5-p4	TC09-63-C6-p1	TC09-63-C6-p2	TC09-68-zA-008	TC09-68-zA-015	TC09-68-zA-017	TC09-68-zA-018	TC09-68-zA-020	TC09-68-zB-021	TC09-68-zB-022
SiO2	52.98	53.11	52.68	52.77	52.15	53.45	53.10	51.13	51.26	52.90	52.66	53.14
TiO2	0.53	0.71	0.33	0.42	0.39	0.61	0.21	0.09	0.34	1.00	0.33	0.45
Al2O3	0.06	0.00	0.06	0.08	0.03	0.07	0.18	0.05	0.07	0.14	0.52	0.46
FeO	29.31	29.62	31.44	29.23	28.40	30.13	28.17	25.54	21.96	27.33	13.62	13.51
MnO	0.46	0.46	0.09	0.74	0.79	0.25	0.17	0.67	1.13	0.35	0.64	0.76
MgO	0.28	0.19	0.03	0.83	0.99	0.09	0.56	1.23	4.81	0.67	10.78	10.10
CaO	1.87	2.95	0.36	4.00	4.10	0.52	4.41	13.10	16.51	4.79	21.36	21.06
K2O	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Na2O	13.00	12.21	13.60	11.77	11.67	12.99	10.63	5.42	3.02	10.15	0.56	1.27
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.02	0.00	0.01	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08	0.10	0.05
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.51	99.27	98.60	99.85	98.59	98.16	97.42	97.24	99.09	97.41	100.56	100.81
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.00	2.01	1.98	1.98	1.98	2.03	2.06	2.05	2.02	2.06	2.00	2.00
Ti	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01
Al (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al (M1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.92	0.84	0.99	0.85	0.86	0.86	0.67	0.31	0.17	0.58	0.01	0.04
Fe3+ (T+M1)	0.92	0.84	1.00	0.87	0.88	0.86	0.67	0.31	0.17	0.58	0.01	0.04
Fe2+	0.00	0.09	0.00	0.05	0.02	0.10	0.25	0.55	0.55	0.31	0.43	0.39
Mn	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02
Mg	0.02	0.01	0.00	0.05	0.06	0.01	0.03	0.07	0.28	0.04	0.61	0.57
Ca	0.08	0.12	0.01	0.16	0.17	0.02	0.18	0.56	0.70	0.20	0.87	0.85
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.95	0.89	0.99	0.86	0.86	0.96	0.80	0.42	0.23	0.77	0.04	0.09
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Quad
adjective							ferrian sodian			ferrian sodian		
pyroxene	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**diopside**
enstatite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	31.6	30.4
ferrosillite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	23.4	24.1
wollastonite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	45.0	45.5
jadeite	0.2	0	0	0	0	0.3	1.0	0.3	0.4	0.8	----------	----------
aegirine	95.0	88.9	99.2	87.0	87.5	93.5	76.6	41.2	22.8	72.9	----------	----------
Quad	4.8	11.1	0.8	13.0	12.5	6.1	22.4	58.5	76.8	26.2	----------	----------

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**
sample	TC09-68-zB-023	TC09-68-zB-030	TC09-68-zB-032	TC09-68-zC-036	TC09-68-zC-039	TC09-68-zC-040	TC09-68-zC-041	TC09-68-zD-047	TC09-68-zD-050	TC09-69-C1-p1	TC09-69-C1-p2	TC09-69-C2-p1
SiO2	52.27	52.16	50.97	51.66	51.83	51.85	51.46	51.95	52.94	52.08	52.47	52.15
TiO2	0.54	0.01	0.38	0.55	0.27	0.23	0.41	0.35	0.62	0.28	0.21	0.34
Al2O3	0.37	0.05	0.12	0.16	0.17	0.43	0.27	0.53	0.76	0.52	0.29	0.44
FeO	15.21	24.66	21.28	22.07	21.48	17.64	22.26	14.05	14.60	15.19	15.28	15.46
MnO	0.66	0.51	1.12	1.12	1.00	0.87	0.99	0.77	1.01	0.91	0.90	0.79
MgO	9.99	2.44	5.34	4.84	5.01	7.37	4.03	9.90	9.50	9.44	9.81	10.01
CaO	20.86	12.92	16.82	16.55	16.37	19.32	15.66	20.53	19.89	21.41	21.20	21.38
K2O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00
Na2O	0.59	5.81	2.69	2.66	2.80	1.71	3.03	0.85	1.56	1.15	1.12	0.82
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.04	0.06	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.53	98.62	98.74	99.64	98.94	99.42	98.15	98.93	100.94	100.99	101.26	101.39
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.00	2.04	2.01	2.03	2.04	2.01	2.05	2.01	2.00	1.97	1.98	1.97
Ti	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02
Al (M1)	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe3+ (M1)	0.00	0.35	0.16	0.10	0.10	0.07	0.09	0.01	0.05	0.10	0.09	0.07
Fe3+ (T+M1)	0.00	0.35	0.16	0.10	0.10	0.07	0.09	0.01	0.05	0.10	0.10	0.08
Fe2+	0.48	0.46	0.55	0.62	0.60	0.50	0.65	0.44	0.41	0.38	0.39	0.41
Mn	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	0.57	0.14	0.31	0.28	0.29	0.43	0.24	0.57	0.53	0.53	0.55	0.56
Ca	0.85	0.54	0.71	0.70	0.69	0.80	0.67	0.85	0.80	0.87	0.86	0.86
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.44	0.21	0.20	0.21	0.13	0.23	0.06	0.11	0.08	0.08	0.06
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Ca-Na	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective						sodian			sodian	ferrian		
pyroxene	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**augite**	**diopside**	**augite**	**augite**
enstatite	29.5	----------	----------	----------	----------	23.3	----------	30.0	29.2	27.9	28.7	29.0
ferrosillite	26.3	----------	----------	----------	----------	32.8	----------	25.2	26.9	26.7	26.6	26.5
wollastonite	44.2	----------	----------	----------	----------	43.9	----------	44.7	43.9	45.4	44.6	44.5
jadeite	----------	0.3	0.7	1.4	1.5	----------	2.8	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	43.3	20.0	18.8	19.7	----------	20.3	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	56.5	79.2	79.8	78.8	----------	76.9	----------	----------	----------	----------	----------

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-69**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**
sample	TC09-69-C2-p2	TC09-70-C3-p1	TC09-70-C4-p1	TC09-70-C4-p2	TC09-70-C4-p3	TC09-70-C5-p1	TC09-70-C5-p2	TC09-70-C7-p1	TC09-70-C7-p2	TC09-70-C8-p1	TC09-70-C8-p2	TC09-70-C9-p1
SiO2	51.40	50.12	51.07	50.93	49.97	51.45	52.09	51.76	50.86	50.00	50.18	50.71
TiO2	0.25	0.32	0.32	0.42	0.42	0.29	0.38	0.27	0.54	0.37	0.36	0.30
Al2O3	0.30	0.27	0.22	0.17	0.16	0.41	0.35	0.42	0.61	0.24	0.23	0.16
FeO	18.16	22.16	21.77	21.51	22.59	19.53	17.50	18.17	17.31	23.63	22.50	22.70
MnO	1.04	1.26	1.14	1.40	1.36	1.00	0.90	1.17	0.88	1.25	1.18	1.42
MgO	7.10	5.20	5.45	4.53	4.63	6.55	7.72	7.59	7.87	4.27	4.82	4.04
CaO	20.61	17.69	17.66	17.39	17.63	19.40	20.81	20.43	20.46	17.42	17.67	17.17
K2O	0.01	0.00	0.02	0.06	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01
Na2O	1.12	2.81	2.97	2.95	2.75	2.50	1.43	1.59	1.63	2.98	2.97	2.94
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.02	99.82	100.63	99.36	99.53	101.23	101.18	101.39	100.20	100.16	99.93	99.45
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.00	1.96	1.97	2.00	1.97	1.96	1.99	1.97	1.95	1.96	1.96	2.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00
Al (M1)	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00
Fe3+ (M1)	0.06	0.24	0.23	0.19	0.22	0.20	0.09	0.13	0.14	0.25	0.24	0.20
Fe3+ (T+M1)	0.06	0.27	0.25	0.19	0.25	0.22	0.09	0.14	0.15	0.28	0.27	0.20
Fe2+	0.53	0.46	0.45	0.51	0.49	0.40	0.47	0.44	0.40	0.49	0.46	0.55
Mn	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05
Mg	0.41	0.30	0.31	0.27	0.27	0.37	0.44	0.43	0.45	0.25	0.28	0.24
Ca	0.86	0.74	0.73	0.73	0.74	0.79	0.85	0.83	0.84	0.73	0.74	0.73
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.08	0.21	0.22	0.22	0.21	0.18	0.11	0.12	0.12	0.23	0.22	0.23
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Quad	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na
adjective						ferrian sodian	sodian	ferrian sodian	ferrian sodian			
pyroxene	**hedenbergite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**hedenbergite**	**augite**	**hedenbergite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**
enstatite	21.7	----------	----------	----------	----------	20.5	23.4	22.9	24.0	----------	----------	----------
ferrosillite	33.0	----------	----------	----------	----------	36.0	31.3	32.8	31.1	----------	----------	----------
wollastonite	45.3	----------	----------	----------	----------	43.5	45.3	44.3	44.8	----------	----------	----------
jadeite	----------	0	0	0.9	0	----------	----------	----------	----------	0	0	0.7
aegirine	----------	22.1	22.9	22.0	21.8	----------	----------	----------	----------	23.5	23.3	22.3
Quad	----------	77.9	77.1	77.1	78.2	----------	----------	----------	----------	76.5	76.7	77.0

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TC09-70**	**TK101**	**TK101**	**TK101**	**TK101**	**TK109**	**TK109**	**TK109**	**TK109**	**TK109**	**TK109**	**TK109**
sample	TC09-70-C9-p2	TK101-C1-003	TK101-C1-004	TK101-C1-006	TK101-C1-008	TK-109-C1-1	TK-109-C1-2	TK-109-C1-3	TK-109-C1-4	TK-109-C1-5	TK-109-C1-6	TK-109-C1-8
SiO2	50.98	51.95	52.12	52.30	51.86	51.65	51.18	51.87	51.73	51.76	51.22	51.81
TiO2	0.43	0.98	0.11	0.33	0.38	0.31	0.29	0.11	0.15	0.30	0.32	0.08
Al2O3	0.14	0.20	0.24	0.71	0.80	1.27	1.13	0.98	0.96	0.81	0.61	0.98
FeO	23.09	27.54	28.49	14.75	14.19	19.13	19.10	19.45	19.85	18.57	18.20	19.09
MnO	1.49	0.40	0.55	0.90	0.92	0.96	1.02	1.12	1.39	0.96	0.93	0.93
MgO	4.44	0.93	0.58	9.78	10.03	5.64	5.62	5.23	4.92	5.84	6.07	5.22
CaO	16.79	7.14	6.95	20.39	20.73	13.85	13.81	13.06	13.11	15.59	15.52	13.26
K2O	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.04	0.03	0.01
Na2O	3.22	8.89	9.29	0.98	0.97	5.41	5.35	5.81	5.68	4.70	4.67	5.80
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.09	0.01	0.05	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.59	98.02	98.32	100.16	99.90	98.24	97.50	97.66	97.89	98.56	97.62	97.18
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.98	2.03	2.02	2.00	1.98	1.99	1.99	2.01	2.00	1.99	1.99	2.01
Ti	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Al (T)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Al (M1)	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04
Fe3+ (T)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.24	0.55	0.64	0.03	0.05	0.35	0.36	0.37	0.36	0.31	0.33	0.36
Fe3+ (T+M1)	0.25	0.55	0.64	0.03	0.05	0.35	0.36	0.37	0.36	0.31	0.33	0.36
Fe2+	0.50	0.35	0.29	0.44	0.40	0.26	0.26	0.26	0.28	0.29	0.26	0.26
Mn	0.05	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03
Mg	0.26	0.05	0.03	0.56	0.57	0.32	0.32	0.30	0.28	0.34	0.35	0.30
Ca	0.70	0.30	0.29	0.83	0.85	0.57	0.57	0.54	0.54	0.64	0.65	0.55
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.24	0.67	0.70	0.07	0.07	0.40	0.40	0.44	0.43	0.35	0.35	0.44
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na
adjective		ferrian sodian	ferrian sodian									
pyroxene	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**
enstatite	----------	----------	----------	29.4	30.0	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
ferrosillite	----------	----------	----------	26.5	25.4	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
wollastonite	----------	----------	----------	44.1	44.6	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
jadeite	0	1.1	1.2	----------	----------	4.6	3.8	4.7	4.7	3.2	1.8	4.8
aegirine	25.0	64.7	68.4	----------	----------	36.5	37.2	39.5	38.9	32.5	34.0	39.2
Quad	75.0	34.2	30.4	----------	----------	58.9	59.0	55.7	56.5	64.3	64.2	56.0

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK117A**	**TK117A**	**TK117A**	**TK117A**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**
sample	TK117A-C1-001	TK117A-C1-002	TK117A-C1-006	TK117A-C1-009	TK119B-C1-001	TK119B-C1-0010	TK119B-C1-0015	TK119B-C1-0017	TK119B-C1-0018	TK119B-C1-002	TK119B-C1-0022	TK119B-C1-0023
SiO2	51.14	51.56	52.12	52.11	52.45	50.83	50.40	50.12	52.66	49.16	50.72	50.62
TiO2	0.30	0.44	0.55	0.60	3.06	0.34	0.41	0.80	4.18	0.37	0.47	0.24
Al2O3	0.51	0.82	0.25	0.25	0.16	0.17	0.48	0.93	0.20	0.28	0.52	0.18
FeO	17.96	14.72	28.33	27.32	26.69	26.27	21.37	20.10	24.38	25.21	20.41	28.37
MnO	1.17	1.01	0.80	0.84	0.51	1.12	1.04	1.03	0.75	1.20	1.13	0.99
MgO	7.42	9.80	0.65	1.23	0.04	0.98	4.62	6.15	0.24	2.52	6.24	0.25
CaO	19.66	20.76	6.24	5.94	2.44	13.52	20.72	19.82	4.06	20.31	20.64	13.85
K2O	0.09	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Na2O	2.24	0.75	9.24	9.47	11.67	5.14	0.64	0.63	10.73	0.88	0.48	4.72
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.49	99.88	98.18	97.79	97.02	98.37	99.71	99.59	97.23	99.92	100.60	99.21
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.96	1.98	2.03	2.02	2.04	2.03	2.01	1.98	2.05	1.98	1.99	2.03
Ti	0.01	0.01	0.02	0.02	0.09	0.01	0.01	0.02	0.12	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00
Al (M1)	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01
Fe3+ (T)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.20	0.04	0.60	0.62	0.62	0.31	0.00	0.00	0.45	0.06	0.01	0.29
Fe3+ (T+M1)	0.22	0.04	0.60	0.62	0.62	0.31	0.00	0.00	0.45	0.06	0.01	0.29
Fe2+	0.36	0.43	0.33	0.27	0.25	0.57	0.71	0.67	0.34	0.79	0.66	0.66
Mn	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03
Mg	0.42	0.56	0.04	0.07	0.00	0.06	0.27	0.36	0.01	0.15	0.36	0.01
Ca	0.81	0.85	0.26	0.25	0.10	0.58	0.88	0.84	0.17	0.88	0.87	0.59
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.17	0.06	0.70	0.71	0.88	0.40	0.05	0.05	0.81	0.07	0.04	0.37
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Na	Ca-Na	Quad	Quad	Ca-Na	Quad	Quad	Ca-Na
adjective	ferrian sodian		ferrian sodian	ferrian sodian					ferrian sodian ti			
pyroxene	**augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**hedenbergite**	**augite**	**aegirine-augite**	**hedenbergite**	**augite**	**aegirine-augite**
enstatite	23.0	29.2	----------	----------	----------	----------	14.4	19.1	----------	7.9	18.8	----------
ferrosillite	33.3	26.3	----------	----------	----------	----------	39.2	36.8	----------	46.4	36.5	----------
wollastonite	43.7	44.5	----------	----------	----------	----------	46.4	44.2	----------	45.7	44.7	----------
jadeite	----------	----------	1.3	1.3	1.0	1.0	----------	----------	1.5	----------	----------	1.0
aegirine	----------	----------	67.8	69.6	82.3	38.8	----------	----------	74.0	----------	----------	35.6
Quad	----------	----------	30.9	29.1	16.7	60.3	----------	----------	24.5	----------	----------	63.4

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK119B**	**TK120B**	**TK120B**	**TK120B**	**TK120B**	**TK120B**	**TK120B**	**TK120B**	**TK120B**
sample	TK119B-C1-0024	TK119B-C1-004	TK119B-C1-007	TK119B-C1-009	TK120B-C1-001	TK120B-C1-0011	TK120B-C1-0013	TK120B-C1-0015	TK120B-C1-0016	TK120B-C1-0017	TK120B-C1-004	TK120B-C1-005
SiO2	52.71	50.12	52.16	50.08	51.30	51.74	51.40	52.03	51.85	52.23	51.09	52.11
TiO2	4.06	0.45	3.38	0.43	0.71	0.71	0.62	0.80	0.70	0.66	1.10	0.72
Al2O3	0.20	0.51	0.13	0.45	1.08	1.08	0.94	1.09	0.93	1.05	1.49	1.37
FeO	25.87	20.56	26.44	21.43	14.42	12.84	14.40	12.66	13.59	12.88	13.61	11.18
MnO	0.53	1.12	0.58	1.18	0.63	0.70	0.73	0.74	0.70	0.65	0.62	0.51
MgO	0.01	5.62	0.09	4.90	9.98	11.39	10.31	11.45	10.68	11.34	10.81	12.73
CaO	1.28	21.09	2.61	20.32	21.61	21.22	21.08	21.01	20.94	21.00	20.83	20.90
K2O	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00
Na2O	12.48	0.55	11.63	0.55	0.48	0.43	0.45	0.41	0.45	0.45	0.56	0.46
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	97.18	100.03	97.03	99.33	100.22	100.10	99.95	100.20	99.84	100.27	100.13	99.97
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.03	1.98	2.03	2.00	1.96	1.96	1.97	1.97	1.98	1.98	1.94	1.96
Ti	0.12	0.01	0.10	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
Al (T)	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.04
Al (M1)	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.62	0.03	0.62	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Fe3+ (T+M1)	0.62	0.03	0.62	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Fe2+	0.21	0.65	0.24	0.72	0.44	0.39	0.44	0.40	0.43	0.41	0.41	0.34
Mn	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	0.00	0.33	0.01	0.29	0.57	0.64	0.59	0.65	0.61	0.64	0.61	0.71
Ca	0.05	0.89	0.11	0.87	0.89	0.86	0.86	0.85	0.86	0.85	0.85	0.84
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.93	0.04	0.88	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Na	Quad	Na	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective	titanian											
pyroxene	**aegirine**	**hedenbergite**	**aegirine**	**hedenbergite**	**diopside**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**	**augite**
enstatite	----------	17.1	----------	15.2	29.4	33.3	30.4	33.6	31.7	33.3	32.0	37.1
ferrosillite	----------	36.9	----------	39.4	24.9	22.2	25.0	22.1	23.8	22.3	23.7	19.1
wollastonite	----------	46.0	----------	45.4	45.7	44.5	44.6	44.3	44.6	44.4	44.3	43.8
jadeite	1.3	----------	0.8	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	86.3	----------	82.4	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	12.4	----------	16.8	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK120B**	**TK120B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**	**TK126B**
sample	TK120B-C1-006	TK120B-C1-009	TK126B-C1-001	TK126B-C1-0010	TK126B-C1-0011	TK126B-C1-0012	TK126B-C1-002	TK126B-C1-003	TK126B-C1-004	TK126B-C1-005	TK126B-C1-006	TK126B-C1-007
SiO2	51.66	52.25	52.08	51.79	52.38	52.49	52.42	52.45	51.83	52.21	52.27	51.89
TiO2	0.78	0.16	0.55	0.13	0.57	0.44	0.55	0.08	0.56	0.17	0.07	0.05
Al2O3	1.30	0.47	0.91	0.52	0.16	0.24	0.82	0.26	0.90	0.58	0.48	0.24
FeO	11.97	14.22	11.94	17.48	26.78	27.03	12.44	20.64	12.56	21.20	21.25	20.98
MnO	0.52	0.68	0.81	0.73	0.65	0.60	0.77	0.77	0.85	0.56	0.97	1.00
MgO	12.06	9.91	11.46	7.04	1.62	1.52	11.97	5.16	11.67	4.97	4.74	4.87
CaO	20.98	22.43	21.32	17.84	4.78	4.89	21.11	14.37	20.89	12.88	14.97	14.85
K2O	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.04
Na2O	0.41	0.27	0.70	3.55	10.39	10.15	0.51	5.43	0.52	6.22	5.07	4.95
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.69	100.42	99.78	99.10	97.35	97.36	100.58	99.18	99.79	98.80	99.85	98.87
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.96	2.00	1.97	1.99	2.02	2.03	1.97	2.01	1.97	2.00	2.00	2.01
Ti	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Al (T)	0.04	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Al (M1)	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.01	0.00	0.03	0.26	0.69	0.66	0.03	0.37	0.03	0.43	0.35	0.34
Fe3+ (T+M1)	0.01	0.00	0.03	0.26	0.69	0.66	0.03	0.37	0.03	0.43	0.35	0.34
Fe2+	0.37	0.45	0.34	0.30	0.17	0.21	0.37	0.29	0.37	0.25	0.33	0.33
Mn	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
Mg	0.68	0.56	0.65	0.40	0.09	0.09	0.67	0.29	0.66	0.28	0.27	0.28
Ca	0.85	0.92	0.87	0.73	0.20	0.20	0.85	0.59	0.85	0.53	0.61	0.62
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.02	0.05	0.26	0.78	0.76	0.04	0.40	0.04	0.46	0.38	0.37
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Ca-Na	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na
adjective					ferrian sodian	ferrian sodian						
pyroxene	**augite**	**diopside**	**diopside**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**
enstatite	35.3	28.8	33.8	----------	----------	----------	34.6	----------	34.1	----------	----------	----------
ferrosillite	20.5	24.3	21.1	----------	----------	----------	21.5	----------	22.0	----------	----------	----------
wollastonite	44.1	46.9	45.2	----------	----------	----------	43.9	----------	43.9	----------	----------	----------
jadeite	----------	----------	----------	1.0	0.8	1.2	----------	1.3	----------	2.5	2.2	1.2
aegirine	----------	----------	----------	25.8	76.3	74.0	----------	39.4	----------	43.9	36.0	36.5
Quad	----------	----------	----------	73.1	22.9	24.8	----------	59.4	----------	53.5	61.8	62.4

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK126B**	**TK126B**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**	**TK23**
sample	TK126B-C1-008	TK126B-C1-009	TK23-C1-001	TK23-C1-0010	TK23-C1-0011	TK23-C1-0013	TK23-C1-0016	TK23-C1-0017	TK23-C1-003	TK23-C1-005	TK23-C1-006	TK23-C1-008
SiO2	51.94	52.13	50.42	52.26	51.95	51.51	51.76	51.66	51.60	50.39	52.27	51.19
TiO2	0.55	0.29	0.01	0.76	0.53	0.00	0.49	0.41	0.57	0.16	0.48	0.42
Al2O3	0.75	0.54	0.56	1.61	1.07	0.16	1.14	1.00	1.28	1.69	1.04	0.95
FeO	13.16	14.64	21.51	9.58	11.56	16.27	13.40	13.13	11.13	17.79	11.86	12.97
MnO	0.83	0.74	0.76	0.39	0.55	0.99	0.79	0.63	0.48	0.69	0.62	0.60
MgO	11.24	9.89	3.95	13.33	11.92	7.04	10.74	10.74	12.21	5.58	11.68	10.97
CaO	21.04	20.38	23.09	21.51	21.98	23.73	21.43	21.48	21.93	23.24	21.88	21.71
K2O	0.00	0.01	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03
Na2O	0.49	1.45	0.41	0.42	0.41	0.19	0.48	0.47	0.40	0.42	0.41	0.41
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.07	100.74	99.89	99.96	99.88	100.25	99.56	99.59	99.96	100.24	99.24
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.97	1.98	1.99	1.96	1.96	2.01	1.97	1.97	1.95	1.98	1.97	1.96
Ti	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
Al (T)	0.03	0.02	0.01	0.04	0.04	0.00	0.03	0.03	0.05	0.02	0.03	0.04
Al (M1)	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	0.00
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.02	0.10	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.04
Fe3+ (T+M1)	0.02	0.10	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.04
Fe2+	0.40	0.36	0.69	0.29	0.34	0.53	0.40	0.40	0.32	0.58	0.36	0.37
Mn	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	0.64	0.56	0.23	0.74	0.67	0.41	0.61	0.61	0.69	0.33	0.66	0.63
Ca	0.86	0.83	0.98	0.86	0.89	0.99	0.87	0.88	0.89	0.98	0.89	0.89
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.11	0.03	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective		ferrian sodian										
pyroxene	**augite**	**augite**	**wollastonite**	**augite**	**diopside**	**wollastonite**	**diopside**	**diopside**	**diopside**	**wollastonite**	**diopside**	**diopside**
enstatite	32.9	29.8	12.0	38.8	34.5	20.8	31.5	31.7	35.4	17.1	33.9	32.1
ferrosillite	23.0	26.0	37.8	16.3	19.7	28.7	23.4	22.8	18.9	31.8	20.3	22.3
wollastonite	44.2	44.2	50.2	45.0	45.8	50.5	45.2	45.5	45.7	51.2	45.7	45.6
jadeite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK61**	**TK61**	**TK61**	**TK61**	**TK61**	**TK61**	**TK67**	**TK67**	**TK69**	**TK69**	**TK69**	**TK69**
sample	TK-61-C1-01	TK-61-C1-02	TK-61-C1-03	TK-61-C1-06	TK-61-C1-09	TK-61-C1-10	TK-67-C1-002	TK-67-C1-007	TK69-C1-001	TK69-C1-0010	TK69-C1-002	TK69-C1-003
SiO2	51.02	51.71	51.01	50.81	51.07	51.02	51.64	52.36	52.16	50.67	51.48	51.98
TiO2	0.43	0.41	0.27	0.16	0.12	0.09	0.41	0.59	0.09	0.02	0.06	0.11
Al2O3	0.72	0.57	0.45	0.27	0.29	0.25	0.81	1.19	0.30	0.35	0.13	0.16
FeO	15.92	15.59	17.27	21.12	26.58	25.65	13.71	10.85	16.64	19.62	16.74	15.38
MnO	0.83	0.91	1.06	1.18	0.92	0.95	0.84	0.77	1.16	1.19	1.04	1.00
MgO	8.76	8.84	7.24	4.39	1.55	2.02	10.79	13.25	8.08	5.40	7.38	9.04
CaO	20.37	21.25	20.26	18.17	13.12	14.52	20.81	20.94	21.78	20.85	22.38	21.97
K2O	0.07	0.02	0.00	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
Na2O	1.25	1.00	1.53	2.95	5.43	4.74	0.49	0.47	0.53	1.65	0.50	0.45
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.37	100.29	99.10	99.08	99.10	99.26	99.49	100.44	100.74	99.75	99.71	100.12
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.01	1.98	1.96	2.01	1.99	2.01	2.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Al (T)	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
Al (M1)	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.10	0.06	0.10	0.21	0.37	0.32	0.02	0.04	0.00	0.14	0.01	0.02
Fe3+ (T+M1)	0.10	0.06	0.10	0.21	0.37	0.32	0.02	0.04	0.00	0.14	0.01	0.02
Fe2+	0.41	0.44	0.46	0.49	0.51	0.52	0.42	0.30	0.53	0.51	0.54	0.48
Mn	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03
Mg	0.50	0.50	0.42	0.26	0.09	0.12	0.62	0.74	0.46	0.32	0.43	0.52
Ca	0.84	0.87	0.85	0.77	0.55	0.61	0.85	0.84	0.90	0.88	0.94	0.91
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.09	0.07	0.12	0.23	0.41	0.36	0.04	0.03	0.04	0.13	0.04	0.03
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
adjective	ferrian		sodian							ferrian sodian		
pyroxene	**augite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**augite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**
enstatite	26.7	26.5	22.6	----------	----------	----------	31.8	38.0	24.0	16.8	22.1	26.6
ferrosillite	28.7	27.8	32.1	----------	----------	----------	24.1	18.7	29.6	36.4	29.9	27.0
wollastonite	44.6	45.8	45.4	----------	----------	----------	44.1	43.2	46.4	46.7	48.1	46.4
jadeite	----------	----------	----------	1.2	1.5	1.2	----------	----------	----------	----------	----------	----------
aegirine	----------	----------	----------	21.8	40.3	35.4	----------	----------	----------	----------	----------	----------
Quad	----------	----------	----------	77.0	58.2	63.4	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK69**	**TK69**	**TK69**	**TK69**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**
sample	TK69-C1-005	TK69-C1-007	TK69-C1-008	TK69-C1-009	TK-7C-C1-01	TK-7C-C1-010	TK-7C-C1-012	TK-7C-C1-013	TK-7C-C1-014	TK-7C-C1-015	TK-7C-C1-02	TK-7C-C1-03
SiO2	51.84	50.93	51.77	51.51	50.75	50.71	50.69	50.68	50.97	51.06	50.72	50.88
TiO2	0.06	0.00	0.22	0.06	0.25	0.27	0.33	0.35	0.22	0.29	0.24	0.26
Al2O3	0.14	0.25	0.40	0.29	0.26	0.22	0.44	0.47	0.40	0.24	0.29	0.25
FeO	16.93	20.40	15.64	21.43	25.88	24.23	18.51	18.19	18.54	23.80	24.67	24.90
MnO	1.08	1.25	1.02	0.86	1.51	1.51	1.10	1.11	1.29	1.46	1.66	1.52
MgO	8.20	4.74	9.25	4.42	1.61	2.78	7.01	7.04	6.14	3.18	2.36	2.04
CaO	20.98	19.76	21.09	16.34	11.69	13.97	20.78	20.78	20.13	14.80	13.18	12.58
K2O	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
Na2O	0.71	2.16	0.75	3.90	5.98	4.70	0.78	1.08	1.75	4.28	4.95	5.59
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.98	99.49	100.14	98.84	97.92	98.40	99.63	99.70	99.43	99.14	98.10	98.01
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.01	2.00	1.99	2.02	2.02	2.01	1.99	1.98	1.99	2.01	2.02	2.02
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al (T)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Al (M1)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.03	0.15	0.05	0.25	0.40	0.32	0.05	0.08	0.12	0.28	0.32	0.37
Fe3+ (T+M1)	0.03	0.15	0.05	0.25	0.40	0.32	0.05	0.08	0.12	0.28	0.32	0.37
Fe2+	0.52	0.52	0.45	0.45	0.46	0.49	0.56	0.51	0.49	0.50	0.50	0.46
Mn	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05
Mg	0.47	0.28	0.53	0.26	0.10	0.16	0.41	0.41	0.36	0.19	0.14	0.12
Ca	0.87	0.83	0.87	0.69	0.50	0.59	0.87	0.87	0.84	0.62	0.56	0.53
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.05	0.16	0.06	0.30	0.46	0.36	0.06	0.08	0.13	0.33	0.38	0.43
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na
adjective		ferrian sodian							ferrian sodian			
pyroxene	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**hedenbergite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**
enstatite	24.6	15.2	27.4	----------	----------	----------	21.3	21.5	19.3	----------	----------	----------
ferrosillite	30.3	39.1	27.7	----------	----------	----------	33.4	33.0	35.1	----------	----------	----------
wollastonite	45.2	45.7	44.9	----------	----------	----------	45.3	45.5	45.6	----------	----------	----------
jadeite	----------	----------	----------	1.5	1.4	1.2	----------	----------	----------	1.3	1.6	1.3
aegirine	----------	----------	----------	28.3	45.3	35.6	----------	----------	----------	32.0	37.2	42.2
Quad	----------	----------	----------	70.2	53.3	63.3	----------	----------	----------	66.8	61.2	56.5

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK7C**	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK82**
sample	TK-7C-C1-04	TK-7C-C1-05	TK-7C-C1-06	TK-7C-C1-07	TK-7C-C1-09	TK-82-C1-010	TK-82-C1-012	TK-82-C1-014	TK-82-C1-015	TK-82-C1-018	TK-82-C1-019	TK-82-C1-020
SiO2	50.97	50.86	51.03	50.76	50.95	50.92	50.52	52.02	50.14	50.75	51.40	49.69
TiO2	0.15	0.16	0.27	0.23	0.22	0.12	0.08	0.46	0.16	0.34	0.40	0.10
Al2O3	0.36	0.28	0.45	0.21	0.23	0.29	0.16	0.74	0.22	0.31	0.62	0.21
FeO	19.82	19.19	18.62	24.85	24.95	25.17	26.81	13.32	25.79	19.33	14.25	26.20
MnO	1.35	1.31	1.36	1.47	1.52	1.10	1.32	0.76	0.82	0.87	0.89	0.81
MgO	5.32	5.86	6.26	2.19	2.28	2.55	1.80	10.46	2.07	6.85	10.12	1.99
CaO	18.29	19.72	19.66	13.05	13.40	14.23	13.72	21.05	12.84	19.34	20.92	12.81
K2O	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01
Na2O	2.59	2.04	2.02	5.18	5.03	4.70	4.60	1.04	5.11	1.23	0.68	5.18
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.86	99.42	99.71	97.95	98.58	99.08	99.01	99.85	97.15	99.01	99.31	97.00
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.00	1.99	1.98	2.02	2.02	2.01	2.01	1.98	2.02	2.00	1.98	2.00
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Al (T)	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
Al (M1)	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.17	0.16	0.15	0.34	0.33	0.32	0.33	0.06	0.35	0.06	0.05	0.39
Fe3+ (T+M1)	0.17	0.16	0.15	0.34	0.33	0.32	0.33	0.06	0.35	0.06	0.05	0.39
Fe2+	0.49	0.47	0.46	0.49	0.50	0.51	0.57	0.36	0.52	0.57	0.41	0.49
Mn	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	0.31	0.34	0.36	0.13	0.13	0.15	0.11	0.59	0.12	0.40	0.58	0.12
Ca	0.77	0.83	0.82	0.56	0.57	0.60	0.58	0.86	0.55	0.82	0.86	0.55
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.20	0.15	0.15	0.40	0.39	0.36	0.35	0.08	0.40	0.09	0.05	0.40
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Ca-Na	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Ca-Na	Quad	Quad	Ca-Na
adjective		ferrian sodian	ferrian sodian									
pyroxene	**aegirine-augite**	**augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**diopside**	**aegirine-augite**	**augite**	**augite**	**aegirine-augite**
enstatite	----------	18.6	19.8	----------	----------	----------	----------	31.2	----------	21.3	30.1	----------
ferrosillite	----------	36.5	35.5	----------	----------	----------	----------	23.6	----------	35.3	25.2	----------
wollastonite	----------	44.9	44.7	----------	----------	----------	----------	45.2	----------	43.3	44.7	----------
jadeite	1.8	----------	----------	1.2	1.2	1.4	0.8	----------	1.2	----------	----------	1.0
aegirine	18.3	----------	----------	39.3	37.9	34.9	35.3	----------	38.8	----------	----------	39.9
Quad	79.9	----------	----------	59.6	60.8	63.6	63.9	----------	60.0	----------	----------	59.1

Type roche	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
sample	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK82**	**TK86**	**TK86**	**TK86**	**TK86**	**TK86**
sample	TK-82-C1-022	TK-82-C1-023	TK-82-C1-024	TK-82-C1-026	TK-82-C1-08	TK86-C1-001	TK86-C1-0011	TK86-C1-002	TK86-C1-006	TK86-C1-009
SiO2	50.10	50.90	50.03	49.17	51.56	50.49	50.93	50.76	51.08	51.20
TiO2	0.38	0.33	0.13	0.14	0.41	0.58	0.69	0.74	0.61	0.46
Al2O3	0.53	0.36	0.23	0.24	0.53	0.28	0.26	0.23	0.35	0.31
FeO	14.89	18.88	25.45	23.90	15.65	24.14	25.54	26.47	23.48	22.21
MnO	0.79	0.90	0.87	1.01	0.86	1.30	1.19	0.97	1.21	1.33
MgO	9.92	7.32	2.26	3.16	9.56	2.98	1.73	1.25	3.04	4.28
CaO	20.93	20.04	14.88	15.80	21.05	14.72	12.85	10.90	14.74	16.52
K2O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00
Na2O	0.50	1.06	4.13	3.73	0.64	4.22	5.54	6.75	4.75	3.26
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.05	99.79	98.00	97.14	100.26	98.73	98.73	98.12	99.26	99.56
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	1.96	1.99	2.01	1.98	1.98	2.00	2.01	2.01	2.00	2.01
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
Al (T)	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al (M1)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Fe3+ (T)	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.06	0.07	0.29	0.30	0.05	0.28	0.35	0.45	0.31	0.19
Fe3+ (T+M1)	0.08	0.07	0.29	0.31	0.05	0.28	0.35	0.45	0.31	0.19
Fe2+	0.41	0.54	0.56	0.50	0.45	0.52	0.50	0.42	0.46	0.54
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
Mg	0.58	0.43	0.14	0.19	0.55	0.18	0.10	0.07	0.18	0.25
Ca	0.88	0.84	0.64	0.68	0.86	0.62	0.54	0.46	0.62	0.69
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.08	0.32	0.29	0.05	0.32	0.42	0.52	0.36	0.25
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Quad	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Quad	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na
adjective										
pyroxene	**augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**
enstatite	29.4	22.3	----------	----------	28.1	----------	----------	----------	----------	----------
ferrosillite	26.1	33.8	----------	----------	27.3	----------	----------	----------	----------	----------
wollastonite	44.5	43.9	----------	----------	44.6	----------	----------	----------	----------	----------
jadeite	----------	----------	1.2	0.0	----------	1.5	1.5	1.2	1.8	1.7
aegirine	----------	----------	31.3	29.9	----------	31.4	41.2	50.7	34.6	23.3
Quad	----------	----------	67.6	70.1	----------	67.1	57.4	48.1	63.5	75.0

Annexes n°10 : Analyses microsondes et formules structurales des pyroxènes (suite)

Type roche	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS
sample	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**
sample	TC09-126A-ZoneA-83	TC09-126A-ZoneA-93	TC09-126A-zA-122	TC09-126A-zA-123	TC09-126A-zA-126	TC09-126A-zA-129	TC09-126A-zA-132	TC09-126A-zA-136	TC09-126A-zA-139	TC09-126A-zA-141	TC09-126A-ZoneB-13	TC09-126A-ZoneB-16
SiO2	51.71	51.62	51.85	52.27	52.12	51.84	52.33	52.53	51.63	51.73	52.55	52.92
TiO2	1.01	0.89	0.74	0.67	0.84	0.79	1.50	0.33	0.36	0.58	0.09	0.53
Al2O3	0.13	0.18	0.05	0.14	0.08	0.09	0.07	0.10	0.22	0.18	0.18	0.23
FeO	28.34	29.39	29.22	28.37	29.19	28.60	28.85	30.23	28.30	27.19	30.56	30.04
MnO	0.46	0.65	0.43	0.59	0.41	0.69	0.52	0.33	0.96	0.95	0.11	0.11
MgO	0.28	0.23	0.02	0.20	0.00	0.21	0.07	0.01	0.90	0.70	0.01	0.05
CaO	4.81	5.43	4.39	4.98	3.55	4.86	4.32	3.84	8.92	7.13	0.23	0.49
K2O	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na2O	10.52	9.71	10.34	10.25	11.26	10.10	10.82	11.25	8.47	8.66	13.24	13.38
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.02	0.00	0.07	0.07	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.04	0.04
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	97.26	98.14	97.04	97.54	97.53	97.17	98.51	98.62	99.77	97.13	97.02	97.79
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.01	2.01	2.03	2.04	2.02	2.03	2.02	2.01	1.99	2.04	2.01	2.01
Ti	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02
Al (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Al (M1)	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.70	0.65	0.68	0.66	0.75	0.66	0.69	0.79	0.62	0.54	0.94	0.93
Fe3+ (T+M1)	0.70	0.65	0.68	0.66	0.75	0.66	0.69	0.79	0.63	0.54	0.94	0.93
Fe2+	0.22	0.31	0.28	0.27	0.19	0.28	0.24	0.18	0.28	0.36	0.03	0.03
Mn	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00
Mg	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00
Ca	0.20	0.23	0.18	0.21	0.15	0.20	0.18	0.16	0.37	0.30	0.01	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.79	0.73	0.79	0.77	0.85	0.77	0.81	0.84	0.63	0.66	0.98	0.98
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Na	Ca-Na	Ca-Na	Na	Ca-Na	Ca-Na	Na	Na
adjective	ferrian sodian	ferrian sodian	ferrian sodian	ferrian sodian		ferrian sodian	ferrian sodian		ferrian sodian	ferrian sodian		
pyroxene	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine**
enstatite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
ferrosillite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
wollastonite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
jadeite	0.7	0.9	0.3	0.7	0.4	0.5	0.4	0.5	0.0	1.0	0.8	1.1
aegirine	77.6	72.0	76.8	75.3	82.9	75.1	78.8	82.6	64.3	64.4	96.9	96.5
Quad	21.7	27.1	22.9	24.0	16.7	24.5	20.9	16.9	35.7	34.6	2.2	2.5

Type roche	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS
sample	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TK103**	**TK103**	**TK103**	**TK103**
sample	TC09-126A-ZoneB-17	TC09-126A-ZoneB-18	TC09-126A-ZoneB-24	TC09-126A-ZoneB-25	TC09-126A-ZoneB-43	TC09-126A-ZoneB-59	TC09-126A-ZoneB-62	TC09-126A-ZoneB-68	TK-103B-01	TK-103B-C1-03	TK-103B-C1-05	TK-103B-C1-06
SiO2	53.27	53.13	54.22	51.73	52.35	51.68	51.85	52.59	52.44	49.80	51.21	50.91
TiO2	0.48	0.56	0.70	1.06	0.39	1.01	0.92	1.09	0.71	0.43	0.64	0.55
Al2O3	0.24	0.11	0.51	0.03	0.54	0.04	0.10	0.59	0.24	0.24	0.32	0.21
FeO	30.28	30.51	28.30	29.67	30.46	28.83	28.62	28.98	27.84	27.57	27.24	28.05
MnO	0.08	0.09	0.22	0.50	0.00	0.54	0.64	0.34	0.80	1.18	1.14	1.01
MgO	0.10	0.05	0.11	0.26	0.05	0.27	0.30	0.09	0.42	0.86	0.58	0.46
CaO	0.95	0.48	1.04	4.49	0.14	5.22	4.80	0.86	6.94	10.83	7.92	8.24
K2O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Na2O	12.90	13.13	11.99	10.91	13.15	10.30	10.55	12.67	8.66	6.43	8.19	7.79
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.02	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
Sc2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.33	98.09	97.20	98.65	97.07	97.89	97.80	97.20	98.06	97.35	97.27	97.24
Fe3+ model	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987	Droop 1987
Si	2.02	2.02	2.09	1.99	2.00	2.01	2.01	2.02	2.05	2.00	2.03	2.03
Ti	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02
Al (T)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al (M1)	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
Fe3+ (T)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+ (M1)	0.87	0.89	0.65	0.76	0.92	0.70	0.71	0.82	0.49	0.47	0.52	0.51
Fe3+ (T+M1)	0.87	0.89	0.65	0.78	0.92	0.70	0.71	0.82	0.49	0.47	0.52	0.51
Fe2+	0.09	0.08	0.26	0.18	0.06	0.24	0.21	0.11	0.42	0.45	0.38	0.43
Mn	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.04	0.03
Mg	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.05	0.03	0.03
Ca	0.04	0.02	0.04	0.18	0.01	0.22	0.20	0.04	0.29	0.46	0.34	0.35
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.95	0.97	0.90	0.81	0.98	0.78	0.79	0.94	0.66	0.50	0.63	0.60
Li	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
group	Na	Na	Na	Na	Na	Ca-Na	Ca-Na	Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na	Ca-Na
adjective						ferrian sodian	ferrian sodian					
pyroxene	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**	**aegirine-augite**
enstatite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
ferrosillite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
wollastonite	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------
jadeite	1.1	0.5	2.9	0.0	2.5	0.2	0.5	2.9	1.4	0.7	1.8	1.1
aegirine	92.2	94.7	82.4	81.2	94.3	76.6	78.1	89.6	62.8	50.0	60.9	58.8
Quad	6.6	4.8	14.7	18.8	3.2	23.2	21.4	7.5	35.8	49.2	37.3	40.1

Annexe n°11: Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

	GROUP Petro	Monzo-gabbro	Monzo-gabbro	Monzo-gabbro	Monzo-gabbro	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	CaS	CaS	CaS
	Sample	**13TK002A**	**13TK002A**	**13TK002A**	**13TK002A**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**TC09-116**	**13TK47B**	**13TK47B**	**13TK47B**	**TC09-006**	**TC09-006**	**TC09-006**
	Analysis (wt%)	TK002A_C1_00 13	TK002A_C1_00 15	TK002A_C1_00 7	TK002A_C2_00 30	TC-09-116-ZoneA-18	TC-09-116-ZoneA-19	TC-09-116-ZoneA-2	TC-09-116-ZoneA-25	TC-09-116-ZoneB-22	TC-09-116-ZoneB-23	TC-09-116-ZoneB-34	TC-09-116-ZoneB-5	TC-09-116-ZoneC-2	TK-47B-C1-03	TK-47B-C1-04	TK-47B-C1-05	TC-09-06-C2-a1	TC-09-06-C2-a2	TC-09-06-C3-a1
	Species	Ti-rich pargasite	Ti-rich pargasite	Ti-rich pargasite	Ti-rich pargasite	ferro-actinolite	hastingsite	ferro-ferri-hornblende	ferro-ferri-hornblende	hastingsite	ferro-actinolite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	actinolite	actinolite	actinolite	ferro-edenite	ferro-fluoro-edenite	hastingsite
ANALYSE	**SiO2**	43.39	43.49	43.17	43.25	50.70	45.90	46.57	46.21	45.84	47.95	44.47	45.20	45.44	48.75	48.09	52.59	46.45	45.37	47.14
	TiO2	3.97	3.89	4.09	4.07	0.00	1.62	1.71	1.43	1.37	0.32	1.77	1.75	1.55	0.91	0.95	0.00	1.34	1.23	1.18
	ZrO2																			
	Al2O3	10.13	10.01	9.73	9.95	2.25	6.53	5.59	5.63	6.37	3.94	6.66	6.61	6.25	4.38	4.73	2.75	3.90	4.26	3.91
	Cr2O3	0.01	0.01	0.03	0.05	0.02	0.00	0.08	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	MnO	0.14	0.20	0.10	0.20	0.68	0.53	0.58	0.49	0.54	0.52	0.58	0.60	0.48	0.30	0.34	0.22	1.01	0.94	1.08
	FeO	12.52	12.58	12.32	12.13	21.54	21.49	22.18	21.34	21.15	20.12	22.02	22.22	21.24	15.28	15.47	15.11	29.67	27.50	28.16
	NiO					0.13	0.03	0.01	0.00	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00				0.00	0.04	0.00
	ZnO					0.00	0.24	0.00	0.28	0.02	0.00	0.10	0.00	0.00						
	BeO																			
	MgO	12.86	13.09	13.34	13.04	9.26	9.43	9.49	9.63	9.59	9.51	8.66	8.96	9.18	13.53	13.28	13.54	4.43	5.32	4.87
	CaO	11.06	11.02	11.28	11.14	12.32	10.57	10.61	10.74	10.60	11.93	10.95	10.79	10.37	11.03	11.29	12.63	8.63	9.24	8.45
	Na2O	2.54	2.59	2.61	2.60	0.25	2.06	1.68	1.49	2.00	0.49	2.01	2.11	1.76	1.58	1.54	0.23	2.67	3.48	2.91
	K2O	0.91	0.86	0.95	0.92	0.21	0.90	0.74	0.64	0.72	0.36	0.97	0.89	0.81	0.62	0.61	0.14	1.12	0.96	1.12
	F					0.39	1.36	0.96	1.34	0.85	0.54	0.82	0.82	1.76				1.14	2.38	1.03
	Cl					0.01	0.29	0.24	0.24	0.31	0.08	0.19	0.30	0.25				0.01	0.09	0.02
	O=F,Cl (calc)	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.16	-0.64	-0.46	-0.62	-0.43	-0.24	-0.39	-0.41	-0.80	0.00	0.00	0.00	-0.48	-1.02	-0.44
	Initial Total	*97.51*	*97.74*	*97.61*	*97.35*	*97.58*	*100.32*	*99.98*	*98.84*	*99.03*	*95.56*	*98.85*	*99.86*	*98.30*	*96.40*	*96.34*	*97.20*	*99.90*	*99.78*	*99.43*
FORMULE STRUCTURALE	**Si**	6.42	6.42	6.39	6.41	7.68	6.89	6.99	7.01	6.93	7.40	6.81	6.84	6.96	7.27	7.20	7.70	7.29	7.14	7.33
	Al	1.58	1.58	1.61	1.59	0.32	1.11	0.99	0.99	1.07	0.60	1.19	1.16	1.04	0.73	0.80	0.30	0.71	0.79	0.67
	Ti							0.02											0.07	
	Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
	Ti	0.44	0.43	0.46	0.45		0.18	0.17	0.16	0.16	0.04	0.20	0.20	0.18	0.10	0.11		0.16	0.07	0.14
	Al	0.19	0.16	0.09	0.15	0.08	0.05	0.00	0.02	0.07	0.12	0.01	0.01	0.08	0.04	0.04	0.18	0.01	0.00	0.05
	Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		0.01	0.00		0.01		0.00		0.00	0.01				
	Fe3+	0.05	0.08	0.05	0.03	0.13	0.24	0.28	0.28	0.25	0.21	0.18	0.21	0.24	0.18	0.16	0.05	0.00	0.13	0.20
	Ni					0.02	0.00	0.00		0.01		0.01							0.01	
	Zn						0.03		0.03	0.00		0.01								
	Mn2+				0.01	0.09					0.06						0.02		0.05	0.03
	Fe2+	1.49	1.45	1.46	1.47	2.60	2.39	2.42	2.33	2.36	2.39	2.61	2.55	2.40	1.67	1.72	1.80	3.80	3.49	3.46
	Mg	2.84	2.88	2.94	2.88	2.09	2.11	2.12	2.18	2.16	2.19	1.98	2.02	2.10	3.01	2.96	2.96	1.04	1.25	1.13
	C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
	Mn2+	0.02	0.02	0.01	0.02		0.07	0.07	0.06	0.07	0.01	0.08	0.08	0.06	0.04	0.04	0.01	0.14	0.07	0.12
	Fe2+	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.07	0.09	0.10	0.07	0.00	0.03	0.05	0.08	0.06	0.05	0.00	0.09	0.00	0.00
	Ca	1.75	1.74	1.79	1.77	2.00	1.70	1.71	1.75	1.72	1.97	1.80	1.75	1.70	1.76	1.81	1.98	1.45	1.56	1.41
	Na	0.22	0.21	0.19	0.21	0.00	0.16	0.13	0.10	0.14	0.01	0.10	0.13	0.16	0.14	0.09	0.01	0.32	0.37	0.48
	B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
	Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Na	0.51	0.53	0.57	0.53	0.07	0.44	0.36	0.34	0.45	0.13	0.50	0.49	0.36	0.32	0.35	0.06	0.49	0.69	0.40
	K	0.17	0.16	0.18	0.18	0.04	0.17	0.14	0.12	0.14	0.07	0.19	0.17	0.16	0.12	0.12	0.03	0.23	0.19	0.22
	A subtotal	*0.68*	*0.69*	*0.74*	*0.71*	*0.11*	*0.61*	*0.50*	*0.47*	*0.59*	*0.21*	*0.69*	*0.66*	*0.52*	*0.44*	*0.47*	*0.08*	*0.71*	*0.89*	*0.63*
	O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
	OH	2.00	2.00	2.00	2.00	1.81	1.28	1.48	1.30	1.52	1.72	1.56	1.53	1.08	2.00	2.00	2.00	1.43	0.80	1.49
	F					0.19	0.65	0.46	0.64	0.41	0.26	0.40	0.39	0.85				0.57	1.18	0.51
	Cl					0.00	0.08	0.06	0.06	0.08	0.02	0.05	0.08	0.07				0.00	0.02	0.01
	W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
	Sum T,C,B,A	15.68	15.69	15.74	15.71	15.11	15.61	15.50	15.47	15.59	15.21	15.69	15.66	15.52	15.44	15.47	15.08	15.71	15.88	15.63

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
Sample	**TC09-006**	**TC09-006**	**TC09-006**	**TC09-006**	**TC09-006**	**TC09-006**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**	**TC09-010**
Analysis (wt%)	TC-09-06-C3-a2	TC-09-06-C5-a1	TC-09-06-C5-a2	TC-09-06-C7-a1	TC-09-06-C7-a2	TC-09-06-C7-a3	TC09_10-C10	TC09_10-C3	TC09_10-C4	TC09_10-C7	TC09-10A-C1-a1	TC09-10A-C1-a2	TC09-10A-C1-a3	TC09-10A-C1-a4	TC09-10A-C1-a5	TC09-10A-C1-a6	TC-09-10A-C2-a1	TC-09-10A-C2-a2	TC09-10A-C6-a1
Species	hastingsite	ferro-fluoro-edenite	ferro-actinolite	hastingsite	ferro-edenite	ferro-actinolite	hastingsite	ferro-edenite	hastingsite	ferro-edenite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-edenite	hastingsite	ferro-actinolite
SiO2	46.45	46.75	50.76	47.21	46.14	49.27	45.31	46.69	44.31	45.99	49.68	49.81	49.52	50.20	47.07	49.54	44.67	46.55	48.24
TiO2	1.24	1.17	0.09	1.09	1.32	0.11	1.64	1.47	1.87	1.50	0.29	0.00	0.22	0.00	0.16	0.07	1.16	1.27	1.00
ZrO2																			
Al2O3	3.84	3.40	0.75	3.81	3.77	0.85	5.79	4.24	6.15	4.65	2.17	1.27	1.79	0.83	3.11	1.92	5.02	5.11	3.48
Cr2O3	0.03	0.00		0.00	0.00	0.03	0.15	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06
MnO	1.02	0.86	1.26	1.13	0.95	1.50	0.70	0.77	0.45	0.56	0.71	0.97	0.76	1.02	0.68	1.05	0.70	0.92	0.63
FeO	28.25	27.96	32.29	29.08	28.69	33.50	24.64	24.82	24.69	24.23	28.38	33.78	30.62	31.47	29.98	30.34	26.28	25.56	25.66
NiO	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.13	0.00	0.04
ZnO																			
BeO																			
MgO	4.69	5.12	1.79	4.45	4.91	1.68	7.54	8.12	7.03	7.99	5.66	1.79	4.70	3.56	3.62	3.81	6.65	7.30	8.39
CaO	8.58	8.37	10.24	8.64	8.39	9.59	10.16	9.58	10.19	9.68	9.95	10.70	9.97	11.29	10.86	10.79	9.74	9.57	8.86
Na2O	2.68	3.11	0.94	2.66	2.93	1.07	2.51	2.73	2.96	2.58	1.37	0.44	1.17	0.57	0.71	0.81	2.68	2.37	2.30
K2O	1.03	1.01	0.19	1.01	1.02	0.36	0.93	0.82	0.98	0.88	0.48	0.44	0.40	0.24	0.67	0.41	0.94	0.87	0.74
F	1.45	2.24		1.45	1.37	0.23	1.38	1.33	1.04	0.96	1.21	0.06	0.59	0.45	0.00	0.00	0.91	1.54	0.94
Cl	0.04	0.05		0.01	0.00	0.09	0.21	0.25	0.24	0.17	0.10	0.11	0.04	0.07	0.02	0.02			
O=F,Cl (calc)	-0.62	-0.96	0.00	-0.61	-0.58	-0.12	-0.63	-0.61	-0.49	-0.44	-0.53	-0.05	-0.26	-0.21	-0.01	0.00	-0.38	-0.65	-0.40
Initial Total	*98.68*	*99.07*	*98.31*	*99.94*	*98.91*	*98.16*	*100.33*	*100.22*	*99.47*	*98.76*	*99.48*	*99.30*	*99.52*	*99.54*	*96.98*	*98.77*	*98.50*	*100.40*	*99.93*
Si	7.31	7.35	8.00	7.34	7.25	7.86	6.92	7.12	6.85	7.08	7.63	7.85	7.64	7.82	7.50	7.71	6.99	7.08	7.29
Al	0.69	0.63	0.00	0.66	0.70	0.15	1.04	0.76	1.12	0.84	0.37	0.15	0.33	0.15	0.50	0.29	0.93	0.92	0.62
Ti		0.02			0.05		0.04	0.12	0.03	0.07			0.03				0.09	0.00	0.10
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.15	0.12	0.01	0.13	0.11	0.01	0.15	0.05	0.19	0.10	0.03				0.02	0.01	0.05	0.15	0.02
Al	0.02	0.00	0.14	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00					0.00	0.02		0.01					0.00		0.00			0.01
Fe3+	0.21	0.20	0.05	0.23	0.26	0.22	0.22	0.27	0.13	0.23	0.32	0.07	0.36	0.11	0.20	0.17	0.26	0.30	0.41
Ni								0.00		0.00					0.01		0.02		0.01
Zn																			
Mn2+	0.01	0.00	0.17	0.02		0.10					0.00	0.05		0.10	0.03	0.09			
Fe2+	3.50	3.48	4.21	3.56	3.48	4.25	2.89	2.84	3.06	2.83	3.33	4.38	3.56	3.96	3.79	3.78	3.12	2.90	2.67
Mg	1.10	1.20	0.42	1.03	1.15	0.40	1.72	1.85	1.62	1.84	1.30	0.42	1.08	0.83	0.86	0.88	1.55	1.66	1.89
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.12	0.11		0.13	0.13	0.10	0.09	0.10	0.06	0.07	0.09	0.08	0.10	0.04	0.06	0.05	0.09	0.12	0.08
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.06	0.01	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.16
Ca	1.45	1.41	1.73	1.44	1.41	1.64	1.66	1.56	1.69	1.60	1.64	1.81	1.65	1.89	1.85	1.80	1.63	1.56	1.43
Na	0.43	0.48	0.27	0.43	0.44	0.26	0.21	0.28	0.24	0.27	0.27	0.11	0.23	0.08	0.09	0.15	0.22	0.27	0.33
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.39	0.47	0.02	0.37	0.46	0.07	0.53	0.53	0.65	0.50	0.14	0.02	0.12	0.10	0.13	0.10	0.60	0.43	0.35
K	0.21	0.20	0.04	0.20	0.20	0.07	0.18	0.16	0.19	0.17	0.10	0.09	0.08	0.05	0.14	0.08	0.19	0.17	0.14
A subtotal	*0.59*	*0.67*	*0.06*	*0.57*	*0.66*	*0.15*	*0.71*	*0.68*	*0.84*	*0.68*	*0.23*	*0.11*	*0.20*	*0.14*	*0.27*	*0.18*	*0.78*	*0.60*	*0.49*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.27	0.87	2.00	1.28	1.32	1.86	1.28	1.30	1.43	1.49	1.39	1.94	1.70	1.76	1.99	2.00	1.55	1.26	1.55
F	0.72	1.12		0.71	0.68	0.12	0.67	0.64	0.51	0.47	0.59	0.03	0.29	0.22			0.45	0.74	0.45
Cl	0.01	0.01		0.00		0.02	0.05	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01			
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.59	15.67	15.06	15.57	15.66	15.15	15.71	15.69	15.84	15.68	15.23	15.11	15.20	15.14	15.27	15.18	15.78	15.60	15.49

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
Sample	**TC09-010**	**TC09-013**	**TC09-013**	**TC09-013**	**TC09-013**	**TC09-013**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-020**	**TC09-037**	**TC09-037**	**TC09-037**	**TC09-037**	**TC09-038**
Analysis (wt%)	TC09-10A-C6-a2	TC09-13-C2	TC09-13-C5	TC09-13-C5	TC09-13-C6	TC09-13-C7	TC09.20-zA-038	TC09.20-zA-043	TC09.20-zC-058	TC09.20-zC-059	TC09.20-zC-067	TC09.20-zD-074	TC09.20-zD-079	TC09.20-zE-086	TC09_37-C2-a1	TC09_37-C2-a2	TC09_37-C4	TC09_37-C9	TC09-38-zA-102
Species	ferro-winchite	ferro-ferri-katophorite	ferro-edenite	hastingsite	ferro-actinolite	ferro-ferri-katophorite	hastingsite	hastingsite	ferro-pargasite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	ferro-ferri-katophorite	ferro-richterite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	hastingsite
SiO2	55.17	46.97	45.23	42.31	49.18	44.72	43.66	44.78	43.71	44.77	44.62	44.62	44.89	45.01	47.72	46.91	47.93	47.33	43.04
TiO2	0.70	1.19	1.45	1.55	0.12	1.36	1.26	1.48	2.00	1.49	2.07	0.88	1.14	1.46	1.07	1.26	1.00	1.00	2.28
ZrO2																			
Al2O3	2.14	3.53	3.77	5.74	1.37	4.97	6.48	5.57	7.57	6.10	6.14	6.33	6.53	6.04	2.24	2.29	2.10	2.88	7.04
Cr2O3	0.00	0.02	0.01	0.05	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.01	0.00
MnO	0.47	1.12	1.04	1.11	1.52	0.99	0.89	1.04	0.78	0.96	0.92	0.92	0.81	0.81	1.21	1.31	1.11	1.14	0.89
FeO	21.58	31.88	31.22	31.12	31.67	31.55	23.02	22.07	23.00	23.28	22.54	23.61	23.88	23.76	32.41	31.72	31.13	30.80	24.66
NiO	0.00	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.20	0.02	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
ZnO							0.15	0.40	0.04	0.11	0.11	0.00	0.12	0.01					0.00
BeO																			
MgO	7.25	3.32	3.30	3.43	2.27	2.83	7.54	7.99	7.10	7.71	7.41	7.74	7.08	7.79	3.11	3.46	3.35	3.65	7.21
CaO	7.79	7.81	8.04	9.24	9.04	7.94	10.67	10.35	10.99	10.64	10.52	10.72	10.82	10.68	5.99	6.36	6.27	6.56	10.09
Na2O	1.86	3.16	3.13	3.06	1.49	3.42	2.10	1.92	2.30	2.12	2.26	1.79	1.99	2.00	3.69	3.74	3.64	3.61	2.67
K2O	0.49	1.09	1.10	1.08	0.34	1.38	1.12	1.04	1.19	1.07	1.24	1.03	1.17	1.05	0.78	0.85	0.72	0.90	1.12
F	1.00	0.77	0.61	1.32	0.20	1.18	1.80	1.70	1.87	1.69	1.62	1.12	1.57	1.97	1.45	1.52	0.30	0.76	0.81
Cl							0.18	0.19	0.16	0.23	0.20	0.25	0.27	0.20	0.07	0.03	0.06	0.05	0.27
O=F,Cl (calc)	-0.42	-0.32	-0.26	-0.56	-0.08	-0.50	-0.80	-0.76	-0.82	-0.76	-0.73	-0.53	-0.72	-0.87	-0.63	-0.65	-0.14	-0.33	-0.40
Initial Total	*98.02*	*100.54*	*98.70*	*99.45*	*97.20*	*99.84*	*98.08*	*97.80*	*100.08*	*99.43*	*99.08*	*98.49*	*99.57*	*99.91*	*99.10*	*98.89*	*97.47*	*98.37*	*99.78*
Si	8.19	7.32	7.20	6.74	7.84	7.08	6.84	6.99	6.72	6.90	6.91	6.91	6.93	6.91	7.54	7.45	7.61	7.47	6.64
Al	0.00	0.65	0.71	1.08	0.17	0.92	1.16	1.01	1.28	1.10	1.10	1.09	1.07	1.09	0.42	0.43	0.39	0.53	1.28
Ti		0.04	0.09	0.18											0.05	0.13			0.08
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.19*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.08	0.10	0.08	0.00	0.01	0.16	0.15	0.17	0.23	0.17	0.24	0.10	0.13	0.17	0.08	0.02	0.12	0.12	0.18
Al	0.37	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01	0.04	0.01	0.10	0.01	0.03	0.07	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr		0.00	0.00	0.01	0.01		0.00	0.00								0.01		0.00	
Fe3+	0.00	0.31	0.29	0.52	0.26	0.26	0.18	0.19	0.08	0.18	0.08	0.24	0.14	0.20	0.44	0.41	0.35	0.36	0.26
Ni			0.01		0.01				0.03	0.00	0.02	0.00							0.01
Zn							0.02	0.05	0.00	0.01	0.01		0.01	0.00					
Mn2+	0.06			0.03	0.12		0.02	0.03	0.06	0.03	0.07		0.03						
Fe2+	2.68	3.82	3.84	3.63	3.96	3.90	2.84	2.69	2.88	2.83	2.83	2.80	2.95	2.84	3.75	3.74	3.74	3.65	2.89
Mg	1.61	0.77	0.78	0.81	0.54	0.67	1.76	1.86	1.63	1.77	1.71	1.79	1.63	1.78	0.73	0.82	0.79	0.86	1.66
C subtotal	*4.80*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+		0.15	0.14	0.12	0.08	0.13	0.10	0.11	0.05	0.10	0.05	0.12	0.08	0.11	0.16	0.18	0.15	0.15	0.12
Fe2+	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.09	0.06	0.05	0.06	0.03
Ca	1.24	1.30	1.37	1.58	1.54	1.35	1.79	1.73	1.81	1.76	1.74	1.78	1.79	1.76	1.01	1.08	1.07	1.11	1.67
Na	0.54	0.52	0.46	0.31	0.38	0.50	0.11	0.16	0.14	0.14	0.21	0.08	0.13	0.13	0.73	0.68	0.73	0.68	0.18
B subtotal	*1.78*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.44	0.50	0.64	0.09	0.55	0.53	0.42	0.54	0.49	0.47	0.45	0.46	0.47	0.40	0.47	0.39	0.42	0.62
K	0.09	0.22	0.22	0.22	0.07	0.28	0.22	0.21	0.23	0.21	0.24	0.20	0.23	0.21	0.16	0.17	0.15	0.18	0.22
A subtotal	*0.09*	*0.65*	*0.73*	*0.86*	*0.16*	*0.83*	*0.75*	*0.63*	*0.78*	*0.70*	*0.71*	*0.66*	*0.69*	*0.68*	*0.55*	*0.64*	*0.53*	*0.60*	*0.84*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.53	1.62	1.69	1.33	1.90	1.41	1.06	1.11	1.05	1.12	1.16	1.39	1.16	0.99	1.26	1.23	1.83	1.61	1.54
F	0.47	0.38	0.31	0.67	0.10	0.59	0.89	0.84	0.91	0.83	0.79	0.55	0.77	0.96	0.72	0.77	0.15	0.38	0.39
Cl							0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.07	0.07	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.07
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	14.86	15.65	15.73	15.86	15.16	15.83	15.75	15.63	15.78	15.70	15.71	15.66	15.69	15.67	15.55	15.64	15.53	15.60	15.84

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
Sample	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-038**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**
Analysis (wt%)	TC09-38-zA-103	TC09-38-zA-99	TC09-38-zB-104	TC09-38-zB-105	TC09-38-zB-106	TC09-38-zC-109	TC09-38-zC-110	TC09-38-zC-111	TC09-38-zC-112	TC09-38-zD-115	TC09-38-zD-116	TC09-38-zE-059	TC09-38-zF-070	TC09-38-zF-071	TC09-38-zF-117	TC09-38-zF-118	TC09-41-C2-a1	TC09-41-C2-a2	TC09-41-C4-a1
Species	hastingsite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	ferro-actinolite	hastingsite	ferro-edenite	hastingsite	hastingsite	ferro-pargasite	ferro-actinolite	ferro-edenite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	hastingsite	ferro-edenite	ferro-edenite
SiO2	43.15	43.11	44.40	43.57	44.82	45.46	46.77	44.70	46.68	43.57	43.23	43.44	46.52	46.89	48.02	49.62	41.21	46.55	46.21
TiO2	1.13	2.20	1.55	1.88	1.65	1.25	0.04	0.70	0.55	1.97	2.27	1.59	0.28	0.70	0.39	0.40	0.73	0.33	0.83
ZrO2																			
Al2O3	6.32	7.35	5.77	6.49	5.57	6.32	4.81	6.71	4.69	7.19	7.57	7.57	4.30	4.37	3.79	2.97	7.08	4.63	4.16
Cr2O3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	0.00
MnO	0.70	0.71	0.76	0.70	0.92	0.46	0.80	0.59	0.98	0.85	0.51	0.48	0.45	0.73	0.62	0.75	0.40	0.34	0.91
FeO	28.67	23.68	26.83	26.12	27.39	24.22	26.72	26.71	25.76	26.03	23.74	22.74	25.53	25.97	26.58	25.64	32.82	28.81	27.97
NiO	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.15	0.14	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.03	0.10	0.00	0.02
ZnO	0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.14	0.22	0.31	0.09	0.00	0.09	0.22	0.06	0.00	0.00	0.24			
BeO																			
MgO	4.63	7.48	6.02	6.19	5.92	7.28	6.75	6.35	7.43	5.58	7.45	7.60	5.89	7.14	6.43	7.85	1.29	4.81	5.66
CaO	9.91	10.29	9.54	9.96	9.77	10.90	10.79	10.92	9.59	10.62	10.56	11.54	11.54	10.55	11.49	10.34	10.54	11.02	9.65
Na2O	1.77	2.61	2.38	2.34	2.48	1.88	1.50	1.79	2.11	2.71	2.30	2.26	0.68	1.72	1.17	1.44	1.80	1.38	2.06
K2O	1.02	1.11	1.02	1.21	1.01	1.05	0.90	1.13	0.74	1.09	1.19	1.26	0.43	0.74	0.70	0.50	1.42	0.85	0.83
F	0.56	1.21	1.48	1.55	1.35	0.72	1.10	1.18	1.49	0.69	1.10	1.30	0.37	1.02	0.63	0.66	0.71	1.29	1.79
Cl	0.50	0.26	0.26	0.39	0.33	0.13	0.19	0.30	0.13	0.28	0.22	0.20	0.10	0.25	0.23	0.10			
O=F,Cl (calc)	-0.35	-0.57	-0.68	-0.74	-0.64	-0.33	-0.51	-0.57	-0.66	-0.35	-0.51	-0.59	-0.18	-0.48	-0.32	-0.30	-0.30	-0.54	-0.75
Initial Total	*98.22*	*99.46*	*99.33*	*99.73*	*100.56*	*99.49*	*100.30*	*100.97*	*99.58*	*100.25*	*99.71*	*99.61*	*96.06*	*99.58*	*99.94*	*100.23*	*97.83*	*99.48*	*99.34*
Si	6.85	6.65	6.92	6.79	6.93	6.96	7.14	6.83	7.16	6.74	6.64	6.70	7.35	7.20	7.35	7.45	6.74	7.26	7.21
Al	1.15	1.34	1.06	1.19	1.02	1.04	0.86	1.17	0.84	1.26	1.36	1.30	0.65	0.79	0.65	0.53	1.26	0.74	0.77
Ti		0.01	0.01	0.02	0.06									0.01		0.03			0.02
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.14	0.25	0.17	0.20	0.13	0.14	0.00	0.08	0.06	0.23	0.26	0.19	0.03	0.07	0.04	0.02	0.09	0.04	0.07
Al	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.03	0.01	0.05	0.02	0.08	0.15	0.00	0.03	0.00	0.11	0.11	0.00
Cr			0.00			0.00	0.01				0.00		0.01		0.01		0.00		
Fe3+	0.33	0.21	0.29	0.24	0.27	0.15	0.47	0.45	0.36	0.09	0.20	0.06	0.18	0.24	0.18	0.41	0.27	0.13	0.28
Ni	0.01			0.01			0.02	0.02		0.00					0.02	0.00	0.01		0.00
Zn	0.02	0.00				0.02	0.03	0.04	0.01		0.01	0.03	0.01			0.03			
Mn2+										0.06		0.03	0.04		0.03				
Fe2+	3.38	2.83	3.15	3.12	3.24	2.93	2.93	2.94	2.86	3.28	2.81	2.88	3.19	3.05	3.23	2.78	4.21	3.60	3.33
Mg	1.10	1.72	1.40	1.44	1.36	1.66	1.54	1.45	1.70	1.29	1.71	1.75	1.39	1.64	1.47	1.76	0.31	1.12	1.32
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.09	0.09	0.10	0.09	0.12	0.06	0.10	0.08	0.13	0.05	0.07	0.03	0.02	0.10	0.05	0.10	0.06	0.05	0.12
Fe2+	0.10	0.03	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.02	0.03	0.04
Ca	1.69	1.70	1.59	1.66	1.62	1.79	1.76	1.79	1.58	1.76	1.74	1.91	1.95	1.74	1.88	1.66	1.85	1.84	1.61
Na	0.12	0.18	0.24	0.20	0.23	0.13	0.13	0.11	0.21	0.19	0.15	0.06	0.03	0.13	0.07	0.22	0.08	0.08	0.23
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.43	0.60	0.48	0.51	0.51	0.43	0.32	0.42	0.41	0.63	0.54	0.61	0.18	0.39	0.28	0.20	0.49	0.33	0.40
K	0.21	0.22	0.20	0.24	0.20	0.21	0.18	0.22	0.14	0.22	0.23	0.25	0.09	0.14	0.14	0.10	0.30	0.17	0.17
A subtotal	*0.63*	*0.82*	*0.68*	*0.75*	*0.71*	*0.63*	*0.49*	*0.64*	*0.56*	*0.84*	*0.77*	*0.86*	*0.27*	*0.53*	*0.42*	*0.30*	*0.79*	*0.50*	*0.57*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.59	1.34	1.20	1.13	1.26	1.62	1.42	1.35	1.24	1.59	1.41	1.31	1.79	1.44	1.64	1.66	1.63	1.36	1.12
F	0.28	0.59	0.73	0.77	0.66	0.35	0.53	0.57	0.72	0.34	0.53	0.64	0.19	0.49	0.31	0.31	0.37	0.64	0.89
Cl	0.14	0.07	0.07	0.10	0.09	0.03	0.05	0.08	0.03	0.07	0.06	0.05	0.03	0.07	0.06	0.03			
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.63	15.82	15.68	15.75	15.71	15.63	15.49	15.64	15.56	15.84	15.77	15.86	15.27	15.53	15.42	15.30	15.79	15.50	15.57

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
Sample	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-041**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-073**	**TC09-075**	**TC09-075**
Analysis (wt%)	TC09-41-C4-a2	TC09-41-C4-a3	TC09-41-C4-a4	TC09-41-C6-a1	TC09-41-C6-a2	TC09-41-C7-a1	TC09-41-C7-a2	TC09-41-C8-a1	TC09-41-C8-a2	TC09_73-C10	TC09_73-C1-a1	TC09_73-C1-a2	TC09_73-C2	TC09_73-C3	TC09_73-C7-a1	TC09_73-C7-a2	TC09_73-C8	TC09-75-zA-95	TC09-75-zA-96
Species	hastingsite	ferro-edenite	hastingsite	ferro-ferri-hornblende	ferro-actinolite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-fluoro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	hastingsite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite
SiO2	43.37	43.24	44.26	46.51	46.00	44.44	43.40	44.40	44.74	44.47	44.90	44.87	44.12	44.82	45.13	44.06	45.21	47.04	49.29
TiO2	1.22	1.11	1.05	1.16	1.23	1.05	0.77	1.59	1.36	1.17	1.49	1.57	1.12	1.29	0.81	1.27	1.04	0.43	0.21
ZrO2																			
Al2O3	6.07	5.33	5.27	3.33	3.35	4.58	5.51	4.74	5.32	4.76	5.16	4.93	4.85	5.18	4.86	5.27	4.88	4.47	3.13
Cr2O3	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.02	0.06
MnO	0.89	1.04	0.98	1.13	1.10	1.21	0.94	0.85	1.03	0.97	1.05	0.90	1.12	0.84	0.91	0.95	0.93	0.76	0.73
FeO	30.83	30.63	30.83	30.30	31.14	31.46	30.89	28.98	28.84	28.51	28.47	27.97	29.52	27.51	28.39	28.01	27.96	23.21	21.90
NiO	0.01	0.00	0.15	0.00	0.18	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.02
ZnO																		0.00	0.00
BeO																			
MgO	3.36	3.49	3.06	4.51	4.42	3.36	3.38	5.63	5.33	4.71	4.83	5.29	4.60	5.37	5.40	4.97	5.92	9.24	10.00
CaO	9.74	9.57	9.10	8.45	8.46	9.15	10.18	9.19	9.34	10.27	10.02	9.99	10.37	9.96	10.05	9.87	9.99	10.54	11.04
Na2O	2.04	2.40	2.41	2.00	2.07	2.34	1.98	2.45	2.83	1.94	2.20	2.34	2.17	2.28	1.87	1.83	2.22	1.82	1.67
K2O	1.02	1.02	0.91	0.91	0.83	0.82	1.12	1.04	1.01	1.02	1.06	1.07	0.86	1.11	0.97	1.00	0.94	1.00	0.82
F	1.06	1.33	1.54	1.68	1.26	1.56	0.22	1.75	2.08	1.11	1.44	1.55	1.30	1.61	1.45	1.35	1.84	1.09	1.37
Cl										0.18	0.19	0.21	0.23	0.21	0.23	0.23	0.13	0.07	0.07
O=F,Cl (calc)	-0.44	-0.56	-0.65	-0.71	-0.53	-0.66	-0.09	-0.74	-0.88	-0.51	-0.65	-0.70	-0.60	-0.73	-0.66	-0.62	-0.80	-0.48	-0.59
Initial Total	*99.16*	*98.64*	*98.91*	*99.27*	*99.51*	*99.37*	*98.29*	*99.89*	*100.99*	*98.64*	*100.17*	*100.04*	*99.70*	*99.50*	*99.40*	*98.34*	*100.27*	*99.22*	*99.72*
Si	6.89	6.93	7.06	7.30	7.22	7.07	6.95	6.95	6.94	7.05	7.01	7.01	6.97	7.03	7.07	6.99	7.03	7.16	7.42
Al	1.12	1.01	0.94	0.62	0.62	0.86	1.04	0.88	0.97	0.89	0.95	0.91	0.90	0.96	0.90	0.99	0.89	0.80	0.56
Ti		0.06		0.08	0.15	0.08	0.02	0.18	0.09	0.06	0.04	0.08	0.13	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.02
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.15	0.08	0.13	0.05		0.05	0.08	0.01	0.07	0.08	0.14	0.10	0.01	0.13	0.07	0.13	0.04	0.01	
Al	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr		0.01				0.01				0.01		0.00		0.01		0.01		0.00	0.01
Fe3+	0.30	0.28	0.28	0.40	0.45	0.35	0.26	0.38	0.31	0.20	0.21	0.20	0.25	0.20	0.29	0.28	0.29	0.28	0.16
Ni	0.00		0.02		0.02	0.00		0.00			0.00	0.01	0.01			0.01			0.00
Zn																			
Mn2+										0.02	0.02	0.00	0.00						
Fe2+	3.73	3.80	3.80	3.49	3.49	3.80	3.86	3.30	3.38	3.58	3.51	3.46	3.65	3.41	3.38	3.40	3.30	2.61	2.59
Mg	0.80	0.83	0.73	1.06	1.03	0.80	0.81	1.31	1.23	1.11	1.12	1.23	1.08	1.25	1.26	1.18	1.37	2.10	2.24
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.12	0.14	0.13	0.15	0.15	0.16	0.13	0.11	0.14	0.11	0.12	0.12	0.15	0.11	0.12	0.13	0.12	0.10	0.09
Fe2+	0.06	0.02	0.03	0.09	0.13	0.04	0.02	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.05	0.07	0.00
Ca	1.66	1.64	1.56	1.42	1.42	1.56	1.75	1.54	1.55	1.75	1.68	1.67	1.76	1.67	1.69	1.68	1.66	1.72	1.78
Na	0.17	0.19	0.28	0.34	0.30	0.24	0.11	0.24	0.27	0.14	0.20	0.21	0.10	0.22	0.14	0.16	0.17	0.12	0.13
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.46	0.55	0.46	0.27	0.33	0.48	0.51	0.51	0.58	0.46	0.46	0.50	0.57	0.48	0.42	0.40	0.50	0.42	0.36
K	0.21	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17	0.23	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.17	0.22	0.19	0.20	0.19	0.19	0.16
A subtotal	*0.67*	*0.76*	*0.65*	*0.45*	*0.49*	*0.65*	*0.74*	*0.71*	*0.78*	*0.66*	*0.67*	*0.71*	*0.74*	*0.70*	*0.62*	*0.61*	*0.69*	*0.61*	*0.52*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.47	1.33	1.22	1.17	1.37	1.21	1.89	1.14	0.98	1.40	1.24	1.18	1.29	1.15	1.22	1.26	1.06	1.46	1.33
F	0.53	0.67	0.78	0.84	0.63	0.79	0.11	0.87	1.02	0.56	0.71	0.76	0.65	0.80	0.72	0.68	0.90	0.53	0.65
Cl										0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.02	0.02
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.67	15.76	15.65	15.45	15.49	15.65	15.74	15.72	15.78	15.66	15.67	15.71	15.74	15.70	15.62	15.61	15.69	15.61	15.52

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
Sample	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-075**	**TC09-082**	**TC09-082**	**TC09-082**	**13TK001A**	**13TK31**	**13TK31**	**13TK42**	**13TK42**	**13TK42**	**13TK42**	**13TK42**
Analysis (wt%)	TC09-75-zA-97	TC09-75-zC-81	TC09-75-zC-82	TC09-75-zC-84	TC09-75-zD-86	TC09-75-zD-91	TC09-75-zD-92	TC09-75-zD-94	TC09-82-C1-a1	TC09-82-C1-a2	TC09-82-C1-a3	TK-001A-C1-4	TK31_C1_0010	TK31_C1_002	TK42_C1_001	TK42_C1_002	TK42_C1_003	TK42_C1_004	TK42_C2_006
Species	ferro-edenite	hastingsite	ferro-edenite	hastingsite	ferro-edenite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-ferri-hornblende	ferro-ferri-katophorite	ferro-richterite	hastingsite	edenite	hastingsite	hastingsite	hastingsite
SiO2	47.38	43.54	45.49	43.82	44.39	43.75	44.62	43.37	49.59	50.69	51.43	46.18	48.18	47.24	44.96	48.12	45.93	45.18	46.03
TiO2	0.90	1.13	0.96	1.06	1.01	1.33	1.06	1.59	0.16	0.12	0.27	1.23	0.72	1.23	1.32	0.85	1.28	1.44	1.43
ZrO2																			
Al2O3	4.41	6.13	5.23	6.14	6.12	6.41	6.02	6.10	1.03	1.02	1.17	5.14	2.96	2.93	5.74	4.32	5.20	5.36	4.99
Cr2O3	0.08	0.00	0.00	0.06	0.05	0.10	0.00	0.06	0.03	0.01	0.06	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
MnO	0.72	0.92	1.05	1.03	1.00	0.94	0.88	0.94	0.82	0.86	0.55	0.91	1.01	0.89	0.71	0.53	0.83	0.77	0.59
FeO	22.16	27.34	25.87	27.18	26.78	27.62	28.14	26.54	27.09	26.60	24.05	24.15	26.35	27.50	24.46	19.45	25.27	25.52	23.79
NiO	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.04	0.00	0.05								
ZnO	0.03	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.18											
BeO																			
MgO	9.78	5.66	7.27	5.45	5.80	5.45	5.36	5.57	6.31	6.49	8.11	7.52	6.60	5.35	6.80	10.82	6.45	6.25	7.25
CaO	10.72	9.84	10.52	10.14	10.33	10.25	9.99	9.91	11.76	11.43	12.14	9.90	7.23	8.13	10.08	10.80	9.49	9.48	10.03
Na2O	1.97	2.44	2.46	2.38	2.24	2.45	2.30	2.31	0.31	0.31	0.31	1.78	3.36	2.95	1.99	2.25	2.09	2.11	2.11
K2O	0.99	1.12	1.09	1.11	1.10	1.09	1.05	1.13	0.33	0.21	0.28	0.69	0.95	0.94	1.12	0.78	0.99	0.99	1.07
F	2.02	1.70	1.58	1.21	0.74	1.43	0.81	1.16	0.00	0.45	0.23								
Cl	0.08	0.31	0.12	0.31	0.29	0.28	0.23	0.22	0.12	0.09	0.05								
O=F,Cl (calc)	-0.87	-0.78	-0.69	-0.58	-0.38	-0.67	-0.39	-0.54	-0.03	-0.21	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial Total	*100.38*	*99.37*	*100.99*	*99.30*	*99.51*	*100.45*	*100.10*	*98.54*	*97.56*	*98.07*	*98.56*	*97.52*	*97.36*	*97.16*	*97.19*	*97.93*	*97.52*	*97.09*	*97.28*
Si	7.14	6.85	6.97	6.88	6.91	6.81	6.92	6.84	7.71	7.82	7.80	7.12	7.48	7.44	7.02	7.25	7.14	7.07	7.15
Al	0.78	1.14	0.95	1.12	1.09	1.18	1.08	1.13	0.19	0.18	0.20	0.88	0.52	0.54	0.98	0.75	0.86	0.93	0.85
Ti	0.07	0.02	0.09			0.02		0.02	0.02					0.02					
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.03	0.12	0.02	0.13	0.12	0.14	0.12	0.17		0.01	0.03	0.14	0.08	0.13	0.16	0.10	0.15	0.17	0.17
Al	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.02	0.00	0.08	0.02	0.09	0.06	0.06
Cr	0.01			0.01	0.01	0.01		0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00			
Fe3+	0.23	0.29	0.24	0.23	0.22	0.24	0.27	0.24	0.15	0.12	0.02	0.28	0.33	0.21	0.18	0.11	0.23	0.24	0.13
Ni			0.00			0.00	0.01		0.01		0.01								
Zn	0.00	0.00			0.00			0.02											
Mn2+			0.00	0.01	0.01				0.09	0.05	0.06					0.00			0.01
Fe2+	2.53	3.26	3.08	3.34	3.27	3.34	3.34	3.26	3.29	3.31	3.03	2.80	3.03	3.40	3.00	2.34	3.04	3.07	2.96
Mg	2.20	1.33	1.66	1.28	1.35	1.27	1.24	1.31	1.46	1.49	1.83	1.73	1.53	1.26	1.58	2.43	1.50	1.46	1.68
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.09	0.12	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.02	0.06	0.01	0.12	0.13	0.12	0.09	0.07	0.11	0.10	0.07
Fe2+	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00
Ca	1.73	1.66	1.73	1.71	1.72	1.71	1.66	1.68	1.96	1.89	1.97	1.64	1.20	1.37	1.69	1.74	1.58	1.59	1.67
Na	0.14	0.18	0.14	0.16	0.15	0.16	0.18	0.19	0.02	0.05	0.02	0.20	0.61	0.51	0.21	0.19	0.29	0.27	0.26
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.44	0.57	0.59	0.56	0.53	0.58	0.51	0.52	0.07	0.04	0.07	0.33	0.41	0.39	0.39	0.47	0.34	0.37	0.38
K	0.19	0.23	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.23	0.07	0.04	0.05	0.14	0.19	0.19	0.22	0.15	0.20	0.20	0.21
A subtotal	*0.63*	*0.79*	*0.81*	*0.78*	*0.74*	*0.80*	*0.72*	*0.75*	*0.14*	*0.08*	*0.12*	*0.47*	*0.60*	*0.58*	*0.62*	*0.62*	*0.53*	*0.56*	*0.59*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.02	1.08	1.20	1.32	1.56	1.22	1.54	1.36	1.97	1.76	1.88	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
F	0.96	0.84	0.77	0.60	0.36	0.70	0.40	0.58		0.22	0.11								
Cl	0.02	0.08	0.03	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.03	0.02	0.01								
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.63	15.79	15.81	15.78	15.75	15.80	15.72	15.75	15.14	15.08	15.12	15.47	15.60	15.58	15.62	15.62	15.53	15.56	15.59

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
Sample	**13TK42**	**13TK42**	**13TK63**	**13TK63**	**13TK63**	**TC09-59**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-102**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-109**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**
Analysis (wt%)	TK42_C2_007	TK42_C2_009	TK-63B-C1-011	TK-63B-C1-03	TK-63B-C1-05	TC09_59-C7	TC09-102-zC-044	TC09-102-zE-106	TC09-102-zE-114	TC09-102-zF-119	TC09-102-zF-123	TC09-109-C11	TC09-109-C2	TC09-109-C4-a1	TC09-109-C4-a2	TC09-129-C1-a1	TC09-129-C1-a2	TC09-129-C1-a3
Species	ferro-edenite	hastingsite	ferro-actinolite	hastingsite	ferro-actinolite	fluoro-arfvedsonite	potassic-arfvedsonite	ferro-fluoro-richterite	ferro-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-winchite	ferro-ferri-katophorite
SiO2	46.47	44.30	50.34	46.69	49.39	53.46	50.64	46.80	49.69	47.55	48.74	47.96	48.81	48.68	48.57	52.18	49.14	48.77
TiO2	1.02	1.44	0.05	1.45	0.22	1.54	1.06	1.21	1.30	1.30	1.29	0.91	1.71	1.32	1.48	0.93	0.23	1.85
ZrO2																		
Al2O3	4.59	5.74	1.13	4.47	0.69	0.71	1.82	1.87	1.59	2.16	1.59	1.49	1.01	1.27	1.39	0.69	0.42	0.59
Cr2O3	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.07	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00	0.00
MnO	0.73	0.72	1.26	0.65	0.92	2.26	0.96	1.06	1.13	1.16	1.04	1.36	1.14	1.40	1.21	0.91	1.24	0.94
FeO	24.23	24.77	29.17	23.30	28.28	19.30	31.13	29.84	31.68	31.89	32.23	31.60	30.60	30.90	30.43	24.61	33.56	33.14
NiO						0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
ZnO							0.07	0.13	0.21	0.13	0.38							
BeO																		
MgO	7.30	6.25	5.17	7.48	4.61	7.17	1.58	1.58	0.98	1.39	1.21	2.48	2.85	3.30	3.24	8.45	2.15	1.91
CaO	9.97	9.99	8.47	9.72	11.40	0.94	2.79	4.88	3.16	3.74	3.24	5.58	5.18	4.55	4.88	2.92	6.27	1.70
Na2O	2.08	2.10	1.21	2.21	0.42	9.22	5.74	6.27	6.25	5.61	5.67	4.47	5.14	5.73	5.53	6.22	3.58	6.86
K2O	0.94	1.13	0.24	0.98	0.20	1.42	1.64	1.17	1.17	1.26	1.19	0.96	1.18	1.08	1.14	0.97	0.46	0.83
F						2.65	0.84	2.56	0.97	1.57	1.33	0.71	1.20	1.80	0.95	1.56		
Cl						0.02	0.01	0.08	0.06	0.08	0.00	0.12	0.12	0.07	0.09			
O=F,Cl (calc)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.12	-0.36	-1.09	-0.42	-0.68	-0.56	-0.33	-0.53	-0.77	-0.42	-0.66	0.00	0.00
Initial Total	*97.33*	*96.44*	*97.04*	*96.95*	*96.14*	*97.67*	*97.93*	*96.36*	*97.77*	*97.20*	*97.38*	*97.43*	*98.40*	*99.36*	*98.55*	*98.88*	*97.03*	*96.60*
Si	7.21	7.00	7.88	7.25	7.86	8.15	7.95	7.74	7.95	7.72	7.86	7.71	7.77	7.70	7.70	7.88	7.89	7.85
Al	0.79	1.00	0.12	0.76	0.13	0.00	0.05	0.26	0.05	0.28	0.14	0.28	0.19	0.24	0.26	0.12	0.08	0.11
Ti					0.01							0.01	0.04	0.07	0.04		0.03	0.04
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.15*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.12	0.17	0.01	0.17	0.02	0.18	0.13	0.15	0.16	0.16	0.16	0.10	0.17	0.09	0.14	0.11		0.18
Al	0.05	0.07	0.09	0.06	0.00	0.13	0.28	0.10	0.25	0.13	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Cr	0.00			0.00	0.00	0.01				0.00	0.00	0.01		0.00		0.01		
Fe3+	0.17	0.15	0.21	0.12	0.02	0.22	0.51	0.00	0.11	0.24	0.25	0.26	0.12	0.25	0.19	0.43	0.33	0.39
Ni						0.00					0.00	0.01			0.01			
Zn							0.01	0.02	0.03	0.02	0.05							
Mn2+		0.01		0.01	0.12	0.29	0.13	0.15	0.09	0.03		0.04	0.08	0.04	0.06			
Fe2+	2.97	3.12	3.50	2.90	3.75	2.25	3.58	4.13	4.13	4.10	4.10	3.99	3.95	3.84	3.85	2.54	4.15	3.97
Mg	1.69	1.47	1.21	1.73	1.09	1.63	0.37	0.39	0.23	0.34	0.29	0.59	0.68	0.78	0.77	1.90	0.52	0.46
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*4.70*	*5.00*	*4.94*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.10	0.09	0.17	0.07	0.01				0.06	0.14	0.14	0.15	0.07	0.14	0.11	0.12	0.17	0.13
Fe2+	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.02	0.10
Ca	1.66	1.69	1.42	1.62	1.95	0.15	0.47	0.87	0.54	0.65	0.56	0.96	0.88	0.77	0.83	0.47	1.08	0.29
Na	0.24	0.22	0.30	0.31	0.05	1.85	1.53	1.14	1.40	1.22	1.30	0.89	1.05	1.09	1.07	1.28	0.73	1.48
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.38	0.42	0.07	0.35	0.08	0.88	0.22	0.87	0.54	0.55	0.47	0.50	0.54	0.67	0.64	0.55	0.38	0.66
K	0.19	0.23	0.05	0.19	0.04	0.28	0.33	0.25	0.24	0.26	0.25	0.20	0.24	0.22	0.23	0.19	0.09	0.17
A subtotal	*0.57*	*0.65*	*0.12*	*0.55*	*0.12*	*1.16*	*0.54*	*1.12*	*0.78*	*0.81*	*0.72*	*0.70*	*0.78*	*0.89*	*0.87*	*0.73*	*0.48*	*0.83*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.72	1.58	0.64	1.49	1.17	1.32	1.61	1.37	1.08	1.50	1.25	2.00	2.00
F						1.28	0.42	1.34	0.49	0.80	0.68	0.36	0.60	0.90	0.47	0.75		
Cl						0.01	0.00	0.02	0.02	0.02		0.03	0.03	0.02	0.02			
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.57	15.65	15.12	15.55	15.12	16.00	15.54	16.06	15.78	15.81	15.72	15.70	15.78	15.89	15.87	15.73	15.48	15.83

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
Sample	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-129**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-131**	**TC09-131**
Analysis (wt%)	TC09-129-C2-a1	TC09-129-C2-a2	TC09-129-C3	TC09-129-C4	TC09-129-C5	TC09-129-C6-a1	TC09-129-C6-a2	TC09-129-C6-a3	TC09-129-C6-a4	TC09-129-C6-a5	TC09-131-zB-050	TC09-131-zC-060	TC09-131-zD-065	TC09-131-zD-066	TC09-131-zD-067	TC09-131-zG-087	TC09-131-zH-080	TC09-131-zI-089	TC09-131-zI-091
Species	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-actinolite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-ferri-winchite	ferro-ferri-winchite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-ferri-katophorite	fluoro-richterite	fluoro-richterite	ferro-actinolite	ferro-ferri-winchite	ferro-richterite	fluoro-hastingsite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-richterite
SiO2	49.17	48.88	48.94	46.40	45.36	49.35	50.80	50.75	51.05	49.10	51.18	50.18	51.23	51.08	49.00	41.34	49.47	50.24	50.94
TiO2	1.78	2.41	0.14	2.04	1.86	0.17	0.34	0.31	0.06	1.63	0.46	0.21	0.17	0.31	2.09	2.00	1.53	0.71	0.27
ZrO2																			
Al2O3	1.38	1.32	1.07	3.53	1.35	0.33	0.52	0.57	0.39	1.13	2.32	2.91	0.33	0.31	1.01	9.00	0.85	0.47	0.57
Cr2O3	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.03	0.04	0.00	0.05
MnO	0.94	1.17	1.22	0.83	0.91	1.21	1.36	1.37	0.99	1.10	0.51	0.49	0.90	0.95	0.71	0.61	1.20	0.87	1.11
FeO	31.70	32.70	33.18	24.88	31.38	31.66	32.47	32.88	28.99	31.71	18.50	20.14	31.14	33.83	32.45	23.09	33.65	32.09	30.89
NiO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.10	0.02	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00
ZnO											0.02	0.02	0.10	0.12	0.00	0.00	0.15	0.29	0.14
BeO																			
MgO	2.35	1.57	2.48	7.05	2.71	2.29	2.43	1.86	5.52	2.70	12.56	11.36	4.09	2.26	2.63	6.94	1.49	3.52	3.89
CaO	5.57	5.08	9.87	8.01	6.36	8.27	7.80	8.94	8.90	5.06	7.57	8.03	10.50	7.88	4.46	10.91	3.66	2.91	5.03
Na2O	4.02	4.80	1.36	4.30	4.02	1.92	2.49	2.07	2.46	4.91	4.57	4.35	0.77	2.18	5.62	2.81	5.42	5.84	4.82
K2O	1.14	1.19	0.34	1.20	1.09	0.35	0.37	0.38	0.32	1.27	1.14	1.13	0.31	0.49	1.16	1.46	1.17	1.08	0.94
F	0.00	0.65	0.50		0.84	0.17	0.36	0.58	0.56	0.63	2.56	2.83	0.17	0.14	1.47	2.14	1.23	1.35	1.87
Cl											0.04	0.02	0.01	0.07	0.06	0.12	0.03	0.02	0.09
O=F,Cl (calc)	0.00	-0.27	-0.21	0.00	-0.35	-0.07	-0.15	-0.25	-0.24	-0.26	-1.09	-1.20	-0.07	-0.07	-0.63	-0.93	-0.52	-0.57	-0.81
Initial Total	*98.09*	*99.51*	*98.91*	*98.26*	*95.55*	*95.66*	*98.79*	*99.55*	*99.06*	*99.02*	*100.44*	*100.48*	*99.65*	*99.59*	*100.10*	*99.59*	*99.37*	*98.81*	*99.79*
Si	7.77	7.71	7.74	7.21	7.50	7.94	7.90	7.96	7.86	7.75	7.55	7.48	7.91	7.90	7.70	6.43	7.84	7.90	7.94
Al	0.23	0.25	0.20	0.65	0.26	0.06	0.10	0.04	0.07	0.21	0.40	0.51	0.06	0.06	0.19	1.57	0.16	0.09	0.06
Ti		0.04	0.02	0.15	0.23		0.01		0.01	0.05	0.05	0.01	0.02	0.04	0.11		0.00	0.02	
Fe3+	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.21	0.25		0.09		0.02	0.03	0.04		0.15	0.01	0.02			0.14	0.23	0.18	0.07	0.03
Al	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04
Cr			0.00	0.00		0.00		0.00	0.01				0.00	0.01	0.00	0.00	0.01		0.01
Fe3+	0.20	0.15	0.25	0.12	0.23	0.49	0.60	0.13	0.22	0.21	0.22	0.21	0.14	0.61	0.22	0.20	0.30	0.45	0.29
Ni	0.01							0.01		0.01	0.01	0.00			0.01	0.01			
Zn											0.00	0.00	0.01	0.01			0.02	0.03	0.02
Mn2+	0.01	0.07	0.08	0.04		0.16	0.18	0.15	0.05	0.03			0.04	0.09		0.06			
Fe2+	3.99	4.16	4.09	3.11	4.10	3.77	3.62	4.19	3.45	3.98	2.00	2.25	3.87	3.76	4.02	2.80	4.15	3.62	3.71
Mg	0.55	0.37	0.59	1.63	0.67	0.55	0.56	0.44	1.27	0.63	2.76	2.53	0.94	0.52	0.62	1.61	0.35	0.83	0.90
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.11	0.09	0.09	0.07	0.13			0.04	0.08	0.12	0.06	0.06	0.08	0.04	0.09	0.02	0.16	0.12	0.15
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.15	0.02
Ca	0.94	0.86	1.67	1.33	1.13	1.43	1.30	1.50	1.47	0.86	1.20	1.28	1.74	1.31	0.75	1.82	0.62	0.49	0.84
Na	0.94	1.05	0.24	0.60	0.74	0.58	0.70	0.46	0.45	1.03	0.68	0.60	0.18	0.65	1.13	0.16	1.21	1.25	0.99
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.29	0.42	0.17	0.70	0.55	0.03	0.05	0.17	0.29	0.48	0.63	0.66	0.05	0.00	0.59	0.69	0.46	0.53	0.46
K	0.23	0.24	0.07	0.24	0.23	0.07	0.07	0.08	0.06	0.26	0.21	0.22	0.06	0.10	0.23	0.29	0.24	0.22	0.19
A subtotal	*0.52*	*0.66*	*0.24*	*0.94*	*0.78*	*0.10*	*0.12*	*0.24*	*0.35*	*0.73*	*0.85*	*0.87*	*0.11*	*0.10*	*0.82*	*0.98*	*0.70*	*0.75*	*0.65*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	2.00	1.67	1.75	2.00	1.56	1.92	1.82	1.71	1.73	1.69	0.80	0.66	1.92	1.92	1.25	0.91	1.38	1.32	1.05
F		0.33	0.25		0.44	0.09	0.18	0.29	0.28	0.31	1.19	1.34	0.08	0.07	0.73	1.06	0.62	0.67	0.92
Cl											0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.52	15.66	15.24	15.94	15.78	15.10	15.12	15.24	15.35	15.73	15.85	15.88	15.11	15.10	15.82	15.98	15.70	15.75	15.65

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
Sample	**TC09-131**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-45**	**TC09-57**	**TC09-57**	**TC09-57**	**TC09-57**	**TC09-57**	**TC09-63**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**
Analysis (wt%)	TC09-131-zI-095	TC09-45-zA-003	TC09-45-zA-006	TC09-45-zA-009	TC09-45-zA-010	TC09-45-zA-012	TC09-45-zB-017	TC09-45-zB-019	TC09-45-zC-020	TC09-45-zC-022	TC09-57-C1	TC09-57-C4-a1	TC09-57-C4-a2	TC09-57-C4-a3	TC09-57-C7	TC09-63-C8	TC09-68-zA-01&	TC09-68-zA-010	TC09-68-zA-012
Species	ferro-ferri-katophorite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	actinolite	fluoro-actinolite	ferro-edenite	ferro-richterite	Ti-rich ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	Ti-rich ferro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-richterite	ferro-ferri-winchite	ferro-ferri-katophorite
SiO2	51.41	46.50	47.68	49.24	46.36	50.03	52.14	50.40	47.14	49.22	46.54	48.58	47.67	48.73	46.03	50.40	49.98	50.40	49.25
TiO2	0.42	1.20	1.16	0.87	1.93	1.30	0.38	0.87	1.65	1.03	2.84	0.26	0.18	0.06	2.68	1.64	1.59	1.48	2.30
ZrO2																			
Al2O3	0.43	4.30	3.79	2.73	4.96	2.89	1.14	2.04	3.69	2.64	2.32	2.86	2.57	2.42	3.71	1.17	1.26	0.87	1.28
Cr2O3	0.05	0.00	0.00	0.10	0.11	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.09	0.00	0.02	0.03	0.00	0.05
MnO	0.97	1.02	1.15	1.10	0.66	0.92	1.65	1.40	1.12	0.78	1.09	2.41	2.46	2.17	0.85	1.25	0.83	0.71	0.84
FeO	30.02	25.52	21.32	21.28	20.75	21.74	23.58	22.47	21.22	23.44	28.87	26.15	25.89	26.32	24.26	25.17	25.11	30.47	26.76
NiO	0.02	0.02	0.06	0.00	0.20	0.11	0.02	0.05	0.00	0.10	0.02	0.13	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.03	0.19
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.14	0.02	0.00	0.03	0.21	0.00	0.03							0.00	0.15	0.18
BeO																			
MgO	4.99	7.20	9.52	10.26	10.08	10.21	11.23	10.92	9.57	9.02	3.93	6.12	6.50	6.09	6.83	6.76	5.70	2.78	4.32
CaO	3.32	9.81	8.88	9.21	9.52	8.93	6.72	6.91	9.12	7.98	5.25	5.63	5.68	5.40	7.69	5.23	5.37	3.66	4.96
Na2O	5.88	2.14	3.06	2.99	3.27	2.78	1.34	2.59	2.89	3.15	5.86	5.42	5.50	5.39	4.70	6.53	5.09	5.12	5.26
K2O	1.24	0.94	1.00	0.84	1.05	0.87	0.51	0.74	1.12	0.93	1.33	1.37	1.37	1.30	1.29	1.23	1.22	1.32	1.24
F	1.40		1.80	1.12	1.76	1.72	1.29	2.28	2.01	1.74	1.47	1.99	1.90	1.79	1.57	2.27	1.00	0.35	0.85
Cl	0.05		0.12	0.11	0.08	0.13	0.06	0.09	0.14	0.08	0.01	0.01	0.05	0.08	0.02		0.01	0.05	0.09
O=F,Cl (calc)	-0.60	0.00	-0.79	-0.50	-0.76	-0.75	-0.56	-0.98	-0.88	-0.75	-0.62	-0.84	-0.81	-0.77	-0.66	-0.95	-0.42	-0.16	-0.38
Initial Total	*99.60*	*98.67*	*98.74*	*99.49*	*100.00*	*100.88*	*99.54*	*100.02*	*98.81*	*99.40*	*98.93*	*100.10*	*98.99*	*99.08*	*99.06*	*100.72*	*96.77*	*97.23*	*97.17*
Si	7.94	7.16	7.28	7.41	7.00	7.42	7.76	7.53	7.22	7.46	7.36	7.46	7.39	7.54	7.16	7.68	7.86	7.90	7.79
Al	0.06	0.78	0.68	0.48	0.88	0.51	0.20	0.36	0.67	0.47	0.43	0.52	0.47	0.44	0.68	0.21	0.14	0.10	0.21
Ti		0.06	0.04	0.10	0.12	0.08	0.04	0.10	0.12	0.06	0.21	0.03	0.02	0.01	0.16	0.11			
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.05	0.08	0.09		0.10	0.07			0.07	0.05	0.13	0.00			0.16	0.07	0.19	0.17	0.27
Al	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.06	0.03
Cr	0.01			0.01	0.01		0.00	0.00	0.00		0.00		0.00	0.01		0.00	0.00		0.01
Fe3+	0.39	0.26	0.23	0.22	0.20	0.26	0.29	0.41	0.21	0.31	0.29	0.61	0.66	0.56	0.09	0.23	0.00	0.64	0.04
Ni	0.00	0.00	0.01		0.03	0.01	0.00	0.01		0.01	0.00	0.02			0.01			0.00	0.02
Zn				0.02	0.00		0.00	0.02		0.00								0.02	0.02
Mn2+			0.02	0.01					0.03		0.13	0.23	0.26	0.18	0.09	0.16	0.08	0.10	0.09
Fe2+	3.39	3.01	2.49	2.45	2.39	2.40	2.21	2.13	2.51	2.58	3.53	2.75	2.57	2.84	3.07	2.98	3.30	3.36	3.50
Mg	1.15	1.65	2.17	2.30	2.27	2.26	2.49	2.43	2.18	2.04	0.93	1.40	1.50	1.41	1.58	1.54	1.34	0.65	1.02
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*4.98*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.13	0.13	0.13	0.13	0.08	0.12	0.21	0.18	0.12	0.10	0.02	0.09	0.06	0.10	0.02		0.03		0.02
Fe2+	0.10	0.02	0.00	0.00	0.03	0.04	0.43	0.25	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.55	1.62	1.45	1.48	1.54	1.42	1.07	1.11	1.50	1.30	0.89	0.93	0.94	0.90	1.28	0.85	0.91	0.62	0.84
Na	1.23	0.23	0.42	0.38	0.35	0.43	0.29	0.46	0.38	0.53	1.09	0.99	1.00	1.00	0.70	1.15	1.06	1.39	1.14
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.54	0.41	0.49	0.49	0.61	0.37	0.10	0.29	0.47	0.40	0.71	0.63	0.66	0.62	0.72	0.78	0.49	0.17	0.48
K	0.24	0.19	0.19	0.16	0.20	0.16	0.10	0.14	0.22	0.18	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.24	0.25	0.26	0.25
A subtotal	*0.78*	*0.59*	*0.68*	*0.65*	*0.81*	*0.53*	*0.19*	*0.43*	*0.69*	*0.58*	*0.98*	*0.89*	*0.93*	*0.88*	*0.98*	*1.02*	*0.73*	*0.44*	*0.73*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.31	2.00	1.10	1.44	1.14	1.16	1.38	0.90	0.99	1.14	1.26	1.03	1.06	1.10	1.22	0.91	1.50	1.81	1.55
F	0.68		0.87	0.53	0.84	0.81	0.61	1.08	0.98	0.84	0.73	0.97	0.93	0.88	0.77	1.09	0.50	0.17	0.43
Cl	0.01		0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01		0.00	0.01	0.02
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.78	15.59	15.68	15.65	15.81	15.54	15.19	15.43	15.69	15.58	15.98	15.89	15.93	15.88	15.97	16.00	15.73	15.44	15.73

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
Sample	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-68**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**	**TC09-69**
Analysis (wt%)	TC09-68-zA-013	TC09-68-zA-019	TC09-68-zB-025	TC09-68-zC-033	TC09-68-zC-034	TC09-68-zC-035	TC09-68-zC-043	TC09-68-zD-045	TC09-68-zD-049	TC09-68-zD-053	TC09-69-C2	TC09-69-C3-a1	TC09-69-C3-a2	TC09-69-C4-a1	TC09-69-C4-a2	TC09-69-C5-a1	TC09-69-C5-a2	TC09-69-C5-a3	TC09-69-C6-a1
Species	ferro-ferri-katophorite	ferro-katophorite	Ti-rich potassic-ferro-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	Ti-rich ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-fluoro-edenite	ferro-fluoro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-fluoro-richterite
SiO2	49.48	49.63	50.44	50.15	49.24	49.18	50.13	48.23	48.26	47.47	46.50	46.41	46.11	47.32	47.73	46.99	47.46	47.51	47.80
TiO2	2.13	2.52	2.77	1.46	2.49	2.75	2.42	0.93	1.45	1.16	1.47	1.74	1.81	2.03	2.07	1.77	1.94	1.85	2.06
ZrO2																			
Al2O3	1.25	1.34	1.61	0.67	1.11	1.36	1.83	3.35	4.03	3.92	2.96	3.28	3.29	3.75	3.23	3.57	3.59	3.74	3.75
Cr2O3	0.00	0.01	0.04	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.06	0.02	0.00	0.04	0.04	0.06	0.04
MnO	0.79	1.17	0.86	1.10	1.01	0.78	0.93	0.98	1.01	0.75	0.76	0.83	0.96	1.16	1.00	1.13	0.98	0.92	1.14
FeO	25.93	27.26	24.01	29.93	29.89	28.77	24.02	21.53	21.61	21.61	19.71	22.00	20.68	22.25	22.53	24.02	23.18	24.10	22.25
NiO	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.09	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.13	0.03	0.00	0.54	0.00	0.10	0.12	0.18	0.19	0.08									
BeO																			
MgO	5.13	4.03	5.69	2.41	2.43	3.12	6.76	8.09	8.18	8.54	8.83	9.22	9.25	7.99	7.52	7.02	8.14	7.30	8.32
CaO	5.27	5.06	5.19	3.78	4.39	4.65	5.76	7.92	8.36	8.72	11.90	7.83	8.03	7.96	7.60	7.67	7.98	7.88	7.85
Na2O	5.18	5.64	4.69	5.26	5.49	5.34	5.24	4.13	3.90	3.56	4.30	4.58	4.77	4.44	4.84	4.71	4.57	4.83	4.80
K2O	1.20	1.19	1.48	1.26	1.26	1.24	1.27	1.31	1.25	1.36	1.08	1.22	1.23	1.25	1.28	1.15	1.28	1.21	1.21
F	1.57	0.99	1.47	0.78	0.63	1.06	0.93	1.48	0.98	1.72	3.29	2.19	2.10			1.76	1.96	2.23	2.40
Cl	0.02	0.04	0.01	0.09	0.10	0.11	0.04	0.07	0.02	0.02									
O=F,Cl (calc)	-0.66	-0.43	-0.62	-0.35	-0.29	-0.47	-0.40	-0.64	-0.42	-0.73	-1.38	-0.92	-0.88	0.00	0.00	-0.74	-0.83	-0.94	-1.01
Initial Total	*97.42*	*98.58*	*97.65*	*97.12*	*97.83*	*98.16*	*99.06*	*97.57*	*98.94*	*98.24*	*99.41*	*98.47*	*97.40*	*98.27*	*97.86*	*99.08*	*100.30*	*100.70*	*100.60*
Si	7.79	7.77	7.82	7.95	7.82	7.77	7.67	7.48	7.36	7.33	7.21	7.16	7.18	7.27	7.37	7.29	7.24	7.26	7.26
Al	0.21	0.23	0.18	0.05	0.18	0.23	0.33	0.52	0.64	0.68	0.54	0.60	0.60	0.68	0.59	0.65	0.65	0.68	0.67
Ti							0.00				0.17	0.20	0.21	0.05	0.04	0.06	0.11	0.06	0.07
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*7.92*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.25	0.30	0.32	0.17	0.30	0.33	0.28	0.11	0.17	0.14				0.18	0.20	0.15	0.11	0.15	0.17
Al	0.03	0.01	0.12	0.07	0.03	0.02	0.00	0.10	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr		0.00	0.01	0.01	0.01					0.00		0.01	0.01	0.00		0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3+	0.03	0.00	0.00	0.47	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.07	0.00	0.34	0.28	0.06	0.00	0.07	0.10	0.08	0.06
Ni		0.01				0.02			0.01	0.01	0.00			0.01	0.01				
Zn	0.02	0.00		0.06		0.01	0.01	0.02	0.02	0.01									
Mn2+	0.09	0.16	0.11	0.15	0.11	0.08	0.10	0.11	0.10	0.06	0.10	0.07	0.13	0.12	0.13	0.11	0.07	0.10	0.11
Fe2+	3.38	3.57	3.12	3.50	3.93	3.76	3.03	2.76	2.71	2.72	2.56	2.46	2.41	2.80	2.91	3.04	2.86	3.00	2.77
Mg	1.20	0.94	1.32	0.57	0.58	0.73	1.54	1.87	1.86	1.96	2.04	2.12	2.15	1.83	1.73	1.62	1.85	1.66	1.88
C subtotal	*5.00*	*4.99*	*4.99*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*4.70*	*5.00*	*4.97*	*5.00*	*4.98*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+	0.02				0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04		0.04		0.03		0.04	0.06	0.02	0.03
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.89	0.85	0.86	0.64	0.75	0.79	0.94	1.32	1.37	1.44	1.98	1.29	1.34	1.31	1.26	1.28	1.30	1.29	1.28
Na	1.09	1.15	1.14	1.36	1.23	1.19	1.03	0.67	0.61	0.52	0.02	0.66	0.66	0.66	0.74	0.68	0.64	0.69	0.69
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.49	0.56	0.27	0.26	0.47	0.45	0.52	0.58	0.55	0.55	1.27	0.71	0.78	0.67	0.71	0.73	0.71	0.74	0.72
K	0.24	0.24	0.29	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26	0.24	0.27	0.21	0.24	0.24	0.24	0.25	0.23	0.25	0.24	0.23
A subtotal	*0.73*	*0.80*	*0.57*	*0.51*	*0.72*	*0.70*	*0.77*	*0.84*	*0.79*	*0.82*	*1.48*	*0.95*	*1.03*	*0.91*	*0.96*	*0.96*	*0.96*	*0.98*	*0.96*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.21	1.50	1.28	1.59	1.66	1.44	1.54	1.25	1.52	1.16	0.39	0.93	0.97	2.00	2.00	1.14	1.05	0.92	0.85
F	0.78	0.49	0.72	0.39	0.31	0.53	0.45	0.73	0.47	0.84	1.61	1.07	1.03			0.86	0.95	1.08	1.15
Cl	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01									
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.73	15.79	15.56	15.51	15.72	15.70	15.77	15.84	15.79	15.82	16.10	15.95	16.00	15.91	15.94	15.96	15.96	15.98	15.96

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
Sample	**TC09-69**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**TC09-70**	**13TK101**	**13TK101**	**13TK101**	**13TK101**	**13TK101**	**13TK117A**	**13TK119B**	**13TK119B**	**13TK119B**	**13TK119B**	**13TK119B**	**13TK119B**
Analysis (wt%)	TC09-69-C8	TC09-70-C2-a1	TC09-70-C2-a2	TC09-70-C6-a1	TC09-70-C6-a2	TC09-70-C8-a1	TC09-70-C8-a2	TK101_C1_001	TK101_C1_002	TK101_C1_005	TK101_C1_007	TK101_C1_009	TK117A_C1_007	TK119B_C1_0011	TK119B_C1_0013	TK119B_C1_0016	TK119B_C1_0019	TK119B_C1_0021	TK119B_C1_005
Species	ferro-fluoro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-richterite	ferro-fluoro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-edenite	edenite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	arfvedsonite	ferro-ferri-katophorite	Ti-rich ferro-eckermannite	ferro-richterite	Ti-rich ferro-katophorite
SiO2	47.15	47.30	46.65	47.71	48.12	47.84	48.57	47.46	47.44	46.48	48.47	47.16	46.61	48.74	49.80	48.17	50.85	49.28	46.70
TiO2	1.92	0.67	0.58	1.50	1.58	2.15	1.89	0.59	1.32	1.12	0.42	1.32	1.75	1.43	1.20	2.03	2.52	1.32	3.50
ZrO2																			
Al2O3	3.62	3.19	3.00	3.80	3.67	2.15	1.84	3.00	3.40	4.38	4.29	3.46	3.46	1.06	0.37	1.26	0.11	0.73	1.83
Cr2O3	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MnO	1.04	0.96	1.18	0.75	0.94	0.96	1.05	0.90	0.85	0.65	0.61	0.69	1.05	1.15	1.26	1.18	1.84	1.21	0.93
FeO	21.19	22.01	24.72	21.65	22.38	25.81	25.48	31.24	24.96	23.06	18.22	25.27	25.62	32.52	33.89	33.13	31.00	32.69	31.50
NiO	0.04	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03												
ZnO																			
BeO																			
MgO	8.87	9.27	7.02	8.68	8.48	6.30	6.48	2.64	6.16	7.62	10.97	5.97	5.61	0.74	0.13	0.84	0.13	0.51	0.90
CaO	7.93	7.08	6.90	7.72	7.74	6.37	6.31	5.74	8.37	9.64	10.17	8.54	7.74	4.56	2.73	4.68	0.40	4.09	5.67
Na2O	4.63	5.18	4.63	4.77	4.85	5.24	5.55	3.95	3.70	3.41	2.96	4.03	4.39	6.10	7.02	5.46	8.19	6.05	5.27
K2O	1.18	1.19	1.21	1.37	1.36	1.28	1.31	1.11	1.03	1.20	1.22	1.06	1.20	1.52	1.49	1.31	1.99	1.58	1.43
F	2.44	2.33	2.35	2.78	2.70	1.93	2.69												
Cl																			
O=F,Cl (calc)	-1.03	-0.98	-0.99	-1.17	-1.14	-0.81	-1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial Total	*98.97*	*98.28*	*97.30*	*99.57*	*100.70*	*99.20*	*100.13*	*96.62*	*97.23*	*97.56*	*97.32*	*97.50*	*97.42*	*97.81*	*97.88*	*98.05*	*97.04*	*97.48*	*97.73*
Si	7.26	7.28	7.37	7.31	7.30	7.46	7.52	7.66	7.42	7.22	7.34	7.39	7.34	7.87	8.02	7.75	8.18	7.97	7.54
Al	0.66	0.58	0.56	0.69	0.66	0.39	0.34	0.35	0.58	0.78	0.66	0.61	0.64	0.14	0.00	0.24	0.00	0.03	0.35
Ti	0.09	0.08	0.07		0.04	0.15	0.15						0.02			0.01			0.11
Fe3+	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.02*	*8.00*	*8.18*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.14			0.17	0.14	0.10	0.07	0.07	0.16	0.13	0.05	0.16	0.19	0.17	0.15	0.23	0.31	0.16	0.31
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.05	0.03	0.11	0.03	0.00	0.07	0.07	0.00	0.02	0.11	0.00
Cr		0.00	0.00				0.01										0.00	0.00	
Fe3+	0.07	0.48	0.41	0.06	0.12	0.11	0.14	0.00	0.04	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.16	0.09	0.00	0.00	0.00
Ni	0.01	0.01	0.00		0.00		0.00												
Zn																			
Mn2+	0.10	0.10	0.08	0.07	0.10	0.07	0.12		0.09	0.08	0.06	0.09	0.12	0.16	0.17	0.11	0.25	0.17	0.13
Fe2+	2.66	2.28	2.85	2.72	2.72	3.26	3.16	4.07	3.23	2.99	2.28	3.31	3.34	4.39	4.40	4.37	4.17	4.42	4.25
Mg	2.04	2.13	1.65	1.98	1.92	1.47	1.50	0.63	1.44	1.77	2.48	1.40	1.32	0.18	0.03	0.20	0.03	0.12	0.22
C subtotal	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*4.98*	*5.00*	*4.96*	*4.98*	*5.00*	*4.78*	*4.98*	*4.91*
Mn2+	0.04	0.02	0.08	0.03	0.02	0.06	0.01	0.12	0.02	0.00	0.02		0.02			0.05			
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.31	1.17	1.17	1.27	1.26	1.06	1.05	0.99	1.40	1.61	1.65	1.43	1.31	0.79	0.47	0.81	0.07	0.71	0.98
Na	0.65	0.81	0.76	0.70	0.72	0.88	0.94	0.74	0.57	0.39	0.34	0.57	0.68	1.21	1.53	1.14	1.93	1.29	1.02
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.73	0.74	0.66	0.72	0.71	0.71	0.73	0.49	0.55	0.64	0.54	0.66	0.66	0.70	0.66	0.56	0.62	0.61	0.63
K	0.23	0.23	0.24	0.27	0.26	0.25	0.26	0.23	0.21	0.24	0.24	0.21	0.24	0.31	0.31	0.27	0.41	0.33	0.29
A subtotal	*0.96*	*0.97*	*0.91*	*0.98*	*0.97*	*0.96*	*0.99*	*0.72*	*0.75*	*0.87*	*0.77*	*0.87*	*0.90*	*1.01*	*0.97*	*0.83*	*1.03*	*0.93*	*0.93*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	0.81	0.87	0.82	0.65	0.71	1.05	0.69	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
F	1.19	1.14	1.18	1.35	1.30	0.95	1.32												
Cl																			
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.96	15.97	15.91	15.98	15.97	15.96	15.98	15.72	15.75	15.87	15.77	15.85	15.91	15.97	15.97	15.83	15.99	15.91	15.84

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
Sample	**13TK119B**	**13TK120B**	**13TK120B**	**13TK120B**	**13TK120B**	**13TK126B**	**13TK23**	**13TK23**	**13TK23**	**13TK61**	**13TK61**	**13TK61**	**13TK61**	**13TK67**	**13TK67**	**13TK67**	**13TK67**	**13TK69**	**13TK69**
Analysis (wt%)	TK119B_C1_006	TK120B_C1_0010	TK120B_C1_0012	TK120B_C1_002	TK120B_C1_008	TK126B_C1_0013	TK23_C1_0014	TK23_C1_002	TK23_C1_007	TK-61-C1-04	TK-61-C1-05	TK-61-C1-07	TK-61-C1-08	TK-67-C1-003	TK-67-C1-004	TK-67-C1-005	TK-67-C1-006	TK69_C1_0011	TK69_C1_004
Species	Ti-rich ferro-richterite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	hastingsite	ferro-ferri-katophorite	ferro-edenite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-ferri-katophorite	ferro-richterite	ferro-ferri-katophorite	ferro-ferri-katophorite	ferro-edenite	ferro-ferri-winchite	ferro-edenite	ferro-actinolite	ferro-richterite	ferro-edenite
SiO2	47.35	41.57	41.33	41.91	41.35	52.19	46.28	49.08	48.29	47.74	47.02	48.01	47.83	46.42	49.61	46.17	48.34	48.82	48.93
TiO2	2.63	2.29	1.98	1.89	2.18	0.92	1.42	1.56	1.54	1.33	1.61	1.20	1.47	1.49	1.05	1.42	0.07	1.18	1.01
ZrO2																			
Al2O3	1.51	6.98	7.47	7.48	7.46	1.23	4.51	1.03	2.13	3.06	3.55	2.04	2.34	3.58	1.36	3.60	1.24	2.80	2.85
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
MnO	1.10	0.65	0.59	0.63	0.57	0.83	0.61	0.98	0.96	1.13	1.13	1.19	1.09	0.70	1.00	0.79	1.42	1.00	0.94
FeO	31.07	27.03	27.73	27.61	28.03	20.80	21.64	28.82	24.89	24.74	23.62	28.91	29.21	24.06	28.98	24.36	34.33	22.03	23.48
NiO																			
ZnO																			
BeO																			
MgO	1.65	4.49	3.87	4.04	3.88	9.44	8.23	3.63	6.84	6.18	6.94	3.56	3.66	7.21	5.20	7.24	1.07	8.15	7.52
CaO	5.50	10.31	10.61	10.35	10.39	3.08	9.32	5.03	7.28	7.29	7.31	4.70	5.07	8.51	6.20	8.34	8.85	8.56	8.96
Na2O	5.58	2.48	2.33	2.41	2.49	7.04	3.40	5.36	4.11	3.54	4.45	5.08	5.28	3.30	3.32	3.29	1.33	2.92	2.71
K2O	1.42	1.36	1.46	1.37	1.24	1.38	1.38	1.32	1.18	1.21	1.36	1.53	1.58	0.99	0.88	1.10	0.27	0.93	0.92
F										0.98									
Cl										0.02									
O=F,Cl (calc)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Initial Total	*97.81*	*97.16*	*97.37*	*97.69*	*97.58*	*96.90*	*96.78*	*96.81*	*97.24*	*96.82*	*97.02*	*96.22*	*97.53*	*96.28*	*97.59*	*96.31*	*96.91*	*96.39*	*97.33*
Si	7.62	6.67	6.64	6.69	6.63	7.89	7.21	7.82	7.53	7.51	7.35	7.70	7.59	7.30	7.70	7.27	7.81	7.55	7.54
Al	0.29	1.32	1.36	1.31	1.37	0.11	0.80	0.18	0.39	0.49	0.65	0.30	0.41	0.66	0.25	0.67	0.19	0.45	0.46
Ti	0.09	0.01							0.08					0.04	0.05	0.07			
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.23	0.26	0.24	0.23	0.26	0.11	0.17	0.19	0.11	0.16	0.19	0.15	0.18	0.14	0.07	0.10	0.01	0.14	0.12
Al	0.00	0.00	0.06	0.10	0.04	0.11	0.03	0.02	0.00	0.07	0.00	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.06
Cr				0.00				0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00			
Fe3+	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.31	0.01	0.07	0.13	0.15	0.09	0.20	0.17	0.15	0.56	0.20	0.29	0.10	0.10
Ni																			
Zn																			
Mn2+	0.15	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.08	0.09	0.06	0.06	0.10	0.05	0.05	0.01			0.05	0.07	0.07
Fe2+	4.18	3.53	3.67	3.59	3.66	2.32	2.81	3.77	3.12	3.10	3.00	3.68	3.71	3.02	3.17	3.00	4.35	2.75	2.93
Mg	0.40	1.07	0.93	0.96	0.93	2.13	1.91	0.86	1.59	1.45	1.62	0.85	0.87	1.69	1.20	1.70	0.26	1.88	1.73
C subtotal	*4.95*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+		0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.01	0.04	0.07	0.09	0.05	0.11	0.10	0.08	0.13	0.11	0.15	0.06	0.06
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	0.95	1.77	1.83	1.77	1.78	0.50	1.56	0.86	1.22	1.23	1.22	0.81	0.86	1.43	1.03	1.41	1.53	1.42	1.48
Na	1.05	0.18	0.14	0.18	0.16	1.42	0.44	1.10	0.71	0.69	0.72	1.08	1.04	0.48	0.81	0.48	0.32	0.52	0.46
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.69	0.60	0.59	0.57	0.62	0.64	0.59	0.55	0.53	0.39	0.62	0.50	0.58	0.53	0.19	0.52	0.10	0.35	0.35
K	0.29	0.28	0.30	0.28	0.25	0.27	0.27	0.27	0.24	0.24	0.27	0.31	0.32	0.20	0.17	0.22	0.06	0.18	0.18
A subtotal	*0.98*	*0.87*	*0.89*	*0.85*	*0.87*	*0.91*	*0.86*	*0.82*	*0.77*	*0.64*	*0.90*	*0.81*	*0.90*	*0.72*	*0.36*	*0.75*	*0.15*	*0.54*	*0.53*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.51	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
F										0.49									
Cl										0.00									
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.93	15.87	15.89	15.85	15.87	15.91	15.86	15.82	15.77	15.64	15.90	15.81	15.90	15.72	15.36	15.75	15.15	15.54	15.53

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	NaS	NaS	NaS
Sample	**13TK69**	**13TK69**	**13TK69**	**13TK007C**	**13TK007C**	**13TK82**	**13TK82**	**13TK82**	**13TK82**	**13TK82**	**13TK82**	**13TK82**	**13TK86**	**13TK86**	**13TK86**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**
Analysis (wt%)	TK69_C1_006	TK69_C1_007	TK69_C1_009	TK-7C-C1-011	TK-7C-C1-08	TK-82-C1-013	TK-82-C1-016	TK-82-C1-02	TK-82-C1-021	TK-82-C1-027	TK-82-C1-028	TK-82-C1-05	TK86_C1_0010	TK86_C1_007	TK86_C1_008	TC09-108-zB-016	TC09-108-zB-017	TC09-108-zB-018
Species	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-edenite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-richterite	ferro-ferri-katophorite	richterite	ferro-richterite	magnesio-riebeckite	magnesio-riebeckite	richterite	ferro-ferri-katophorite	ferro-katophorite	potassic-arfvedsonite	ferro-fluoro-eckermannite	fluoro-arfvedsonite	ferro-eckermannite
SiO2	50.53	50.93	51.51	49.76	50.51	49.40	50.08	50.22	47.20	52.17	52.59	50.70	50.33	49.86	52.42	51.08	51.03	53.30
TiO2	0.67	0.00	0.06	0.99	1.01	1.08	1.62	0.17	2.09	0.38	0.39	0.23	2.21	2.52	0.27	1.64	1.13	1.68
ZrO2																		
Al2O3	1.75	0.25	0.29	1.33	1.23	1.80	0.91	2.40	2.38	0.47	0.67	2.14	1.21	1.26	0.18	0.15	0.61	0.35
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00
MnO	1.04	1.25	0.86	1.84	1.86	1.06	0.83	0.67	0.72	1.23	1.29	0.67	1.38	1.38	2.37	1.49	1.03	0.03
FeO	20.34	20.40	21.43	26.03	23.41	27.01	25.05	20.14	26.12	23.72	23.09	20.53	25.23	25.83	26.11	31.24	33.05	27.81
NiO																0.01	0.01	0.01
ZnO																0.12	0.14	0.00
BeO																		
MgO	8.35	4.74	4.42	5.70	7.18	5.46	6.11	10.72	5.65	9.12	9.08	10.63	5.78	5.07	4.42	0.00	0.00	0.00
CaO	12.34	19.76	16.34	4.82	5.30	5.22	4.99	6.30	6.63	1.10	1.75	5.75	4.85	4.72	0.36	0.14	0.57	0.03
Na2O	2.24	2.16	3.90	5.43	5.12	5.23	4.94	4.93	4.68	7.02	6.46	5.32	5.71	6.28	6.99	9.21	9.06	13.50
K2O	0.71	0.00	0.02	1.26	1.23	1.22	1.31	1.20	1.33	0.55	0.86	1.25	1.32	1.32	2.50	1.87	1.18	0.00
F																2.88	2.59	0.00
Cl																0.02	0.04	0.02
O=F,Cl (calc)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.22	-1.10	0.00
Initial Total	*97.97*	*99.49*	*98.84*	*97.17*	*96.85*	*97.50*	*95.84*	*96.76*	*96.81*	*95.75*	*96.17*	*97.22*	*98.02*	*98.24*	*95.61*	*98.71*	*99.34*	*96.73*
Si	7.68	7.77	7.89	7.78	7.82	7.71	7.87	7.63	7.47	7.75	7.80	7.67	7.78	7.75	8.09	8.23	8.09	8.39
Al	0.31	0.05	0.05	0.22	0.18	0.29	0.13	0.38	0.44	0.08	0.12	0.33	0.22	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01		0.01						0.09	0.04	0.04			0.02				
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*7.82*	*7.95*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.09*	*8.23*	*8.09*	*8.39*
Ti	0.07			0.12	0.12	0.13	0.19	0.02	0.16			0.03	0.26	0.27	0.03	0.20	0.13	0.20
Al	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.04	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.03	0.11	0.07
Cr				0.00		0.00	0.00		0.00			0.00				0.01	0.00	
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.21	0.17	0.19	0.12	0.25	0.08	1.73	1.58	0.27	0.06	0.00	1.32	0.00	0.46	0.00
Ni																0.00	0.00	0.00
Zn																0.01	0.02	
Mn2+	0.13	0.16	0.11	0.13	0.15	0.03	0.04		0.05	0.15	0.16		0.15	0.18	0.31	0.20	0.14	0.00
Fe2+	2.58	2.60	2.75	3.20	2.86	3.33	3.17	2.25	3.37	1.10	1.25	2.26	3.20	3.36	2.05	4.21	3.93	3.66
Mg	1.89	1.08	1.01	1.33	1.66	1.27	1.43	2.43	1.33	2.02	2.01	2.40	1.33	1.17	1.02	0.00	0.00	0.00
C subtotal	*4.68*	*3.84*	*3.87*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*4.98*	*4.76*	*4.67*	*4.79*	*3.93*
Mn2+				0.12	0.10	0.11	0.07	0.09	0.05			0.09	0.03					
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.00	2.00	2.00	0.81	0.88	0.87	0.84	1.03	1.12	0.18	0.28	0.93	0.80	0.79	0.06	0.03	0.10	0.01
Na	0.00	0.00	0.00	1.07	1.03	1.02	1.09	0.83	0.83	1.83	1.72	0.92	1.16	1.22	1.94	1.98	1.90	2.00
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.01	1.23	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.66	0.64	1.16	0.57	0.51	0.57	0.41	0.62	0.61	0.20	0.14	0.64	0.55	0.68	0.15	0.90	0.88	2.12
K	0.14	0.00	0.01	0.25	0.24	0.24	0.26	0.23	0.27	0.11	0.16	0.24	0.26	0.26	0.49	0.39	0.24	0.00
A subtotal	*0.81*	*1.87*	*1.85*	*0.83*	*0.76*	*0.81*	*0.68*	*0.85*	*0.87*	*0.30*	*0.30*	*0.88*	*0.81*	*0.94*	*0.64*	*1.29*	*1.12*	*2.12*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.53	0.69	1.99
F																1.47	1.30	
Cl																0.01	0.01	0.01
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	15.49	15.53	15.66	15.82	15.76	15.81	15.68	15.86	15.87	15.30	15.30	15.88	15.81	15.92	15.49	16.18	16.00	16.44

Annexe n°11 (suite) : Analyses microsondes et formules structurales des amphiboles (d'après la feuille de calcul de Locock, 2014) majeurs en % et Traces en ppm

GROUP Petro	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS
Sample	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-108**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**
Analysis (wt%)	TC09-108-zB-019	TC09-108-zC-021	TC09-108-zC-024	TC09-108-zC-026	TC09-108-zD-037	TC09-108-zD-038	TC09-108-zD-040	TC09-108-zD-042	TC09-108-zD-043	TC09-108-zD-044	TC09.126A.zA.101	TC09.126A.zA.138	TC09.126A.zA.149	TC09.126A.zA.94	TC-09-126A-ZoneB-2	TC-09-126A-ZoneB-23	TC-09-126A-ZoneB-32	TC-09-126A-ZoneB-56	TC-09-126A-ZoneB-64
Species	ferro-eckermannite	Ti-rich ferro-eckermannite	ferro-eckermannite	fluoro-arfvedsonite	fluoro-arfvedsonite	ferro-eckermannite	arfvedsonite	arfvedsonite	fluoro-arfvedsonite	ferro-eckermannite	fluoro-arfvedsonite	arfvedsonite	arfvedsonite	arfvedsonite	ferro-eckermannite	fluoro-arfvedsonite	fluoro-arfvedsonite	fluoro-arfvedsonite	arfvedsonite
SiO2	52.81	53.44	53.33	50.13	50.80	52.78	51.11	48.83	51.11	52.78	50.58	49.31	49.61	50.51	53.02	50.13	49.87	49.77	49.90
TiO2	1.20	3.09	1.71	0.77	1.44	0.31	0.17	1.07	1.54	2.14	1.71	1.29	1.85	1.41	2.21	1.72	1.91	2.00	1.79
ZrO2																			
Al2O3	0.19	0.27	0.23	0.50	0.25	0.61	0.42	1.08	0.27	0.13	0.26	1.30	0.60	0.30	0.52	0.45	0.44	0.31	0.36
Cr2O3	0.01	0.05	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
MnO	0.18	0.02	0.17	1.15	1.11	0.00	0.96	1.38	1.04	0.30	1.49	1.06	1.44	1.57	1.62	1.49	1.72	1.82	1.45
FeO	29.62	27.68	29.17	34.24	32.56	30.47	35.14	33.42	33.14	28.86	30.66	33.57	31.44	30.15	28.64	31.84	31.02	30.80	32.10
NiO	0.00	0.01	0.12	0.00	0.11	0.00	0.09	0.01	0.13	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.11
ZnO	0.00	0.00	0.18	0.27	0.31	0.01	0.00	0.17	0.27	0.03	0.30	0.30	0.08	0.29	0.20	0.18	0.29	0.22	0.00
BeO																			
MgO	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.45	0.09	0.07	0.03	1.64	1.04	1.78	1.89	1.54	1.78	2.03	1.66	1.83
CaO	0.04	0.02	0.03	0.57	0.12	0.03	0.00	2.52	0.14	0.00	1.86	2.01	1.98	1.67	1.84	1.85	1.93	1.75	1.74
Na2O	13.54	14.07	13.90	8.58	9.04	13.57	7.98	7.90	8.95	13.94	7.74	7.39	8.06	7.84	7.12	7.85	7.89	7.54	7.48
K2O	0.02	0.00	0.00	1.14	1.54	0.01	2.07	0.84	1.50	0.00	1.48	1.42	1.33	1.46	1.39	1.48	1.44	1.49	1.51
F	0.33	0.00	0.00	2.37	2.81	0.05	1.27	1.88	2.30	0.00	2.59	1.79	1.82	1.72	1.16	2.16	2.07	2.06	1.27
Cl	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01	0.05	0.02	0.02	0.00	0.04	0.00	0.03	0.01
O=F,Cl (calc)	-0.14	0.00	0.00	-1.00	-1.19	-0.02	-0.54	-0.80	-0.98	-0.01	-1.09	-0.76	-0.77	-0.73	-0.49	-0.92	-0.87	-0.87	-0.54
Initial Total	*97.80*	*98.63*	*98.93*	*98.78*	*98.96*	*97.83*	*99.13*	*98.42*	*99.51*	*98.22*	*99.33*	*99.78*	*99.24*	*98.11*	*98.78*	*100.06*	*99.77*	*98.59*	*99.05*
Si	8.33	8.26	8.29	8.03	8.10	8.33	8.04	7.86	8.10	8.26	8.04	7.79	7.83	8.06	8.25	7.89	7.85	7.95	7.89
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.21	0.11	0.00	0.00	0.08	0.08	0.05	0.07
Ti													0.06			0.03	0.07		0.05
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.33*	*8.26*	*8.29*	*8.03*	*8.10*	*8.33*	*8.04*	*8.00*	*8.10*	*8.26*	*8.04*	*8.00*	*8.00*	*8.06*	*8.25*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.14	0.36	0.20	0.09	0.17	0.04	0.02	0.13	0.18	0.25	0.21	0.15	0.16	0.17	0.26	0.17	0.16	0.24	0.17
Al	0.04	0.05	0.04	0.10	0.05	0.11	0.08	0.07	0.05	0.02	0.05	0.04	0.00	0.06	0.10	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr	0.00	0.01		0.01	0.00														0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.55	0.51	0.00	0.96	0.45	0.44	0.00	0.16	0.54	0.53	0.21	0.00	0.43	0.47	0.27	0.45
Ni		0.00	0.02		0.01		0.01	0.00	0.02		0.01	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Zn			0.02	0.03	0.04	0.00		0.02	0.03	0.00	0.04	0.04	0.01	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	
Mn2+	0.02	0.00	0.02	0.16	0.15		0.13	0.19	0.14	0.04	0.20	0.09	0.19	0.21	0.21	0.20	0.23	0.22	0.15
Fe2+	3.91	3.58	3.79	4.04	3.84	4.02	3.66	4.05	3.95	3.78	3.92	3.90	3.62	3.81	3.73	3.76	3.61	3.84	3.79
Mg	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.11	0.02	0.02	0.01	0.39	0.25	0.42	0.45	0.36	0.42	0.48	0.40	0.43
C subtotal	*4.11*	*3.99*	*4.11*	*4.97*	*4.77*	*4.17*	*4.96*	*4.93*	*4.83*	*4.10*	*4.97*	*5.00*	*4.93*	*4.94*	*4.68*	*5.00*	*4.98*	*5.00*	*5.00*
Mn2+												0.05						0.03	0.05
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.00	0.01	0.10	0.02	0.01	0.00	0.43	0.02	0.00	0.32	0.34	0.33	0.29	0.31	0.31	0.33	0.30	0.30
Na	1.99	2.00	2.00	1.90	1.98	2.00	2.00	1.57	1.98	2.00	1.68	1.61	1.67	1.72	1.69	1.69	1.67	1.67	1.66
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	2.15	2.22	2.19	0.76	0.82	2.16	0.43	0.90	0.77	2.23	0.70	0.65	0.80	0.71	0.46	0.71	0.73	0.66	0.64
K	0.00	0.00	0.00	0.23	0.31	0.00	0.42	0.17	0.30	0.00	0.30	0.29	0.27	0.30	0.28	0.30	0.29	0.30	0.30
A subtotal	*2.15*	*2.22*	*2.19*	*1.00*	*1.13*	*2.16*	*0.85*	*1.07*	*1.07*	*2.23*	*1.00*	*0.94*	*1.07*	*1.01*	*0.73*	*1.00*	*1.02*	*0.97*	*0.94*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	1.84	2.00	2.00	0.79	0.57	1.98	1.37	1.03	0.84	1.99	0.70	1.09	1.09	1.13	1.43	0.92	0.97	0.95	1.36
F	0.17			1.20	1.42	0.03	0.63	0.96	1.15		1.30	0.89	0.91	0.87	0.57	1.08	1.03	1.04	0.64
Cl		0.00		0.01	0.01		0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01		0.01	0.00	0.01	0.00
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	16.59	16.47	16.59	16.00	16.00	16.66	15.85	16.00	16.00	16.59	16.00	15.94	16.00	16.01	15.66	16.00	16.00	15.97	15.94

Annexe n°11 (suite)

GROUP Petro	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS
Sample	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**TC09-126A**	**13TK103**	**13TK108**	**13TK108**	**13TK108**
Analysis (wt%)	TC-09-126A-ZoneB-65	TC-09-126A-ZoneB-72	TC-09-126A-ZoneB-73	TK-103B-C1-02	TK-108-C1-01	TK-108-C1-04	TK-108-C1-05
Species	fluoro-arfvedsonite	arfvedsonite	fluoro-arfvedsonite	ferro-ferri-katophorite	potassic-arfvedsonite	ferro-katophorite	ferro-richterite
SiO2	49.04	50.19	51.20	47.56	48.55	47.68	49.18
TiO2	2.09	1.46	1.92	1.74	1.56	1.22	0.52
ZrO2							
Al2O3	0.25	0.44	0.38	1.95	0.86	1.33	0.85
Cr2O3	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
MnO	1.60	1.78	1.38	1.61	1.49	1.18	1.41
FeO	31.67	30.76	30.07	28.30	31.49	31.67	29.45
NiO	0.00	0.06	0.07				
ZnO	0.10	0.01	0.27				
BeO							
MgO	1.56	1.69	1.63	3.37	0.88	1.10	3.29
CaO	1.57	1.89	1.81	4.55	2.29	4.33	3.37
Na2O	7.90	7.75	7.20	5.49	5.75	5.23	5.83
K2O	1.42	1.37	1.35	1.32	1.93	1.46	1.55
F	2.16	1.80	2.34		1.05	1.21	1.77
Cl	0.00	0.01	0.01		0.00	0.02	0.02
O=F,Cl (calc)	-0.91	-0.76	-0.99	0.00	-0.44	-0.51	-0.75
Initial Total	*98.46*	*98.45*	*98.67*	*95.88*	*95.39*	*95.90*	*96.50*
Si	7.85	8.00	8.11	7.66	7.93	7.85	7.95
Al	0.05	0.00	0.00	0.34	0.07	0.15	0.06
Ti	0.10						
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T subtotal	*8.00*	*8.00*	*8.11*	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Ti	0.15	0.18	0.23	0.21	0.19	0.15	0.06
Al	0.00	0.08	0.07	0.03	0.09	0.11	0.11
Cr		0.00	0.00		0.00		
Fe3+	0.47	0.25	0.16	0.15	0.58	0.11	0.24
Ni		0.01	0.01				
Zn	0.01	0.00	0.03				
Mn2+	0.22	0.24	0.19	0.13	0.21	0.10	0.06
Fe2+	3.77	3.84	3.82	3.66	3.72	4.26	3.74
Mg	0.37	0.40	0.38	0.81	0.21	0.27	0.79
C subtotal	*4.99*	*5.00*	*4.89*	*5.00*	*5.00*	*5.00*	*5.00*
Mn2+		0.00		0.09		0.06	0.14
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.27	0.32	0.31	0.79	0.40	0.76	0.58
Na	1.73	1.68	1.69	1.13	1.60	1.18	1.28
B subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.72	0.72	0.52	0.59	0.22	0.50	0.55
K	0.29	0.28	0.27	0.27	0.40	0.31	0.32
A subtotal	*1.02*	*1.00*	*0.79*	*0.86*	*0.62*	*0.80*	*0.87*
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
OH	0.91	1.09	0.83	2.00	1.46	1.37	1.09
F	1.10	0.91	1.17		0.54	0.63	0.90
Cl		0.00	0.00			0.01	0.00
W subtotal	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*	*2.00*
Sum T,C,B,A	16.01	16.00	15.79	15.86	15.62	15.80	15.87

Annexe n°12: Analyses géochimiques sur roche totale

Les analyses sur roches totales ont été réalisées au SARM (CRPG, Nancy) et par le perstataire ALS à Seville
Ceci explique certaines variantes de notations ou l'absence de mesures en fonction des échantillons

	Petro	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS	CaS
	Nature	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Qz-monzonite	Qz-monzonite	Qz-monzonite	Qz-monzonite
	SAMPLE	TC09-10B	TC09-26	13TK063	TC09-99	13TK042	13TK031	13TK001A	TC09-113	TC09-82	13TK118A	TC09-38	TC09-41	TC09-76B	TC09-06	TC09-110	13TK045	TC09-18	TC09-13	TC09-73	TC09-76A	TC09-75
SiO2	%	60.9	61.9	62.27	62.3	62.73	62.95	62.96	63.4	63.7	64.44	64.6	65	65.2	66.1	66.8	67.08	67.3	67.4	67.8	68.2	68.7
Al2O3	%	16.55	17	17.35	17.65	17.39	16.31	17.10	17.2	17.05	17.06	17.5	16.35	16.7	15.85	16.4	15.90	15.45	15	16.05	15.95	15.65
Fe2O3	%	4.47	4.65	4.56	4.54	3.54	5.12	4.19	3.81	4.11	3.73	3.35	4.87	4.63	3.54	3.02	3.49	3.51	3.19	3.93	4.18	3.43
CaO	%	1.64	1.82	1.40	1.68	1.30	1.23	1.37	1.32	1.49	0.65	1.2	1.05	0.88	0.55	0.54	0.71	0.38	0.46	0.95	0.5	0.7
MgO	%	0.49	0.7	0.49	0.71	0.45	0.45	0.66	0.51	0.78	0.25	0.4	0.34	0.31	0.2	0.27	0.19	0.15	0.11	0.26	0.22	0.24
Na2O	%	5.72	5.88	5.92	5.42	5.80	6.45	5.63	5.58	6.25	6.30	6.12	5.52	6.24	5.74	5.91	6.09	6	5.92	5.85	5.85	5.63
K2O	%	6.48	6.37	6.76	6.87	6.32	5.70	6.14	6.46	5.99	6.16	6.6	6.32	6.01	6.14	6.12	5.69	5.59	5.4	5.87	5.96	5.97
Cr2O3	%	<0.01	<0.01		<0.01				<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TiO2	%	0.76	0.94	0.64	0.96	0.56	0.65	0.62	0.65	0.67	0.78	0.54	0.6	0.5	0.38	0.39	0.31	0.31	0.24	0.35	0.36	0.38
MnO	%	0.1	0.11	0.12	0.12	0.08	0.17	0.08	0.1	0.1	0.08	0.07	0.1	0.12	0.08	0.06	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.06
P2O5	%	0.15	0.25	0.14	0.24	0.12	0.12	0.15	0.14	0.16	0.13	0.1	0.08	0.08	0.04	0.04		0.03	0.02	0.04	0.04	0.06
SrO	%	0.01	0.01		<0.01				0.01	0.03		0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
BaO	%	0.01	0.06		<0.01				0.03	0.02		0.04	0.01	0.01	<0.01	0.01		<0.01	<0.01	0.06	<0.01	0.03
C	%	0.07	0.14		0.15				0.03	0.04		0.06	0.03	0.04	0.05	0.03		0.17	0.05	0.07	0.05	0.03
S	%	0.02	0.02		0.02				0.01	0.01		0.01	0.01	<0.01	0.06	0.02		0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
Ba	ppm	118	496	23.71	27.9	513.6	5.709	150.1	238	201	5.638	350	54.9	59	39.2	102	17.07	30.2	49.8	548	39.3	261
Ce	ppm	78.7	95.5	78.91	62.6	117.8	111.6	258.7	103	193.5	152.3	99.9	146.5	171	196.5	239	297.4	284	263	202	402	185
Cr	ppm	10	10	12.53	20	20.48	18.32	54.73	10	10	13.61	10	20	10	20	<10	70.16	40	10	10	10	40
Cs	ppm	0.79	0.36	0.606	0.93	0.509	0.947	1.094	0.67	2.01	0.416	0.6	0.43	0.63	0.66	0.63	1.725	1.96	0.78	0.31	0.65	0.62
Dy	ppm	3.5	4.42	3.514	3.02	5.983	6.057	6.11	4.45	5.25	5.976	4.75	6.77	5.99	6.43	9.52	11.83	10.05	11.9	8.65	10.55	6.72
Er	ppm	1.72	1.99	1.561	1.31	3.131	3.006	3.091	2.51	2.71	2.888	2.47	3.93	3.14	3.48	5.26	6.236	5.54	6.67	4.77	5.74	3.78
Eu	ppm	1.08	2.44	1.503	1.46	1.948	0.309	1.326	1.32	1.46	0.662	1.3	0.54	0.55	0.37	0.64	0.306	0.3	0.32	1.64	0.39	0.74
Ga	ppm	23.6	22.5	24.43	20.5	28.85	27.74	29.16	25.9	27.6	29.04	26.9	28.1	29.7	33.8	32.2	36.23	34.1	36.9	29.3	35	30.6
Gd	ppm	4.7	5.86	4.537	4.22	6.374	6.91	7.677	5.43	5.92	7.039	5.34	7.78	7.33	7.68	11.2	12.39	11.05	11.95	9.89	13	7.16
Hf	ppm	4.8	5.3	3.485	5	10.84	9.935	19.29	12.5	21.6	11.24	17.9	23.6	20.5	13.2	21.9	25.31	23.2	19.4	17.1	24.4	17.1
Ho	ppm	0.62	0.73	0.655	0.56	1.193	1.164	1.171	0.88	0.94	1.146	0.86	1.32	1.12	1.29	1.8	2.35	2.03	2.36	1.7	2.01	1.29
La	ppm	40.5	49.7	40.4	32.3	58.98	51.42	156.8	55.2	115	71.41	51.9	74	88.9	100	134.5	164.7	144.5	144.5	109.5	207	100.5
Lu	ppm	0.19	0.2	0.197	0.13	0.443	0.42	0.465	0.34	0.38	0.368	0.34	0.56	0.5	0.52	0.7	0.899	0.77	0.84	0.61	0.87	0.54
Nb	ppm	37.5	39.8	29.27	25.4	51	62.24	93.78	50.3	159	92.33	61.1	82.4	75.1	85.2	138	172.6	172	150	101	119.5	109.5
Nd	ppm	34.5	43.2	33.43	30.6	44.64	48.02	73.56	39.8	58.2	54.6	39.2	57.2	64.5	67.5	90.1	98.14	90.1	94	72.7	131	63.6
Pr	ppm	8.88	11.05	9.037	7.17	12.75	12.99	24.16	10.9	18.3	15.76	10.85	16	17.65	19.65	26.5	30.62	27.4	27.4	20.7	38.4	18.45
Rb	ppm	78	76.7	82.53	76.9	131.5	103.8	164.1	99.8	151	119.1	125	108.5	132.5	146.5	186.5	239.7	208	183.5	137.5	157.5	174
Sm	ppm	5.95	7.33	5.982	5.47	8.143	8.97	10.72	7.04	9.17	9.229	6.87	9.56	10.05	10.7	14.65	16.31	14.4	14.9	12.85	18.55	10
Sn	ppm	2	3	2.136	4	5.197	4.363	6.372	2	8	3.573	4	6	7	6	9	13.19	11	7	7	7	7
Sr	ppm	34.5	103.5	9.323	9	122.6	4.292	160.8	74.9	237	2.57	91.7	27	18.5	8.8	33.5	10.92	11.3	10.4	73.9	16.7	64
Ta	ppm	2	2	2.161	1.4	4.286	4.993	9.342	3.1	11.1	6.599	3	4.7	4.1	4.9	7.9	14.13	10.6	11	6.2	7.7	6.9
Tb	ppm	0.64	0.75	0.637	0.54	1.005	1.046	1.074	0.83	0.85	1.041	0.78	1.11	1.03	1.19	1.66	1.979	1.68	1.94	1.45	1.76	1.07
Th	ppm	3.9	3.39	4.38	3.36	10.34	12.33	56.08	10.4	49.3	10.67	9.3	16.05	11.4	16.5	26.1	44.77	41.5	37.5	28.8	32.7	24.6
Tl	ppm	<0.5	<0.5		<0.5				<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Tm	ppm	0.21	0.23	0.208	0.18	0.45	0.424	0.453	0.34	0.39	0.398	0.34	0.55	0.43	0.5	0.75	0.909	0.83	1.04	0.67	0.88	0.57
U	ppm	0.8	0.8	0.808	0.88	2.173	3.07	7.281	2.1	7.26	2.494	1.91	3.03	1.75	2.6	5.09	9.175	9.12	9.65	5.23	6.11	3.85
V	ppm	<5	12	< L.D.	<5	5.693	0.863	16.81	7	19	< L.D.	<5	<5	<5	<5	<5	2.185	<5	<5	<5	5	7
W	ppm	102	69	1.875	4	2.511	3.413	3.694	105	79	1.199	2	2	105	2	109	4.813	4	156	236	163	4
Y	ppm	16.9	19	16.44	14.4	31.51	30.49	31.51	23.6	26.9	29.58	24	34.5	29.1	33.2	47.4	64.16	53	62.2	45.7	53	36.3
Yb	ppm	1.37	1.66	1.356	1.22	2.982	2.785	3.096	2.28	2.71	2.561	2.47	3.83	2.94	3.53	5.02	6.174	5.7	6.48	4.63	6.01	3.75
Zr	ppm	223	273	131.9	233	524.8	478.4	671.4	656	954	526	935	1270	1180	576	957	818.7	930	642	756	1070	702
As	ppm	2.7	2.3	< L.D.	0.7	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1	1.3	< L.D.	0.9	2.2	1.5	9.5	0.4	< L.D.	2.3	6.6	0.8	1.1	1
Bi	ppm	0.19	0.16	0.383	0.05	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.04	0.05	< L.D.	0.05	0.26	0.07	0.81	1.76	< L.D.	0.16	0.52	0.08	0.07	0.05
Hg	ppm	0.127	0.133		0.014				0.123	0.098		0.014	0.019	0.138	0.076	0.124		0.018	0.217	0.3	0.188	0.017
Sb	ppm	0.35	0.24	< L.D.	0.08	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.1	0.17	< L.D.	0.17	0.17	0.15	1.08	0.08	< L.D.	0.29	0.73	0.12	0.12	0.11
Se	ppm	0.6	0.8		0.5				0.6	0.8		0.6	0.9	0.7	0.9	1.1		1.3	1.7	0.8	1.3	1
Te	ppm	0.01	0.01		0.01				0.01	<0.01		0.01	0.11	0.01	0.01	0.41		<0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01
LOI	%	0.73	0.82	0.94	1.13	1.03	1.07	0.64	0.83	0.89	0.68	0.72	0.84	0.54	0.77	0.78	0.95	0.81	0.71	0.27	0.61	0.8
Total	%	98.01	100.51	100.59	101.62	99.32	100.20	99.51	100.04	101.24	100.25	101.25	101.08	101.22	99.39	100.34	100.50	99.62	98.53	101.52	101.96	101.66
Ag	ppm	<0.5	<0.5		<0.5				<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	ppm	<0.5	<0.5		<0.5				<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co	ppm	22	15	0.862	1	2.093	1.296	4.877	22	20	0.51	<1	4	23	<1	22	0.78	<1	30	45	33	1
Cu	ppm	26	25	7.791	16	6.268	11.41	< L.D.	16	9	5.826	24	78	18	160	6	21.7	34	76	11	15	24
Li	ppm	10	10		10				<10	10		<10	<10	<10	<10	20		<10	<10	<10	<10	<10
Mo	ppm	1	<1	2.081	13	2.857	5.361	4.23	1	1	2.804	1	1	2	2	<1	4.631	3	1	1	1	3
Ni	ppm	<1	<1	< L.D.	<1	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1	8	< L.D.	1	<1	1	2	2	< L.D.	2	<1	<1	3	2
Pb	ppm	18	11	7.446	14	9.8285	11.0367	14.4604	13	21	6.5613	14	17	17	43	11	9.8477	13	30	10	19	12
Sc	ppm	5	6	5.87	8	3.69	8.07	2.79	4	2	5.6	3	5	4	2	3	2.55	2	1	3	3	2
Zn	ppm	89	85	90	88	74.7	124.1	68.27	106	80	89.95	80	129	96	116	61	115.9	113	104	81	88	90

Annexe n°12: Analyses géochimiques sur roche totale (suite)

	CaS	CaS	CaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS
	Qz-monzonite	Granite	Granite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite
	TC09-31	**TC09-37**	**TC09-20**	**TC09-85**	**13TK023**	**13TK014**	**13TK120A**	**TC09-69**	**TC09-70**	**TC09-68**	**TC09-109**	**13TK081A**	**13TK069**	**13TK101**	**TC09-129**	**TC09-120**	**13TK092**	**TC09-125**	**TC09-51**	**TC09-131**	**TC09-45**	**TC09-63**
SiO2	69.5	71.6	75.9	60.2	60.25	60.55	61.28	62.4	62.4	62.5	62.6	62.75	62.99	63.11	63.3	63.6	63.74	64.1	64.1	64.3	64.4	64.4
Al2O3	14.95	14.75	12.6	17.1	17.07	17.53	16.77	16.95	16.15	16.45	16.3	16.21	16.98	16.74	16.65	16.3	16.75	15.9	15.8	17.45	16.6	16.05
Fe2O3	3.56	3.2	2.05	4.43	5.49	4.49	5.31	5.27	5.25	5.35	5.01	5.39	4.44	4.09	5.02	5	4.38	6.75	5.86	3.32	4.43	5.38
CaO	0.54	0.54	0.3	1.44	2.19	1.73	1.04	0.86	1.25	1.04	1.16	1.45	1.26	0.97	0.95	0.96	0.92	0.46	0.78	0.68	0.98	0.65
MgO	0.4	0.14	0.07	0.8	1.12	0.85	0.63	0.57	0.55	0.48	0.46	0.58	0.52	0.47	0.43	0.46	0.33	0.2	0.37	0.27	0.51	0.4
Na2O	5.6	5.41	4.55	5.17	5.70	5.35	5.74	6.29	6.5	6.39	6.21	6.65	6.12	6.11	6.12	6.34	6.76	6.77	7.44	5.71	6.17	6.96
K2O	5.43	5.4	4.68	7.43	6.33	7.09	6.55	6.21	5.89	6.05	5.85	5.81	6.59	6.50	6.11	6.01	5.95	5.17	5.45	6.47	6.43	5.79
Cr2O3	<0.01	<0.01	0.01	<0.01				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01				<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TiO2	0.46	0.23	0.14	0.95	1.13	0.96	0.94	0.87	0.8	0.76	0.69	0.90	0.74	0.70	0.75	0.83	0.53	0.3	0.31	0.62	0.8	0.7
MnO	0.07	0.08	0.02	0.1	0.12	0.09	0.15	0.14	0.15	0.15	0.16	0.18	0.13	0.10	0.16	0.14	0.14	0.25	0.22	0.09	0.12	0.18
P2O5	0.07	0.02	0.01	0.25	0.32	0.27	0.21	0.18	0.17	0.15	0.13	0.22	0.14	0.14	0.12	0.19	0.08	0.06	0.06	0.08	0.15	0.12
SrO	<0.01	<0.01	0.01	0.01				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01				<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
BaO	0.01	<0.01	0.01	0.06				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01				<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
C	0.06	0.02	0.03	0.09				0.09	0.11	0.02	0.02				0.06	0.02		0.02	0.05	0.14	0.02	0.02
S	0.01	0.01	0.03	0.01				<0.01	0.01	<0.01	0.01				0.01	0.02		0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Ba	90.2	30.5	110	535	906	524.5	39.61	10.3	11.5	13.1	15	2.786	7.167	33.86	8.7	17.5	5.176	3.9	7.9	15.4	11.4	13.1
Ce	194.5	282	149.5	92.7	160.9	94.67	115.1	160.5	194.5	163.5	164	146.9	151.3	139.1	108	166.5	213.6	234	122	76.6	142.5	197
Cr	10	10	120	<10	18.87	28.17	6.534	10	10	10	10	21.55	10.52	15.86	10	<10	16.31	10	20	10	20	10
Cs	1.2	1	0.43	0.75	0.672	0.724	0.286	0.44	0.42	0.55	0.43	0.447	0.375	0.922	0.27	0.33	0.432	0.6	0.92	0.4	0.65	0.52
Dy	8.55	13	8.28	4.13	6.948	4.185	5.152	6.44	6.43	7.46	5.64	6.22	5.838	6.934	5.18	9.96	8.44	8.42	5.09	3.26	5.39	7.63
Er	5.33	7.27	5	1.79	3.361	1.897	2.381	3.08	3.17	3.41	2.53	2.815	2.806	3.765	2.73	5.25	4.162	4.23	2.43	1.56	2.75	3.84
Eu	0.34	0.27	0.29	2.75	2.485	2.978	1.891	0.71	0.65	0.73	0.52	0.507	0.743	0.771	0.54	1.04	0.479	0.12	0.17	0.92	0.79	0.51
Ga	33.4	35.5	30.8	22.5	27.47	25	27.06	27.7	28.3	27.8	30.8	29.55	29.83	29.16	26.4	29.1	33.59	40.7	31.5	25.2	27.6	32.8
Gd	8.14	12.4	7.58	5.16	8.401	5.544	6.657	8.69	8.9	9.29	7.64	8.083	7.223	7.736	6.75	11.1	9.818	10.85	6.42	4.39	7.14	10.5
Hf	20.8	25	11.5	6.2	11.72	5.091	6.338	10.4	11.3	11	9.4	7.777	5.895	27.62	10.1	18.7	16.66	15.7	8.6	5.6	7.3	13.3
Ho	1.8	2.52	1.64	0.72	1.313	0.769	0.972	1.27	1.23	1.35	1.03	1.156	1.111	1.408	0.99	1.87	1.62	1.6	0.89	0.6	1.01	1.48
La	83.9	144	80.8	49.6	84.52	47.53	55.5	91.1	102	82.8	81.7	74.04	77.75	75.41	53.1	84	108.2	116.5	56.4	40.4	73	99.3
Lu	0.75	0.98	0.7	0.22	0.424	0.228	0.286	0.34	0.41	0.38	0.33	0.352	0.375	0.576	0.37	0.49	0.549	0.62	0.3	0.18	0.33	0.48
Nb	207	256	169.5	45.2	71.73	38.87	45.66	85.7	83.4	83	79	53.47	56.58	64.55	76	120	97.48	108	57.7	34.6	74	106
Nd	56.2	87.1	47.2	41.3	62.14	40.45	49.76	70.8	78.3	69.2	64.9	64.32	58.93	58.7	46.5	71.2	77.99	91.8	49.3	31.2	58.4	82.3
Pr	16.65	27	14.6	10.6	17.44	10.8	13.28	19	21.2	18.4	17.45	17.13	16.67	16.55	12.5	18.85	22.6	25.3	13.2	8.3	15.8	21.8
Rb	252	288	149	98.2	124.9	109.2	81.96	89	98.2	87.2	113.5	95.08	106.5	151.5	99.1	117.5	123.9	159.5	115	73.4	95.6	117.5
Sm	9.43	15.55	8.52	6.74	10.99	7.209	8.888	11.55	12.1	11.75	10.45	11.09	9.924	10.22	8.75	13.85	13.26	14.85	8.92	5.47	9.64	13.3
Sn	18	14	5	2	4.32	1.884	1.862	4	4	5	3	3.121	3.003	6.989	3	7	6.462	6	4	2	4	6
Sr	51.1	15.7	58.7	110	248.7	116.6	12.29	6.4	4.5	6	7.1	2.238	5.677	15.85	4.6	6.6	2.947	3.4	2.5	9.1	4.9	6
Ta	12	18.3	14.6	2.6	5.384	2.825	3.344	4.7	4.8	4.9	4.5	4.264	4.51	4.833	4.3	8.6	7.027	6.3	3.4	2.1	4.2	6
Tb	1.33	2.22	1.32	0.67	1.227	0.773	0.941	1.24	1.19	1.28	1.04	1.132	1.048	1.187	1.03	1.75	1.475	1.57	0.87	0.55	0.96	1.42
Th	48.5	57.4	52.4	6.82	13.44	5.307	5.686	12.35	11.25	13.55	8.79	7.941	9.073	9.403	8.85	25.5	14.1	16.55	8.7	5.69	8.73	15.7
Tl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Tm	0.87	1.11	0.74	0.24	0.447	0.24	0.31	0.4	0.42	0.44	0.42	0.363	0.373	0.542	0.36	0.68	0.576	0.58	0.35	0.21	0.4	0.53
U	8.27	14.65	11.25	1.44	2.833	1.168	1.346	2.56	2.31	2.96	1.86	1.67	1.609	2.683	2.23	6.07	3.304	3.66	1.87	1.31	1.7	3.17
V	18	<5	<5	11	28.27	9.254	1.096	<5	<5	<5	<5	0.82	1.299	2.413	<5	<5	0.748	<5	<5	<5	5	<5
W	176	211	8	56	1.815	2.629	1.183	64	88	1	66	1.952	1.583	2.311	1	72	1.843	79	4	1	2	1
Y	48.4	72.4	48.9	19.4	33.75	19.38	24.31	34	31.9	36.6	26.1	28.4	27.76	37.95	27	51.7	41.89	41.8	23.5	15.8	26.2	39.1
Yb	5.84	7.5	4.88	1.59	2.956	1.55	1.979	2.69	2.78	2.8	2.42	2.343	2.492	3.691	2.62	4.04	3.769	4.09	2.27	1.3	2.43	3.32
Zr	733	828	299	269	528.1	232.6	281.5	419	489	472	406	336.3	232	1285	457	728	635.5	701	366	228	313	566
As	2	0.9	4.1	0.4	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.9	1.1	0.8	0.3	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.2	1	< L.D.	0.7	1.7	0.3	1.1	1.1
Bi	0.2	0.03	0.34	0.02	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.03	0.05	0.03	0.01	0.335	< L.D.	0.105	0.02	0.02	0.221	0.05	0.13	<0.01	0.11	0.09
Hg	0.239	0.278	0.039	0.089				0.094	0.111	0.011	0.084				<0.005	0.078		0.111	0.012	<0.005	0.012	<0.005
Sb	0.21	0.09	0.57	0.05	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.09	0.13	0.08	<0.05	< L.D.	< L.D.	< L.D.	<0.05	0.07	< L.D.	0.09	0.15	<0.05	0.14	0.1
Se	1.3	1.6	1.4	0.6				1.1	0.9	1	0.5				0.7	1.2		0.8	0.6	0.3	0.8	1
Te	0.01	0.01	0.01	0.01				0.01	0.01	0.01	<0.01				0.01	<0.01		0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
LOI	0.71	0.54	0.53	0.82	0.95	0.86	1.27	1.08	0.61	0.57	0.71	0.57	0.66	1.26	0.65	0.7	0.61	0.85	0.8	1.11	0.56	0.71
Total	101.3	101.91	100.88	98.76	100.66	99.76	99.89	100.82	99.72	99.89	99.28	100.70	100.56	100.19	100.26	100.53	100.18	100.81	101.19	100.1	101.15	101.34
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co	37	41	<1	13	5.353	2.199	0.781	13	19	<1	13	< L.D.	1.147	1.394	1	15	0.557	17	<1	<1	<1	<1
Cu	43	2	52	5	10.88	5.364	< L.D.	5	9	8	5	< L.D.	29.65	7.427	13	3	5.922	8	18	24	9	19
Li	20	10	<10	10				<10	10	<10	10				10	10		10	20	<10	<10	10
Mo	2	1	5	1	2.752	2.38	1.358	2	1	1	<1	5.258	2.3	3.043	<1	3	1.798	<1	3	1	1	1
Ni	3	2	2	1	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1	1	<1	2	< L.D.	< L.D.	< L.D.	<1	1	< L.D.	2	1	<1	<1	2
Pb	21	15	22	5	9.1558	5.7576	5.3596	9	5	7	6	5.8737	7.4431	10.956	3	8	8.4246	9	10	4	10	8
Sc	2	2	1	5	6.95	6.24	7.17	6	6	7	7	11.2	5.8	5.04	6	6	5.44	3	6	5	5	6
Zn	97	89	50	70	106.5	80.31	113.3	117	124	125	107	88.52	112.7	104.7	113	134	114.7	145	103	82	95	142

Annexe n°12: Analyses géochimiques sur roche totale (suite)

	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	CaNaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS	NaS
	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Syenite	Qz-monzonite	Qz-monzonite	Qz-monzonite	Granite	Granite
	13TK086	**13TK077**	**TC09-57**	**TC09-59**	**TC09-102**	**TC09-101**	**13TK117B**	**13TK117A**	**13TK103B**	**13TK070**	**13TK079**	**13TK104**	**13TK080**	**TC09-126A**	**13TK108**	**13TK106**	**13TK078**	**TC09-108**
SiO2	64.41	64.44	64.5	64.8	65.2	65.3	65.75	66.44	65.52	66.01	66.25	66.71	66.78	66.7	68.04	68.92	71.20	74.9
Al2O3	15.73	17.09	16.15	15.9	15.1	15.95	15.72	15.75	16.77	15.84	15.70	15.42	15.39	12.95	14.57	15.12	12.79	11.8
Fe2O3	5.09	3.65	5.36	4.91	5.22	4.43	4.17	4.25	3.35	4.05	4.63	5.13	3.78	6.75	4.47	3.63	3.61	3.8
CaO	0.75	0.89	0.91	0.73	0.82	0.1	0.44	0.51	0.44	0.75	0.61	0.04	0.73	0.52	0.50	0.52	0.68	0.28
MgO	0.31	0.38	0.42	0.34	0.17	0.07	0.14	0.17	0.11	0.20	0.20		0.15	0.19	0.13	0.16	0.06	0.03
Na2O	7.36	6.14	6.72	8.92	6.54	6.09	6.70	7.22	7.54	6.53	6.51	5.80	6.05	5.46	6.07	5.94	4.48	5.17
K2O	5.41	6.58	5.73	3.78	4.94	5.22	5.33	5.36	4.98	5.63	5.68	5.54	5.45	4.8	5.18	5.36	4.73	4.45
Cr2O3			<0.01	<0.01	0.01	<0.01								0.01				<0.01
TiO2	0.50	0.63	0.72	0.53	0.24	0.23	0.32	0.38	0.32	0.41	0.51	0.30	0.35	0.46	0.34	0.30	0.18	0.19
MnO	0.16	0.11	0.16	0.16	0.18	0.1	0.14	0.14	0.10	0.13	0.18	0.14	0.13	0.22	0.15	0.10	0.09	0.09
P2O5	0.08	0.11	0.09	0.05	0.01			0.04		0.05	0.05		0.04	0.03				
SrO			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								<0.01				<0.01
BaO			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								<0.01				<0.01
C			0.02	0.02	0.12	0.17								0.62				0.14
S			0.01	0.01	0.02	0.01								0.02				0.02
Ba	1	27.44	8.6	7.7	13.1	36.8	1	1	5.115	8.184	1	4.019	9.184	14.2	7.544	1	18.17	4.7
Ce	257.8	215.5	171.5	202	687	486	270.1	353.6	281.8	195.9	936.6	508.7	496.3	772	641.3	365.8	258.4	240
Cr	24.37	10.01	10	10	60	10	42.5	29.01	26.18	42.51	19.59	24.61	29.13	90	46.65	32.02	173.1	50
Cs	0.479	0.825	0.44	0.37	0.67	0.25	0.516	0.491	0.487	1.072	0.746	0.547	0.769	0.41	0.412	0.649	0.796	0.99
Dy	10.11	7.038	6.5	8.6	16.95	15.45	11.94	13.85	9.377	8.974	13.87	12.38	12.4	17.3	15.68	11.57	14.69	13.05
Er	4.891	3.472	3.23	4.45	9.22	8.14	6.173	8.021	4.878	4.364	7.853	6.937	6.427	8.77	8.174	5.356	7.746	7.46
Eu	0.391	0.74	0.41	0.43	0.38	0.15	0.177	0.22	0.147	0.271	0.227	0.103	0.26	1.05	0.195	0.152	0.119	0.09
Ga	38.46	31.7	32.7	36	47.4	50.6	40.51	40.94	45.32	35.74	42.26	48.58	39.47	43.8	44.71	37.93	40.55	39.6
Gd	11.86	8.894	9.23	10.3	20.2	17.55	12.78	14.37	10.62	10.01	18.39	12.27	14.99	22.1	18.74	13.91	14.47	13.95
Hf	18.17	21.18	11.8	15.7	33.8	49.4	28.65	35.83	19.64	21.77	56.81	38.06	23.17	48.5	40.44	20.33	32.19	34.3
Ho	1.946	1.329	1.19	1.59	3.31	2.86	2.337	2.862	1.862	1.696	2.747	2.558	2.393	3.12	3.019	2.137	2.934	2.44
La	131.6	115.1	87	96.5	389	254	132.3	183	152.4	97.34	527.8	181.9	267.5	435	356.3	196.6	129.2	117.5
Lu	0.659	0.522	0.45	0.48	1.35	1.05	0.896	1.241	0.704	0.623	1.383	1.095	1.011	1.29	1.337	0.698	1.105	1.05
Nb	123.7	73.57	91.5	121.5	322	402	162.9	177	114.4	140.2	150	190.7	136.9	253	187.7	154.8	233.6	206
Nd	96.36	80.87	74.5	80.7	196	147	98.96	119.9	96.14	75.62	264.8	108.1	156.8	234	199.3	122.5	91.3	86.4
Pr	27.48	23.63	19.7	21.2	61.7	45.2	29.17	36.16	29.42	21.68	92.94	34.76	52.48	71.2	68.86	33.07	27.58	25.5
Rb	150.8	137.2	116.5	84.9	210	183	173.1	179.6	147.5	228	171.3	269	176.4	186.5	251.4	205.4	271.2	251
Sm	16.2	12.6	12.7	13.05	30.5	24.3	17.47	19.53	14.99	13.38	30.95	17.25	22.7	34.3	28.35	19.17	17.81	17.05
Sn	6.65	6.677	4	6	12	10	10.64	10.65	6.443	5.907	6.282	10.27	7.997	26	16.13	8.931	16.51	14
Sr	1.5	12.18	4.3	3.4	5.9	7.2	1.5	1.5	3.971	4.708	1.5	4.285	3.831	13.3	1.5	1.5	8.479	2.9
Ta	8.775	5.274	5	6.8	18.5	25.4	11.41	11.54	7.671	9.414	9.658	13.44	9.027	16.5	13.18	11.53	16.89	12.4
Tb	1.76	1.26	1.21	1.42	3.1	2.74	2.016	2.272	1.626	1.536	2.545	1.979	2.198	3.26	2.766	2.039	2.42	2.27
Th	18.41	10.99	10.75	17.25	57.1	53.6	25	29.49	18.99	19.27	28.08	34.88	25.44	57.5	32.19	26.84	36.13	26
Tl			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5								<0.5				<0.5
Tm	0.667	0.482	0.45	0.54	1.43	1.14	0.895	1.191	0.694	0.617	1.169	1.038	0.923	1.28	1.211	0.737	1.139	1.11
U	4.344	1.948	2.29	3.21	14.9	17	6.112	7.019	3.841	4.601	5.449	6.93	4.9	12	6.805	5.869	9.461	7.68
V	0.704	1.672	<5	<5	<5	<5	0.991	0.8	0.764	1.3	< L.D.	< L.D.	1.192	<5	1.186	0.918	4.199	<5
W	2.318	3.614	62	104	4	3	3.276	3.392	3.411	5.618	2.146	3.017	2.982	9	3.787	3.168	9.855	3
Y	48.73	33.99	32.1	41.7	87.1	94.5	58.42	72	46.27	44.29	65.52	64.14	60.56	82	79.22	54.77	80.7	73
Yb	4.389	3.304	3.16	3.55	9.6	7.85	6.041	8.18	4.638	4.176	8.46	7.085	6.451	8.7	8.341	4.804	7.667	7.16
Zr	688.3	1011	499	710	1500	1460	1108	1603	793	818.5	3238	1318	875.2	1900	1682	595.5	983.3	1250
As	< L.D.	< L.D.	0.9	0.7	0.7	0.5	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.6	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.9
Bi	0.175	< L.D.	0.05	0.08	0.07	0.06	< L.D.	0.103	< L.D.	< L.D.	0.171	0.402	< L.D.	0.1	0.314	0.219	0.138	0.09
Hg			0.06	0.099	0.013	0.016								0.012				<0.005
Sb	< L.D.	< L.D.	0.1	0.08	0.07	<0.05	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.09	< L.D.	< L.D.	0.312	0.08
Se			0.8	0.8	1.9	1.7								1.5				1
Te			<0.01	<0.01	0.01	0.01								0.02				0.01
LOI	0.62	0.72	0.76	0.42	1.07	1.29	0.53	0.62	0.67	0.76	0.56	1.28	0.75	2.48	0.68	0.58	2.06	0.62
Total	100.41	100.72	101.52	100.54	99.5	98.78	99.25	100.88	99.80	100.34	100.88	100.35	99.60	100.57	100.12	100.63	99.87	101.33
Ag			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5								<0.5				<0.5
Cd			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5								<0.5				<0.5
Co	< L.D.	0.96	13	20	<1	<1	0.484	0.454	< L.D.	0.546	< L.D.	< L.D.	0.438	<1	< L.D.	0.601	< L.D.	<1
Cu	< L.D.	5.645	7	5	8	9	9.831	< L.D.	< L.D.	70.89	5.488	< L.D.	33.43	21	< L.D.	7.139	8.178	13
Li			10	20	20	<10								20				50
Mo	2.787	4.238	1	<1	17	<1	3.395	3.89	3.644	7.607	8.873	2.53	7.338	17	3.593	3.471	13.3	7
Ni	< L.D.	< L.D.	2	<1	3	2	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	7	< L.D.	< L.D.	< L.D.	5
Pb	10.8244	13.2966	11	10	9	23	17.4992	12.7822	11.8689	9.385	11.4541	13.3001	8.1049	20	15.2258	8.2513	19.7237	19
Sc	5.79	4.59	7	6	1	1	2.59	3.14	2.45	3.38	6.22	2.27	3.69	2	2.98	2.97	1.11	1
Zn	148.1	95.44	131	134	217	200	166.3	150.6	118.7	137.7	137	216.1	135.6	278	207.3	109	216.2	196

Annexe n°12: Analyses géochimiques sur roche totale (suite)

	Mafique	Intermediaire	Intermediaire	Intermediaire	Intermediaire	Intermediaire	Intermediaire	NaS - CRBIC		
	MonzoGabbro	Monzodiorite	Monzodiorite	Monzodiorite	Monzonite	Monzonite	Monzonite	Syenite	tardi-basalte	tardi-trachyte
	TC09-79	**TC09-29**	**13TK043**	**13TK036**	**TC09-115**	**TC09-117**	**13TK047**	**TC09-135**	**13TK052**	**13TK008**
SiO2	47.3	50.5	51.06	50.51	57	55.8	56.21	67.2	44.78	65.90
Al2O3	12.45	15.75	15.95	15.50	15.55	15	12.24	15	14.13	16.22
Fe2O3	13.55	9.84	9.72	11.00	8.37	7.76	10.10	3.99	12.88	3.95
CaO	8.01	6.78	6.66	7.75	4.94	3.63	5.94	0.3	9.53	0.38
MgO	8.29	3.11	3.63	3.84	2.53	2.45	4.86	0.12	5.16	0.27
Na2O	2.86	4.45	4.36	4.57	4.23	4.77	3.45	6.04	2.95	6.30
K2O	3.04	3.17	3.61	2.36	4.01	3.43	3.20	5.56	2.17	5.64
Cr2O3	0.03	<0.01			<0.01	0.01		<0.01		
TiO2	3.69	2.82	2.68	3.21	2.32	1.78	3.05	0.37	4.24	0.49
MnO	0.17	0.14	0.14	0.18	0.13	0.09	0.18	0.13	0.17	0.11
P2O5	0.76	0.52	0.48	0.46	0.44	0.49	0.12	0.03	0.90	0.07
SrO	0.09	0.08			0.05	0.04		<0.01		
BaO	0.08	0.06			0.06	0.05		<0.01		
C	0.08	0.21			0.07	0.36		0.03		
S	0.02	0.01			0.01	0.01		0.02		
Ba	705	543	446.7	424.8	510	487	300.6	13.6	1399	30.14
Ce	107	108.5	117.1	102.1	145	122.5	132.8	337	89.12	256.9
Cr	260	10	40.26	35.95	10	60	155.8	20	44.15	26.16
Cs	0.57	1.85	1.422	1.273	0.63	0.46	0.531	0.8	0.423	1.058
Dy	4.9	5.97	6.248	5.534	7.64	6.03	8.504	12.05	5.569	9.511
Er	2.16	2.79	2.906	2.562	3.74	2.95	4.388	6.53	2.359	4.884
Eu	2.57	2.62	2.363	2.267	1.93	2.22	1.097	0.41	3.817	0.442
Ga	21	24.6	27.1	24.99	28.2	25.1	27.7	39.5	22.78	34.76
Gd	7.49	7.83	7.703	6.844	8.56	7.43	8.344	14.05	7.818	11.1
Hf	7	8.7	10.2	7.842	12.2	10.7	13.62	35.8	5.291	24.31
Ho	0.83	1.09	1.186	1.054	1.41	1.06	1.691	2.23	1.019	1.856
La	54.3	54.9	58.57	48.64	74.1	64.2	63.32	173	38.87	141.8
Lu	0.21	0.31	0.377	0.324	0.44	0.36	0.587	0.84	0.262	0.727
Nb	51.1	55.8	51.41	46.31	104	56.4	147.9	201	36.39	103.4
Nd	50	51.7	49.56	43.06	56.3	50.4	48.91	112.5	47.45	96.31
Pr	12.35	12.55	13.32	11.5	15.45	13.15	14.26	32.6	11.3	28.7
Rb	71	102.5	142.9	102.6	144.5	115	103.2	208	38.82	127.2
Sm	9.2	9.55	9.414	8.168	10.6	8.9	9.85	18.6	9.636	15.24
Sn	3	7	8.012	9.192	8	7	12.59	15	2.288	6.14
Sr	711	625	564.4	569.5	458	294	296.1	5.7	1099	10.53
Ta	3.5	3.1	4.104	3.55	7.5	3.8	12.48	13.4	3.056	7.516
Tb	0.93	1.06	1.099	0.982	1.31	1.02	1.377	2.1	1.031	1.651
Th	7.77	6.83	8.592	8.562	21.4	13.05	26.41	41.6	3.301	18.76
Tl	<0.5	<0.5			<0.5	<0.5		<0.5		
Tm	0.26	0.38	0.388	0.351	0.53	0.4	0.628	0.97	0.294	0.697
U	1.58	1.54	1.683	1.69	4.4	2.86	4.3	7.82	0.882	4.258
V	263	216	196.5	233.5	157	124	248.7	<5	320.3	1.199
W	1	4	3.757	3.793	76	6	3.864	4	0.924	2.318
Y	22.6	27.6	29.65	26.58	39.5	29.4	46.54	60.6	24.84	47.86
Yb	1.64	2.32	2.493	2.236	3.4	2.61	4.182	6.49	1.803	4.785
Zr	279	394	465.9	345.6	454	457	441.6	1340	217.2	1033
As	0.7	1.5	< L.D.	< L.D.	1.1	1	2.24	0.8	< L.D.	< L.D.
Bi	0.03	0.07	0.109	< L.D.	0.03	0.02	< L.D.	0.31	0.24	< L.D.
Hg	0.026	0.02			0.102	0.02		0.006		
Sb	0.07	0.2	0.215	< L.D.	0.13	0.11	0.46	0.08	< L.D.	< L.D.
Se	1.2	0.9			0.9	0.9		1		
Te	0.02	0.02			0.01	0.02		0.02		
LOI	1.16	1.75	1.49	0.33	1.53	3.19	0.68	0.98	2.07	0.91
Total	101.48	98.97	99.79	99.72	101.16	98.49	100.02	99.72	98.98	100.23
Ag	<0.5	<0.5			0.6	<0.5		<0.5		
Cd	<0.5	<0.5			<0.5	<0.5		<0.5		
Co	52	26	28.09	29.94	33	16	35.08	<1	42.93	0.689
Cu	69	51	98.87	67.77	19	19	37.07	26	62.27	< L.D.
Li	10	30			10	20		20		
Mo	<1	<1	2.552	5.631	1	2	2.987	4	1.883	2.156
Ni	159	11	28.23	36.04	16	19	92.77	4	38.49	< L.D.
Pb	9	11	9.1697	8.8778	4	4	5.872	23	2.7871	4.8804
Sc	22	17	18.58	21.57	13	10	24.63	2	23.89	4.11
Zn	142	103	149.9	165.4	100	91	128.5	192	284.2	125.4

PROTOCOLE DE SÉPARATION Sr et Nd

Colonne Sr-SPEC	Colonne TRU-SPEC	Colonne LN-SPEC
☐ 150 µL de résine	☐ 150 µL de résine	☐ Lavage 3 mL H_2O
☐ Lavage 1 mL HCl 6N	☐ ☐ Lavage 2 x 2 mL H_2O MQ	
☐ ☐ Lavage 2 x 2 mL HNO_3 0,05N	☐ ☐ Conditionnement 2 x 0,5 mL HNO_3 1 N	
☐ ☐ Conditionnement 2 x 0,5 mL HNO_3 2 N		☐ Conditionnement 2 mL H_2O MQ
☐ Empiler Sr sur TRU		
☐ dépôt 0,5 mL d'échantillon		
☐ 0,2 mL HNO_3 2 N		
☐ 0,2 mL HNO_3 2 N		
☐ Découplage des colonnes		
☐ ☐ 2 x 0,25 mL HNO_3 7 N	☐ Rincer 0,5 mL HNO_3 1 N	
☐ 1 mL HNO_3 7N	☐ Rincer 0,5 mL HNO_3 1 N	
☐ ☐ ☐ 3 x 0,1 mL HNO_3 2 N	☐ Empiler TRU sur LN	
☐ Placer bécher récup Sr	☐ 0,2 mL H_2O MQ	
☐ ☐ 2 x 0,25 mL HNO3 0,05 N	☐ 0,2 mL H_2O MQ	
☐ 0,5 mL HNO3 0,05 N	☐ 0,2 mL H_2O MQ	
☐ **BECHER POUBELLE**	☐ Découplage des colonnes	
☐ **5 x 0,1 mL HCl 3 N**	FIN	☐ ☐ ☐ ☐ 4 x 0,25 mL HCl 0,25 N
☐ Placer bécher récup Pb		☐ 2,75 mL HCl 0,25 N
☐ ☐ 2 x 0,25 mL HCl 6 N		☐ Bécher récup Nd
☐ 1,25 mL HCl 6 N		☐ 1,5 mL HCl 0,25 N
FIN		☐ **BECHER POUBELLE**
		☐ **Lavage 4 mL HCl 6 N**
		☐ **Lavage 3 mL HCl 0,2 N**
		FIN

Annexe n°14 : Données de l'étude isotopique

A. Résultats des mesures effectuées sur les échantillons du SRBIC (Lab. GET)

				Mesuré								Corrigé			
Structure	Nature	Petro	**Echantillon**	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$(^{87}Sr/^{86}Sr)$	err. 2σ	$^{147}Sm/^{144}Nd)$	$(^{143}Nd/^{144}Nd)$	err. 2σ	Age U-Pb	err. 2σ	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$(^{87}Sr/^{86}Sr)i$	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$(^{143}Nd/^{144}Nd)i$
Unit 2	syenite	CaNaS	**TC09-120**	56.6404	0.714172	0.000012	0.111234977	0.512572	0.000004	8.51	0.15	56.6472	0.70733	0.1112	0.512566
Unit 2	syenite	CaNaS	**TC09-129**	65.9634	0.717378	0.000013	0.101738427	0.512546	0.000016	9.08	0.10	65.9719	0.70887	0.1017	0.512540
Unit 2	syenite	CaNaS	**TC09-59**	94.5517	0.720650	0.000016	0.101291459	0.512567	0.000006	*9.35*	*0.50*	94.5643	0.70810	0.1013	0.512561
Satellite -S	syenite	CaNaS	**TC09-131**	24.7153	0.709564	0.000011	0.10305041	0.512418	0.000017	*9.5*	*0.50*	24.7186	0.70623	0.1031	0.512412
Unit 3 - enclave Unit2	syenite	CaNaS	**13TK101**	24.6440	0.708387	0.000013	0.098251985	0.512602	0.000012	8.47	0.15	24.6470	0.70542	0.0983	0.512597
Unit 2	syenite	CaNaS	**13TK69**	44.7911	0.711450	0.000027	0.094095769	0.512542	0.000007	8.72	0.10	44.7966	0.70590	0.0941	0.512537
Unit 2	syenite	CaNaS	**13TK81A**	70.1252	0.722467	0.000036	0.100744336	0.512552	0.000014	9.31	0.15	70.1345	0.71320	0.1008	0.512546
Unit 2	syenite	CaNaS	**13TK77**	33.2732	0.711991	0.000047	0.088547307	0.512577	0.000011	*8.1*	*0.50*	33.2770	0.70816	0.0886	0.512572
Unit 2	syenite	CaNaS	**13TK117B**	299.3271			0.099640123	0.512613	0.000009	8.75	0.20			0.0996	0.512607
Unit 1	syenite	CAS	**TC09-06**	53.9195	0.714947	0.000015	0.092384766	0.512525	0.000009	11.57	0.11	53.9283	0.70609	0.0924	0.512518
Unit 1	granite	CAS	**TC09-37**	58.1841	0.713863	0.000011	0.10580033	0.512600	0.000007	10.77	0.15	58.1930	0.70496	0.1058	0.512593
Unit 1	syenite	CAS	**TC09-113**	3.2681	0.706130	0.000009	0.098720319	0.512568	0.000005	11.13	0.20	3.2686	0.70561	0.0987	0.512561
Unit 1	syenite	CAS	**TC09-110**	18.1964	0.708092	0.000011	0.108369615	0.512575	0.000006	10.59	0.15	18.1991	0.70536	0.1084	0.512567
Satellite -GV	syenite	CAS	**TC09-82**	1.8097	0.707459	0.000010	0.089218779	0.512276	0.000010	13.74	0.20	1.8100	0.70711	0.0892	0.512268
Unit 1	Qz-monzonite	CAS	**TC09-75**	10.0704	0.706173	0.000013	0.09711088	0.512560	0.000006	11.3	0.20	10.0720	0.70456	0.0971	0.512553
Unit 1	syenite	CAS	**13TK42**	3.1945	0.708173	0.000014	0.105225795	0.512526	0.000012	10.65	0.10	3.1950	0.70769	0.1052	0.512519
Unit 1	syenite	CAS	**13TK31**	55.2246	0.714803	0.000017	0.109493741	0.512503	0.000014	10.09	0.10	55.2325	0.70689	0.1095	0.512496
Unit 1	syenite	CAS	**13TK63**	21.3571	0.709538	0.000015	0.110760139	0.512522	0.000008	9.94	0.10	21.3601	0.70652	0.1108	0.512515
Unit 1	syenite	CAS	**13TK45**	56.7820	0.714997	0.000016	0.096502082	0.512553	0.000009	10.22	0.10	56.7902	0.70676	0.0965	0.512547
Unit 1	syenite	CAS	**TC09-41**	14.4328	0.708206	0.000022	0.103570204	0.512552	0.000009	11.53	0.20	14.4352	0.70584	0.1036	0.512544
Satellite -GV	syenite	CAS	**13TK01A**	3.3253	0.707657	0.000014	0.084520833	0.512298	0.000008	11.87	0.20	3.3259	0.70710	0.0845	0.512291
Unit 1	syenite	CAS	**13TK118A**	101.9513			0.100845934	0.512628	0.000009	9.45	0.15			0.1009	0.512622
CRBIC	syenite	Complexe Nor	**TC09-135**	123.0985	0.719442	0.000009	0.10376842	0.512606	0.000012	7.31	0.15	123.1113	0.70666	0.1038	0.512601
PJ	monzonite	intermediaire	**13TK47**	1.0752	0.705833	0.000012	0.113532194	0.512544	0.000007	11.19	0.10	1.0754	0.70566	0.1135	0.512536
Unit 1	monzo-diorite	mafique	**13TK43**	0.7269	0.705720	0.000012	0.111206965	0.512544	0.000009	11	0.10	0.7270	0.70561	0.1112	0.512536
Satellite -GV	monzo-gabbro	mafique	**TK002**	0.1558	0.706947	0.000013	0.114621936	0.512342	0.000009	13.7	0.50	0.1559	0.70692	0.1146	0.512332
Unit3	granite	NaS	**13TK78**	91.8020	0.716503	0.000011	0.115484664	0.512581	0.000011	7.9	0.10	91.8123	0.70620	0.1155	0.512575
Unit3	syenite	NaS	**13TK80**	92.5790	0.719495	0.000014	0.0910006	0.512580	0.000010	8.04	0.05	92.5896	0.70892	0.0910	0.512575
Unit3	Qz-monzonite	NaS	**13TK108**	210.2544	0.757258	0.000020	0.084821372	0.512563	0.000011	8.03	0.10	210.2784	0.73328	0.0848	0.512559
Unit3	syenite	NaS	**13TK070**	145.4577	0.724331	0.000020	0.109951208	0.512569	0.000007	8.27	0.10	145.4748	0.70725	0.1100	0.512563
Unit 3	syenite	NaS	**TK104**	160.4960	0.725521	0.000021	0.089241434	0.512573	0.000009	7.88	0.15	160.5140	0.70756	0.0892	0.512568
Unit 3	Qz-monzonite	NaS	**TK106**	230.8620	0.749252	0.000015	0.087277737	0.512627	0.000010	7.99	0.20	230.8882	0.72306	0.0873	0.512622
Unit 2	trachyte	trachyte tardi	**13TK8**	36.1295	0.710447	0.000018	0.083527037	0.512580	0.000008	7.93	0.30	36.1335	0.70638	0.0835	0.512576
U2- zone déformée	syenite		**13TK23**	1.5835	0.705790	0.000014	0.10061006	0.512562	0.000013	9.38	0.20	1.5837	0.70558	0.1006	0.512556

Echantillon dont l'age a été estimé en fonction des relations de terrains
expliquant les grandes erreurs associées
l'age du TC09-131 est toutefois contraint par l'age de environ 9.5 Ma issues de l'étude thermochronologique sur Apatite (F.Ahadi, en préparation)

B. Résultats des modélisations isotopiques

liquide basaltique alcalin primaire = composition du miccrogabbro de Scoates et al., (2007) auquelles sont appliquées les compositions isotopiques du panache de Kerguelen
croute continentale = gneiss d'Elan Bank dont les compostions isotopiques ont été recalculées à 14 Ma (l'age minimum d'interaction possible avec les liquides alcalins)
liquide secondaire issus du manteau métasomatisé = compositions de liquide à l'origine des lamproïtes du Gausseberg (Olierook et al., (2017)

		Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144Nd
liquide basaltique alcalin primaire	=	27.5	6.4	25	485	0.705300	0.512598
croute continentale	=	64	12	174	108	0.511820	0.783112
liquide secondaire issus du manteau métasomatisé	=	124			1718	0.709712	0.511890

a) Modélisation d'un melange entre les deux sources mantelliques

liquide basaltique alcalin primaire	27.5	6.4	25	485	0.705300	0.512598
liquide secondaire issus du manteau métasomatisé	124			1718	0.709712	0.511890

Voir figure 6.11

F	Nd M	Sr M	87Sr/86Sr M	143Nd/144Nd m
			0.705300	0.512598
0.01	28.465	497.33	0.705452	0.512567
0.02	29.43	509.66	0.705597	0.512538
0.03	30.395	521.99	0.705736	0.512511
0.04	31.36	534.32	0.705867	0.512486
0.05	32.325	546.65	0.705993	0.512462
0.06	33.29	558.98	0.706114	0.512440
0.07	34.255	571.31	0.706229	0.512419
0.08	35.22	583.64	0.706339	0.512399
0.09	36.185	595.97	0.706445	0.512380
0.1	37.15	608.3	0.706546	0.512362
0.11	38.115	620.63	0.706643	0.512345
0.12	39.08	632.96	0.706737	0.512328
0.13	40.045	645.29	0.706827	0.512313
0.14	41.01	657.62	0.706914	0.512298
0.15	41.975	669.95	0.706997	0.512284
0.16	42.94	682.28	0.707078	0.512271
0.17	43.905	694.61	0.707155	0.512258
0.18	44.87	706.94	0.707230	0.512246
0.19	45.835	719.27	0.707302	0.512234
0.2	46.8	731.6	0.707372	0.512223
0.21	47.765	743.93	0.707440	0.512212
0.22	48.73	756.26	0.707505	0.512202
0.23	49.695	768.59	0.707568	0.512192
0.24	50.66	780.92	0.707630	0.512182
0.25	51.625	793.25	0.707689	0.512173
0.26	52.59	805.58	0.707746	0.512164
0.27	53.555	817.91	0.707802	0.512155
0.28	54.52	830.24	0.707856	0.512147
0.29	55.485	842.57	0.707909	0.512139
0.3	56.45	854.9	0.707960	0.512131
0.4	66.1	978.2	0.708399	0.512067
0.5	75.75	1101.5	0.708741	0.512019
0.6	85.4	1224.8	0.709013	0.511981
0.7	95.05	1348.1	0.709236	0.511951
0.8	104.7	1471.4	0.709421	0.511927
0.9	114.35	1594.7	0.709578	0.511907
			0.709712	0.511890

Annexe n°14 : Données de l'étude isotopique (suite)

b) AFC / Assimilation du gneiss recalculé à 14 Ma par les liquides alcalins

Voir figure 6.11

	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144Nd	
liquide basaltique alcalin primaire	27.5	6.4	25	485	0.705300	0.512598	KP
croute continentale	64	12	174	108	0.783112	0.511820	GNEISS

Masse assimilée/masse cristallisée	Proportions mineralogiques							CONCENTRATIONS						Résultats d'AFC			
								Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144Nd	147Sm/144Nd	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	F	27.5	6.4	25	485	0.705300	0.512598				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.01	28.170711	6.5334419	26.3618	458.114			0.14026073	0.512586	0.166455	0.705419
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.02	28.854176	6.6693543	27.7479	432.507			0.13978668	0.512575	0.185583	0.705547
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.03	29.55077	6.807809	29.1592	408.131			0.13932469	0.512563	0.206672	0.705683
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.04	30.260886	6.9488804	30.5963	384.938			0.13887421	0.512552	0.229927	0.705829
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.05	30.984929	7.0926461	32.06	362.883			0.13843474	0.512542	0.255573	0.705985
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.06	31.723326	7.2391866	33.551	341.92			0.13800579	0.512531	0.283862	0.706151
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.07	32.476517	7.3885859	35.0702	322.007			0.1375869	0.512521	0.315070	0.706330
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.08	33.244962	7.5409315	36.6184	303.101			0.13717764	0.512512	0.349505	0.706521
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.09	34.029143	7.6963144	38.1965	285.162			0.1367776	0.512502	0.387510	0.706725
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1	34.829558	7.8548295	39.8054	268.149			0.13638639	0.512493	0.429463	0.706945
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.11	35.646731	8.0165759	41.4461	252.025			0.13600363	0.512484	0.475785	0.707180
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.12	36.481206	8.1816568	43.1195	236.752			0.13562897	0.512475	0.526940	0.707433
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.13	37.333553	8.3501801	44.8267	222.294			0.13526207	0.512466	0.583447	0.707704
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.14	38.204366	8.5222584	46.5688	208.616			0.13490261	0.512458	0.645879	0.707995
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.15	39.094268	8.6980094	48.3468	195.685			0.13455027	0.512450	0.714870	0.708307
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.16	40.003909	8.8775559	50.1621	183.468			0.13420477	0.512442	0.791127	0.708643
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.17	40.933969	9.0610268	52.0157	171.934			0.13386582	0.512434	0.875430	0.709004
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.18	41.885162	9.2485565	53.9091	161.051			0.13353316	0.512426	0.968643	0.709392
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.19	42.858233	9.440286	55.8436	150.79			0.13320652	0.512419	1.071723	0.709808
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.2	43.853967	9.6363631	57.8205	141.123			0.13288566	0.512412	1.185729	0.710257
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.21	44.873184	9.8369424	59.8413	132.022			0.13257034	0.512404	1.311830	0.710738
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.22	45.916745	10.042186	61.9077	123.46			0.13226032	0.512398	1.451316	0.711257
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.23	46.985556	10.252266	64.0212	115.412			0.1319554	0.512391	1.605609	0.711814
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.24	48.080567	10.467359	66.1835	107.853			0.13165535	0.512384	1.776272	0.712413
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.25	49.202779	10.687654	68.3965	100.759			0.13135998	0.512378	1.965023	0.713057
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.26	50.353244	10.913349	70.662	94.108			0.13106908	0.512371	2.173745	0.713749
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.27	51.533068	11.144651	72.982	87.8765			0.13078246	0.512365	2.404493	0.714492
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.28	52.74342	11.381781	75.3586	82.0438			0.13049995	0.512359	2.659509	0.715290
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.29	53.985529	11.624968	77.794	76.5893			0.13022135	0.512353	2.941227	0.716147
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.3	55.260694	11.874457	80.2904	71.4933			0.12994649	0.512347	3.252281	0.717065
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.31	56.570287	12.130503	82.8504	66.7369			0.12967522	0.512341	3.595507	0.718048
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.32	57.915756	12.393378	85.4766	62.3019			0.12940735	0.512336	3.973946	0.719101
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.33	59.298633	12.663369	88.1715	58.1708			0.12914274	0.512330	4.390837	0.720225
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.34	60.720541	12.940779	90.9381	54.3268			0.12888122	0.512325	4.849607	0.721425
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.35	62.183197	13.225929	93.7795	50.754			0.12862265	0.512319	5.353860	0.722704
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.36	63.688425	13.519159	96.6988	47.4368			0.12836686	0.512314	5.907343	0.724063
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.37	65.238157	13.82083	99.6995	44.3607			0.12811373	0.512309	6.513923	0.725505
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.38	66.834449	14.131324	102.785	41.5114			0.12786309	0.512304	7.177535	0.727031
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.39	68.479483	14.451048	105.96	38.8756			0.12761481	0.512299	7.902133	0.728643
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.4	70.175585	14.780435	109.227	36.4403			0.12736875	0.512294	8.691624	0.730339
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.41	71.925231	15.119946	112.591	34.1932			0.12712477	0.512289	9.549789	0.732118
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.42	73.731062	15.47007	116.058	32.1227			0.12688273	0.512285	10.480205	0.733978
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.43	75.5959	15.831332	119.631	30.2175			0.1266425	0.512280	11.486148	0.735914
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.44	77.52276	16.204291	123.316	28.467			0.12640393	0.512275	12.570494	0.737922
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.45	79.514867	16.589544	127.119	26.8611			0.1261669	0.512271	13.735631	0.739993
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.46	81.575678	16.987732	131.045	25.3901			0.12593127	0.512267	14.983359	0.742121
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.47	83.708904	17.399541	135.102	24.0449			0.1256969	0.512262	16.314813	0.744295
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.48	85.918527	17.825707	139.295	22.8168			0.12546365	0.512258	17.730406	0.746504
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.49	88.208833	18.267022	143.633	21.6975			0.1252314	0.512254	19.229781	0.748734
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.5	90.584439	18.724336	148.122	20.6794			0.12499999	0.512250	20.811816	0.750973
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.51	93.050326	19.198569	152.773	19.7549			0.12476929	0.512246	22.474642	0.753205
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.52	95.611873	19.690711	157.594	18.9172			0.12453915	0.512242	24.215718	0.755417
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.53	98.274903	20.201832	162.594	18.1596			0.12430942	0.512238	26.031930	0.757592
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.54	101.04573	20.733093	167.786	17.4759			0.12407996	0.512234	27.919737	0.759718
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.55	103.9312	21.285751	173.179	16.8604			0.12385062	0.512230	29.875340	0.761778
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.56	106.93876	21.861172	178.788	16.3074			0.12362122	0.512227	31.894885	0.763763
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.57	110.07655	22.460845	184.626	15.8119			0.12339161	0.512223	33.974670	0.765658
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.58	113.35343	23.086392	190.707	15.369			0.12316162	0.512219	36.111368	0.767456
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.59	116.77909	23.739586	197.049	14.9742			0.12293107	0.512216	38.302236	0.769149
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.6	120.36419	24.422369	203.668	14.6233			0.12269977	0.512212	40.545321	0.770730
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.61	124.1204	25.136873	210.586	14.3122			0.12246754	0.512209	42.839638	0.772196
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.62	128.06062	25.885444	217.822	14.0373			0.12223416	0.512206	45.185328	0.773546
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.63	132.19905	26.670666	225.401	13.7953			0.12199942	0.512202	47.583790	0.774779
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.64	136.55144	27.495402	233.35	13.5828			0.12176309	0.512199	50.037792	0.775898
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.65	141.13527	28.36282	241.697	13.397			0.12152493	0.512196	52.551555	0.776905
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.66	145.97	29.276448	250.474	13.2351			0.12128469	0.512192	55.130827	0.777806
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.67	151.07737	30.240218	259.717	13.0947			0.12104208	0.512189	57.782953	0.778605
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.68	156.48174	31.25853	269.467	12.9733			0.1207968	0.512186	60.516939	0.779310
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.69	162.21049	32.336325	279.767	12.869			0.12054854	0.512183	63.343533	0.779926
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.7	168.29453	33.479169	290.669	12.7797			0.12029694	0.512180	66.275324	0.780462
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.71	174.76888	34.693359	302.23	12.7036			0.12004162	0.512177	69.326879	0.780924
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.72	181.67337	35.986049	314.514	12.6393			0.11978217	0.512174	72.514921	0.781320
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.73	189.05353	37.365398	327.595	12.5851			0.11951813	0.512171	75.858564	0.781656
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.74	196.96163	38.840761	341.557	12.5397			0.119249	0.512168	79.379629	0.781939
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.75	205.45803	40.422913	356.497	12.5021			0.11897422	0.512165	83.103051	0.782176
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.76	214.61273	42.12434	372.526	12.4711			0.11869316	0.512162	87.057408	0.782372
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.77	224.5075	43.959587	389.775	12.4457			0.11840513	0.512159	91.275605	0.782534
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.78	235.23843	45.945715	408.396	12.4251			0.11810934	0.512157	95.795753	0.782665
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.79	246.91921	48.102872	428.567	12.4086			0.1178049	0.512154	100.662312	0.782771
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.8	259.68545	50.455032	450.503	12.3955			0.11749078	0.512151	105.927571	0.782855
												0.511820	0.783112				

Résultats d'un vieillissement de 6Ma des premieres syénites modélisées au travers de l'AFC précédente ; considérant un rapport moyen 87Rb/86Sr de 40 et un rapport 147Sm/144Nd moyen de 0,1

	→	0.512590	0.708828
	→	0.512578	0.708955
	→	0.512567	0.709091
	→	0.512556	0.709237
	→	0.512546	0.709393
	→	0.512535	0.709559
	→	0.512525	0.709738
	→	0.512516	0.709929
	→	0.512506	0.710134
	→	0.512497	0.710353
	→	0.512488	0.710589

Voir figure 6.12

Annexe n°14 : Données de l'étude isotopique (suite)

c) AFC / Assimilation des premieres syénites vieillies

Une seconde AFC est réalisée afin de modéliser les compositions isotopiques des liquides syénitiques récents
ayant assimilées une partie les roches vieillies de 6 Ma. Les concentrations correspondent aux moyennes des syénites
et leur compositions isotopiques est calqué sur la premiere modélisation AFC (voir page precedente - entre les liquides basaltiques alcalins et le gneiss)
Les résultats forment les différentes courbes en pointillés de la figure 6.12.
Cette modélisation permet donc d'expliquer les compositions du SRBIC les plus radiogéniques en Sr par dees processus d'AFC.

								Concentrations						**Résultats d'AFC**			
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	f	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144Nd	147Sm/144Nd	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
								80	10	220	2	0.705419	0.512586				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0001	80.008796	10.001252	220.01846	2.0293684			0.0755977	0.512586	313.614135	0.705471
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0101	80.8968	10.127587	221.8809	4.8955168			0.0757123	0.512586	131.131081	0.707515
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0201	81.80169	10.256262	223.77674	7.6252508			0.0758261	0.512586	84.911612	0.708033
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0301	82.723965	10.387345	225.70691	10.22377			0.075939	0.512586	63.877826	0.708270
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0401	83.664144	10.520904	227.67242	12.696125			0.0760511	0.512586	51.887327	0.708405
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0501	84.622765	10.657015	229.67428	15.047222			0.0761623	0.512586	44.165361	0.708492
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0601	85.600392	10.795753	231.71355	17.281826			0.0762727	0.512586	38.796286	0.708553
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0701	86.597608	10.937198	233.79135	19.40456			0.0763822	0.512586	34.862209	0.708598
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0801	87.615023	11.081433	235.90884	21.419911			0.0764908	0.512586	31.868253	0.708632
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0901	88.653273	11.228544	238.06721	23.332233			0.0765985	0.512586	29.524063	0.708659
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1001	89.713021	11.37862	240.26771	25.145746			0.0767054	0.512586	27.648060	0.708681
												0.708828	0.512590				
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	f	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144N	147Sm/144N	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
								80	10	220	2	0.705683	0.512563				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0001	80.008888	10.00127	220.01865	2.026037			0.0755973	0.512563	314.138009	0.705729
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0101	80.906181	10.129452	221.89991	4.5670654			0.0757171	0.512563	140.576054	0.707684
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0201	81.820536	10.260007	223.8149	6.9871535			0.0758359	0.512563	92.683646	0.708225
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0301	82.752459	10.393005	225.76458	9.2909108			0.0759538	0.512563	70.310900	0.708477
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0401	83.702472	10.528517	227.74994	11.482815			0.0760709	0.512563	57.390664	0.708624
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0501	84.671121	10.666616	229.77203	13.567217			0.076187	0.512563	49.005156	0.708719
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0601	85.658973	10.807382	231.83191	15.54834			0.0763022	0.512563	43.144697	0.708786
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0701	86.66662	10.950894	233.93071	17.430283			0.0764165	0.512563	38.834985	0.708835
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0801	87.694678	11.097237	236.06958	19.217024			0.0765299	0.512563	35.546419	0.708873
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0901	88.743789	11.246497	238.24976	20.912423			0.0766424	0.512563	32.966388	0.708903
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1001	89.814622	11.398767	240.4725	22.520221			0.0767539	0.512563	30.898474	0.708928
												0.709091	0.512567				
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	f	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144N	147Sm/144N	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
								80	10	220	2	0.705985	0.512542				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0001	80.008984	10.001289	220.01884	2.0230212			0.075597	0.512542	314.615707	0.706025
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0101	80.915929	10.131388	221.91961	4.2697286			0.075722	0.512542	150.381885	0.707888
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0201	81.840121	10.263895	223.85447	6.4095038			0.0758461	0.512542	101.056731	0.708448
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0301	82.782069	10.398881	225.82437	8.4464226			0.0759692	0.512542	77.363007	0.708717
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0401	83.742302	10.536419	227.83033	10.384444			0.0760914	0.512542	63.484885	0.708876
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0501	84.721372	10.676584	229.87339	12.227415			0.0762126	0.512542	54.400202	0.708979
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0601	85.719851	10.819455	231.95464	13.979069			0.0763328	0.512542	48.014719	0.709053
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0701	86.738338	10.965112	234.0752	15.643031			0.0764521	0.512542	43.299851	0.709107
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0801	87.777456	11.113643	236.23627	17.222819			0.0765704	0.512542	39.691365	0.709149
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0901	88.837853	11.265135	238.43906	18.721844			0.0766877	0.512542	36.853937	0.709183
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1001	89.920206	11.419682	240.68485	20.143414			0.076804	0.512542	34.575775	0.709210
												0.709393	0.512546				
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	f	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144N	147Sm/144N	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
								80	10	220	2	0.706330	0.512521				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0001	80.009083	10.001309	220.01904	2.0202968			0.0755967	0.512521	315.050756	0.706366
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0101	80.926068	10.133399	221.94006	4.001122			0.0757272	0.512521	160.496064	0.708132
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0201	81.86049	10.267935	223.89553	5.8876698			0.0758567	0.512521	110.036553	0.708709
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0301	82.812865	10.404987	225.88642	7.6835334			0.0759852	0.512521	85.069973	0.708995
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0401	83.783727	10.54463	227.91375	9.3922038			0.0761127	0.512521	70.219449	0.709166
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0501	84.773635	10.68694	229.97857	11.017072			0.0762391	0.512521	60.406045	0.709279
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0601	85.783167	10.831998	232.082	12.56143			0.0763645	0.512521	53.464437	0.709360
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0701	86.812928	10.979885	234.22515	14.028474			0.0764889	0.512521	48.315701	0.709420
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0801	87.863548	11.130689	236.40924	15.421304			0.0766123	0.512521	44.361936	0.709466
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0901	88.935683	11.284501	238.6355	16.74293			0.0767346	0.512522	41.245095	0.709503
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1001	90.030017	11.441413	240.90522	17.996268			0.076856	0.512522	38.737692	0.709533
												0.709738	0.512525				
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	f	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144N	147Sm/144N	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
								80	10	220	2	0.706725	0.512502				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0001	80.009187	10.001329	220.01925	2.017841			0.0755964	0.512502	315.446572	0.706758
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0101	80.936622	10.13549	221.9613	3.7589992			0.0757326	0.512502	170.855091	0.708424
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0201	81.881693	10.272135	223.93818	5.417287			0.0758677	0.512502	119.617388	0.709016
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0301	82.844921	10.411336	225.95086	6.9958628			0.0760018	0.512502	93.461682	0.709318
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0401	83.826848	10.553168	228.00039	8.4977952			0.0761347	0.512502	77.642227	0.709502
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0501	84.828036	10.697709	230.08782	9.9260648			0.0762666	0.512502	67.079590	0.709625
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0601	85.849074	10.84504	232.21427	11.283565			0.0763974	0.512502	59.555265	0.709713
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0701	86.89057	10.995246	234.38089	12.573106			0.0765271	0.512502	53.946096	0.709779
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0801	87.953164	11.148415	236.58889	13.797414			0.0766558	0.512502	49.622570	0.709830
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0901	89.037517	11.304637	238.83952	14.959131			0.0767833	0.512502	46.204486	0.709871
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1001	90.144322	11.464009	241.13408	16.060823			0.0769097	0.512502	43.448675	0.709904
												0.710134	0.512506				
r	CPX	PLG	OL	OPX	AMPH	QTZ	f	Nd	Sm	Rb	Sr	87Sr/86Sr	143Nd/144N	147Sm/144N	143/144Nd	87Rb/86Sr	87Sr/86Sr
								80	10	220	2	0.707180	0.512484				
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0001	80.009295	10.001351	220.01946	2.0156324			0.0755961	0.512484	315.806469	0.707209
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0101	80.947617	10.137666	221.98338	3.5412463			0.0757382	0.512484	181.385298	0.708774
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0201	81.903783	10.276506	223.98251	4.9942486			0.0758792	0.512484	129.779850	0.709376
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0301	82.878319	10.417943	226.01785	6.3774067			0.076019	0.512484	102.559396	0.709694
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0401	83.871772	10.562054	228.09044	7.6934094			0.0761577	0.512484	85.797259	0.709891
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0501	84.884714	10.708917	230.20137	8.9448683			0.0762952	0.512484	74.477447	0.710024
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0601	85.917738	10.858614	232.35175	10.134319			0.0764316	0.512484	66.350819	0.710120
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0701	86.971461	11.011233	234.54276	11.264223			0.0765668	0.512484	60.258565	0.710192
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0801	88.046528	11.166862	236.77561	12.336969			0.0767009	0.512484	55.542945	0.710249
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.0901	89.143611	11.325594	239.05157	13.354873			0.0768338	0.512484	51.802911	0.710294
0.4	0.05	0.8	0	0	0.1	0.05	0.1001	90.26341	11.487525	241.37197	14.320183			0.0769655	0.512484	48.780041	0.710331
												0.710589	0.512488				

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques de roches liées à la présence du panache de Kerguelen, recalculées à 14 Ma (modifiée d'après Olierook et al. 2017)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Geochemistry Reference	[10]	[10]	[10]	[10]	[10]	[10]	[10]	[10]	[10]	[10]
	Province	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt
	Location	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt
	Sample Name	s 86713	s 86712	s 86714	s 86683	s 86684	s 86693	s 869896	s 86700	s 86694	s 86697
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-33.32	-33.32	-34.42	-33.32	-33.32	-33.32	-33.32	-33.32	-33.32	-33.32
	Longitude	115.63	115.63	115.4	115.63	115.63	115.63	115.63	115.63	115.63	115.63
	Age Correction (Ma)	137	137	133	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7
	Age reference	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]
	Sm (ppm)	4.2	3.9	3.5	4.0	4.0	4.9	4.1	5.2	5.0	4.8
	Nd (ppm)	12.8	12.2	11.7	12.0	11.8	15.0	12.2	16.1	15.6	15.4
	Rb (ppm)	4.2	3.0	10.7	2.3	3.9	7.2	6.2	11.2	8.1	10.0
	Sr (ppm)	233.0	232.0	163.0	226.0	228.0	231.0	230.0	238.0	234.0	243.0
	U (ppm)										
	Pb (ppm)					12.73	11.01	6.58	8.43	7.61	7
	Th (ppm)	0.4	0.6	1.8	0.4	0.5	1.1	0.7	1.0	1.2	1.0
	143Nd/144Nd measured		0.512819							0.512681	0.512681
	87Sr/86Sr measured	0.704110	0.704380	0.708160	0.704860	0.704280	0.704930	0.704770	0.705320	0.704790	0.705340
	206Pb/204Pb measured	17.999	17.977	18.001	17.982	17.905	17.950	17.926	17.931	17.908	17.951
	207Pb/204Pb measured	15.602	15.593	15.630	15.600	15.576	15.589	15.574	15.605	15.571	15.621
	208Pb/204Pb measured	37.985	38.009	38.272	38.026	37.939	38.151	38.016	38.210	38.141	38.263
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.172	0.194	0.157	0.177	0.178	0.173	0.180	0.171	0.192	0.189
	143Nd/144Nd initial		**0.512645**							**0.512514**	**0.512517**
	87Rb/86Sr	0.052	0.037	0.190	0.029	0.049	0.090	0.078	0.136	0.100	0.119
	87Sr/86Sr initial	**0.704008**	**0.704307**	**0.707801**	**0.704804**	**0.704187**	**0.704760**	**0.704623**	**0.705063**	**0.704601**	**0.705115**
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	137	137	133	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7	132.7
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.052	0.037	0.190	0.029	0.049	0.090	0.078	0.136	0.100	0.119
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704008**	**0.704307**	**0.707801**	**0.704804**	**0.704187**	**0.704760**	**0.704623**	**0.705063**	**0.704601**	**0.705115**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.052	0.037	0.190	0.029	0.050	0.090	0.078	0.136	0.100	0.119
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.172	0.194	0.157	0.177	0.178	0.173	0.180	0.171	0.192	0.189
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512645**							**0.512514**	**0.512517**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.172	0.194	0.157	0.177	0.178	0.173	0.180	0.171	0.192	0.189
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.052	0.037	0.190	0.029	0.049	0.090	0.078	0.136	0.100	0.119
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704100**	**0.704373**	**0.708122**	**0.704854**	**0.704270**	**0.704912**	**0.704754**	**0.705293**	**0.704770**	**0.705316**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.052	0.037	0.190	0.029	0.049	0.090	0.078	0.136	0.100	0.119
	(Sm/Nd) measured recalculé		0.194							0.192	0.189
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512801**							**0.512663**	**0.512664**
	(Sm/Nd) initial recalculé		0.194							0.192	0.189

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	13	14	15	16	11	12	49	50	51	52
	Geochemistry Reference	[10]	[10]	[10]	[10]	[5]	[5][27]	[176]	[176]	[176]	[176]
	Province	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province
	Location	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Bunbury Basalt	Laquila Intrusive Rocks	Laquila Intrusive Rocks	Laquila Intrusive Rocks	Laquila Intrusive Rocks
	Sample Name	s 86722	s 86719	s 86723	s 86724	s BB3	s BB1	D1614	D1616	D1617	D1618-2
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Tholeiite	Basalt / Tholeiite	Granodiorite	Granodiorite	Gabbro	Gabbro
	Latitude	-34.42	-34.42	-34.42	-34.42	-33.32	-33.32	28.19	28.19	28.19	28.19
	Longitude	115.4	115.4	115.4	115.4	115.63	115.63	92.22	92.22	92.22	92.22
	Age Correction (Ma)	130	130	130	130	132.7	132.7	130	130	135	135
	Age reference	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[22]	[176]	[176]	[176]	[176]
	Sm (ppm)	3.7	3.4	3.5	3.2	5.1	3.8	12.73	11.01	6.58	8.43
	Nd (ppm)	12.9	11.3	11.6	10.0	16.8		67.01	55.59	25.27	33.3
	Rb (ppm)	11.0	7.5	12.0	5.6	8.0	4.0	149.55	147.39	42.91	43.83
	Sr (ppm)	161.0	167.0	165.0	163.0	227.0	228.0	242.57	397.94	918.93	679.22
	U (ppm)							3.11	3.05	0.43	0.63
	Pb (ppm)	9.63	6.7	8.48				18.68	24.8	4.96	4.03
	Th (ppm)	2.1	1.7	2.2	1.7	1.3	0.7	29.3	22.44	1.74	2.87
	143Nd/144Nd measured			0.512385	0.512387	0.512741	0.512882	0.511972	0.512058	0.512756	0.512681
	87Sr/86Sr measured	0.708220	0.708170	0.708120	0.707890	0.704820	0.704128	0.72372	0.71906	0.70667	0.70637
	206Pb/204Pb measured	17.996	18.049	18.032	18.046	17.905	17.967	19.293	19.426	18.929	18.863
	207Pb/204Pb measured	15.608	15.717	15.661	15.674	15.584	15.551	15.802	15.877	15.605	15.683
	208Pb/204Pb measured	38.044	39.082	38.333	38.330	38.220	37.946	40.589	40.596	39.079	39.239
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.152	0.162	0.182	0.192	0.185		0.1148	0.1197	0.1574	0.1529
	143Nd/144Nd initial			**0.512230**	**0.512224**	**0.512581**		**0.511874**	**0.511956**	**0.512619**	**0.512548**
	87Rb/86Sr	0.198	0.130	0.210	0.099	0.102	0.051	1.7865	1.0728	0.1351	0.1867
	87Sr/86Sr initial	**0.707855**	**0.707930**	**0.707731**	**0.707706**	**0.704628**	**0.704032**	**0.7204**	**0.7171**	**0.7064**	**0.706**
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial							19.087	19.274	18.821	18.668
	207Pb/204Pb initial							15.792	15.869	15.6	15.673
	208Pb/204Pb initial							39.953	40.229	38.936	38.95
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	130	130	130	130	132.7	132.7	130	130	135	135
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.198	0.130	0.210	0.099	0.102	0.051	1.787	1.073	0.135	0.187
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.707855**	**0.707930**	**0.707731**	**0.707706**	**0.704628**	**0.704032**	**0.720419**	**0.717078**	**0.706411**	**0.706012**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.198	0.130	0.211	0.100	0.102	0.051	1.790	1.075	0.135	0.187
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.151	0.162	0.182	0.192	0.185		0.115	0.120	0.157	0.153
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			**0.512230**	**0.512224**	**0.512581**				**0.512617**	**0.512546**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.152	0.162	0.183	0.192	0.185		0.115	0.120	0.158	0.153
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.198	0.130	0.210	0.099	0.102	0.051	1.787	1.073	0.135	0.187
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.708181**	**0.708144**	**0.708078**	**0.707870**	**0.704800**	**0.704118**	**0.723365**	**0.718847**	**0.706643**	**0.706333**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.198	0.130	0.210	0.099	0.102	0.051	1.787	1.073	0.135	0.187
	(Sm/Nd) measured recalculé			0.182	0.192	0.185		0.115	0.120	0.157	0.153
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			**0.512368**	**0.512369**	**0.512724**		**0.511961**	**0.512047**	**0.512742**	**0.512667**
	(Sm/Nd) initial recalculé			0.182	0.192	0.185		0.115	0.120	0.157	0.153

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	53	54	55	56	57	17	18	19	20	21
	Geochemistry Reference	[176]	[176]	[176]	[176]	[176]	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]
	Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province
	Location	Laguila Intrusive Rocks	Laguila Intrusive Rocks	Laguila Intrusive Rocks	Laguila Intrusive Rocks	Laguila Intrusive Rocks	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation
	Sample Name	D1619	D1620	D1631-1	D1631-2	D1631-3	s CN6-1	s CN2-1	s CN19-1	s CN8-1	s CN20-1
	Rock Type	Gabbro	Gabbro	Diabase	Diabase	Diabase	Diabase	Diabase	Diabase	Diabase	Diabase
	Latitude	28.19	28.19	28.19	28.19	28.19	28	28	28	28	28
	Longitude	92.22	92.22	92.22	92.22	92.22	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9
	Age Correction (Ma)	135	135	133	133	133	145	145	145	145	145
	Age reference	[176]	[176]	[176]	[176]	[176]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]
	Sm (ppm)	7.61	7	9.63	6.7	8.48	8.4	6.9	8.3	10.0	8.0
	Nd (ppm)	30.78	27.38	39.09	26.54	34.46	32.4	27.1	35.1	42.7	33.0
	Rb (ppm)	23.78	36.24	33.09	26.57	30.97	4.8	0.2	4.4	0.5	24.8
	Sr (ppm)	624.16	733.03	558.9	686.81	671.98	445.2	213.7	400.8	614.4	494.5
	U (ppm)	0.59	0.5	0.78	0.48	0.66	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4
	Pb (ppm)	4.87	3.86	6.04	3.99	5.46	3.8	30.3	3.4	6.9	6.6
	Th (ppm)	2.48	2.04	3.38	2.06	2.85	1.3	0.9	2.0	2.4	2.3
	143Nd/144Nd measured	0.512727	0.512753	0.512727	0.512586	0.512850	0.512695	0.512699	0.512707	0.512720	0.512737
	87Sr/86Sr measured	0.7061	0.70579	0.70589	0.70559	0.70689	0.708727	0.709350	0.705129	0.707384	0.705351
	206Pb/204Pb measured	19.008	18.654	18.924		18.839					
	207Pb/204Pb measured	15.633	15.617	15.702		15.678					
	208Pb/204Pb measured	39.2	38.804	39.273		39.148					
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.1495	0.1545	0.1489	0.1525	0.1487	0.157	0.154	0.143	0.142	0.147
	143Nd/144Nd initial	**0.512597**	**0.512619**	**0.512597**	**0.512586**	**0.51258**	**0.512546**	**0.512553**	**0.512571**	**0.512586**	**0.512598**
	87Rb/86Sr	0.1102	0.143	0.1713	0.1119	0.1333	0.031	0.003	0.032	0.002	0.145
	87Sr/86Sr initial	**0.7059**	**0.7055**	**0.7056**	**0.7054**	**0.7066**	**0.708663**	**0.709344**	**0.705064**	**0.707379**	**0.705052**
	238U/204Pb						0.07	0.01	0.13	0.06	0.05
	235U/204Pb						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	232Th/204Pb						0.30	0.03	0.52	0.31	0.31
	206Pb/204Pb initial	18.859	18.492	18.764		18.689					
	207Pb/204Pb initial	15.626	15.609	15.694		15.671					
	208Pb/204Pb initial	38.994	38.59	39.046		38.936					
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	135	135	133	133	133	145	145	145	145	145
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.110	0.143	0.171	0.112	0.133	0.031	0.003	0.032	0.002	0.145
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705889**	**0.705516**	**0.705566**	**0.705378**	**0.706638**	**0.708663**	**0.709344**	**0.705064**	**0.707379**	**0.705052**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.110	0.143	0.172	0.112	0.134	0.031	0.003	0.032	0.002	0.145
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.150	0.155	0.149	0.153	0.149	0.157	0.154	0.143	0.142	0.147
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512595**	**0.512616**	**0.512597**	**0.512453**	**0.512720**	**0.512546**	**0.512553**	**0.512571**	**0.512586**	**0.512598**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.150	0.155	0.149	0.153	0.149	0.157	0.154	0.143	0.142	0.147
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.110	0.143	0.171	0.112	0.133	0.031	0.003	0.032	0.002	0.145
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.706078**	**0.705762**	**0.705856**	**0.705568**	**0.706863**	**0.708721**	**0.709349**	**0.705123**	**0.707384**	**0.705322**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.110	0.143	0.171	0.112	0.133	0.031	0.003	0.032	0.002	0.145
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.150	0.155	0.149	0.153	0.149	0.157	0.154	0.143	0.142	0.147
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512713**	**0.512739**	**0.512713**	**0.512572**	**0.512836**	**0.512681**	**0.512685**	**0.512694**	**0.512707**	**0.512724**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.150	0.155	0.149	0.153	0.149	0.157	0.154	0.143	0.142	0.147

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Geochemistry Reference	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]	[31]
	Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province
	Location	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation	Lakang Formation
	Sample Name	s CN17-3	s CN14-1	s CN24-1	s CN1-1	s CN13-1	s CN23-1	s CN7-1	s CN9-1	s CN22-3	s CN16-1
	Rock Type	Basalt	Diabase	Basalt	Diabase	Diabase	Basalt	Diabase	Diabase	Basalt	Diabase
	Latitude	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	Longitude	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9
	Age Correction (Ma)	145	145	145	145	145	145	145	145	140	132
	Age reference	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]
	Sm (ppm)	8.3	9.2	12.0	9.2	9.4	9.3	9.6	10.4	6.0	3.6
	Nd (ppm)	33.0	40.3	50.0	37.7	37.2	40.7	37.9	41.7	18.6	9.8
	Rb (ppm)	13.8	0.6	6.1	0.4	24.6	21.8	29.4	0.3	15.0	1.3
	Sr (ppm)	1066.2	957.8	157.1	231.3	839.0	528.6	307.0	427.9	220.1	154.1
	U (ppm)	0.5	0.4	0.7	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.7	0.2
	Pb (ppm)	4.0	6.2	8.5	7.1	9.0	4.8	7.4	5.7	5.4	3.5
	Th (ppm)	1.8	1.8	2.7	1.7	1.4	2.0	1.2	1.5	3.0	0.6
	143Nd/144Nd measured	0.512751	0.512763	0.512764	0.512775	0.512791	0.512804	0.512814	0.512834	0.512739	0.512949
	87Sr/86Sr measured	0.704595	0.705961	0.704785	0.707743	0.705871	0.703921	0.709241	0.707705	0.709870	0.705589
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.152	0.138	0.145	0.148	0.153	0.138	0.153	0.151	0.195	0.222
	143Nd/144Nd initial			**0.512626**	**0.512635**	**0.512646**	**0.512673**	**0.512669**	**0.512691**		**0.512746**
	87Rb/86Sr	0.037	0.002	0.112	0.005	0.085	0.119	0.277	0.002	0.197	0.024
	87Sr/86Sr initial			**0.704554**	**0.707733**	**0.705696**	**0.703675**	**0.708670**	**0.707701**		**0.705540**
	238U/204Pb	0.11	0.05	0.07	0.05	0.04	0.09	0.05	0.03	0.11	0.05
	235U/204Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	232Th/204Pb	0.40	0.26	0.28	0.21	0.14	0.37	0.14	0.23	0.49	0.15
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	145	145	145	145	145	145	145	145	140	132
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.037	0.002	0.112	0.005	0.085	0.119	0.277	0.002	0.197	0.024
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704518**	**0.705957**	**0.704554**	**0.707733**	**0.705696**	**0.703675**	**0.708670**	**0.707701**	**0.709478**	**0.705543**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.038	0.002	0.113	0.005	0.085	0.120	0.278	0.002	0.198	0.024
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.152	0.138	0.145	0.148	0.153	0.138	0.153	0.151	0.195	0.222
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512607**	**0.512632**	**0.512626**	**0.512635**	**0.512646**	**0.512673**	**0.512669**	**0.512691**	**0.512560**	**0.512757**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.152	0.138	0.145	0.148	0.153	0.138	0.153	0.151	0.195	0.222
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.037	0.002	0.112	0.005	0.085	0.119	0.277	0.002	0.197	0.024
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704588**	**0.705961**	**0.704763**	**0.707742**	**0.705854**	**0.703897**	**0.709186**	**0.707705**	**0.709831**	**0.705584**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.037	0.002	0.112	0.005	0.085	0.119	0.277	0.002	0.197	0.024
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.152	0.138	0.145	0.148	0.153	0.138	0.153	0.151	0.195	0.222
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512737**	**0.512750**	**0.512751**	**0.512761**	**0.512777**	**0.512791**	**0.512800**	**0.512820**	**0.512721**	**0.512929**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.152	0.138	0.145	0.148	0.153	0.138	0.153	0.151	0.195	0.222

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	32	33	40	42	43	44	45	46	47	48
	Geochemistry Reference	[31]	[31]	[32]	[32]	[32]	[32]	[32]	[32]	[32]	[32]
	Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province
	Location	Lakang Formation	Lakang Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation
	Sample Name	s CN10-1	s CN20-2	s SXI(1)-1-(2)	s SXII(9)-3	s SXII(1)-1	s SXI(1)-1	s SXI(1)-2	s SXI(12)-2	s SXII(9)-1	s SXII(8)-3
	Rock Type	Diabase	Diabase	Not Given	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Not Given	Basalt	Not Given
	Latitude	28	28.061	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746
	Longitude	91.9	92.366	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715
	Age Correction (Ma)	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
	Age reference	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]
	Sm (ppm)	3.4	3.8	9.8	9.9	10.3	9.9	10.3		11.6	
	Nd (ppm)	9.2	10.4	43.8	42.6	45.5	44.5	45.6		52.5	
	Rb (ppm)	3.2	6.5		1.6	11.1	1.1	8.5	110.7	128.9	121.9
	Sr (ppm)	237.6	203.8		273.7	196.1	753.4	387.6	126.9	129.7	73.8
	U (ppm)	0.1	0.1		1.4	1.9	1.2	1.3		1.5	
	Pb (ppm)	3.7	6.2								
	Th (ppm)	0.4	0.4		3.0	3.1	4.1	3.6		3.0	
	143Nd/144Nd measured	0.512961	0.512987	0.512556	0.512619	0.512688					
	87Sr/86Sr measured	0.705061	0.705149		0.707788	0.707680	0.709135	0.710024	0.726431	0.729021	0.731036
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.223	0.221	0.135		0.137	0.119	0.120		0.118	
	143Nd/144Nd initial	**0.512756**	**0.512785**	**0.512439**							
	87Rb/86Sr	0.039	0.092		0.017	0.164	0.004	0.063	2.529	2.881	4.791
	87Sr/86Sr initial	**0.704983**	**0.704965**		**0.707756**	**0.707373**	**0.709127**	**0.709905**	**0.721687**	**0.723615**	**0.722047**
	238U/204Pb	0.02	0.01								
	235U/204Pb	0.00	0.00								
	232Th/204Pb	0.10	0.06								
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.039	0.092		0.017	0.164	0.004	0.063	2.529	2.881	4.791
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704988**	**0.704976**		**0.707756**	**0.707373**	**0.709127**	**0.709905**	**0.721687**	**0.723615**	**0.722047**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.039	0.092		0.017	0.164	0.004	0.064	2.533	2.887	4.800
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.224	0.221	0.135	0.141	0.137	0.118	0.120		0.118	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512768**	**0.512796**	**0.512439**	**0.512497**	**0.512570**					
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.224	0.221	0.136	0.141	0.137	0.119	0.120		0.118	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.039	0.092		0.017	0.164	0.004	0.063	2.529	2.881	4.791
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705053**	**0.705131**		**0.707785**	**0.707647**	**0.709134**	**0.710011**	**0.725928**	**0.728448**	**0.730083**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.039	0.092		0.017	0.164	0.004	0.063	2.529	2.882	4.792
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.224	0.221	0.135	0.141	0.137					
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512941**	**0.512967**	**0.512544**	**0.512606**	**0.512675**					
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.224	0.221	0.135	0.141	0.137					

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	34	35	36	37	38	39	41	77	78	58
	Geochemistry Reference	[33]	[33]	[33]	[33]	[33]	[33]	[33]	[36]	[36]	[37]
	Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Comei Province	Heard Island	Heard Island	Heard Island
	Location	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Sangxiu Formation	Laurens Peninsula Series	Laurens Peninsula Series	Big Ben Series
	Sample Name	s SXI9-1	s SXI8-3	s SXII2-2	s SXI1-1	s SXI2-1	s SXI1-1-2	s SXI1-2	s 65054	s 69244	s 69289
	Rock Type	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite	Trachyandesite	Basanite	Basanite
	Latitude	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746	28.746	-53.12	-53.12	-53.12
	Longitude	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715	90.715	73.33	73.33	73.5
	Age Correction (Ma)	132	132	132	132	132	132	132	1	1	1
	Age reference	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[34]	[43]	[43]	[43]
	Sm (ppm)	13.3	13.6	12.7	9.3	10.0	9.8	9.5			
	Nd (ppm)	70.3	72.8	68.2	41.4	46.0	43.8	42.4			
	Rb (ppm)	131.0	125.0	108.0							39.0
	Sr (ppm)	106.0	71.0	126.0					1189.0	939.0	607.0
	U (ppm)	2.5	2.3	2.3							
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	27.6	29.4	37.1							3.0
	143Nd/144Nd measured	0.511880	0.511892	0.511896	0.512497	0.512552	0.512556	0.512587	0.512720	0.512705	0.512602
	87Sr/86Sr measured								0.704804	0.704862	0.705313
	206Pb/204Pb measured								18.656	18.776	
	207Pb/204Pb measured								15.577	15.588	
	208Pb/204Pb measured								38.980	39.170	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.114	0.113	0.113	0.135	0.132	0.135	0.135			
	143Nd/144Nd initial						**0.512439**	**0.512470**			
	87Rb/86Sr								0.000	0.000	0.186
	87Sr/86Sr initial								**0.704804**	**0.704862**	**0.705310**
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	132	132	132	132	132	132	132	1	1	1
	(Rb/Sr) measured recalculé	3.328	4.741	2.308					0.000	0.000	0.186
	(87Sr/86Sr) initial recalculé								**0.704804**	**0.704862**	**0.705310**
	(Rb/Sr) initial recalculé	3.334	4.750	2.313					0.000	0.000	0.186
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.114	0.113	0.113	0.136	0.132	0.135	0.135			
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.511782**	**0.511794**	**0.511799**	**0.512380**	**0.512438**	**0.512439**	**0.512470**			
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.114	0.113	0.113	0.136	0.132	0.136	0.135			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	1	1	1
	(Rb/Sr) measured recalculé								0.000	0.000	0.186
	(87Sr/86Sr) initial recalculé								**0.704804**	**0.704862**	**0.705310**
	(Rb/Sr) initial recalculé								0.000	0.000	0.186
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.114	0.113	0.113	0.136	0.132	0.135	0.135			
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.511870**	**0.511882**	**0.511886**	**0.512485**	**0.512540**	**0.512544**	**0.512575**			
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.114	0.113	0.113	0.136	0.132	0.135	0.135			

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	59	60	61	62	63	64	65	66	72	76
	Geochemistry Reference	[37]	[37]	[37]	[37]	[37]	[37]	[37]	[37]	[37]	[37]
	Province	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island
	Location	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Drygalski Formation	Laurens Peninsula Series
	Sample Name	s 65001	s 65183	s HC27	s 69287	s 65082	s 65030	s HE43	s 65104	s 65069	s 69245
	Rock Type	Basanite	Basalt, Basanitic	Basalt	Basalt, Basanitic	Trachyandesite	Basalt	Trachyandesite	Trachybasalt	Trachybasalt	Basanite
	Latitude	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12
	Longitude	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.33	73.33
	Age Correction (Ma)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Age reference	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]
	Sm (ppm)	11.1				11.9				9.6	
	Nd (ppm)	52.8				61.8				45.0	
	Rb (ppm)	44.0	62.0	43.0	70.0	65.3	40.0	63.0	54.0	60.4	80.0
	Sr (ppm)	800.0	979.0	600.0	814.0	997.0	543.0	772.0	616.0	1234.0	1013.0
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	6.0	10.0		6.0	7.0	5.0		6.0	6.0	11.0
	143Nd/144Nd measured	0.512630	0.512642	0.512592	0.512527	0.512569	0.512537	0.512520	0.512483	0.512652	0.512706
	87Sr/86Sr measured	0.705335	0.705313	0.705341	0.705518	0.705648	0.705814	0.705969	0.706115	0.705473	0.704859
	206Pb/204Pb measured		18.136				17.958	17.913	17.932		
	207Pb/204Pb measured		15.556				15.568	15.559	15.560		
	208Pb/204Pb measured		38.575				38.473	38.412	38.471		
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.127				0.116				0.129	
	143Nd/144Nd initial	**0.512629**				**0.512568**				**0.512651**	
	87Rb/86Sr	0.159	0.183	0.207	0.249	0.189	0.213	0.236	0.254	0.142	0.228
	87Sr/86Sr initial	**0.705333**	**0.705310**	**0.705338**	**0.705514**	**0.705645**	**0.705811**	**0.705966**	**0.706111**	**0.705471**	**0.704856**
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.159	0.183	0.207	0.249	0.189	0.213	0.236	0.254	0.142	0.228
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705333**	**0.705310**	**0.705338**	**0.705514**	**0.705645**	**0.705811**	**0.705966**	**0.706111**	**0.705471**	**0.704856**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.159	0.183	0.207	0.249	0.189	0.213	0.236	0.254	0.142	0.228
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.127				0.116				0.129	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512629**				**0.512568**				**0.512651**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.127				0.116				0.129	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.159	0.183	0.207	0.249	0.189	0.213	0.236	0.254	0.142	0.228
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705333**	**0.705310**	**0.705338**	**0.705514**	**0.705645**	**0.705811**	**0.705966**	**0.706111**	**0.705471**	**0.704856**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.159	0.183	0.207	0.249	0.189	0.213	0.236	0.254	0.142	0.228
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.127				0.116				0.129	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512629**				**0.512568**				**0.512651**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.127				0.116				0.129	

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	70	68	71	79	67	69	80	73	74	75
	Geochemistry Reference	[37][36]	[37][54]	[37][54]	[37][54]	[37][54][36]	[37][54][36]	[37][54][36][77]	[68]	[68]	[68]
	Province	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island	Heard Island
	Location	Big Ben Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Laurens Peninsula Series	Big Ben Series	Big Ben Series	Mawson Peak	Heard Island	Heard Island	Heard Island
	Sample Name	s H10	s 65143	s H61	s 65254	s 65085	s 65151	s 65171	s BM1967.P9	s BM64986	s BM64992
	Rock Type	Basanite	Basalt	Basanite	Basanite	Basalt	Trachybasalt	Trachybasalt / Basanite	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline
	Latitude	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12	-53.12
	Longitude	73.5	73.5	73.5	73.33	73.5	73.5	73.5	73.33	73.33	73.33
	Age Correction (Ma)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Age reference	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]	[43]
	Sm (ppm)	10.3	8.9	5.3		7.6	9.8	11.0	8.9	10.7	11.9
	Nd (ppm)	51.4	45.0	23.9		36.4	47.7	55.9	45.0	54.0	58.0
	Rb (ppm)	46.9	49.3	24.2	76.0	40.0	52.0	57.8	34.0	57.0	45.0
	Sr (ppm)	955.0	638.0	415.0	960.0	589.0	604.0	818.0	635.0	845.0	839.0
	U (ppm)					0.0		2.0	0.8	1.2	1.0
	Pb (ppm)					3.0					
	Th (ppm)	6.0	9.0	4.0	10.0	5.0	7.0	9.0	3.4	5.6	5.3
	143Nd/144Nd measured	0.512618	0.512549	0.512648	0.512729	0.512604	0.512508	0.512581	0.512597	0.512582	
	87Sr/86Sr measured	0.705234	0.705676	0.705345	0.704728	0.705484	0.705995	0.705321	0.705410	0.705550	0.705750
	206Pb/204Pb measured	18.189			18.832	18.110	17.953	18.211		18.009	17.993
	207Pb/204Pb measured	15.566			15.601	15.564	15.550	15.567		15.547	15.559
	208Pb/204Pb measured	38.646			39.270	38.590	38.420	38.508		38.461	38.511
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.121	0.119	0.134		0.127	0.125	0.119	0.120	0.120	0.109
	143Nd/144Nd initial	**0.512617**	**0.512548**	**0.512647**		**0.512603**	**0.512507**	**0.512580**	**0.512596**	**0.512581**	
	87Rb/86Sr	0.142	0.223	0.168	0.229	0.196	0.249	0.204	0.155	0.195	0.155
	87Sr/86Sr initial	**0.705232**	**0.705673**	**0.705343**	**0.704725**	**0.705481**	**0.705991**	**0.705318**	**0.705408**	**0.705547**	**0.705748**
	238U/204Pb					0.00					
	235U/204Pb					0.00					
	232Th/204Pb					107.34					
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.142	0.223	0.168	0.229	0.196	0.249	0.204	0.155	0.195	0.155
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705232**	**0.705673**	**0.705343**	**0.704725**	**0.705481**	**0.705991**	**0.705318**	**0.705408**	**0.705547**	**0.705748**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.142	0.223	0.168	0.229	0.196	0.249	0.204	0.155	0.195	0.155
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.121	0.119	0.134		0.127	0.125	0.119	0.120	0.120	0.109
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512617**	**0.512548**	**0.512647**		**0.512603**	**0.512507**	**0.512580**	**0.512596**	**0.512581**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.121	0.119	0.134		0.127	0.125	0.119	0.120	0.120	0.109
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.142	0.223	0.168	0.229	0.196	0.249	0.204	0.155	0.195	0.155
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705232**	**0.705673**	**0.705343**	**0.704725**	**0.705481**	**0.705991**	**0.705318**	**0.705408**	**0.705547**	**0.705748**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.142	0.223	0.168	0.229	0.196	0.249	0.204	0.155	0.195	0.155
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.121	0.119	0.134		0.127	0.125	0.119	0.120	0.120	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512617**	**0.512548**	**0.512647**		**0.512603**	**0.512507**	**0.512580**	**0.512596**	**0.512581**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.121	0.119	0.134		0.127	0.125	0.119	0.120	0.120	

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634
	Geochemistry Reference	[102]	[102]	[102]	[102]	[102]	[102]	[102]	[102]	[102]	[102]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	CHRHYAM-001-005	CHRHYAM-002	CHRHYAM-003-003	CHRHYAM-004-043	CHRHYAM-004-062	CHRHYAM-005-001	CHRHYAM-006-025	CHRHYAM-007-002	CHRHYAM-009-007	CHRHYAM-009-008
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Basalt	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite
	Latitude	-40.34	-39.68	-37.52	-34.91	-34.91	-34.96	-32.51	-31.26	-30.33	-30.33
	Longitude	78.65	78.48	78.43	78.67	78.67	78.54	77.43	76.5	75.76	75.76
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.06	4.18	5.9	2.48	1.82	2.14	3.09	2.75	3.18	3.19
	Nd (ppm)	5.85	14	23	7.7	4.8	6.45	8.99	8.25	9.4	9.43
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513032	0.512854	0.512822	0.512991	0.512899	0.512963	0.513083	0.513056	0.513073	0.513059
	87Sr/86Sr measured	0.70343	0.70405	0.70411	0.70312	0.70367	0.70321	0.70296	0.70283	0.70287	0.70288
	206Pb/204Pb measured	18.02	18.085	18.738	18.331	18.411	18.406	17.952	17.884	17.927	17.908
	207Pb/204Pb measured	15.518	15.561	15.576	15.53	15.568	15.551	15.477	15.467	15.467	15.483
	208Pb/204Pb measured	37.985	38.445	39.009	38.215	38.36	38.37	37.826	37.726	37.726	37.783
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.213	0.181	0.155	0.195	0.229	0.201	0.208	0.202	0.205	0.205
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513032**	**0.512854**	**0.512822**	**0.512991**	**0.512899**	**0.512963**	**0.513083**	**0.513056**	**0.513073**	**0.513059**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.213	0.181	0.155	0.195	0.229	0.201	0.208	0.202	0.205	0.205
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.213	0.181	0.155	0.195	0.229	0.201	0.208	0.202	0.205	0.205
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513032**	**0.512854**	**0.512822**	**0.512991**	**0.512899**	**0.512963**	**0.513083**	**0.513056**	**0.513073**	**0.513059**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.213	0.181	0.155	0.195	0.229	0.201	0.208	0.202	0.205	0.205

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	635	636	649	885	891	895	898	899	900	911
	Geochemistry Reference	[102]	[102]	[114]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	CHRHYAM-010-014	CHRHYAM-STPAUL	DUF0037-006-002	ODP0187-1152A-001R-001/025-029	ODP0187-1152B-004R-002/020-024	ODP0187-1153A-007W-004/065-069	ODP0187-1153A-008R-001/101-102	ODP0187-1153A-008R-001/134-137	ODP0187-1154A-002R-001/025-027	ODP0187-1154A-009R-001/046-050
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-28.9	-38.7	-38.978	-41.8979	-41.8972	-41.2715	-41.2715	-41.2715	-41.4778	-41.4778
	Longitude	74.67	77.5	78.138	127.0067	127.0076	129.8151	129.8151	129.8151	131.3173	131.3173
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	1.76	3.39	3.19	4.69	3.54	4.41		4.15	4.38	4.5
	Nd (ppm)	5.1	13.41	10.79	14.33	10.9	12.49		11.98	12.38	12.2
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513077	0.512925	0.512821	0.512978	0.512987	0.51308	0.513053	0.513073	0.5131	0.513076
	87Sr/86Sr measured	0.70302	0.70363	0.70463	0.703134	0.703067	0.702758	0.702734	0.702777	0.702644	0.702629
	206Pb/204Pb measured	17.925	18.696	18.008	18.0625	18.0625	18.3053	18.422	18.428	18.617	18.5975
	207Pb/204Pb measured	15.509	15.583	15.555	15.4757	15.4757	15.4716	15.4864	15.4884	15.4954	15.4878
	208Pb/204Pb measured	37.822	38.802	38.636	37.9914	37.9871	37.9344	38.0487	38.056	38.1483	38.1148
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.209	0.153	0.179	0.198	0.196	0.214		0.210	0.214	0.223
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513077**	**0.512925**	**0.512821**	**0.512978**	**0.512987**	**0.513080**		**0.513073**	**0.513100**	**0.513076**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.209	0.153	0.179	0.198	0.196	0.214		0.210	0.214	0.223
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.209	0.153	0.179	0.198	0.196	0.214		0.210	0.214	0.223
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513077**	**0.512925**	**0.512821**	**0.512978**	**0.512987**	**0.513080**		**0.513073**	**0.513100**	**0.513076**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.209	0.153	0.179	0.198	0.196	0.214		0.210	0.214	0.223

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	912	914	918	922	923	924	929	931	935	937
	Geochemistry Reference	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1155A-002R-001/029-032	ODP0187-1155A-007R-001/016-019	ODP0187-1155B-004R-001/076-080	ODP0187-1155B-006R-002/140-144	ODP0187-1155B-008R-002/005-009	ODP0187-1155B-008R-002/005-009	ODP0187-1156A-002R-003/018-024	ODP0187-1156A-002R-003/135-138	ODP0187-1156B-002R-001/072-082	ODP0187-1156B-005R-001/120-123
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-42.7332	-42.7332	-42.73145	-42.73145
	Longitude	127.9948	127.9948	127.9924	127.9924	127.9924	127.9924	127.8882	127.8882	127.888045	127.888045
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.93	2.59	2.1	2.41	2.52	2.41	2.73	2.79		2.6
	Nd (ppm)	11.93	7.82	6.19	6.75	6.96	6.33	7.98	7.8		7.8
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513031	0.513026	0.513049	0.513055	0.513048	0.513039	0.51301	0.513001	0.513011	0.512982
	87Sr/86Sr measured	0.702879	0.70299	0.702848	0.702854	0.702804	0.702877	0.702994	0.702921	0.703017	0.703007
	206Pb/204Pb measured	18.0937	17.9871	18.0056	18.0061	17.9968	17.9982	18.0288	18.0282	18.0148	18.011
	207Pb/204Pb measured	15.4866	15.471	15.4542	15.4606	15.455	15.4542	15.4662	15.4649	15.4642	15.4642
	208Pb/204Pb measured	37.9063	37.7631	37.7568	37.7819	37.7611	37.7597	37.8457	37.8424	37.8494	37.8429
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.199	0.200	0.205	0.216	0.219	0.230	0.207	0.216		0.202
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513031**	**0.513026**	**0.513049**	**0.513055**	**0.513048**	**0.513039**	**0.513010**	**0.513001**		**0.512982**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.199	0.200	0.205	0.216	0.219	0.230	0.207	0.216		0.202
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.199	0.200	0.205	0.216	0.219	0.230	0.207	0.216		0.202
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513031**	**0.513026**	**0.513049**	**0.513055**	**0.513048**	**0.513039**	**0.513010**	**0.513001**		**0.512982**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.199	0.200	0.205	0.216	0.219	0.230	0.207	0.216		0.202

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	938	942	945	946	950	956	957	959	963	964
	Geochemistry Reference	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1157A-001W-CC/012-016	ODP0187-1157A-002R-001/086-090	ODP0187-1157A-003R-001/030-032	ODP0187-1157A-003R-001/128-132	ODP0187-1157B-003R-001/055-058	ODP0187-1157B-006R-001/043-047	ODP0187-1157B-008R-001/012-016	ODP0187-1158A-003R-001/010-013	ODP0187-1158B-004R-001/111-114	ODP0187-1159A-002R-001/020-024
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-43.2611	-43.2611	-43.2611	-43.2611	-43.2613	-43.2613	-43.2613	-43.946283	-43.946395	-45.9567
	Longitude	128.8861	128.8861	128.8861	128.8861	128.8838	128.8838	128.8838	128.828265	128.8283	129.9999
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.02	4.42	4.35	4.18	3.32	3.41	3.47	3.94	4.37	4.37
	Nd (ppm)	8.65	12.49	12.05	11.86	9.83	10.11	10.46	11.86	12.7	12.17
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513021	0.513066	0.513064	0.513061	0.513038	0.51305	0.51306	0.512982	0.513066	0.51308
	87Sr/86Sr measured	0.702942	0.702661	0.702729	0.70282	0.702867	0.702913	0.702852	0.703283	0.702725	0.702627
	206Pb/204Pb measured	17.9848	18.692	18.6895	18.6493	17.9842	17.987	17.9854	18.3142	18.5812	18.7117
	207Pb/204Pb measured	15.4608	15.5054	15.5027	15.4973	15.456	15.4566	15.4575	15.4918	15.5001	15.5054
	208Pb/204Pb measured	37.8079	38.242	38.2411	38.2084	37.757	37.758	37.7611	38.091	38.1773	38.257
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.211	0.214	0.218	0.213	0.204	0.204	0.201	0.201	0.208	0.217
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513021**	**0.513066**	**0.513064**	**0.513061**	**0.513038**	**0.513050**	**0.513060**	**0.512982**	**0.513066**	**0.513080**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.211	0.214	0.218	0.213	0.204	0.204	0.201	0.201	0.208	0.217
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.211	0.214	0.218	0.213	0.204	0.204	0.201	0.201	0.208	0.217
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513021**	**0.513066**	**0.513064**	**0.513061**	**0.513038**	**0.513050**	**0.513060**	**0.512982**	**0.513066**	**0.513080**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.211	0.214	0.218	0.213	0.204	0.204	0.201	0.201	0.208	0.217

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	968	974	978	981	993	998	1000	1003	1004	1007
	Geochemistry Reference	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1159A-006R-002/083-087	ODP0187-1160A-003R-001/019-021	ODP0187-1160B-003R-001/066-068	ODP0187-1160B-004R-002/122-126	ODP0187-1160B-009R-001/127-129	ODP0187-1161A-003R-001/073-077	ODP0187-1161A-004R-001/120-124	ODP0187-1161B-003R-001/039-042	ODP0187-1162B-006R-001/069-074	ODP0187-1163A-002R-002/067-070
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-45.9567	-44.009978	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.2866	-44.2866	-44.2846	-44.63207	-44.42446
	Longitude	129.9999	134.998285	134.9983	134.9983	134.9983	129.0513	129.0513	129.0513	129.188015	126.9083
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.79	3.45	2.58	1.97	2.27	3.17	2.85	5.02	4.23	2.17
	Nd (ppm)	10.54	9.96	6.69	4.94	5.34	9.15	7.56	14.72	12.18	5.83
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513072	0.513074	0.513076	0.513107	0.513096	0.51308	0.513052	0.513033	0.513065	0.513013
	87Sr/86Sr measured	0.702661	0.702542	0.702607	0.702529	0.702576	0.702894	0.703028	0.702946	0.703501	0.702996
	206Pb/204Pb measured	18.6604	18.8684	18.7161	18.835	18.7657	17.9743	17.9182	18.1564	18.1136	18.0699
	207Pb/204Pb measured	15.5011	15.5203	15.4871	15.527	15.4981	15.4593	15.4557	15.4733	15.4755	15.4704
	208Pb/204Pb measured	38.2166	38.3609	38.2132	38.378	38.2517	37.746	37.6837	37.8952	37.8487	37.914
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.217	0.210	0.233	0.241	0.257	0.210	0.228	0.206	0.210	0.225
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513072**	**0.513074**	**0.513076**	**0.513107**	**0.513096**	**0.513080**	**0.513052**	**0.513033**	**0.513065**	**0.513013**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.217	0.210	0.233	0.241	0.257	0.210	0.228	0.206	0.210	0.225
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.217	0.210	0.233	0.241	0.257	0.210	0.228	0.206	0.210	0.225
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513072**	**0.513074**	**0.513076**	**0.513107**	**0.513096**	**0.513080**	**0.513052**	**0.513033**	**0.513065**	**0.513013**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.217	0.210	0.233	0.241	0.257	0.210	0.228	0.206	0.210	0.225

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1009	1011	1016	1018	1020	1027	1031	1036	1039	1049
	Geochemistry Reference	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[125]	[126][125]	[126][125]	[126][125]	[126][125]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1163A-003R-002/002-006	ODP0187-1163A-006R-003/046-049	ODP0187-1163A-010R-001/116-120	ODP0187-1164A-004R-001/020-024	ODP0187-1164B-003R-001/093-097	ODP0187-1164B-010R-001/021-025	VEM0033-1-001-002	VEM0033-1-002-019	VEM0033-1-003-004	VEM0033-2-007-007
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-44.4246	-44.4246	-44.4246	-43.7483	-43.7492	-43.7492	-50.408	-50.267	-50.417	-49.033
	Longitude	126.9083	126.9083	126.9083	127.7482	127.7461	127.7461	131.005	132.55	135.09	124
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.21	3.5	3.35	3.42	2.94	2.58				
	Nd (ppm)	9.95	9.79	10.15	9.94	8.3	7.13				
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512999	0.512992	0.512988	0.513033	0.513005	0.513001	0.513072	0.513072	0.513058	0.513035
	87Sr/86Sr measured	0.703017	0.703064	0.702995	0.702923	0.702966	0.702946				
	206Pb/204Pb measured	18.0494	18.0767	18.0757	18.0418	18.0469	18.0664				
	207Pb/204Pb measured	15.4678	15.4669	15.4633	15.4607	15.4703	15.4692				
	208Pb/204Pb measured	37.8998	37.9281	37.9165	37.8584	37.8838	37.8911				
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.195	0.216	0.200	0.208	0.214	0.219				
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512999**	**0.512992**	**0.512988**	**0.513033**	**0.513005**	**0.513001**				
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.195	0.216	0.200	0.208	0.214	0.219				
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.195	0.216	0.200	0.208	0.214	0.219				
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512999**	**0.512992**	**0.512988**	**0.513033**	**0.513005**	**0.513001**				
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.195	0.216	0.200	0.208	0.214	0.219				

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1051	1053	1056	1060	1050	1041	1043	1045	1047	1029
	Geochemistry Reference	[126][125]	[126][125]	[126][125]	[126][125]	[126][85]	[126][85][125]	[126][85][125]	[126][85][125]	[126][85][125]	[126][94]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	VEM0033-2-008-006	VEM0033-2-009-001	VEM0033-2-010-010	VEM0033-2-011-006	VEM0033-2-008-002	VEM0033-1-004-001	VEM0033-1-005-005	VEM0033-1-006-001	VEM0033-2-007-003	VEM0033-1-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-49.467	-49.808	-49.917	-49.858	-49.467	-50.215	-48.738	-50.3	-49.033	-50.408
	Longitude	121.033	119.175	115.375	118	121.033	137.555	127.08	130.417	124	131.005
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)							2.72	4.7		4.77
	Nd (ppm)							8.14	14.07		15.9
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512988	0.513017	0.513006	0.51304		0.513086	0.513074	0.513077	0.513012	0.51305
	87Sr/86Sr measured	0.703212	0.702849			0.70612	0.70297		0.70415		0.70261
	206Pb/204Pb measured	18.2441	18.0908	17.7835							18.75
	207Pb/204Pb measured	15.4927	15.4886	15.5084							15.49
	208Pb/204Pb measured	38.2809	38.0125	37.887							38.19
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé							0.202	0.202		0.181
	(143Nd/144Nd) initial recalculé							**0.513074**	**0.513077**		**0.513050**
	(Sm/Nd) initial recalculé							0.202	0.202		0.181
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé							0.202	0.202		0.181
	(143Nd/144Nd) initial recalculé							**0.513074**	**0.513077**		**0.513050**
	(Sm/Nd) initial recalculé							0.202	0.202		0.181

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1044	1052	1054	1055	1059	1035	1038	1040	1048	1046
	Geochemistry Reference	[127]	[127][126]	[127][126]	[127][126]	[127][126]	[127][126][111]	[127][126][111]	[127][126][111]	[127][126][125]	[127][126][163][125]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	VEM0033-1-006-001	VEM0033-2-008-008	VEM0033-2-009-002	VEM0033-2-010-010	VEM0033-2-011-006	VEM0033-1-002-019	VEM0033-1-003-004	VEM0033-1-004-001	VEM0033-2-007-007	VEM0033-2-007-003
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-50.3	-49.467	-49.808	-49.917	-49.858	-50.267	-50.417	-50.215	-49.033	-49.033
	Longitude	130.417	121.033	119.175	115.375	118	132.55	135.09	137.555	124	124
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.8	3.29	3.15	2.74	2.6	4.5	3.848	2.63	2.71	3.57
	Nd (ppm)	13.99	10.79	8.9	8.35	7.64	12.93	12.315	7.45	8.07	11.8
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513102	0.512972	0.513036	0.512978	0.513041	0.513058	0.513074	0.513139	0.513007	0.513007
	87Sr/86Sr measured	0.70259	0.70314	0.70293	0.70346	0.70284	0.70261	0.70257	0.70253	0.703	0.7029
	206Pb/204Pb measured	18.617	18.225	18.248	17.772	17.944	18.911	18.998	18.812	18.008	18.057
	207Pb/204Pb measured	15.48	15.465	15.489	15.494	15.409	15.514	15.613	15.503	15.462	15.439
	208Pb/204Pb measured	38.095	38.211	38.003	37.837	37.743	38.319	38.468	38.166	37.794	37.858
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.208	0.184	0.214	0.198	0.206	0.211	0.189	0.214	0.203	0.183
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513102**	**0.512972**	**0.513036**	**0.512978**	**0.513041**	**0.513058**	**0.513074**	**0.513139**	**0.513007**	**0.513007**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.208	0.184	0.214	0.198	0.206	0.211	0.189	0.214	0.203	0.183
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.208	0.184	0.214	0.198	0.206	0.211	0.189	0.214	0.203	0.183
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513102**	**0.512972**	**0.513036**	**0.512978**	**0.513041**	**0.513058**	**0.513074**	**0.513139**	**0.513007**	**0.513007**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.208	0.184	0.214	0.198	0.206	0.211	0.189	0.214	0.203	0.183

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1030	1042	870	876	881	883	884	887	888	890
	Geochemistry Reference	[127][126][163][125][111]	[127][163][111]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	VEM0033-1-001-002	VEM0033-1-005-005	MOA8801-017-033	MOA8801-027-008	MOA8801-029-005	ODP0187-1152A-001R-001/021-025A	ODP0187-1152A-001R-001/021-025S	ODP0187-1152A-001R-001/073-077	ODP0187-1152B-003R-001/001-009	ODP0187-1152B-004R-001/079-081
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-50.408	-48.738	-50.222	-49.062	-48.907	-41.8979	-41.8979	-41.8979	-41.8972	-41.8972
	Longitude	131.005	127.08	127.417	124.965	124.468	127.0067	127.0067	127.0067	127.0076	127.0076
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.91	3.09				5.92	5.76	5.56		4.3
	Nd (ppm)	17.052	8.89				18.3	17.4	16.8		13.1
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513065	0.513118	0.513075	0.513035	0.513041	0.512939	0.512951	0.512957	0.512955	0.51296
	87Sr/86Sr measured	0.70264	0.70255	0.702506	0.70296	0.702929	0.703651	0.703665	0.703585	0.703066	0.703692
	206Pb/204Pb measured	18.805	18.572								
	207Pb/204Pb measured	15.499	15.482								
	208Pb/204Pb measured	38.262	38.097								
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.174	0.210				0.196	0.200	0.200		0.199
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513065**	**0.513118**				**0.512939**	**0.512951**	**0.512957**		**0.512960**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.174	0.210				0.196	0.200	0.200		0.199
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.174	0.210				0.196	0.200	0.200		0.199
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513065**	**0.513118**				**0.512939**	**0.512951**	**0.512957**		**0.512960**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.174	0.210				0.196	0.200	0.200		0.199

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	902	907	910	926	928	932	934	940	941	947
	Geochemistry Reference	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1154A-002R-001/075-077	ODP0187-1154A-005R-001/091-093	ODP0187-1154A-008R-002/051-055	ODP0187-1155B-009R-002/019-022	ODP0187-1156A-002R-002/076-080	ODP0187-1156A-003R-001/015-019	ODP0187-1156A-003R-001/140-144	ODP0187-1157A-002R-001/025-027A	ODP0187-1157A-002R-001/025-027F	ODP0187-1157B-002R-001/010-012
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-41.4778	-41.4778	-41.4778	-41.9582	-42.7332	-42.7332	-42.7332	-43.2611	-43.2611	-43.2613
	Longitude	131.3173	131.3173	131.3173	127.9924	127.8882	127.8882	127.8882	128.8861	128.8861	128.8838
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.62	4.31	5.05		2.95	3.29	2.82	9.68	4.35	3.99
	Nd (ppm)	13.1	12	14.4		8.6	9.81	8.26	28	12.6	11.9
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513061	0.51307	0.513057	0.51304	0.512991	0.512998	0.513001	0.513032	0.513045	0.513008
	87Sr/86Sr measured	0.703051	0.703183	0.703298	0.702828	0.703332	0.703529	0.703233	0.703599	0.703145	0.703277
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.213	0.217	0.212		0.207	0.203	0.206	0.209	0.209	0.203
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513061**	**0.513070**	**0.513057**		**0.512991**	**0.512998**	**0.513001**	**0.513032**	**0.513045**	**0.513008**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.213	0.217	0.212		0.207	0.203	0.206	0.209	0.209	0.203
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.213	0.217	0.212		0.207	0.203	0.206	0.209	0.209	0.203
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513061**	**0.513070**	**0.513057**		**0.512991**	**0.512998**	**0.513001**	**0.513032**	**0.513045**	**0.513008**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.213	0.217	0.212		0.207	0.203	0.206	0.209	0.209	0.203

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	948	953	954	955	958	960	961	962	965	966
	Geochemistry Reference	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1157B-002R-001/050-053	ODP0187-1157B-004R-001/136-140/E	ODP0187-1157B-004R-001/136-140/G	ODP0187-1157B-004R-001/136-140/M	ODP0187-1157B-008R-002/090-093	ODP0187-1158B-004R-001/034-038	ODP0187-1158B-004R-001/046-048A	ODP0187-1158B-004R-001/046-048S	ODP0187-1159A-005R-001/014-019A	ODP0187-1159A-005R-001/014-019M
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-43.2613	-43.2613	-43.2613	-43.2613	-43.2613	-43.946395	-43.946395	-43.946395	-45.9567	-45.9567
	Longitude	128.8838	128.8838	128.8838	128.8838	128.8838	128.8283	128.8283	128.8283	129.9999	129.9999
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.51	3.96		3.53	3.57		5.13	4.28	4.77	5
	Nd (ppm)	10.2	11.7		10.4	10.5		14.7	12.3	13.6	14.3
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513042	0.513025	0.513044	0.513033	0.513045	0.513046	0.513042	0.513049	0.513049	0.513043
	87Sr/86Sr measured	0.703195	0.703444	0.702845	0.703294	0.703243	0.702694	0.703642	0.703043	0.70331	0.702873
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.208	0.205		0.205	0.206		0.211	0.210	0.212	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513042**	**0.513025**		**0.513033**	**0.513045**		**0.513042**	**0.513049**	**0.513049**	**0.513043**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.208	0.205		0.205	0.206		0.211	0.210	0.212	0.211
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.208	0.205		0.205	0.206		0.211	0.210	0.212	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513042**	**0.513025**		**0.513033**	**0.513045**		**0.513042**	**0.513049**	**0.513049**	**0.513043**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.208	0.205		0.205	0.206		0.211	0.210	0.212	0.211

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	969	970	979	986	990	994	996	999	1001	1002
	Geochemistry Reference	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1159A-007R-001/014-018F	ODP0187-1159A-007R-001/014-018M	ODP0187-1160B-004R-002/082-085	ODP0187-1160B-007R-001/012-014	ODP0187-1160B-009R-001/000-002	ODP0187-1160B-009R-003/021-026	ODP0187-1161A-003R-001/001-005	ODP0187-1161A-004R-001/086-090	ODP0187-1161B-002R-001/032-034	ODP0187-1161B-003R-001/022-025
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-45.9567	-45.9567	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.2866	-44.2866	-44.2846	-44.2846
	Longitude	129.9999	129.9999	134.9983	134.9983	134.9983	134.9983	129.0513	129.0513	129.0513	129.0513
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.31	6.11					4.78	3.13	5.04	4.11
	Nd (ppm)	12.2	17.6					13.5	8.72	14.1	11.7
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513049	0.513013	0.513063	0.513051	0.513055	0.513046	0.51303	0.513046	0.513052	0.513045
	87Sr/86Sr measured	0.703359	0.703546	0.703239	0.702536	0.702541	0.702872	0.703597	0.703437	0.703196	0.703523
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.214	0.210					0.214	0.217	0.216	0.212
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513049**	**0.513013**					**0.513030**	**0.513046**	**0.513052**	**0.513045**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.214	0.210					0.214	0.217	0.216	0.212
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.214	0.210					0.214	0.217	0.216	0.212
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513049**	**0.513013**					**0.513030**	**0.513046**	**0.513052**	**0.513045**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.214	0.210					0.214	0.217	0.216	0.212

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1008	1010	1013	1014	1023	1024	1025	1026	920	921
	Geochemistry Reference	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129]	[129][128]	[129][128]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1163A-003R-001/027-029	ODP0187-1163A-006R-001/104-109	ODP0187-1163A-008R-001/051-056	ODP0187-1163A-009R-001/094-097	ODP0187-1164B-008R-001/081-086	ODP0187-1164B-008R-001/084-088A	ODP0187-1164B-008R-001/084-088M	ODP0187-1164B-010R-001/017-020	ODP0187-1155B-005R-002/014-016	ODP0187-1155B-006R-002/014-017
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-44.4246	-44.4246	-44.4246	-44.4246	-43.7492	-43.7492	-43.7492	-43.7492	-41.9582	-41.9582
	Longitude	126.9083	126.9083	126.9083	126.9083	127.7461	127.7461	127.7461	127.7461	127.9924	127.9924
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)		0.99	3.29	2.93		3.13	2.85	2.54	2.22	2.5
	Nd (ppm)		3.96	10.1	8.37		9.74	8.06	7.24	6.34	7
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512996	0.51238	0.512969	0.512975	0.512994	0.512986	0.512987	0.512982	0.513037	0.513027
	87Sr/86Sr measured	0.702927	0.711147	0.703242	0.703232	0.702901	0.7034	0.703363	0.703301	0.703197	0.703521
	206Pb/204Pb measured									18.015	18.186
	207Pb/204Pb measured									15.452	15.471
	208Pb/204Pb measured									37.749	37.765
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé		0.151	0.197	0.212		0.194	0.214	0.212	0.212	0.216
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512380**	**0.512969**	**0.512975**		**0.512986**	**0.512987**	**0.512982**	**0.513037**	**0.513027**
	(Sm/Nd) initial recalculé		0.151	0.197	0.212		0.194	0.214	0.212	0.212	0.216
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé		0.151	0.197	0.212		0.194	0.214	0.212	0.212	0.216
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512380**	**0.512969**	**0.512975**		**0.512986**	**0.512987**	**0.512982**	**0.513037**	**0.513027**
	(Sm/Nd) initial recalculé		0.151	0.197	0.212		0.194	0.214	0.212	0.212	0.216

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	927	976	980	987	786	787	788	789	790	791
	Geochemistry Reference	[129][128]	[129][128]	[129][128]	[129][128]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1155B-009R-002/025-029	ODP0187-1160B-002R-001/021-025	ODP0187-1160B-004R-002/114-119	ODP0187-1160B-007R-001/049-052	MELBMRG-6-033-002	MELBMRG-6-034-001	MELBMRG-6-036-001	MELWEST-10-048WC	MELWEST-10-065-009	MELWEST-10-069-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-41.9582	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-42.115	-41.517	-41.098	-46.09	-43.08217	-41.87
	Longitude	127.9924	134.9983	134.9983	134.9983	88.042	87.092	86.23	95.93	91.09467	88.92217
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.39	2.58	2.07	2.15		4.42	4.34	3.73	3.74	1.79
	Nd (ppm)	6.75	6.81	5.29	5.43		12.1	12	14.7	10.9	4.77
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513037	0.513057	0.513059	0.513053	0.512889	0.512904	0.512943	0.512963	0.513038	0.512954
	87Sr/86Sr measured	0.703332	0.702965	0.703019	0.702722	0.70364	0.70358	0.70348	0.70309	0.70302	0.70331
	206Pb/204Pb measured	18.012	18.728	18.872	18.747	17.97	17.812	17.735	18.494	17.868	18.03
	207Pb/204Pb measured	15.459	15.484	15.504	15.504	15.501	15.497	15.487	15.519	15.48	15.473
	208Pb/204Pb measured	37.765	38.192	38.297	38.234	37.979	37.886	37.76	38.25	37.564	37.892
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.214	0.229	0.237	0.239		0.221	0.219	0.153	0.208	0.227
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513037**	**0.513057**	**0.513059**	**0.513053**		**0.512904**	**0.512943**	**0.512963**	**0.513038**	**0.512954**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.214	0.229	0.237	0.239		0.221	0.219	0.153	0.208	0.227
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.214	0.229	0.237	0.239		0.221	0.219	0.153	0.208	0.227
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513037**	**0.513057**	**0.513059**	**0.513053**		**0.512904**	**0.512943**	**0.512963**	**0.513038**	**0.512954**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.214	0.229	0.237	0.239		0.221	0.219	0.153	0.208	0.227

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-070-032	MELWEST-10-071-001	MELWEST-10-072-002	MELWEST-10-073-008	MELWEST-10-074-002	MELWEST-10-075-004	MELWEST-10-076-001	MELWEST-10-077-007	MELWEST-10-078-002	MELWEST-10-079-017
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-42.568	-42.88633	-43.41717	-43.46833	-43.42817	-43.5785	-43.88233	-44.11667	-44.833	-45.106
	Longitude	90.204	90.79517	91.28917	91.684	92.33333	92.677	93.11433	93.773	94.83283	95.40883
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.58	3.3	2.37	4.27	3.76	3.31	3.55	4.36	2.85	4
	Nd (ppm)	10.6	9.45	6.6	12.11	11.8	10.07	11.16	12.68	8.38	11.5
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513021	0.51304	0.513029	0.513032	0.513016	0.512995	0.512961	0.51306	0.513012	0.513018
	87Sr/86Sr measured	0.70302	0.70293	0.70298	0.70302	0.70314	0.70324	0.70332	0.70292	0.70312	0.70304
	206Pb/204Pb measured	17.91	17.863	17.97	17.868	17.848	17.844	17.874	17.793	17.871	17.875
	207Pb/204Pb measured	15.474	15.479	15.464	15.485	15.464	15.478	15.484	15.465	15.489	15.477
	208Pb/204Pb measured	37.646	37.456	37.661	37.569	37.549	37.547	37.586	37.443	37.537	37.523
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.204	0.211	0.217	0.213	0.193	0.199	0.192	0.208	0.206	0.210
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513021**	**0.513040**	**0.513029**	**0.513032**	**0.513016**	**0.512995**	**0.512961**	**0.513060**	**0.513012**	**0.513018**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.204	0.211	0.217	0.213	0.193	0.199	0.192	0.208	0.206	0.210
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.204	0.211	0.217	0.213	0.193	0.199	0.192	0.208	0.206	0.210
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513021**	**0.513040**	**0.513029**	**0.513032**	**0.513016**	**0.512995**	**0.512961**	**0.513060**	**0.513012**	**0.513018**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.204	0.211	0.217	0.213	0.193	0.199	0.192	0.208	0.206	0.210

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-081-001	MELWEST-10-082-035	MELWEST-10-083-017	MELWEST-10-084-007	MELWEST-10-087-038	MELWEST-10-088-001	MELWEST-10-089-004	MELWEST-10-089-107	MELWEST-10-090-001	MELWEST-10-091-003
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-45.17433	-45.1845	-45.05117	-45.1105	-46.77817	-47.076	-47.44633	-47.44633	-47.71067	-47.90948
	Longitude	95.59	95.69833	95.764	95.93217	96.3675	96.8325	97.512	97.512	98.15683	98.60125
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3	3.12	2.74	3.26	2.99	2.41	3.84	3.51	3.32	5.81
	Nd (ppm)	8.83	9.24	9.49	9.69	8.31	6.53	13.02	11.4	9.82	17.6
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513011	0.513018	0.512986	0.513036	0.512981	0.513015	0.512911	0.512952	0.51296	0.512986
	87Sr/86Sr measured	0.70305	0.70311	0.7032	0.70308	0.70323	0.70314	0.70361	0.70339	0.70308	0.70315
	206Pb/204Pb measured	17.883	17.926	18.133	17.754	17.731	17.841	17.937	17.859	17.843	17.914
	207Pb/204Pb measured	15.479	15.479	15.504	15.463	15.47	15.481	15.499	15.492	15.483	15.483
	208Pb/204Pb measured	37.546	37.55	37.92	37.498	37.596	37.786	37.801	37.743	37.614	37.682
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.205	0.204	0.175	0.203	0.218	0.223	0.178	0.186	0.204	0.200
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513011**	**0.513018**	**0.512986**	**0.513036**	**0.512981**	**0.513015**	**0.512911**	**0.512952**	**0.512960**	**0.512986**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.205	0.204	0.175	0.203	0.218	0.223	0.178	0.186	0.204	0.200
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.205	0.204	0.175	0.203	0.218	0.223	0.178	0.186	0.204	0.200
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513011**	**0.513018**	**0.512986**	**0.513036**	**0.512981**	**0.513015**	**0.512911**	**0.512952**	**0.512960**	**0.512986**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.205	0.204	0.175	0.203	0.218	0.223	0.178	0.186	0.204	0.200

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-092-001	MELWEST-10-096-001	MELWEST-10-097-008	MELWEST-10-098-003	MELWEST-10-099-015	MELWEST-10-100-001	MELWEST-10-102-001	MELWEST-10-103-004	MELWEST-10-105-001	MELWEST-10-106-004
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-48.1005	-47.335	-47.18645	-47.4583	-47.59	-47.63133	-47.87633	-48.01867	-47.765	-47.878
	Longitude	98.94317	100.67167	100.86327	100.96067	101.22267	101.532	102.1395	102.54	103.038	103.353
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.9	3.81	2.75	2.98	3.3	3.64	2.85	2.36	3.32	2.38
	Nd (ppm)	8.47	12.2	8.92	9.89	10.04	12.08	8.34	6.81	10.61	7.31
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513019	0.513001	0.513018	0.512988	0.51302	0.512978	0.513021	0.513039	0.513047	0.513015
	87Sr/86Sr measured	0.70317	0.70301	0.70284	0.70301	0.70293	0.70306	0.70293	0.70291	0.7029	0.7029
	206Pb/204Pb measured	17.891	18.133	18.088	18.257	17.996	18.105	17.989	17.951	17.987	18.114
	207Pb/204Pb measured	15.486	15.483	15.466	15.512	15.467	15.485	15.475	15.465	15.48	15.477
	208Pb/204Pb measured	37.578	37.923	37.874	38.102	37.764	37.944	37.77	37.719	37.802	37.922
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.207	0.189	0.186	0.182	0.199	0.182	0.207	0.210	0.189	0.197
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513019**	**0.513001**	**0.513018**	**0.512988**	**0.513020**	**0.512978**	**0.513021**	**0.513039**	**0.513047**	**0.513015**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.207	0.189	0.186	0.182	0.199	0.182	0.207	0.210	0.189	0.197
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.207	0.189	0.186	0.182	0.199	0.182	0.207	0.210	0.189	0.197
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513019**	**0.513001**	**0.513018**	**0.512988**	**0.513020**	**0.512978**	**0.513021**	**0.513039**	**0.513047**	**0.513015**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.207	0.189	0.186	0.182	0.199	0.182	0.207	0.210	0.189	0.197

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-108-003	MELWEST-10-110-004	MELWEST-10-111-018	MELWEST-10-112-001	MELWEST-10-113-007	MELWEST-10-114-012	MELWEST-10-115-003	MELWEST-10-116-002	MELWEST-10-116-015	MELWEST-10-117-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-47.972	-48.10367	-48.21333	-48.31717	-48.7517	-49.11633	-49.22867	-48.87333	-48.87333	-48.34967
	Longitude	103.57133	103.93133	104.66167	104.9665	105.2241	105.58767	105.86767	106.49417	106.49417	107.14543
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.66	2.65	3.88	2.91	3.27	3.72	3.33	3.79	3.84	4.4
	Nd (ppm)	7.85	7.52	13.79	8.94	9.95	14.4	9.92	12.5	12.61	14.49
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513024	0.513028	0.512934	0.512985	0.513052	0.512857	0.512992	0.513007	0.513008	0.513011
	87Sr/86Sr measured	0.70293	0.70286	0.70312	0.70304	0.70274	0.70351	0.70311	0.70294	0.7029	0.70289
	206Pb/204Pb measured	18.103	18.062	18.322	18.14	18.144	18.351	18.06	18.233	18.251	18.284
	207Pb/204Pb measured	15.482	15.466	15.506	15.494	15.467	15.536	15.495	15.487	15.5	15.508
	208Pb/204Pb measured	37.936	37.844	38.217	37.99	37.936	38.268	38.005	38.175	38.223	38.249
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.205	0.213	0.170	0.197	0.199	0.156	0.203	0.183	0.184	0.184
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513024**	**0.513028**	**0.512934**	**0.512985**	**0.513052**	**0.512857**	**0.512992**	**0.513007**	**0.513008**	**0.513011**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.205	0.213	0.170	0.197	0.199	0.156	0.203	0.183	0.184	0.184
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.205	0.213	0.170	0.197	0.199	0.156	0.203	0.183	0.184	0.184
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513024**	**0.513028**	**0.512934**	**0.512985**	**0.513052**	**0.512857**	**0.512992**	**0.513007**	**0.513008**	**0.513011**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.205	0.213	0.170	0.197	0.199	0.156	0.203	0.183	0.184	0.184

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-118-001	MELWEST-10-122-001	MELWEST-10-124-001	MELWEST-10-125-001	MELWEST-10-126-007	MELWEST-10-128-001	MELWEST-10-128-018	MELWEST-10-130-001	MELWEST-10-132-001	MELWEST-10-133-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-48.42883	-48.73833	-49.02517	-49.45	-49.527	-49.8275	-49.8275	-49.78133	-50.2115	-50.31633
	Longitude	107.52717	108.27667	108.51363	109.105	109.484	110.41217	110.41217	111.1345	111.78317	112.31633
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	5.18	4.6	2.33	2.64	3.48	2.62	1.95	2.95	3.29	3.08
	Nd (ppm)	17.94	14.9	6.38	7.96	12.77	8.33	5.51	8.77	10.72	9.26
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512973	0.512972	0.513041	0.513023	0.512909	0.512917	0.513141	0.513057	0.513036	0.513071
	87Sr/86Sr measured	0.70301	0.70298	0.70273	0.70285	0.70336	0.70343	0.70273	0.70274	0.70287	0.70271
	206Pb/204Pb measured	18.365	18.282	18.011	18.128	18.198	18.132	17.734	18.064	17.972	17.813
	207Pb/204Pb measured	15.503	15.491	15.459	15.475	15.512	15.533	15.449	15.468	15.478	15.443
	208Pb/204Pb measured	38.353	38.273	37.845	38.047	38.262	38.193	37.631	37.964	37.829	37.594
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.175	0.187	0.221	0.201	0.165	0.190	0.214	0.203	0.186	0.201
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512973**	**0.512972**	**0.513041**	**0.513023**	**0.512909**	**0.512917**	**0.513141**	**0.513057**	**0.513036**	**0.513071**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.175	0.187	0.221	0.201	0.165	0.190	0.214	0.203	0.186	0.201
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.175	0.187	0.221	0.201	0.165	0.190	0.214	0.203	0.186	0.201
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512973**	**0.512972**	**0.513041**	**0.513023**	**0.512909**	**0.512917**	**0.513141**	**0.513057**	**0.513036**	**0.513071**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.175	0.187	0.221	0.201	0.165	0.190	0.214	0.203	0.186	0.201

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]	[139]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-134-001	MELWEST-10-135-008	MELWEST-10-136-015	MELWEST-10-138-001	MELWEST-10-138-036	MELWEST-10-140-005	MELWEST-10-141-001	MELWEST-10-142-001	MELWEST-10-144-004	MELWEST-10-145-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-50.296	-50.30733	-50.32308	-50.18788	-50.18788	-50.30067	-50.3475	-49.8604	-50.00783	-49.27488
	Longitude	112.49045	112.59467	112.68628	112.85665	112.85665	113.454	113.61633	114.48082	115.21217	116.71763
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.13	3.73	3.4	5.24	3.01	4.13	4.05	3.41	2.96	3.19
	Nd (ppm)	9.16	10.92	9.94	15.98	9.26	13.05	12.71	10.27	8.91	10.63
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.51304	0.513055	0.513044	0.513035	0.513012	0.513018	0.512999	0.513015	0.513011	0.512929
	87Sr/86Sr measured	0.70285	0.70281	0.70283	0.70289	0.70298	0.70292	0.70297	0.70308	0.70315	0.70369
	206Pb/204Pb measured	17.964	17.931	17.95	17.968	17.952	18.017	17.947	17.935	17.894	17.594
	207Pb/204Pb measured	15.454	15.455	15.466	15.443	15.466	15.45	15.461	15.479	15.459	15.473
	208Pb/204Pb measured	37.819	37.785	37.821	37.722	37.791	37.81	37.796	37.938	37.887	37.612
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.207	0.207	0.207	0.198	0.197	0.191	0.193	0.201	0.201	0.182
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513040**	**0.513055**	**0.513044**	**0.513035**	**0.513012**	**0.513018**	**0.512999**	**0.513015**	**0.513011**	**0.512929**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.207	0.207	0.207	0.198	0.197	0.191	0.193	0.201	0.201	0.182
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.207	0.207	0.207	0.198	0.197	0.191	0.193	0.201	0.201	0.182
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513040**	**0.513055**	**0.513044**	**0.513035**	**0.513012**	**0.513018**	**0.512999**	**0.513015**	**0.513011**	**0.512929**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.207	0.207	0.207	0.198	0.197	0.191	0.193	0.201	0.201	0.182

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	852	853	854	638	640	642	646	648	650	653
	Geochemistry Reference	[139]	[139]	[139]	[148]	[148]	[148]	[148]	[148]	[148]	[148]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MELWEST-10-145-007	MELWEST-10-146-001	MELWEST-10-147-006	DUF0023-002-001	DUF0037-001-006	DUF0037-002-001	DUF0037-004-001	DUF0037-005-001	DUF0037-006-002	DUF0037-007-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt			
	Latitude	-49.27488	-49.50553	-49.70467	-26.521	-26.917	-29.7	-32.665	-40.327	-38.978	-34.383
	Longitude	116.71763	117.18175	117.51667	71.925	72.242	75.191	77.596	77.855	78.138	78.023
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.91	2.97	5.31	2.26	2.24	2.87	2.55	2.8	3.12	2.94
	Nd (ppm)	9.49	9.31	16.57	6.33	6.56	8.5	7.81	7.51	10.7	9.84
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513075	0.512991	0.513018	0.513047	0.513018	0.513044	0.51301	0.513006	0.512712	0.512969
	87Sr/86Sr measured	0.70311	0.70318	0.70295	0.70308	0.703146	0.70289	0.702982	0.703024	0.704747	0.702982
	206Pb/204Pb measured	17.362	17.974	18.011	17.62	17.666	17.817	18	18.012	18.051	18.4
	207Pb/204Pb measured	15.443	15.513	15.47	15.443	15.437	15.447	15.489	15.49	15.564	15.524
	208Pb/204Pb measured	37.32	38.027	37.847	37.57	37.67	37.75	38.04	38.09	38.68	38.49
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.185	0.193	0.194	0.216	0.207	0.204	0.197	0.226	0.176	0.181
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513075**	**0.512991**	**0.513018**	**0.513047**	**0.513018**	**0.513044**	**0.513010**	**0.513006**	**0.512712**	**0.512969**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.185	0.193	0.194	0.216	0.207	0.204	0.197	0.226	0.176	0.181
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.185	0.193	0.194	0.216	0.207	0.204	0.197	0.226	0.176	0.181
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513075**	**0.512991**	**0.513018**	**0.513047**	**0.513018**	**0.513044**	**0.513010**	**0.513006**	**0.512712**	**0.512969**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.185	0.193	0.194	0.216	0.207	0.204	0.197	0.226	0.176	0.181

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	886	889	892	893	894	896	897	901	903	904
	Geochemistry Reference	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1152A-001R-001/060-062	ODP0187-1152B-003R-001/002-004	ODP0187-1152B-005R-001/068-074	ODP0187-1152B-005R-001/142-143	ODP0187-1153A-007W-004/060-065	ODP0187-1153A-008R-001/020-026	ODP0187-1153A-008R-001/100-105	ODP0187-1154A-002R-001/031-037	ODP0187-1154A-003R-001/093-096	ODP0187-1154A-003R-002/043-046
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-41.8979	-41.8972	-41.8972	-41.8972	-41.2715	-41.2715	-41.2715	-41.4778	-41.4778	-41.4778
	Longitude	127.0067	127.0076	127.0076	127.0076	129.8151	129.8151	129.8151	131.3173	131.3173	131.3173
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.92	3.75	3.9	4.17	4.67	4.37	4.15	4.83	4.93	4.93
	Nd (ppm)	15.23	11.41	11.89	12.72	13.32	12.62	11.99	13.83	14.12	14.14
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512954	0.512962	0.512955	0.512953	0.51306	0.513045	0.513047	0.513061	0.513061	0.513063
	87Sr/86Sr measured	0.70312	0.703105	0.703074	0.703095	0.702745	0.702742	0.702717	0.702699	0.702572	0.702605
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.195	0.199	0.198	0.198	0.212	0.209	0.209	0.211	0.211	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512954**	**0.512962**	**0.512955**	**0.512953**	**0.513060**	**0.513045**	**0.513047**	**0.513061**	**0.513061**	**0.513063**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.195	0.199	0.198	0.198	0.212	0.209	0.209	0.211	0.211	0.211
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.195	0.199	0.198	0.198	0.212	0.209	0.209	0.211	0.211	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512954**	**0.512962**	**0.512955**	**0.512953**	**0.513060**	**0.513045**	**0.513047**	**0.513061**	**0.513061**	**0.513063**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.195	0.199	0.198	0.198	0.212	0.209	0.209	0.211	0.211	0.211

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	905	906	908	909	913	915	916	917	919	930
	Geochemistry Reference	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1154A-004R-001/069-073	ODP0187-1154A-004R-002/041-044	ODP0187-1154A-006R-001/006-011	ODP0187-1154A-007R-001/000-008	ODP0187-1155A-005R-001/020-023	ODP0187-1155B-002R-001/055-057	ODP0187-1155B-002R-001/066-068	ODP0187-1155B-003R-001/038-043	ODP0187-1155B-005R-001/034-038	ODP0187-1156A-002R-003/133-136
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-41.4778	-41.4778	-41.4778	-41.4778	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-41.9582	-42.7332
	Longitude	131.3173	131.3173	131.3173	131.3173	127.9948	127.9924	127.9924	127.9924	127.9924	127.8882
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.87	4.85	4.91	4.79	4.38	2.68	2.47	2.68	2.64	3.17
	Nd (ppm)	13.94	13.89	14.08	13.72	13.59	7.7	7.1	7.69	7.58	9.38
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513062	0.513069	0.513063	0.513057	0.513001	0.513031	0.513021	0.513032	0.513031	0.512985
	87Sr/86Sr measured	0.702652	0.702601	0.702699	0.702601	0.702987	0.702833	0.702776	0.702829	0.702801	0.702933
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.211	0.211	0.211	0.211	0.195	0.211	0.210	0.211	0.211	0.204
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513062**	**0.513069**	**0.513063**	**0.513057**	**0.513001**	**0.513031**	**0.513021**	**0.513032**	**0.513031**	**0.512985**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.211	0.211	0.211	0.211	0.195	0.211	0.210	0.211	0.211	0.204
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.211	0.211	0.211	0.211	0.195	0.211	0.210	0.211	0.211	0.204
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513062**	**0.513069**	**0.513063**	**0.513057**	**0.513001**	**0.513031**	**0.513021**	**0.513032**	**0.513031**	**0.512985**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.211	0.211	0.211	0.211	0.195	0.211	0.210	0.211	0.211	0.204

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	933	936	939	943	944	949	951	952	967	971
	Geochemistry Reference	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1156A-003R-001/102-104	ODP0187-1156B-004R-001/102-106	ODP0187-1157A-001W-CC/013-017	ODP0187-1157A-003R-001/020-024	ODP0187-1157A-003R-001/025-029	ODP0187-1157B-002R-001/055-056	ODP0187-1157B-004R-001/034-038	ODP0187-1157B-004R-001/136-138	ODP0187-1159A-006R-002/055-057	ODP0187-1159A-007R-001/139-141
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-42.7332	-42.73145	-43.2611	-43.2611	-43.2611	-43.2613	-43.2613	-43.2613	-45.9567	-45.9567
	Longitude	127.8882	127.888045	128.8861	128.8861	128.8861	128.8838	128.8838	128.8838	129.9999	129.9999
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.99	3.26	3.18	4.58	4.54	3.99	3.94	3.69	3.98	3.98
	Nd (ppm)	8.85	9.78	9.43	13.32	13.36	11.8	11.42	10.93	11.38	11.39
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512991	0.51298	0.513015	0.513049	0.513048	0.51304	0.513047	0.513043	0.513042	0.513045
	87Sr/86Sr measured	0.702915	0.703003	0.702894	0.702613	0.70258	0.70283	0.702679	0.702813	0.702633	0.702642
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.204	0.202	0.204	0.208	0.206	0.205	0.209	0.204	0.212	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512991**	**0.512980**	**0.513015**	**0.513049**	**0.513048**	**0.513040**	**0.513047**	**0.513043**	**0.513042**	**0.513045**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.204	0.202	0.204	0.208	0.206	0.205	0.209	0.204	0.212	0.211
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.204	0.202	0.204	0.208	0.206	0.205	0.209	0.204	0.212	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512991**	**0.512980**	**0.513015**	**0.513049**	**0.513048**	**0.513040**	**0.513047**	**0.513043**	**0.513042**	**0.513045**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.204	0.202	0.204	0.208	0.206	0.205	0.209	0.204	0.212	0.211

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	972	973	975	977	982	983	984	988	991	992
	Geochemistry Reference	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1159A-007R-002/016-017	ODP0187-1160A-003R-001/019-021	ODP0187-1160B-001W-001/008-014	ODP0187-1160B-003R-001/007-016	ODP0187-1160B-006R-002/005-008	ODP0187-1160B-006R-002/096-098	ODP0187-1160B-007R-001/009-011	ODP0187-1160B-008R-001/020-022	ODP0187-1160B-009R-001/005-007	ODP0187-1160B-009R-001/070-074
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-45.9567	-44.009978	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.0082	-44.0082
	Longitude	129.9999	134.998285	134.9983	134.9983	134.9983	134.9983	134.9983	134.9983	134.9983	134.9983
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.98	1.48	2.27	1.56	2.48	2.44	2.5	2.44	1.49	2.45
	Nd (ppm)	11.37	4.35	5.84	4.19	7.13	6.22	7.18	6.21	3.8	6.23
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513041	0.513044	0.513055	0.513066	0.513043	0.513069	0.513046	0.513058	0.513061	0.513069
	87Sr/86Sr measured	0.702628	0.702533	0.702576	0.702563	0.702641	0.702569	0.702634	0.702573	0.702551	0.702591
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.212	0.206	0.235	0.225	0.210	0.237	0.211	0.238	0.237	0.238
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513041**	**0.513044**	**0.513055**	**0.513066**	**0.513043**	**0.513069**	**0.513046**	**0.513058**	**0.513061**	**0.513069**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.212	0.206	0.235	0.225	0.210	0.237	0.211	0.238	0.237	0.238
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.212	0.206	0.235	0.225	0.210	0.237	0.211	0.238	0.237	0.238
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513041**	**0.513044**	**0.513055**	**0.513066**	**0.513043**	**0.513069**	**0.513046**	**0.513058**	**0.513061**	**0.513069**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.212	0.206	0.235	0.225	0.210	0.237	0.211	0.238	0.237	0.238

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	995	997	1005	1006	1012	1015	1017	1019	1021	1022
	Geochemistry Reference	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]	[156]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1161A-003R-001,68-69	ODP0187-1161A-003R-001/038-009	ODP0187-1162B-008R-001/080-082	ODP0187-1162B-008R-001/080-084	ODP0187-1163A-008R-001/041-043	ODP0187-1163A-009R-002/000-002	ODP0187-1164A-002R-001/001-005	ODP0187-1164B-001W-CC/023-025	ODP0187-1164B-004R-002/135-138	ODP0187-1164B-008R-001/036-039
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-44.2866	-44.2866	-44.63207	-44.63207	-44.4246	-44.4246	-43.7483	-43.7492	-43.7492	-43.7492
	Longitude	129.0513	129.0513	129.188015	129.188015	126.9083	126.9083	127.7482	127.7461	127.7461	127.7461
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.52	3.51	3.88		3.35	3.63	2.69	2.91	2.59	2.86
	Nd (ppm)	10.29	10.28	11.3		10.41	11.27	8	8.43	7.41	8.2
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513061	0.513057	0.513042	0.513056	0.512975	0.512963	0.512975	0.512979	0.512986	0.512987
	87Sr/86Sr measured	0.702837	0.702851	0.703014	0.703044	0.702983	0.702979	0.702912	0.702945	0.702939	0.702934
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.207	0.207	0.208		0.195	0.195	0.203	0.209	0.211	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513061**	**0.513057**	**0.513042**		**0.512975**	**0.512963**	**0.512975**	**0.512979**	**0.512986**	**0.512987**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.207	0.207	0.208		0.195	0.195	0.203	0.209	0.211	0.211
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.207	0.207	0.208		0.195	0.195	0.203	0.209	0.211	0.211
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513061**	**0.513057**	**0.513042**		**0.512975**	**0.512963**	**0.512975**	**0.512979**	**0.512986**	**0.512987**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.207	0.207	0.208		0.195	0.195	0.203	0.209	0.211	0.211

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	925	856	861	866	871	875	879	855	857	862
	Geochemistry Reference	[156][128]	[158][117]	[158][117]	[158][117]	[158][117]	[158][117]	[158][117]	[158][117][111]	[158][117][111]	[158][117][111]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	ODP0187-1155B-009R-002/019-022	MOA8801-002-001	MOA8801-009-041	MOA8801-013-051	MOA8801-019-056	MOA8801-027-008	MOA8801-028-001	MOA8801-001-015	MOA8801-003-006	MOA8801-010-001
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-41.9582	-50.312	-50.198	-50.147	-50.147	-49.062	-48.99	-50.21	-50.107	-50.243
	Longitude	127.9924	129.533	127.063	128.015	127.017	124.965	124.708	128.54	127.962	127.59
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	2.65	4.52	4.73	5.98	5.96		3.45	5.737	7.081	6.321
	Nd (ppm)	7.6	13.2	15.1	18.3	19.2		9.6	16.492	20.8	19.638
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513024									
	87Sr/86Sr measured	0.702819									
	206Pb/204Pb measured	18.041	18.594	18.583	18.655	18.689	17.885	17.788	18.699	18.687	18.657
	207Pb/204Pb measured	15.465	15.484	15.479	15.486	15.488	15.464	15.462	15.5	15.505	15.488
	208Pb/204Pb measured	37.784	38.121	38.101	38.148	38.187	37.705	37.547	38.21	38.207	38.169
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.211	0.182	0.166	0.174	0.165		0.191	0.185	0.181	0.171
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513024**									
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.211	0.182	0.166	0.174	0.165		0.191	0.185	0.181	0.171
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.211									
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513024**									
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.211									

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	863	864	880	865	858	859	860	867	868	877
	Geochemistry Reference	[158][117][111]	[158][117][111]	[158][163][117][111]	[159][158][111]	[159][158][117][111]	[159][158][117][111]	[159][158][117][111]	[159][158][117][111]	[159][158][117][111]	[159][158][117][111]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MOA8801-011-017	MOA8801-012-001	MOA8801-029-005	MOA8801-013-047	MOA8801-004-002	MOA8801-005-001	MOA8801-006-002	MOA8801-016-001	MOA8801-016-012	MOA8801-027-058
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-50.152	-50.162	-48.907	-50.147	-48.763	-48.68	-48.765	-50.163	-50.163	-49.062
	Longitude	127.652	127.833	124.468	128.015	127.36	126.52	126.883	127.577	127.577	124.965
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	4.407	7.872	3.085	5.89	2.964	3.403	3.346	3.382	3.769	3.66
	Nd (ppm)	14.122	23.8	9.676	17.203	9.88	9.617	9.799	9.971	13.096	12.725
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured			0.512943	0.513076	0.513092	0.513038	0.51305	0.513088	0.513064	0.512903
	87Sr/86Sr measured				0.70258	0.70248	0.70284	0.70268	0.70251	0.70258	0.70365
	206Pb/204Pb measured	18.711	18.685	17.954	18.656	18.608	18.238	18.4	18.728	18.787	17.888
	207Pb/204Pb measured	15.49	15.489	15.485	15.485	15.458	15.48	15.485	15.485	15.497	15.491
	208Pb/204Pb measured	38.207	38.17	37.754	38.136	38.073	37.998	38.056	38.218	38.279	37.857
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.166	0.176	0.193	0.207	0.181	0.214	0.207	0.205	0.174	0.174
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			**0.512943**	**0.513076**	**0.513092**	**0.513038**	**0.513050**	**0.513088**	**0.513064**	**0.512903**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.166	0.176	0.193	0.207	0.181	0.214	0.207	0.205	0.174	0.174
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé			0.193	0.207	0.181	0.214	0.207	0.205	0.174	0.174
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			**0.512943**	**0.513076**	**0.513092**	**0.513038**	**0.513050**	**0.513088**	**0.513064**	**0.512903**
	(Sm/Nd) initial recalculé			0.193	0.207	0.181	0.214	0.207	0.205	0.174	0.174

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	882	872	869	873	874	878	644	623	1028	621
	Geochemistry Reference	[159][158][117][111]	[159][158][163][117][111]	[159][160][158][117][111]	[159][160][158][117][111]	[159][160][158][117][111]	[159][160][158][117][111]	[163]	[168][169][170]	[168][170]	[168][170][121]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge
	Sample Name	MOA8801-030-006	MOA8801-022-013	MOA8801-017-026	MOA8801-023-001	MOA8801-026-001	MOA8801-027-071	DUF0037-003-001-D1	ARGDODO-114	VEM0018-204	ARGDODO-113
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite
	Latitude	-48.943	-49.68	-50.222	-49.613	-48.943	-49.062	-26.92	-24.117	-24.2	-23.343
	Longitude	124.282	125.892	127.417	125.658	124.282	124.965	72.24	72.433	76.98	79.942
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Sm (ppm)	3.149	2.417	3.02	2.329	3.577	2.824	2.24	2.08	4.21	
	Nd (ppm)	9.62	7.317	8.449	6.05	9.849	8.626	6.56			
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.513012	0.513261	0.513054	0.513234	0.513048		0.513007			
	87Sr/86Sr measured	0.70295	0.70281	0.70254	0.70285	0.70276	0.7029		0.7033	0.7043	0.7032
	206Pb/204Pb measured	17.93	17.763	18.613	17.779	17.897	17.843		18.21		
	207Pb/204Pb measured	15.474	15.428	15.466	15.4	15.453	15.459		15.57		
	208Pb/204Pb measured	37.775	37.591	38.09	37.6	37.638	37.626		38.22		
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.198	0.200	0.216	0.233	0.220	0.174	0.207			
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513012**	**0.513261**	**0.513054**	**0.513234**	**0.513048**		**0.513007**			
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.198	0.200	0.216	0.233	0.220	0.174	0.207			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.198	0.200	0.216	0.233	0.220		0.207			
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.513012**	**0.513261**	**0.513054**	**0.513234**	**0.513048**		**0.513007**			
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.198	0.200	0.216	0.233	0.220		0.207			

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	1034	1037	1057	1058	622	624	1032	1033	87	88
	Geochemistry Reference	[85]	[85]	[85]	[85]	[89]	[89]	[95]	[95]	[20]	[20]
	Province	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Indian Ocean Spreading Ridges	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)
	Location	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Southeast Indian Ridge	Central Broken Ridge, Dredge 10	Central Broken Ridge, Dredge 10
	Sample Name	VEM0033-1-002-001	VEM0033-1-003-002	VEM0033-2-011-001	VEM0033-2-011-002	ARGDODO-113-A1	ARGDODO-114-A	VEM0033-1-001-A	VEM0033-1-001-G	s M-D10-1_LEACHED	s M-D-2_UNLEACHED
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-50.267	-50.417	-49.858	-49.858	-23.343	-24.117	-50.408	-50.408	-31.23	-31.23
	Longitude	132.55	135.09	118	118	74.942	72.433	131.005	131.005	93.7	93.7
	Age Correction (Ma)	0	0	0	0	0	0	0	0	95	95
	Age reference	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	[9]	[9]
	Sm (ppm)					3.41	3.22		4.77	1.3	3.5
	Nd (ppm)					9.71	9.76		15.9	3.2	12.0
	Rb (ppm)									0.8	7.5
	Sr (ppm)									156.1	190.7
	U (ppm)										
	Pb (ppm)									0.3	0.7
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured					0.513181	0.513119		0.51305		
	87Sr/86Sr measured	0.70575	0.70492	0.7096	0.71384	0.70319		0.7026	0.70261		
	206Pb/204Pb measured							18.68	18.75	18.002	18.249
	207Pb/204Pb measured							15.5	15.49	15.543	15.498
	208Pb/204Pb measured							38.13	38.19	38.879	38.398
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd									0.212	0.155
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr									0.014	0.106
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb									0.00	0.00
	235U/204Pb									0.00	0.00
	232Th/204Pb									0.00	0.00
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	95	95
	(Rb/Sr) measured recalculé									0.014	0.106
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé									0.014	0.106
	(Sm/Nd) measured recalculé					0.212	0.200		0.181	0.212	0.155
	(143Nd/144Nd) initial recalculé					**0.513181**	**0.513119**		**0.513050**		
	(Sm/Nd) initial recalculé					0.212	0.200		0.181	0.212	0.155
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé					0.212	0.200		0.181		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé					**0.513181**	**0.513119**		**0.513050**		
	(Sm/Nd) initial recalculé					0.212	0.200		0.181		

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	89	90	91	92	81	82	83	84	85	86
	Geochemistry Reference	[20]	[20]	[20]	[20]	[21]	[21]	[21]	[21]	[21]	[21]
	Province	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)
	Location	Central Broken Ridge, Dredge 10	Central Broken Ridge, Dredge 9	Eastern Broken Ridge, Dredge 8	Eastern Broken Ridge, Dredge 8	ODP Leg 183, Site 1141	ODP Leg 183, Site 1141	ODP Leg 183, Site 1141	ODP Leg 183, Site 1141	ODP Leg 183, Site 1141	ODP Leg 183, Site 1141
	Sample Name	s M-D10-3 / s M-D10-3_UNLEACHED	s M-D9-3_LEACHED	s M-D8-1_LEACHED	s D8-E-1A_UNLEACHED	s 183-1141A-23R4,2	s 183-1141A-18R2,1	s 183-1141A-23R4,2_LEACHED	s 183-1141A-13R1,1_LEACHED	s 183-1141A-23R4,2_LEACHED	s 183-1141A-18R2,1
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline
	Latitude	-31.23	-31.4	-32.4	-32.4	-32.2267	-32.2267	-32.2267	-32.2267	-32.2267	-32.2267
	Longitude	93.7	93.33	98.33	98.33	97.1283	97.1283	97.1283	97.1283	97.1283	97.1283
	Age Correction (Ma)	95	95	95	95	95.17	95.17	95.17	95.17	95.17	95.17
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	1.5	1.8	1.5	4.6	7.5	2.9	2.4	1.4		
	Nd (ppm)	3.6	5.3	4.3	15.8	33.5	11.1	8.6	4.7		
	Rb (ppm)	3.8	3.0	0.5	6.0	8.9	10.7	9.4	14.4		
	Sr (ppm)	187.1	237.1	352.6	131.1	457.5	573.2	497.2	463.4		
	U (ppm)					0.3	0.2	0.3	0.0		
	Pb (ppm)	0.1	0.5		2.9	2.4	2.0	2.5	1.1	2.5	
	Th (ppm)	1.7				1.3	0.7	0.9	0.2		
	143Nd/144Nd measured					0.512629	0.512646	0.512650	0.512656		
	87Sr/86Sr measured					0.705510	0.705630	0.705490	0.705450		
	206Pb/204Pb measured	18.473	18.128	17.982	17.997	18.125	18.100	18.100	18.092	18.100	18.101
	207Pb/204Pb measured	15.614	15.513	15.625	15.650	15.604	15.615	15.592	15.598	15.591	15.616
	208Pb/204Pb measured	39.223	38.453	39.059	39.273	38.800	38.880	38.716	38.732	38.709	38.873
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.216	0.181	0.189	0.153	0.136	0.156	0.171	0.184		
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**					**0.512544**	**0.512549**	**0.512543**	**0.512541**		
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.055				0.056	0.054	0.055	0.090		
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**					**0.705434**	**0.705557**	**0.705416**	**0.705328**		
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	0.00	0.00		0.00	7.46	5.09	6.50	2.62	0.00	
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.00	0.00		0.00	0.05	0.04	0.05	0.02	0.00	
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	0.00	0.00		0.00	35.76	23.05	24.27	9.02	0.00	
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial					18.014	18.024	18.003	18.053		
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial					15.599	15.611	15.587	15.596		
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial					38.631	38.771	38.601	38.689		
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	95	95	95	95	95.17	95.17	95.17	95.17	95.17	95.17
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.055	0.034	0.004	0.124	0.056	0.054	0.055	0.090		
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**					**0.705434**	**0.705557**	**0.705416**	**0.705328**		
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.055	0.034	0.004	0.124	0.056	0.054	0.055	0.090		
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.216	0.181	0.189	0.153	0.136	0.156	0.171	0.184		
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**					**0.512544**	**0.512549**	**0.512543**	**0.512541**		
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.216	0.181	0.189	0.153	0.136	0.156	0.171	0.184		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé					0.056	0.054	0.055	0.090		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**					**0.705499**	**0.705619**	**0.705479**	**0.705432**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé					0.056	0.054	0.055	0.090		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé					0.136	0.156	0.171	0.184		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**					**0.512617**	**0.512632**	**0.512634**	**0.512639**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé					0.136	0.156	0.171	0.184		

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	93	94	95	361	351	352	353	354	355	356
	Geochemistry Reference	[21]	[21]	[21]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Province	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen (Broken Ridge)	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	ODP Leg 183, Site 1142	ODP Leg 183, Site 1142	ODP Leg 183, Site 1142	Cook	Courbet Peninsula	Courbet Peninsula	Courbet Peninsula	Courbet Peninsula	Jeanne D'Arc Peninsula	Jeanne D'Arc Peninsula
	Sample Name	s 183-1142A2R1,2A	s 183-1142A2R1,2A_LEACHED	s 183-1142A9R3,91-94_LEACHED	3319	3307	3308	3310	3316	3309	3312
	Rock Type	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	basalt	monzonite	basalt	gabbro	trachyte	phonolite	basalt
	Latitude	-32.2317	-32.2317	-32.2317							
	Longitude	97.125	97.125	97.125							
	Age Correction (Ma)	94.87	94.87	94.87	16	20	20	20	20	8.4	8.4
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Sm (ppm)	7.5	2.4	2.4				8.17		14.41	
	Nd (ppm)	33.5	8.1	7.5				43.34		94.6	
	Rb (ppm)	5.6	5.2	15.2	17	117	61	25	143	153	31
	Sr (ppm)	439.0	482.3	163.5	369	814	824	666	662	936	474
	U (ppm)	0.2	0.1	0.4							
	Pb (ppm)	2.3	1.1	4.1							
	Th (ppm)	1.3	0.0	2.0							
	143Nd/144Nd measured	0.512620	0.512647	0.512675	0.512551	0.512461		0.512543	0.512562	0.512412	
	87Sr/86Sr measured	0.705480	0.705450	0.705910	0.70551	0.70561	0.70528	0.70553	0.70571	0.70585	0.70574
	206Pb/204Pb measured	18.104	18.085	17.998							
	207Pb/204Pb measured	15.596	15.590	15.625							
	208Pb/204Pb measured	38.780	38.722	38.970							
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.136	0.182	0.193							
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512536**	**0.512535**	**0.512556**							
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.037	0.031	0.269							
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.705430**	**0.705408**								
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	6.56	4.51	6.03							
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.05	0.03	0.04							
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	36.96	1.89	32.00							
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	18.007	18.018	17.909							
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.591	15.587	15.621							
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.607	38.713	38.820							
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	94.87	94.87	94.87	16	20	20	20	20	8.4	8.4
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.037	0.031	0.269	0.133	0.416	0.214	0.109	0.625	0.473	0.189
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705430**	**0.705408**	**0.705547**	**0.705480**	**0.705492**	**0.705219**	**0.705499**	**0.705533**	**0.705794**	**0.705717**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.037	0.031	0.269	0.133	0.416	0.214	0.109	0.625	0.473	0.189
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.136	0.182	0.193				0.114		0.092	
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512536**	**0.512534**	**0.512555**	0.512551	0.512461		**0.512528**	0.512562	**0.512407**	
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.136	0.182	0.193				0.114		0.092	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	8.4	8.4
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.037	0.031	0.269	0.133	0.416	0.214	0.109	0.625	0.473	0.189
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705473**	**0.705444**	**0.705857**	**0.705484**	**0.705527**	**0.705237**	**0.705508**	**0.705586**	**0.705794**	**0.705717**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.037	0.031	0.269	0.133	0.416	0.214	0.109	0.625	0.473	0.189
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.136	0.182	0.193				0.114		0.092	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512608**	**0.512630**	**0.512657**	0.512551	0.512461		**0.512533**	0.512562	**0.512407**	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.136	0.182	0.193				0.114		0.092	

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	357	358	359	360	308	309	310	311	312	313
	Geochemistry Reference	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Jeanne D'Arc Peninsula	Loranchet Peninsula	Loranchet Peninsula	Mount Blanc	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC
	Sample Name	3318	3311	3315	3317	20 E 5	20 F 8	20 F 15	2657	2660	2661
	Rock Type	trachyte	trachyte	basanite	basalt	B	A	A	B		
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	8.4	15	15	16	10	11.5	11.5	10	10	10
	Age reference	[40][39]									
	Sm (ppm)	7.91			6.49						
	Nd (ppm)	38.62			28.44						
	Rb (ppm)	271	57	19	21	110	182	208	58.1	107.6	151.4
	Sr (ppm)	1535	404	646	540	180	131	56	78.8	32.2	32
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512346	0.512444		0.512711						
	87Sr/86Sr measured	0.70594	0.70528	0.70565	0.70515	0.7058	0.7064	0.7073	0.7065	0.7069	0.708
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr					1.77	4.02	10.74	3.13	9.67	13.71
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	8.4	15	15	16	10	11.5	11.5	10	10	10
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.511	0.408	0.085	0.112	1.768	4.019	10.746	2.133	9.668	13.689
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705879**	**0.705193**	**0.705632**	**0.705124**	**0.705549**	**0.705744**	**0.705545**	**0.706197**	**0.705527**	**0.706056**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.511	0.408	0.085	0.113	1.768	4.020	10.748	2.133	9.669	13.691
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.124			0.138						
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512339**	0.512444		**0.512697**						
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.124			0.138						
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	8.4	14	14	14	10	11.5	11.5	10	10	10
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.511	0.408	0.085	0.112	1.768	4.019	10.746	2.133	9.668	13.689
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705879**	**0.705199**	**0.705633**	**0.705128**	**0.705549**	**0.705744**	**0.705545**	**0.706197**	**0.705527**	**0.706056**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.511	0.408	0.085	0.113	1.768	4.020	10.748	2.133	9.669	13.691
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.124			0.138						
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512339**	0.512444		**0.512698**						
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.124			0.138						

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323
	Geochemistry Reference	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC
	Sample Name	2659		2654	2655	2599		2656		2658	2678
	Rock Type										C
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8.75
	Age reference										
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)	130.8	129.8	133.1	135.3	102.5	104.2	148.5	146.1	140.1	110.2
	Sr (ppm)	11.3	11.4	7.1	3.26	2.24	2.36	2.05	2.04	1.87	33.7
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured										
	87Sr/86Sr measured	0.71	0.7099	0.714	0.722	0.725	0.7237	0.733	0.7329	0.7357	0.7069
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr	33.47	32.94	54.29	120.2	132.5	127.9	210.4	207.6	216.9	9.46
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8.75
	(Rb/Sr) measured recalculé	33.498	32.950	54.272	120.248	132.618	127.946	210.106	207.722	217.358	9.460
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705243**	**0.705221**	**0.706293**	**0.704924**	**0.706167**	**0.705530**	**0.703163**	**0.703401**	**0.704833**	**0.705724**
	(Rb/Sr) initial recalculé	33.503	32.955	54.280	120.266	132.637	127.964	210.136	207.751	217.389	9.462
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8.75
	(Rb/Sr) measured recalculé	33.498	32.950	54.272	120.248	132.618	127.946	210.106	207.722	217.358	9.460
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705243**	**0.705221**	**0.706293**	**0.704924**	**0.706167**	**0.705530**	**0.703163**	**0.703401**	**0.704833**	**0.705724**
	(Rb/Sr) initial recalculé	33.503	32.955	54.280	120.266	132.637	127.964	210.136	207.751	217.389	9.462
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé										

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333
	Geochemistry Reference	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC
	Sample Name	2680	2682	2683	2679	2684	2602	2603	2664	2662	
	Rock Type					D		E	F		
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	8.75	8.75	8.75	8.75	8	8	8	8	8	8
	Age reference										
	Sm (ppm)								15.66		
	Nd (ppm)								64.51		
	Rb (ppm)	130.8	135.6	129.3	144.3	161.3	246.5	286.6	91.8	115.3	115.2
	Sr (ppm)	4.9	1.92	1.54	0.768	3.3	0.804	3.93	16.4	19.1	19.1
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured			0.512546					0.512535		
	87Sr/86Sr measured	0.7147	0.7307	0.7356	0.7715	0.7216	0.8031	0.7291	0.7065	0.7075	0.7075
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr	77.24	205	243.5	544.3	141.4	887.3	211	16.17	17.48	17.48
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	8.75	8.75	8.75	8.75	8	8	8	8	8	8
	(Rb/Sr) measured recalculé	77.286	204.798	243.587	547.015	141.613	895.339	211.438	16.193	17.465	17.450
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705097**	**0.705252**	**0.705332**	**0.703529**	**0.705512**	**0.701384**	**0.705079**	**0.704660**	**0.705516**	**0.705518**
	(Rb/Sr) initial recalculé	77.296	204.824	243.617	547.083	141.629	895.440	211.462	16.195	17.467	17.452
	(Sm/Nd) measured recalculé								0.147		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			0.512546					**0.512527**		
	(Sm/Nd) initial recalculé								0.147		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	8.75	8.75	8.75	8.75	8	8	8	8	8	8
	(Rb/Sr) measured recalculé	77.286	204.798	243.587	547.015	141.613	895.339	211.438	16.193	17.465	17.450
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705097**	**0.705252**	**0.705332**	**0.703529**	**0.705512**	**0.701384**	**0.705079**	**0.704660**	**0.705516**	**0.705518**
	(Rb/Sr) initial recalculé	77.296	204.824	243.617	547.083	141.629	895.440	211.462	16.195	17.467	17.452
	(Sm/Nd) measured recalculé								0.147		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			0.512546					**0.512527**		
	(Sm/Nd) initial recalculé								0.147		

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343
	Geochemistry Reference	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC	SRBIC
	Sample Name	2604		2663			2605	2606		2608	2618
	Rock Type						G	H?		microgabbro	gabbro
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	8	8	8	8	8	8	7.8	7.8	14	14
	Age reference										
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)	168.4	175.2	179.2	177.4	179.6	183	177.8	189.4		
	Sr (ppm)	2.05	2.04	1.98	2	2.02	6.83	6.69	7.02	71	50
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured										0.512549
	87Sr/86Sr measured	0.7328	0.7344	0.7332	0.734	0.733	0.7145	0.7149	0.7151	0.70558	0.70771
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr	238.5	248.8	261.8	256.6	256.9	77.65	76.96	78.11	783	728
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	8	8	8	8	8	8	7.8	7.8	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	238.257	249.132	262.511	257.295	257.882	77.573	76.949	78.118	0.000	0.000
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705732**	**0.706097**	**0.703377**	**0.704770**	**0.703703**	**0.705687**	**0.706377**	**0.706447**	**0.705580**	**0.707710**
	(Rb/Sr) initial recalculé	238.284	249.160	262.541	257.324	257.911	77.582	76.958	78.126	0.000	0.000
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										0.512549
	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	8	8	8	8	8	8	7.8	7.8	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	238.257	249.132	262.511	257.295	257.882	77.573	76.949	78.118	0.000	0.000
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705732**	**0.706097**	**0.703377**	**0.704770**	**0.703703**	**0.705687**	**0.706377**	**0.706447**	**0.705580**	**0.707710**
	(Rb/Sr) initial recalculé	238.284	249.160	262.541	257.324	257.911	77.582	76.958	78.126	0.000	0.000
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										0.512549
	(Sm/Nd) initial recalculé										

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	344	345	152		153	154		155	156	157
	Geochemistry Reference	[40][39]	[40][39]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	SRBIC	SRBIC	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine
	Sample Name	2614	2612	s BY96-81	BY96-82	s BY96-84	s BY96-85	BY96-86	s BY96-87	s BY96-90	s BY96-91
	Rock Type	dyke	granite	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude			-48.85		-48.85	-48.85		-48.85	-48.85	-48.85
	Longitude			69.13		69.13	69.13		69.13	69.13	69.13
	Age Correction (Ma)	14	8	28	28	28	28	28	28	28	28
	Age reference			[82]		[82]	[82]		[82]	[82]	[82]
	Sm (ppm)			4.4	4.58	3.7	3.4	3.57	3.4	4.0	4.3
	Nd (ppm)			15.1	15.68	13.3	16.2	17.45	12.2	16.3	18.4
	Rb (ppm)			2.3	4	21.8	20.1	20.3	3.0	7.9	11.2
	Sr (ppm)	70		338.0	287	240.0	263.0	414	204.0	337.0	320.0
	U (ppm)			0.1		0.1	0.4		0.1	0.2	0.3
	Pb (ppm)			1.2		1.4	1.5		1.1	1.7	1.5
	Th (ppm)			0.6		0.7	2.1		0.4	1.0	1.4
	143Nd/144Nd measured	0.512499		0.512735	0.51273	0.512754	0.512649	0.512619	0.512751	0.512746	0.512747
	87Sr/86Sr measured	0.70535		0.704906	0.704855	0.704763	0.705142	0.705147	0.704435	0.704736	0.704544
	206Pb/204Pb measured			18.313			18.339			18.342	18.347
	207Pb/204Pb measured			15.542			15.522			15.535	15.529
	208Pb/204Pb measured			38.780			38.920			38.780	38.750
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd			0.178		0.170	0.125		0.169	0.148	0.142
	143Nd/144Nd initial			**0.512702**		**0.512723**	**0.512626**		**0.512720**	**0.512719**	**0.512721**
	87Rb/86Sr	784		0.020		0.263	0.221		0.043	0.068	0.101
	87Sr/86Sr initial			**0.704898**		**0.704659**	**0.705054**		**0.704418**	**0.704709**	**0.704504**
	238U/204Pb			6.54		0.07	15.89		0.09	7.46	13.36
	235U/204Pb			0.05		0.00	0.12		0.00	0.05	0.10
	232Th/204Pb			35.46		0.44	89.28		0.36	39.31	59.54
	206Pb/204Pb initial			18.284			18.270			18.309	18.289
	207Pb/204Pb initial			15.541			15.519			15.533	15.526
	208Pb/204Pb initial			38.731			38.796			38.726	38.667
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	14	8	28	28	28	28	28	28	28	28
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.000		0.020		0.263	0.221		0.043	0.068	0.101
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705350**		**0.704898**	**0.704855**	**0.704659**	**0.705054**	**0.705147**	**0.704418**	**0.704709**	**0.704504**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.000		0.020		0.263	0.221		0.043	0.068	0.101
	(Sm/Nd) measured recalculé			0.178		0.170	0.125		0.169	0.148	0.142
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	0.512499		**0.512702**		**0.512723**	**0.512626**		**0.512720**	**0.512719**	**0.512721**
	(Sm/Nd) initial recalculé			0.178		0.170	0.125		0.169	0.148	0.142
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	8	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.000		0.020	0.040	0.263	0.221	0.142	0.043	0.068	0.101
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705350**		**0.704902**	**0.704847**	**0.704711**	**0.705098**	**0.705119**	**0.704427**	**0.704723**	**0.704524**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.000		0.020	0.040	0.263	0.221	0.142	0.043	0.068	0.101
	(Sm/Nd) measured recalculé			0.178	0.177	0.170	0.125	0.124	0.169	0.148	0.142
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	0.512499		**0.512719**	**0.512714**	**0.512738**	**0.512638**	**0.512608**	**0.512736**	**0.512732**	**0.512734**
	(Sm/Nd) initial recalculé			0.178	0.177	0.170	0.125	0.124	0.169	0.148	0.142

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	158	159	160	161	162	163	165	166	164	137
	Geochemistry Reference	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42][59]	[42]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Fontaine	Mount Des Ruches
	Sample Name	s BY96-92	s BY96-96	s BY96-100	s BY96-101	s BY96-80	s BY96-82	s BY96-89	s BY96-98	s BY96-86	s BY96-25
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt / Basalt, Transitional	Basalt
	Latitude	-48.85	-48.85	-48.85	-48.85	-48.85	-48.85	-48.85	-48.85	-48.85	-48.87
	Longitude	69.13	69.13	69.13	69.13	69.13	69.13	69.13	69.13	69.13	68.96
	Age Correction (Ma)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28.2
	Age reference	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]
	Sm (ppm)	4.4	2.5	4.3	8.4	4.5	4.6	2.0	4.3	3.6	3.9
	Nd (ppm)	18.7	9.5	18.0	36.0	20.4	15.7	6.8	17.8	17.5	17.5
	Rb (ppm)	12.2	2.3	14.3	21.5	17.0	4.0	1.1	9.6	20.3	17.2
	Sr (ppm)	311.0	207.0	352.0	368.0	419.0	287.0	141.0	433.0	414.0	357.0
	U (ppm)	0.3	0.2	0.3	0.7	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2
	Pb (ppm)	1.5	0.7	2.0	3.0	1.8	1.1	1.0	1.7	1.7	1.1
	Th (ppm)	1.4	0.7	1.3	2.9	2.1	0.5	0.2	1.4	2.3	1.4
	143Nd/144Nd measured	0.512774	0.512712	0.512759	0.512706	0.512693	0.512738	0.512803	0.512761	0.512619	0.512647
	87Sr/86Sr measured	0.704516	0.704534	0.704591	0.704744	0.704881	0.704848	0.704348	0.704602	0.705147	0.705031
	206Pb/204Pb measured	18.334	18.399	18.302	18.448	18.360		18.521	18.309	18.378	18.284
	207Pb/204Pb measured	15.516	15.528	15.523	15.523	15.561		15.559	15.523	15.544	15.535
	208Pb/204Pb measured	38.690	38.820	38.730	38.830	38.900		38.860	38.710	38.803	38.810
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.142	0.160	0.144	0.141	0.133	0.177	0.179	0.148	0.124	0.136
	143Nd/144Nd initial	**0.512748**	**0.512683**	**0.512733**	**0.512680**	**0.512669**	**0.512706**	**0.512770**	**0.512734**	**0.512596**	**0.512622**
	87Rb/86Sr	0.113	0.032	0.118	0.169	0.117	0.040	0.023	0.064	0.142	0.139
	87Sr/86Sr initial	**0.704471**	**0.704521**	**0.704544**	**0.704677**	**0.704834**	**0.704832**	**0.704339**	**0.704576**	**0.705091**	**0.704976**
	238U/204Pb	13.58	14.05	9.03	14.12	13.76	0.07	3.28	11.31	15.81	13.67
	235U/204Pb	0.10	0.10	0.07	0.10	0.10	0.00	0.02	0.08	0.12	0.10
	232Th/204Pb	59.97	65.79	42.46	62.48	76.92	0.38	14.90	53.35	86.64	80.02
	206Pb/204Pb initial	18.275	18.338	18.263	18.386	18.300		18.507	18.260	18.309	18.224
	207Pb/204Pb initial	15.513	15.525	15.521	15.520	15.558		15.558	15.521	15.540	15.532
	208Pb/204Pb initial	38.607	38.729	38.671	38.743	38.793		38.839	38.636	38.883	38.699
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28.2
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.113	0.032	0.118	0.169	0.117	0.040	0.023	0.064	0.142	0.139
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704471**	**0.704521**	**0.704544**	**0.704677**	**0.704834**	**0.704832**	**0.704339**	**0.704576**	**0.705091**	**0.704975**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.114	0.032	0.118	0.169	0.117	0.040	0.023	0.064	0.142	0.139
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.160	0.144	0.141	0.133	0.177	0.179	0.148	0.124	0.136
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512748**	**0.512683**	**0.512733**	**0.512680**	**0.512669**	**0.512706**	**0.512770**	**0.512734**	**0.512596**	**0.512622**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.160	0.144	0.141	0.133	0.177	0.179	0.148	0.124	0.136
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.113	0.032	0.118	0.169	0.117	0.040	0.023	0.064	0.142	0.139
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704493**	**0.704528**	**0.704568**	**0.704710**	**0.704858**	**0.704840**	**0.704344**	**0.704589**	**0.705119**	**0.705003**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.113	0.032	0.118	0.169	0.117	0.040	0.023	0.064	0.142	0.139
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.160	0.144	0.141	0.133	0.177	0.179	0.148	0.124	0.136
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512761**	**0.512697**	**0.512746**	**0.512693**	**0.512681**	**0.512722**	**0.512787**	**0.512747**	**0.512608**	**0.512635**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.160	0.144	0.141	0.133	0.177	0.179	0.148	0.124	0.136

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques de roches liées à la présence du panache de Kerguelen, recalculées à 14 Ma (modifiée d'après Olierook et al. 2017)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	138	139	140	141	142	143	144	145	146	149
	Geochemistry Reference	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]	[42]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches
	Sample Name	s BY96-33	s BY96-37	s BY96-38	s BY96-39	s BY96-41	s BY96-42	s BY96-43	s BY96-43 dup	s BY96-24	s BY96-34
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87
	Longitude	68.96	68.96	68.96	68.96	68.96	68.96	68.96	68.96	68.96	68.96
	Age Correction (Ma)	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2
	Age reference	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]	[82]
	Sm (ppm)	4.8	4.2	3.5	2.4	7.2	6.8	6.9	6.9	3.2	5.0
	Nd (ppm)	24.7	17.1	14.1	8.9	30.3	28.7	28.5	28.5	14.4	25.5
	Rb (ppm)	24.0	8.8	9.2	1.5	29.0	27.9	23.7	23.7	15.7	24.6
	Sr (ppm)	438.0	240.0	232.0	170.0	428.0	418.0	403.0	403.0	284.0	482.0
	U (ppm)	0.6	0.3	0.2	0.1	0.7	0.7	0.6	0.6	0.3	0.7
	Pb (ppm)	1.8	1.1	0.4	2.6	3.3	2.8	2.8	2.8	1.7	3.2
	Th (ppm)	4.5	1.5	1.2	0.6	3.0	2.8	2.6	2.6	1.7	4.1
	143Nd/144Nd measured	0.512485	0.512664	0.512665	0.512770	0.512768	0.512767	0.512733	0.512722	0.512643	0.512487
	87Sr/86Sr measured	0.705561	0.705031	0.705020	0.704414	0.704670	0.704678	0.704463	0.704467	0.705069	0.705679
	206Pb/204Pb measured	18.519	18.293	18.331		18.208	18.204		18.346	18.219	18.345
	207Pb/204Pb measured	15.578	15.518	15.535		15.501	15.491		15.523	15.526	15.566
	208Pb/204Pb measured	39.340	38.810	38.880		38.520	38.480		38.710	38.810	39.110
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.117	0.147	0.149	0.166	0.143	0.143	0.145		0.136	0.119
	143Nd/144Nd initial	**0.512464**	**0.512637**	**0.512638**	**0.512740**	**0.512742**	**0.512741**	**0.512706**		**0.512618**	**0.512465**
	87Rb/86Sr	0.159	0.106	0.115	0.026	0.196	0.193	0.170		0.160	0.148
	87Sr/86Sr initial	**0.705498**	**0.704989**	**0.704974**	**0.704404**	**0.704592**	**0.704601**	**0.704395**		**0.705005**	**0.705620**
	238U/204Pb	21.80	14.41	13.81	0.21	16.60	12.60	0.16		12.22	13.49
	235U/204Pb	0.16	0.11	0.10	0.00	0.12	0.09	0.00		0.09	0.10
	232Th/204Pb	160.19	85.91	70.18	1.24	74.81	56.04	0.80		63.13	83.05
	206Pb/204Pb initial	18.424	18.230	18.271		18.136	18.149			18.166	18.286
	207Pb/204Pb initial	15.574	15.515	15.532		15.498	15.488			15.523	15.563
	208Pb/204Pb initial	39.118	38.691	38.783		38.416	38.402			38.722	38.995
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.159	0.106	0.115	0.026	0.196	0.193	0.170	0.170	0.160	0.148
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705498**	**0.704989**	**0.704974**	**0.704404**	**0.704592**	**0.704601**	**0.704395**	**0.704399**	**0.705005**	**0.705620**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.159	0.106	0.115	0.026	0.196	0.193	0.170	0.170	0.160	0.148
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.117	0.147	0.149	0.166	0.144	0.143	0.145	0.145	0.136	0.119
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512463**	**0.512637**	**0.512638**	**0.512739**	**0.512742**	**0.512741**	**0.512706**	**0.512695**	**0.512618**	**0.512465**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.117	0.147	0.149	0.166	0.144	0.143	0.145	0.145	0.136	0.119
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.159	0.106	0.115	0.026	0.196	0.193	0.170	0.170	0.160	0.148
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705529**	**0.705010**	**0.704997**	**0.704409**	**0.704631**	**0.704640**	**0.704429**	**0.704433**	**0.705037**	**0.705650**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.159	0.106	0.115	0.026	0.196	0.193	0.170	0.170	0.160	0.148
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.117	0.147	0.149	0.166	0.144	0.143	0.145	0.145	0.136	0.119
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512474**	**0.512651**	**0.512651**	**0.512755**	**0.512755**	**0.512754**	**0.512720**	**0.512709**	**0.512631**	**0.512476**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.117	0.147	0.149	0.166	0.144	0.143	0.145	0.145	0.136	0.119

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	150	151	147	148	169	170	171	172	173	174
	Geochemistry Reference	[42]	[42]	[42][59]	[42][59]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount Des Ruches	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente
	Sample Name	s BY96-45	s BY96-46	s BY96-27	s BY96-31	s 93-358	s 93-360	s 93-365	s 93-376	s 93-380	s 93-381
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt / Basalt, Transitional	Basalt / Basalt, Transitional	Basalt, Alkaline	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional
	Latitude	-48.87	-48.87	-48.87	-48.87	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5
	Longitude	68.96	68.96	68.96	68.96	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5
	Age Correction (Ma)	28.2	28.2	28.2	28.2	26	26	26	26	26	26
	Age reference	[82]	[82]	[82]	[82]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)	6.5	9.2	4.2	7.9	7.8	6.6	7.7	7.3	8.0	5.7
	Nd (ppm)	27.1	38.9	18.8	33.5	31.7	27.3	32.2	31.2	34.7	25.3
	Rb (ppm)	14.2	20.1	17.1	18.2	3.4	1.3	1.3	14.3	0.6	2.2
	Sr (ppm)	418.0	354.0	386.0	352.0	335.0	348.0	333.0	342.0	358.0	343.0
	U (ppm)	0.5	0.7	0.3	0.6						
	Pb (ppm)	1.7	2.8	1.0	1.7						
	Th (ppm)	2.5	3.4	1.9	3.1	2.2	1.8	2.5	2.2	2.4	1.5
	143Nd/144Nd measured	0.512752	0.512675	0.512630	0.512588	0.512721	0.512732	0.512727	0.512700	0.512712	0.512720
	87Sr/86Sr measured	0.704431	0.704919	0.705179	0.705416	0.704755	0.704718	0.704747	0.704810	0.704799	0.704795
	206Pb/204Pb measured	18.471	18.348	18.254	18.349	18.384	18.394	18.384	18.445		18.324
	207Pb/204Pb measured	15.546	15.525	15.527	15.551	15.520	15.526	15.520	15.560		15.517
	208Pb/204Pb measured	38.940	38.770	38.827	39.001	38.775	38.770	38.708	38.889		38.703
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.144	0.143	0.136	0.142	0.150	0.147	0.145	0.142	0.139	0.137
	143Nd/144Nd initial	**0.512726**	**0.512649**	**0.512605**	**0.512562**	**0.512696**	**0.512707**	**0.512702**	**0.512676**	**0.512688**	**0.512697**
	87Rb/86Sr	0.098	0.164	0.128	0.150	0.029	0.011	0.011	0.121	0.005	0.019
	87Sr/86Sr initial	**0.704392**	**0.704854**	**0.705128**	**0.705357**	**0.704744**	**0.704714**	**0.704743**	**0.704765**	**0.704797**	**0.704788**
	238U/204Pb	18.87	16.10	19.57	20.83						
	235U/204Pb	0.14	0.12	0.14	0.15						
	232Th/204Pb	94.08	77.73	130.08	119.16						
	206Pb/204Pb initial	18.389	18.278	18.169	18.258						
	207Pb/204Pb initial	15.542	15.522	15.523	15.547						
	208Pb/204Pb initial	38.810	38.662	38.647	38.836						
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	28.2	28.2	28.2	28.2	26	26	26	26	26	26
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.098	0.164	0.128	0.150	0.029	0.011	0.011	0.121	0.005	0.019
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704392**	**0.704853**	**0.705128**	**0.705356**	**0.704744**	**0.704714**	**0.704743**	**0.704765**	**0.704797**	**0.704788**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.098	0.164	0.128	0.150	0.029	0.011	0.011	0.121	0.005	0.019
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.143	0.136	0.142	0.150	0.147	0.145	0.142	0.139	0.137
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512725**	**0.512649**	**0.512605**	**0.512562**	**0.512696**	**0.512707**	**0.512702**	**0.512676**	**0.512688**	**0.512697**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.143	0.136	0.142	0.150	0.147	0.145	0.142	0.139	0.137
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.098	0.164	0.128	0.150	0.029	0.011	0.011	0.121	0.005	0.019
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704411**	**0.704886**	**0.705154**	**0.705386**	**0.704749**	**0.704716**	**0.704745**	**0.704786**	**0.704798**	**0.704791**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.098	0.164	0.128	0.150	0.029	0.011	0.011	0.121	0.005	0.019
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.143	0.136	0.142	0.150	0.147	0.145	0.142	0.139	0.137
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512739**	**0.512662**	**0.512618**	**0.512575**	**0.512707**	**0.512719**	**0.512714**	**0.512687**	**0.512699**	**0.512707**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.143	0.136	0.142	0.150	0.147	0.145	0.142	0.139	0.137

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184
	Geochemistry Reference	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]	[46]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente	Mount De La Tourmente
	Sample Name	s 93-394	s 93-402	s 93-403	s 93-409	s 93-381	s 93-351	s 93-352	s 93-356	s 93-392	s 93-404
	Rock Type	Basalt, Alkaline	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Alkaline / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Alkaline / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt
	Latitude	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5	-49.5
	Longitude	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5
	Age Correction (Ma)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)	8.4	6.0	6.1	6.4		8.5	8.0	8.4	8.0	6.2
	Nd (ppm)	33.9	23.7	25.0	27.7		36.5	32.9	34.3	33.4	24.9
	Rb (ppm)	31.5	3.2	2.2	7.4		5.9	6.9	25.8	8.5	1.1
	Sr (ppm)	320.0	350.0	356.0	337.0		338.0	328.0	323.0	333.0	348.0
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	2.5	1.6	1.7	2.2		2.6	2.4	2.5	2.6	2.0
	143Nd/144Nd measured	0.512726	0.512706	0.512696	0.512717	0.512716	0.512715	0.512730	0.512706	0.512704	0.512741
	87Sr/86Sr measured	0.704813	0.704789	0.704799	0.704693	0.704785	0.704705	0.704703	0.704753	0.704755	0.704678
	206Pb/204Pb measured	18.419	18.406		18.436			18.449	18.434	18.496	18.407
	207Pb/204Pb measured	15.516	15.563		15.523			15.543	15.576	15.568	15.508
	208Pb/204Pb measured	38.824	38.885		38.825			38.860	38.920	38.978	38.707
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.150	0.153	0.147	0.141		0.141	0.146	0.148	0.145	0.151
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512700**	**0.512680**	**0.512671**	**0.512693**		**0.512691**	**0.512705**	**0.512681**	**0.512679**	**0.512715**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.285	0.026	0.018	0.064		0.050	0.061	0.231	0.074	0.009
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704708**	**0.704779**	**0.704792**	**0.704670**		**0.704686**	**0.704681**	**0.704668**	**0.704728**	**0.704675**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.285	0.026	0.018	0.064		0.050	0.061	0.231	0.074	0.009
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704708**	**0.704779**	**0.704792**	**0.704670**		**0.704686**	**0.704681**	**0.704668**	**0.704728**	**0.704675**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.285	0.026	0.018	0.064		0.051	0.061	0.231	0.074	0.009
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.150	0.153	0.147	0.141		0.141	0.146	0.148	0.145	0.151
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512700**	**0.512680**	**0.512671**	**0.512693**		**0.512691**	**0.512705**	**0.512681**	**0.512679**	**0.512715**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.150	0.153	0.147	0.141		0.141	0.146	0.148	0.145	0.151
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.285	0.026	0.018	0.064		0.050	0.061	0.231	0.074	0.009
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704756**	**0.704784**	**0.704795**	**0.704680**		**0.704695**	**0.704691**	**0.704707**	**0.704740**	**0.704676**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.285	0.026	0.018	0.064		0.050	0.061	0.231	0.074	0.009
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.150	0.153	0.147	0.141		0.141	0.146	0.148	0.145	0.151
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512712**	**0.512692**	**0.512683**	**0.512704**		**0.512702**	**0.512717**	**0.512692**	**0.512691**	**0.512727**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.150	0.153	0.147	0.141		0.141	0.146	0.148	0.145	0.151

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	185	251	252	253	254	255	256	257	258	259
	Geochemistry Reference	[46]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount De La Tourmente	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Du Charbon	Ravin Jaune
	Sample Name	s 93-414	s 273	s 271	s 717	s 720	s 729	s 731	s 734	s 714	s 678
	Rock Type	Basalt, Transitional / Basalt	Trachybasalt	Trachybasalt	Trachybasalt	Trachybasalt	Basalt, Alkaline	Trachybasalt	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline
	Latitude	-49.5	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude	70.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Age reference	[70]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]	[48]
	Sm (ppm)	8.2	9.0	10.0	9.5	8.0	8.5	8.1	9.3	7.1	6.9
	Nd (ppm)	34.9	42.6	48.2	45.5	39.3	42.3	38.7	48.7	31.8	29.5
	Rb (ppm)	15.9	35.0	37.3	41.8	42.3	37.0	47.9	53.6	34.4	25.2
	Sr (ppm)	338.0	872.0	873.0	494.0	536.0	625.0	844.0	744.0	558.0	421.0
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	3.0	4.4	5.1	5.5	6.4	5.3	6.5	6.4	4.3	3.2
	143Nd/144Nd measured	0.512712	0.512651	0.512647	0.512646	0.512613	0.512637	0.512639	0.512602	0.512644	0.512635
	87Sr/86Sr measured	0.704780	0.705163	0.705169	0.705188	0.705297	0.705200	0.705231	0.705299	0.704892	0.705223
	206Pb/204Pb measured	18.423	18.518	18.534	18.558	18.538	18.466	18.500	18.412	18.237	18.450
	207Pb/204Pb measured	15.527	15.578	15.570	15.561	15.540	15.535	15.554	15.553	15.523	15.531
	208Pb/204Pb measured	38.883	39.137	39.128	39.059	39.098	39.004	39.088	39.048	38.616	38.974
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.142	0.128	0.125	0.126	0.124	0.122	0.126	0.116	0.134	0.141
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512688**	**0.512630**	**0.512627**	**0.512625**	**0.512593**	**0.512617**	**0.512618**	**0.512583**	**0.512622**	**0.512612**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.136	0.116	0.124	0.245	0.228	0.171	0.164	0.208	0.178	0.173
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704730**	**0.705122**	**0.705125**	**0.705101**	**0.705216**	**0.705139**	**0.705173**	**0.705225**	**0.704829**	**0.705162**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.136	0.116	0.124	0.245	0.228	0.171	0.164	0.208	0.178	0.173
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704730**	**0.705122**	**0.705125**	**0.705101**	**0.705216**	**0.705139**	**0.705173**	**0.705225**	**0.704829**	**0.705162**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.136	0.116	0.124	0.245	0.228	0.171	0.164	0.208	0.178	0.173
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.128	0.125	0.126	0.124	0.122	0.126	0.116	0.134	0.141
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512688**	**0.512630**	**0.512627**	**0.512625**	**0.512593**	**0.512617**	**0.512618**	**0.512583**	**0.512622**	**0.512612**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.128	0.125	0.126	0.124	0.122	0.126	0.116	0.134	0.141
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.136	0.116	0.124	0.245	0.228	0.171	0.164	0.208	0.178	0.173
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704753**	**0.705140**	**0.705144**	**0.705139**	**0.705252**	**0.705166**	**0.705198**	**0.705258**	**0.704857**	**0.705189**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.136	0.116	0.124	0.245	0.228	0.171	0.164	0.208	0.178	0.173
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.128	0.125	0.126	0.124	0.122	0.126	0.116	0.134	0.141
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512699**	**0.512639**	**0.512636**	**0.512634**	**0.512602**	**0.512626**	**0.512627**	**0.512591**	**0.512632**	**0.512622**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.128	0.125	0.126	0.124	0.122	0.126	0.116	0.134	0.141

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	260	261	262	168						
	Geochemistry Reference	[48]	[48]	[48]	[49]	[49] DEA	[49] DEA	[49] DEA	[49] DEA	[49] DEA	[49] DEA
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Ravin Jaune	Ravin Jaune	Ravin Jaune	CRBIC	CRBIC	CRBIC	CRBIC	CRBIC	CRBIC	Loranchet Peninsula
	Sample Name	s 685	s 682	s 685	s MM94-401	MM94-406	MM94-515	MM94-519	MM94-586	MM94-569	GR97-116
	Rock Type	Basalt, Alkaline	Basanite	Basalt, Alkaline	Basalt	Trachybasalt	Trachyte	Trachyte	Rhyolite	Syenite	Rhyolite
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55						
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5						
	Age Correction (Ma)	25	25	25	25	0.026	0.026	0.026	0.026	4.7	0
	Age reference	[48]	[48]	[70]							
	Sm (ppm)	7.7	9.6		11	11.7	14.7	32.4	11.7	17.2	
	Nd (ppm)	35.8	47.1		54.5	61.9	76.9	142	56.8	83.2	
	Rb (ppm)	40.4	55.1		12.0	22.47	110.5	82.4	300.3	61.56	79.85
	Sr (ppm)	411.0	818.0		824.0	1038.9	6.3	12.4	14.3	189.61	179.1
	U (ppm)										
	Pb (ppm)				0.0						
	Th (ppm)	4.2	6.8								
	143Nd/144Nd measured	0.512603	0.512630		0.512648	0.512637	0.512622	0.512622		0.512606	
	87Sr/86Sr measured	0.705249	0.704978	0.705260	0.705122	0.705122	0.706572	0.706141	0.708824	0.705164	0.705067
	206Pb/204Pb measured	18.441	18.258	18.418							
	207Pb/204Pb measured	15.561	15.517	15.531							
	208Pb/204Pb measured	39.059	38.645	38.978							
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.130	0.123								
	143Nd/144Nd initial	**0.512582**	**0.512610**								
	87Rb/86Sr	0.284	0.195		0.042						
	87Sr/86Sr initial	**0.705148**	**0.704909**		**0.705106**						
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	25	25	25	25	0.026	0.026	0.026	0.026	4.7	0
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.284	0.195		0.042	0.063	50.742	19.223	60.766	0.939	1.290
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705148**	**0.704909**		**0.705107**	**0.705122**	**0.706553**	**0.706134**	**0.708802**	**0.705101**	**0.705067**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.284	0.195		0.042	0.063	50.742	19.223	60.766	0.939	1.290
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.130	0.123		0.122	0.114	0.116	0.138	0.109	0.125	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512582**	**0.512610**		**0.512628**	**0.512637**	**0.512622**	**0.512622**		**0.512602**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.130	0.123		0.122	0.114	0.116	0.138	0.109	0.125	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	0.026	0.026	0.026	0.026	4.7	0	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.284	0.195		0.042	0.063	50.742	19.223	60.766	0.939	1.290
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705192**	**0.704939**		**0.705122**	**0.705122**	**0.706553**	**0.706134**	**0.704768**	**0.705164**	**0.704811**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.284	0.195		0.042	0.063	50.742	19.223	60.770	0.939	1.290
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.130	0.123		0.122	0.114	0.116	0.138		0.125	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512591**	**0.512619**		**0.512648**	**0.512637**	**0.512622**	**0.512622**		**0.512606**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.130	0.123		0.122	0.114	0.116	0.138		0.125	

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	206	210	249	250	286	287	100	101	263	288
	Geochemistry Reference	[50]	[50]	[50]	[50]	[50][64]	[50][64]	[50][64]	[50][64]	[50][64]	[50][64]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Courbet Peninsula	Jeanne D'Arc Peninsula	Central plateau	Central plateau	Ouest Island	Ouest Island	Loranchet Peninsula	Loranchet Peninsula	Mount Du Chateau	Mount Ballons
	Sample Name	s 77-128	s K47	s 85-12	s 85-55	s 80-135	s 80-71	s 81-18	s 81-19	s 77-211	78-74
	Rock Type	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Alkaline / Basalt	Basalt, Alkaline / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Alkaline / Basalt	Basalt alkali / Trachybasanite
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	
	Age Correction (Ma)	25	25	25	25	29	29	29	29	25	29
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[75]	[75]	[70]	[70]	[51]	
	Sm (ppm)	5.7	4.8	5.5	6.2	6.9	10.1	4.5	6.3	5.2	7.1
	Nd (ppm)	24.9	23.5	23.5	31.5	38.7	58.0	19.5	26.1	24.2	51.8
	Rb (ppm)	23.0	19.0	12.0		33.0	74.0	9.0	10.0	19.0	85.0
	Sr (ppm)	460.0	499.0	380.0	349.0	686.0	696.0	406.0	403.0	362.0	861.0
	U (ppm)			0.4	0.5	1.0	1.9	0.4	1.1	0.5	
	Pb (ppm)			1.6	2.0	3.6	8.1	1.6	4.7	1.9	
	Th (ppm)	3.4	2.9	2.0	2.5	4.6	8.8	1.9	2.6	2.6	
	143Nd/144Nd measured	0.512620	0.512590	0.512730	0.512750	0.512540	0.512500	0.512660	0.512740	0.512620	0.512590
	87Sr/86Sr measured	0.705090	0.705030	0.704880	0.704830	0.705380	0.705640	0.704710	0.704300	0.705080	0.705210
	206Pb/204Pb measured			18.377	18.467	18.334	18.234	18.504	18.302	18.444	
	207Pb/204Pb measured			15.539	15.528	15.552	15.545	15.550	15.558	15.565	
	208Pb/204Pb measured			38.813	38.817	38.807	38.978	38.957	38.391	39.007	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.138	0.123	0.141	0.120	0.108	0.105	0.140	0.145	0.130	
	143Nd/144Nd initial	**0.512597**	**0.512570**	**0.512707**	**0.512730**	**0.512529**	**0.512490**	**0.512633**	**0.512712**	**0.512600**	
	87Rb/86Sr	0.145	0.110	0.091	0.000	0.139	0.308	0.064	0.072	0.152	
	87Sr/86Sr initial	**0.705039**	**0.704991**	**0.704848**	**0.704830**	**0.705350**	**0.705574**	**0.704684**	**0.704270**	**0.705028**	
	238U/204Pb			16.44	15.86	17.41	14.87	15.74	14.58	17.02	
	235U/204Pb			0.12	0.12	0.13	0.11	0.12	0.11	0.12	
	232Th/204Pb			79.43	81.60	82.23	70.60	77.66	35.62	90.39	
	206Pb/204Pb initial			18.313	18.405	18.293	18.199	18.433	18.236	18.380	
	207Pb/204Pb initial			15.536	15.525	15.550	15.543	15.547	15.555	15.562	
	208Pb/204Pb initial			38.715	38.716	38.746	38.926	38.845	38.340	38.900	
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	25	25	25	25	29	29	29	29	25	29
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.145	0.110	0.091	0.000	0.139	0.308	0.064	0.072	0.152	0.286
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705039**	**0.704991**	**0.704848**	**0.704830**	**0.705323**	**0.705513**	**0.704684**	**0.704270**	**0.705026**	**0.705092**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.145	0.110	0.091	0.000	0.139	0.308	0.064	0.072	0.152	0.286
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.138	0.123	0.141	0.120	0.108	0.105	0.140	0.145	0.130	0.083
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512597**	**0.512570**	**0.512707**	**0.512730**	**0.512519**	**0.512480**	**0.512633**	**0.512712**	**0.512599**	**0.512574**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.138	0.123	0.141	0.120	0.108	0.105	0.140	0.145	0.130	0.083
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.145	0.110	0.091	0.000	0.139	0.308	0.064	0.072	0.152	0.286
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705061**	**0.705008**	**0.704862**	**0.704830**	**0.705352**	**0.705579**	**0.704697**	**0.704286**	**0.705050**	**0.705153**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.145	0.110	0.091	0.000	0.139	0.308	0.064	0.072	0.152	0.286
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.138	0.123	0.141	0.120	0.108	0.105	0.140	0.145	0.130	0.083
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512607**	**0.512579**	**0.512717**	**0.512739**	**0.512530**	**0.512490**	**0.512647**	**0.512727**	**0.512608**	**0.512582**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.138	0.123	0.141	0.120	0.108	0.105	0.140	0.145	0.130	0.083

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	289	290	291	245	246	247	248	233	234	235
	Geochemistry Reference	[50][64]	[50][64]	[50][64]	[58]	[58]	[58]	[58]	[59]	[59]	[59]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Ballons	Nuageuges Islands - Croy	Nuageuges Islands - Croy	Mount Tizzard	Mount Tizzard	Mount Tizzard	Mount Tizzard	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier
	Sample Name	78-77	82.01	82.71	s MG-91-116	s MG-91-106	s GM-92-419	s MG-91-116	s OB93-177	s OB93-177	s OB93-177
	Rock Type	Basalt alkali / Trachybasanite			Gabbro	Gabbro, Ilmenite	Gabbro, Ilmenite	Gabbro	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline
	Latitude				-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude				68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	29			25	25	25	25	25	25	25
	Age reference				[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)	5.2	5.2	8.6	0.1	2.5	2.4				
	Nd (ppm)	20.9	22.0	35.8	0.2	6.7	6.4	0.1			
	Rb (ppm)				0.1		0.4				
	Sr (ppm)				112.0	209.0	89.8				
	U (ppm)				0.0		0.0				
	Pb (ppm)				0.0	0.2	0.2				
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512722	0.512795	0.512753		0.512780	0.512880	0.512840			
	87Sr/86Sr measured	0.704643	0.704655	0.704692	0.704220	0.704670	0.704250	0.704320			
	206Pb/204Pb measured				18.174	18.125	18.184		18.480	18.446	18.449
	207Pb/204Pb measured				15.570	15.528	15.532		15.568	15.561	15.561
	208Pb/204Pb measured				38.181	38.626	38.464		39.129	39.059	39.060
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd				0.166	0.221	0.229	0.000			
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**					**0.512744**	**0.512843**	**0.512840**			
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr				0.002	0.000	0.012				
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**				**0.704219**	**0.704670**	**0.704246**				
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb				12.41	0.00	1.87				
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb				0.09	0.00	0.01				
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb				0.00	0.00	0.00				
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibiio	Age ref. (L.Ponthus)	29			25	25	25	25	25	25	25
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Rb/Sr) measured recalculé				0.002	0.000	0.012				
RECALCULE A L'Age Bibiio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**				**0.704219**	**0.704670**	**0.704246**				
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Rb/Sr) initial recalculé				0.002	0.000	0.012				
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.149	0.142	0.145	0.166	0.221	0.229	0.000			
RECALCULE A L'Age Bibiio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512694**	**0.512795**	**0.512753**		**0.512744**	**0.512843**	**0.512840**			
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.149	0.142	0.145	0.166	0.221	0.229	0.000			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé				0.002	0.000	0.012				
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**				**0.704220**	**0.704670**	**0.704248**				
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé				0.002	0.000	0.012				
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.149	0.142	0.145		0.221	0.229	0.000			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512708**	**0.512782**	**0.512740**		**0.512760**	**0.512859**	**0.512840**			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.149	0.142	0.145		0.221	0.229	0.000			

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	236	237	238	239	240	241	242	243	244	167
	Geochemistry Reference	[59]	[59]	[59]	[59]	[59]	[59]	[59]	[59]	[60][59]	[63]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Mount Crozier	Kerguelen Archipelago
	Sample Name	s OB93-177	s OB93-177	s OB93-177	s OB93-177	s OB93-202	s OB93-202	s OB93-202	s OB93-202	s OB93-165	s KG11-1
	Rock Type	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt / Basalt, Alkaline	Basalt
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured									0.512621	0.512670
	87Sr/86Sr measured									0.705298	0.705260
	206Pb/204Pb measured	18.453	18.453	18.453	18.448	18.492	18.496	18.493	18.498	18.587	18.452
	207Pb/204Pb measured	15.562	15.562	15.563	15.560	15.573	15.572	15.573	15.574	15.574	15.549
	208Pb/204Pb measured	39.061	39.064	39.065	39.058	39.125	39.112	39.109	39.117	39.288	39.058
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**										
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr										
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**										
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibiio	Age ref. (L.Ponthus)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Rb/Sr) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age Bibiio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Rb/Sr) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Sm/Nd) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age Bibiio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age Bibiio	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé										

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	117	98	266								
	Geochemistry Reference	[63]	[66][76]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75] [50]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Bureau	Foch	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite
	Sample Name	s KG4-1	s KG6-2	s K92	K92	K94	82.247	78.08	78.13	78.06	K90	
	Rock Type	Basalt	Basalt	Gabbro, Clinopyroxene-Olivine	gabbro	gabbro	peridotite	monzonite	Oz microsyenite	Oz microsyenite	gabbro	
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55								
	Longitude	68.5	68.5	68.5								
	Age Correction (Ma)	29	29	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25
	Age reference	[70]	[70]	[67]								
	Sm (ppm)											
	Nd (ppm)											
	Rb (ppm)			9.8	9.8	11.5	6.5	78	101	124	11.5	
	Sr (ppm)			546.0	546	678	208	412	355	278	495	
	U (ppm)			0.3								
	Pb (ppm)			1.1								
	Th (ppm)											
	143Nd/144Nd measured	0.512870	0.512907				0.51266					0.51266
	87Sr/86Sr measured	0.704070	0.703980	0.705260	0.70526	0.70497	0.7063	0.70529	0.70619	0.70558		0.70526
	206Pb/204Pb measured	18.483	18.399	18.377								
	207Pb/204Pb measured	15.521	15.524	15.546								
	208Pb/204Pb measured	38.693	38.473	38.805								
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd											
	143Nd/144Nd initial											
	87Rb/86Sr			0.052								
	87Sr/86Sr initial			**0.705242**								
	238U/204Pb			15.10								
	235U/204Pb			0.11								
	232Th/204Pb			0.00								
	206Pb/204Pb initial											
	207Pb/204Pb initial											
	208Pb/204Pb initial											
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	29	29	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	
	(Rb/Sr) measured recalculé			0.052	0.052	0.049	0.090	0.548	0.823	1.290	0.067	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé			**0.705242**	**0.705242**	**0.704953**	**0.706269**	**0.705101**	**0.705907**	**0.705136**	**0.705237**	
	(Rb/Sr) initial recalculé			0.052	0.052	0.049	0.090	0.548	0.823	1.291	0.067	
	(Sm/Nd) measured recalculé											
	(143Nd/144Nd) initial recalculé						0.51266					
	(Sm/Nd) initial recalculé											
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
	(Rb/Sr) measured recalculé			0.052	0.052	0.049	0.090	0.548	0.823	1.290	0.067	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé			**0.705250**	**0.705250**	**0.704960**	**0.706282**	**0.705181**	**0.706026**	**0.705323**	**0.705247**	
	(Rb/Sr) initial recalculé			0.052	0.052	0.049	0.090	0.548	0.823	1.291	0.067	
	(Sm/Nd) measured recalculé											
	(143Nd/144Nd) initial recalculé						0.51266					
	(Sm/Nd) initial recalculé											

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276
	Geochemistry Reference	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite
	Sample Name	s MPC99-34	s MPC99-38	s MPC99-36	s MPC99-40	s MPC99-46	s MPC99-60	s MPC99-51	s MPC99-24	s MPC99-25	MPC99-47
	Rock Type	Wehrlite	Wehrlite	Clinopyroxenite, Olivine	Clinopyroxenite, Olivine	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Felsic rock
	Latitude	-49.711446	-49.711446	-49.711446	-49.724819	-49.729124	-49.716361	-49.72067	-49.710217	-49.710217	
	Longitude	70.080074	70.080074	70.080074	70.080742	70.075181	70.077749	70.07524	70.079229	70.079229	
	Age Correction (Ma)	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25
	Age reference	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	
	Sm (ppm)	1.9	1.7	3.2	1.5	3.3	5.2	7.5	8.8	8.4	8.8
	Nd (ppm)	7.5	7.3	13.2	5.8	14.0	23.7	33.7	39.9	38.3	43.7
	Rb (ppm)	9.4	7.2	13.1	2.1	12.7	23.0	35.8	40.7	39.2	79.7
	Sr (ppm)	177.0	160.0	226.0	235.0	510.0	586.0	466.0	531.0	527.0	688.0
	U (ppm)	0.2	0.1	0.3	0.0	0.3	0.4	0.6	0.9	0.8	
	Pb (ppm)	0.5	0.6	1.0	0.6	1.3	2.7	2.8	3.4	2.6	
	Th (ppm)	0.7	0.6	1.4	0.2	1.8	2.6	3.6	4.3	4.2	
	143Nd/144Nd measured	0.512632	0.512626	0.512635	0.512616	0.512580	0.512567	0.512581	0.512588	0.512586	0.51259
	87Sr/86Sr measured	0.705056	0.705140	0.705060	0.705217	0.705362	0.705284	0.705269	0.705232	0.705248	0.705576
	206Pb/204Pb measured	18.512	18.488	18.464	18.435	18.348	18.412	18.449	18.331	18.367	
	207Pb/204Pb measured	15.555	15.536	15.541	15.531	15.537	15.543	15.531	15.504	15.539	
	208Pb/204Pb measured	39.090	39.050	39.010	38.980	38.930	38.970	38.990	38.830	38.910	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.153	0.143	0.147	0.156	0.141	0.133	0.135	0.133	0.132	0.1217
	143Nd/144Nd initial	**0.512608**	**0.512604**	**0.512612**	**0.512591**	**0.512558**	**0.512546**	**0.512560**	**0.512567**	**0.512565**	
	87Rb/86Sr	0.154	0.130	0.168	0.026	0.072	0.114	0.222	0.222	0.215	0.6705
	87Sr/86Sr initial	**0.705004**	**0.705096**	**0.705003**	**0.705208**	**0.705337**	**0.705245**	**0.705193**	**0.705156**	**0.705175**	
	238U/204Pb	20.13	12.16	19.22	4.41	15.58	8.78	13.81	15.80	18.40	
	235U/204Pb	0.15	0.09	0.14	0.03	0.11	0.06	0.10	0.12	0.14	
	232Th/204Pb	101.25	70.83	93.14	23.95	87.33	62.53	83.03	82.42	107.22	
	206Pb/204Pb initial	18.437	18.443	18.392	18.418	18.290	18.379	18.397	18.272	18.298	
	207Pb/204Pb initial	15.551	15.534	15.538	15.530	15.534	15.541	15.529	15.501	15.536	
	208Pb/204Pb initial	38.970	38.966	38.899	38.952	38.826	38.896	38.891	38.732	38.783	
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.154	0.130	0.168	0.026	0.072	0.114	0.222	0.222	0.215	0.335
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705003**	**0.705095**	**0.705002**	**0.705208**	**0.705337**	**0.705245**	**0.705192**	**0.705156**	**0.705174**	**0.705461**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.154	0.130	0.168	0.026	0.072	0.114	0.222	0.222	0.215	0.335
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.153	0.143	0.147	0.156	0.141	0.133	0.135	0.133	0.132	0.122
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512608**	**0.512603**	**0.512612**	**0.512591**	**0.512558**	**0.512546**	**0.512560**	**0.512567**	**0.512565**	**0.512571**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.153	0.143	0.147	0.156	0.141	0.133	0.135	0.133	0.133	0.122
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.154	0.130	0.168	0.026	0.072	0.114	0.222	0.222	0.215	0.335
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705025**	**0.705114**	**0.705027**	**0.705212**	**0.705348**	**0.705261**	**0.705225**	**0.705188**	**0.705205**	**0.705509**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.154	0.130	0.168	0.026	0.072	0.114	0.222	0.222	0.215	0.335
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.153	0.143	0.147	0.156	0.141	0.133	0.135	0.133	0.132	0.122
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512618**	**0.512613**	**0.512622**	**0.512602**	**0.512567**	**0.512555**	**0.512569**	**0.512576**	**0.512574**	**0.512579**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.153	0.143	0.147	0.156	0.141	0.133	0.135	0.133	0.132	0.122

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	277	278	276	277	278	279	280	295	296	297
	Geochemistry Reference	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[68]	[68]	[68]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Val Gabbro Plutonic Suite	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Sample Name	MPC99-53a/A	MPC99-57	s MPC99-51	s MPC99-24	s MPC99-24	s MPC99-25	s MPC99-25	s BM1967,P8(5)	s BM75190	s BM64852
	Rock Type	Felsic rock	Felsic rock	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline
	Latitude			-49.72067	-49.710217	-49.710217	-49.710217	-49.710217	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude			70.07524	70.079229	70.079229	70.079229	70.079229	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25			
	Age reference			[67]	[67]	[67]	[67]	[67]	[74]	[74]	[74]
	Sm (ppm)	9.1	10.4						9.1	5.5	6.1
	Nd (ppm)	44.8	52.3						54.0	32.0	34.0
	Rb (ppm)	101	169.0						62.0	48.0	38.0
	Sr (ppm)	320.0	302.0						706.0	501.0	449.0
	U (ppm)									0.7	
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)								6.1	4.2	4.3
	143Nd/144Nd measured	0.512621	0.512616						0.512541	0.512498	0.512507
	87Sr/86Sr measured	0.705491	0.705764						0.705410	0.705680	0.705980
	206Pb/204Pb measured			18.475	18.368	18.389	18.378	18.385	18.086	18.060	
	207Pb/204Pb measured			15.551	15.537	15.563	15.545	15.555	15.532	15.537	
	208Pb/204Pb measured			39.040	38.930	39.000	38.940	38.970	38.710	38.884	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.1234	0.1199						0.102	0.104	0.108
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**								**0.512534**	**0.512491**	**0.512500**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.9161	1.6157						0.254	0.277	0.245
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**								**0.705374**	**0.705641**	**0.705945**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25			
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) measured recalculé	0.913	1.619						0.254	0.277	0.245
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705177**	**0.705206**						**0.705410**	**0.705680**	**0.705980**
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) initial recalculé	0.913	1.619						0.254	0.277	0.245
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) measured recalculé	0.123	0.120						0.102	0.104	0.109
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512601**	**0.512597**						**0.512541**	**0.512498**	**0.512507**
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) initial recalculé	0.123	0.120						0.102	0.104	0.109
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.913	1.619						0.254	0.277	0.245
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705309**	**0.705442**						**0.705359**	**0.705625**	**0.705931**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.913	1.619						0.254	0.277	0.245
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.123	0.120						0.102	0.104	0.109
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512610**	**0.512605**						**0.512532**	**0.512488**	**0.512497**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.123	0.120						0.102	0.104	0.109

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	130	131	132	133	134	135	136			
	Geochemistry Reference	[68]	[68]	[68]	[68]	[68]	[68]	[68]	[83]	[83]	[83]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Shield Stage	Shield Stage	Shield Stage	Shield Stage	Shield Stage	Shield Stage	Shield Stage	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross
	Sample Name	s BM64947	s BM75061	s BM64881	s BM64878	s BM75059	s BM64886	s BM75179	99	39	38
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline			
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55			
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5			
	Age Correction (Ma)	29	29	29	29	29	29	29	0.13	0.15	0.152
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]			
	Sm (ppm)	3.0	3.4	3.3	7.9	6.7	8.7		10.4	14	11
	Nd (ppm)	13.3	15.3	12.6	34.0	31.0	51.0		54.6	69.1	61.2
	Rb (ppm)	14.0	4.0	3.0	14.0	15.0	15.0	19.0	62.3	63.3	
	Sr (ppm)	213.0	271.0	385.0	513.0	768.0	975.0	1044.0	965	892	
	U (ppm)	0.2			0.3	0.3	1.1				
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	1.6	1.7	0.5	1.1	1.4	2.2				
	143Nd/144Nd measured	0.512672	0.512665	0.512778	0.512790	0.512827	0.512828	0.512824	0.512586	0.512582	0.512626
	87Sr/86Sr measured	0.704990	0.704920	0.704750	0.704590	0.704400		0.704270	0.705267	0.075125	0.075234
	206Pb/204Pb measured				18.112	18.313	18.088				
	207Pb/204Pb measured				15.481	15.592	15.504				
	208Pb/204Pb measured				38.290	38.477	38.288				
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.136	0.134	0.158	0.140	0.131	0.103				
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512646**	**0.512640**	**0.512748**	**0.512763**	**0.512802**	**0.512808**		0.512586	0.512582	0.512626
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.190	0.043	0.023	0.079	0.056	0.041	0.053			
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704912**	**0.704902**	**0.704741**	**0.704557**	**0.704377**		**0.704248**	**0.70527**	**0.70512**	
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	29	29	29	29	29	29	29	0.13	0.15	0.152
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) measured recalculé	0.190	0.043	0.023	0.079	0.056	0.041	0.053	0.187	0.193	
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704912**	**0.704902**	**0.704741**	**0.704557**	**0.704377**		**0.704248**			
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) initial recalculé	0.190	0.043	0.023	0.079	0.057	0.041	0.053	0.187	0.193	
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) measured recalculé	0.136	0.134	0.158	0.141	0.131	0.103		0.115	0.123	0.109
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512646**	**0.512640**	**0.512748**	**0.512763**	**0.512802**	**0.512808**		**0.512586**	**0.512582**	**0.512626**
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) initial recalculé	0.136	0.134	0.158	0.141	0.131	0.103		0.115	0.123	0.109
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	0.13	0.15	0.152
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.190	0.043	0.023	0.079	0.056		0.053	0.187	0.193	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704952**	**0.704912**	**0.704746**	**0.704574**	**0.704389**		**0.704260**	**0.705267**	**0.075125**	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.190	0.043	0.023	0.079	0.057		0.053	0.187	0.193	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.136	0.134	0.158	0.141	0.131	0.103		0.115	0.123	0.109
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512660**	**0.512653**	**0.512763**	**0.512777**	**0.512815**	**0.512819**		**0.512586**	**0.512582**	**0.512626**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.136	0.134	0.158	0.141	0.131	0.103		0.115	0.123	0.109

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)										
	Geochemistry Reference	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross
	Sample Name	48	130	64	97	57	54	142	144	107	44
	Rock Type										
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	0.167	0.21	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
	Age reference										
	Sm (ppm)	11.8	11.4	11.8	11.6	10.9	10.8	11.6	11	13.9	12.7
	Nd (ppm)	64.8	61.4	63.4	60.8	54.8	57.9	63.6	61.1	74.5	75
	Rb (ppm)	77.9	73.6		71.2	64.3	63.5	88	114	142	138.6
	Sr (ppm)	864	949		971	1056	993	736	729	400	115
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512586	0.512574	0.512573	0.512565	0.512567	0.512576	0.512564	0.512567	0.512587	0.51255
	87Sr/86Sr measured	0.075233	0.075201	0.075243	0.075215	0.075156	0.075172	0.075208	0.075134	0.075179	0.075344
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial	0.512586	0.512574	0.512573	0.512565	0.512567	0.512576	0.512564	0.512567	0.512587	0.51255
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial	**0.70523**	**0.7052**		**0.70521**	**0.70516**	**0.70517**	**0.70521**	**0.70513**	**0.70518**	**0.70533**
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0.167	0.21	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.245	0.211		0.199	0.165	0.174	0.325	0.424	0.964	3.271
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.245	0.211		0.199	0.165	0.174	0.325	0.424	0.964	3.271
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.110	0.112	0.113	0.115	0.120	0.113	0.110	0.109	0.113	0.102
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512586**	**0.512574**	**0.512573**	**0.512565**	**0.512567**	**0.512576**	**0.512564**	**0.512567**	**0.512587**	**0.512550**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.110	0.112	0.113	0.115	0.120	0.113	0.110	0.109	0.113	0.102
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0.167	0.21	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.245	0.211		0.199	0.165	0.174	0.325	0.424	0.964	3.271
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.75232**	**0.75200**		**0.75214**	**0.75155**	**0.75171**	**0.75207**	**0.75133**	**0.75176**	**0.75333**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.245	0.211		0.199	0.165	0.174	0.325	0.424	0.964	3.271
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.110	0.112	0.113	0.115	0.120	0.113	0.110	0.109	0.113	0.102
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512586**	**0.512574**	**0.512573**	**0.512565**	**0.512567**	**0.512576**	**0.512564**	**0.512567**	**0.512587**	**0.512550**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.110	0.112	0.113	0.115	0.120	0.113	0.110	0.109	0.113	0.102

	# (Olierook et al., 2017 - n.)									285	283
	Geochemistry Reference	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]	[83]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross
	Sample Name	98	131	29	106	61	108	112	143	s 145	s 128
	Rock Type									Gabbro	Trachybasalt
	Latitude									-49.58	-49.58
	Longitude									69.5	69.5
	Age Correction (Ma)	0.235	0.235	0.235	0.235	0.251	0.38	0.64	1.02	19.9	21
	Age reference									[83]	[83]
	Sm (ppm)	11.6	13.6	9.98	18.4	13.5	14.8	19.6	16.1	3.6	8.1
	Nd (ppm)	66.2	75.8	61.7	100	72.3	86	122	97	17.5	40.1
	Rb (ppm)	128	133	140.6	165		175		221		36.9
	Sr (ppm)	26.1	150	190	3.8		16.5		7.7		756.0
	U (ppm)									0.4	0.8
	Pb (ppm)									1.6	2.8
	Th (ppm)									1.6	3.9
	143Nd/144Nd measured	0.512555	0.512562	0.51258	0.512546	0.512571	0.512542	0.512535	0.512503	0.512673	0.512614
	87Sr/86Sr measured	0.075482	0.075378	0.075198	0.07599	0.075249	0.076493	0.076788	0.076525	0.704808	0.704999
	206Pb/204Pb measured									18.346	18.380
	207Pb/204Pb measured									15.444	15.547
	208Pb/204Pb measured									38.840	38.960
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd									0.123	0.122
	143Nd/144Nd initial	0.512555	0.512562	0.51258	0.512546	0.512571	0.512542	0.512535	0.512503	**0.512657**	**0.512596**
	87Rb/86Sr										0.141
	87Sr/86Sr initial	**0.70544**	**0.70537**	**0.70519**	**0.70563**		**0.7063**		**0.70532**		**0.704955**
	238U/204Pb									14.48	18.86
	235U/204Pb									0.11	0.14
	232Th/204Pb									63.92	90.47
	206Pb/204Pb initial									18.301	18.315
	207Pb/204Pb initial									15.442	15.544
	208Pb/204Pb initial									38.777	38.861
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	0.235	0.235	0.235	0.235	0.251	0.38	0.64	1.02	19.9	21
	(Rb/Sr) measured recalculé	13.312	2.407	2.009	117.866		28.792		77.914		0.141
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										**0.704957**
	(Rb/Sr) initial recalculé	13.312	2.407	2.009	117.866		28.792		77.915		0.141
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.106	0.109	0.098	0.111	0.113	0.104	0.097	0.100	0.123	0.122
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512555**	**0.512562**	**0.512580**	**0.512546**	**0.512571**	**0.512542**	**0.512535**	**0.512502**	**0.512657**	**0.512597**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.106	0.109	0.098	0.111	0.113	0.104	0.097	0.100	0.123	0.122
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0.235	0.235	0.235	0.235	0.251	0.38	0.64	1.02	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	13.312	2.407	2.009	117.866		28.792		77.914		0.141
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.075438**	**0.075370**	**0.075191**	**0.075597**		**0.076338**		**0.075396**		**0.704971**
	(Rb/Sr) initial recalculé	13.312	2.407	2.009	117.866		28.792		77.915		0.141
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.106	0.109	0.098	0.111	0.113	0.104	0.097	0.100	0.123	0.122
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512555**	**0.512562**	**0.512580**	**0.512546**	**0.512571**	**0.512542**	**0.512535**	**0.512502**	**0.512662**	**0.512603**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.106	0.109	0.098	0.111	0.113	0.104	0.097	0.100	0.123	0.122

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	284	306	282	265	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS
	Geochemistry Reference	[83]	[83]	[83]	[83]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Mount Ross	Jeanne D'Arc Peninsula	Jeanne D'Arc Peninsula	Mount Rouge	Mount Rouge	Mount Rouge	Mount Berlioz
	Sample Name	s 78	s 121	s 83	s 91	LVLK121	LVLK86	LVLK90	LVLK93	LVLK81	ARC195
	Rock Type	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Phonolite	Phonolite	Tephrite	Tephrite	Phonolite	Basanite
	Latitude	-49.58	-49.58	-49.58	-49.58						
	Longitude	69.5	69.5	69.5	69.5						
	Age Correction (Ma)	21	21	21.7	24.3	9	9	9	9	9	9
	Age reference	[83]	[83]	[83]	[83]						
	Sm (ppm)	5.0	8.0	4.6	7.8	4.14	7.77	11	14.9	6.76	15.1
	Nd (ppm)	22.1	40.4	18.9	40.0	29	53	68	88	46.6	85.4
	Rb (ppm)		43.0			225	197	118	91	192	63.3
	Sr (ppm)		945.0			82	98	1494	1153	235	1097
	U (ppm)	0.5	1.2	0.5	1.2						
	Pb (ppm)	1.9	4.1	1.4	5.4						
	Th (ppm)	2.0	5.4	1.8	5.4						
	143Nd/144Nd measured	0.512590	0.512601	0.512658	0.512622	0.51265	0.51251	0.51262	0.51254	0.51256	0.51254
	87Sr/86Sr measured	0.705486	0.705167	0.705023	0.705120	0.70678	0.70612	0.7055	0.70562	0.70569	0.70562
	206Pb/204Pb measured	18.397	18.080	18.017	18.327						
	207Pb/204Pb measured	15.557	15.530	15.488	15.546						
	208Pb/204Pb measured	39.010	38.510	38.390	38.900						
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.137	0.119	0.146	0.117						
	143Nd/144Nd initial	**0.512571**	**0.512600**	**0.512637**	**0.512604**						
	87Rb/86Sr		0.132			7.9	5.8	0.229	0.228	2.36	0.167
	87Sr/86Sr initial		0.70517								
	238U/204Pb	15.23	18.21	21.26	13.95						
	235U/204Pb	0.11	0.13	0.16	0.10						
	232Th/204Pb	68.78	84.03	80.10	64.37						
	206Pb/204Pb initial	18.347	18.077	17.944	18.275						
	207Pb/204Pb initial	15.555	15.530	15.485	15.544						
	208Pb/204Pb initial	38.938	38.506	38.303	38.824						
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	21	21	21.7	24.3	9	9	9	9	9	9
	(Rb/Sr) measured recalculé		0.132			7.938	5.815	0.228	0.228	2.363	0.167
	(87Sr/86Sr) initial recalculé		**0.705128**			**0.705765**	**0.705377**	**0.705471**	**0.705591**	**0.705388**	**0.705599**
	(Rb/Sr) initial recalculé		0.132			7.939	5.816	0.228	0.228	2.364	0.167
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.137	0.119	0.146	0.117	0.086	0.089	0.098	0.102	0.088	0.107
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512571**	**0.512585**	**0.512637**	**0.512603**	**0.512645**	**0.512505**	**0.512614**	**0.512534**	**0.512555**	**0.512534**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.137	0.119	0.146	0.117	0.086	0.089	0.098	0.102	0.088	0.107
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	9	9	9	9	9	9
	(Rb/Sr) measured recalculé		0.132			7.938	5.815	0.228	0.228	2.363	0.167
	(87Sr/86Sr) initial recalculé		**0.705141**			**0.705765**	**0.705377**	**0.705471**	**0.705591**	**0.705388**	**0.705599**
	(Rb/Sr) initial recalculé		0.132			7.939	5.816	0.228	0.228	2.364	0.167
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.137	0.119	0.146	0.117	0.086	0.089	0.098	0.102	0.088	0.107
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512577**	**0.512590**	**0.512645**	**0.512611**	**0.512645**	**0.512505**	**0.512614**	**0.512534**	**0.512555**	**0.512534**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.137	0.119	0.146	0.117	0.086	0.089	0.098	0.102	0.088	0.107

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	UMS	UMS	UMS	UMS	LMS	LMS	LMS			
	Geochemistry Reference	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Berlioz	Ronarch Peninsula	Ronarch Peninsula	Ronarch Peninsula	Gaby Island	Jeanne D'Arc Peninsula	Jeanne D'Arc Peninsula	Gaby Island	Jeanne D'Arc Peninsula	Jeanne D'Arc Peninsula
	Sample Name	LVLK105	ARC156	ARC321	LVLK83	LVLK131	LVLK127	LVLK127A	s LVLK130	s LVLK108	s LVLK123
	Rock Type	Phonolite	Basanite	Basanite	Phonolite	Trachyte	Trachyte	Trachyte	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline / Basalt
	Latitude								-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude								68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	9	9	9	9	22	22	22	24.8	24.8	24.8
	Age reference								[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)	13	11.5	16.9	9.46	13.8	12.8	11.5	6.7	7.0	6.6
	Nd (ppm)	84	68.3	97.7	65.3	67	72	59	30.5	31.5	29.2
	Rb (ppm)	439	40.8	86.4	165	91	123	102	26.0	32.0	21.0
	Sr (ppm)	9.6	1125	1274	203	364	29	26	504.0	419.0	407.0
	U (ppm)								0.9	0.9	0.8
	Pb (ppm)								2.3	2.7	2.4
	Th (ppm)								3.6	4.2	3.7
	143Nd/144Nd measured	0.51261	0.51251	0.51249	0.51256	0.51265	0.51261	0.51265	0.512750	0.512700	0.512620
	87Sr/86Sr measured	0.72261	0.72386	0.70576	0.70599	0.70532	0.7095	0.7092	0.704970	0.705180	0.705260
	206Pb/204Pb measured								18.607	18.543	18.379
	207Pb/204Pb measured								15.579	15.566	15.559
	208Pb/204Pb measured								39.212	39.116	39.030
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd								0.132	0.135	0.137
	143Nd/144Nd initial								**0.512728**	**0.512678**	**0.512598**
	87Rb/86Sr	132	0.105	0.196	2.35	0.72	12.3	11.4	0.149	0.221	0.149
	87Sr/86Sr initial								**0.704917**	**0.705102**	**0.705207**
	238U/204Pb								24.77	21.05	20.97
	235U/204Pb								0.18	0.15	0.15
	232Th/204Pb								102.93	100.29	99.43
	206Pb/204Pb initial								18.511	18.461	18.297
	207Pb/204Pb initial								15.574	15.562	15.555
	208Pb/204Pb initial								39.085	38.992	38.907
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	9	9	9	9	22	22	22	24.8	24.8	24.8
	(Rb/Sr) measured recalculé	132.501	0.105	0.196	2.351	0.723	12.274	11.352	0.149	0.221	0.149
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705675**	**0.723847**	**0.705735**	**0.705689**	**0.705094**	**0.705665**	**0.705653**	**0.704917**	**0.705102**	**0.705207**
	(Rb/Sr) initial recalculé	132.518	0.105	0.196	2.352	0.723	12.278	11.356	0.149	0.221	0.149
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.094	0.102	0.105	0.088	0.125	0.108	0.118	0.132	0.135	0.137
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512604**	**0.512504**	**0.512484**	**0.512555**	**0.512632**	**0.512595**	**0.512633**	**0.512729**	**0.512678**	**0.512598**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.094	0.102	0.105	0.088	0.125	0.108	0.118	0.132	0.135	0.137
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	9	9	9	9	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	132.501	0.105	0.196	2.351	0.723	12.274	11.352	0.149	0.221	0.149
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705675**	**0.723847**	**0.705735**	**0.705689**	**0.705176**	**0.707060**	**0.706943**	**0.704940**	**0.705136**	**0.705230**
	(Rb/Sr) initial recalculé	132.518	0.105	0.196	2.352	0.723	12.276	11.355	0.149	0.221	0.149
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.094	0.102	0.105	0.088	0.125	0.108	0.118	0.132	0.135	0.137
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512604**	**0.512504**	**0.512484**	**0.512555**	**0.512639**	**0.512600**	**0.512639**	**0.512738**	**0.512688**	**0.512607**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.094	0.102	0.105	0.088	0.125	0.108	0.118	0.132	0.135	0.137

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)							308			
	Geochemistry Reference	[74]	[74]	[74]	[74]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Rouge	Mount Rouge	Jeanne D'Arc Peninsula	Ronarch Peninsula	Anse du Jardin	Anse du Jardin	Anse du Jardin	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island
	Sample Name	LVLK88	LVLK87	LVLK132	LVLK70	81.28	81.25	81.262	s 80.25	80.121	80.76
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	microgabbro	porphyritic microgabbro	porphyritic microgabbro	Gabbro, Biotite	gabbro	monzogabbro
	Latitude								-48.55		
	Longitude								68.5		
	Age Correction (Ma)	24.8	24.8	24.8	24.8	15	15	15	14	14	14
	Age reference								-		
	Sm (ppm)	5.04	6.34	11	5.4						
	Nd (ppm)	23.2	28.5	51	25.5						
	Rb (ppm)	24	30	59	26	6.1	8.6	12.1	37.7	52	89
	Sr (ppm)	405	471	599	380	281	471	466	1066.0	1045	645
	U (ppm)								1.0		
	Pb (ppm)								3.2		
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.51272	0.51265	0.51262	0.51266				0.512520		
	87Sr/86Sr measured	0.70527	0.70519	0.70511	0.7052	0.70477	0.70449	0.70451	0.705440	0.70554	0.70571
	206Pb/204Pb measured								18.373		
	207Pb/204Pb measured								15.564		
	208Pb/204Pb measured								38.910		
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr	0.171	0.184	0.285	0.198				0.102		
	87Sr/86Sr initial								**0.705440**		
	238U/204Pb								19.63		
	235U/204Pb								0.14		
	232Th/204Pb								0.00		
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	24.8	24.8	24.8	24.8	15	15	15	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.171	0.184	0.285	0.198	0.063	0.053	0.075	0.102	0.144	0.399
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705210**	**0.705125**	**0.705010**	**0.705130**	**0.704757**	**0.704479**	**0.704494**	**0.705420**	**0.705511**	**0.705631**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.171	0.184	0.285	0.198	0.063	0.053	0.075	0.102	0.144	0.399
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.131	0.135	0.130	0.128						
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512699**	**0.512628**	**0.512599**	**0.512639**				0.512520		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.131	0.135	0.130	0.128						
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.171	0.184	0.285	0.198	0.063	0.053	0.075	0.102	0.144	0.399
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705236**	**0.705153**	**0.705053**	**0.705161**	**0.704758**	**0.704479**	**0.704495**	**0.705420**	**0.705511**	**0.705631**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.171	0.184	0.285	0.198	0.063	0.053	0.075	0.102	0.144	0.399
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.131	0.135	0.130	0.128						
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512708**	**0.512638**	**0.512608**	**0.512648**				0.512520		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.131	0.135	0.130	0.128						

	# (Olierook et al., 2017 - n.)							346	347	348	349
	Geochemistry Reference	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island	Ouest Island
	Sample Name	80.31	80.102	80.99	80.147	80.146	80.148	2621	2622	2623	2624
	Rock Type	monzogabbro	granite (aplite)	alkali granite	miarolitic syenite	porphyritic microsyenite	syenite	gabbro	gabbro	gabbro	gabbro
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	Age reference							[40][39]	[40][39]	[40][39]	[40][39]
	Sm (ppm)							10.76	6.49		
	Nd (ppm)							67.69	28.41		
	Rb (ppm)	69	229	251	213	260	185	23	9	28	35
	Sr (ppm)	791	7.7	22.7	36.7	30.4	429	1187	1480	1090	1238
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured		0.51256					0.512535	0.512479		0.512448
	87Sr/86Sr measured	0.70557	0.72438	0.71224	0.70947	0.71087	0.70563	0.70577	0.70559	0.70563	0.70559
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.252	86.188	32.006	16.795	24.753	1.247	0.056	0.018	0.074	0.082
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705520**	**0.707244**	**0.705877**	**0.706131**	**0.705949**	**0.705382**	**0.705759**	**0.705587**	**0.705615**	**0.705574**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.252	86.205	32.012	16.798	24.758	1.248	0.056	0.018	0.074	0.082
	(Sm/Nd) measured recalculé							0.096	0.138		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		0.51256					**0.512526**	**0.512466**		0.512448
	(Sm/Nd) initial recalculé							0.096	0.138		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.252	86.188	32.006	16.795	24.753	1.247	0.056	0.018	0.074	0.082
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705520**	**0.707244**	**0.705877**	**0.706131**	**0.705949**	**0.705382**	**0.705759**	**0.705587**	**0.705615**	**0.705574**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.252	86.205	32.012	16.798	24.758	1.248	0.056	0.018	0.074	0.082
	(Sm/Nd) measured recalculé							0.096	0.138		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		0.51256					**0.512526**	**0.512466**		0.512448
	(Sm/Nd) initial recalculé							0.096	0.138		

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)		350	309								
	Geochemistry Reference		[40][39]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]
	Province		Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location		Ouest Island	Montagnes Vertes	Montagnes Vertes	Montagnes Vertes	Montagnes Vertes	Montagnes Vertes	Mount Ballons	Mount Ballons	Mount Ballons	Mount Ballons
	Sample Name		2625	s 77.25	77.9	77.18	77.38	77.6	78.34	78.49c	78.57	78.66
	Rock Type		gabbro	Gabbro	gabbro	monzogabbro	monzogabbro	svenite	amphibolite	Ne svenite	microsvenite	Ne svenite
	Latitude			-48.55								
	Longitude			68.5								
	Age Correction (Ma)		14	20	20	20	20	20	13	13	13	13
	Age reference		[40][39]	-								
		Sm (ppm)										
		Nd (ppm)										
		Rb (ppm)	38	33.9	28.8	37	47.6	79	55.2	194	140	179
		Sr (ppm)	820	755.0	636	462	751	672	1204	5.5	441	171
		U (ppm)		1.0								
		Pb (ppm)		3.5								
		Th (ppm)										
		143Nd/144Nd measured		0.512630					0.51256			
		87Sr/86Sr measured	0.70586	0.705140	0.70503	0.70492	0.70515	0.70525	0.70513	0.72269	0.70546	0.70603
		206Pb/204Pb measured		18.496								
		207Pb/204Pb measured		15.546								
		208Pb/204Pb measured		39.042								
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd											
	143Nd/144Nd initial											
	87Rb/86Sr			0.130								
	87Sr/86Sr initial			**0.705140**								
	238U/204Pb			17.67								
	235U/204Pb			0.13								
	232Th/204Pb			0.00								
	206Pb/204Pb initial											
	207Pb/204Pb initial											
	208Pb/204Pb initial											
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)		14	20	20	20	20	20	13	13	13	13
	(Rb/Sr) measured recalculé		0.134	0.130	0.131	0.232	0.183	0.340	0.133	102.204	0.918	3.028
	(87Sr/86Sr) initial recalculé		**0.705833**	**0.705103**	**0.704993**	**0.704854**	**0.705098**	**0.705153**	**0.705106**	**0.703821**	**0.705290**	**0.705471**
	(Rb/Sr) initial recalculé		0.134	0.130	0.131	0.232	0.183	0.340	0.133	102.223	0.918	3.029
	(Sm/Nd) measured recalculé											
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			0.512630					0.51256			
	(Sm/Nd) initial recalculé											
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)		14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
	(Rb/Sr) measured recalculé		0.134	0.130	0.131	0.232	0.183	0.340	0.133	102.204	0.918	3.028
	(87Sr/86Sr) initial recalculé		**0.705833**	**0.705114**	**0.705004**	**0.704874**	**0.705114**	**0.705182**	**0.705106**	**0.703821**	**0.705290**	**0.705471**
	(Rb/Sr) initial recalculé		0.134	0.130	0.131	0.232	0.183	0.340	0.133	102.223	0.918	3.029
	(Sm/Nd) measured recalculé											
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			0.512630					0.51256			
	(Sm/Nd) initial recalculé											

	# (Olierook et al., 2017 - n.)				310			311				
	Geochemistry Reference		[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]
	Province		Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location		Mount Ballons	Mount Ballons	Mount Mamelles	Mount Mamelles	Mount Mamelles	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie
	Sample Name		78.69	78.69c	s 77.103C	77.112	77.116	s 81.85	81.86	82.26	81.84	81.83
	Rock Type		monzonite	amphibolite (cumulat)	Gabbro, Clinopyroxene-Olivine	gabbro	Oz svenite	Gabbro, Biotite				
	Latitude				-48.55			-48.55				
	Longitude				68.5			68.5				
	Age Correction (Ma)		13	13	20	20	20	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	Age reference				-			-				
		Sm (ppm)										
		Nd (ppm)										
		Rb (ppm)	138	36.3	7.3	10.6	183	68.0	68	183	134	175
		Sr (ppm)	675	884	522.0	584	110	821.0	908	490	274	280
		U (ppm)			0.2			1.5				
		Pb (ppm)			1.8			4.5				
		Th (ppm)										
		143Nd/144Nd measured		0.51258	0.512610			0.512570		0.51261		
		87Sr/86Sr measured	0.70536	0.70529	0.705380	0.7055	0.70699	0.705120	0.70512	0.70509	0.70546	0.70542
		206Pb/204Pb measured			18.354			18.317				
		207Pb/204Pb measured			15.580			15.530				
		208Pb/204Pb measured			38.912			38.806				
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd											
	143Nd/144Nd initial											
	87Rb/86Sr				0.040			0.240				
	87Sr/86Sr initial				**0.705380**			**0.705120**				
	238U/204Pb				6.63			20.88				
	235U/204Pb				0.05			0.15				
	232Th/204Pb				0.00			0.00				
	206Pb/204Pb initial											
	207Pb/204Pb initial											
	208Pb/204Pb initial											
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)		13	13	20	20	20	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	(Rb/Sr) measured recalculé		0.591	0.119	0.040	0.053	4.813	0.240	0.217	1.080	1.415	1.808
	(87Sr/86Sr) initial recalculé		**0.705251**	**0.705268**	**0.705369**	**0.705485**	**0.705623**	**0.705073**	**0.705078**	**0.704880**	**0.705185**	**0.705068**
	(Rb/Sr) initial recalculé		0.591	0.119	0.040	0.053	4.814	0.240	0.217	1.080	1.415	1.808
	(Sm/Nd) measured recalculé											
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			0.51258	0.512610			0.512570		0.51261		
	(Sm/Nd) initial recalculé											
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)		13	13	14	14	14	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	(Rb/Sr) measured recalculé		0.591	0.119	0.040	0.053	4.813	0.240	0.217	1.080	1.415	1.808
	(87Sr/86Sr) initial recalculé		**0.705251**	**0.705268**	**0.705372**	**0.705490**	**0.706033**	**0.705073**	**0.705078**	**0.704880**	**0.705185**	**0.705068**
	(Rb/Sr) initial recalculé		0.591	0.119	0.040	0.053	4.814	0.240	0.217	1.080	1.415	1.808
	(Sm/Nd) measured recalculé											
	(143Nd/144Nd) initial recalculé			0.51258	0.512610			0.512570		0.51261		
	(Sm/Nd) initial recalculé											

	# (Olierook et al., 2017 - n.)										
	Geochemistry Reference	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie
	Sample Name	82.215	CN7	81.51	CN9	CN10	CN42	CN44	81.5	81.52	81.53
	Rock Type										
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	Age reference										
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)	132	80	83	168	110	134	118	110	115	201
	Sr (ppm)	272	375	297	4.88	17.3	15.38	33.3	247	59	2.5
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured								0.51264		
	87Sr/86Sr measured	0.70534	0.70562	0.70513	0.75064	0.70859	0.7098	0.70714	0.70525	0.70613	0.74528
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	(Rb/Sr) measured recalculé	1.404	0.617	0.808	100.024	18.398	25.213	10.252	1.288	5.639	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705067**	**0.705500**	**0.704973**	**0.731180**	**0.705010**	**0.704895**	**0.705145**	**0.704999**	**0.705033**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	1.404	0.617	0.809	100.043	18.402	25.218	10.254	1.288	5.640	
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé								0.51264		
	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	(Rb/Sr) measured recalculé	1.404	0.617	0.808	100.024	18.398	25.213	10.252	1.288	5.639	233.476
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705067**	**0.705500**	**0.704973**	**0.731180**	**0.705010**	**0.704895**	**0.705145**	**0.704999**	**0.705033**	**0.699855**
	(Rb/Sr) initial recalculé	1.404	0.617	0.809	100.043	18.402	25.218	10.254	1.288	5.640	233.521
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé								0.51264		
	(Sm/Nd) initial recalculé										

	# (Olierook et al., 2017 - n.)										96
	Geochemistry Reference	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[75]	[76]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Societe de Geographie	Foch
	Sample Name	81.54	81.55	81.59	82.269	81.69	81.93	81.97	82.249	81.62	s KG2-1
	Rock Type										Basalt
	Latitude										-48.55
	Longitude										68.5
	Age Correction (Ma)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	29
	Age reference										[70]
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)	205	148	221	165	420	273	405	199	6.8	
	Sr (ppm)	27.29	9.33	20.87	33.3	3.15	11.65	30.44	8.95	289	
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured				0.5126				0.51262		0.512878
	87Sr/86Sr measured	0.71662	0.71433	0.71052	0.70822	0.78507	0.72216	0.73842	0.7176	0.70539	0.703880
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	29
	(Rb/Sr) measured recalculé	21.753	45.925	30.647	14.337	388.692	67.896	38.611	64.394	0.068	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.712388**	**0.705395**	**0.704557**	**0.705431**	**0.709447**	**0.708950**	**0.730908**	**0.705072**	**0.705377**	**0.703880**
	(Rb/Sr) initial recalculé	21.757	45.934	30.653	14.340	388.768	67.909	38.618	64.406	0.068	
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé				0.5126				0.51262		
	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	21.753	45.925	30.647	14.337	388.692	67.896	38.611	64.394	0.068	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.712388**	**0.705395**	**0.704557**	**0.705431**	**0.709447**	**0.708950**	**0.730908**	**0.705072**	**0.705377**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	21.757	45.934	30.653	14.340	388.768	67.909	38.618	64.406	0.068	
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé				0.5126				0.51262		
	(Sm/Nd) initial recalculé										

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	97	99	211	212	213	214	215	186	187	188
	Geochemistry Reference	[76]	[76]	[76]	[76]	[76]	[76]	[76]	[78]	[78]	[78]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Foch	Foch Island	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole
	Sample Name	s KG5-3	s KG5-3	s KG8-4	s KG14-3	s I75	s I380	s I381	s 93-459	s 93-463	s 93-465
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	29	29	25	25	25	25	25	26	26	26
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)								4.2	4.4	4.1
	Nd (ppm)								18.2	18.6	17.2
	Rb (ppm)								8.0	8.5	9.9
	Sr (ppm)								410.0	331.0	349.0
	U (ppm)								0.3	0.3	0.3
	Pb (ppm)								1.4	1.4	1.3
	Th (ppm)								1.8	1.6	1.5
	143Nd/144Nd measured	0.512631	0.512641	0.512645	0.512631	0.512685	0.512657	0.512671	0.512685	0.512967	0.512693
	87Sr/86Sr measured	0.705320	0.705300	0.705310	0.705320	0.705380	0.705310	0.705210	0.704835	0.704832	0.704828
	206Pb/204Pb measured								18.442	18.397	18.419
	207Pb/204Pb measured								15.551	15.540	15.543
	208Pb/204Pb measured								38.970	38.882	38.894
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd								0.140	0.144	0.145
	143Nd/144Nd initial								**0.512661**	**0.512942**	**0.512668**
	87Rb/86Sr								0.056	0.074	0.082
	87Sr/86Sr initial								**0.704814**	**0.704805**	**0.704798**
	238U/204Pb								14.12	13.86	15.71
	235U/204Pb								0.10	0.10	0.12
	232Th/204Pb								83.20	76.43	78.83
	206Pb/204Pb initial								18.385	18.341	18.356
	207Pb/204Pb initial								15.549	15.537	15.540
	208Pb/204Pb initial								38.863	38.784	38.792
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	29	29	25	25	25	25	25	26	26	26
	(Rb/Sr) measured recalculé								0.056	0.074	0.082
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705320**	**0.705300**	**0.705310**	**0.705320**	**0.705380**	**0.705310**	**0.705210**	**0.704814**	**0.704805**	**0.704798**
	(Rb/Sr) initial recalculé								0.056	0.074	0.082
	(Sm/Nd) measured recalculé								0.140	0.144	0.145
	(143Nd/144Nd) initial recalculé								**0.512661**	**0.512942**	**0.512668**
	(Sm/Nd) initial recalculé								0.140	0.144	0.145
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé								0.056	0.074	0.082
	(87Sr/86Sr) initial recalculé								**0.704824**	**0.704817**	**0.704812**
	(Rb/Sr) initial recalculé								0.056	0.074	0.082
	(Sm/Nd) measured recalculé								0.140	0.144	0.145
	(143Nd/144Nd) initial recalculé								**0.512672**	**0.512954**	**0.512680**
	(Sm/Nd) initial recalculé								0.140	0.144	0.145

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198
	Geochemistry Reference	[78]	[78]	[78]	[78]	[78]	[78]	[78]	[78]	[78]	[78]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole
	Sample Name	s 93-471	s 93-472	s 93-476	s 93-479	s 93-482	s 93-483	s 93-490	s 93-495	s 93-507	s 93-512
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)	4.7	4.2	7.1	8.0	7.8	9.0	7.2	6.9	8.4	6.7
	Nd (ppm)	20.1	17.6	30.1	33.0	31.8	37.2	29.4	28.5	35.0	27.9
	Rb (ppm)	8.6	6.2	6.3	8.9	5.4	14.1	4.6	12.7	19.6	9.0
	Sr (ppm)	331.0	389.0	323.0	323.0	297.0	347.0	344.0	340.0	322.0	327.0
	U (ppm)	0.3	0.2	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.8	0.6
	Pb (ppm)	1.4	1.1	2.2	2.3	2.2	2.4	2.0	1.9	2.8	2.1
	Th (ppm)	1.6	1.3	3.0	3.0	2.8	3.3	2.7	2.6	3.4	2.8
	143Nd/144Nd measured	0.512705	0.512704	0.512686	0.512717	0.512728	0.512714	0.512694	0.512722	0.512706	0.512717
	87Sr/86Sr measured	0.704802	0.704772	0.704913	0.704783	0.704716	0.704776	0.705046	0.704770	0.704841	0.704790
	206Pb/204Pb measured	18.404	18.472	18.395	18.472	18.456	18.439	18.377	18.462	18.420	18.438
	207Pb/204Pb measured	15.542	15.554	15.545	15.551	15.549	15.552	15.551	15.555	15.541	15.542
	208Pb/204Pb measured	38.866	38.941	38.875	38.916	38.876	38.899	38.810	38.868	38.849	38.880
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.142	0.145	0.142	0.146	0.148	0.146	0.147	0.147	0.145	0.145
	143Nd/144Nd initial	**0.512681**	**0.512679**	**0.512662**	**0.512692**	**0.512703**	**0.512689**	**0.512669**	**0.512697**	**0.512681**	**0.512692**
	87Rb/86Sr	0.075	0.046	0.057	0.079	0.052	0.118	0.039	0.108	0.176	0.079
	87Sr/86Sr initial	**0.704774**	**0.704755**	**0.704892**	**0.704754**	**0.704697**	**0.704733**	**0.705032**	**0.704730**	**0.704776**	**0.704761**
	238U/204Pb	13.11	9.69	18.25	15.31	14.96	17.17	16.01	19.54	18.01	17.44
	235U/204Pb	0.10	0.07	0.13	0.11	0.11	0.12	0.12	0.14	0.13	0.13
	232Th/204Pb	73.95	78.49	87.87	84.66	83.17	87.77	86.21	87.38	79.04	85.02
	206Pb/204Pb initial	18.351	18.433	18.321	18.410	18.396	18.369	18.312	18.383	18.347	18.368
	207Pb/204Pb initial	15.540	15.552	15.541	15.548	15.546	15.549	15.548	15.552	15.537	15.539
	208Pb/204Pb initial	38.771	38.840	38.762	38.807	38.769	38.786	38.699	38.756	38.747	38.771
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.075	0.046	0.057	0.079	0.052	0.118	0.039	0.108	0.176	0.079
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704774**	**0.704755**	**0.704892**	**0.704754**	**0.704697**	**0.704733**	**0.705032**	**0.704730**	**0.704776**	**0.704761**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.075	0.046	0.057	0.079	0.052	0.118	0.039	0.108	0.176	0.079
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.145	0.142	0.146	0.148	0.146	0.147	0.147	0.145	0.145
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512681**	**0.512679**	**0.512662**	**0.512692**	**0.512703**	**0.512689**	**0.512669**	**0.512697**	**0.512681**	**0.512692**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.145	0.142	0.146	0.148	0.146	0.147	0.147	0.145	0.145
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.075	0.046	0.057	0.079	0.052	0.118	0.039	0.108	0.176	0.079
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704787**	**0.704763**	**0.704902**	**0.704767**	**0.704706**	**0.704753**	**0.705038**	**0.704749**	**0.704806**	**0.704774**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.075	0.046	0.057	0.079	0.052	0.118	0.039	0.108	0.176	0.079
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.145	0.142	0.146	0.148	0.146	0.147	0.147	0.145	0.145
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512692**	**0.512691**	**0.512673**	**0.512704**	**0.512714**	**0.512701**	**0.512681**	**0.512709**	**0.512693**	**0.512704**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.145	0.142	0.146	0.148	0.146	0.147	0.147	0.145	0.145

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	199	200	201	202	102	103	104	105	106	107
	Geochemistry Reference	[78]	[78]	[78]	[78]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Capitole	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau
	Sample Name	s 93-465	s 93-465	s 93-490	s 93-512	s GM92-58	s GM92-57	s GM92-56	s GM92-55	s GM92-54	s GM92-53
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Ankaramite
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	26	26	26	26	29	29	29	29	29	29
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)					7.7	5.3	7.2	3.1	7.2	7.7
	Nd (ppm)					35.4	21.4	32.9	12.5	31.3	33.1
	Rb (ppm)					8.0	17.3	8.0	11.4	16.7	35.2
	Sr (ppm)					339.0	518.0	343.0	274.0	331.0	557.0
	U (ppm)					0.4	0.2	0.4	0.5	0.1	0.3
	Pb (ppm)					1.6	0.8	1.8	1.9	0.4	1.0
	Th (ppm)					2.9	0.9	3.1	0.6	2.6	4.0
	143Nd/144Nd measured	0.512697	0.512680	0.512690	0.512706	0.512593	0.512887	0.512539	0.512801	0.512598	0.512659
	87Sr/86Sr measured	0.704808	0.704875	0.705039	0.704803	0.705507	0.704017	0.705416	0.704394	0.705282	0.704911
	206Pb/204Pb measured	18.419	18.424	18.391	18.445	18.283	18.222	18.338	18.270	18.372	18.397
	207Pb/204Pb measured	15.542	15.546	15.552	15.549	15.536	15.509	15.546	15.536	15.541	15.590
	208Pb/204Pb measured	38.892	38.912	38.830	38.900	38.970	38.450	39.020	38.680	38.980	38.930
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd					0.131	0.151	0.132	0.149	0.138	0.140
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**					**0.512568**	**0.512858**	**0.512514**	**0.512773**	**0.512572**	**0.512632**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr					0.068	0.097	0.067	0.120	0.146	0.183
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**					**0.705479**	**0.703977**	**0.705388**	**0.704344**	**0.705222**	**0.704836**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb					14.52	11.12	14.73	14.81	22.09	20.52
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb					0.11	0.08	0.11	0.11	0.16	0.15
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb					119.19	66.63	115.82	19.38	461.71	273.59
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial					18.217	18.172	18.271	18.203	18.272	18.304
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial					15.533	15.507	15.543	15.533	15.536	15.586
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial					38.799	38.354	38.854	38.652	38.317	38.537
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	26	26	26	26	29	29	29	29	29	29
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Rb/Sr) measured recalculé					0.068	0.097	0.067	0.120	0.146	0.183
RECALCULE A L'Age Bibhio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704808**	**0.704875**	**0.705039**	**0.704803**	**0.705479**	**0.703977**	**0.705388**	**0.704344**	**0.705222**	**0.704836**
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Rb/Sr) initial recalculé					0.068	0.097	0.067	0.120	0.146	0.183
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Sm/Nd) measured recalculé					0.131	0.151	0.132	0.149	0.139	0.140
RECALCULE A L'Age Bibhio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**					**0.512568**	**0.512858**	**0.512514**	**0.512773**	**0.512572**	**0.512632**
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Sm/Nd) initial recalculé					0.131	0.151	0.132	0.149	0.139	0.140
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé					0.068	0.097	0.067	0.120	0.146	0.183
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**					**0.705493**	**0.703998**	**0.705403**	**0.704370**	**0.705253**	**0.704875**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé					0.068	0.097	0.067	0.120	0.146	0.183
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé					0.131	0.151	0.132	0.149	0.139	0.140
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**					**0.512581**	**0.512873**	**0.512527**	**0.512787**	**0.512585**	**0.512646**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé					0.131	0.151	0.132	0.149	0.139	0.140

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	108	109	110	111	112	118	119	121	122	123
	Geochemistry Reference	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau
	Sample Name	s GM92-51	s GM92-50	s GM92-45	s GM92-43	s GM92-33	s GM92-59	s GM92-52	s GM92-46	s GM92-31	s GM92-30
	Rock Type	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional / Basalt
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55	-48.55
	Longitude	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]	[70]
	Sm (ppm)	3.2	5.0	9.0	7.9	7.0	5.0	5.3	3.2	8.7	7.9
	Nd (ppm)	13.5	19.7	40.0	36.1	32.1	20.1	23.0	10.8	36.7	36.0
	Rb (ppm)	10.5	10.5	22.8	6.4	19.7	3.8	11.2	1.4	27.8	23.5
	Sr (ppm)	271.0	375.0	360.0	382.0	351.0	339.0	374.0	226.0	340.0	373.0
	U (ppm)	0.2	0.3	0.6	0.1	0.4	0.1	0.3	0.0	0.6	
	Pb (ppm)	0.4	1.0	2.4	0.9	1.8	0.7	1.1	3.8	2.3	2.2
	Th (ppm)	0.9	1.2	3.3	3.3	2.0	1.7	1.4	0.2	2.7	2.7
	143Nd/144Nd measured	0.512770	0.512809	0.512619	0.512596	0.512631	0.512577	0.512787	0.512775	0.512627	0.512577
	87Sr/86Sr measured	0.704411	0.704070	0.705203	0.705037	0.705191	0.705511	0.704094	0.704587	0.705133	0.705288
	206Pb/204Pb measured	18.229	18.467	18.205	18.353	18.131	18.226	18.482	18.257	18.248	18.127
	207Pb/204Pb measured	15.478	15.539	15.527	15.542	15.510	15.536	15.556	15.491	15.512	15.521
	208Pb/204Pb measured	38.520	38.780	38.810	38.950	38.660	38.940	38.830	38.490	38.790	38.770
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.144	0.153	0.136	0.132	0.132	0.151	0.139	0.179	0.144	0.132
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512743**	**0.512780**	**0.512593**	**0.512571**	**0.512606**	**0.512548**	**0.512761**	**0.512741**	**0.512600**	**0.512552**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.112	0.081	0.183	0.048	0.162	0.032	0.087	0.018	0.237	0.182
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704365**	**0.704037**	**0.705128**	**0.705017**	**0.705124**	**0.705498**	**0.704058**	**0.704580**	**0.705036**	**0.705213**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	26.47	16.00	14.60	10.11	12.47	10.75	18.91	0.49	14.96	0.00
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.19	0.12	0.11	0.07	0.09	0.08	0.14	0.00	0.11	0.00
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	143.22	76.94	88.62	244.73	71.24	157.34	79.87	3.22	75.90	78.33
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	18.109	18.395	18.139	18.307	18.075	18.177	18.397	18.255	18.180	18.127
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.472	15.536	15.524	15.540	15.507	15.534	15.552	15.491	15.509	15.521
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.314	38.670	38.683	38.599	38.558	38.714	38.715	38.485	38.681	38.658
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.112	0.081	0.183	0.048	0.162	0.032	0.087	0.018	0.237	0.182
RECALCULE A L'Age Bibhio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704365**	**0.704037**	**0.705128**	**0.705017**	**0.705124**	**0.705498**	**0.704058**	**0.704580**	**0.705036**	**0.705213**
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.112	0.081	0.183	0.048	0.162	0.032	0.087	0.018	0.237	0.182
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.153	0.136	0.132	0.132	0.151	0.139	0.179	0.144	0.133
RECALCULE A L'Age Bibhio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512743**	**0.512780**	**0.512593**	**0.512571**	**0.512606**	**0.512548**	**0.512761**	**0.512741**	**0.512600**	**0.512552**
RECALCULE A L'Age Bibhio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.153	0.136	0.132	0.132	0.151	0.139	0.179	0.144	0.133
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.112	0.081	0.183	0.048	0.162	0.032	0.087	0.018	0.237	0.182
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704389**	**0.704054**	**0.705167**	**0.705027**	**0.705159**	**0.705505**	**0.704077**	**0.704583**	**0.705086**	**0.705252**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.112	0.081	0.183	0.048	0.162	0.032	0.087	0.018	0.237	0.182
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.153	0.136	0.132	0.132	0.151	0.139	0.179	0.144	0.133
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512757**	**0.512795**	**0.512607**	**0.512584**	**0.512619**	**0.512563**	**0.512774**	**0.512759**	**0.512614**	**0.512565**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.153	0.136	0.132	0.132	0.151	0.139	0.179	0.144	0.133

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	124	120	120	113	114	115	116	117	125	126
	Geochemistry Reference	[79]	[79][59]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]	[79]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Bureau	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere
	Sample Name	s GM92-29	s GM92-48	GM92-34	s GM92-150	s GM92-146	s GM92-136	s GM92-131	GM92-138	s GM92-153	s GM92-145
	Rock Type	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt		Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt
	Latitude	-48.55	-48.55		-48.55	-48.55	-48.55	-48.55		-48.55	-48.55
	Longitude	68.5	68.5		68.5	68.5	68.5	68.5		68.5	68.5
	Age Correction (Ma)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
	Age reference	[70]	[70]		[70]	[70]	[70]	[70]		[70]	[70]
	Sm (ppm)	8.9	3.3	10.7	9.5	3.9	8.1	9.1	13.6	8.8	3.6
	Nd (ppm)	43.3	12.9	47.5	44.2	14.4	35.8	38.9	66	37.7	13.0
	Rb (ppm)	28.9	5.8	36.2	15.2	3.9	39.0	26.8	63.6	18.3	12.5
	Sr (ppm)	345.0	252.0	335	376.0	276.0	338.0	365.0	282	335.0	275.0
	U (ppm)	0.6	0.1		0.5	0.1	0.5	0.5		0.5	0.2
	Pb (ppm)	2.6	0.3		2.2	0.4	2.1	2.1		2.1	0.7
	Th (ppm)	3.1	0.7		3.6	1.4	2.8	3.2		3.3	0.8
	143Nd/144Nd measured	0.512618	0.512879	0.512603	0.512603	0.512681	0.512635	0.512649	0.512563	0.512603	0.512679
	87Sr/86Sr measured	0.705276	0.703965	0.705114	0.705170	0.704456	0.705216	0.705190	0.705287	0.705153	0.704296
	206Pb/204Pb measured	18.129	18.475		18.250	18.384	18.272	18.416		18.288	18.398
	207Pb/204Pb measured	15.537	15.564		15.553	15.586	15.574	15.568		15.574	15.558
	208Pb/204Pb measured	38.800	38.550		38.890	38.940	38.950	38.880		38.970	38.830
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.125	0.156	0.1362	0.130	0.164	0.136	0.141	0.6538	0.141	0.167
	143Nd/144Nd initial	**0.512594**	**0.512849**		**0.512578**	**0.512650**	**0.512609**	**0.512622**		**0.512576**	**0.512647**
	87Rb/86Sr	0.242	0.067	0.3127	0.117	0.041	0.334	0.212	0.1246	0.158	0.131
	87Sr/86Sr initial	**0.705176**	**0.703938**		**0.705122**	**0.704439**	**0.705079**	**0.705103**		**0.705088**	**0.704242**
	238U/204Pb	14.66	18.55		14.25	17.46	14.95	14.96		14.95	16.86
	235U/204Pb	0.11	0.14		0.10	0.13	0.11	0.11		0.11	0.12
	232Th/204Pb	77.00	155.73		106.30	258.08	86.49	99.87		102.61	81.32
	206Pb/204Pb initial	18.063	18.391		18.186	18.305	18.204	18.348		18.220	18.322
	207Pb/204Pb initial	15.534	15.560		15.550	15.582	15.571	15.565		15.571	15.554
	208Pb/204Pb initial	38.689	38.326		38.737	38.569	38.826	38.737		38.823	38.713
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.242	0.067		0.117	0.041	0.334	0.212	0.652	0.158	0.131
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705176**	**0.703938**	**0.705114**	**0.705122**	**0.704439**	**0.705079**	**0.705103**	**0.705018**	**0.705088**	**0.704242**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.242	0.067		0.117	0.041	0.334	0.212	0.653	0.158	0.132
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.125	0.156		0.131	0.164	0.136	0.141	0.125	0.141	0.167
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512594**	**0.512849**		**0.512578**	**0.512650**	**0.512609**	**0.512622**	**0.512539**	**0.512576**	**0.512647**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.125	0.156		0.131	0.164	0.137	0.141	0.125	0.141	0.168
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.242	0.067	0.313	0.117	0.041	0.334	0.212	0.652	0.158	0.131
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705228**	**0.703952**	**0.705052**	**0.705147**	**0.704448**	**0.705150**	**0.705148**	**0.705157**	**0.705122**	**0.704270**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.242	0.067	0.313	0.117	0.041	0.334	0.212	0.653	0.158	0.131
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.125	0.156	0.136	0.131	0.164	0.136	0.141	0.125	0.141	0.167
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512607**	**0.512865**	**0.512591**	**0.512591**	**0.512666**	**0.512623**	**0.512636**	**0.512552**	**0.512590**	**0.512664**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.125	0.156	0.136	0.131	0.164	0.137	0.141	0.125	0.141	0.167

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	127	128	129	203	301	302	303	304	305	219
	Geochemistry Reference	[79]	[79]	[79]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Mount Rabouillere	Central Plateau - Armor	Aubert de La Rue	Aubert de La Rue	Aubert de La Rue	Aubert de La Rue	Aubert de La Rue	Kerguelen Archipelago
	Sample Name	s GM92-144	s GM92-129	s GM92-127	s AG99-41	s AG99-34	s AG99-35	s AG99-36	s AG99-37	s AG99-38	s AG99-121
	Rock Type	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Alkaline	Picrite	Basalt, Alkaline	Picrite	Basalt, Alkaline	Basalt, Alkaline	Basalt, Transitional
	Latitude	-48.55	-48.55	-48.55	-49.48	-49.9	-49.9	-49.9	-49.9	-49.9	-49.35
	Longitude	68.5	68.5	68.5	69.67	69.64	69.64	69.64	69.64	69.64	69.89
	Age Correction (Ma)	29	29	29	25	25	25	25	25	25	25
	Age reference	[70]	[70]	[70]	[70]	[74]	[74]	[74]	[74]	[74]	[70]
	Sm (ppm)	7.1	3.0	8.9	6.1	4.1	7.6	4.0	7.1	7.6	
	Nd (ppm)	30.9	11.0	40.8	30.7	18.4	37.4	18.7	34.2	38.9	
	Rb (ppm)	10.2	2.9	32.2	26.6	15.3	17.3	17.3	39.2	36.3	
	Sr (ppm)	334.0	214.0	338.0	597.0	249.0	602.0	528.0	732.0	890.0	
	U (ppm)	0.4	0.1	0.6	0.9	0.4	1.0	0.5	0.9	1.0	
	Pb (ppm)	1.8	0.2	2.3	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	
	Th (ppm)	2.8	0.5	3.0	3.8	1.9	4.7	1.9	3.6	4.2	
	143Nd/144Nd measured	0.512609	0.512715	0.512573	0.512634	0.512606	0.512588	0.512605	0.512586	0.512581	0.512611
	87Sr/86Sr measured	0.705104	0.704516	0.705293	0.705214	0.705217	0.705243	0.705232	0.705247	0.705307	
	206Pb/204Pb measured	18.438	18.202	18.182	18.427	18.483	18.358	18.404	18.439	18.409	18.460
	207Pb/204Pb measured	15.581	15.547	15.578	15.551	15.546	15.547	15.535	15.549	15.536	15.545
	208Pb/204Pb measured	39.120	38.650	38.940	38.994	39.104	38.860	38.985	39.034	38.944	39.043
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.140	0.163	0.131	0.120	0.135	0.123	0.129	0.126	0.119	
	143Nd/144Nd initial	**0.512583**	**0.512684**	**0.512548**	**0.512614**	**0.512605**	**0.512587**	**0.512604**	**0.512585**	**0.512580**	
	87Rb/86Sr	0.088	0.039	0.276	0.129	0.178	0.083	0.095	0.155	0.118	
	87Sr/86Sr initial	**0.705068**	**0.704500**	**0.705179**	**0.705168**	**0.705214**	**0.705242**	**0.705231**	**0.705245**	**0.705305**	
	238U/204Pb	14.02	16.43	16.36	28.32	12.61	20.92	15.72	28.34	20.32	
	235U/204Pb	0.10	0.12	0.12	0.21	0.09	0.15	0.12	0.21	0.15	
	232Th/204Pb	102.10	156.21	85.07	123.55	61.91	101.59	61.73	117.12	90.28	
	206Pb/204Pb initial	18.375	18.128	18.108	18.317	18.481	18.355	18.402	18.435	18.406	
	207Pb/204Pb initial	15.578	15.544	15.575	15.546	15.546	15.547	15.535	15.548	15.536	
	208Pb/204Pb initial	38.973	38.426	38.818	38.841	39.101	38.855	38.982	39.028	38.940	
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	29	29	29	25	25	25	25	25	25	25
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.088	0.039	0.276	0.129	0.178	0.083	0.095	0.155	0.118	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705068**	**0.704500**	**0.705179**	**0.705168**	**0.705154**	**0.705213**	**0.705198**	**0.705192**	**0.705265**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.088	0.039	0.276	0.129	0.178	0.083	0.095	0.155	0.118	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.140	0.163	0.131	0.120	0.135	0.123	0.129	0.126	0.119	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512582**	**0.512684**	**0.512548**	**0.512614**	**0.512584**	**0.512568**	**0.512584**	**0.512565**	**0.512562**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.140	0.163	0.131	0.120	0.135	0.123	0.129	0.126	0.119	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.088	0.039	0.276	0.129	0.178	0.083	0.095	0.155	0.118	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705086**	**0.704508**	**0.705238**	**0.705188**	**0.705182**	**0.705226**	**0.705213**	**0.705216**	**0.705284**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.088	0.039	0.276	0.129	0.178	0.083	0.095	0.155	0.118	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.140	0.163	0.131	0.120	0.135	0.123	0.129	0.126	0.119	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512596**	**0.512700**	**0.512561**	**0.512623**	**0.512594**	**0.512577**	**0.512593**	**0.512575**	**0.512570**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.140	0.163	0.131	0.120	0.135	0.123	0.129	0.126	0.119	

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	264		204	205						
	Geochemistry Reference	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	Xdiop	Xdiop	Xdiop
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Mount Trapeze	Courbet Peninsula	Ravin charbon/jaune	Ravin charbon/jaune	Ravin charbon/jaune	Ravin charbon/jaune	Ravin charbon/jaune	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels
	Sample Name	s AG99-182	AG99-182	s AG99-125	s AG99-126	AG99-123	AG99-122	AG99-124	K2M-1-1	K2M-3	K2M-5
	Rock Type	Basalt, Transitional		Basalt, Transitional	Picrite				Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-49.3		-49.35	-49.35						
	Longitude	70.06		69.89	69.89						
	Age Correction (Ma)	25	25	25	25	25	25	25	26	26	26
	Age reference	[70]		[70]	[70]						
	Sm (ppm)	5.6	5.6	4.2	3.5	3.9	5.2	7.3	8.4	9.64	9.4
	Nd (ppm)	26.3	26.3	17.0	15.1	16.1	23.2	35.7	32.8	38.2	37.1
	Rb (ppm)	27.5	27.5	11.1	12.3	12	20.9	26.3	8.48	6.3	7.7
	Sr (ppm)	406.0	406	289.0	246.0	265	359	549	351	354	388
	U (ppm)	0.7		0.3	0.3				0.67	0.8	0.8
	Pb (ppm)	2.0		1.0	1.0				1.59	1.83	1.86
	Th (ppm)	3.2		1.6	1.4				2.98	3.61	3.52
	143Nd/144Nd measured	0.512653	0.512653	0.512646	0.512630	0.512655	0.512628	0.512656			
	87Sr/86Sr measured	0.705233	0.705233	0.705216	0.705222	0.705213	0.705124	0.70509			
	206Pb/204Pb measured	18.405		18.314	18.289						
	207Pb/204Pb measured	15.549		15.529	15.531						
	208Pb/204Pb measured	38.945		38.793	38.767						
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.129	0.1287	0.149	0.140	0.1464	0.1355	0.1236	0.1548	0.1526	0.1532
	143Nd/144Nd initial	**0.512633**		**0.512622**	**0.512607**				0.51269	0.512688	0.512687
	87Rb/86Sr	0.196	0.196	0.111	0.145	0.131	0.168	0.139	0.0699	0.0515	0.0574
	87Sr/86Sr initial	**0.705166**		**0.705177**	**0.705171**				0.704781	0.704838	0.704767
	238U/204Pb	22.00		18.79	18.78						
	235U/204Pb	0.16		0.14	0.14						
	232Th/204Pb	103.94		103.57	90.56						
	206Pb/204Pb initial	18.323		18.241	18.216						
	207Pb/204Pb initial	15.545		15.525	15.527						
	208Pb/204Pb initial	38.821		38.665	38.655						
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)	25	25	25	25	25	25	25	26	26	26
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.196	0.196	0.111	0.145	0.131	0.168	0.139	0.065	0.048	0.053
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705163**	**0.705163**	**0.705177**	**0.705171**	**0.705166**	**0.705064**	**0.705041**			
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.196	0.196	0.111	0.145	0.131	0.168	0.139	0.065	0.048	0.053
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.129	0.129	0.149	0.140	0.147	0.136	0.124	0.136	0.134	0.135
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512632**	**0.512632**	**0.512622**	**0.512607**	**0.512631**	**0.512606**	**0.512636**			
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.129	0.129	0.149	0.140	0.147	0.136	0.124	0.136	0.134	0.135
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.196	0.196	0.111	0.145	0.131	0.168	0.139			
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705194**	**0.705194**	**0.705194**	**0.705193**	**0.705187**	**0.705091**	**0.705062**			
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.196	0.196	0.111	0.145	0.131	0.168	0.139			
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.129	0.129	0.149	0.140	0.147	0.136	0.124			
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512641**	**0.512641**	**0.512632**	**0.512617**	**0.512642**	**0.512616**	**0.512645**			
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.129	0.129	0.149	0.140	0.147	0.136	0.124			

	# (Olierook et al., 2017 - n.)										
	Geochemistry Reference	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels
	Sample Name	K2M-10	K2M-12	K2M-15	K2M-18	K2M-20	K2M-21	K2M-22 duol	K2M-22	K2M-25	K2M-26
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Age reference										
	Sm (ppm)	6.42	8.8	7.6	7.5	7.5	7.9		7.8	7.13	8
	Nd (ppm)	24.8	34.1	28.5	28.5	28.8	30.4		29.9	27.4	30.4
	Rb (ppm)	11.7	8.39	4.43	1.46	9	5.5		0.9	5.5	5.8
	Sr (ppm)	368	364	350	387	360	359		357	358	363
	U (ppm)	0.49	0.67	0.51	0.54	0.54	0.55		0.63	0.5	0.5
	Pb (ppm)	1.17	1.35	0.8	1.27	1.33	1.29		1.43	1.23	1.33
	Th (ppm)	2.17	3.2	2.57	2.41	2.49	2.47		2.66	2.55	2.79
	143Nd/144Nd measured										
	87Sr/86Sr measured										
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.1566	0.156	0.1612	0.1591	0.1574	0.1571		0.1577	0.1573	0.0114
	143Nd/144Nd initial	0.5127	0.5127	0.512714	0.512706	0.512713	0.512712		0.512705	0.512705	
	87Rb/86Sr	0.092	0.0667	0.0366	0.011	0.0723	0.0443		0.0073	0.0445	0.0462
	87Sr/86Sr initial	0.704753	0.704745	0.704736	0.704654	0.704661	0.704666		0.704685	0.704727	0.704665
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.086	0.062	0.034	0.010	0.067	0.041		0.007	0.041	0.043
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.086	0.062	0.034	0.010	0.067	0.041		0.007	0.041	0.043
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.137	0.137	0.142	0.140	0.138	0.138		0.139	0.138	0.140
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.137	0.137	0.142	0.140	0.138	0.138		0.139	0.138	0.140
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé										

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)										
	Geochemistry Reference	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop	Xdiop
	Province	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago	Kerguelen Archipelago
	Location	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels	Trois ménestrels
	Sample Name	K2M-29	K2M-35	K2M-39	K2M-49	K2M-50	K2M-52	K2M-52 dupl	K2M-56	K2M-57	K2M-59
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude										
	Longitude										
	Age Correction (Ma)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Age reference										
	Sm (ppm)	7.47	7.8	8	7.8	7.1	7.6		7.7	8.1	7.5
	Nd (ppm)	28.5	30.1	31.1	30.56	27.33	29.5		30.1	31.5	28.8
	Rb (ppm)	2.22	4.81	5.89	1.7	1.28	6		7.26	8.2	18.6
	Sr (ppm)	380	347	356	361	364	337		352	325	333
	U (ppm)	0.57	0.52	0.54	0.53	0.5	0.56		0.56	0.6	0.57
	Pb (ppm)	1.32	1.37	1.39	1.57	1.43	1.45		1.52	1.58	1.37
	Th (ppm)	2.7	2.51	2.75	3.03	2.35	2.68		2.77	2.81	2.62
	143Nd/144Nd measured										
	87Sr/86Sr measured										
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.1585	0.1567	0.1555	0.1543	0.1571	0.1558		0.1547	0.1555	0.1574
	143Nd/144Nd initial	0.512719	0.512709	0.512698	0.512704	0.512647	0.512698		0.512684	0.512686	0.512677
	87Rb/86Sr	0.0169	0.0401	0.0479	0.0136	0.0102	0.0515		0.0596	0.073	0.1616
	87Sr/86Sr initial	0.704697	0.704682	0.704675	0.704709	0.705122	0.704719		0.704794	0.704782	0.704777
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.016	0.037	0.045	0.013	0.009	0.048		0.056	0.068	0.150
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.016	0.037	0.045	0.013	0.009	0.048		0.056	0.068	0.150
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.139	0.138	0.137	0.136	0.138	0.137		0.136	0.137	0.138
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.139	0.138	0.137	0.136	0.138	0.137		0.136	0.137	0.138
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé										

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	316	317	318	320	321	323	325	326	327	328
	Geochemistry Reference	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]
	Province	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)
	Location	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747
	Sample Name	s 120-747C-14R-1,31-35	s 120-747C-13R-3.24-28	s 120-747C-16R-2,53-59	s 120-747C-15R-2.134-139	s 120-747C-16R-5,17-21	s 120-747C-11R-1,0-5	s 120-747C-15R-1,15-19	s 120-747C-12R-4,53-56	s 120-747C-14R-2.27-31	s 120-747C-14R-2.27-31
	Rock Type	Tholeiite / Basalt	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite	Tholeiite
	Latitude	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114
	Longitude	76.794	76.794	76.794	76.794	76.794	76.794	76.794	76.794	76.794	76.794
	Age Correction (Ma)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Age reference	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002	Duncan 2002
	Sm (ppm)	4.6	5.3	3.3	4.0	3.6	5.0	3.9	4.1		5.4
	Nd (ppm)	19.2	22.9	14.9	17.9	15.3	21.0	17.5	16.8		24.6
	Rb (ppm)	4.4	10.3	18.0	9.9	2.6	11.3	19.2	2.6		24.5
	Sr (ppm)	253.0	275.0	259.0	243.0	274.0	271.0	220.0	252.0		203.0
	U (ppm)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2		0.3
	Pb (ppm)	2.4	3.0	1.7	2.2	1.9	3.3	2.3	2.2		2.8
	Th (ppm)	1.6	1.8	1.0	1.1	1.2	1.7	1.1	1.2		2.2
	143Nd/144Nd measured	0.512412	0.512423	0.512435	0.512436	0.512444	0.512450	0.512454	0.512457	0.512470	0.512494
	87Sr/86Sr measured	0.705738	0.705781	0.705886	0.705742	0.750719	0.705552	0.705828	0.705533		0.705639
	206Pb/204Pb measured	17.427	17.463	17.656	17.709	17.594	17.421	17.647	17.360		17.399
	207Pb/204Pb measured	15.448	15.459	15.523	15.502	15.519	15.439	15.516	15.388		15.414
	208Pb/204Pb measured	37.863	37.881	38.114	38.092	38.094	37.826	38.129	37.723		37.828
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.144	0.141	0.134	0.136	0.141	0.144	0.135	0.146		0.132
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr	0.050	0.108	0.201	0.118	0.028	0.121	0.252	0.029		0.349
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb	4.85	4.92	4.93	5.24	6.17	9.18	4.63	6.22		6.55
	235U/204Pb	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.03	0.05		0.05
	232Th/204Pb	43.27	37.49	36.57	32.21	38.42	31.80	31.21	34.77		49.43
	206Pb/204Pb initial	17.351	17.386	17.579	17.627	17.497	17.277	17.574	17.262		17.296
	207Pb/204Pb initial	15.444	15.455	15.519	15.498	15.514	15.432	15.512	15.383		15.409
	208Pb/204Pb initial	37.648	37.695	37.933	37.932	37.903	37.668	37.974	37.551		37.583
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.050	0.108	0.201	0.118	0.028	0.121	0.252	0.029		0.349
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705667**	**0.705627**	**0.705600**	**0.705574**	**0.750680**	**0.705381**	**0.705469**	**0.705491**		**0.705143**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.050	0.109	0.201	0.118	0.028	0.121	0.253	0.029		0.350
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.141	0.134	0.136	0.141	0.144	0.135	0.147		0.132
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512318**	**0.512331**	**0.512347**	**0.512347**	**0.512352**	**0.512356**	**0.512366**	**0.512361**		**0.512408**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.141	0.134	0.136	0.141	0.144	0.135	0.147		0.132
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.050	0.108	0.201	0.118	0.028	0.121	0.252	0.029		0.349
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705728**	**0.705759**	**0.705846**	**0.705719**	**0.750713**	**0.705528**	**0.705778**	**0.705527**		**0.705570**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.050	0.108	0.201	0.118	0.028	0.121	0.253	0.029		0.349
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.141	0.134	0.136	0.141	0.144	0.135	0.147		0.132
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512399**	**0.512410**	**0.512423**	**0.512424**	**0.512431**	**0.512437**	**0.512442**	**0.512444**		**0.512482**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.141	0.134	0.136	0.141	0.144	0.135	0.147		0.132

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	315	319	322	324	329	330	331	332	333	334
	Geochemistry Reference	[25]	[25]	[25]	[25]	[21]	[21]	[21]	[21]	[21]	[21]
	Province	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)
	Location	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 120, Site 747	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138
	Sample Name	s 120-747C-16R-2,81-84	s 120-747C-12R-4,45-46	s 120-747C-12R-2,122-124	s 120-747C-16R-2,85-87	s 183-1138A-74R1,4_LEACHED	s 183-1138A-80R5,1D	s 183-1138A-86R3,2	s 183-1138A-89R3,1A -84R5,3	/ s 183-1138A-84R-5,PIECE3	s 183-1138A-80R5,1D_LEACHED
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite / Basalt	Tholeiite
	Latitude	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-54.8114	-53.5517	-53.5517	-53.5517	-53.5517	-53.5517	-53.5517
	Longitude	76.794	76.794	76.794	76.794	75.9717	75.9717	75.9717	75.9717	75.9717	75.9717
	Age Correction (Ma)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Age reference	[4]	[4]	[4]	[4]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)					2.7	4.5	6.7	8.1	5.4	1.1
	Nd (ppm)					11.8	17.3	26.4	32.2	21.2	2.9
	Rb (ppm)					12.8	1.0	3.1	2.0	8.5	0.6
	Sr (ppm)					179.5	237.7	159.4	217.9	203.7	245.2
	U (ppm)					1.1	0.2	0.5	0.6	0.4	0.1
	Pb (ppm)					5.8	1.6	2.2	3.2	2.0	0.6
	Th (ppm)					4.5	1.1	2.2	2.5	1.5	0.0
	143Nd/144Nd measured	0.512410	0.512435	0.512445	0.512452	0.512608	0.512632	0.512634	0.512638	0.512652	0.512684
	87Sr/86Sr measured	0.705866	0.705508	0.705660	0.705895	0.706800	0.704780	0.704720	0.704710	0.704800	0.704670
	206Pb/204Pb measured	17.608	17.466		18.275	17.966	18.063	18.157	18.109	18.150	17.994
	207Pb/204Pb measured	15.508	15.461		15.643	15.478	15.501	15.512	15.499	15.497	15.498
	208Pb/204Pb measured	38.072	37.977		~~38.459~~	38.305	38.383	38.482	38.390	38.404	38.203
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd					0.137	0.159	0.154	0.152	0.154	0.220
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**					**0.512519**					**0.512540**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr					0.206	0.013	0.057	0.027	0.121	0.007
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**					**0.706507**					**0.704660**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb					11.81	7.75	13.73	10.97	11.30	5.58
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb					0.09	0.06	0.10	0.08	0.08	0.04
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb					49.01	43.79	64.25	49.48	49.37	4.55
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial					17.781	17.941	17.942	17.937	17.973	17.907
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial					15.469	15.495	15.502	15.491	15.488	15.494
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial					38.062	38.166	38.163	38.145	38.159	38.180
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé					0.206	0.013	0.057	0.027	0.121	0.007
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**					**0.706507**	**0.704762**	**0.704639**	**0.704672**	**0.704629**	**0.704660**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé					0.207	0.013	0.057	0.027	0.121	0.007
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé					0.137	0.159	0.154	0.152	0.154	0.220
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**					**0.512519**	**0.512528**	**0.512533**	**0.512538**	**0.512551**	**0.512540**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé					0.137	0.159	0.154	0.153	0.154	0.220
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé					0.206	0.013	0.057	0.027	0.121	0.007
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**					**0.706759**	**0.704777**	**0.704709**	**0.704705**	**0.704776**	**0.704669**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé					0.206	0.013	0.057	0.027	0.121	0.007
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé					0.137	0.159	0.154	0.152	0.154	0.220
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**					**0.512595**	**0.512617**	**0.512620**	**0.512624**	**0.512638**	**0.512664**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé					0.137	0.159	0.154	0.152	0.154	0.220

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	335	336	337	312	314	313	342	341	343	345
	Geochemistry Reference	[21]	[21]	[21]	[28]	[28]	[7]	[14]	[14]	[14]	[14]
	Province	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Central)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138	ODP Leg 183, Site 1138	MD48, Dredge 8	MD48, Dredge 8	MD48, Dredge 8	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137
	Sample Name	s 183-1138A-86R3,2_LEACHED	s 183-1138A-89R3,1A_LEACHED	s 183-1138A-84R5,3_LEACHED	s DR08	s DR08/05	s MD48DR08.04	s 183-1137A-33R-2,107-110	s 183-1137A-33R-3,46-49	s 183-1137A-33R-3,90-93	s 183-1137A-33R-4,126-129
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt	Sandstone	Sandstone	Sandstone	Trachyte
	Latitude	-53.5517	-53.5517	-53.5517	-50.317	-50.317	-50.317	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333
	Longitude	75.9717	75.9717	75.9717	74.817	74.817	74.817	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933
	Age Correction (Ma)	100	100	100	100	100	100	108	108	108	108
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[4]	[4]	[4]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	2.1	2.0	2.6	3.2	3.3	4.7	14.0	14.0	14.0	12.0
	Nd (ppm)	5.6	5.2	7.2	13.3	12.1	16.6	81.0	77.0	85.0	66.0
	Rb (ppm)	2.0	0.4	7.5	65.1	52.7	9.0	133.0	157.0	130.0	129.0
	Sr (ppm)	180.9	221.6	179.0	799.2	583.7	176.0	96.0	109.0	110.0	187.0
	U (ppm)	0.1	0.0	0.1	1.3	0.5		3.1	3.7	2.0	2.7
	Pb (ppm)	0.5	0.4	1.1	6.2	2.2		20.0		24.0	24.0
	Th (ppm)	0.2	0.1	0.6			1.5	19.0	24.0	18.0	19.0
	143Nd/144Nd measured	0.512686	0.512698	0.512699	0.512540	0.512700	0.512654	0.512233	0.512218	0.512235	0.512250
	87Sr/86Sr measured	0.704690	0.704650	0.704780	0.706110	0.705430		0.717273	0.717731	0.715949	0.713467
	206Pb/204Pb measured	18.117	18.060	18.124	17.938	18.419		18.563	18.576	18.536	18.560
	207Pb/204Pb measured	15.493	15.495	15.500	15.549	15.542		15.837	15.826	15.823	15.820
	208Pb/204Pb measured	38.417	38.342	38.377	38.521	38.767		39.962	39.858	39.749	39.799
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.226	0.233	0.217	0.145	0.165	0.172	0.104	0.110	0.100	0.110
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512538**	**0.512545**	**0.512557**		**0.512592**	**0.512541**	**0.512160**	**0.512141**	**0.512165**	**0.512173**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.031	0.005	0.122	0.236	0.261	0.138	4.012	4.171	3.422	1.997
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704645**	**0.704643**	**0.704607**	**0.705775**	**0.705059**	**-0.000196**	**0.711172**	**0.711388**	**0.710745**	**0.710430**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	12.56	4.85	8.59	12.54	14.32		9.94		5.32	7.19
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.09	0.04	0.06	0.09	0.11		0.07		0.04	0.05
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	24.69	10.17	37.94	0.00	0.00		62.93		49.52	52.32
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	17.920	17.984	17.989	17.741	18.195		18.396		18.447	18.439
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.483	15.491	15.493	15.539	15.531		15.829		15.819	15.814
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.295	38.292	38.189	38.521	38.767		39.628		39.486	39.521
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	100	100	100	100	100	100	108	108	108	108
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.031	0.005	0.122	0.236	0.261	0.138	4.012	4.171	3.422	1.997
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704645**	**0.704643**	**0.704607**	**0.705775**	**0.705059**		**0.711115**	**0.711329**	**0.710697**	**0.710402**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.032	0.005	0.122	0.236	0.262	0.138	4.018	4.178	3.427	2.000
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.226	0.233	0.217	0.146	0.165	0.172	0.105	0.110	0.100	0.110
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512538**	**0.512545**	**0.512557**	**0.512445**	**0.512592**	**0.512541**	**0.512159**	**0.512140**	**0.512165**	**0.512172**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.226	0.233	0.217	0.146	0.165	0.172	0.105	0.110	0.100	0.110
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.031	0.005	0.122	0.236	0.261		4.012	4.171	3.422	1.997
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704684**	**0.704649**	**0.704756**	**0.706063**	**0.705378**		**0.716475**	**0.716902**	**0.715269**	**0.713070**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.032	0.005	0.122	0.236	0.261		4.013	4.172	3.423	1.997
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.226	0.233	0.217	0.146	0.165	0.172	0.105	0.110	0.100	0.110
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512665**	**0.512677**	**0.512679**	**0.512527**	**0.512685**	**0.512638**	**0.512223**	**0.512208**	**0.512226**	**0.512240**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.226	0.233	0.217	0.146	0.165	0.172	0.105	0.110	0.100	0.110

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	349	347	344	348	351	346	350	353	340	338
	Geochemistry Reference	[14]	[14]	[14]	[14]	[14]	[14]	[14]	[14]	[14]	[14]
	Province	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137
	Sample Name	s 183-1137A-33R-5,20-26	s 183-1137A-33R-5,7-9	s 183-1137A-34R-1,55-62	s 183-1137A-34R-2,0-11	s 183-1137A-34R-2,111-113	s 183-1137A-34R-4,127-130	s 183-1137A-34R-4,86-91	s 183-1137A-35R-1,103-110	s 183-1137A-35R-2,40-49	s 183-1137A-35R-2,44-46
	Rock Type	Rhyolite	Trachyte	Rhyolite	Trachyte	Rhyolite	Granitoid	Rhyolite	Conglomerate	Gneiss	Gneiss
	Latitude	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333
	Longitude	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933
	Age Correction (Ma)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	17.0	13.0	14.0	14.0	15.0	18.0	17.0	15.0	12.0	13.0
	Nd (ppm)	98.0	75.0	85.0	74.0	95.0	106.0	107.0	82.0	64.0	67.0
	Rb (ppm)	202.0	146.0	204.0	147.0	212.0	193.0	198.0	139.0	174.0	188.0
	Sr (ppm)	33.0	219.0	38.0	193.0	38.0	9.0	41.0	137.0	108.0	106.0
	U (ppm)	4.0	2.6	3.0	2.7	2.5	3.2	2.8	2.0	2.7	3.0
	Pb (ppm)	35.0		29.0	21.0		25.0	29.0	23.0	37.0	
	Th (ppm)	34.0	19.0	35.0	19.0	34.0	36.0	36.0	20.0	35.0	38.0
	143Nd/144Nd measured	0.512264	0.512256	0.512245	0.512264	0.512267	0.512253	0.512267	0.512283	0.511930	0.511828
	87Sr/86Sr measured	0.738757	0.713042	0.734575	0.713613	0.732206		0.732749	0.713703	0.784046	0.785608
	206Pb/204Pb measured	18.608	18.591	18.589	18.569	18.576	18.602	18.586	18.512	18.329	18.314
	207Pb/204Pb measured	15.821	15.844	15.827	15.831	15.819	15.831	15.828	15.809	15.793	15.792
	208Pb/204Pb measured	39.773	39.874	39.827	39.836	39.780	39.921	39.807	39.678	40.469	40.412
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.105	0.105	0.100	0.114	0.095	0.103	0.096	0.111	0.113	0.117
	143Nd/144Nd initial	**0.512191**	**0.512183**	**0.512175**	**0.512184**	**0.512200**	**0.512181**	**0.512200**			
	87Rb/86Sr	17.764	1.930	15.573	2.205	16.180	57.750	14.007	2.937	4.696	5.171
	87Sr/86Sr initial	**0.711745**		**0.710895**	**0.710260**	**0.707603**		**0.711451**			
	238U/204Pb	7.31		6.62	8.23		8.21	6.18	5.55	4.69	
	235U/204Pb	0.05		0.05	0.06		0.06	0.05	0.04	0.03	
	232Th/204Pb	64.22		79.83	59.84		95.39	82.08	57.33	62.86	
	206Pb/204Pb initial	18.485		18.478	18.431		18.464	18.482	18.419	18.250	
	207Pb/204Pb initial	15.815		15.822	15.824		15.824	15.823	15.804	15.789	
	208Pb/204Pb initial	39.432		39.403	39.518		39.415	39.371	39.374	40.135	
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	(Rb/Sr) measured recalculé	17.764	1.930	15.573	2.205	16.180	57.749	14.007	2.937	4.696	5.171
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.711493**	**0.710080**	**0.710674**	**0.710229**	**0.707373**		**0.711252**	**0.709195**	**0.776838**	**0.777672**
	(Rb/Sr) initial recalculé	17.792	1.933	15.597	2.208	16.205	57.838	14.028	2.942	4.703	5.179
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.105	0.105	0.100	0.114	0.095	0.103	0.096	0.111	0.113	0.117
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512190**	**0.512182**	**0.512175**	**0.512183**	**0.512200**	**0.512180**	**0.512199**	**0.512205**	**0.511750**	**0.511745**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.105	0.105	0.100	0.114	0.096	0.103	0.096	0.111	0.113	0.117
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	17.764	1.930	15.573	2.205	16.180		14.007	2.937	4.696	5.171
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.735225**	**0.712658**	**0.731479**	**0.713175**	**0.728989**		**0.729964**	**0.713119**	**0.783112**	**0.784580**
	(Rb/Sr) initial recalculé	17.768	1.930	15.576	2.205	16.183		14.010	2.938	4.697	5.172
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.105	0.105	0.100	0.114	0.095	0.103	0.096	0.111	0.113	0.117
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512254**	**0.512246**	**0.512236**	**0.512254**	**0.512258**	**0.512244**	**0.512258**	**0.512273**	**0.511820**	**0.511817**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.105	0.105	0.100	0.114	0.095	0.103	0.096	0.111	0.113	0.117

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	355	354	357	356	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper
	Geochemistry Reference	[14]	[14]	[14]	[14]	[15]	[30]	[15]	[15]	[15]	[15]	[15]
	Province	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137
	Sample Name	s 183-1137A-36R-1,27-32	s 183-1137A-36R-1,27-32_LEACHED	s 183-1137A-36R-2,127-136	183-1137A-36R-2,127-136_LEACHED	s 183-1137A-24R-2,10-11	s 183-1137A-25R-1,106-108	s 183-1137A-25R-1,64-72	s 183-1137A-25R-2,119-126	s 183-1137A-25R-2,46-53	s 183-1137A-25R-7,90-98	
	Rock Type	Phonotephrite	Phonotephrite	Tephrite	Tephrite	Tholeiite	Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	
	Latitude	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	
	Longitude	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	
	Age Correction (Ma)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	
	Sm (ppm)	15.0		13.0		6.3		6.6	6.4	6.3	6.4	
	Nd (ppm)	80.0		67.0		25.7		28.8	28.4	26.7	27.9	
	Rb (ppm)	70.0		43.0			12.0	6.0	8.5	12.0	12.2	
	Sr (ppm)	490.0		640.0			549.0	536.0	537.0	530.0	536.0	
	U (ppm)	1.9		1.6								
	Pb (ppm)	12.0		8.0								
	Th (ppm)	9.3		6.9		2.1		2.9	2.4	2.2	2.3	
	143Nd/144Nd measured	0.512378	0.512363	0.512382	0.512378	0.512553	0.512550	0.512566	0.512559	0.512549	0.512583	
	87Sr/86Sr measured	0.706878	0.706814	0.706421	0.706328	0.705012	0.705068	0.705005	0.704967	0.705066	0.704987	
	206Pb/204Pb measured	18.237	18.085	18.235	18.110	18.018	17.989	18.009	17.993	18.018	17.989	
	207Pb/204Pb measured	15.678	15.628	15.667	15.640	15.620	15.594	15.619	15.616	15.625	15.620	
	208Pb/204Pb measured	39.054	38.699	39.061	38.670	38.592	38.550	38.567	38.551	38.625	38.575	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.113		0.117		0.147		0.138	0.136	0.142	0.139	
	143Nd/144Nd initial							**0.512470**	**0.512464**	**0.512450**	**0.512486**	
	87Rb/86Sr	0.413		0.194			0.063	0.032	0.046	0.065	0.066	
	87Sr/86Sr initial						**0.704972**	**0.704956**	**0.704897**	**0.704966**	**0.704887**	
	238U/204Pb	9.96		12.57								
	235U/204Pb	0.07		0.09								
	232Th/204Pb	50.39		56.00								
	206Pb/204Pb initial	18.070		18.024								
	207Pb/204Pb initial	15.670		15.657								
	208Pb/204Pb initial	38.787		38.664								
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.413		0.194			0.063	0.032	0.046	0.065	0.066	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.706244**		**0.706123**			**0.704971**	**0.704955**	**0.704897**	**0.704965**	**0.704886**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.414		0.195			0.063	0.032	0.046	0.066	0.066	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.113		0.117		0.148		0.138	0.136	0.142	0.139	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512298**		**0.512299**		**0.512449**		**0.512469**	**0.512463**	**0.512449**	**0.512485**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.113		0.117		0.148		0.138	0.136	0.142	0.139	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.413		0.194			0.063	0.032	0.046	0.065	0.066	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.706796**		**0.706382**			**0.705055**	**0.704999**	**0.704958**	**0.705053**	**0.704974**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.413		0.194			0.063	0.032	0.046	0.066	0.066	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.113		0.117		0.148		0.138	0.136	0.142	0.139	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512368**		**0.512371**		**0.512539**		**0.512553**	**0.512547**	**0.512536**	**0.512570**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.113		0.117		0.148		0.138	0.136	0.142	0.139	

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper	Upper
	Geochemistry Reference	[15]	[15]	[30]	[15]	[15]	[30]	[15]	[15]	[15]	[15]	[30]
	Province	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137
	Sample Name	s 183-1137A-26R-1,31-43	s 183-1137A-26R-2,17-23	s 183-1137A-26R-2,5-7	s 183-1137A-27R-4,57-63	s 183-1137A-28R-3,123-128	s 183-1137A-28R-4,28-30	s 183-1137A-29R-1,30-37	s 183-1137A-31R-3,5-10	s 183-1137A-31R-3,85-90	s 183-1137A-31R-4,48-51	
	Rock Type	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional		Basalt
	Latitude	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333
	Longitude	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933
	Age Correction (Ma)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	6.7	7.0		6.9	7.1		7.3	5.4	6.0		
	Nd (ppm)	28.2	31.0		29.4	29.4		31.0	23.4	25.5		
	Rb (ppm)	12.9	20.2	17.5	17.9	16.0	12.0	6.6	11.0	11.2	8.8	
	Sr (ppm)	520.0	508.0	531.0	523.0	532.0	553.0	566.0	540.0	573.0	601.0	
	U (ppm)											
	Pb (ppm)											
	Th (ppm)	2.2	2.6		2.4	2.4		2.5	1.6	2.1		
	143Nd/144Nd measured	0.512576	0.512550	0.512567	0.512565	0.512580	0.512576	0.512577	0.512546	0.512566	0.512587	
	87Sr/86Sr measured	0.704999	0.705092	0.705075	0.704921	0.704920	0.704941	0.704825	0.704930	0.704932	0.704903	
	206Pb/204Pb measured	18.016	18.002	17.995	18.012	18.010	17.995	17.995	18.072	18.036	18.039	
	207Pb/204Pb measured	15.644	15.616	15.611	15.623	15.608	15.587	15.617	15.635	15.630	15.614	
	208Pb/204Pb measured	38.663	38.634	38.600	38.681	38.603	38.530	38.622	38.847	38.741	38.640	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.144	0.137		0.142	0.145		0.142	0.140	0.143		
	143Nd/144Nd initial		**0.512454**		**0.512466**	**0.512478**		**0.512478**	**0.512448**	**0.512466**		
	87Rb/86Sr	0.072	0.115	0.095	0.099	0.087	0.063	0.034	0.059	0.057	0.042	
	87Sr/86Sr initial	**0.704890**	**0.704917**	**0.704930**	**0.704770**	**0.704788**	**0.704846**	**0.704774**	**0.704840**	**0.704846**	**0.704839**	
	238U/204Pb											
	235U/204Pb											
	232Th/204Pb											
	206Pb/204Pb initial											
	207Pb/204Pb initial											
	208Pb/204Pb initial											
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.072	0.115	0.095	0.099	0.087	0.063	0.034	0.059	0.057	0.042	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704889**	**0.704915**	**0.704929**	**0.704769**	**0.704786**	**0.704845**	**0.704773**	**0.704840**	**0.704845**	**0.704838**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.072	0.115	0.095	0.099	0.087	0.063	0.034	0.059	0.057	0.042	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.137		0.142	0.145		0.142	0.140	0.143		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512474**	**0.512453**		**0.512465**	**0.512477**		**0.512477**	**0.512447**	**0.512465**		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.137		0.142	0.146		0.142	0.140	0.143		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.072	0.115	0.095	0.099	0.087	0.063	0.034	0.059	0.057	0.042	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704885**	**0.705069**	**0.705056**	**0.704901**	**0.704903**	**0.704929**	**0.704818**	**0.704918**	**0.704921**	**0.704895**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.072	0.115	0.095	0.099	0.087	0.063	0.034	0.059	0.057	0.042	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.144	0.137		0.142	0.145		0.142	0.140	0.143		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512563**	**0.512537**		**0.512552**	**0.512567**		**0.512564**	**0.512533**	**0.512553**		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.144	0.137		0.142	0.145		0.142	0.140	0.143		

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	Upper	Upper	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower
	Geochemistry Reference	[15]	[15]	[15]	[30]	[15]	[15]	[15]	[30]	[15]	[30]	
	Province	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137
	Sample Name	s 183-1137A-32R-6,66-71	s 183-1137A-33R-1,53-60	s 183-1137A-38R-3,63-68	s 183-1137A-38R-3,83-86	s 183-1137A-38R-4,71-77	s 183-1137A-39R-1,101-108	s 183-1137A-40R-1,14-16	s 183-1137A-40R-2,119-121	s 183-1137A-40R-3,117-124	s 183-1137A-41R-1,128-130	
	Rock Type	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt	Basalt, Transitional / Basalt	Not Given	
	Latitude	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	
	Longitude	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	
	Age Correction (Ma)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	
	Sm (ppm)	6.6	6.5	6.1		6.0	6.2			6.3		
	Nd (ppm)	27.6	28.2	27.1		27.1	26.9			26.5		
	Rb (ppm)	12.7	8.6		5.3	16.5	16.7		11.7	36.1		
	Sr (ppm)	545.0	560.0		526.0	485.0	484.0		491.0	456.0		
	U (ppm)											
	Pb (ppm)											
	Th (ppm)	2.1	2.5	3.1		3.3	3.2			3.7		
	143Nd/144Nd measured	0.512600	0.512565	0.512519	0.512504	0.512495	0.512488	0.512463	0.512438	0.512455	0.512273	
	87Sr/86Sr measured	0.704885	0.704879	0.705625	0.705606	0.705690	0.705774	0.706098	0.706059	0.706256	0.715519	
	206Pb/204Pb measured	18.015	18.019	17.962	17.999	17.974	18.004	17.961	17.950	17.999	18.497	
	207Pb/204Pb measured	15.605	15.608	15.639	15.637	15.641	15.662	15.667	15.643	15.668	15.790	
	208Pb/204Pb measured	38.631	38.692	38.887	38.710	38.910	39.033	39.065	38.950	39.144	39.710	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.145	0.140	0.136		0.135	0.139			0.145		
	143Nd/144Nd initial		**0.512467**	**0.512424**		**0.512401**						
	87Rb/86Sr	0.067	0.044		0.029	0.098	0.100		0.069	0.229		
	87Sr/86Sr initial	**0.704783**	**0.704811**		**0.705562**	**0.705540**			**0.705954**	**0.705908**		
	238U/204Pb											
	235U/204Pb											
	232Th/204Pb											
	206Pb/204Pb initial											
	207Pb/204Pb initial											
	208Pb/204Pb initial											
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.067	0.044		0.029	0.098	0.100		0.069	0.229		
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704782**	**0.704811**		**0.705561**	**0.705539**	**0.705621**		**0.705953**	**0.705905**		
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.068	0.044		0.029	0.099	0.100		0.069	0.229		
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.145	0.140	0.136		0.135	0.139			0.145		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512497**	**0.512466**	**0.512423**		**0.512400**	**0.512390**			**0.512353**		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.145	0.140	0.136		0.135	0.139			0.145		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.067	0.044		0.029	0.098	0.100		0.069	0.229		
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704872**	**0.704870**		**0.705600**	**0.705670**	**0.705754**		**0.706045**	**0.706210**		
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.067	0.044		0.029	0.098	0.100		0.069	0.229		
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.145	0.140	0.136		0.135	0.139			0.145		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512587**	**0.512552**	**0.512507**		**0.512483**	**0.512475**			**0.512442**		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.145	0.140	0.136		0.135	0.139			0.145		

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	Lower	339	390	400
	Geochemistry Reference	[15]	[15]	[15]	[15]	[30]	[15]	[15]	[30][14]	[29]	[29]
	Province	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	Kerguelen Plateau (Elan Bank)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)
	Location	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	ODP Leg 183, Site 1137	fD109, Dredge 4 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 4 (Unnamed Seamount)
	Sample Name	s 183-1137A-41R-1,3-10	s 183-1137A-45R-3,57-63	s 183-1137A-46R-1,51-56	s 183-1137A-46R-2,7-15	s 183-1137A-46R-2,92-95	s 183-1137A-46R-3,12-18	s 183-1137A-46R-1,143-146	s 183-1137A-35R-2,44-46	s D4-37	s D4-33
	Rock Type	Basalt, Transitional / Basalt	Tholeiite	Basalt, Transitional / Basalt	Basalt, Transitional	Basalt	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Gneiss, Garnet-Biotite	Basalt	Basalt
	Latitude	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-56.8333	-51.52	-51.52
	Longitude	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	68.0933	71.15	71.15
	Age Correction (Ma)	108	108	108	108	108	108	108	108	21.9	1.63
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[29]	[29]
	Sm (ppm)	6.2	6.7	6.7	6.9		7.3	5.8			
	Nd (ppm)	26.6	29.9	28.9	29.3		29.7	24.6			
	Rb (ppm)	9.3		14.2	19.9	18.7	19.3	12.3		45.7	
	Sr (ppm)	483.0		494.0	478.0	489.0	455.0	529.0		660.0	
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	3.7	2.7	2.7	3.0		2.9	2.0			
	143Nd/144Nd measured	0.512461	0.512512	0.512543	0.512546	0.512543	0.512541	0.512555	0.511828	0.512525	0.512942
	87Sr/86Sr measured	0.706027	0.705650	0.705633	0.705728	0.705686	0.705680	0.705029	0.785608	0.705942	0.703100
	206Pb/204Pb measured	17.969	18.011	18.006	18.016	18.015	18.011	17.997	18.296	18.451	19.677
	207Pb/204Pb measured	15.665	15.654	15.646	15.662	15.654	15.658	15.617	15.769	15.551	15.686
	208Pb/204Pb measured	39.059	38.946	38.876	38.931	38.910	38.915	38.617	40.330	39.009	39.347
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.142	0.135	0.141	0.142		0.149	0.142			
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512362**			**0.512446**		**0.512437**	**0.512456**			
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.056		0.083	0.120	0.111	0.123	0.067		0.200	
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.705942**		**0.705507**	**0.705545**	**0.705518**				**0.705882**	
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	108	108	108	108	108	108	108	108	21.9	1.63
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.056		0.083	0.120	0.111	0.123	0.067		0.200	
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705942**		**0.705505**	**0.705543**	**0.705516**	**0.705492**	**0.704926**		**0.705880**	
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.056		0.083	0.121	0.111	0.123	0.067		0.200	
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.136	0.141	0.142		0.149	0.142			
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512361**	**0.512416**	**0.512444**	**0.512445**		**0.512436**	**0.512455**			
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.136	0.141	0.143		0.149	0.142			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1.63
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.056		0.083	0.120	0.111	0.123	0.067		0.200	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.706016**		**0.705616**	**0.705704**	**0.705664**	**0.705656**	**0.705016**		**0.705902**	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.056		0.083	0.120	0.111	0.123	0.067		0.200	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.142	0.136	0.141	0.142		0.149	0.142			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512448**	**0.512500**	**0.512530**	**0.512533**		**0.512527**	**0.512542**			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.142	0.136	0.141	0.142		0.149	0.142			

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	401	393	394	395	396	391	392	397	398	399
	Geochemistry Reference	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]
	Province	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)	erguelen Plateau (Miocene Seamounts)
	Location	fD109, Dredge 4 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 5 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 5 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 5 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 5 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 6 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 6 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 6 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 6 (Unnamed Seamount)	fD109, Dredge 6 (Unnamed Seamount)
	Sample Name	s D4-33	s D5-44A	s D5-44B	s D5-42	s D5-44B	s D6-88	s D6-88	s D6-87	s D6-89	s D6-85
	Rock Type	Basalt	Basalt, Olivine	Basalt, Olivine	Basalt, Olivine	Basalt, Olivine	Picrite	Picrite	Picrite	Picrite	Picrite
	Latitude	-51.52	-51.52	-51.52	-51.52	-51.52	-51.02	-51.02	-51.02	-51.02	-51.02
	Longitude	71.15	71.13	71.13	71.13	71.13	71.07	71.07	71.07	71.07	71.07
	Age Correction (Ma)	1.63	21.2	21.2	20.4	21.2	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
	Age reference	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]	[29]
	Sm (ppm)	8.9	11.6	13.4	12.4		5.2		5.2	5.1	5.3
	Nd (ppm)	38.3	59.6	69.4	62.0		24.9		26.2	24.8	27.0
	Rb (ppm)	17.8	33.8	34.6	46.2		26.7		25.4	25.6	25.3
	Sr (ppm)	577.0	842.0	907.0	882.0		415.0		409.0	406.0	422.0
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)	3.2	6.0	6.7	6.8		2.4		2.3	2.4	2.4
	143Nd/144Nd measured	0.512946	0.512606	0.512576	0.512582		0.512547		0.512533	0.512526	0.512543
	87Sr/86Sr measured	0.703126	0.705625	0.705658	0.705654	0.705676	0.705681	0.705703	0.705683	0.705699	0.705694
	206Pb/204Pb measured	19.669	18.214	18.208	18.179	18.197	17.872	17.869	17.874	17.876	17.875
	207Pb/204Pb measured	15.678	15.517	15.527	15.511	15.524	15.538	15.531	15.540	15.541	15.536
	208Pb/204Pb measured	39.315	38.634	38.658	38.576	38.662	38.265	38.266	38.274	38.278	38.266
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.140	0.118	0.117	0.121		0.126		0.120	0.125	0.118
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**		**0.512592**		**0.512569**		**0.512531**			**0.512515**	
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.089	0.116	0.110	0.152		0.186		0.180	0.182	0.173
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.703125**	**0.705595**		**0.705617**		**0.705631**		**0.705645**	**0.705663**	
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	1.63	21.2	21.2	20.4	21.2	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.089	0.116	0.110	0.152		0.186		0.180	0.182	0.173
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.703124**	**0.705590**	**0.705625**	**0.705610**		**0.705626**		**0.705630**	**0.705645**	**0.705643**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.089	0.116	0.110	0.152		0.186		0.180	0.182	0.173
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.140	0.118	0.117	0.121		0.126		0.120	0.125	0.118
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512945**	**0.512590**	**0.512560**	**0.512566**		**0.512530**		**0.512517**	**0.512509**	**0.512527**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.140	0.118	0.117	0.121		0.126		0.120	0.125	0.118
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	1.63	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.089	0.116	0.110	0.152		0.186		0.180	0.182	0.173
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.703124**	**0.705602**	**0.705636**	**0.705624**		**0.705644**		**0.705647**	**0.705663**	**0.705660**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.089	0.116	0.110	0.152		0.186		0.180	0.182	0.173
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.140	0.118	0.117	0.121		0.126		0.120	0.125	0.118
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512945**	**0.512595**	**0.512565**	**0.512571**		**0.512535**		**0.512522**	**0.512515**	**0.512532**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.140	0.118	0.117	0.121		0.126		0.120	0.125	0.118

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	454	455	456	457	422	423	424	425	426	427
	Geochemistry Reference	[21]	[21]	[21]	[21]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]
	Province	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1136	ODP Leg 183, Site 1136	ODP Leg 183, Site 1136	ODP Leg 183, Site 1136	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139
	Sample Name	s 183-1136A-16R2,2A	s 183-1136A-18R6,2_LEACHED	s 183-1136A-19R2,9_LEACHED	s 183-1136A-16R2,2A_LEACHED	s 183-1139A-73R3,100-111	s 183-1139A-62R2,74-79	s 183-1139A-65R3,15-19	s 183-1139A-69R2,105-109	s 183-1139A-65R3,15-19	s 183-1139A-64R4,103-115
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Trachyte	Trachyandesite, Basaltic	Trachyandesite, Basaltic	Trachyandesite, Basaltic	Trachyandesite, Basaltic	Trachybasalt / Basalt
	Latitude	-59.6517	-59.6517	-59.6517	-59.6517	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185
	Longitude	84.835	84.835	84.835	84.835	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94
	Age Correction (Ma)	119	119	119	119	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	4.1	1.4	1.0			12.7	12.6	12.6	11.8	9.8
	Nd (ppm)	13.3	3.5	3.5			59.8	60.4	55.3	46.4	
	Rb (ppm)	2.6	1.8	27.9			60.2	54.3	50.3	38.1	
	Sr (ppm)	226.9	162.4	340.9			136.0	468.0	452.0	422.0	
	U (ppm)	0.1	0.0	0.1	0.0		0.8	1.0	0.5	0.8	
	Pb (ppm)	1.5	0.5	0.5	0.4		6.9	6.5	5.6	5.1	
	Th (ppm)	0.9	0.2	0.3	0.0		4.2	4.2	3.6	3.1	
	143Nd/144Nd measured	0.512673	0.512704	0.512887		0.512502	0.512514	0.512516	0.512519	0.512523	0.512524
	87Sr/86Sr measured	0.704660	0.704690	0.705430		0.742230	0.707145	0.705952	0.705940	0.705930	0.705693
	206Pb/204Pb measured	17.955	17.911	18.181	17.906	17.702	17.539	17.556	17.537	17.584	17.580
	207Pb/204Pb measured	15.565	15.580	15.586	15.563	15.518	15.515	15.524	15.501	15.554	15.519
	208Pb/204Pb measured	38.373	38.369	38.865	38.229	38.342	38.080	38.128	38.054	38.230	38.088
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.184	0.245	0.177			0.128		0.126	0.129	0.128
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512530**	**0.512513**	**0.512749**			**0.512457**		**0.512463**	**0.512465**	
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.033	0.032	0.237			1.281		0.336	0.322	0.261
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704605**	**0.704636**	**0.705030**			**0.705902**		**0.705614**	**0.705618**	
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	5.28	3.89	9.93	1.66		6.67		9.33	5.76	10.11
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.04	0.03	0.07	0.01		0.05		0.07	0.04	0.07
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	37.83	19.12	40.52	2.91		38.23		40.69	41.65	38.57
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	17.856	17.838	17.995	17.875		17.468		17.437	17.523	17.472
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.560	15.576	15.577	15.561		15.512		15.496	15.551	15.514
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.150	38.256	38.626	38.212		37.951		37.916	38.089	37.957
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	119	119	119	119	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.033	0.032	0.237			1.281		0.336	0.322	0.261
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704605**	**0.704636**	**0.705030**			**0.705902**		**0.705614**	**0.705618**	**0.705440**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.033	0.032	0.237			1.282		0.336	0.322	0.261
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.184	0.245	0.177			0.128		0.126	0.129	0.128
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512530**	**0.512513**	**0.512749**			**0.512457**		**0.512463**	**0.512465**	**0.512467**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.184	0.245	0.177	0.000		0.128		0.126	0.129	0.128
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.033	0.032	0.237			1.281		0.336	0.322	0.261
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704654**	**0.704684**	**0.705383**			**0.706890**		**0.705873**	**0.705866**	**0.705641**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.033	0.032	0.237			1.281		0.336	0.322	0.261
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.184	0.245	0.177			0.128		0.126	0.129	0.128
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512656**	**0.512682**	**0.512871**			**0.512502**		**0.512507**	**0.512511**	**0.512512**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.184	0.245	0.177			0.128		0.126	0.129	0.128

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437
	Geochemistry Reference	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]
	Province	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139
	Sample Name	s 183-1139A-64R1,136-146	s 183-1139A-54R1,1-9	s 183-1139A-70R4,108-118	s 183-1139A-57R1,127-134	s 183-1139A-54R1,1-9_LEACHATE	s 183-1139A-52R1,2-7	s 183-1139A-57R1,127-134	s 183-1139A-66R3,2-10	s 183-1139A-52R1,2-7	s 183-1139A-54R1,1-9
	Rock Type	Trachyandesite, Basaltic / Basalt	Rhyolite	Trachyte	Rhyolite	Rhyolite	Rhyolite	Rhyolite	Trachybasalt	Rhyolite	Rhyolite
	Latitude	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185
	Longitude	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94
	Age Correction (Ma)	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	11.1	16.0	12.8				11.0	13.0		
	Nd (ppm)	52.7	39.5	59.5				48.3	61.2		
	Rb (ppm)	50.5	194.0	58.5				117.0	42.5		
	Sr (ppm)	444.0	6.6	15.3				3.3	509.0		
	U (ppm)	0.8	4.2	0.7				1.9	0.5		
	Pb (ppm)	5.8	18.8	7.0				17.3	4.8		
	Th (ppm)	4.3	25.2	5.6				11.7	3.2		
	143Nd/144Nd measured	0.512527	0.512530	0.512530	0.512535	0.512540	0.512543	0.512544	0.512545	0.512545	0.512554
	87Sr/86Sr measured	0.705860	1.582557	0.721412		0.719410	0.781033		0.705887	1.441548	0.791156
	206Pb/204Pb measured	17.507	17.649	17.683	17.726			17.702	17.599	17.687	
	207Pb/204Pb measured	15.497	15.526	15.544	15.536			15.516	15.543	15.527	
	208Pb/204Pb measured	38.035	38.366	38.282	38.366			38.283	38.190	38.518	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.127	0.245	0.130				0.138	0.128		
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512470**		**0.512472**				**0.512482**	**0.512488**		
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.329	92.045	11.077				96.650	0.242		
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.705541**		**0.710663**					**0.705653**		
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	8.88	13.82	6.17				6.92	6.32		
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.07	0.10	0.05				0.05	0.05		
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	46.51	85.48	50.99				43.10	42.26		
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	17.412	17.501	17.617				17.628	17.532		
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.492	15.519	15.541				15.512	15.540		
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	37.878	38.077	38.109				38.137	38.047		
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.329	92.045	11.077				96.650	0.242		
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705541**		**0.710663**					**0.705653**		
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.329	92.134	11.088				96.744	0.242		
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.127	0.245	0.130				0.138	0.128		
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512470**	**0.512421**	**0.512472**				**0.512482**	**0.512488**		
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.127	0.245	0.130				0.138	0.129		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.329		11.077					0.242		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705795**		**0.719210**					**0.705839**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.329		11.080					0.242		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.127	0.245	0.130				0.138	0.128		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512515**	**0.512508**	**0.512518**				**0.512531**	**0.512533**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.127	0.245	0.130				0.138	0.128		

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447
	Geochemistry Reference	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]
	Province	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)
	Location	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139
	Sample Name	s 183-1139A-71R4,40-50	s 183-1139A-72R2,25-35	s 183-1139A-52R1,2-7	s 183-1139A-61R2,93-97	s 183-1139A-51R1,13-19	s 183-1139A-61R1,67-73	s 183-1139A-64R2,78-87	s 183-1139A-67R4,35-41	s 183-1139A-64R1,127-135	s 183-1139A-64R2,78-87
	Rock Type	Trachyte	Trachyte	Rhyolite	Trachyte	Rhyolite	Trachyte	Trachyandesite, Basaltic	Trachybasalt	Trachyandesite, Basaltic	Trachyandesite, Basaltic
	Latitude	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185
	Longitude	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94
	Age Correction (Ma)	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	23.0	35.2	11.2	15.4	19.2	12.1	12.4	11.5	11.0	
	Nd (ppm)	108.0	177.0	37.1	78.2	62.9	59.3	60.3	53.9	53.2	
	Rb (ppm)	60.4	115.0	203.0	118.0	151.0	81.4	63.1	43.6	50.3	
	Sr (ppm)	41.2	9.7	7.7	9.1	5.7	7.3	480.0	160.0	443.0	
	U (ppm)	1.5	2.6	1.8	3.8	2.4	2.3	0.9	0.5	0.8	
	Pb (ppm)	28.3	15.4	5.6	14.5	11.4	12.4	7.0	7.1	5.9	
	Th (ppm)	18.6	15.0	18.0	11.1	18.7	9.8	3.8	3.8	4.2	
	143Nd/144Nd measured	0.512559	0.512560	0.512573	0.512586	0.512594	0.512621	0.512630	0.512763		
	87Sr/86Sr measured	0.710483	0.760923	1.442100	0.766991		0.775811	0.705832	0.706604	0.705855	0.705895
	206Pb/204Pb measured	17.610	17.769	17.711	17.911	17.862	17.902	17.505	17.566	17.501	
	207Pb/204Pb measured	15.514	15.545	15.524	15.542	15.541	15.542	15.503	15.517	15.501	
	208Pb/204Pb measured	38.215	38.496	38.655	38.406	38.645	38.407	38.041	38.107	38.041	
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.129	0.120	0.183	0.119	0.185	0.123	0.124	0.129	0.110	
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**		**0.512506**	**0.512491**			**0.512566**	**0.512574**	**0.512705**		
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	4.243	34.659	81.652	37.652	70.843	32.701	0.380	0.788	0.328	
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**			**1.362871**			**0.744080**	**0.705463**		**0.705536**	
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	3.35	10.54	19.93	16.29	13.14	11.49	8.03	4.50	8.52	
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.02	0.08	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.03	0.06	
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	41.79	62.34	205.95	49.03	105.33	50.61	34.72	33.96	45.19	
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	17.574	17.656	17.498	17.737	17.722	17.779	17.419	17.518	17.410	
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.512	15.540	15.514	15.534	15.534	15.536	15.499	15.515	15.497	
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.074	38.285	37.958	38.240	38.288	38.236	37.923	37.992	37.888	
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	4.243	34.659	81.652	37.652	70.843	32.701	0.380	0.788	0.328	
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.706366**	**0.727292**		**0.730456**		**0.744080**	**0.705463**	**0.705839**	**0.705536**	
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	4.247	34.693	81.731	37.689	70.912	32.733	0.381	0.789	0.329	
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.129	0.120	0.183	0.119	0.185	0.123	0.124	0.129	0.110	
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512501**	**0.512506**	**0.512491**	**0.512533**	**0.512512**	**0.512566**	**0.512574**	**0.512705**		
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.129	0.120	0.183	0.119	0.185	0.123	0.124	0.129	0.110	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	4.243	34.659		37.652		32.701	0.380	0.788	0.328	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.709639**	**0.754032**		**0.759505**		**0.769309**	**0.705756**	**0.706447**	**0.705790**	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	4.244	34.666		37.660		32.708	0.380	0.788	0.329	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.129	0.120	0.183	0.119	0.185	0.123	0.124	0.129		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512547**	**0.512549**	**0.512556**	**0.512575**	**0.512577**	**0.512610**	**0.512619**	**0.512751**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.129	0.120	0.183	0.119	0.185	0.123	0.124	0.129		

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	448	449	450	451	452	453	402	403	404	405
	Geochemistry Reference	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[19]	[84]	[84]	[84]	[84]
	Province	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Skiff Bank)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)
	Location	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1139	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140
	Sample Name	s 183-1139A-52R1,2-7_LEACHATE	83-1139A-57R1,127-134_LEACHATE	s 183-1139A-57R1,127-134	s 183-1139A-51R1,13-19	s 183-1139A-73R3,100-111	s 183-1139A-72R2,25-35	s 183-1140A-25R-6-51–58	s 183-1140A-26R-1-7–10	s 183-1140A-27R-2-0–5	s 183-1140A-28R-3-29–32
	Rock Type	Rhyolite	Rhyolite	Rhyolite	Rhyolite	Trachyte	Trachyte	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic
	Latitude	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-50.185	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26
	Longitude	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	63.94	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917
	Age Correction (Ma)	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	34	34	34	34
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)					44.4		3.4			
	Nd (ppm)					244.0		9.5			
	Rb (ppm)					115.0		1.3	9.5	0.8	1.0
	Sr (ppm)					11.8		130.0	142.0	129.0	132.0
	U (ppm)					2.1		0.1			
	Pb (ppm)					13.2		0.6			
	Th (ppm)					13.2		0.5			
	143Nd/144Nd measured							0.513025	0.513001	0.513013	0.513008
	87Sr/86Sr measured	0.710758	0.726904	0.915856	1.015175			0.703429	0.703434	0.703401	0.703388
	206Pb/204Pb measured			17.674		17.737	17.756	18.231	18.172	18.219	18.237
	207Pb/204Pb measured			15.510		15.554	15.541	15.502	15.531	15.532	15.540
	208Pb/204Pb measured			38.231		38.450	38.442	38.400	38.280	38.380	38.450
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd					0.097		0.215			
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**							**0.512977**			
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr					26.245		0.029	0.193	0.018	0.022
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**							**0.703415**	**0.703341**	**0.703392**	**0.703377**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb					9.61		10.37			
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb					0.07		0.08			
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb					63.94		50.36			
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial					17.634		18.176			
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial					15.549		15.499			
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial					38.234		38.315			
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	34	34	34	34
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé					26.245		0.029	0.193	0.018	0.022
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**							**0.703415**	**0.703341**	**0.703392**	**0.703377**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé					26.271		0.029	0.194	0.018	0.022
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé					0.097		0.215			
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**							**0.512977**			
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé					0.097		0.215			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé							0.029	0.193	0.018	0.022
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**							**0.703423**	**0.703396**	**0.703397**	**0.703384**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé							0.029	0.194	0.018	0.022
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé							0.215			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**							**0.513005**			
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé							0.215			

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
	Geochemistry Reference	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]
	Province	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)
	Location	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140
	Sample Name	s 183-1140A-31R-1-57–61	s 183-1140A-31R-1-53–57	s 183-1140A-31R-1-95–105	s 183-1140A-31R-2-20–24	s 183-1140A-32R-1-55–57	s 183-1140A-32R-1-126–131	s 183-1140A-32R-2-45–50	s 183-1140A-32R-4-0–6	s 183-1140A-33R-1-122–126	s 183-1140A-33R-2-78–81
	Rock Type	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic
	Latitude	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-46.26
	Longitude	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917
	Age Correction (Ma)	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]
	Sm (ppm)	5.5		5.2	7.4		7.3	7.4	3.1	3.1	
	Nd (ppm)	20.4		20.3	29.0		28.4	28.1	8.7	9.1	
	Rb (ppm)	6.2	10.8	2.7	6.7	3.9	7.6	4.5	7.0	14.5	0.3
	Sr (ppm)	262.0	259.0	252.0	258.0	262.0	254.0	260.0	131.0	127.0	126.0
	U (ppm)	0.4		0.4	0.6		0.6	0.6	0.6	0.2	
	Pb (ppm)	1.5		1.4	1.9		2.4	1.9	0.6	0.5	
	Th (ppm)	1.6		1.6	2.4		2.5	2.3	0.5	0.5	
	143Nd/144Nd measured	0.512829	0.512812	0.512815	0.512783	0.512767	0.512791	0.512785	0.512945	0.512950	0.512924
	87Sr/86Sr measured	0.704281	0.704257	0.704233	0.704466	0.704411	0.704469	0.704426	0.703775	0.703851	0.703729
	206Pb/204Pb measured	18.544	18.524	18.512	18.590	18.605	18.608	18.610	18.590	18.416	18.386
	207Pb/204Pb measured	15.575	15.564	15.555	15.576	15.577	15.567	15.589	15.584	15.535	15.539
	208Pb/204Pb measured	38.910	38.870	38.830	38.970	39.010	39.000	39.020	38.710	38.600	38.600
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.163		0.154	0.154		0.156	0.159	0.213	0.206	
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512793**		**0.512781**	**0.512749**		**0.512756**	**0.512750**	**0.512898**	**0.512904**	
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.069	0.121	0.030	0.075	0.043	0.087	0.050	0.155	0.330	0.007
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.704248**	**0.704199**	**0.704218**	**0.704430**	**0.704390**	**0.704427**	**0.704402**	**0.703700**	**0.703692**	**0.703726**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	15.33		16.16	18.85		15.31	18.94	59.66	26.47	
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.11		0.12	0.14		0.11	0.14	0.44	0.19	
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	70.21		73.77	81.97		68.75	79.66	58.34	65.90	
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	18.463		18.426	18.490		18.527	18.510	18.274	18.276	
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.571		15.551	15.571		15.563	15.584	15.569	15.528	
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.792		38.706	38.832		38.884	38.886	38.612	38.489	
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.069	0.121	0.030	0.075	0.043	0.087	0.050	0.155	0.330	0.007
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704248**	**0.704199**	**0.704218**	**0.704430**	**0.704390**	**0.704427**	**0.704402**	**0.703700**	**0.703692**	**0.703726**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.069	0.121	0.030	0.075	0.043	0.087	0.050	0.155	0.330	0.007
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.163		0.154	0.154		0.156	0.159	0.213	0.206	
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512793**		**0.512781**	**0.512749**		**0.512756**	**0.512750**	**0.512898**	**0.512904**	
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.163		0.154	0.154		0.156	0.159	0.213	0.206	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.069	0.121	0.030	0.075	0.043	0.087	0.050	0.155	0.330	0.007
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.704267**	**0.704233**	**0.704227**	**0.704451**	**0.704402**	**0.704452**	**0.704416**	**0.703744**	**0.703785**	**0.703728**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.069	0.121	0.030	0.075	0.043	0.087	0.050	0.155	0.330	0.007
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.163		0.154	0.154		0.156	0.159	0.213	0.206	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512814**		**0.512801**	**0.512769**		**0.512777**	**0.512770**	**0.512926**	**0.512931**	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.163		0.154	0.154		0.156	0.159	0.213	0.206	

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	416	417	418	419	420	421	482	483	484	485
	Geochemistry Reference	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[84]	[1.1]	[1.1]	[1.1]	[1.1]
	Province	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Northern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)
	Location	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 183, Site 1140	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749
	Sample Name	s 183-1140A-33R-3-19–24	s 183-1140A-34R-6-33–39	s 183-1140A-35R-4-50–52	s 183-1140A-36R-3-97–118	s 183-1140A-37R-3-104–108	s 183-1140A-37R-4-23–32	s 120-749C-15R-4,36-40	s 120-749C-12R-5,76-79	s 120-749C-16R-1,22-29	s 120-749C-16R-5,20-27
	Rock Type	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt, Tholeiitic	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite
	Latitude	-46.26		-46.26	-46.26	-46.26	-46.26	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172
	Longitude	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075
	Age Correction (Ma)	34	34	34	34	34	34	110	110	110	110
	Age reference	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	[9]	Whitechurch 1992	Whitechurch 1992	Whitechurch 1992	Whitechurch 1992
	Sm (ppm)	3.1	3.1		3.1		3.1	3.8	3.8	4.2	1.9
	Nd (ppm)	8.9	9.4		8.8		9.1	11.8	11.6	13.6	5.6
	Rb (ppm)	0.8	0.6	1.5	0.7	11.5	0.7	9.1	13.9	4.6	2.7
	Sr (ppm)	116.0	128.0	138.0	124.0	137.0	123.0	229.0	215.0	232.0	237.0
	U (ppm)	0.1	0.1		0.1		0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
	Pb (ppm)	0.5	0.6		0.6		0.5	1.8	1.8	1.2	0.5
	Th (ppm)	0.5	0.5		0.4		0.5	0.8	0.8	0.8	0.3
	143Nd/144Nd measured	0.512952	0.512949	0.512942	0.512958	0.512937	0.512961	0.512770	0.512782	0.512866	0.512894
	87Sr/86Sr measured	0.703760	0.703697	0.703705	0.703697	0.703766	0.703691	0.704316	0.704308	0.703701	0.703569
	206Pb/204Pb measured	18.413	18.383	18.421	18.386	18.477	18.387	17.990		18.035	18.033
	207Pb/204Pb measured	15.553	15.533	15.543	15.527	15.561	15.526	15.569		15.554	15.506
	208Pb/204Pb measured	38.670	38.550	38.610	38.580	38.700	38.570	38.149		38.007	37.854
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.210	0.200		0.211		0.203	0.196	0.200	0.188	0.203
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512905**	**0.512904**		**0.512911**		**0.512916**	**0.512629**		**0.512731**	**0.512748**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.019	0.013	0.031	0.016	0.243	0.016	0.115	0.187	0.057	0.033
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.703751**	**0.703691**	**0.703690**	**0.703689**	**0.703649**	**0.703683**	**0.704136**		**0.703612**	**0.703518**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	15.08	12.28		10.97		13.75	6.40	0.08	8.17	17.15
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.11	0.09		0.08		0.10	0.05	0.00	0.06	0.13
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	61.13	51.89		49.87		58.14	30.43	0.39	40.98	36.92
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	18.333	18.318		18.328		18.314	17.880		17.894	17.737
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.549	15.530		15.524		15.523	15.564		15.547	15.492
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.567	38.463		38.496		38.472	37.983		37.783	37.653
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	34	34	34	34	34	34	110	110	110	110
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.019	0.013	0.031	0.016	0.243	0.016	0.115	0.187	0.057	0.033
RECALCULE A L'Age Biblio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.703751**	**0.703691**	**0.703690**	**0.703689**	**0.703649**	**0.703683**	**0.704136**	**0.704016**	**0.703612**	**0.703518**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.019	0.013	0.031	0.016	0.243	0.016	0.115	0.187	0.057	0.033
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.210	0.201		0.211		0.203	0.196	0.200	0.188	0.203
RECALCULE A L'Age Biblio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512905**	**0.512904**		**0.512911**		**0.512916**	**0.512629**	**0.512638**	**0.512731**	**0.512748**
RECALCULE A L'Age Biblio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.210	0.201		0.211		0.203	0.196	0.200	0.188	0.203
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.019	0.013	0.031	0.016	0.243	0.016	0.115	0.187	0.057	0.033
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.703756**	**0.703694**	**0.703699**	**0.703694**	**0.703718**	**0.703688**	**0.704293**	**0.704271**	**0.703690**	**0.703562**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.019	0.013	0.031	0.016	0.243	0.016	0.115	0.187	0.057	0.033
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.210	0.201		0.211		0.203	0.196	0.200	0.188	0.203
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512933**	**0.512931**		**0.512939**		**0.512942**	**0.512752**	**0.512764**	**0.512849**	**0.512875**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.210	0.201		0.211		0.203	0.196	0.200	0.188	0.203

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	486	487	488	489	480	481	490	491	492	459
	Geochemistry Reference	[11]	[11]	[11]	[11]	[25]	[25]	[25]	[25]	[25]	[11]
	Province	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)
	Location	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 749	ODP Leg 120, Site 750
	Sample Name	s 120-749C-12R-2,99-102	s 120-749C-16R-6,50-56	s 120-749C-12R-3,55-60	s 120-749C-16R-6,50-56	s 120-749C-15R-2,35-37	s 120-749C-15R-5,127-130	s 120-749C-16R-7,107-109	s 120-749C-16R-7,75-77	s 120-749C-12R-4,144-148	s 120-750B-17R-3,23-27
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite / Basalt	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite / Basalt
	Latitude	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-58.7172	-57.792
	Longitude	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075	76.4075	81.2395
	Age Correction (Ma)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	112
	Age reference	Whitechurch 1992	Whitechurch 1992	Whitechurch 1992	Whitechurch 1992	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
	Sm (ppm)	2.5		2.7	2.0				2.0	3.5	2.6
	Nd (ppm)	7.2		8.2	6.0				6.7	10.8	7.5
	Rb (ppm)	4.0		2.1	0.5						3.2
	Sr (ppm)	183.0		204.0	243.0				240.0	226.0	148.0
	U (ppm)	0.1		0.1	0.1						0.1
	Pb (ppm)	0.8		1.1	0.5						0.8
	Th (ppm)	0.4		0.4	0.3						0.3
	143Nd/144Nd measured	0.512905	0.512905	0.512910	0.512923	0.512763	0.512764				0.512745
	87Sr/86Sr measured	0.703674		0.703597	0.703552	0.704237	0.704306	0.703506	0.703531	0.704268	0.705438
	206Pb/204Pb measured	17.999		18.016	18.033	~~18.200~~	17.978	18.031	18.065	17.980	17.533
	207Pb/204Pb measured	15.543		15.577	15.552	~~15.625~~	15.587	15.579	15.574	15.587	15.508
	208Pb/204Pb measured	37.906		37.986	37.932	~~38.435~~	38.213	38.222	38.028	38.204	38.048
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.205		0.197	0.201				0.155	0.173	0.212
	143Nd/144Nd initial			**0.512768**	**0.512778**						
	87Rb/86Sr	0.063		0.030	0.006				0.000	0.000	0.062
	87Sr/86Sr initial				**0.703543**					**0.704268**	
	238U/204Pb	6.46		5.14	8.67						3.95
	235U/204Pb	0.05		0.04	0.06						0.03
	232Th/204Pb	30.72		23.71	38.06						23.33
	206Pb/204Pb initial	17.888			17.883						17.464
	207Pb/204Pb initial	15.538			15.545						15.505
	208Pb/204Pb initial	37.738			37.724						37.918
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	112
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.063		0.030	0.006				0.000	0.000	0.062
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.703576**		**0.703550**	**0.703543**	**0.704237**	**0.704306**	**0.703506**	**0.703531**	**0.704268**	**0.705340**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.063		0.030	0.006				0.000	0.000	0.062
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.206		0.197	0.201				0.155	0.173	0.212
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512757**		**0.512768**	**0.512778**						**0.512590**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.206		0.197	0.201	0.000	0.000	0.000	0.155	0.173	0.212
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.063		0.030	0.006				0.000	0.000	0.062
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.703662**		**0.703591**	**0.703551**				**0.703531**	**0.704268**	**0.705426**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.063		0.030	0.006				0.000	0.000	0.062
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.206		0.197	0.201						0.212
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512886**		**0.512892**	**0.512905**						**0.512726**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.206		0.197	0.201						0.212

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	461	462	463	464	465	460	466	472	473	474
	Geochemistry Reference	[11]	[11]	[11]	[11]	[11]	[25]	[25]	[1]	[20]	[20]
	Province	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)
	Location	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 120, Site 750	ODP Leg 119, Site 738	ODP Leg 119, Site 738	ODP Leg 119, Site 738
	Sample Name	s 120-750B-14R-2,92-95	s 120-750B-16R-7,16-21	s 120-750B-16R-2,50-56	s 120-750B-15R-1,103-108	s 120-750B-16R-4,42-47	s 120-750B-16R-3,134-136	s 120-750B-17R-3,26-30	s 119-738C-119-738C-36R-1,140-144	s 119-738C-34R-4-30-33_LEACHED	s 119-738C-35R-2-91-94_LEACHED
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite
	Latitude	-57.792	-57.792	-57.792	-57.792	-57.792	-57.792	-57.792	-62.709	-62.709	-62.709
	Longitude	81.2395	81.2395	81.2395	81.2395	81.2395	81.2395	81.2395	82.7875	82.7875	82.7875
	Age Correction (Ma)	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
	Age reference	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
	Sm (ppm)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.6		2.1	4.7	5.86	6.06
	Nd (ppm)	4.3	4.3	4.1	4.5	4.4		7.3	17.6	23.9	25
	Rb (ppm)	1.8	1.6	1.6	2.2	1.6			7.1	21.2	33.7
	Sr (ppm)	143.0	128.0	126.0	167.0	127.0		152.0	296.0	292	271
	U (ppm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
	Pb (ppm)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5					
	Th (ppm)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3					
	143Nd/144Nd measured	0.512910	0.512919	0.512923	0.512938	0.512939	0.512902		0.512196	0.5121561	0.5122792
	87Sr/86Sr measured	0.705040	0.705026	0.705032	0.705023	0.705013	0.705012	0.705300	0.709049	0.709060	0.709010
	206Pb/204Pb measured	17.550	17.551	17.474	17.511	17.534	18.112		17.735	17.735	17.739
	207Pb/204Pb measured	15.486	15.462	15.404	15.435	15.455	15.585		15.712	15.721	15.725
	208Pb/204Pb measured	37.878	37.660	37.666	37.731	37.814	38.405		38.860	38.932	38.966
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.212	0.219	0.228	0.224	0.226		0.156	0.160		
	143Nd/144Nd initial		**0.512759**	**0.512756**	**0.512774**	**0.512773**					
	87Rb/86Sr	0.037	0.035	0.037	0.039	0.037		0.000	0.069		
	87Sr/86Sr initial		**0.704970**	**0.704974**	**0.704961**	**0.704955**		**0.705300**			
	238U/204Pb	8.72	7.27	8.79	7.34	6.96					
	235U/204Pb	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05					
	232Th/204Pb	48.20	42.05	49.18	43.43	40.25					
	206Pb/204Pb initial		17.423	17.320	17.382	17.412					
	207Pb/204Pb initial		15.456	15.396	15.429	15.449					
	208Pb/204Pb initial		37.426	37.393	37.490	37.590					
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.037	0.035	0.037	0.039	0.037			0.069	0.210	0.360
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704982**	**0.704970**	**0.704974**	**0.704961**	**0.704955**	**0.705012**	**0.705300**	**0.708939**	**0.708726**	**0.708437**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.037	0.035	0.037	0.039	0.037			0.069	0.210	0.360
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.212	0.219	0.228	0.224	0.226		0.156	0.160	0.148	0.147
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512754**	**0.512759**	**0.512756**	**0.512774**	**0.512773**			**0.512079**	**0.512047**	**0.512172**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.212	0.219	0.228	0.224	0.226		0.156	0.160	0.148	0.147
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.037	0.035	0.037	0.039	0.037		0.000	0.069	0.210	0.360
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.705033**	**0.705019**	**0.705025**	**0.705015**	**0.705006**		**0.705300**	**0.709035**	**0.709018**	**0.708938**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.037	0.035	0.037	0.039	0.037		0.000	0.069	0.210	0.360
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.212	0.219	0.228	0.224	0.226			0.160	0.148	0.147
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512891**	**0.512899**	**0.512902**	**0.512917**	**0.512918**			**0.512181**	**0.512143**	**0.512266**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.212	0.219	0.228	0.224	0.226			0.160	0.148	0.147

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	475	476	477	478	479	467	469	471	458	468
	Geochemistry Reference	[20]	[20]	[20]	[20]	[25]	[28]	[28]	[28]	[7]	[7]
	Province	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)	Kerguelen Plateau (Southern)
	Location	ODP Leg 119, Site 738	ODP Leg 119, Site 738	ODP Leg 119, Site 738	ODP Leg 119, Site 738	ODP Leg 120, Site 748	MD48, Dredge 2	MD48, Dredge 5	MD48, Dredge 6	MD48, Dredge 2	MD48, Dredge 5
	Sample Name	s 119-738C-33R-1-79-81_LEACHED	s 119-738C-33R-5-17-21_LEACHED	s 119-738C-33R-2-65-68_LEACHED	s 119-738C-34R-1-88-92_LEACHED	s 120-748C-79R-7,65-67	s DR02/12	s DR05	s DR06	s MD48DR02.12	s MD48DR05.11
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Basalt, Alkaline	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt, Transitional	Basalt	Basalt
	Latitude	-62.709	-62.709	-62.709	-62.709	-58.4408	-57.3	-58.1	-58.283	-57.3	-58.1
	Longitude	82.7875	82.7875	82.7875	82.7875	78.9815	77.6	76.917	76.917	77.6	76.917
	Age Correction (Ma)	112	112	112	112	110	110	110	110	112	110
	Age reference	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
	Sm (ppm)	5	5.28	4.94	4.99					5.3	4.0
	Nd (ppm)	20	21.2	19.3	19.5					22.1	12.6
	Rb (ppm)	20.6	37.4	13.1	10.6		59.0	28.7	10.0	62.0	
	Sr (ppm)	317	273	301	303		366.5	173.1	331.5	338.0	
	U (ppm)						0.2	0.1	0.1		
	Pb (ppm)						1.3		1.0		
	Th (ppm)									2.1	
	143Nd/144Nd measured	0.5122330	0.5122176	0.5122279	0.5122279	0.512491	0.512530	0.512790	0.512710	0.512459	0.512710
	87Sr/86Sr measured	0.709840	0.709810	0.709220	0.709730	0.705157	0.706160	0.705180	0.704270	0.706082	
	206Pb/204Pb measured	17.752	17.768	17.777	17.817	18.305	17.539	18.068	18.182		
	207Pb/204Pb measured	15.712	15.744	15.748	15.750	15.613	15.467	15.596	15.579		
	208Pb/204Pb measured	38.937	39.044	39.142	39.005	38.495	37.875	38.336	38.277		
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd									0.146	0.191
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr						0.466	0.480	0.087	0.531	
	87Sr/86Sr initial							**0.704430**	**0.704134**		
	238U/204Pb						9.80		5.76		
	235U/204Pb						0.07		0.04		
	232Th/204Pb						0.00		0.00		
	206Pb/204Pb initial						17.370		18.083		
	207Pb/204Pb initial						15.459		15.574		
	208Pb/204Pb initial						37.875		38.277		
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	112	112	112	112	110	110	110	110	112	110
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.188	0.396	0.126	0.101		0.466	0.480	0.087	0.531	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.709541**	**0.709179**	**0.709020**	**0.709569**	**0.705157**	**0.705432**	**0.704430**	**0.704134**	**0.705237**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.188	0.397	0.126	0.101		0.466	0.480	0.087	0.531	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.151	0.151	0.155	0.155		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.146	0.192
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512122**	**0.512107**	**0.512114**	**0.512114**		**#DIV/0!**	**#DIV/0!**	**#DIV/0!**	**0.512352**	**0.512572**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.151	0.151	0.155	0.155	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.146	0.192
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.188	0.396	0.126	0.101		0.466	0.480	0.087	0.531	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.709803**	**0.709731**	**0.709195**	**0.709710**		**0.706067**	**0.705085**	**0.704253**	**0.705976**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.188	0.397	0.126	0.101		0.466	0.480	0.087	0.531	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.151	0.151	0.155	0.155					0.146	0.192
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512219**	**0.512204**	**0.512214**	**0.512214**					**0.512446**	**0.512692**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.151	0.151	0.155	0.155					0.146	0.192

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	470	494	495	498	499	500	501	502	503	504
	Geochemistry Reference	[7]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]
	Province	Kerguelen Plateau (Southern)	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau
	Location	MD48, Dredge 6	Leg 28, Site 264 (Southeastern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)
	Sample Name	s MD48DR06.14	s DSDP264-15CC_LEACHED	s EL55-12-2_LEACHED	s EL55-12-24_LEACHED	s EL55-12-21_UNLEACHED	s EL55-12-24_UNLEACHED	s EL55-12-21_LEACHED	s EL55-12-25_LEACHED	s EL55-12-8_LEACHED	s EL55-12-7_LEACHED
	Rock Type	Basalt	Andesite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite	Tholeiite
	Latitude	-58.283	-34.84	-32.95	-32.95	-32.95	-32.95	-32.95	-32.95	-32.95	-32.95
	Longitude	76.917	112.32	110.81	110.81	110.81	110.81	110.81	110.81	110.81	110.81
	Age Correction (Ma)	110	128	128	128	128	128	128	128	128	128
	Age reference	[4]	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017
	Sm (ppm)	6.6	1.7	1.3	0.5	1.3	0.7	0.4	0.5		
	Nd (ppm)	23.0	7.8	5.2	0.8	3.0	1.6	0.8	0.9		
	Rb (ppm)	11.0	26.3	46.7	7.4	11.6	13.8	9.2	6.9	5.7	6.4
	Sr (ppm)	331.0	262.7	151.8	156.9	168.3	166.4	133.3	166.8	132.6	133.8
	U (ppm)										
	Pb (ppm)		5.5	3.8	0.3	0.4		0.2	0.3	2.4	2.7
	Th (ppm)	1.8									
	143Nd/144Nd measured	0.512707	0.511922	0.511940	0.512942	0.512856	0.512872	0.512942	0.512972		
	87Sr/86Sr measured	0.704542	0.713401	0.714315	0.704128	0.704710	0.704279	0.704290	0.704145		
	206Pb/204Pb measured		18.087	17.787	17.849	17.982		17.960	17.817	17.909	17.914
	207Pb/204Pb measured		15.701	15.616	15.513	15.530		15.517	15.502	15.609	15.635
	208Pb/204Pb measured		39.220	38.629	37.674	37.757		37.694	37.654	38.433	38.477
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.172	0.134	0.154	0.345	0.259	0.275	0.345	0.353		
	143Nd/144Nd initial	**0.512583**		**0.511810**	**0.512653**				**0.512677**		
	87Rb/86Sr	0.096	0.290	0.891	0.136	0.199	0.240	0.199	0.120		
	87Sr/86Sr initial	**0.704392**		**0.712695**	**0.703881**				**0.703926**		
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	110	128	128	128	128	128	128	128	128	128
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.096	0.290	0.891	0.136	0.199	0.240	0.199	0.120		
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704392**	**0.712874**	**0.712695**	**0.703881**	**0.704347**	**0.703843**	**0.703928**	**0.703926**		
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.096	0.290	0.892	0.136	0.200	0.240	0.200	0.120		
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.172	0.134	0.154	0.345	0.259	0.275	0.345	0.353		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512583**	**0.511809**	**0.511810**	**0.512653**	**0.512640**	**0.512641**	**0.512653**	**0.512677**		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.173	0.134	0.154	0.346	0.259	0.276	0.345	0.353		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14		
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.096	0.290	0.891	0.136	0.199	0.240	0.199	0.120		
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704523**	**0.713344**	**0.714138**	**0.704101**	**0.704671**	**0.704231**	**0.704250**	**0.704121**		
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.096	0.290	0.891	0.136	0.199	0.240	0.199	0.120		
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.172	0.134	0.154	0.345	0.259	0.275	0.345	0.353		
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512691**	**0.511909**	**0.511925**	**0.512910**	**0.512833**	**0.512847**	**0.512910**	**0.512940**		
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.173	0.134	0.154	0.345	0.259	0.275	0.345	0.353		

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	496	497	493	530	531	554	571	562	532	533
	Geochemistry Reference	[20][27]	[20][27]	[24]	[47]	[47]	[47]	[47]	[61]	[66]	[66]
	Province	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Naturaliste Plateau	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	in 55, Dredge 12 (Northwestern Sector)	Leg 28, Site 264 (Southeastern Sector)	DSDP Leg 22, Site 216	DSDP Leg 22, Site 216	DSDP Leg 26, Site 253	DSDP Leg 26, Site 254	ODP Leg 121, Site 756D	DSDP Leg 22, Site 214	DSDP Leg 22, Site 214
	Sample Name	L5512-7 / s EL55-12-7_UNLEACHED	L5512-8 / s EL55-12-8_UNLEACHED	s DSDP264-15CC	s 22-216-37-2,80 / s 22-216-37-280	38-2143-150 / s 22-216-38-2,145-150	s 26-253-58CC#3	26-254-31-1:88-90 / s 254-31-188-90	s 121-756D-4R-1,35-39	s 11670-48-1	s 11674-51-1
	Rock Type	Tholeiite	Tholeiite	Andesite	Basalt	Basalt, Pyroxene / Basalt	Picrite	Tholeiite / Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-32.95	-32.95	-34.84	1.4572	1.4572	-24.878	-30.969	-27.355	-11.337	-11.337
	Longitude	110.81	110.81	112.32	90.208	90.208	87.366	87.895	87.597	88.718	88.718
	Age Correction (Ma)	128	128	81	81	49	37	45	59	59	59
	Age reference	Olierook2017	Olierook2017	Olierook2017	[81]	[81]	[4]	[81]	[80]	[81]	[81]
	Sm (ppm)	3.9	4.1	1.7	5.0	5.3	2.0	4.3	4.8		
	Nd (ppm)	13.2	13.6	7.8	19.7	18.9	4.9	16.0	16.9		
	Rb (ppm)	19.3	15.6	25.3	2.6	9.3	1.6	1.5	10.0		
	Sr (ppm)	126.8	142.7	262.7	177.0	174.0	70.8	185.0	195.0		
	U (ppm)				0.5	0.3	0.0	0.1			
	Pb (ppm)	3.0	3.1		0.9	0.7	0.1	0.3			
	Th (ppm)	1.6	1.9		1.2	1.4			1.1		
	143Nd/144Nd measured	0.512196	0.512240	0.511934	0.512652	0.512652		0.512757	0.512903		0.512833
	87Sr/86Sr measured	0.710481	0.710270		0.705454	0.705649	0.704738	0.704494	0.703916	0.704860	
	206Pb/204Pb measured	17.970	17.950	18.105	18.090	18.070	18.610	18.060	18.711	18.346	18.343
	207Pb/204Pb measured	15.640	15.626	15.175	15.585	15.588	15.593	15.506	15.553	15.579	15.566
	208Pb/204Pb measured	38.574	38.510	39.300	38.810	38.850	38.760	38.520	38.980	38.750	38.722
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.178	0.183	0.134	0.153	0.168	0.213	0.164	0.172		
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512046**	**0.512086**		**0.512571**	**0.512563**		**0.512717**	**0.512852**		
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.441	0.316	0.259	0.042	0.155	0.065	0.023	0.148		
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.709679**	**0.709695**		**0.705405**	**0.705471**	**0.704693**	**0.704482**	**0.703821**		
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb				33.44	22.02	6.99	11.51			
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb				0.25	0.16	0.05	0.08			
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb				90.89	127.41	0.00	0.00			
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial				17.666	17.791	18.557	17.994			
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial				15.565	15.575	15.590	15.503			
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial				38.445	38.338	38.760	38.520			
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	128	128	128	81	81	49	37	45	59	59
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) measured recalculé	0.441	0.316	0.259	0.042	0.155	0.065	0.023	0.148		
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.709679**	**0.709695**		**0.705405**	**0.705471**	**0.704693**	**0.704482**	**0.703821**		
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) initial recalculé	0.441	0.317	0.259	0.043	0.155	0.065	0.023	0.148		
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) measured recalculé	0.178	0.183	0.134	0.153	0.168	0.212	0.164	0.172		
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512046**	**0.512086**	**0.511822**	**0.512571**	**0.512563**		**0.512717**	**0.512852**		
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) initial recalculé	0.178	0.183	0.134	0.153	0.168	0.212	0.164	0.172		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.441	0.316		0.042	0.155	0.065	0.023	0.148		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.710393**	**0.710207**		**0.705446**	**0.705618**	**0.704725**	**0.704489**	**0.703887**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.441	0.316		0.042	0.155	0.065	0.023	0.148		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.178	0.183	0.134	0.153	0.168	0.212	0.164	0.172		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512179**	**0.512223**	**0.511922**	**0.512638**	**0.512637**	**-0.000019**	**0.512742**	**0.512887**		
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.178	0.183	0.134	0.153	0.168	0.212	0.164	0.172		

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	528	529	552	553	569	570	555	557	558	559
	Geochemistry Reference	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]
	Province	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	DSDP Leg 22, Site 216	DSDP Leg 22, Site 216	DSDP Leg 26, Site 253	DSDP Leg 26, Site 253	DSDP Leg 26, Site 254	DSDP Leg 26, Site 254	ODP Leg 121, Site 756C	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D
	Sample Name	s 11662-37-1	s 11664-38-1	s 26-253-24-1	s 11404-58CC	s 10666-31-1	s 10669-38-1	s 11727-10N-2	s 11729-4R-1	s 11735-6R-3	s 11737-7R-2
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt, Olivine	Basalt, Olivine	Basalt	Basalt	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine
	Latitude	1.4572	1.4572	-24.878	-24.878	-30.969	-30.969	-27.354	-27.355	-27.355	-27.355
	Longitude	90.208	90.208	87.366	87.366	87.895	87.895	87.598	87.597	87.597	87.597
	Age Correction (Ma)	81	81	49	49	37	37	45	45	45	45
	Age reference	[81]	[81]	[4]	[4]	[81]	[81]	[80]	[80]	[80]	[80]
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured	0.512629		0.512873	0.512787	0.512759	0.512785	0.512881			0.512829
	87Sr/86Sr measured					0.704650		0.704060	0.704170		0.704170
	206Pb/204Pb measured	18.080	18.132	18.709	18.768	18.030	18.079	18.667	18.754	18.633	18.768
	207Pb/204Pb measured	15.561	15.541	15.552	15.588	15.501	15.516	15.516	15.521	15.524	15.521
	208Pb/204Pb measured	38.805	38.686	38.549	38.659	38.550	38.623	38.926	38.906	38.883	38.944
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**										
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr										
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**										
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbo	Age ref. (L.Ponthus)	81	81	49	49	37	37	45	45	45	45
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Rb/Sr) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age Bibbo	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age Bibbo	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé										

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	535	536	537	538	539	505	506	507	508	509
	Geochemistry Reference	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]	[66]
	Province	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A
	Sample Name	s 11753-9R-2	s 11756-9R-6	s 11765-10R-3	s 11773-12R-1	s 11775-12R-3	s 11780-55R-5	s 11788-58R-5	s 11797-60R-7	s 11804-63R-1	s 11830-73R-1
	Rock Type	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine	Tholeiite, Olivine
	Latitude	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384
	Longitude	88.03	88.03	88.03	88.03	88.03	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361
	Age Correction (Ma)	56	56	56	56	56	83	83	83	83	83
	Age reference	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]
	Sm (ppm)										
	Nd (ppm)										
	Rb (ppm)										
	Sr (ppm)										
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)										
	143Nd/144Nd measured		0.512737		0.512765		0.512881	0.512831	0.512800	0.512765	0.512852
	87Sr/86Sr measured		0.706000	0.705460	0.704440	0.704850	0.704960	0.704960	0.704730	0.704580	0.704630
	206Pb/204Pb measured	18.662		18.968	18.820	18.679	18.778	18.269	18.842		18.478
	207Pb/204Pb measured	15.561		15.574	15.565	15.554	15.521	15.528	15.589		15.547
	208Pb/204Pb measured	38.876		38.930	39.029	38.990	38.879	38.484	38.882		38.705
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd										
	143Nd/144Nd initial										
	87Rb/86Sr										
	87Sr/86Sr initial										
	238U/204Pb										
	235U/204Pb										
	232Th/204Pb										
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)	56	56	56	56	56	83	83	83	83	83
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé										
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé										
	(87Sr/86Sr) initial recalculé										
	(Rb/Sr) initial recalculé										
	(Sm/Nd) measured recalculé										
	(143Nd/144Nd) initial recalculé										
	(Sm/Nd) initial recalculé										

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	534	510	526	556	560	561	563	564	565	566
	Geochemistry Reference	[69][47]	[71]	[71]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]
	Province	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	DSDP Leg 22, Site 214	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 756C	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D
	Sample Name	214-53-1(30-35) / s 22-214-53-130-35	s 121-758A-54R-2,73-76	s 121-758A-73R-3,50-54	s 121-756C-10N-1,32-36	s 121-756D-10R-1,99-103	s 121-756D-12R-3,139-143	s 121-756D-4R-1,85-89	s 121-756D-6R-1,6-10	s 121-756D-6R-2,13-17	s 121-756D-6R-2,9-13
	Rock Type	Basalt, Pyroxene / Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-11.337	5.384	5.384	-27.354	-27.355	-27.355	-27.355	-27.355	-27.355	-27.355
	Longitude	88.718	90.361	90.361	87.598	87.597	87.597	87.597	87.597	87.597	87.597
	Age Correction (Ma)	59	83	83	45	45	45	45	45	45	45
	Age reference	[81]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]
	Sm (ppm)		2.1	2.4	4.7	3.9	4.2	5.1	5.4	4.2	4.0
	Nd (ppm)		6.3	8.8	17.2	13.5	13.4	16.8	18.7	14.0	12.9
	Rb (ppm)	3.6	0.9	0.4	6.5	16.0	1.9	15.0	19.0	1.1	33.0
	Sr (ppm)	220.0	148.0	115.0	188.0	156.0	163.0	181.0	166.0	174.0	171.0
	U (ppm)	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	Pb (ppm)	0.3	0.6	0.3	0.6	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4
	Th (ppm)		0.3	0.4	1.1	0.7	0.7	1.3	1.7	0.7	0.7
	143Nd/144Nd measured	0.512896	0.512880		0.512902	0.512890	0.512850	0.512902	0.512893		0.512886
	87Sr/86Sr measured	0.704070	0.704880	0.704830	0.703868	0.703891	0.703813	0.703899	0.703895	0.703890	0.703899
	206Pb/204Pb measured	18.320	18.627	18.547	18.670	18.692	18.663	18.692	18.663	18.696	18.701
	207Pb/204Pb measured	15.580	15.582	15.588	15.548	15.548	15.544	15.546	15.544	15.551	15.552
	208Pb/204Pb measured	38.440	38.790	38.880	38.979	38.994	38.942	38.968	38.964	39.028	39.045
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd		0.202	0.145	0.164	0.174	0.189	0.184	0.175	0.159	0.186
	143Nd/144Nd initial		**0.512771**		**0.512854**	**0.512839**	**0.512794**	**0.512848**	**0.512842**		**0.512831**
	87Rb/86Sr	0.047	0.018	0.010	0.100	0.297	0.034	0.240	0.331	0.018	0.558
	87Sr/86Sr initial	**0.704031**	**0.704859**	**0.704818**	**0.703804**	**0.703701**	**0.703791**	**0.703746**	**0.703683**	**0.703878**	**0.703542**
	238U/204Pb	8.91	12.59	20.37	10.70	17.62	13.57	11.27	12.62	15.37	13.87
	235U/204Pb	0.07	0.09	0.15	0.08	0.13	0.10	0.08	0.09	0.11	0.10
	232Th/204Pb	0.00	33.12	66.98	126.02	50.08	56.11	154.92	277.10	123.52	113.10
	206Pb/204Pb initial	18.238	18.463	18.282	18.595	18.569	18.567	18.613	18.574	18.588	18.604
	207Pb/204Pb initial	15.576	15.574	15.575	15.544	15.542	15.540	15.542	15.540	15.545	15.548
	208Pb/204Pb initial	38.440	38.654	38.604	38.698	38.882	38.817	38.623	38.346	38.753	38.793
RECALCULE A L'Age Bibliо	Age ref. (L.Ponthus)	59	83	83	45	45	45	45	45	45	45
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.047	0.018	0.010	0.100	0.297	0.034	0.240	0.331	0.018	0.558
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704031**	**0.704859**	**0.704818**	**0.703804**	**0.703701**	**0.703791**	**0.703746**	**0.703683**	**0.703878**	**0.703542**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.047	0.018	0.010	0.100	0.297	0.034	0.240	0.331	0.018	0.559
	(Sm/Nd) measured recalculé		0.202	0.145	0.164	0.174	0.190	0.184	0.175	0.159	0.186
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512771**		**0.512854**	**0.512839**	**0.512794**	**0.512848**	**0.512842**		**0.512831**
	(Sm/Nd) initial recalculé		0.202	0.145	0.164	0.174	0.190	0.184	0.175	0.159	0.186
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.047	0.018	0.010	0.100	0.297	0.034	0.240	0.331	0.018	0.558
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704061**	**0.704877**	**0.704828**	**0.703848**	**0.703832**	**0.703806**	**0.703851**	**0.703829**	**0.703886**	**0.703788**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.047	0.018	0.010	0.100	0.297	0.034	0.240	0.331	0.018	0.558
	(Sm/Nd) measured recalculé		0.202		0.164	0.174	0.190	0.184	0.175		0.186
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512862**		**0.512887**	**0.512874**	**0.512833**	**0.512885**	**0.512877**		**0.512869**
	(Sm/Nd) initial recalculé		0.202		0.164	0.174	0.190	0.184	0.175		0.186

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	567	568	540	541	542	543	544	545	546	547
	Geochemistry Reference	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]
	Province	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 756D	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C
	Sample Name	s 121-756D-7R-1,100-104	s 121-756D-8R-1,20-23	s 121-757C-10R-2,86-90	s 121-757C-10R-3,2-6	s 121-757C-11R-2,10-14	s 121-757C-11R-2,51-56	s 121-757C-12R-1,100-104	s 121-757C-12R-2,0-5	s 121-757C-12R-4,24-29	s 121-757C-9R-1,105-109
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-27.355	-27.355	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023
	Longitude	87.597	87.597	88.03	88.03	88.03	88.03	88.03	88.03	88.03	88.03
	Age Correction (Ma)	45	45	56	56	56	56	56	56	56	56
	Age reference	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]
	Sm (ppm)	4.7	3.9	1.1	1.6	1.8	1.7	3.8	3.7	1.3	1.6
	Nd (ppm)	16.8	14.5	4.0	5.9	6.1	6.0	14.4	14.3	16.0	5.7
	Rb (ppm)	2.9	13.0	17.0	17.0	19.0	20.0	7.8	20.0	14.0	1.4
	Sr (ppm)	200.0	153.0	247.0	559.0	324.0	292.0	164.0	160.0	150.0	176.0
	U (ppm)	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	0.0
	Pb (ppm)	0.8	0.9	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4	0.8	1.4	0.1
	Th (ppm)	1.0	0.8	0.1	0.3	0.4	0.3	1.5	1.5	1.9	0.3
	143Nd/144Nd measured	0.512878	0.512820	0.512802	0.512799	0.512808	0.512811	0.512818	0.512822	0.512810	0.512799
	87Sr/86Sr measured	0.703951	0.704379	0.704707	0.705775	0.704776	0.705589	0.704427	0.704518	0.704886	0.704396
	206Pb/204Pb measured	18.686	18.723	18.795	19.184	18.758	18.910	18.826	18.755	18.810	18.699
	207Pb/204Pb measured	15.554	15.576	15.592	15.612	15.590	15.591	15.577	15.571	15.574	15.580
	208Pb/204Pb measured	38.993	39.243	38.982	39.111	39.016	39.022	39.071	39.047	39.196	38.950
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.168	0.164	0.166	0.164	0.178	0.171	0.160	0.156	0.049	0.170
	143Nd/144Nd initial	**0.512829**	**0.512772**	**0.512741**	**0.512739**	**0.512743**	**0.512748**	**0.512760**	**0.512765**	**0.512792**	**0.512737**
	87Rb/86Sr	0.042	0.246	0.199	0.088	0.170	0.198	0.138	0.362	0.270	0.023
	87Sr/86Sr initial	**0.703924**	**0.704222**	**0.704549**	**0.705705**	**0.704641**	**0.705431**	**0.704318**	**0.704230**	**0.704671**	**0.704378**
	238U/204Pb	30.00	15.00	24.85	28.56	24.53	24.81	51.37	36.04	22.09	18.04
	235U/204Pb	0.22	0.11	0.18	0.21	0.18	0.18	0.38	0.26	0.16	0.13
	232Th/204Pb	82.38	52.84	21.01	56.76	46.69	48.42	270.71	122.48	91.78	153.81
	206Pb/204Pb initial	18.475	18.618	18.577	18.934	18.544	18.693	18.377	18.440	18.617	18.541
	207Pb/204Pb initial	15.544	15.571	15.582	15.600	15.580	15.580	15.556	15.556	15.565	15.573
	208Pb/204Pb initial	38.809	39.125	38.924	38.953	38.886	38.888	38.320	38.707	38.942	38.523
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	45	56	56	56	56	56	56	56	56	56
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.042	0.246	0.199	0.088	0.170	0.198	0.138	0.362	0.270	0.023
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.703924**	**0.704222**	**0.704549**	**0.705705**	**0.704641**	**0.705431**	**0.704318**	**0.704230**	**0.704671**	**0.704378**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.042	0.246	0.199	0.088	0.170	0.198	0.138	0.362	0.270	0.023
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.168	0.164	0.166	0.164	0.178	0.171	0.160	0.156	0.049	0.170
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512829**	**0.512772**	**0.512741**	**0.512739**	**0.512743**	**0.512748**	**0.512760**	**0.512765**	**0.512792**	**0.512737**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.168	0.164	0.166	0.164	0.179	0.171	0.160	0.157	0.049	0.170
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.042	0.246	0.199	0.088	0.170	0.198	0.138	0.362	0.270	0.023
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.703943**	**0.704330**	**0.704667**	**0.705758**	**0.704742**	**0.705550**	**0.704400**	**0.704446**	**0.704832**	**0.704391**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.042	0.246	0.199	0.088	0.170	0.198	0.138	0.362	0.270	0.023
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.168	0.164	0.166	0.164	0.178	0.171	0.160	0.156	0.049	0.170
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512863**	**0.512805**	**0.512787**	**0.512784**	**0.512792**	**0.512795**	**0.512803**	**0.512808**	**0.512806**	**0.512783**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.168	0.164	0.166	0.164	0.178	0.171	0.160	0.157	0.049	0.170

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	548	549	550	551	511	512	513	514	515	516
	Geochemistry Reference	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]
	Province	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 757C	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A
	Sample Name	s 121-757C-9R-5,34-38	s 121-757C-9R-6,102-105	s 121-757C-9R-7,78-82	s 121-757C-9R-8,54-59	s 121-758A-55R-5,82-86	s 121-758A-56R-1,64-68	s 121-758A-58R-6,21-25	s 121-758A-59R-2,58-62	s 121-758A-60R-1,122-126	s 121-758A-62R-1,130-134
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	-17.023	-17.023	-17.023	-17.023	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384
	Longitude	88.03	88.03	88.03	88.03	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361
	Age Correction (Ma)	56	56	56	56	83	83	83	83	83	83
	Age reference	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]
	Sm (ppm)	1.4	1.7	1.5	1.4	1.8	2.1	4.2	2.4	2.6	1.7
	Nd (ppm)	5.2	4.6	5.3	5.1	4.7	5.0	14.2	7.6	9.0	5.5
	Rb (ppm)	11.0	35.0	18.0	22.0	0.4	1.4	1.1	2.2	0.6	0.9
	Sr (ppm)	313.0	215.0	181.0	184.0	122.0	127.0	143.0	127.0	131.0	139.0
	U (ppm)	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1
	Pb (ppm)	0.4	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.5	0.2	0.3	0.6
	Th (ppm)	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.7	0.3	0.4	0.2
	143Nd/144Nd measured	0.512792		0.512794	0.512788	0.512888	0.512876	0.512910	0.512854	0.512857	
	87Sr/86Sr measured	0.704525	0.704654	0.704501	0.704653	0.704405	0.704416	0.704426	0.704425	0.704482	0.704475
	206Pb/204Pb measured	18.775	18.721	18.716	18.694	18.488	18.469	18.326	18.331	18.686	18.642
	207Pb/204Pb measured	15.597	15.580	15.581	15.579	15.542	15.547	15.569	15.569	15.585	15.571
	208Pb/204Pb measured	38.992	38.918	38.950	38.930	38.729	38.695	38.618	38.627	38.966	38.932
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.163	0.196	0.171	0.166	0.232	0.254	0.179	0.191	0.175	0.164
	143Nd/144Nd initial	**0.512732**		**0.512731**	**0.512727**	**0.512762**	**0.512738**	**0.512813**	**0.512750**	**0.512762**	
	87Rb/86Sr	0.102	0.471	0.288	0.346	0.009	0.032	0.022	0.050	0.013	0.019
	87Sr/86Sr initial	**0.704444**	**0.704279**	**0.704272**	**0.704378**	**0.704394**	**0.704378**	**0.704400**	**0.704366**	**0.704466**	**0.704453**
	238U/204Pb	22.23	19.06	24.93	20.42	33.79	23.89	20.06	12.51	27.63	9.01
	235U/204Pb	0.16	0.14	0.18	0.15	0.25	0.18	0.15	0.09	0.20	0.07
	232Th/204Pb	42.40	34.47	73.85	46.04	94.79	70.97	89.01	93.72	87.69	26.77
	206Pb/204Pb initial	18.580	18.555	18.497	18.515	18.049	18.159	18.066	18.168	18.327	18.525
	207Pb/204Pb initial	15.587	15.572	15.571	15.570	15.521	15.532	15.556	15.561	15.568	15.565
	208Pb/204Pb initial	38.874	38.822	38.745	38.802	38.380	38.402	38.252	38.241	38.605	38.822
RECALCULE A L'Age Biblio	Age ref. (L.Ponthus)	56	56	56	56	83	83	83	83	83	83
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.102	0.471	0.288	0.346	0.009	0.032	0.022	0.050	0.013	0.019
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704444**	**0.704279**	**0.704272**	**0.704378**	**0.704394**	**0.704378**	**0.704400**	**0.704366**	**0.704466**	**0.704453**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.102	0.471	0.288	0.346	0.009	0.032	0.022	0.050	0.013	0.019
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.163	0.196	0.171	0.166	0.232	0.254	0.179	0.191	0.175	0.164
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512732**		**0.512731**	**0.512727**	**0.512762**	**0.512738**	**0.512813**	**0.512750**	**0.512762**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.163	0.196	0.171	0.166	0.232	0.254	0.179	0.191	0.175	0.164
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.102	0.471	0.288	0.346	0.009	0.032	0.022	0.050	0.013	0.019
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704505**	**0.704560**	**0.704444**	**0.704584**	**0.704403**	**0.704410**	**0.704422**	**0.704415**	**0.704479**	**0.704471**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.102	0.471	0.288	0.346	0.009	0.032	0.022	0.050	0.013	0.019
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.163		0.171	0.166	0.232	0.254	0.179	0.191	0.175	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512777**		**0.512778**	**0.512773**	**0.512867**	**0.512853**	**0.512894**	**0.512837**	**0.512841**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.163		0.171	0.166	0.232	0.254	0.179	0.191	0.175	

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	517	518	519	520	521	522	523	524	525	527
	Geochemistry Reference	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]	[71][61]
	Province	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge	Ninetyeast Ridge
	Location	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A	ODP Leg 121, Site 758A
	Sample Name	s 121-758A-62R-3,80-84	s 121-758A-65R-1,51-55	s 121-758A-67R-4,31-35	s 121-758A-69R-3,53-57	s 121-758A-70R-1,71-75	s 121-758A-70R-2,129-130	s 121-758A-71R-1,127-131	s 121-758A-71R-3,64-68	s 121-758A-73R-1,82-86	s 121-758A-73R-4,105-109
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384	5.384
	Longitude	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361	90.361
	Age Correction (Ma)	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	Age reference	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]	[80]
	Sm (ppm)	3.4	2.6	10.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.3	2.3	2.5
	Nd (ppm)	10.9	9.0	0.2	8.3	8.3	7.8	7.9	7.3	7.0	8.3
	Rb (ppm)	0.7	0.4	0.2	0.7	0.1	0.5	0.8	0.1	0.0	1.5
	Sr (ppm)	157.0	157.0	144.0	114.0	140.0	125.0	130.0	122.0	121.0	113.0
	U (ppm)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Pb (ppm)	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	1.5
	Th (ppm)	0.3	0.3	2.7	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
	143Nd/144Nd measured	0.512865	0.512871	0.512870	0.512871		0.512770	0.512867	0.512886	0.512886	0.512876
	87Sr/86Sr measured	0.704502	0.704425	0.704440	0.704390	0.704425	0.704351	0.704345	0.704335	0.704318	0.704343
	206Pb/204Pb measured	18.633	18.580	18.497	18.575	18.526	18.482	18.524	18.495	18.520	18.594
	207Pb/204Pb measured	15.573	15.564	15.554	15.560	15.562	15.565	15.572	15.566	15.563	15.559
	208Pb/204Pb measured	38.894	38.871	38.799	38.802	38.836	38.794	38.811	38.853	38.779	38.806
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.189	0.175	33.094	0.175	0.147	0.171	0.161	0.190	0.199	0.182
	143Nd/144Nd initial	**0.512763**	**0.512776**	**0.494901**	**0.512776**		**0.512677**	**0.512780**	**0.512783**	**0.512778**	**0.512777**
	87Rb/86Sr	0.013	0.007	0.004	0.018	0.002	0.012	0.018	0.002	0.000	0.038
	87Sr/86Sr initial	**0.704487**	**0.704416**	**0.704435**	**0.704369**	**0.704423**	**0.704337**	**0.704324**	**0.704332**	**0.704318**	**0.704298**
	238U/204Pb	24.72	25.19	10.89	29.95	18.41	22.84	23.05	18.69	16.07	4.74
	235U/204Pb	0.18	0.18	0.08	0.22	0.14	0.17	0.17	0.14	0.12	0.03
	232Th/204Pb	34.48	71.57	233.70	86.66	34.87	49.17	58.47	57.95	61.91	11.58
	206Pb/204Pb initial	18.312	18.253	18.355	18.186	18.287	18.185	18.225	18.252	18.311	18.533
	207Pb/204Pb initial	15.557	15.548	15.547	15.541	15.550	15.551	15.558	15.554	15.553	15.556
	208Pb/204Pb initial	38.752	38.577	37.837	38.445	38.692	38.591	38.571	38.614	38.524	38.759
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.013	0.007	0.004	0.018	0.002	0.012	0.018	0.002	0.000	0.038
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704487**	**0.704416**	**0.704435**	**0.704369**	**0.704423**	**0.704337**	**0.704324**	**0.704332**	**0.704318**	**0.704298**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.013	0.007	0.004	0.018	0.002	0.012	0.018	0.002	0.000	0.038
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.189	0.175	33.106	0.175	0.147	0.171	0.161	0.191	0.199	0.182
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512763**	**0.512776**		**0.512776**		**0.512677**	**0.512780**	**0.512783**	**0.512778**	**0.512777**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.189	0.175	33.124	0.175	0.147	0.171	0.161	0.191	0.199	0.182
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.013	0.007	0.004	0.018	0.002	0.012	0.018	0.002	0.000	0.038
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.704499**	**0.704424**	**0.704439**	**0.704386**	**0.704425**	**0.704349**	**0.704341**	**0.704335**	**0.704318**	**0.704335**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.013	0.007	0.004	0.018	0.002	0.012	0.018	0.002	0.000	0.038
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.189	0.175	33.106	0.175		0.171	0.161	0.191	0.199	0.182
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512848**	**0.512855**	**0.509839**	**0.512855**		**0.512754**	**0.512852**	**0.512869**	**0.512868**	**0.512859**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.189	0.175	33.109	0.175		0.171	0.161	0.191	0.199	0.182

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604
	Geochemistry Reference	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]
	Province	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps
	Location	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps
	Sample Name	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5	CH-6	CH-7	CH-7A	CH-8	CH-8A
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
	Latitude	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
	Longitude	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1
	Age Correction (Ma)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	Age reference	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]
	Sm (ppm)	4.1	4.5	4.3	7.6	3.3	5.0	5.6	5.5	2.3	2.4
	Nd (ppm)	13.6	14.6	13.9	34.0	10.3	15.7	17.3	16.8	7.5	8.0
	Rb (ppm)	5.1	2.9	1.3	12.2	0.4	3.3	0.7	3.1	5.5	2.5
	Sr (ppm)	334.0	261.0	196.0	470.0	243.0	242.0	228.0	224.0	214.0	229.0
	U (ppm)	0.2	0.2	0.1	0.7	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
	Pb (ppm)	1.2	2.4	1.7	7.8	1.2	1.4	2.0	2.1	0.6	1.2
	Th (ppm)	0.9	1.3	0.9	4.9	0.7	1.0	1.1	1.1	0.5	0.6
	143Nd/144Nd measured	0.512790	0.512560	0.512690	0.512320	0.512740	0.512470	0.512680	0.512810	0.512780	0.512770
	87Sr/86Sr measured	0.706670	0.706300	0.704790	0.709770	0.704570	0.704900	0.704510	0.704270	0.704610	0.704590
	206Pb/204Pb measured	18.350	17.977	17.709	18.048	18.057	17.910	17.907	17.896	18.288	17.803
	207Pb/204Pb measured	15.595	15.629	15.612	15.709	15.562	15.578	15.541	15.555	15.575	15.561
	208Pb/204Pb measured	38.744	38.735	38.197	39.359	38.121	38.362	38.194	38.345	38.683	37.965
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.182	0.186	0.188	0.135	0.193	0.191	0.196	0.198	0.182	0.184
	143Nd/144Nd initial	**0.512650**	**0.512416**	**0.512545**	**0.512216**	**0.512591**					
	87Rb/86Sr	0.044	0.032	0.019	0.075	0.005	0.040	0.008	0.040	0.074	0.032
	87Sr/86Sr initial				**0.709644**	**0.704561**	**0.704833**	**0.704496**	**0.704204**	**0.704485**	**0.704537**
	238U/204Pb	9.33	4.16	4.61	5.57	7.73	6.15	4.94	6.28	10.75	6.10
	235U/204Pb	0.07	0.03	0.03	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.08	0.04
	232Th/204Pb	47.65	33.58	32.61	40.46	37.83	34.80	34.62	34.62	53.54	29.95
	206Pb/204Pb initial	18.177	17.900	17.624	17.945	17.914	17.796	17.815	17.780	18.089	17.678
	207Pb/204Pb initial	15.587	15.625	15.608	15.704	15.555	15.572	15.537	15.549	15.565	15.555
	208Pb/204Pb initial	38.465	38.538	38.006	39.122	37.899	38.091	37.990	38.142	38.370	37.772
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.044	0.032	0.019	0.075	0.005	0.040	0.008	0.040	0.074	0.032
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.706596**	**0.706247**	**0.704758**	**0.709644**	**0.704561**	**0.704833**	**0.704496**	**0.704204**	**0.704485**	**0.704537**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.044	0.032	0.019	0.075	0.005	0.040	0.008	0.040	0.074	0.032
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.182	0.186	0.188	0.135	0.193	0.191	0.196	0.198	0.182	0.184
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512650**	**0.512416**	**0.512545**	**0.512216**	**0.512591**	**0.512322**	**0.512529**	**0.512657**	**0.512639**	**0.512628**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.182	0.187	0.189	0.135	0.193	0.192	0.196	0.198	0.182	0.184
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.044	0.032	0.019	0.075	0.005	0.040	0.008	0.040	0.074	0.032
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.706661**	**0.706294**	**0.704786**	**0.709755**	**0.704569**	**0.704892**	**0.704508**	**0.704262**	**0.704595**	**0.704584**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.044	0.032	0.019	0.075	0.005	0.040	0.008	0.040	0.074	0.032
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.182	0.186	0.188	0.135	0.193	0.191	0.196	0.198	0.182	0.184
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512773**	**0.512543**	**0.512673**	**0.512308**	**0.512722**	**0.512452**	**0.512662**	**0.512792**	**0.512763**	**0.512753**
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.182	0.186	0.188	0.135	0.193	0.191	0.196	0.198	0.182	0.184

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	605	606	607	608	609	610	611	612	572	573
	Geochemistry Reference	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[12]	[16]	[16]
	Province	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps
	Location	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Sylhet Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps
	Sample Name	CH-9	CH-10	CH-11	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5	s 2-9-3	s 1-19-1
	Rock Type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Dolerite
	Latitude	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	24.25	24.25
	Longitude	92.1	92.1	92.1	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	87.33	87.33
	Age Correction (Ma)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	Age reference	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]
	Sm (ppm)	2.2	5.6	4.9	4.8	8.0	5.3	9.5	5.5	5.3	3.9
	Nd (ppm)	6.9	18.4	15.6	13.2	33.2	19.9	42.7	20.5	22.8	12.6
	Rb (ppm)	3.1	2.9	8.1	9.5	37.5	32.2	35.7	29.5	30.0	22.0
	Sr (ppm)	103.0	205.0	254.0	266.0	258.0	252.0	344.0	281.0	331.0	316.0
	U (ppm)	0.1	0.3	0.1	0.2	0.7	0.3	0.8	0.3		
	Pb (ppm)	0.9	1.9	1.7	3.2	11.7	5.6	6.5	5.5		
	Th (ppm)	0.4	1.4	0.9	1.1	7.4	3.1	4.8	3.2	2.0	1.0
	143Nd/144Nd measured	0.512670	0.512790	0.512740	0.512220	0.512240	0.512220	0.512340	0.512240	0.512344	0.512637
	87Sr/86Sr measured	0.705740	0.704540	0.705300	0.707150	0.713640	0.709980	0.706940	0.715510	0.707640	0.708330
	206Pb/204Pb measured	18.101	18.280	17.890	17.634	18.153	17.957	17.915	17.944	17.960	18.030
	207Pb/204Pb measured	15.577	15.570	15.587	15.498	15.699	15.667	15.518	15.675	15.630	15.600
	208Pb/204Pb measured	38.790	38.807	38.353	38.285	39.243	39.190	38.243	39.172	38.970	38.480
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.193	0.185	0.188	0.221	0.146	0.161	0.134	0.161	0.141	0.187
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**	**0.512521**	**0.512647**		**0.512049**	**0.512127**	**0.512096**	**0.512236**	**0.512116**	**0.512235**	**0.512493**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr	0.087	0.040	0.092	0.104	0.421	0.370	0.300	0.304	0.262	0.201
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**	**0.705595**	**0.704472**	**0.705146**	**0.706976**	**0.712934**	**0.709360**	**0.706436**	**0.715000**	**0.707200**	**0.707992**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb	5.49	9.38	4.01	3.80	3.93	3.50	7.88	3.57		
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb	0.04	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03		
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb	29.81	48.47	35.40	21.22	40.92	36.18	47.40	37.85		
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial	17.989	18.088	17.808	17.556	18.073	17.886	17.754	17.871		
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial	15.571	15.561	15.583	15.494	15.695	15.663	15.510	15.671		
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial	38.598	38.494	38.125	38.148	38.979	38.957	37.937	38.928		
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé	0.087	0.040	0.092	0.104	0.421	0.370	0.300	0.304	0.262	0.201
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705595**	**0.704472**	**0.705146**	**0.706976**	**0.712934**	**0.709360**	**0.706436**	**0.715000**	**0.707200**	**0.707992**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé	0.087	0.041	0.092	0.104	0.421	0.370	0.301	0.304	0.263	0.202
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé	0.193	0.185	0.188	0.221	0.146	0.161	0.135	0.161	0.141	0.187
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512521**	**0.512647**	**0.512595**	**0.512049**	**0.512127**	**0.512096**	**0.512236**	**0.512116**	**0.512235**	**0.512493**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé	0.193	0.186	0.189	0.221	0.146	0.161	0.135	0.161	0.141	0.187
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé	0.087	0.040	0.092	0.104	0.421	0.370	0.300	0.304	0.262	0.201
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**	**0.705723**	**0.704532**	**0.705282**	**0.707129**	**0.713556**	**0.709906**	**0.706880**	**0.715450**	**0.707588**	**0.708290**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé	0.087	0.041	0.092	0.104	0.421	0.370	0.300	0.304	0.262	0.201
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé	0.193	0.185	0.188	0.221	0.146	0.161	0.135	0.161	0.141	0.187
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**	**0.512652**	**0.512773**	**0.512723**	**0.512200**	**0.512227**	**0.512205**	**0.512328**	**0.512225**	**0.512331**	**0.512620**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé	0.193	0.185	0.188	0.221	0.146	0.161	0.135	0.161	0.141	0.187

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583
	Geochemistry Reference	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]
	Province	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps
	Location	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps
	Sample Name	s 1-19-1_LEACHED	s SALMA	s 2-7-7B	s 2-7-4A	s 2-7-1	s 2-7-2	s 2-7-3	s 2-7-5	s 2-7-7A	s 2-7-4
	Rock Type	Dolerite	Dolerite	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt
	Latitude	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25
	Longitude	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33
	Age Correction (Ma)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	Age reference	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]
	Sm (ppm)		6.5	5.6	5.5	5.6	5.3	4.1	4.5	3.8	3.7
	Nd (ppm)		25.6	22.9	22.4	22.5	21.6	15.9	17.3	15.0	14.7
	Rb (ppm)		15.0	35.0	33.0	29.0	30.0	14.0	21.0	7.8	5.7
	Sr (ppm)		205.0	331.0	328.0	358.0	339.0	337.0	359.0	387.3	390.6
	U (ppm)										
	Pb (ppm)										
	Th (ppm)		1.0	4.0	2.0	4.0	5.0	2.0	1.0	1.6	2.0
	143Nd/144Nd measured		0.512672	0.512305	0.512311	0.512316	0.512365	0.512396	0.512484	0.512518	0.512527
	87Sr/86Sr measured	0.708210	0.705010	0.707990	0.707930	0.708310	0.707730	0.706580	0.705410	0.705090	0.705050
	206Pb/204Pb measured		17.180	17.970	17.980	17.990	17.970		17.990	18.020	18.030
	207Pb/204Pb measured		15.390	15.640	15.640	15.650	15.630		15.580	15.590	15.590
	208Pb/204Pb measured		37.760	39.020	39.030	39.070	38.980		38.630	38.510	38.550
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd		0.154	0.149	0.147	0.149	0.148	0.154	0.156	0.153	0.152
CALCUL OLIEROOK 2017	**143Nd/144Nd initial**		**0.512553**	**0.512190**	**0.512197**	**0.512201**	**0.512251**	**0.512277**	**0.512364**	**0.512400**	**0.512410**
CALCUL OLIEROOK 2017	87Rb/86Sr		0.212	0.306	0.291	0.234	0.256	0.120	0.169	0.058	0.042
CALCUL OLIEROOK 2017	**87Sr/86Sr initial**		**0.704655**	**0.707477**	**0.707442**	**0.707917**	**0.707301**	**0.706378**	**0.705126**	**0.704992**	**0.704979**
CALCUL OLIEROOK 2017	238U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	235U/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	232Th/204Pb										
CALCUL OLIEROOK 2017	206Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	207Pb/204Pb initial										
CALCUL OLIEROOK 2017	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibbio	Age ref. (L.Ponthus)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) measured recalculé		0.212	0.306	0.291	0.234	0.256	0.120	0.169	0.058	0.042
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**		**0.704655**	**0.707477**	**0.707442**	**0.707917**	**0.707301**	**0.706378**	**0.705126**	**0.704992**	**0.704979**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Rb/Sr) initial recalculé		0.212	0.306	0.292	0.235	0.256	0.120	0.169	0.058	0.042
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) measured recalculé		0.154	0.149	0.147	0.149	0.148	0.154	0.156	0.153	0.152
RECALCULE A L'Age Bibbio	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**		**0.512553**	**0.512190**	**0.512197**	**0.512201**	**0.512250**	**0.512277**	**0.512364**	**0.512400**	**0.512410**
RECALCULE A L'Age Bibbio	(Sm/Nd) initial recalculé		0.154	0.149	0.147	0.149	0.148	0.154	0.156	0.153	0.152
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) measured recalculé		0.212	0.306	0.291	0.234	0.256	0.120	0.169	0.058	0.042
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(87Sr/86Sr) initial recalculé**		**0.704968**	**0.707929**	**0.707872**	**0.708263**	**0.707679**	**0.706556**	**0.705376**	**0.705078**	**0.705042**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Rb/Sr) initial recalculé		0.212	0.306	0.291	0.234	0.256	0.120	0.169	0.058	0.042
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) measured recalculé		0.154	0.149	0.147	0.149	0.148	0.154	0.156	0.153	0.152
RECALCULE A L'Age 14 Ma	**(143Nd/144Nd) initial recalculé**		**0.512658**	**0.512291**	**0.512298**	**0.512302**	**0.512351**	**0.512382**	**0.512470**	**0.512504**	**0.512513**
RECALCULE A L'Age 14 Ma	(Sm/Nd) initial recalculé		0.154	0.149	0.147	0.149	0.148	0.154	0.156	0.153	0.152

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	584	586	589	591	592	585	587	588	590	593
	Geochemistry Reference	[16]	[16]	[16]	[16]	[16]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
	Province	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps
	Location	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps	Rajmahal Traps
	Sample Name	s 1-31-4	s 1-30-5	s 1-13-1	s 2-26-7 / s 1-26-7	s 1-12-1	s DEBAGRAM	s GALSI	s JALANGI	s NADIA	s B-1038
	Rock Type	Trachyandesite	Basalt	Tholeiite / Basalt	Tholeiite / Basalt	Dolerite	Basalt, Alkaline / Basalt	Basalt, Alkaline / Basalt	Tholeiite, Olivine / Basalt	Tholeiite, Quartz / Basalt	Tholeiite, Quartz
	Latitude	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	23.68	23.45	24.07	23.33	23
	Longitude	87.33	87.33	87.33	87.33	87.33	88.3	87.65	88.63	88.5	88
	Age Correction (Ma)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	Age reference	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]	[4][18]
	Sm (ppm)	8.2	4.0	4.6	4.3	4.8	12.7	13.2	3.9	7.2	4.9
	Nd (ppm)	36.3	12.9	17.6	14.3	18.2	54.0	59.8	13.5	25.8	15.0
	Rb (ppm)	97.0	3.0	17.3	5.6	16.0	33.0	40.0	2.1	0.7	2.2
	Sr (ppm)	704.0	233.0	372.9	237.4	373.0	970.0	1100.0	355.0	280.0	260.0
	U (ppm)						0.6	0.7	0.1	0.4	0.1
	Pb (ppm)						8.1	8.7	2.9	3.9	3.7
	Th (ppm)	5.0	3.0	1.5	0.0	1.0	2.8	3.2	0.5	2.2	0.9
	143Nd/144Nd measured	0.512252	0.512735	0.512599	0.512727	0.512591					
	87Sr/86Sr measured	0.709770	0.704140	0.708620	0.704140	0.705200	0.704390	0.705440	0.708280	0.705430	0.706060
	206Pb/204Pb measured	17.990	17.930	18.010	17.930	17.990					
	207Pb/204Pb measured	15.660	15.520	15.570	15.560	15.560					
	208Pb/204Pb measured	39.140	38.140	38.200	38.120	38.150					
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.137	0.187	0.159	0.182	0.159	0.125	0.117	0.154	0.148	0.174
	143Nd/144Nd initial	**0.512147**	**0.512590**	**0.512476**	**0.512586**	**0.512468**					
	87Rb/86Sr	0.399	0.037	0.134	0.068	0.124	0.098	0.105	0.017	0.007	0.024
	87Sr/86Sr initial	**0.709101**	**0.704078**	**0.708395**			**0.704225**	**0.705264**	**0.708251**		
	238U/204Pb						0.06	0.07	0.03	0.08	0.03
	235U/204Pb						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	232Th/204Pb						0.30	0.32	0.15	0.50	0.20
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.399	0.037	0.134	0.068	0.124	0.098	0.105	0.017	0.007	0.024
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.709101**	**0.704078**	**0.708395**	**0.704026**	**0.704992**	**0.704225**	**0.705264**	**0.708251**	**0.705418**	**0.706019**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.399	0.037	0.134	0.068	0.124	0.099	0.105	0.017	0.007	0.025
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.137	0.187	0.159	0.182	0.159	0.125	0.117	0.153	0.148	0.173
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512146**	**0.512590**	**0.512476**	**0.512586**	**0.512468**					
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.137	0.187	0.160	0.183	0.159	0.125	0.117	0.154	0.148	0.174
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.399	0.037	0.134	0.068	0.124	0.098	0.105	0.017	0.007	0.024
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.709691**	**0.704333**	**0.708593**	**0.704126**	**0.705175**	**0.704370**	**0.705419**	**0.708277**	**0.705429**	**0.706055**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.399	0.037	0.134	0.068	0.124	0.098	0.105	0.017	0.007	0.024
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.137	0.187	0.159	0.182	0.159					
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.512239**	**0.512718**	**0.512584**	**0.512710**	**0.512576**					
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.137	0.187	0.159	0.182	0.159					

	# (Olierook et al., 2017 - n.)	594	613	614	615	617	618	619	620	616	
	Geochemistry Reference	[2]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	
	Province	Rajmahal-Bengal-Sylhet Traps	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Wallaby Plateau	Antarctica
	Location	Rajmahal Traps	Cuvier Rise	Cuvier Rise	Sonne Ridge	Sonne Ridge Seamount	Sonne Ridge Seamount	Sonne Ridge Seamount	Sonne Ridge Seamount	Zenith Fracture Zone Scarp	Gaussberg volcano
	Sample Name	s A-538	55BS004A	55BS004B	57DR051A	56DR049B1	56DR049B2	56GR28E1	56GR28E2	61DR053D	465
	Rock Type	Tholeiite, Quartz / Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Trachybasalt	Trachybasalt	Trachybasalt	Trachybasalt	Trachybasalt	
	Latitude	23	-24.365	-24.365	-23.67205	-24.0188667	-24.0188667	-24.02643	-24.026	-25.5415333	
	Longitude	88	107.8172	107.8172	109.6871167	109.19885	109.19885	109.19897	109.19897	108.53405	
	Age Correction (Ma)	118	124	124	124	60	60	60	60	124	0.056
	Age reference	[4][18]	[23]	[23]	[23]	[23]	[23]	[23]	[23]	[23]	
	Sm (ppm)	5.1	2.0	2.2	4.8	10.6	10.6	6.8	5.2	4.4	15.77
	Nd (ppm)	14.5	9.0	7.9	15.9	45.2	44.5	27.6	18.3	14.6	122.9
	Rb (ppm)	9.3	19.0	21.0	16.5	17.4	11.4	27.5	12.9	9.4	331.6
	Sr (ppm)	225.0	124.0	115.0	103.0	307.0	358.0	360.0	228.0	118.0	1718.7
	U (ppm)	0.2	0.7	0.6	0.3	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	
	Pb (ppm)	1.9	3.1	3.6	3.5	1.0	5.2	1.5	1.4	2.0	
	Th (ppm)	0.9	2.4	2.3	2.1	1.2	1.6	1.5	1.0	1.7	
	143Nd/144Nd measured		0.512424	0.512424	0.512448	0.512656	0.512661	0.512676	0.512765	0.512641	0.511898
	87Sr/86Sr measured	0.703940	0.707166	0.707485	0.707414	0.705574	0.705194	0.704704	0.704561	0.706213	0.709712
	206Pb/204Pb measured										
	207Pb/204Pb measured										
	208Pb/204Pb measured										
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.187	0.134	0.168	0.183	0.142	0.144	0.149	0.172	0.182	0.0776
	143Nd/144Nd initial						**0.512604**	**0.512618**	**0.512698**		
	87Rb/86Sr	0.120	0.443	0.528	0.463	0.164	0.092	0.221	0.164	0.230	0.55842
	87Sr/86Sr initial						**0.705116**	**0.704516**	**0.704422**		
	238U/204Pb	0.09	0.19	0.14	0.08	0.46	0.10	0.29	0.22	0.15	
	235U/204Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	232Th/204Pb	0.42	0.68	0.56	0.52	1.06	0.26	0.84	0.66	0.74	
	206Pb/204Pb initial										
	207Pb/204Pb initial										
	208Pb/204Pb initial										
RECALCULE A L'Age Bibhio	Age ref. (L.Ponthus)	118	124	124	124	60	60	60	60	124	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.120	0.443	0.528	0.463	0.164	0.092	0.221	0.164	0.230	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.703740**	**0.706385**	**0.706554**	**0.706597**	**0.705434**	**0.705116**	**0.704516**	**0.704422**	**0.705806**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.120	0.444	0.529	0.464	0.164	0.092	0.221	0.164	0.231	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.187	0.134	0.168	0.183	0.142	0.144	0.149	0.172	0.182	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512315**	**0.512287**	**0.512299**	**0.512600**	**0.512604**	**0.512618**	**0.512698**	**0.512493**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.187	0.134	0.169	0.183	0.142	0.144	0.149	0.172	0.182	
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0.056
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.120	0.443	0.528	0.463	0.164	0.092	0.221	0.164	0.230	0.558
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.703916**	**0.707078**	**0.707380**	**0.707322**	**0.705541**	**0.705176**	**0.704660**	**0.704529**	**0.706167**	**0.709712**
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.120	0.443	0.528	0.464	0.164	0.092	0.221	0.164	0.230	0.558
	(Sm/Nd) measured recalculé		0.134	0.168	0.183	0.142	0.144	0.149	0.172	0.182	0.078
	(143Nd/144Nd) initial recalculé		**0.512411**	**0.512408**	**0.512431**	**0.512643**	**0.512648**	**0.512663**	**0.512749**	**0.512624**	**0.511898**
	(Sm/Nd) initial recalculé		0.134	0.168	0.183	0.142	0.144	0.149	0.172	0.182	0.078

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite)

	# (Olierook et al., 2017 - n.)							
	Geochemistry Reference							Loftus2011
	Province	Antarctica	Antarctica	Antarctica	Antarctica	Antarctica	Antarctica	Kerguelen Archipelago
	Location	Gaussberg volcano	Gaussberg volcano	Gaussberg volcano	Gaussberg volcano	Gaussberg volcano	Gaussberg volcano	Mount Ballons
	Sample Name	457	470	477	472	468	479	?
	Rock Type							?
	Latitude							
	Longitude							
	Age Correction (Ma)	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	12.955
	Age reference							Loftus2011
	Sm (ppm)	15.87	16.7	15.68	16.12	16.66	15.5	
	Nd (ppm)	121.5	127.1	122	121.7	100	109.4	
	Rb (ppm)	301.9	327.3	302.7	312.5	331.8	319	
	Sr (ppm)	1767.4	1686.5	1750.4	694.1	583.9	1689.7	
	U (ppm)							
	Pb (ppm)							
	Th (ppm)							
	143Nd/144Nd measured	0.511911	0.511867	0.511906	0.511937	0.511954	0.511913	
	87Sr/86Sr measured	0.709294	0.709718	0.709405	0.706915	0.709003	0.709816	
	206Pb/204Pb measured							
	207Pb/204Pb measured							
	208Pb/204Pb measured							
CALCUL OLIEROOK 2017	147Sm/144Nd	0.07893	0.07941	0.0777	0.08005	0.10073	0.0857	
	143Nd/144Nd initial							**0.512559**
	87Rb/86Sr	0.49433	0.56176	0.50053	1.30277	1.64456	0.54651	
	87Sr/86Sr initial							**0.705200**
	238U/204Pb							
	235U/204Pb							
	232Th/204Pb							
	206Pb/204Pb initial							
	207Pb/204Pb initial							
	208Pb/204Pb initial							
RECALCULE A L'Age Bibino	Age ref. (L.Ponthus)							
	(Rb/Sr) measured recalculé							
	(87Sr/86Sr) initial recalculé							
	(Rb/Sr) initial recalculé							
	(Sm/Nd) measured recalculé							
	(143Nd/144Nd) initial recalculé							
	(Sm/Nd) initial recalculé							
RECALCULE A L'Age 14 Ma	Age 14Ma (L.Ponthus)	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	
	(Rb/Sr) measured recalculé	0.494	0.562	0.500	1.303	1.644	0.546	
	(87Sr/86Sr) initial recalculé	**0.709294**	**0.709718**	**0.709405**	**0.706914**	**0.709002**	**0.709816**	
	(Rb/Sr) initial recalculé	0.494	0.562	0.500	1.303	1.644	0.546	
	(Sm/Nd) measured recalculé	0.079	0.079	0.078	0.080	0.101	0.086	
	(143Nd/144Nd) initial recalculé	**0.511911**	**0.511867**	**0.511906**	**0.511937**	**0.511954**	**0.511913**	
	(Sm/Nd) initial recalculé	0.079	0.079	0.078	0.080	0.101	0.086	

Annexe n°15: Compilation des données isotopiques (suite) - Olierook et al. 2017 Suppl. data - references

	Reference
[1]	ALIBERT C. ; 1991; MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF A BASALT FROM SITE 738: IMPLICATIONS FOR THE TECTONIC HISTORY OF THE SOUTHERNMOST PART OF THE KERGUELEN PLATEAU ; PROC. OCEAN DRILL. PROGRAM, SCIENT. RESULTS 119 293-298
[2]	BAKSI A. K. ; 1995; PETROGENESIS AND TIMING OF VOLCANISM IN THE RAJMAHAL FLOOD BASALT PROVINCE, NORTHEASTERN INDIA ; CHEM. GEOL. 121 73-90
[4]	COFFIN, M. F., PRINGLE, M. S., DUNCAN, R. A., GLADCZENKO, T. P., STOREY, M., MÜLLER, R. D., AND GAHAGAN, L. A., 2002, KERGUELEN HOTSPOT MAGMA OUTPUT SINCE 130 MA: JOURNAL OF PETROLOGY, V. 43, NO. 7, P. 1121-1139.
[5]	COLWELL J. B., SYMONDS P. A., CRAWFORD A. J. ; 1994; THE NATURE OF THE WALLABY (CUVIER) PLATEAU AND OTHER IGNEOUS PROVINCES OF THE WEST AUSTRALIAN MARGIN ; AGSO J. AUSTRALIAN GEOL. GEOPHYS. 15 137-156
[6]	DADD, K. A., KELLERSON, L., BORISSOVA, I., AND NELSON, G., 2015, MULTIPLE SOURCES FOR VOLCANIC ROCKS DREDGED FROM THE WESTERN AUSTRALIAN RIFTED MARGIN: MARINE GEOLOGY, V. 368, P. 42-57.
[7]	DAVIES H., SUN SHEN-SU, FREY F. A., GAUTIER I., MCCULLOCH M. T., PRICE R. C., BASSIAS Y., KLOOTWIJK C. T., LECLAIRE L. ; 1989; BASALT BASEMENT FROM THE KERGUELEN PLATEAU AND THE TRAIL OF A DUPAL PLUME ; CONTRIB. MINERAL. PETROL. 103 457-469
[8]	DOUCET S., SCOATES J. S., WEIS D., GIRET A. ; 2005; CONSTRAINING THE COMPONENTS OF THE KERGUELEN MANTLE PLUME: A HF-PB-SR-ND ISOTOPIC STUDY OF PICRITES AND HIGH-MGO BASALTS FROM THE KERGUELEN ARCHIPELAGO ; GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS GEOSYSTEMS 6 [2005]
[9]	DUNCAN, R. A., 2002, A TIME FRAME FOR CONSTRUCTION OF THE KERGUELEN PLATEAU AND BROKEN RIDGE: JOURNAL OF PETROLOGY, V. 43, NO. 7, P. 1109-1119.
[10]	FREY F. A., MCNAUGHTON N. J., NELSON D. R., DE LAETER J. R., DUNCAN R. A. ; 1996; THE PETROGENESIS OF THE BUNBURY BASALT, WESTERN AUSTRALIA: INTERACTION BETWEEN THE KERGUELEN PLUME AND GONDWANA LITHOSPHRE? ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 144 163-183
[11]	FREY F. A., WEIS D., BORISSOVA A. YU., XU GUANGPING ; 2002; INVOLVEMENT OF CONTINENTAL CRUST IN THE FORMATION OF THE CRETACEOUS KERGUELEN PLATEAU: NEW PERSPECTIVES FROM ODP LEG 120 SITES ; J. PETROL. 43 1207-1239
[12]	GHATAK, A., AND BASU, A. R., 2011, VESTIGES OF THE KERGUELEN PLUME IN THE SYLHET TRAPS, NORTHEASTERN INDIA: EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS, V. 308, NO. 1–2, P. 52-64.
[14]	INGLE S. P., WEIS D., FREY F. A. ; 2002; INDIAN CONTINENTAL CRUST RECOVERED FROM ELAN BANK, KERGUELEN PLATEAU (ODP LEG 183, SITE 1137) ; J. PETROL. 43 1241-1257
[15]	INGLE S. P., WEIS D., SCOATES J. S., FREY F. A. ; 2002; RELATIONSHIP BETWEEN THE EARLY KERGUELEN PLUME AND CONTINENTAL FLOOD BASALTS OF THE PALEO-EASTERN GONDWANAN MARGINS ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 197 35-50
[16]	KENT R. W., SAUNDERS A. D., KEMPTON P. D., GHOSE N. C. ; 1997; RAJMAHAL BASALTS, EASTERN INDIA: MANTLE SOURCES AND MELT DISTRIBUTION AT A VOLCANIC RIFT MARGIN| LARGE IGNEOUS PROVINCES (MAHONEY, J.J. , COFFIN, M. F.), AGU, WASHINGTON DC 145-182
[17]	KENT, R. W., PRINGLE, M. S., MÜLLER, R. D., SAUNDERS, A. D., AND GHOSE, N. C., 2002, 40AR/39AR GEOCHRONOLOGY OF THE RAJMAHAL BASALTS, INDIA, AND THEIR RELATIONSHIP TO THE KERGUELEN PLATEAU: JOURNAL OF PETROLOGY, V. 43, NO. 7, P. 1141-1153.
[19]	KIEFFER B., ARNDT N. T., WEIS D. ; 2002; A BIMODAL ALKALIC SHIELD VOLCANO ON SKIFF BANK: ITS PLACE IN THE EVOLUTION OF THE KERGUELEN PLATEAU ; J. PETROL. 43 1259-1286
[20]	MAHONEY J. J., JONES W. B., FREY F. A., SALTERS V. J. M., PYLE D. G., DAVIES H. L. ; 1995; GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LAVAS FROM BROKEN RIDGE, THE NATURALISTE PLATEAU AND SOUTHERNMOST KERGUELEN PLATEAU: CREATACEOUS PLATEAU VOLCANISM IN THE SOUTHEAST INDIAN OCEAN ; CHEM. GEOL. 120 315-345
[21]	NEAL C. R., MAHONEY J. J., CHAZEY W. J. III ; 2002; MANTLE SOURCES AND THE HIGHLY VARIABLE ROLE OF CONTINENTAL LITHOSPHERE IN BASALT PETROGENESIS OF THE KERGUELEN PLATEAU AND BROKEN RIDGE LIP: RESULTS FROM ODP LEG 183 ; J. PETROL. 43 1177-1205
[22]	OLIEROOK, H. K. H., JOURDAN, F., MERLE, R. E., TIMMS, N. E., KUSZNIR, N. J., AND MUHLING, J., 2016, BUNBURY BASALT: GONDWANA BREAKUP PRODUCTS OR EARLIEST VESTIGES OF THE KERGUELEN MANTLE PLUME?: EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS, V. 440, P. 20-32.
[23]	OLIEROOK, H. K. H., MERLE, R. E., JOURDAN, F., SIRCOMBE, K., FRASER, G., TIMMS, N. E., NELSON, G., DADD, K. A., KELLERSON, L., AND BORISSOVA, I., 2015, AGE AND GEOCHEMISTRY OF MAGMATISM ON THE OCEANIC WALLABY PLATEAU AND IMPLICATIONS FOR THE OPENING OF THE INDIAN OCEAN: GEOLOGY, V. 43, P. 971-974.
[24]	PYLE, D. G., CHRISTIE, D. M., MAHONEY, J. J., AND DUNCAN, R. A., 1995, GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY OF ANCIENT SOUTHEAST INDIAN OCEAN AND SOUTHWEST PACIFIC OCEAN SEAFLOOR: JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, V. B100, P. 22261-22282.
[25]	SALTERS V. J. M., STOREY M., SEVIGNY J. H., WHITECHURCH H. ; 1992; TRACE ELEMENT AND ISOTOPIC CHARACTERISTICS OF KERGUELEN-HEARD PLATEAU BASALTS ; PROC. OCEAN DRILL. PROGRAM, SCIENT. RESULTS 120 55-62
[27]	STOREY M., KENT R. W., SAUNDERS A. D., SALTERS V. J. M., HERGT J. M., WHITECHURCH H., SEVIGNY J. H., THIRLWALL M. F., LEAT P. T., GHOSE N. C., GIFFORD M. G. ; 1992; LOWER CRETACEOUS VOLCANIC ROCKS ALONG CONTINENTAL MARGINS AND THEIR RELATIONSHIP TO THE KERGUELEN PLATEAU ; PROC. OCEAN DRILL. PROGRAM, SCIENT. RESULTS 120 33-54
[28]	WEIS D., BASSIAS Y., GAUTIER I., MENNESSIER J. P. ; 1989; DUPAL ANOMALY IN EXISTENCE 115 MA AGO: EVIDENCE FROM ISOTOPE STUDY OF THE KERGUELEN PLATEAU (SOUTH INDIAN OCEAN) ; GEOCHIM. COSMOCHIM. ACTA 53 2125-2131
[29]	WEIS D., FREY F. A., SCHLICH R., SCHAMING M., MONTIGNY R., DAMASCENO D., MATTIELLI N., NICOLAYSEN K. P., SCOATES J. S. ; 2002; TRACE OF THE KERGUELEN MANTLE PLUME: EVIDENCE FROM SEAMOUNTS BETWEEN THE KERGUELEN ARCHIPELAGO AND HEARD ISLAND, INDIAN OCEAN ; GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS GEOSYSTEMS 3 [2002]
[30]	WEIS D., INGLE S. P., DAMASCENO D., FREY F. A., NICOLAYSEN K. P., BARLING J. ; 2001; ORIGIN OF CONTINENTAL COMPONENTS IN INDIAN OCEAN BASALTS: EVIDENCE FROM ELAN BANK (KERGUELEN PLATEAU, ODP LEG 183, SITE 1173) ; GEOLOGY 29 147-150
[31]	ZHU DI-CHENG, MO XUANXUE, PAN GUI-TANG, ZHAO ZHIDAN, DONG GUOCHEN, SHI YU-RUO, LIAO ZHONGLI, WANG LIQUAN, ZHOU CHANGYONG ; 2008; PETROGENESIS OF THE EARLIEST EARLY CRETACEOUS MAFIC ROCKS FROM THE CONA AREA OF THE EASTERN TETHYAN HIMALAYA IN SOUTH TIBET: INTERACTION BETWEEN THE INCUBATING KERGUELEN PLUME AND THE EASTERN GREATER INDIA LITHOSPHERE? ; LITHOS 100 147-173
[32]	ZHU DI-CHENG, PAN GUI-TANG, MO XUANXUE, LIAO ZHONGLI, JIANG XINSHENG, WANG LIQUAN, ZHAO ZHIDAN ; 2007; PETROGENESIS OF VOLCANIC ROCKS IN THE SANGXIU FORMATION, CENTRAL SEGMENT OF TETHYAN HIMALAYA: A PROBABLE EXAMPLE OF PLUME-LITHOSPHERE INTERACTION ; J. ASIAN EARTH SCI. 29 320-335
[33]	ZHU DI-CHENG, PAN GUI-TANG, MO XUANXUE, WANG LIQUAN, LIAO ZHONGLI, JIANG XINSHENG, GENG QUANRU ; 2005; SHRIMP U-PB ZIRCON DATING FOR THE DACITE OF THE SANGXIU FORMATION IN THE CENTRAL SEGMENT OF TETHYAN HIMALAYA AND ITS IMPLICATIONS ; CHIN. SCI. BULL. 50 563-568
[34]	ZHU, D., MO, X., PAN, G., ZHAO, Z., DONG, G., SHI, Y., LIAO, Z., WANG, L., AND ZHOU, C., 2008, PETROGENESIS OF THE EARLIEST EARLY CRETACEOUS MAFIC ROCKS FROM THE CONA AREA OF THE EASTERN TETHYAN HIMALAYA IN SOUTH TIBET: INTERACTION BETWEEN THE INCUBATING KERGUELEN PLUME AND THE EASTERN GREATER INDIA LITHOSPHERE?: LITHOS, V. 100, NO. 1–4, P. 147-173.
[36]	BARLING J., GOLDSTEIN S. L. ; 1990 EXTREME ISOTOPIC VARIATIONS IN HEARD ISLAND LAVAS AND THE NATURE OF MANTLE RESERVOIRS ; NATURE 348 59-62
[37]	BARLING J, GOLDSTEIN S. L., NICHOLLS I. A. ; 1994; GEOCHEMISTRY OF HEARD ISLAND (SOUTHERN INDIAN OCEAN): CHARACTERIZATION OF AN ENRICHED MANTLE COMPONENT AND IMPLICATIONS FOR ENRICHMENT OF THE SUB-INDIAN OCEAN MANTLE ; J. PETROL. 35 1017-1053
[38]	DOSSO L., MURTHY V. R. ; A ND ISOTOPIC STUDY OF THE KERGUELEN ISLANDS: INFERENCES ON ENRICHED OCEANIC MANTLE SOURCES ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 48 268-276
[40]	DOSSO L., VIDAL P., CANTAGREL J. M., LAMEYRE J., MAROT A., ZIMINE S. ; 1979; "KERGUELEN: CONTINENTAL FRAGMENT OR OCEANIC ISLAND?": PETROLOGY AND ISOTOPIC GEOCHEMISTRY EVIDENCE ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 43 46-60
[42]	DOUCET S., WEIS D., SCOATES J. S., NICOLAYSEN K. P., FREY F. A., GIRET A. ; 2002; THE DEPLETED MANTLE COMPONENT IN KERGUELEN ARCHIPELAGO BASALTS: PETROGENESIS F THOLEIITIC-TRANSITIONAL BASALTS FROM THE LORANCHET PENINSULA ; J. PETROL. 43 1341-1366
[43]	DUNCAN, R., QUILTY, P., BARLING, J., FOX, J., 2016, GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF HEARD ISLAND, CENTRAL KERGUELEN PLATEAU: AUSTRALIAN JOURNAL OF EARTH SCIENCES 63, 81-89 (2016).
[46]	FREY F. A., NICOLAYSEN K. P., KUBIT B. K., WEIS D., GIRET A. ; 2002; FLOOD BASALT FROM MONT TOURMENTE IN THE CENTRAL KERGUELEN ARCHIPELAGO: THE CHANGE FROM TRANSITIONAL TO ALKALIC BASALT ~25 MA ; J. PETROL. 43 1367-1387
[47]	FREY F. A., WEIS D. ; 1995; TEMPORAL EVOLUTION OF THE KERGUELEN PLUME: GEOCHEMICAL EVIDENCE FROM 38 TO 82 MA LAVAS FORMING THE NINETYEAST RIDGE ; CONTRIB. MINERAL. PETROL. 121 12-28
[48]	FREY F. A., WEIS D., YANG HUAI-JEN, NICOLAYSEN K. P., LEYRIT H., GIRET A. ; 200; TEMPORAL GEOCHEMICAL TRENDS IN KERGUELEN ARCHIPELAGO BASALTS: EVIDENCE FOR DECREASING MAGMA SUPPLY FROM THE KERGUELEN PLUME ; CHEM. GEOL. 164 61-80
[49]	GAGNEVIN D., ETHIEN R., BONIN B., MOINE B. N., FERAUD G., GERBE M. C., COTTIN J.-Y., MICHON G., TOURPIN S., MAMIAS G., PERRACHE C., GIRET A. ; 2003; OPEN-SYSTEM PROCESSES IN THE GENESIS OF SILICA-OVERSATURATED ALKALINE ROCKS OF THE RALLIER-DU-BATY OENINSULA, KERGUELEN ARCHIPELAGO (INDIAN OCEAN) ; J. VOLCANOL. GEOTHERM. RES. 123 267-300
[50]	GAUTIER I., WEIS D., MENNESSIER J. P., VIDAL P., GIRET A., LOUBET M. ; 1990; PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE KERGUELEN ARCHIPELAGO BASALTS (SOUTH INDIAN OCEAN): EVOLUTION OF THE MANTLE SOURCES FROM RIDGE TO INTRAPLATE POSITION ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 100 59-76
[51]	GIRET A., LAMEYRE J. ; 1983; A STUDY OF KERGUELEN PLUTONISM: PETROLOGY, GEOCHRONOLOGY AND GEOLOGICAL IMPLICATIONS| ANTARCTIC EARTH SCIENCES, 4TH INT. SYMP. (OLI VER, R. L., JAMES, P. R., JAGO, J. B.), CAMBRIDGE UNIV. PRESS, CAMBRIDGE 646-651
[54]	HILTON D. R., BARLING J., WHELLER G. E. ; 1995; EFFECT OF SHALLOW-LEVEL CONTAMINATION ON THE HELIUM ISOTOPE SYSTEMATICS OF OCEAN-ISLAND LAVAS ; NATURE 373 330-333
[58]	MATTIELLI N., WEIS D., GREGOIRE M., MENNESSIER J. P., COTTIN J.-Y., GIRET A. ; 1996; KERGUELEN BASIC AND ULTRABASIC XENOLITHS: EVIDENCE FOR LONG-LIVED KERGUELEN HOTSPOT ACTIVITY ; LITHOS 37 261-280
[59]	NOBRE SILVA I. G., WEIS D., BARLING J., SCOATES J. S. ; 2009; LEACHING SYSTEMATICS AND MATRIX ELIMINATION FOR THE DETERMINATION OF HIGH-PRECISION PB ISOTOPE COMPOSITIONS OF OCEAN ISLAND BASALTS ; GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS GEOSYSTEMS 10 [2009]
[60]	NOBRE SILVA I. G., WEIS D., SCOATES J. S. ; 2010; EFFECTS OF ACID LEACHING ON THE SR-ND-HF COMPOSITIONS OF OCEAN ISLAND BASALTS ; GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS GEOSYSTEMS 11 [2010]
[61]	NOBRE SILVA I. G., WEIS D., SCOATES J. S., BARLING J. ; 2013; THE NINETYEAST RIDGE AND ITS RELATION TO THE KERGUELEN, AMSTERDAM AND ST. PAUL HOTSPOTS IN THE INDIAN OCEAN ; J. PETROL. 54 1177-1210
[63]	REISBERG L., ZINDLER A., MARCANTONIO F., WHITE W., WYMAN D. A., WEAVER B. L. ; 1993; OS ISOTOPE SYSTEMATICS IN OCEAN ISLAND BASALTS ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 120 149-167
[64]	SALTERS V. J. M., HART S. R. ; 1991; THE MANTLE SOURCES OF OCEAN RIDGES, ISLANDS AND ARCS: THE HF-ISOTOPE CONNECTION ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 104 364-380
[65]	SALTERS V. J. M., WHITE W. M. ; 1998; HF ISOTOPE CONSTRAINTS ON MANTLE EVOLUTION ; CHEM. GEOL. 145 447-460
[66]	SAUNDERS A. D., STOREY M., GIBSON I. L., LEAT P. T., HERGT J. M., THOMPSON R. N. ; 1991; CHEMICAL AND ISOTOPIC CONSTRAINTS ON THE ORIGIN OF BASALTS FROM NINETYEAST RIDGE, INDIAN OCEAN: RESULTS FROM DSDP LEGS 22 AND 26 AND ODP LEG 121 ; PROC. OCEAN DRILL. PROGRAM, SCIENT. RESULTS 121 559-590
[67]	SCOATES J. S., WEIS D., FRANSSENS M., MATTIELLI N., ANNELL H., FREY F. A., NICOLAYSEN K. P., GIRET A. ; 2008; THE VAL GABBRO PLUTONIC SUITE: A SUB-VOLCANIC INTRUSION EMPLACED AT THE END OF FLOOD BASALT VOLCANISM ON THE KERGUELEN ARCHIPELAGO ; J. PETROL. 49 79-105
[68]	STOREY M., SAUNDERS A. D., TARNEY J., LEAT P. T., THIRLWALL M. F., THOMPSON R. N., MENZIES M. A., MARRINER G. F. ; 1988; GEOCHEMICAL EVIDENCE FOR PLUME-MANTLE INTERACTIONS BENEATH KERGUELEN AND HEARD ISLANDS, INDIAN OCEAN ; NATURE 336 371-374
[69]	SUBBARAO K. V., RAMASUBBA REDDY G., HEKINIAN R., CHANDRASEKHARAM D. ; 1977; LARGE ION LITHOPHILE ELEMENTS AND SR AND PB ISOTOPIC VARIATION IN VOLCANIC ROCKS FROM THE INDIAN OCEAN| INDIAN OCEAN GEOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY (HEIRTZLER, J. R. ET AL. (EDS)), AGU, WASHINGTON DC 259-278
[70]	NICOLAYSEN, K., FREY, F. A., HODGES, K., WEIS, D. & GIRET, A. 2000; 40 AR/39 AR GEOCHRONOLOGY OF FLOOD BASALTS FROM THE KERGUELEN ARCHIPELAGO, SOUTHERN INDIAN OCEAN: IMPLICATIONS FOR CENOZOIC ERUPTION RATES OF THE KERGUELEN PLUME. EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS 174, 313-328 (2000).
[71]	WEIS D., FREY F. A. 1991; ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF NINETYEAST RIDGE BASEMENT BASALTS: SR, ND AND PB EVIDENCE FOR INVOLVEMENT OF THE KERGUELEN HOTSPOT ; PROC. OCEAN DRILL. PROGRAM, SCIENT. RESULTS 121 591-610
[73]	WEIS D., FREY F. A., GIRET A., CANTAGREL J. M. ; 1998; GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE YOUNGEST VOLCANO (MOUNT ROSS) IN THE KERGUELEN ARCHIPELAGO: INFERENCES FOR MAGMA FLUX, LITHOSPHERE ASSIMILATION AND COMPOSITION OF THE KERGUELEN PLUME ; J. PETROL. 39 973-994
[74]	WEIS D., FREY F. A., LEYRIT H., GAUTIER I. ; 1993; KERGUELEN ARCHIPELAGO REVISITED: GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC STUDY OF THE SOUTHEAST PROVINCE LAVAS ; EARTH PLANET. SCI. LETT. 118 101-119
[75]	WEIS D., GIRET A. ; 1994; KERGUELEN PLUTONIC COMPLEXES: SR, ND, PB ISOTOPIC STUDY ND INTERFERENCES ABOUT THEIR SOURCES, AGE, AND GEODYNAMIC SETTING ; MEM. SOC.GEOL. FRANCE 166 47-59
[76]	WHITE W. M., HOFMANN A. W. ; 1982; SR AND ND ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF OCEANIC BASALTS AND MANTLE EVOLUTION ; NATURE 296 821-825
[77]	WILLIAMS ROSS W., GILL J. B. ; 1992; TH ISOTOPE AND U-SERIES DISEQUILIBRIA IN SOME ALKALI BASALTS ; GEOPHYS. RES. LETT. 19 139-142
[78]	XU GUANGPING, FREY F. A., WEIS D., SCOATES J. S., GIRET A. ; 2007; FLOOD BASALTS FROM MT. CAPITOLE IN THE CENTRAL KERGUELEN ARCHIPELAGO: INSIGHTS INTO THE GROWTH OF THE ARCHIPELAGO AND SOURCE COMPONENTS CONTRIBUTING TO PLUME-RELATED VOLCANISM ; GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS GEOSYSTEMS 8 [2007]
[79]	YANG HUAI-JEN, FREY F. A., WEIS D., GIRET A., PYLE D. G., MICHON G. ; 1998; PETROGENESIS OF THE FLOOD BASALTS FORMING THE NORTHERN KERGUELEN ARCHIPELAGO: IMPLICATIONS FOR THE KERGUELEN PLUME ; J. PETROL. 39 711-748
[80]	DUNCAN, R. A. IN PROCEEDINGS OF THE OCEAN DRILLING PROGRAM, SCIENTIFIC RESULTS, VOL. 121 (EDS J. WEISSEL, J. PEIRCE, & E. TAYLOR) 507-517 (OCEAN DRILLING PROGRAM, 1991).
[81]	DUNCAN, R. A. GEOCHRONOLOGY OF BASALTS FROM THE NINETYEAST RIDGE AND CONTINENTAL DISPERSION IN THE EASTERN INDIAN OCEAN. JOURNAL OF VOLCANOLOGY AND GEOTHERMAL RESEARCH 4, 283-305 (1978).
[82]	DOUCET, SONIA, WEIS, DOMINIQUE, SCOATES, JAMES S., NICOLAYSEN, KIRSTEN, FREY, FREDERICK A., GIRET, ANDRÉ ; 2002; THE DEPLETED MANTLE COMPONENT IN KERGUELEN ARCHIPELAGO BASALTS: PETROGENESIS OF THOLEIITIC–TRANSITIONAL BASALTS FROM THE LORANCHET PENINSULA. JOURNAL OF PETROLOGY 43, 1341-1366, DOI:10.1093/PETROLOGY/43.7.1341 (2002).
[83]	WEIS D., FREY F. A., GIRET A., CANTAGREL J. M. ; 1998; GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE YOUNGEST VOLCANO (MOUNT ROSS) IN THE KERGUELEN ARCHIPELAGO: INFERENCES FOR MAGMA FLUX, LITHOSPHERE ASSIMILATION AND COMPOSITION OF THE KERGUELEN PLUME ; J. PETROL. 39 [1998] 973-994
[84]	WEIS, D. & FREY, F. A. 2002; SUBMARINE BASALTS OF THE NORTHERN KERGUELEN PLATEAU: INTERACTION BETWEEN THE KERGUELEN PLUME AND THE SOUTHEAST INDIAN RIDGE REVEALED AT ODP SITE 1140. JOURNAL OF PETROLOGY 43, 1287-1309, DOI:10.1093/PETROLOGY/43.7.1287 (2002).
[85]	ANDERSON, R N; SPARIOUS, J; WEISSEL, JK; HAYES, D E. 1980, THE INTERRELATION BETWEEN VARIATIONS IN MAGNETIC ANOMALY AMPLITUDES AND BASALTIC MAGNETIZATION AND CHEMISTRY ALONG THE SOUTHEAST INDIAN RIDGE, J GEOPHYS RES, 85, 3883 - 3898
[89]	CARLSON, R W. 1980. CRUST-MANTLE DIFFERENTIATION ON THE EARTH AND MOON: EVIDENCE FROM ISOTOPIC STUDIES FOR CONTRASTING MECHANISMS AND DURATION. THESIS OR DISSERTATION. DOCTORAL. UC SAN DIEGO
[94]	COHEN, R S; EVENSEN, N M; HAMILTON, P J; O'NIONS, R K. 1980, U-PB, SM-ND AND RB-SR SYSTEMATICS OF MID-OCEAN RIDGE BASALT GLASSES. NATURE, 283, 149 - 153
[95]	COHEN, R S; O'NIONS, R K. 1982. THE LEAD, NEODYMIUM AND STRONTIUM ISOTOPIC STRUCTURE OF OCEAN RIDGE BASALTS. J PETROL. 23. 299 - 324
[102]	DOSSO, L; BOUGAULT, H; BEUZART, P; CALVEZ, J Y; JORON, J-L. 1988. THE GEOCHEMICAL STRUCTURE OF THE SOUTH-EAST INDIAN RIDGE, EARTH PLANET SCI LETT, 88, 47 - 59
[103]	DUPRE, B; ALLEGRE, C J. 1983. PB-SR ISOTOPE VARIATION IN INDIAN OCEAN BASALTS AND MIXING PHENOMENA. NATURE. 303. 142 - 146
[111]	GALE, A; DALTON, C; LANGMUIR, C H; SU, Y; SCHILLING, J-G. 2013. THE MEAN COMPOSITION OF OCEAN RIDGE BASALTS. GEOCHEM GEOPHYS GEOSYST, 14. 489 - 513
[114]	HAMELIN, B; ALLEGRE, C J. 1985. LARGE-SCALE REGIONAL UNITS IN THE DEPLETED UPPER MANTLE REVEALED BY AN ISOTOPE STUDY OF THE SOUTH-WEST INDIAN RIDGE, NATURE, 315, 196 - 199
[116]	HANAN, B B; BLICHERT-TOFT, J; HEMOND, C; SAYIT, K; AGRANIER, A; GRAHAM, D W; ALBAREDE, F. 2013. Pb AND Hf ISOTOPE VARIATIONS ALONG THE SOUTHEAST INDIAN RIDGE AND THE DYNAMIC DISTRIBUTION OF MORB SOURCE DOMAINS IN THE UPPER MANTLE. EARTH PLANET SCI LETT. 375. 196 - 208
[117]	HANAN, B B; BLICHERT-TOFT, J; PYLE, D G; CHRISTIE, D M. 2004, CONTRASTING ORIGINS OF THE UPPER MANTLE REVEALED BY HAFNIUM AND LEAD ISOTOPES FROM THE SOUTHEAST INDIAN RIDGE, NATURE, 432, 91 - 94
[121]	JACKSON, M G; CARLSON, R W. 2012. HOMOGENEOUS SUPERCHONDRITIC 142Nd/144Nd IN THE MID-OCEAN RIDGE BASALT AND OCEAN ISLAND BASALT MANTLE. GEOCHEM GEOPHYS GEOSYST, 13. 1 - 10
[125]	KEMPTON, P D; PEARCE, J A; BARRY, T L; FITTON, J G; LANGMUIR, C H; CHRISTIE, D M. 2002. Sr-Nd-Pb-Hf ISOTOPE RESULTS FROM ODP LEG 187: EVIDENCE FOR MANTLE DYNAMICS OF THE AUSTRALIAN-ANTARCTIC DISCORDANCE AND ORIGIN OF THE INDIAN MORB SOURCE, GEOCHEM GEOPHYS GEOSYST, 3. 0
[126]	KLEIN, E M; LANGMUIR, C H; STAUDIGEL, H, 1991, GEOCHEMISTRY OF BASALTS FROM THE SOUTHEAST INDIAN RIDGE, 115 DEGREE E-138 DEGREE E, J GEOPHYS RES, 96, 2089 - 2107
[127]	KLEIN, E M; LANGMUIR, C H; ZINDLER, A; STAUDIGEL, H; HAMELIN, B. 1988. ISOTOPE EVIDENCE OF A MANTLE CONVECTION BOUNDARY AT THE AUSTRLIAN ANTARCTIC DISCORDANCE, NATURE, 333, 623 - 629
[128]	KROLIKOWSKA-CIAGLO, S; DEYHLE, A T; HAUFF, F; HOERNLE, K, 2007, BORON ISOTOPE GEOCHEMISTRY AND U-Pb SYSTEMATICS OF ALTERED MORB FROM THE AUSTRALIAN ANTARCTIC DISCORDANCE (ODP LEG 187), CHEMICAL GEOLOGY, 242, 455 - 469
[129]	KROLIKOWSKA-CIAGLO, S: HAUFF. F: HOERNLE. K. 2005. SR-ND ISOTOPE SYSTEMATICS IN 14-28 MA LOW-TEMPERATURE ALTERED MID-OCEAN RIDGE BASALT FROM THE AUSTRALIAN ANTARCTIC DISCORDANCE. OCEAN DRILLING PROGRAM LEG 187. GEOCHEM GEOPHYS GEOSYST. 6. 0
[139]	MAHONEY, J J; GRAHAM, D W; CHRISTIE, D M; JOHNSON, K T M; HALL, L S; VONDERHAAR, D L, 2002, BETWEEN A HOTSPOT AND A COLD SPOT: ISOTOPIC VARIATION IN THE SOUTHEAST INDIAN RIDGE ASTHENOSPHERE, 86 DEG E - 118 DEG E, J PETROL, 43, 1155 - 1176
[148]	MICHARD, A; MONTIGNY, R; SCHLICH, R. 1986, GEOCHEMISTRY OF THE MANTLE BENEATH THE RODRIGUEZ TRIPLE JUNCTION AND THE SOUTH-EAST INDIAN RIDGE. EARTH PLANET SCI LETT. 78. 104 - 111
[156]	PEDERSEN, R B; CHRISTIE, D M; PYLE, D G, 2004, REGIONAL AND LOCAL MANTLE HETEROGENEITIES ASSOCIATED WITH THE AUSTRALIAN ANTARCTIC DISCORDANCE: Sr AND Nd ISOTOPIC RESULTS FROM ODP LEG 187, PROC ODP, SCI RESULTS, 187, 1 - 23
[158]	PYLE, D G. 1994. GEOCHEMISTRY OF MID-OCEAN RIDGE BASALT WITHIN AND SURROUNDING THE AUSTRALIAN-ANTARCTIC DISCORDANCE. THESIS OR DISSERTATION. DOCTORAL. OREGON STATE UNIVERSITY: MONOGRAPHIC. 0. - 0
[159]	PYLE, D G; CHRISTIE, D M; MAHONEY, J J. 1992. RESOLVING AN ISOTOPIC BOUNDARY WITHIN THE AUSTRALIAN-ANTARCTIC DISCORDANCE, EARTH PLANET SCI LETT, 112, 161 - 178
[160]	PYLE, D G; CHRISTIE, D M; MAHONEY, J J; DUNCAN, R A, 1995, GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY OF ANCIENT SOUTHEAST INDIAN AND SOUTHWEST PACIFIC SEAFLOOR, J GEOPHYS RES, 100, 22261 - 22282
[163]	SALTERS, V J M, 1996, THE GENERATION OF MID-OCEAN RIDGE BASALTS FROM THE HF AND ND ISOTOPE PERSPECTIVE, EARTH PLANET SCI LETT, 141, 109 - 123
[168]	SUBBARAO, K V; HEDGE, C E, 1973, K, RB, SR AND 87SR/86SR IN ROCKS FROM MID-INDIAN OCEAN RIDGE, EARTH PLANET SCI LETT, 18, 223
[169]	SUBBARAO, K V; HEKINIAN, R: CHANDRESEKHARAM, D. 1977. LARGE ION LITHOPHILE ELEMENTS AND SR AND PB ISOTOPIC VARIATIONS IN VOLCANIC ROCKS FROM THE INDIAN OCEAN. In: INDIAN OCEAN GEOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY: STUDIES FOLLOWING DEE-SEA DRILLING LEGS 22-29. HEIRTZLER-J-R. BOLLI-H-M. DAVIES-T-A. SAUNDERS-J-B. SCLATER-J-G. 259 - 278
[170]	SUBBARAO, K V; REDDY, V V, 1981, GEOCHEMICAL STUDIES ON OCEANIC BASALTS FROM THE INDIAN OCEAN, In: EVOLUTION OF THE UPPER MANTLE, ZARTMAN-R-E, TAYLOR-S-R, 69 - 89
[178]	LIU. ZHENG: ZHOU. QING: LAI. YANG: QING. CHENGSHI: LI. YINGXU: WU. JIANYANG: XIA. XIANGBIAO. PETROGENESIS OF THE EARLY CRETACEOUS LAGUILA BIMODAL INTRUSIVE ROCKS FROM THE TETHYAN HIMALAYA: IMPLICATIONS FOR THE BREAK-UP OF EASTERN GONDWANA. LITHOS 236–237. 190-202. DOI:HTTP://DX.DOI.ORG/10.1016/J.LITHOS.2015.09.006 (2015)\

AUTEUR : Léandre Ponthus

TITRE : Origine, évolution et mise en place d'un pluton récent en contexte intraplaque océanique. Exemple du complexe sud de Rallier du Baty, Kerguelen (T.A.A.F.)

DIRECTEURS DE THESE : Michel Grégoire ; Damien Guillaume, Michel de Saint Blanquat

LABORATOIRE : Géosciences Environnement Toulouse – UMR 5563

SOUTENANCE : Toulouse, le 20 mars 2018

RESUME

L'étude de ce complexe plutonique alcalin fut multidisciplinaire mêlant, observations et mesures sur le terrain, ASM, pétrographie, minéralogie, géochimie (majeur et traces), géochimie isotopique Rb/Sr et Sm/Nd et géochronologie U-Pb sur zircons. La synthèse des résultats démontre la participation minoritaire de plusieurs sources (manteau métasomatisé et fragments continental) en plus de la source prédominante qui est le manteau typique du panache de Kerguelen. Dans un environnement magmatique ouvert, les magmas contaminés ont formé la plus ancienne série magmatique calcique du complexe. La seconde et plus jeune série magmatique a produit (dans un environnement clos) des roches de plus en plus agpaïtique au cours de la différenciation. La mise en place progressive mais diachrone des intrusions s'est faite entre 11,7 (au sud) et 7,9 Ma (au nord). Enfin, le mode de construction de ce pluton en fait un exemple unique connu de laccolithe en contexte intraplaque océanique.

MOTS-CLÉS : plateau océanique, série sursaturée, syénite, point chaud

---

ABSTRACT

The study of this alkaline plutonic complex was multidisciplinary, mixing field observations and measurements, ASM, petrography, mineralogy, geochemistry (major and traces), isotopic geochemistry Rb / Sr and Sm / Nd and geochronology U-Pb on zircons. The synthesis of the results shows the minor participation of several sources (metasomatised mantle and continental fragments) in addition to the predominant source which is the typical asthenospheric mantle of the Kerguelen plume. In a dynamic and open magmatic system, the contaminated magmas formed the oldest magmatic and calcic series of the complex. The second and younger magmatic series produced (in a closed environment) more and more agpaitic rocks during differentiation. The incremental emplacement of the intrusions occurred between 11.7 (in the south) and 7.9 Ma (in the north). Finally, the type of construction of this pluton makes it a unique known example of laccolith in oceanic within-plate settings.

KEYWORDS: oceanic plateau, over-saturated series, syenites, hot spot

---