



HAL
open science

Etude sédimentologique et géochimique du Dome de Barrot (Alpes Maritimes) - France

Hilarion Traore

► **To cite this version:**

Hilarion Traore. Etude sédimentologique et géochimique du Dome de Barrot (Alpes Maritimes) - France. Géochimie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1976. Français. NNT : . tel-00679251

HAL Id: tel-00679251

<https://theses.hal.science/tel-00679251>

Submitted on 15 Mar 2012

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.

OCA-SA-004470
T1976-TRA01

R. DARS

Doctorat de 3^e cycle
N^o d'ordre :

INSTITUT DE GEODYNAMIQUE
R. DARS
N^o ... 5931 ...
URA 1279 - BIBLIOTHÈQUE

THESE
PRESENTEE

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE
GRENOBLE

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE 3^e CYCLE
SPECIALITE : GEOLOGIE APPLIQUEE

PAR

Hilarion TRAORE

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE
ET GEOCHIMIQUE DU DOME DE BARROT
(ALPES MARITIMES) FRANCE

SOUTENUE LE 24 JUIN 1976 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. P. GIRAUD	Professeur U.S.M.G.	Président
J. PERRIAUX	Professeur U.S.M.G.	} Examineurs
C.E. EHRSTROM	Docteur es Sciences	
P. AICARD	Docteur es Sciences	
J. VERNET	Docteur d'Université	
G. GERARD	{ Ingénieur en chef, Directeur adjoint au B.R.G.M.	

Doctorat de 3^e cycle
N^o d'ordre :

THESE

PRESENTEE

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE
GRENOBLE

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE 3^e CYCLE

SPECIALITE: GEOLOGIE APPLIQUEE

PAR

Hilarion TRAORE

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE
ET GEOCHIMIQUE DU DOME DE BARROT
(ALPES MARITIMES) FRANCE

SOUTENUE LE JUIN 1976 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. P. GIRAUD	Professeur U.S.M.G.	Président
J. PERRIAUX	Professeur U.S.M.G.	} Examineurs
C.E. EHRSTROM	Docteur es Sciences	
P. AICARD	Docteur es Sciences	
J. VERNET	Docteur d'Université	
G. GERARD	{ Ingénieur en chef, Directeur adjoint au B.R.G.M.	

M. Michel SOUTIF : Président
M. Gabriel CAU : Vice-président

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L'U.S.M.G.

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.	ANGLES D'AURIAC Paul	Mécanique des fluides
	ARNAUD Paul	Chimie
	AUBERT Guy	Physique
	AYANT Yves	Physique approfondie
Mme	BARBIER Marie-Jeanne	Electrochimie
MM.	BARBIER Jean-Claude	Physique expérimentale
	BARBIER Reynold	Géologie appliquée
	BARJON Robert	Physique nucléaire
	BARNOUD Fernand	Biosynthèse de la cellulose
	BARRA Jean-René	Statistiques
	BARRIE Joseph	Clinique chirurgicale
	BEAUDOING André	Clinique de Pédiatrie et Puériculture
	BERNARD Alain	Mathématiques Pures
Mme	BERTRAND IAS Françoise	Mathématiques Pures
MM.	BEZES Henri	Pathologie chirurgicale
	BLAMBERT Maurice	Mathématiques Pures
	BOLLIET Louis	Informatique (IUT B)
	BONNET Georges	Electrotechnique
	BONNET Jean-Louis	Clinique ophtalmologique
	BONNET-EYMARD Joseph	Pathologie médicale
	BOUCHERLE André	Chimie et Toxicologie
	BOUCHEZ Robert	Physique nucléaire
	BOUSSARD Jean-Claude	Mathématiques Appliquées
	BRAVARD Yves	Géographie
	CABANEL Guy	Clinique rhumatologique et hydrologie
	CALAS François	Anatomie
	CARLIER Georges	Biologie végétale
	CARRAZ Gilbert	Biologie animale et pharmacodynamie
	CAU Gabriel	Médecine légale et Toxicologie
	CAUQUIS Georges	Chimie organique
	CHAGUTY Claude	Mathématiques Pures
	CHARACHON Robert	Clinique Oto-Rhino-Laryngologique
	CHATEAU Robert	Thérapeutique (Neurologie)
	CHIBON Pierre	Biologie animale
	COEUR André	Pharmacie chimique et chimie analytique
	CONTAMIN Robert	Clinique gynécologique
	COUDERC Pierre	Anatomie Pathologique
	CRAYA Antoine	Mécanique
Mme	DEBELMAS Anne-Marie	Matière médicale
MM.	DEBELMAS Jacques	Géologie générale
	DEGRANGE Charles	Zoologie
	DELORMAS Pierre	Pneumo-Phthisiologie
	DEPORTES Charles	Chimie minérale
	DESRE Pierre	Métallurgie
	DESSAUX Georges	Physiologie animale
	DODU Jacques	Mécanique appliquée
	DOLIQUE Jean-Michel	Physique des plasmas
	DREYFUS Bernard	Thermodynamique
	DUCROS Pierre	Cristallographie
	DUGOIS Pierre	Clinique de Dermatologie et Syphillographie
	FAU René	Clinique neuro-psychiatrique

MM.	GAGNAIRE Didier	Chimie physique
	GALLISSOT François	Mathématiques Pures
	GALVANI Octave	Mathématiques Pures
	GASTINEL Noël	Analyse numérique
	GAVEND Michel	Pharmacologie
	GEINDRE Michel	Electroradiologie
	GERBER Robert	Mathématiques Pures
	GERMAIN Jean-Pierre	Mécanique
	GIRAUD Pierre	Géologie
	JANIN Bernard	Géographie
	KAHANE André	Physique générale
	KLEIN Joseph	Mathématiques Pures
	KOSZUL Jean-Louis	Mathématiques Pures
	KRAVTCHENKO Julien	Mécanique
	KUNTZMANN Jean	Mathématiques Appliquées
	LACAZE Albert	Thermodynamique
	LACHARME Jean	Biologie végétale
	LAJZEROWICZ Joseph	Physique
	LATREILLE René	Chirurgie générale
	LATURAZE Jean	Biochimie pharmaceutique
	LAURENT Pierre	Mathématiques Appliquées
	LEDRU Jean	Clinique médicale B
	LLIBOUTRY Louis	Géophysique
	LONGUEUEVE Jean-Pierre	Physique nucléaire
	LOUP Jean	Géographie
Mlle	LUTZ Elisabeth	Mathématiques Pures
	MALGRANGE Bernard	Mathématiques Pures
	MALINAS Yves	Clinique obstétricale
	MARTIN-NOEL Pierre	Sémiologie médicale
	MAZARE Yves	Clinique médicale A
	MICHEL Robert	Minéralogie et Pétrographie
	MICOUX Max	Clinique maladies infectieuses
	MOURIQUAND Claude	Histologie
	MOUSSA André	Chimie nucléaire
	MULLER Jean Michel	Thérapeutique (néphrologie)
	NEEL Louis	Physique du Solide
	OZENDA Paul	Botanique
	PAYAN Jean-Jacques	Mathématiques Pures
	PEBAY-PEYROULA Jean-Claude	Physique
	RASSAT André	Chimie systématique
	RENARD Michel	Thermodynamique
	RINALDI Renaud	Physique
	DE ROUGEMONT Jacques	Neuro-chirurgie
	SEIGNEURIN Raymond	Microbiologie et Hygiène
	SENGEL Philippe	Zoologie
	SIBILLE Robert	Construction mécanique
	SOUTIF Michel	Physique générale
	TANCHE Maurice	Physiologie
	TRAYNARD Philippe	Chimie générale
	VAILLANT François	Zoologie
	VALENTIN Jacques	Physique Nucléaire
	VAUQUOIS Bernard	Calcul électronique
Mme	VERAIN Alice	Pharmacie galénique
M.	VERAIN André	Physique
MM.	VEYRET Paul	Géographie
	VIGNAIS Pierre	Biochimie médicale
	YOCCOZ Jean	Physique nucléaire théorique

PROFESSEURS ASSOCIES

MM.	CHEEKE John	Thermodynamique
	COPPENS Philip	Physique
	CORCOS Gilles	Mécanique
	CRABBE Pierre	CERMO
	GILLESPIE John	I.S.N.
	ROCKAFELLAR Ralph	Mathématiques appliquées

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Mlle	AGNIUS-DELORD Claudine	Physique pharmaceutique
	ALARY Josette	Chimie analytique
MM.	AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie
	BELORIZKY Elie	Physique
	BENZAKEN Claude	Mathématiques appliquées
	BERTRAND IAS Jean-Paul	Mathématiques appliquées
	BIAREZ Jean-Pierre	Mécanique
	BILLET Jean	Géographie
Mme	BONNIER Jane	Chimie générale
MM.	BOUCHET Yves	Anatomie
	BRUGEL Lucien	Energétique
	CONTE René	Physique
	DEPASSEL Roger	Mécanique des Fluides
	GAUTHIER Yves	Sciences biologiques
	GAUTRON René	Chimie
	GIDON Paul	Géologie et Minéralogie
	GLENAT René	Chimie organique
	GROULADE Joseph	Biochimie médicale
	HACQUES Gérard	Calcul numérique
	HOLLARD Daniel	Hématologie
	HUGONOT Robert	Hygiène et Méd. Préventive
	IDELMAN Simon	Physiologie animale
	JOLY Jean-René	Mathématiques pures
	JULLIEN Pierre	Mathématiques appliquées
Mme	KAHANE Josette	Physique
MM.	KUHN Gérard	Physique
	LOISEAUX Jean	Physique nucléaire
	LUU-DUC-Cuong	Chimie Organique
	MAYNARD Roger	Physique du solide
	PELMONT Jean	Biochimie
	PERRIAUX Jean-Jacques	Géologie et minéralogie
	PFISTER Jean-Claude	Physique du solide
Mlle	PIERY Yvette	Physiologie animale
MM.	RAYNAUD Hervé	M.I.A.G.
	REBECQ Jacques	Biologie (CUS)
	REVOL Michel	Urologie
	REYOND Jean-Charles	Chirurgie générale
	RICHARD Lucien	Biologie végétale
Mme	RINAUDO Marguerite	Chimie macromoléculaire
MM.	ROBERT André	Chimie papetière
	SARRAZIN Roger	Anatomie et chirurgie
	SARROT-REYNAULD Jean	Géologie
	SIROT Louis	Chirurgie générale
Mme	SOUTIF Jeanne	Physique générale
MM.	VIALON Pierre	Géologie
	VAN CUTSEM Bernard	Mathématiques appliquées

MAITRES DE CONFERENCES ET MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM.	AMBLARD Pierre	Dermatologie
	ARMAND Gilbert	Géographie
	ARMAND Yves	Chimie
	BARGE Michel	Neurochirurgie
	BEGUIN Claude	Chimie organique
Mme	BERIEL Hélène	Pharmacodynamique
M.	BOUCHARLAT Jacques	Psychiatrie adultes
Mme	BOUCHE Liane	Mathématiques (CUS)
MM.	BRODEAU François	Mathématiques (IUT B)
	BUISSON Roger	Physique
	BUTEL Jean	Orthopédie
	CHAMBAZ Edmond	Biochimie médicale
	CHAMPETIER Jean	Anatomie et organogénèse
	CHARDON Michel	Géographie
	CHERADAME Hervé	Chimie papetière
	CHIVERINA Jean	Biologie appliquée (EFP)

MM.	COHEN-ADDAD Jean-Pierre	Spectrométrie physique
	COLOMB Maurice	Biochimie médicale
	CORDONNIER Daniel	Néphrologie
	COULOMB Max	Radiologie
	CROUZET Guy	Radiologie
	CYROT Michel	Physique du solide
	DELOBEL Claude	M.I.A.G.
	DENIS Bernard	Cardiologie
	DOUCE Roland	Physiologie végétale
	DUSSAUD René	Mathématiques (CUS)
Mme	ETERRADOSSI Jacqueline	Physiologie
MM.	FAURE Jacques	Médecine légale
	FONTAINE Jean-Marc	Mathématiques Pures
	GAUTIER Robert	Chirurgie générale
	GENSAC Pierre	Botanique
	GIDON Maurice	Géologie
	GRIFFITHS Michaël	Mathématiques Appliquées
	GROS Yves	Physique (stag.)
	GUITTON Jacques	Chimie
	HICTER Pierre	Chimie
	IVANES Marcel	Electricité
	JALBERT Pierre	Histologie
	KOLODIE Lucien	Hématologie
	KRAKOWIAK Sacha	Mathématiques appliquées
Mme	LAJZEROWICZ Jeannine	Physique
MM.	LEROY Philippe	Mathématiques
	MACHE Régis	Physiologie végétale
	MAGNIN Robert	Hygiène et Médecine préventive
	MARECHAL Jean	Mécanique
	MARTIN-BOUYER Michel	Chimie (CUS)
	MICHOUILLER Jean	Physique (I.U.T. "A")
Mme	MINIER Colette	Physique
MM.	NEGRE Robert	Mécanique
	NEMOZ Alain	Thermodynamique
	PARAMELLE Bernard	Pneumologie
	PECCOUD François	Analyse (IUT B)
	PEFFEN René	Métallurgie
	PERRET Jean	Neurologie
	PHELIP Xavier	Rhumatologie
	RACHAIL Michel	Médecine interne
	RACINET Claude	Gynécologie et obstétrique
	RAMBAUD Pierre	Pédiatrie
Mme	RENAUDET Jacqueline	Bactériologie
MM.	ROBERT Jean Bernard	Chimie-Physique
	ROMIER Guy	Mathématiques (IUT B)
	SHOM Jean Claude	Chimie Générale
	STIEGLITZ Paul	Anesthésiologie
	STOEBNER Pierre	Anatomie pathologique
	VROUSOS Constantin	Radiologie

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

MM.	COLE Antony	Sciences nucléaires
	FORELL César	Mécanique
	MOORSANI Kishin	Physique

CHARGES DE FONCTIONS DE MAITRES DE CONFERENCES

MM.	BOST Michel	Pédiatrie
	CONTAMIN Charles	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
	FAURE Gilbert	Urologie
	MALLION Jean Michel	Médecine du travail
	ROCHAT Jacques	Hygiène et hydrologie

Fait à Saint Martin d'Hères, OCTOBRE 1974

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

MM.	COLE Antony	Sciences nucléaires
	FARELL César	Mécanique
	MOORSANI Kishin	Physique

CHARGES DE FONCTIONS DE MAITRES DE CONFERENCES

M.	ROCHAT Jacques	Hygiène et hydrologie
----	----------------	-----------------------

Fait à Saint Martin d'Hères, AVRIL 1975

A mes parents,

A Marie-Claude

En hommage d'affection.

AVANT - PROPOS

Avant de mettre un terme à ce travail, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui pour une raison ou pour une autre m'ont aidé à l'accomplir.

Je remercie:

- particulièrement le Professeur P. GIRAUD qui a bien voulu me proposer un sujet ayant un rapport avec la recherche minière conformément au souhait que je lui avais formulé à la fin de ma maîtrise. Je voudrais que ce travail soit la récompense de tous les encouragements et de l'accueil dont j'ai bénéficiés de lui.

- le Professeur J. PERRIAUX et le Maître Assistant J.P. USELLE de m'avoir bien accueilli dans leur équipe de sédimentologie et pour le grand intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

- Monsieur V.C.E. EHRSTROM, qui n'a ni hésité à m'accompagner souvent sur le terrain, ni ménager ses efforts lors des longues journées devant l'appareil de l'absorption atomique pour le dosage des éléments. Je garde de lui de très bons souvenirs.

- Monsieur J. APRAHAMIAN pour l'aide qu'il m'a apportée dans l'étude de la fraction argileuse.

- Monsieur P. AICARD, d'avoir tout d'abord cautionné mon sujet de thèse et de m'avoir prêté toute la documentation sur les travaux antérieurs et d'avoir accepté de faire partie du Jury.

- le Professeur J. DEBELMAS et le Maître de Conférence C. KERKHOVE pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée dans l'étude tectonique.

../..

- G. BUFFET pour m'avoir initié à la technique de l'analyse factorielle et pour tout l'effort que cela lui a coûté.

- Messieurs V.G. GERARD et J. VERNET d'avoir bien voulu faire partie de ce jury.

- Les habitants du village de la Croix-sur-Roudoule et de Léouvé, et plus particulièrement M. et Mme BEGUE, M. L. GLANIS, M. et Mme PONCE ainsi que le très chaleureux maire de la Croix: J. JACQUES pour le très bon climat social dont j'ai bénéficié lors de mes campagnes de terrain.

- Monsieur V.B. MANIGAULT du B.R.G.M. que j'ai rencontré à Léouvé et avec qui j'ai eu un fructueux entretien.

- P. BORDET pour les renseignements qu'il m'a fournis lors de son passage à l'Institut Dolomieu en 1975.

- Tout le personnel technique et administratif de l'Institut Dolomieu et plus particulièrement M. et Mme REVOL pour l'aide et l'amitié qu'ils m'ont accordées au cours de ma thèse.

Je voudrais faire une mention spéciale à ma cousine Marie-Agnès CAMARA à qui je dois la frappe de cette thèse.

Enfin, je remercie M. COLLOMB de l'imprimerie de la Bibliothèque universitaire des Sciences de Grenoble d'avoir accepté l'impression de cette thèse.

S O M M A I R E

- <u>AVANT - PROPOS</u>	
- <u>HISTORIQUE DES TRAVAUX</u>	3
- <u>CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE</u>	3
- <u>BUT DU TRAVAIL</u>	4
<u>P R E M I E R E P A R T I E</u>	5
<u>C H A P I T R E I - E T U D E S T R A T I G R A P H I Q U E</u>	6
A - <u>LE PERMIEN</u>	6
1) LE FACIES DES "PELITES ROUGES"	6
2) LE FACIES GRESEUX ET CONGLOMERATIQUE DE LEOUVE	7
B - <u>LE TRIAS</u>	7
1) LE TRIAS INFERIEUR	7
- LES ARKOSES BLANCHES	8
- LES "PELITES" ROUGES DU TRIAS	8
2) LE TRIAS MOYEN (Muschelkalk s. lat.)	8
<u>C H A P I T R E II - E T U D E T E C T O N I Q U E</u>	9

D E U X I E M E P A R T I E ----- 11

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

C H A P I T R E I - PALEOGEOGRAPHIE DU BASSIN ET SON EVOLUTION -----

INTRODUCTION ----- 12

A) ANALYSE SEQUENTIELLE ----- 13

1) METHODE ----- 13

2) LES FAITS ----- 13

a) LE PERMIEN ----- 13

b) LE WERFENIEN

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE ----- 13

B) STRUCTURES SEDIMENTAIRES ----- 19

a) PERMIEN INFERIEUR "PELITES ROUGES" ----- 19

b) PERMIEN SUPERIEUR : FACIES DE LEOUVE ----- 19

c) LE WERFENIEN INFERIEUR ET MOYEN ----- 19

d) LE WERFENIEN SUPERIEUR : ARKOSES ROUGES ----- 20

C H A P I T R E II - RECHERCHE DE L'AGENT DE DEPOT FINAL : ANALYSES

GRANULOMETRIQUES ----- 21

1) METHODES ----- 22

2) LES FAITS ----- 23

a) LE PERMIEN

b) LE WERFENIEN

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE ----- 40

C H A P I T R E III - RECHERCHE DES AGENTS DE TRANSPORT ----- 41

A) METHODES ----- 42

1) MORPHOMETRIE DES GALETS ----- 42

2) MORPHOMETRIE DES GRAINS DE QUARTZ ----- 42

B) LES FAITS ----- 43

1) MORPHOMETRIE DES GALETS DU CONGLOMERAT WERFENIEN ----- 43

2) MORPHOMETRIE DES GRAINS DE QUARTZ ----- 54

C) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE ----- 63

C H A P I T R E IV - RECHERCHE DE LA PROVINCE DISTRIBUTRICE ET DU TYPE

DE ROCHES SUSCEPTIBLES D'AVOIR FOURNI LES MATERIAUX

A) LES FIGURES DIRECTIONNELLES ----- 66

B) ANALYSE PETROGRAPHIQUE ----- 66

1) ETUDE MICROSCOPIQUE ----- 66

2) LES FAITS ----- 68

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE ----- 86

C) LES MINERAUX ACCESSOIRES ----- 86

1) METHODES ----- 86

2) LES FAITS ----- 86

a) CORTEGES MINERALOGIQUES DU PERMIEN ----- 88

b) CORTEGES MINERALOGIQUES DU WERFENIEN ----- 94

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE ----- 94

<u>C H A P I T R E V - RECONSTITUTION DES CLIMATS</u>	<u>97</u>
1) TENEUR EN MICAS ET FELDSPATHS	98
2) NATURE MINERALOGIQUE DES ARGILES	101
3) COULEURS DES ROCHES	102
 <u>T R O I S I E M E P A R T I E - ETUDE GEOCHIMIQUE ET CONCLUSIONS</u>	
<u>GENERALES</u>	<u>105</u>
<u>INTRODUCTION</u>	<u>106</u>
 <u>C H A P I T R E I - LES METHODES</u>	<u>107</u>
A) <u>PREPARATION DES ECHANTILLONS</u>	<u>108</u>
1) BROYAGE	108
2) MISE EN SOLUTION	108
B) <u>MESURES</u>	<u>108</u>
 <u>C H A P I T R E II - HISTOGRAMMES DE FREQUENCES DES ELEMENTS</u>	<u>109</u>
A) <u>LES FAITS</u>	<u>110</u>
- FIGURES	
B) <u>CONCLUSION ET INTERPRETATION</u>	<u>110</u>
 <u>C H A P I T R E III - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES OU ANALYSE</u>	
<u>FACTORIELLE</u>	<u>117</u>
A) <u>PRINCIPE</u>	<u>118</u>

B) <u>TABLEAUX</u>	
- PROJECTION ET QUALITE DE LA REPRESENTATION DES COMPOSANTES PRINCIPALES	120
- MATRICE DES COEFFICIENTS (r) DE CORRELATION LINEAIRE ENTRE ELLEMENTS CHIMIQUES	121
C) <u>ETUDES DES GRAPPES SIMPLIFIEES OU DENDOGRAMMES</u>	<u>121</u>
FIGURES	
1) CORRELATIONS POSITIVES	121
2) CORRELATIONS NEGATIVES	121
3) CONCLUSION ET INTERPRETATION	124
D) <u>ETUDE DES 5 PRINCIPAUX FACTEURS OU AXES</u>	<u>124</u>
TABLEAUX	
1) SIGNIFICATION DES AXES	124
a) LE WERFENIEN	124
b) LE PERMIEN	125
E) <u>PLANS DETERMINES PAR LES 3 PREMIERS AXES PRIS DEUX A DEUX</u>	<u>126</u>
1) LE WERFENIEN	126
a) LES FAITS	126
FIGURES	
b) INTERPRETATION	126
2) LE PERMIEN	130
a) LES FAITS	130
FIGURES	
b) INTERPRETATION	134
F) <u>CONCLUSION SUR LE PERMIEN ET LE WERFENIEN</u>	<u>134</u>

C H A P I T R E IV - ETUDE DES RAPPORTS D'ELEMENTS - - - - - 135

A) PRINCIPE - - - - - 136

B) LES FAITS - - - - - 136

CARTE

C) INTERPRETATION - - - - - 136

C H A P I T R E V - CONCLUSIONS GENERALES - - - - - 139

A) RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE SEDIMENTOLOGIQUE DU DOME
DE BARROT - - - - - 140

B) HYPOTHESES SUR L'ORIGINE DU CUIVRE ET DU ZINC - - - - - 141

DONNEES TECHNIQUES SUR LES DOSAGES DES ELEMENTS - - - - - 144

MESURES GEOCHIMIQUES

COORDONNEES DES DIFFERENTES COUPES - - - - - 145

LISTE DES FIGURES - - - - - 146

LISTE DES TABLEAUX - - - - - 148

ANNEXE

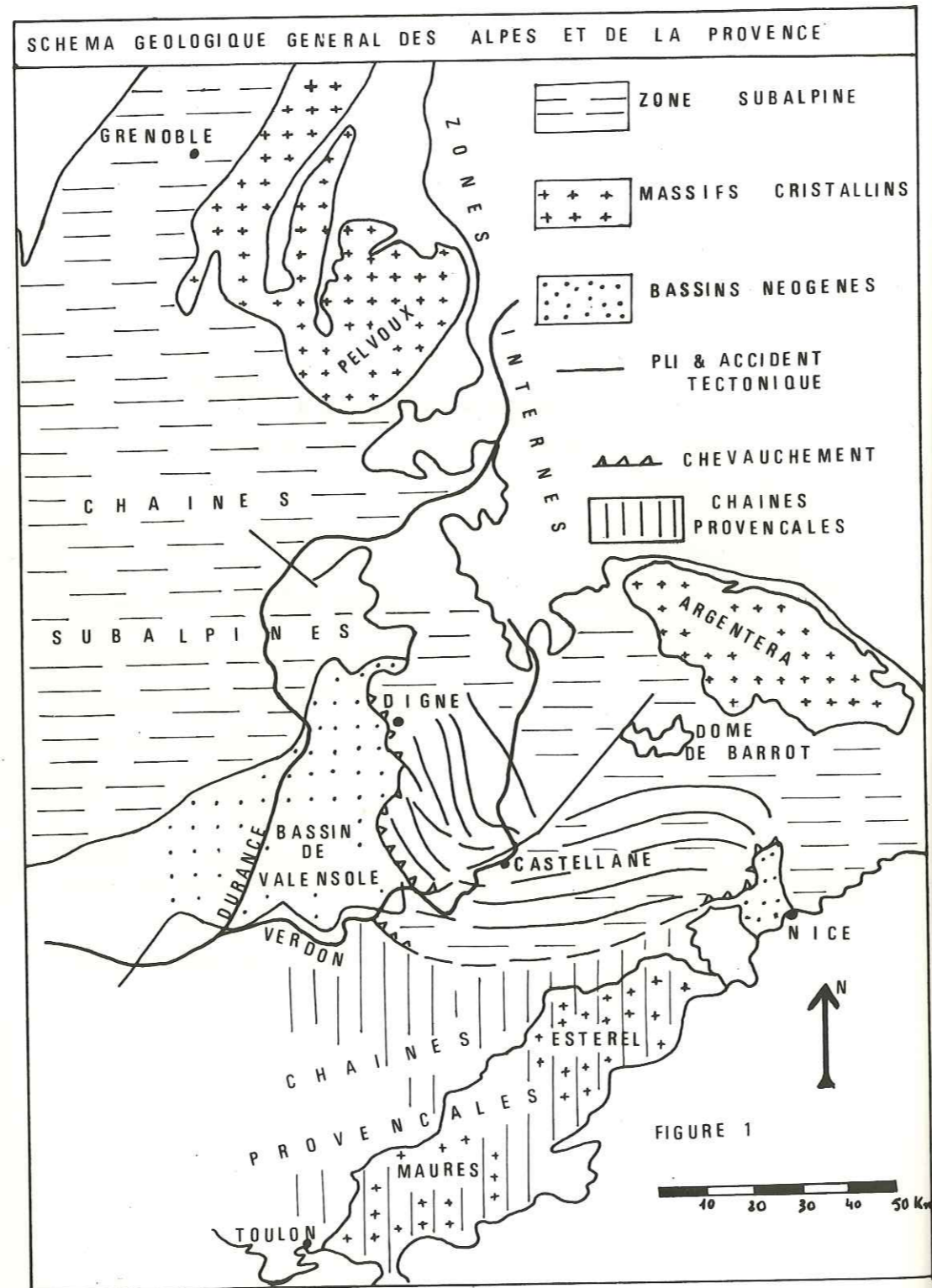
CARTE DES ISOPAQUES DES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN

CARTE DES RAPPORTS

COUPES LITHOSTRATIGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

I N T R O D U C T I O N



HISTORIQUE DES TRAVAUX

Le Dôme de Barrot si original, tant du point de vue touristique que géologique, est depuis fort longtemps parcouru par de nombreux géologues.

Les travaux les plus anciens sont dus à L. Bertrand, 1896, puis à P. Bordet, 1950. Ils se sont essentiellement attachés à l'étude de l'ensemble socle-couverture et des déformations de la couverture.

R. D. Schuiling, 1956, a fait une étude consacrée aux diaclases.

J. Vernet, 1958, a étudié d'une manière très détaillée la tectonique d'ensemble du socle. Plus récemment encore, dans le cadre des missions effectuées pour le compte de la Division SE du B. R. G. M., il faut signaler les nombreux rapports suivants :

J. Cauvin, P. Nicolini (15-9-1963) ; G. Scolari (30-6-1965) ; P. Sainfeld et J. Vernet (2-8-1962) ; Deletie Pierre (2-5-1964) ; K. Lucas, M. Oltra, L. Thomas (24-1-1964).

Enfin nous avons pu consulter les nombreuses notes manuscrites, rédigées par J. Gérard-et conservées dans le dossier aimablement prêté par P. Aicard.

CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE (Figure 1)

La cime (ou dôme) de Barrot (2137 m d'altitude) qui a donné son nom à ce massif essentiellement permien (de dimension 15 x 8 km) est située dans le SE de la France (département des Alpes Maritimes). Ses affleurements permien sont limités à l'W par les Gorges de Daluis et à l'Est par celles du Cians.

Du point de vue de la géologie régionale, il appartient à la zone subalpine de Haute Provence où il constitue une petite boutonnière située à 10 km au SW du Massif cristallin de l'Argentera-Mercantour.

Au Sud nous avons l'"Arc" de Castellane qui est l'une des chaînes subalpines de Haute Provence. Au sud de cet "Arc" de Castellane et à environ 50 km du Dôme de Barrot, commence le massif cristallin de l'Estérel.

BUT DU TRAVAIL

La stratigraphie et la tectonique du Dôme de Barrot étant déjà bien connues (Voir "Historique") et le B. R. G. M. ayant commencé l'étude des indices cuprifères des points de vue géologique et géochimique, il paraissait surtout nécessaire de compléter ces dernières recherches dans les directions sédimentologiques et géochimiques.

En effet si la minéralisation apparaissait bien "calée" du point de vue stratigraphique et si le rôle de la tectonique avait été relativement bien cerné (J. Vernet 1958), il paraissait nécessaire d'en dégager les contrôles sédimentologiques et géochimiques.

La base de notre travail a donc consisté à lever en grand détail 16 coupes lithostratigraphiques réparties tout autour du Dôme, à mettre en oeuvre les diverses techniques sédimentologiques sur les divers faciès rencontrés et à effectuer des dosages de certains éléments. Ainsi 140 échantillons ont fait l'objet de dosages de Al_2O_3 ; CaO ; K_2O ; Na_2O ; Fe_2O_3 ; MgO ; Cu ; Zn dont les teneurs ou les valeurs de rapport seront corrolées avec celles en cuivre.

PREMIERE PARTIECHAPITRE I : STRATIGRAPHIE- ETUDE STRATIGRAPHIQUEA - LE PERMIENB - LE TRIASCHAPITRE II : TECTONIQUE- ETUDE TECTONIQUE

ETUDE STRATIGRAPHIQUE

Les travaux de P. Bordet (1950) constituent le document de base en ce qui concerne les connaissances générales sur la stratigraphie du Dôme de Barrot. Nous résumerons ici ses principales conclusions qui serviront de cadre à nos propres travaux.

A) LE PERMIEN

Le Permien est constitué d'une série extrêmement monotone de sédiments rouges dont le substratum n'affleure pas. Son épaisseur dépasse 1000M. Il se présente sous deux faciès différents.

1) Le Faciès des Pélites rouges (P. Bordet p. 4 à 7)

Il constitue la plus grande partie des sédiments permien. Ces "pélites" se présentent sous forme d'un sédiment massif, rouge vif, non stratifié ou plus rarement finement lité. Ces lits ont alors une surface remarquablement luisante portant parfois la trace de gouttes de pluie ; ces pélites montrent parfois des taches vertes alignées dans le plan de stratification ou disposées le long des diaclases ou encore en auréoles circulaires autour de petites masses noires. P. Bordet (p. 4) a aussi observé des petits cylindres, formés de sable hétérogène, qui recoupent verticalement les strates sur quelques centimètres et qu'il attribue au remplissage de trous de vers. Il précise par ailleurs que ni pistes, ni empreintes de plantes n'ont été observées.

Dans ces "pélites" de petites masses grossièrement sphériques de 1 à 2 cm de diamètre, formées de calcite cristallisée en palmette et attribuées à des septaria (W. D'Illion) ont également été décrites (P. Bordet p. 5)

Nous avons repris l'étude des colorations et de ces diverses structures dans la deuxième partie de notre travail (pétrographie et couleur des roches).

L'étude au microscope des "pélites" est très décevante (P. Bordet p. 5) : les préparations sont presque toujours surchargées d'un pigment rouge intense, presque opaque, qui masque tous les détails. Le fond de la roche, constitué par un minéral impossible à identifier, présente parfois une certaine uniformité d'orientation optique (P. Bordet p. 5). Nous avons étudié,

aux R. X, la nature de cette fraction fine des roches dans le paragraphe de la pétrographie.

P. Bordet a observé dans ces "pélites" rouges une succession de bancs plus durs mis en relief par l'érosion ; il y a distingué trois types différents :

Le premier type a une épaisseur variant de quelques centimètres à quelques décimètres ; la roche qui le constitue est plus claire que les "pélites" et souvent tachée de vert (P. Bordet p. 6). La surface des bancs présente, généralement, des ripple-marks peu accentués, des craquelures de dessiccation, et un système de fissures rectilignes (P. Bordet p. 6).

Les bancs du deuxième type, roses ou violacés, épais de 1 à 2 m, sont parcourus par des fentes verticales qui les divisent en prismes réguliers (P. Bordet p. 6).

Les bancs du troisième type sont essentiellement caractérisés par le développement d'oolithes calcaires (P. Bordet p. 7).

2) Le Faciès gréseux et conglomératique de Léouvé (P. Bordet p. 7)

"Au sud du Dôme de Barrot, la partie supérieure du Permien présente des caractères différents : dans les pélites plus tendres et riches en septaria, s'intercalent des bancs de cendres volcaniques, de grès grossiers et des conglomérats à stratification irrégulière et entrecroisée". Ce niveau s'amincit rapidement vers l'W, le N et l'E. Ces conglomérats sont très riches en galets de rhyolite (80 % environ) (P. Bordet p. 7). Nous avons étudié, dans le paragraphe de la pétrographie, quelques types de galets de roche volcanique.

A côté des rhyolites, on trouve des galets de diverses variétés : grès, schistes grossiers rouges, gneiss gris, granite et quartz blanc (P. Bordet p. 7).

B) LE TRIAS

Le Trias sera présenté de la même façon que l'a fait P. Bordet (1950). Pour décrire cette série il a utilisé les termes classiques du Trias germanique.

1) Le Trias inférieur

Il comprend deux niveaux distincts :

Les Arkoses blanches (P. Bordet p. 8)

Le Trias débute par un niveau conglomératique, épais de 2 à 5 m, reposant en légère discordance sur le Permien par l'intermédiaire d'une surface ravinée. Le litage y est fortement entrecroisé.

L'essentiel des galets de ce conglomérat est formé de quartz blanc (P. Bordet p. 8). Nous y avons rencontré accessoirement quelques galets sombres qui ont été étudiés dans le paragraphe de la pétrographie (p.). Ce niveau conglomératique est surmonté par des arkoses blanches dont le litage est généralement horizontal, mais parfois entrecroisé selon un système de microcuvettes.

Les "Pélites" rouges du Trias (P. Bordet p. 9)

" A leur partie supérieure, les arkoses passent progressivement à une formation qui ressemble beaucoup au Permien par son grain, sa couleur, la présence de ripple-marks et de mud-cracks à la surface de ses bancs" (P. Bordet p. 9).

2) Le Trias moyen (Muschelkalk S. Lat.)

Les Cargneules inférieures (Anhydrit - groupe) (P. Bordet p. 10)

Reposant directement sur les pélites rouges, se trouve une formation généralement peu épaisse de cargneules jaunes qui constituent le toit des formations que nous avons étudiées. Au dessus, la série stratigraphique se poursuit par des calcaires moyens (Muschelkalk s. Str.), le Trias supérieur (Keuper), le Jurassique, le Crétacé, le Tertiaire et les formations récentes. Nous ne les avons pas décrits parce qu'ils ne rentrent pas dans le cadre de nos travaux.

ETUDE TECTONIQUE

Elle a été soigneusement étudiée par J. Vernet (1958) auquel nous renvoyons le lecteur pour le détail des structures, nous contentant de rappeler ici les traits essentiels du style de cette région.

En dépit d'une légère discordance du Werfénien sur le Permien, l'ensemble permo-werfénien est très homogène du point de vue mécanique et peut être considéré comme un tout dont le comportement s'oppose à celui de la couverture sus-jacente grâce aux évaporites d'un Trias moyen et supérieur.

La déformation du Permo-Werfénien montre les caractères suivants :

a) Une déformation générale en dôme allongé, de grand axe E-W, un peu dissymétrique (bordure S à SE un peu plus raide).

b) Cette déformation, assez souple si l'on examine l'ensemble du Dôme, se résout en fait, dans le détail, au jeu de très nombreuses failles, de faible rejet, délimitant une série de gradins. Ces failles sont particulièrement visibles dans le niveau grés-conglomératique du Werfénien inférieur, qui est le plus résistant de la série. On les suit assez bien dans le Permien sous-jacent, par contre elles s'effacent assez vite dans les pélites du Werfénien supérieur avec lesquelles commencent d'ailleurs les niveaux de dysharmonie entre la couverture sédimentaire mésozoïque et le socle ancien.

Ces failles appartiennent à 2 types :

a) Dans les parties profondes et orientales du Dôme, les failles sont associées à des zones broyées, et délimitent des compartiments plus ou moins ployés en voûtes surbaissées. Il s'agit donc de failles de compression.

b) Dans les parties plus superficielles et occidentales du Dôme, les fractures sont au contraire des failles normales, et sont associées à des gradins non déformés. Le tout traduit un régime de distension dominant, qui est certainement un corollaire du régime de compression régnant en profondeur vers l'E et le SE.

On peut compléter les considérations générales de J. Vernet sur la tectonique d'ensemble du Dôme de Barrot par les remarques suivantes :

a) La bordure W du Dôme est sensiblement parallèle à l'important faisceau d'accidents du Var qui, selon une direction proche de SW-NE se suit de la région de Castellane jusqu'au N du Dôme de Barrot où il semble disparaître.

b) Des failles satellites SW-NE de ce faisceau affectent même le Permien en rive droite des Gorges de Daluis. D'après la carte géologique 1/50.000 Puget-Théniers, tout un réseau de failles, NE-SW à ENE-WSW, a été tracé ; certaines doivent prendre en écharpe tout le Dôme et le découper en une série de larges lanières ;

c) D'autres failles, de direction NW-SE, de plus faible ampleur que les précédentes, mais sans doute conjuguées à elles, sont indiquées dans la partie occidentale de la carte 1/50.000 Puget-Théniers.

En tout cas il faut bien préciser ici que nous n'avons pas procédé au relevé systématique des divers plans de cassures ayant affecté les formations permienes et werféniennes du Dôme de Barrot et, qu'en conséquence, nous ne traiterons pas ultérieurement du contrôle tectonique (S. lat.) éventuel des minéralisations cuprifères.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

CHAPITRE I : PALEOGEOGRAPHIE DU

BASSIN ET SON EVOLUTION

A - ANALYSE SEQUENTIELLE

B - STRUCTURES SEDIMENTAIRES

I N T R O D U C T I O N

Nous avons entrepris l'étude sédimentologique des formations Permo-Werfénienues du Dôme de Barrot en vue de :

- 1) Reconstituer la paléogéographie du bassin et son évolution durant cette période : l'analyse séquentielle et l'étude des structures sédimentaires ont fourni une bonne réponse à cette question.
- 2) Rechercher l'agent de dépôt final : mer, fleuve ou torrent sur plaine alluviale, glacis ou bassin deltaïque ? La réponse est donnée par l'analyse granulométrique de chacun des types de sédiments observés.
- 3) Rechercher l'agent de transport et d'usure qui peut être, ou non le même que celui du dépôt final. Pour cela nous avons effectué l'analyse morphométrique des galets et de la fraction arénitique de nos conglomérats et arkoses.
- 4) Rechercher la province d'origine des sédiments ; l'étude des figures directionnelles, les analyses pétrographiques et l'analyse des minéraux lourds nous y ont conduit.
- 5) Reconstituer les climats ; pour cela nous avons étudié la teneur des arkoses en micas et feldspaths, la nature minéralogique des argiles ainsi que la couleur des roches.

PALEOGEOGRAPHIE DU BASSIN ET SON EVOLUTION

A) ANALYSE SEQUENTIELLE

1) METHODE

Convenablement menée, l'analyse séquentielle permet de caractériser le bassin de sédimentation, d'en préciser la nature (bassin deltaïque, paralique, ou profond), de reconstituer son évolution dans le temps (ouverture, épanouissement et fermeture). Elle permet également de préciser la proximité ou l'éloignement de la zone d'apport.

La méthode est classique (A. Lombard, 1965 et 1972). Nous l'avons appliquée à 16 coupes réparties sur l'ensemble du bassin de sédimentation.

2) LES FAITS

Ils sont traduits sous forme de tableaux. (I-II)

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

a) Pélites rouges du Permien inférieur

Le Permien inférieur est constitué par des séquences rythmiques, monotones, de sédiments fins, rouges et d'aspect massif, sans litage apparent. Sur le terrain, ces séquences ne peuvent être individualisées que lorsqu'elles s'achèvent par des niveaux plus fins et verdâtres. Nous pensons qu'il s'agit d'une sédimentation tranquille dans un bassin fermé.

b) Faciès conglomératique de Léouvé du Permien supérieur

La partie supérieure du Permien est formée, au SSW par un faciès conglomératique qui s'amincit très rapidement au NNE. Cette sédimentation est caractérisée par une alternance de séquences saccadées positives dominantes et de séquences saccadées négatives accessoires ; ceci indique une tendance à l'ouverture du bassin permien marqué, cependant, par une sédimentation continentale.

Les séquences positives sont constituées de mégarythmes (1 à 3,3 m) eux mêmes formés de rythmes décimétriques (30 à 90 cm). Ces rythmes sont formés à leur base d'arkoses conglomératiques (à galets de quartz, rhyolite, grès remanié). Ces gros bancs d'arkoses conglomératiques correspondent à des chenaux de dimensions variées ; ainsi à Léouvé, entre l'ancienne école et la ferme Cotton, nous avons observé un paléochenal

T A B L E A U I ANALYSE STRATONOMIQUE DES ARKOSES DU PERMIEN

Coupes lithostratigraphiques	Epaisseur mesurée de la coupe (en m)	Nombre de rythmes	X (en m)	C. S. R.	y (en cm)		Situation géographique
					x (en cm)	z (en cm)	
X	25	19	1,31	0,80	131	450	S
V	48,30	29	1,66	18,3	166	500	S
I	36	28	1,28	2,75	128	330	SW
J	49,30	28	1,76	3,87	176	500	S
A	52	45	1,15	2,05	115	370	SW
B	105,8	66	1,60	6,72	160	350	SW
C	40	31	1,29	3,79	129	250	W
31	50	40	1,25	1,28	125	320	W
32	46	33	1,39	0,76	139	350	W
D	76,6	46	1,66	1,68	166	700	SW
G	36,5	20	1,82	0,58	182	630	W
E	49	31	1,58	0,93	158	400	W
P	22	11	2,0	0,69	200	500	NW
N	48,8	36	1,35	1,26	135	350	W
K	27	16	1,68	0,04	168	450	NW
Q	68,8	46	1,49	0,92	149	400	N
R	46	30	1,53	1,20	153	400	N
M	49	38	1,30	0,44	130	300	N
L	46,70	32	1,46	0,76	146	300	N
T	34	21	1,62	0,48	162	400	NW
U	34,3	25	1,37	0,06	137	300	NE
S	23,5	17	1,38	0,09	138	250	NE

orienté SE-NW. Le sommet des rythmes, marqué par une sédimentation fine, silteuse et parfois argileuse, de coloration verdâtre, montre assez fréquemment des fentes de dessiccation (mud-cracks) caractéristiques des bassins continentaux peu profonds.

ETUDE DES VARIATIONS DU C. S. R. TABLEAU : I

Les valeurs négatives du C. S. R., indiquant un certain éloignement des zones d'apport, sont essentiellement situées au NNE et accessoirement à l'WNW. Les valeurs positives du C. S. R., indiquant une certaine proximité de la province distributrice, sont essentiellement situées au SSW et accessoirement au N et à l'W. Une direction des apports SSW-NNE, peut ainsi dès maintenant être dégagée.

ETUDE DES VARIATIONS DE x, y, z TABLEAU : I

Cette étude n'a pas permis de confirmer ni d'infirmar cette hypothèse de la direction des apports.

c) La limite Permien - Werfénien

Le Permien se termine, en général, par des argilites rouges ou verdâtres, mais parfois aussi par des arkoses fines ou moyennes. Son contact avec le Werfénien correspond à une surface ravinée sur laquelle s'est effectuée la transgression werfénienne. Il s'agit donc d'un contact anormal qui marque la limite entre deux types différents de sédimentation, séparés peut-être par une période d'érosion ?

d) Les arkoses blanches werféniennes

La sédimentation est caractérisée par une suite de séquences saccadées toujours positives constituées de mégarythmes (1 à 3m) formés eux mêmes de rythmes décimétriques (30 à 90 cm) ; ceci indique une ouverture franche du bassin sédimentaire et le passage d'un milieu continental à un milieu marin.

Au sommet de la série, entre les rythmes d'arkoses blanches, s'intercalent de petits rythmes (10 à 50 cm) d'arkoses violacées, rougeâtres

T A B L E A U II ANALYSE STRATONOMIQUE DES ARKOSES DU WERFENIEN						
Légende						
- C. S. R. : clastic - shale - ratio						
- z : épaisseur minimum des rythmes						
- x : épaisseur moyenne des rythmes						
- y : épaisseur maximum des rythmes						
Coupes lithostratigraphiques	Epaisseur mesurée du Werfénien (en m)	Nombre de rythmes	Epaisseur moyenne des rythmes (en m)	C. S. R.	x y (en cm) z (en cm)	Situation géographique
P	23,70	22	1,08		108 200 50	NW
X	11,50	15	0,80		80 150 50	S
31	11,50	15	0,77		77 120 70	W
C	10,30	14	0,73		73 150 40	W
E	13	16	0,81		81 150 20	W
G	20,60	21	0,98		98 200 50	W
S	31,30	34	0,92	20	92 200 30	NE
K	23	21	10,9	24,5	109 170 100	NW
32	13,50	16	0,84		84 200 70	W
J	14	20	0,70		70 150 25	S
I	31	30	1,03		103 300 30	SW
U	41	45	0,91	15,48	91 170 50	NE
T	41	44	0,93	16,16	93 170 30	NE
V	24	26	0,92		92 200 30	S
N	22,80	24	0,95	56	95 200 60	NW
M	25	22	1,14		114 210 60	N
L	18,50	18	1,01		101 200 50	N
R	29	26	1,11	31	111 240 50	NE
A	34,50	34	1,01		101 270 30	SW
D	16	15	10,6		106 170 50	W
Q	20	18	1,11	32	111 225 50	N
B	20,30	18	1,12		112 225 50	SW

ou beiges dont on étudiera plus loin la signification paléoclimatique (p.102).

ETUDE DES VARIATIONS DU C. S. R. TABLEAU : II

Ces variations indiquent, également, une direction d'apport SSW - NNE.

Variations d'épaisseur mesurée entre les arkoses rouges du Permien et celles du Werfénien (tableau : III). L'épaisseur des arkoses blanches présente des variations importantes qui ne semblent pas être d'origine tectonique (J. Vernet 1958). Nous avons donc pensé les lier à la paléogéographie du Permien terminal et du début de la transgression werfénienne.

La carte des isopaques révèle que, loin d'être plane, l'aire sédimentaire était accidentée de petits bassins séparés par de faibles reliefs ou seuils : figure : annexe

e) Les arkoses rouges du Werfénien

Les arkoses blanches du Werfénien passent, progressivement, à une sédimentation rouge-violacé fine, et monotone, qui rappelle les pélites rouges permienes. Comme au Permien, nous avons observé des petits niveaux verdâtres qui terminent certains rythmes. Au dessus de ces arkoses rouges, reposent les cargneules et calcaires (Trias moyen) et gypse (Trias supérieur). Nous pensons que ces arkoses rouges correspondent à une période régressive de la sédimentation werfénienne dans un bassin relativement confiné.

f) En résumé le Permien inférieur (faciès "Pélites rouges") correspond à l'ouverture du bassin sédimentaire sur lequel s'installe un régime de chenaux divagants.

Le Werfénien inférieur (conglomératique) et moyen (arkoses blanches) correspond à la transgression et à l'ouverture franche du bassin sédimentaire : installation d'un milieu marin.

Le Werfénien supérieur (arkoses rouges) correspond à une période régressive et au passage à un bassin relativement fermé.

CLASSEMENT PAR ORDRE CROISSANT DES C. S. R. DES ARKOSES DU PER- MIEN				TABEAU III	CLASSEMENT PAR ORDRE CROISSANT DE L'ÉPAISSEUR DES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN			
Coupes lithos- trati- graphiques	$\begin{matrix} y \\ \swarrow \text{en cm} \\ x \\ \searrow \text{en cm} \\ z \\ \text{en cm} \end{matrix}$	C. S. R.	Situa- tion géogra- phique	Affleu- rement	Épais- seur totale (en m)	$\begin{matrix} y \\ \swarrow \text{en cm} \\ x \\ \searrow \text{en cm} \\ z \\ \text{en cm} \end{matrix}$	Situa- tion géogra- phique	
K	168 < $\begin{matrix} 450 \\ 30 \end{matrix}$	0,04	NW	C	10,30	73 < $\begin{matrix} 150 \\ 40 \end{matrix}$	W	
U	137 < $\begin{matrix} 300 \\ 50 \end{matrix}$	0,06	NE	31	11,5	77 < $\begin{matrix} 120 \\ 70 \end{matrix}$	W	
S	138 < $\begin{matrix} 250 \\ 30 \end{matrix}$	0,09	N	E	13	81 < $\begin{matrix} 150 \\ 20 \end{matrix}$	W	
M	130 < $\begin{matrix} 300 \\ 50 \end{matrix}$	0,44	N	32	13,5	84 < $\begin{matrix} 200 \\ 70 \end{matrix}$	W	
T	162 < $\begin{matrix} 400 \\ 60 \end{matrix}$	0,48	NW	J	14	70 < $\begin{matrix} 150 \\ 25 \end{matrix}$	S	
G	182 < $\begin{matrix} 630 \\ 30 \end{matrix}$	0,58	W	X	16	80 < $\begin{matrix} 150 \\ 50 \end{matrix}$	S	
P	200 < $\begin{matrix} 500 \\ 30 \end{matrix}$	0,69	NW	D	16	106 < $\begin{matrix} 170 \\ 50 \end{matrix}$	SW	
L	146 < $\begin{matrix} 300 \\ 50 \end{matrix}$	0,76	N	L	18,5	101 < $\begin{matrix} 200 \\ 30 \end{matrix}$	N	
32	139 < $\begin{matrix} 350 \\ 20 \end{matrix}$	0,76	W	Q	20	111 < $\begin{matrix} 225 \\ 50 \end{matrix}$	N	
X	131 < $\begin{matrix} 450 \\ 50 \end{matrix}$	0,80	S	B	20,30	112 < $\begin{matrix} 225 \\ 50 \end{matrix}$	SW	
Q	149 < $\begin{matrix} 400 \\ 50 \end{matrix}$	0,92	N	G	20,60	98 < $\begin{matrix} 200 \\ 50 \end{matrix}$	W	
E	158 < $\begin{matrix} 400 \\ 30 \end{matrix}$	0,93	W	N	22,8	95 < $\begin{matrix} 200 \\ 30 \end{matrix}$	NW	
R	153 < $\begin{matrix} 400 \\ 50 \end{matrix}$	1,20	NE	K	23	109 < $\begin{matrix} 170 \\ 100 \end{matrix}$	NW	
N	135 < $\begin{matrix} 350 \\ 50 \end{matrix}$	1,26	NW	P	23,7	108 < $\begin{matrix} 200 \\ 50 \end{matrix}$	NW	
31	125 < $\begin{matrix} 320 \\ 20 \end{matrix}$	1,28	W	V	24	92 < $\begin{matrix} 200 \\ 30 \end{matrix}$	S	
D	166 < $\begin{matrix} 700 \\ 40 \end{matrix}$	1,68	SW	M	25	114 < $\begin{matrix} 210 \\ 50 \end{matrix}$	N	
A	115 < $\begin{matrix} 370 \\ 20 \end{matrix}$	2,05	SW	R	29	111 < $\begin{matrix} 240 \\ 50 \end{matrix}$	NE	
I	128 < $\begin{matrix} 330 \\ 50 \end{matrix}$	2,75	SW	I	31	103 < $\begin{matrix} 300 \\ 30 \end{matrix}$	SW	
C	129 < $\begin{matrix} 250 \\ 50 \end{matrix}$	3,79	S	S	31,3	92 < $\begin{matrix} 200 \\ 30 \end{matrix}$	NE	
J	176 < $\begin{matrix} 500 \\ 30 \end{matrix}$	3,87	S	A	34,5	101 < $\begin{matrix} 270 \\ 50 \end{matrix}$	SW	
B	160 < $\begin{matrix} 350 \\ 30 \end{matrix}$	6,72	SW	U	41	91 < $\begin{matrix} 170 \\ 50 \end{matrix}$	NE	
V	166 < $\begin{matrix} 500 \\ 30 \end{matrix}$	18,3	S	T	41	93 < $\begin{matrix} 170 \\ 30 \end{matrix}$	NE	

B) STRUCTURES SEDIMENTAIRESa) Le Permien inférieur : "Pélites rouges"

Les sédiments fins, sans litage apparent, et rouges du Permien inférieur ont une surface, généralement marquée par des ripple-marks de faible amplitude et des fentes de dessiccation (mud-cracks) qui les divisent en prismes polygonaux. Ces polygones montrent, parfois, une triple coloration : violette au centre, puis verdâtre, puis rougeâtre à la périphérie.

Les fentes de dessiccation (mud-cracks) sont caractéristiques d'un bassin inter ou supratidal.

La combinaison des deux caractères suivants : absence de litage entrecroisé et présence de ripple-marks indique que ces pélites se sont déposées dans un milieu de moyenne énergie.

L'acquisition de la couleur contemporaine du dépôt (p.102) indique un milieu oxydant et une sédimentation sous une faible tranche d'eau.

b) Le Permien supérieur : Faciès de Léouvé

Les passages conglomératiques du faciès de Léouvé marqués par des litages entrecroisés, montrent assez fréquemment à leur base des paléochenaux. Nous avons également observé des nodules tubulaires, traversant perpendiculairement les sédiments, dont l'étude pétrographique (p.66) a montré qu'il s'agit, très probablement, de traces d'activité d'organismes : soit terriers soit tubes d'animaux fouisseurs.

Ces structures sédimentaires sont caractéristiques d'un bassin peu profond où l'influence continentale est encore prédominante. Ces matériaux se sont déposés dans un milieu de haute énergie (litage entrecroisé) grâce à de grands chenaux divagants.

c) Le Werfénien inférieur et moyen

Le conglomérat du Werfénien inférieur est marqué, à sa base, par des ripple-marks de grande amplitude. Surmontant ce conglomérat, les arkoses blanches du Werfénien moyen présentent une structure entrecroisée caractéristique d'un système de microcuvettes très serrées. Sur certaines

coupes, nous avons observé une alternance de rythmes à litage entrecroisé et de rythmes à litage horizontal.

Au Werfénien, après la période transgressive, s'installe un bassin deltaïque dans lequel se déposent les arkoses blanches, sous un régime de haute énergie grâce à des chenaux divagants responsables des litages entrecroisés en système de microcuvettes. Dans ce bassin, l'influence marine, sans être prédominante sur l'influence continentale, est cependant de plus en plus marquée. La couleur blanche des arkoses et la faible abondance des carbonates (pétrog. p. 66) indiquent que la circulation des eaux y était relativement libre.

d) Le Werfénien supérieur : arkoses rouges

Les arkoses rouges du Werfénien supérieur sont, de nouveau, marquées par des ripple-marks et des mud-cracks. Nous pensons que ces sédiments se sont mis en place dans un milieu semblable à celui du Permien à faciès "Pélites rouges" c'est-à-dire un domaine supratidal, relativement confiné.

CHAPITRE II

RECHERCHE DE L'AGENT DE DEPOT FINAL :

ANALYSES GRANULOMETRIQUES

1 - METHODES

2 - LES FAITS

3 - INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

1 - METHODES

Le mode de dépôt final, qu'il s'agisse de conglomérats, de sables ou de limons, est révélé d'une part par la granulométrie (fréquence des grains de différentes dimensions), d'autre part par la disposition des galets (inclinaison et orientation) enfin par la nature des litages.

Le choix de la technique granulométrique utilisée dépend du degré d'induration du sédiment et de la dimension moyenne des éléments : les principales techniques utilisées, pour chacune des grandes classes de roches qui nous intéressent ici, sont : pour les lutites (diamètre des particules inférieure à 0,04 mm), argiles et limons, nous avons utilisé la sédimentométrie : densimétrie (S. Mériaux 1954) et balance à sédimentation.

- Pour les sédiments meubles, sables, graviers et grès tendres, (diamètre compris entre 0,04 et 5 mm), nous avons utilisé le tamisage à l'eau sur série de tamis Afnor (de raison $\sqrt[10]{10} = 1,259$); poids de départ de l'échantillon 200 g.

- Pour les grès indurés (essentiellement les arkoses blanches du Werfénien) nous avons utilisé le tamisage virtuel linéaire effectué au microscope sur lame mince taillée dans un plan parallèle à la stratification.

Nous avons calculé les indices numériques suivants :

$$Qdphi \text{ de krumbein : } \frac{Q_1 + Q_3}{2}$$

Hétérométrie de Cailleux (Hé)

$$\text{Coefficient de mauvais triage ou "Sorting Index" de Trask : } (So) = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$$

$$\text{Coefficient d'asymétrie (S) = } \frac{Q_1 + Q_3}{(Q_2)^2}$$

Nous avons déduit le classement (ou tri) d'un sédiment de la pente des courbes granulométriques et des indices qui en découlent. Si la pente est forte le sédiment est dit bien classé, bien trié ou homométrique. Si au contraire la pente est faible, le sédiment est dit mal classé, mal trié ou hétérométrique.

Les courbes canoniques de Rivière (A. Cailleux 1959 t. 1. p. 158) permettent de rendre toutes les courbes cumulatives directement comparables entre elles. Par ailleurs il existe une relation entre ces courbes de Rivière et le coefficient d'asymétrie (S) :

- Si l'asymétrie est voisine de 1 : le mode coïncide avec la médiane et, en même temps, la courbe de Rivière est logarithmique : il s'agit de sédiments évolués provenant d'un dépôt qui s'est effectué par excès de charge à la suite de la diminution progressive de la compétence du fluide transporteur.

- Si l'asymétrie est positive ($S > 1$), le classement maximum est du côté des fins ; en même temps, la courbe de Rivière est hyperbolique : il s'agit de sédiments éoliens ou de sédiments marins déposés par décantation ou par lévigation au milieu d'un bassin assez vaste.

- Si l'asymétrie est négative ($S < 1$), le classement est maximum du côté des grossiers ; en même temps la courbe de Rivière est parabolique : il s'agit de sédiments déposés dans des eaux agitées peu profondes, soit torrentiels, soit marins côtiers.

2) LES FAITS

Ils sont traduits sous forme de tableaux d'indices, de courbes de fréquence cumulée, de courbes de fréquence simple.

Le diagramme de Doeglas permet de classer les échantillons en groupes dimensionnels d'après la valeur de leur médiane.

Diagramme de Doeglas (figure 2)

Ce diagramme montre qu'aussi bien dans le Permien que dans le Werfénien, les sédiments, quelle que soit leur taille, contiennent un fort pourcentage d'éléments grossiers par rapport aux éléments fins.

La province distributrice n'est pas très éloignée.

Tableaux des indices numériques : IV

a) Sédiments fins : médiane $\leq 0,18$ mm

- Permien

Hé : varie de 0,52 à 0,70

Qdphi : varie de 0,87 à 0,91

So : varie de 1,85 à 2,65

S : varie de 0,31 à 0,77

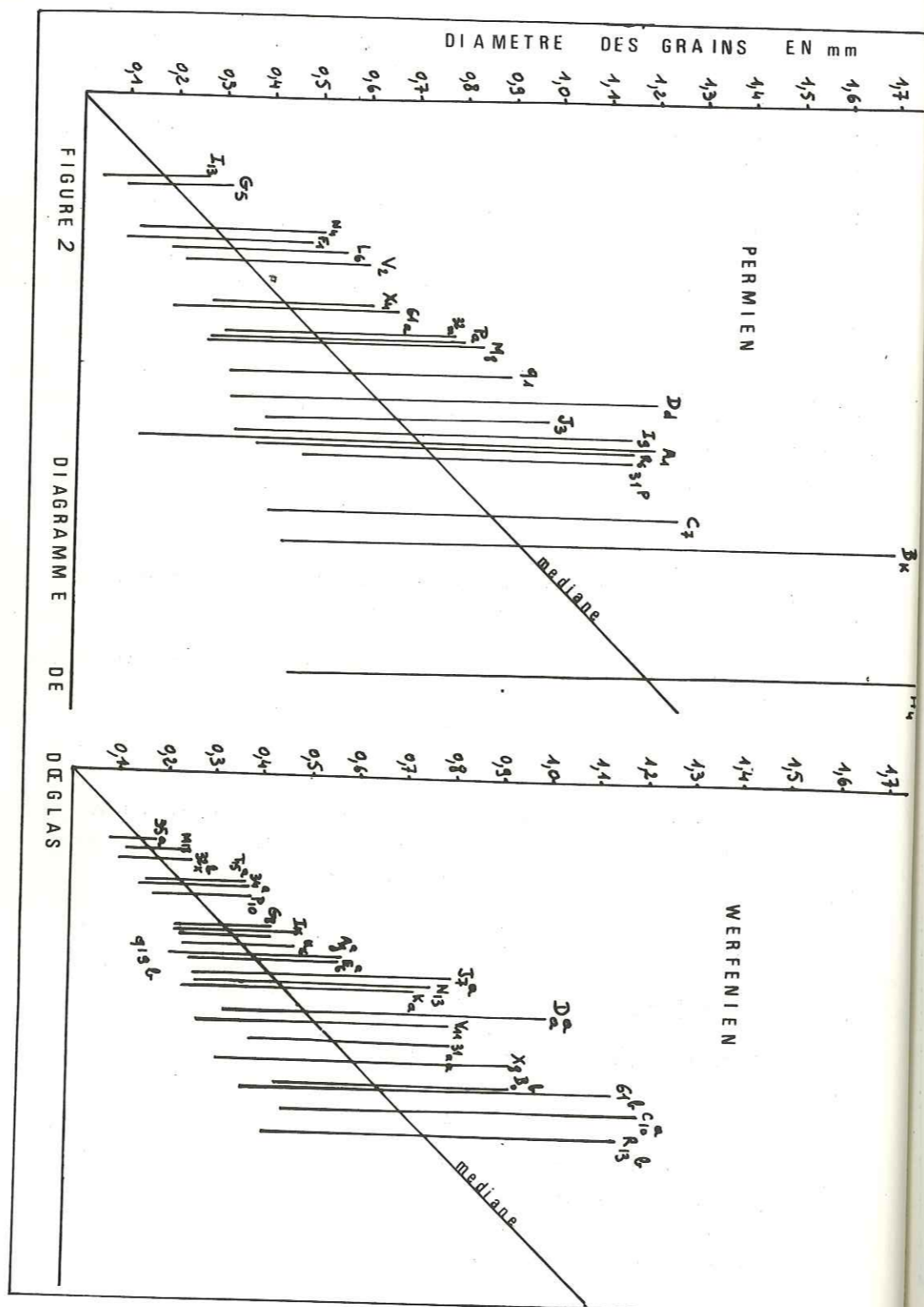


FIGURE 2
DIAGRAMME DE
DEGLAS

Conclusion : il s'agit de sédiments mal classés, hétérométriques et très peu évolués.

- Werfénien

Hé : varie de 0,40 à 0,50 avec une médiane de 0,45
 Qdphi : varie de 0,52 à 0,65 avec une médiane de 0,55
 So : varie de 1,43 à 1,58 avec une médiane de 1,47
 S : varie de 0,73 à 0,95 avec une médiane de 0,85

Conclusion : il s'agit de sédiments bien classés, homométriques et peu évolués.

b) Sédiments moyens : médiane comprise entre 0,20 et 0,50 mm

- Permien

Hé : varie de 0,52 à 0,92 avec une médiane de 0,65
 Qdphi : varie de 0,61 à 1,67 avec une médiane de 0,85
 So : varie de 1,52 à 3,05 avec une médiane de 1,79
 S : varie de 0,26 à 1,06 avec une médiane de 0,84

Conclusion : il s'agit de sédiments mal classés, hétérométriques et très peu évolués.

- Werfénien

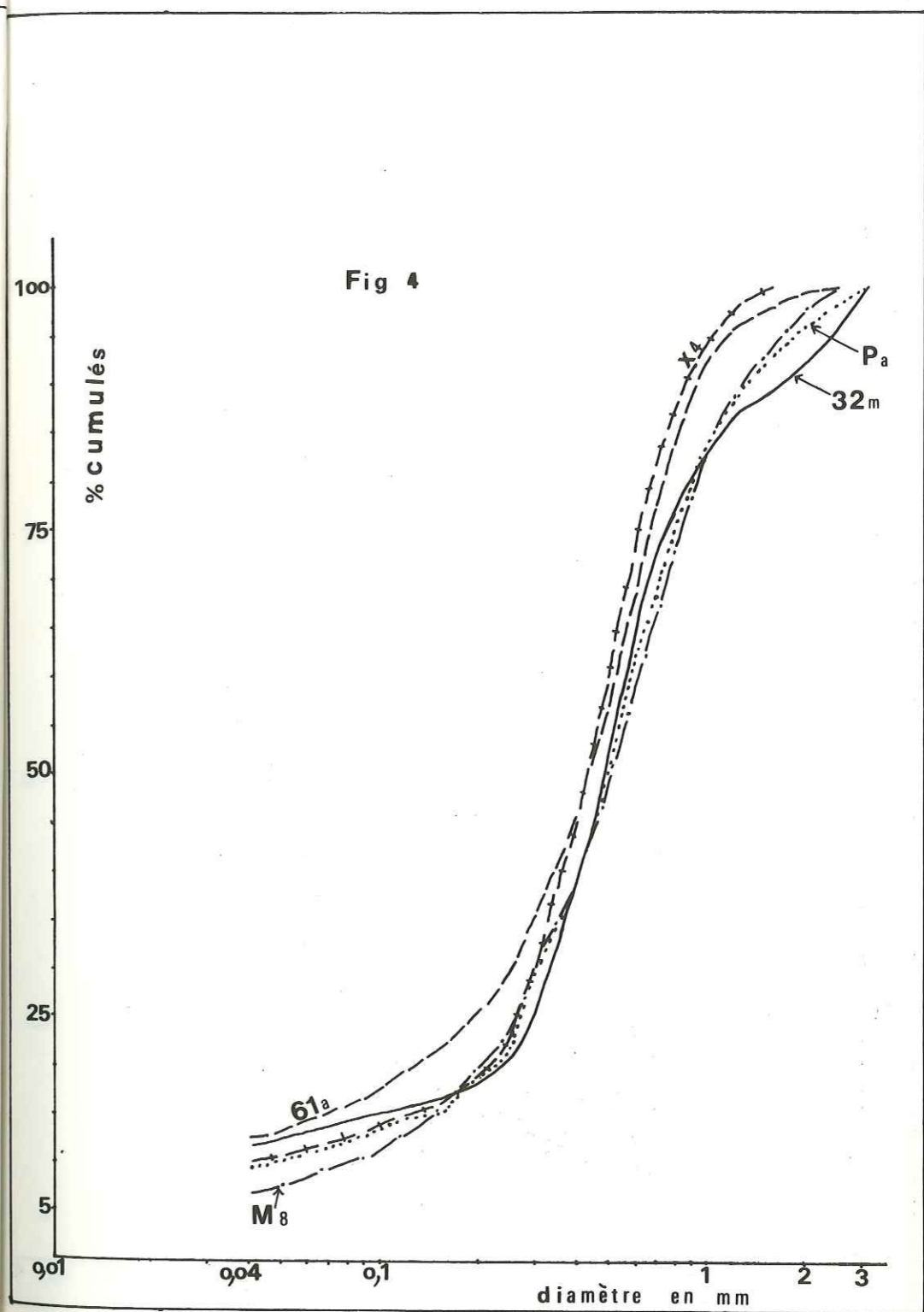
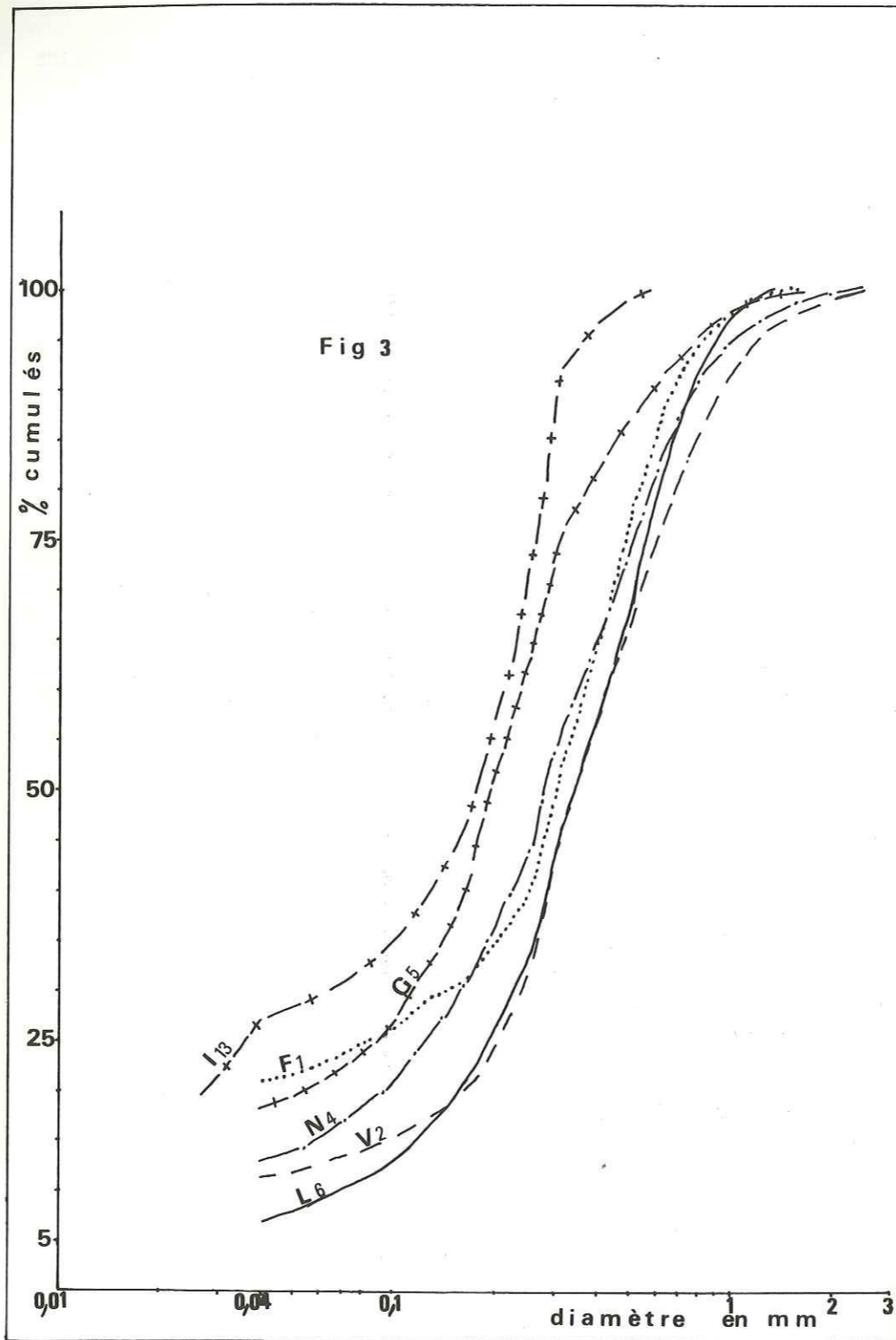
Hé : varie de 0,30 à 0,75 avec une médiane de 0,53
 Qdphi : varie de 0,42 à 0,85 avec une médiane de 0,70
 So : varie de 1,35 à 1,77 avec une médiane de 1,60
 S : varie de 0,21 à 1,28 avec une médiane de 0,91

Conclusion : il s'agit de sédiments assez bien classés, homométriques et assez bien évolués.

c) Sédiments grossiers : médiane supérieure à 0,50 mm

- Permien

Hé : varie de 0,75 à 1,00 avec une médiane de 0,83
 Qdphi : varie de 0,87 à 1,05 avec une médiane de 1,05



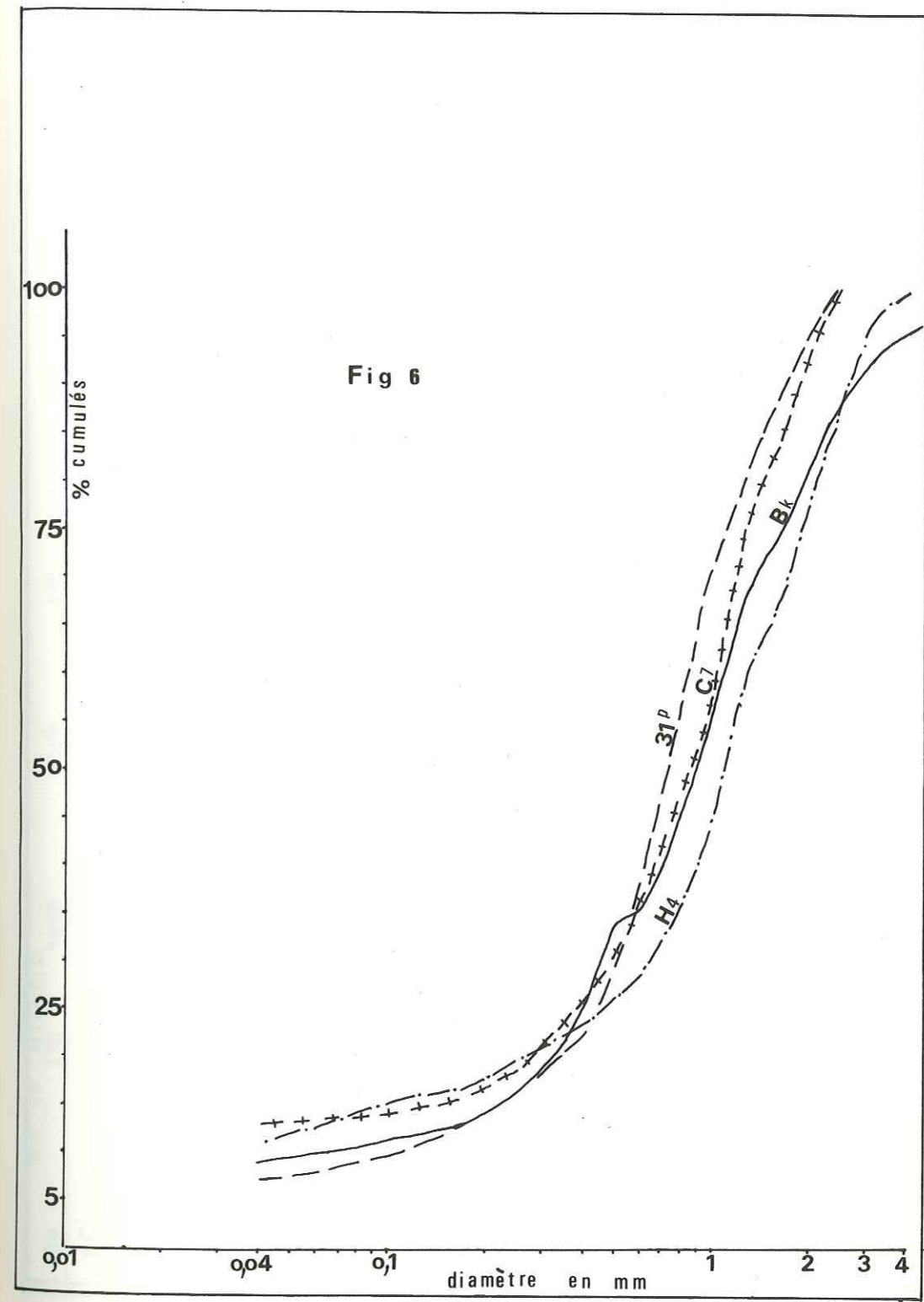
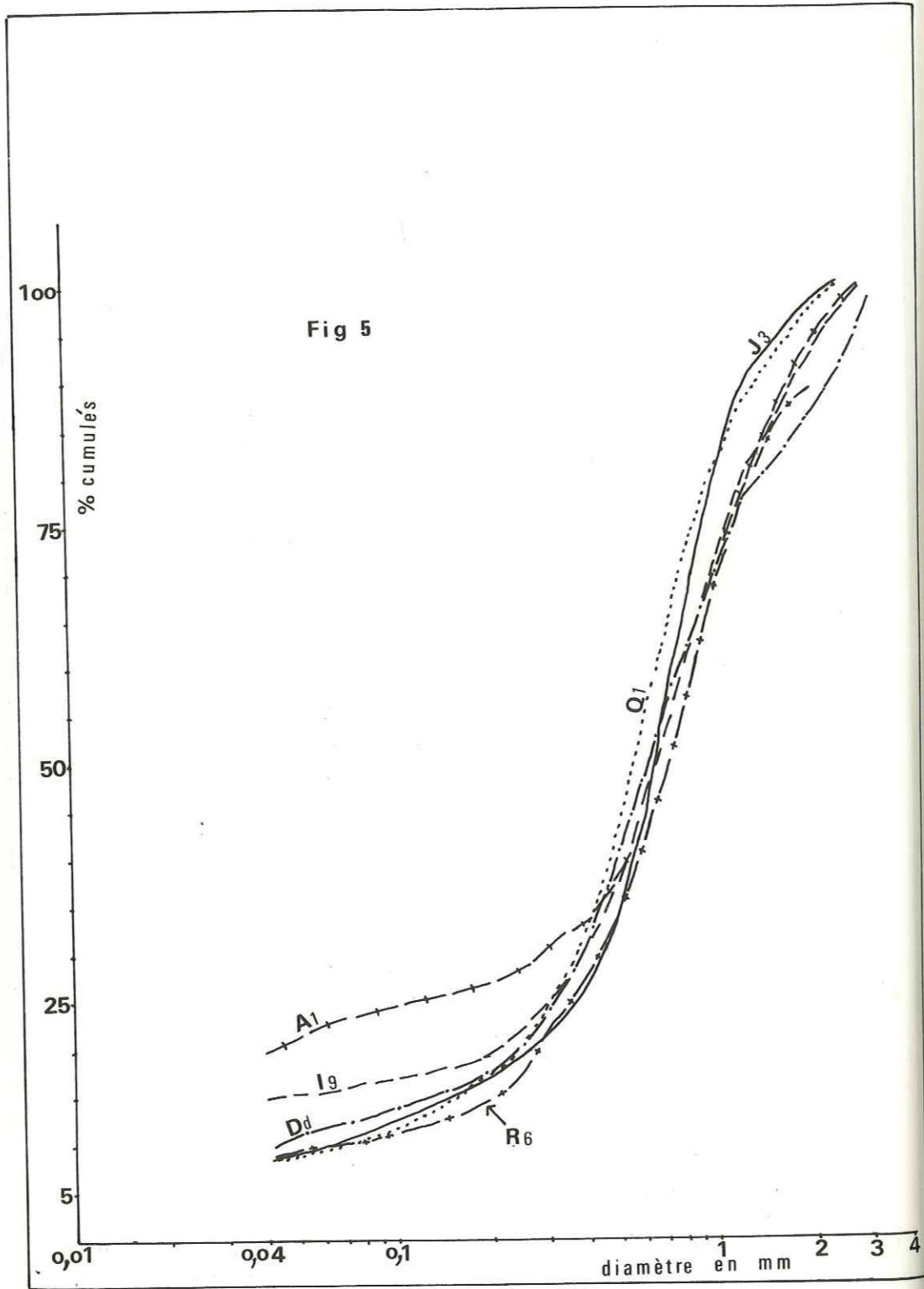


Fig 8

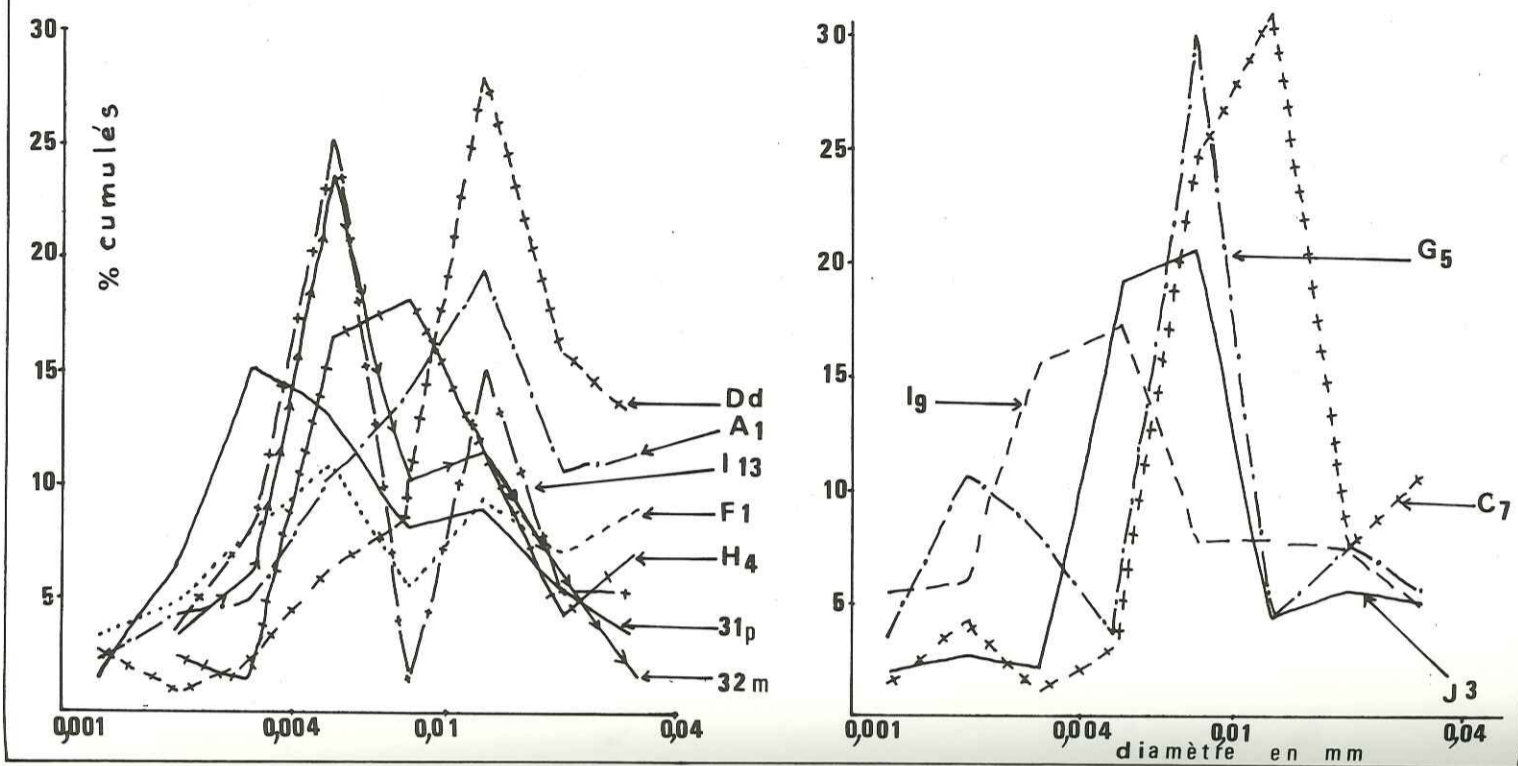
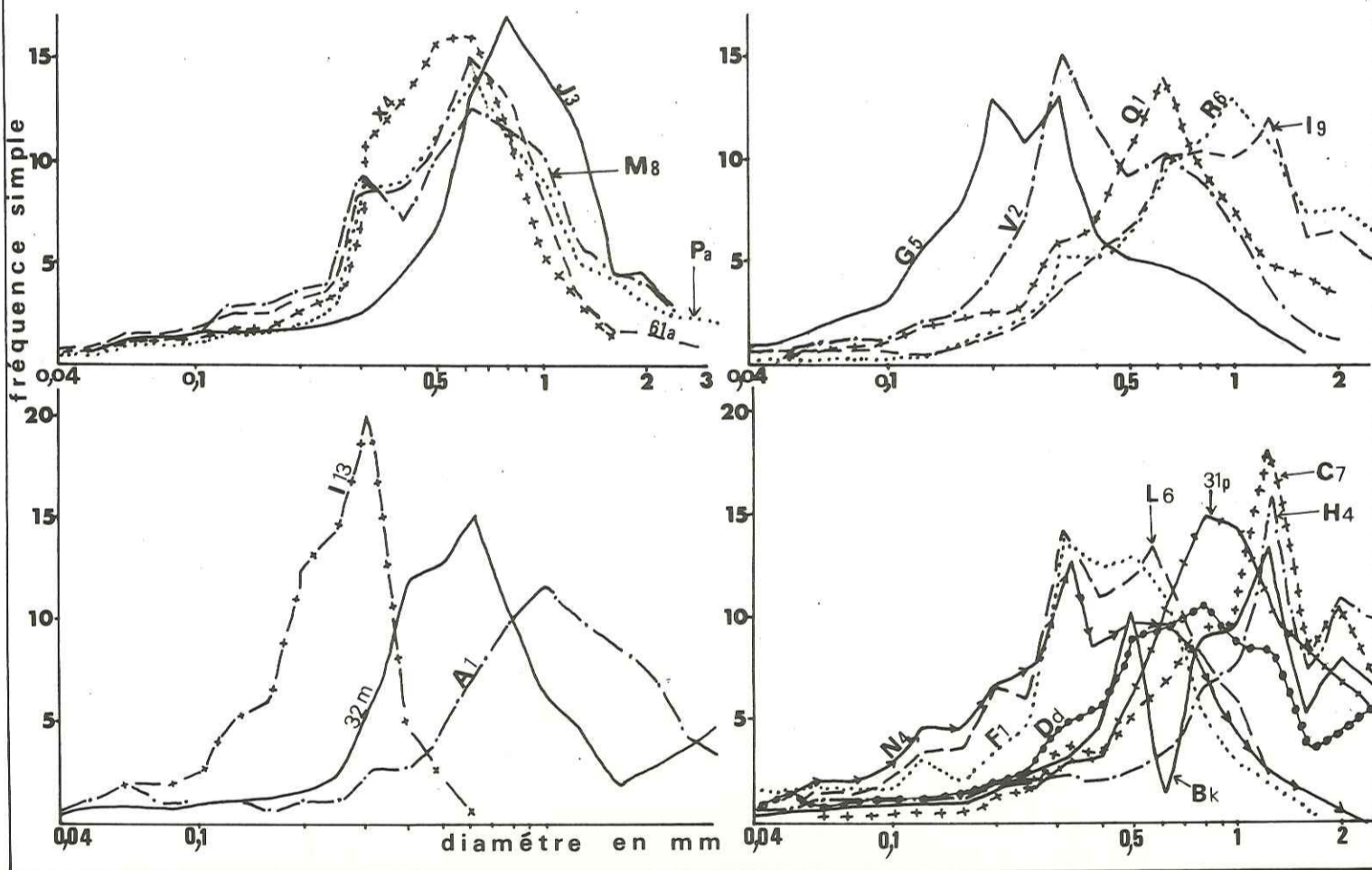


Fig 7



T A B L E A U IV
CLASSIFICATION DES MEDIANES DES COURBES
GRANULOMETRIQUES DES SEDIMENTS DU PERMIEN

Echan-til-lons	Médiane	Qdphi	Hé	So	S	Modes		Situa-tion géogra.
						P	S	
I ₁₃	0,175	0,87	0,52	2,65	0,31	0,315	-	SW
G ₅	0,19	0,91	0,70	1,85	0,77	0,200 0,315	-	W
N ₄	0,28	1,10	0,90	2,04	0,76	0,315	0,500 0,63 0,125	NW
F ₁	0,30	1,22	0,65	2,31	0,48	0,315	0,500 0,125	W
L ₆	0,32	0,75	0,65	1,70	1,02	0,315	0,63 0,20	N
V ₂	0,34	0,77	0,85	1,69	1,06	0,315	0,63	S
X ₄	0,43	0,61	0,52	1,52	0,87	0,500 0,63	-	S
61a	0,44	0,92	0,62	1,86	0,65	0,63	0,315	S
31 _m	0,49	0,70	0,60	1,62	0,95	0,63	-	W
Pa	0,50	0,80	0,66	1,72	0,86	0,63	0,315	NW
H ₈	0,51	0,85	0,74	1,80	0,86	0,63	0,315	N
Q ₁	0,57	0,77	0,60	1,70	0,84	0,63	0,315	N
D _d	0,63	0,95	0,85	1,89	0,84	0,80	0,315 1,25	SW
J ₃	0,67	0,67	0,52	1,61	0,81	0,80	1,25	S
I ₉	0,70	0,95	0,75	1,88	0,73	1,25	0,63	SW
A ₁	0,72	1,67	0,92	3,05	0,26	1,00	-	NW
R ₆	0,72	0,85	0,70	1,79	0,79	1,00	0,315	NE
31 _p	0,75	0,67	0,60	1,56	0,89	0,80 1,00	0,200	W
C ₇	0,87	0,87	1,00	1,70	0,57	1,25	0,315 2,00	W
B _k	0,93	1,05	0,75	1,69	0,58	1,25	0,500 2,00	SW
H ₄	1,20	1,05	0,83	1,61	0,44	1,25	2,00 0,315	N

So : varie de 1,61 à 1,70 avec une médiane de 1,69

S : varie de 0,44 à 0,58 avec une médiane de 0,57

Conclusion : il s'agit de sédiments très mal classés, hétérométriques et très peu évolués.

Les différents modes (ou sources d'apports) Figure (7)

1) Permien

a) Eléments détritiques de diamètre supérieur à 40 microns

- courbes unimodales : I₁₃ - 32_m - A₁

Ces éléments proviennent d'une seule source d'apport.

- courbes bimodales : G₅ - V₂ - X₄ - 61_a - P_a - M₈ - Q₁ - J₃ - I₉ -

R₆

Ces éléments proviennent d'au moins deux sources d'apport.

- courbes plurimodales : N₄ - F₁ - L₆ - D_d - C₇ - B_k - H₄ -

Ces éléments proviennent de plusieurs sources d'apport.

b) Eléments détritiques de diamètre inférieur à 40 microns : Fig: 8

- courbes bimodales : 32_m - D_d - F₁ - A₁ - 31_p - H₄

Ces éléments proviennent d'au moins deux sources d'apport.

- courbes plurimodales : J₃ - G₅ - I₉ - C₇

Ces éléments proviennent de plusieurs sources d'apport.

2) Le Werfénien ; Fig: 13

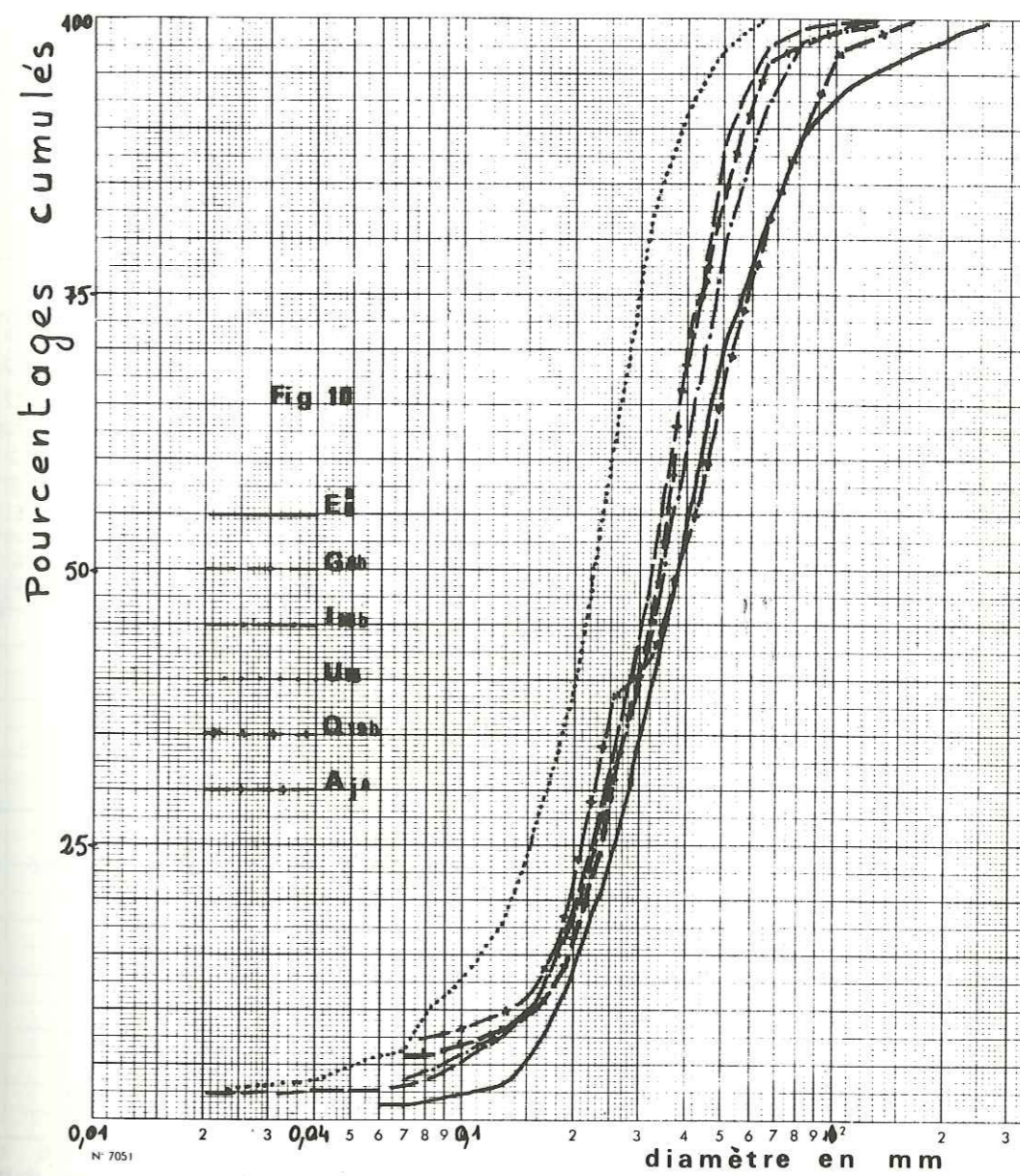
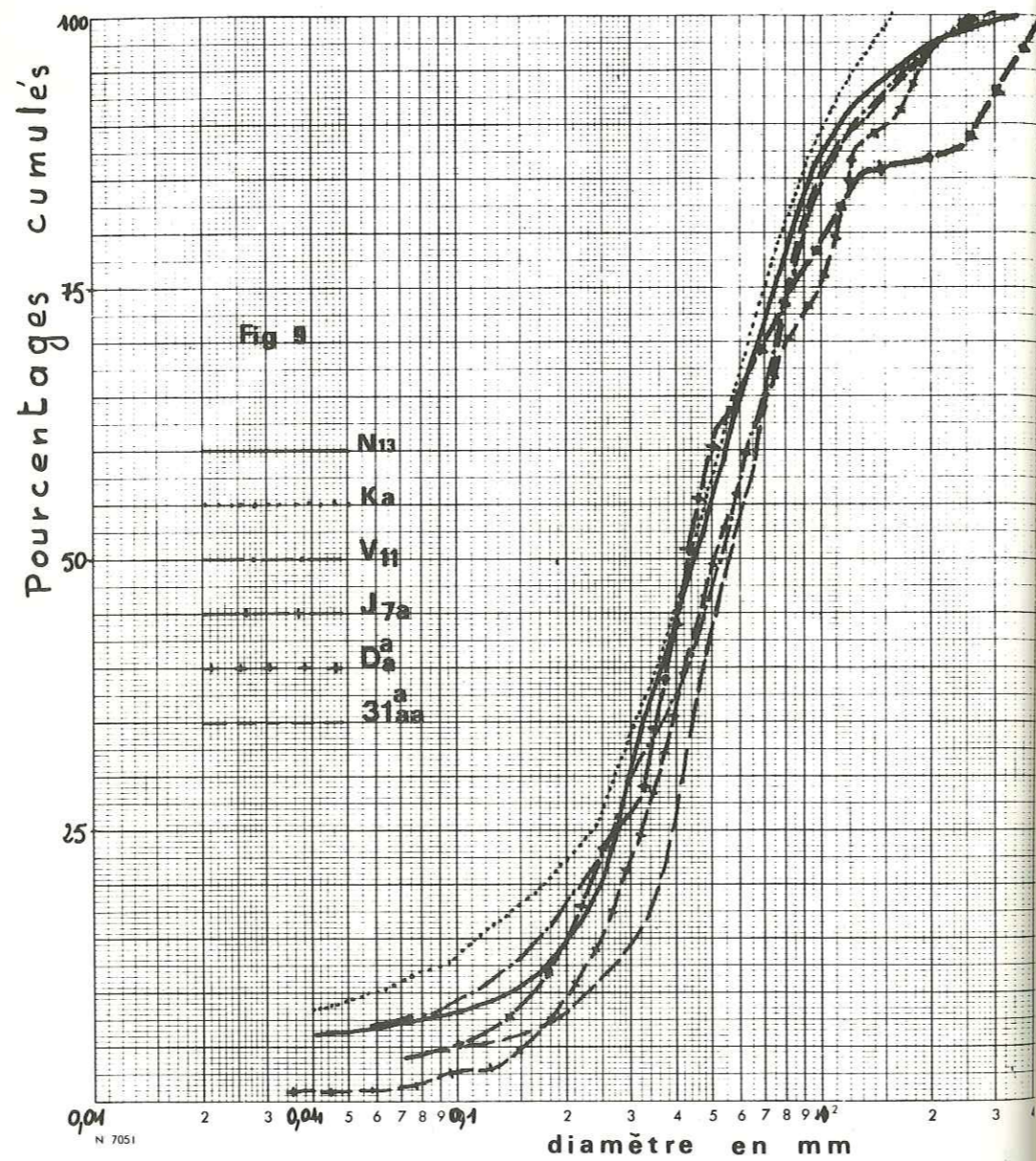
- courbes unimodales : 35_a - M_{18b} - P₁₀ - J_{7a} - Bob

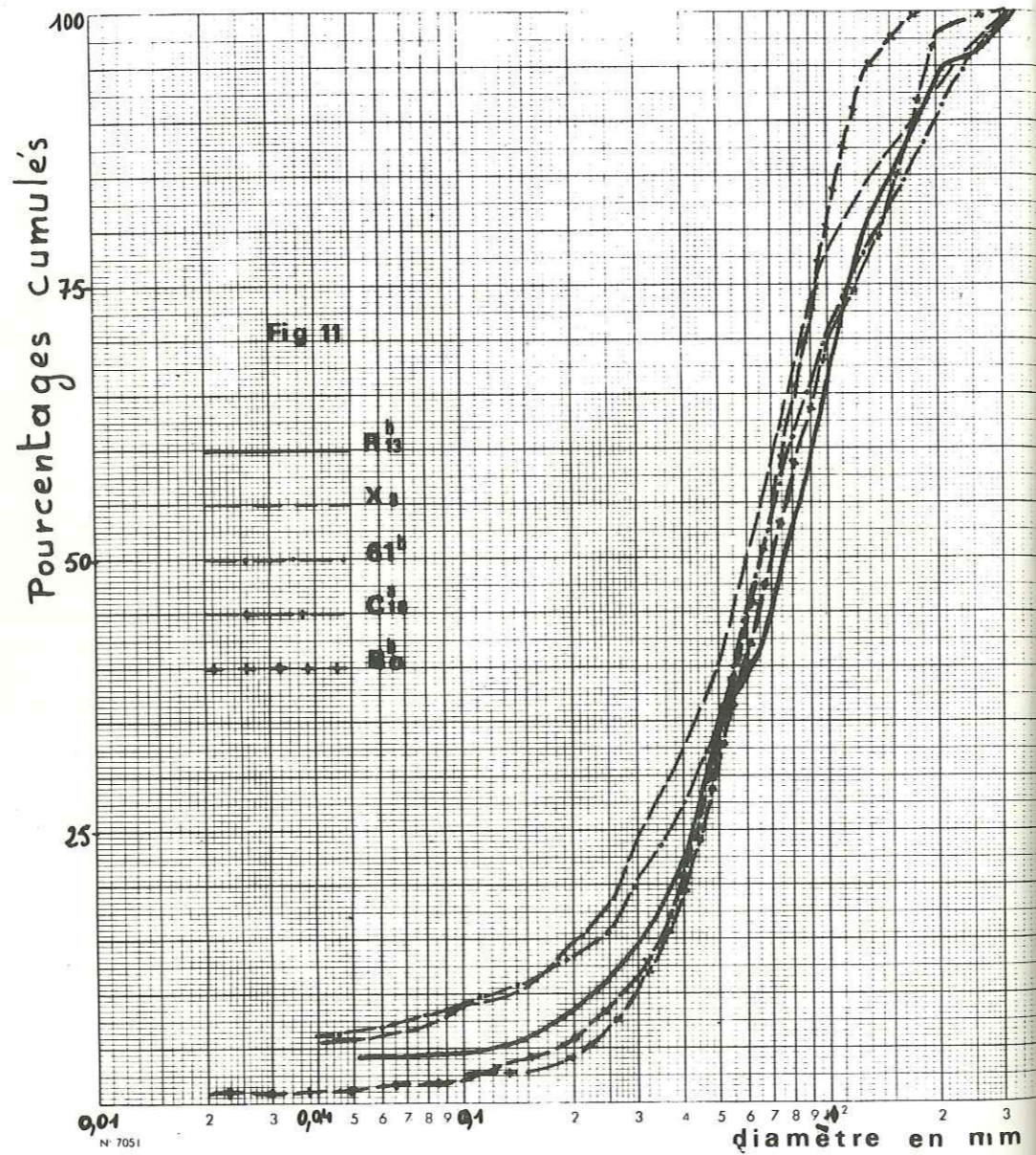
Ces éléments proviennent d'une seule source d'apport.

- courbes bimodales : 32_{xb} - G_{8b} - I_{16b} - Q_{19b} - U₁₆ - K_a - N₁₃ -

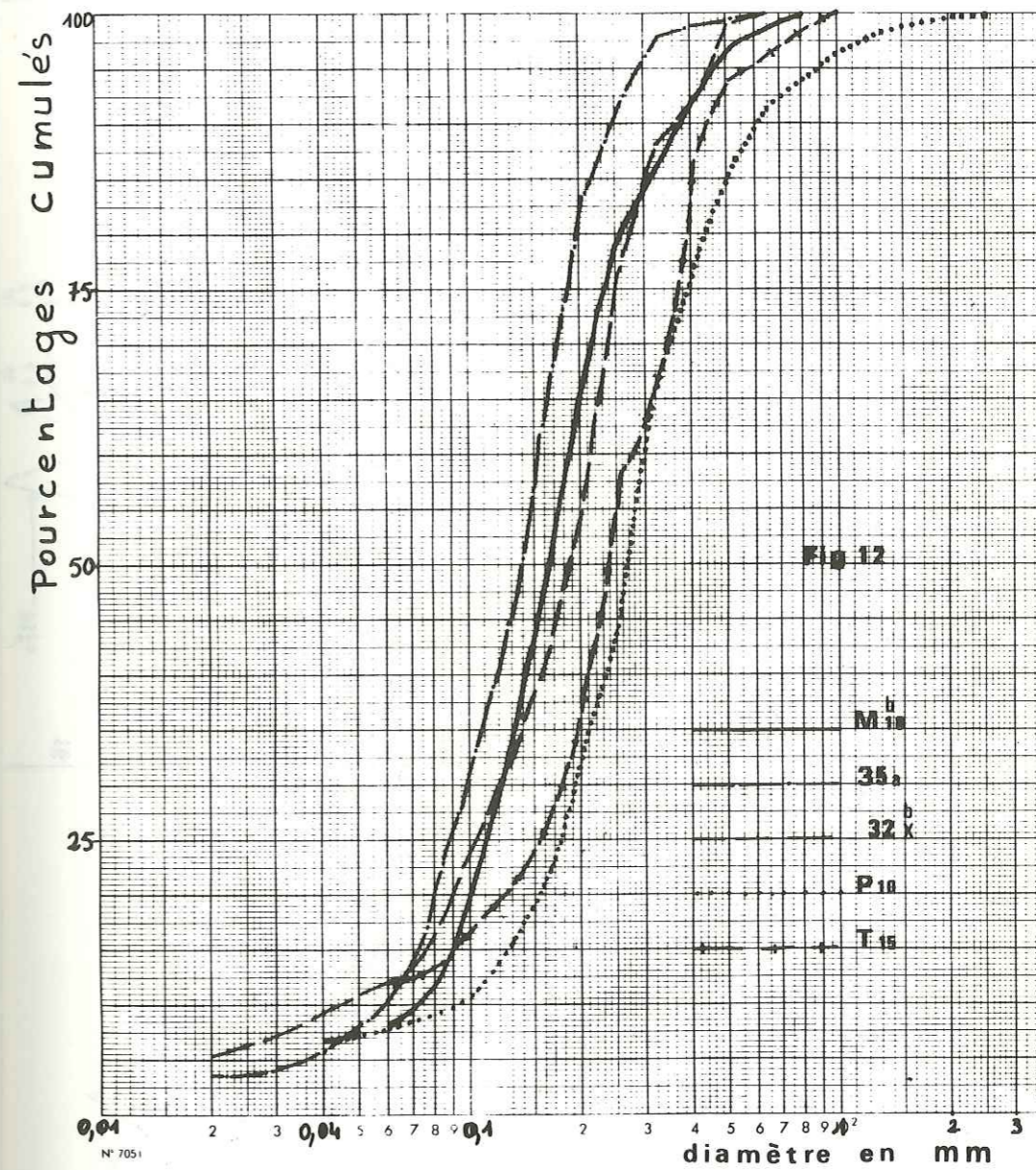
V₁₁ - X₈

Ces éléments proviennent d'au moins deux sources d'apport.

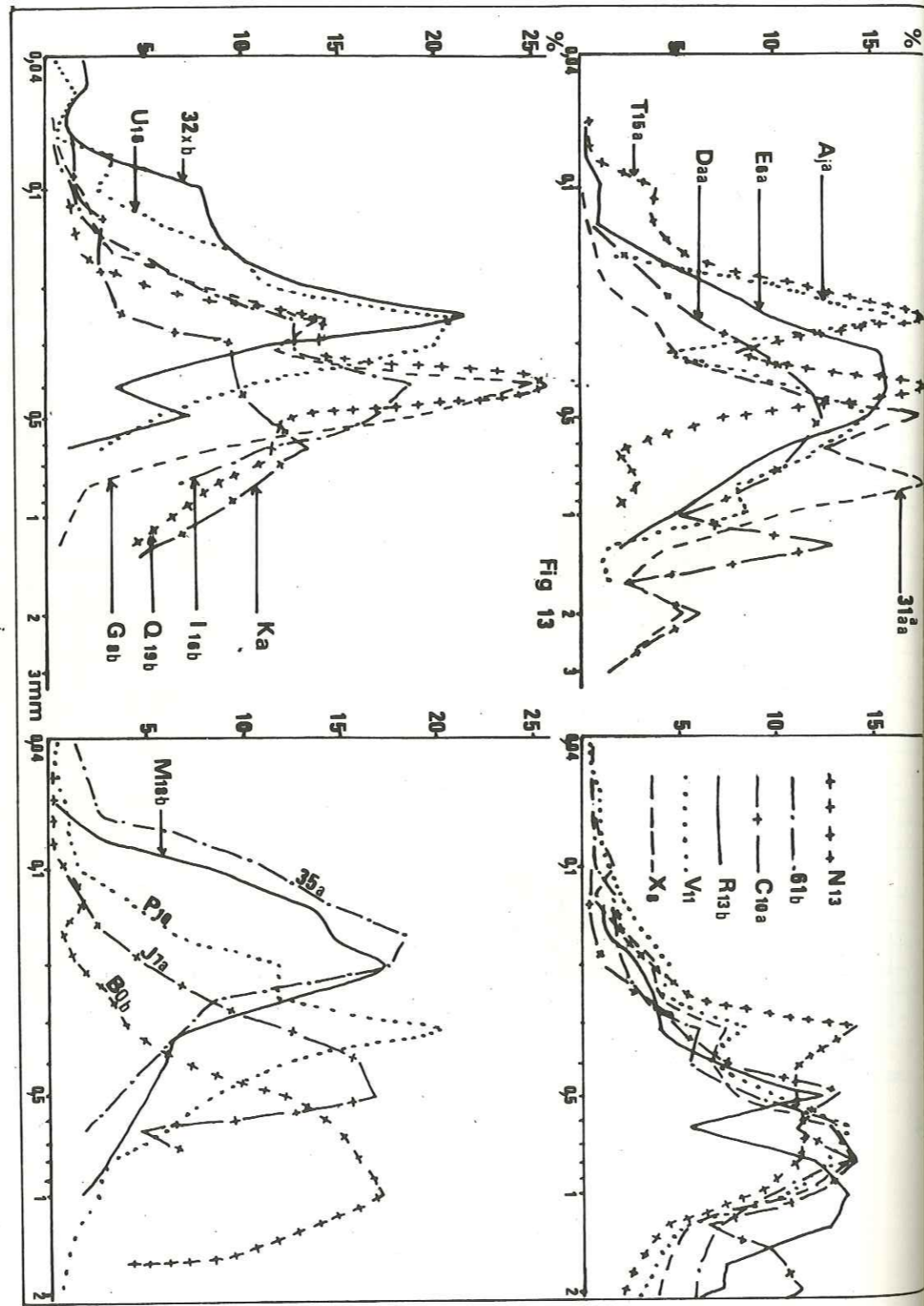




↓



↓



T A B L E A U V
CLASSIFICATION DES MEDIANES DES COURBES GRANULOMETRIQUES
DES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN

Echan-til-lons	Média-ne (en mm)	Qdphi	Hé	So	S	Modes		Situa-tion géogra.
						P (mm)	S (mm)	
35 _a	0,14	0,52	0,40	1,43	0,85	0,160		N
M _{18b}	0,16	0,55	0,50	1,47	0,95	0,200		W
32 _{xb}	0,18	0,65	0,45	1,58	0,73	0,250	0,500	W
T _{15a}	0,23	0,62	0,50	1,55	0,98	0,250 0,400	0,800	NE
34 _a	0,23	0,70	0,60	1,60	0,21	0,250	0,500 0,125	N
P ₁₀	0,26	0,58	0,45	1,50	0,96	0,315		NW
G _{8b}	0,32	0,47	0,35	1,39	0,91	0,400	0,250	W
I _{16b}	0,34	0,55	0,45	1,45	0,89	0,400	0,250	SW
Q _{19b}	0,34	0,42	0,30	1,35	0,85	0,400	0,250	N
U ₁₆	0,36	0,47	0,40	1,40	0,91	0,250	0,080	NE
A _{ja}	0,38	0,75	0,65	1,66	0,84	0,250	0,500 1,000	SW
E _{6a}	0,38	0,57	0,52	1,47	0,97	0,400	0,315 0,500	W
J _{7a}	0,42	0,82	0,50	1,76	1,17	0,500		S
K _a	0,44	0,80	0,70	1,74	0,90	0,63	0,315	NW
N ₁₃	0,44	0,75	0,75	1,67	1,05	0,315	0,63	NW
D _{aa}	0,50	0,85	0,57	1,77	1,28	0,500 1,250	2,00	W
V ₁₁	0,52	0,81	0,62	1,76	0,75	0,63	0,315	S
31 _{aaa}	0,56	0,52	0,52	1,43	0,99	0,80	0,500 2,00	W
X ₈	0,60	0,80	0,62	1,74	0,78	0,80	0,315	S
B _{0b}	0,65	0,55	0,53	1,47	0,94	1,00		SW
61 _b	0,65	0,82	0,65	1,77	0,98	0,63 0,80	0,315	S
C _{10a}	0,70	0,72	0,65	1,64	1,10	0,80	0,500 2,00	W
R _{13b}	0,75	0,75	0,65	1,68	0,84	1,00	0,500 0,250	NE

- courbes plurimodales : 3^4_a - T_{15a} - A_{ja} - E_{6a} - D_{aa} - 31_{aa}
 C $10a$ R $13b$
 Ces éléments proviennent de plusieurs sources d'apport.

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

a) Classement ou tri

Les courbes cumulatives des sédiments permiens ont une pente faible et les indices qui en découlent (Sorting Index, Hé, Qdphi) indiquent des sédiments hétérométriques mal classés, mal triés. Il s'agit de sédiments continentaux fluviatiles.

Les sédiments werféniens, par contre, ont des courbes cumulatives à pente bien redressée ; ils sont bien classés et homométriques. Il s'agit soit de dépôts côtiers soit de sédiments fluviatiles élaborés.

Il existe une certaine répartition géographique dans le tri des sédiments werféniens : les sédiments situés au N et au NE sont mieux triés que ceux situés au S et SW ; ce caractère est à rapprocher des conclusions précédentes (p.).

Au Permien cette répartition n'est pas bien nette.

b) Degré d'évolution des sédiments : (Asymétrie)

L'asymétrie des sédiments permiens est généralement négative. Il s'agit de sédiments très peu évolués ayant subi un transport peu important, ce qui nous permet de penser que la province distributrice est proche.

Les sédiments werféniens, ont une asymétrie voisine de l'unité. Il s'agit de sédiments assez bien évolués qui ont subi un transport plus important que ceux du Permien et provenant d'un dépôt effectué par diminution progressive du fluide transporteur.

c) Apports

Les courbes de fréquence simple, aussi bien celles des sédiments du Permien que celles du Werféniens, sont soit bimodales soit plurimodales et très rarement unimodales, ce qui indique une pluralité d'origine des sédiments.

En résumé, au Permien supérieur, le faciès de Léouvé est continental, de type fluviatile peu évolué et la province distributrice est proche. Au Werféniens, le faciès des conglomérats et arkoses blanches est plus évolué, du type marin côtier deltaïque.

CHAPITRE III

RECHERCHE DES AGENTS DE TRANSPORT ET D'USURE

A - METHODES

B - LES FAITS

C - INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

A) METHODES1) Morphométrie des galets

Les indices utilisés peuvent être classés en deux groupes, suivant qu'ils expriment la forme générale ou le degré d'usure qui sont les deux meilleurs critères d'appréciation de l'agent de transport et d'usure.

- Indices de forme : aplatissement, sphéricité.

- Indices d'usure : émoussé, arrondi, dissymétrie.

- Indice d'aplatissement : $A = \frac{L + l}{2E} \times 100$ (A. Cailleux et J. Tricart 1959 t. 1 p. 259) ;

- Indice d'émoussé : $I = \frac{2r_1}{L} \times 1000$ (ibid. p. 263) ;

- Indice de dissymétrie : $D = \frac{AC}{L} \times 1000$ (ibid. p. 261) ;

- Variation de (P de L/l en fonction de P de L/E (J. Y. Thébault, 1969, p. 59).

L = longueur du galet

l = largeur du galet

E = épaisseur

P = indice de triage défini par J. Y. Thébault 1969, p. 59.

2) Morphométrie des grains de quartz (A. Cailleux et J. Tricart 1959 t. 1 p. 104)

La marche à suivre pour la préparation des échantillons est la suivante : chaque échantillon de 100 grains est subdivisé en 3 lots dimensionnels : 0,3 à 0,7 mm (33 grains) ; 0,8 à 1,5 mm (34 grains) ; 1,6 à 2,0 mm (33 grains).

Indice d'émoussé $\frac{2r_1}{L} \times 1000$ (A. Cailleux 1959)

Indice d'Arrondi et Sphéricité (W. C. Krumbein, L. L. Sloss 1963) :
carte visuelle.

B) LES FAITS1) Morphométrie des galets du conglomérat werfénien

Nous avons traduit les résultats sous forme de tableaux, d'histogrammes, de courbes cumulatives, de courbes de fréquences simples, et conjugué sur un même graphique les médianes des indices d'émoussé et d'aplatissement. Les résultats obtenus portent sur 9 lots, répartis géographiquement sur l'ensemble du Dôme de Barrot, de 100 galets de quartz, de longueur moyenne 50 mm.

a) Diagramme des rapports P de L/l et P de L/E : indices de triage et d'aplatissement (figure 14a) (tableau VI)

Les valeurs de P de L/l varient de 4 à 14,7 (exceptionnellement 33) avec une médiane de 10.

Les valeurs de P de L/E varient de 4 à 17,8 (exceptionnellement 34) avec une médiane de 12,1

Ce diagramme montre deux groupes d'échantillons selon le degré de triage.

1er groupe : 23 - 3 - 61 - K - B

Il s'agit d'échantillons mal triés de type fluviatile court. Ils sont situés au SSW

2ème groupe : L - I - S - T

Il s'agit d'échantillons bien triés de type fluviatile long ou côtier fruste. Ils sont situés au NNE.

En conclusion on note un passage d'un triage de type fluviatile court (SSW) vers un triage de type fluviatile élaboré ou côtier fruste (NNE).

b) Diagramme conjugué des médianes des indices d'aplatissement et d'émoussé (A. Cailleux et J. Tricart) Figure 14b

Sur ce diagramme apparaissent, également, les deux groupes d'échantillons individualisés sur le diagramme P de L/l et P de L/E.

Il ressort de ces deux diagrammes que le sens d'apport des matériaux est du SSW vers le NNE.

c) Indice d'aplatissement : Figure (15) Tableau (VI)

Le pourcentage des galets très peu aplatis (bombés) dont l'indice est inférieur ou égal à 150 varie de 5 à 30 % avec une médiane de 25 %.

Le pourcentage des galets aplatis dont l'indice est supérieur ou égal à 250 varie de 2 à 19 avec une médiane de 17 %.

Les médianes de l'aplatissement (valeur de rang 50) varient de 167 à 201 avec une valeur médiane de 178.

Les valeurs d'aplatissement de rang 85 varient de 196 à 259 avec une médiane de 224.

Il ressort de ce tableau que le pourcentage de galets bombés (peu aplatis) est plus grand au NNE qu'au SSW.

Les courbes de fréquence simple se répartissent de la manière suivante : Fig 16

- courbes unimodales : I - 23 - K - B
- courbes bimodales : 3 - L - S
- courbes plurimodales : 61 - T

d) Indice d'émoussé : Figure (17) Tableau (VI)

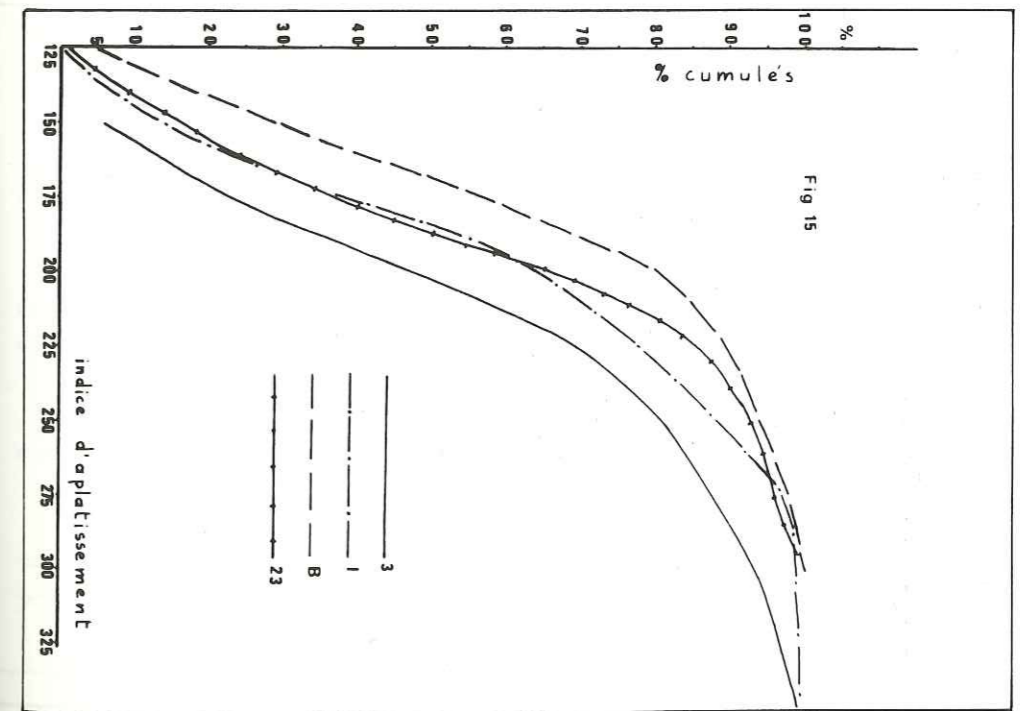
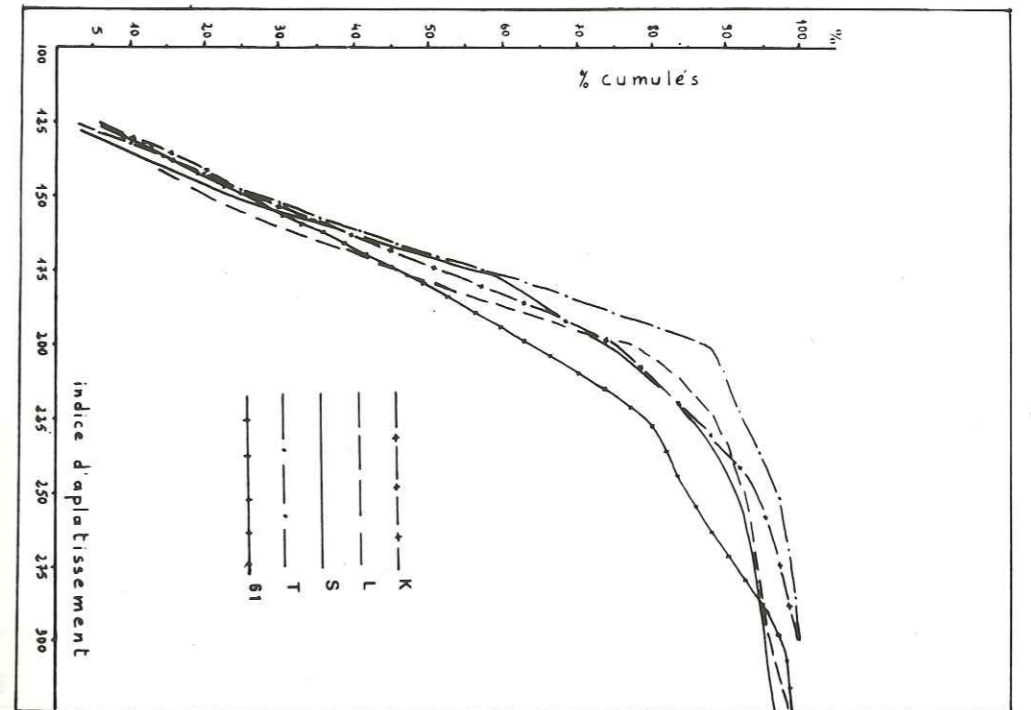
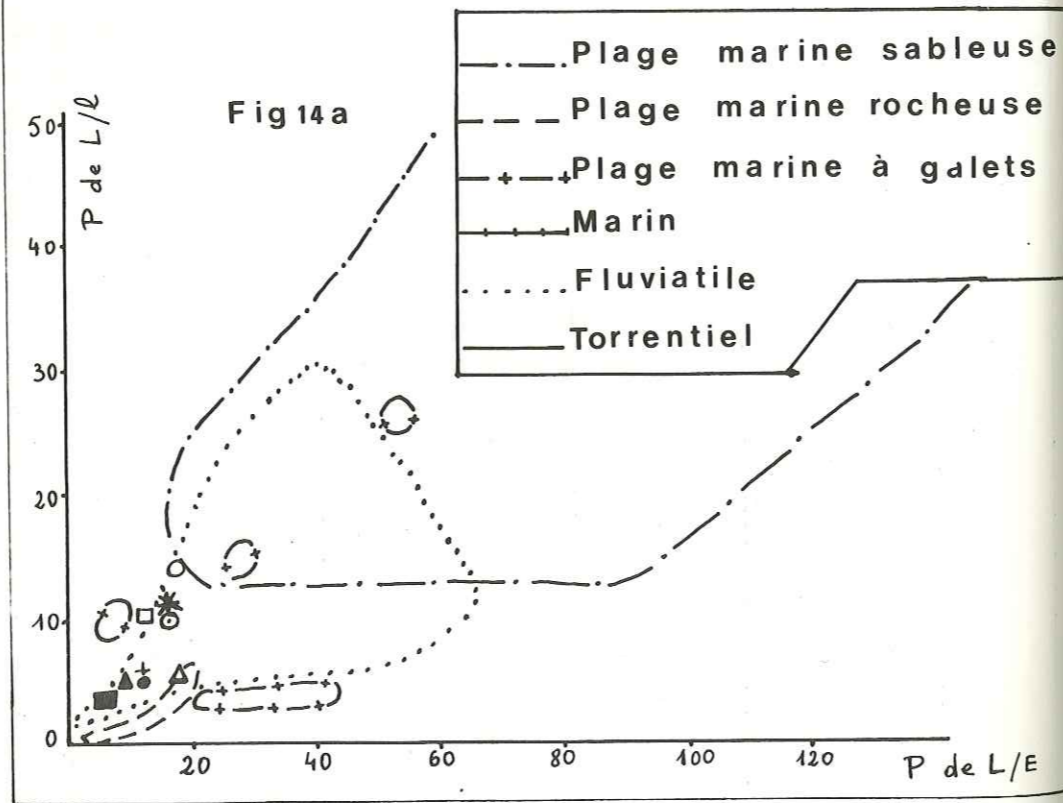
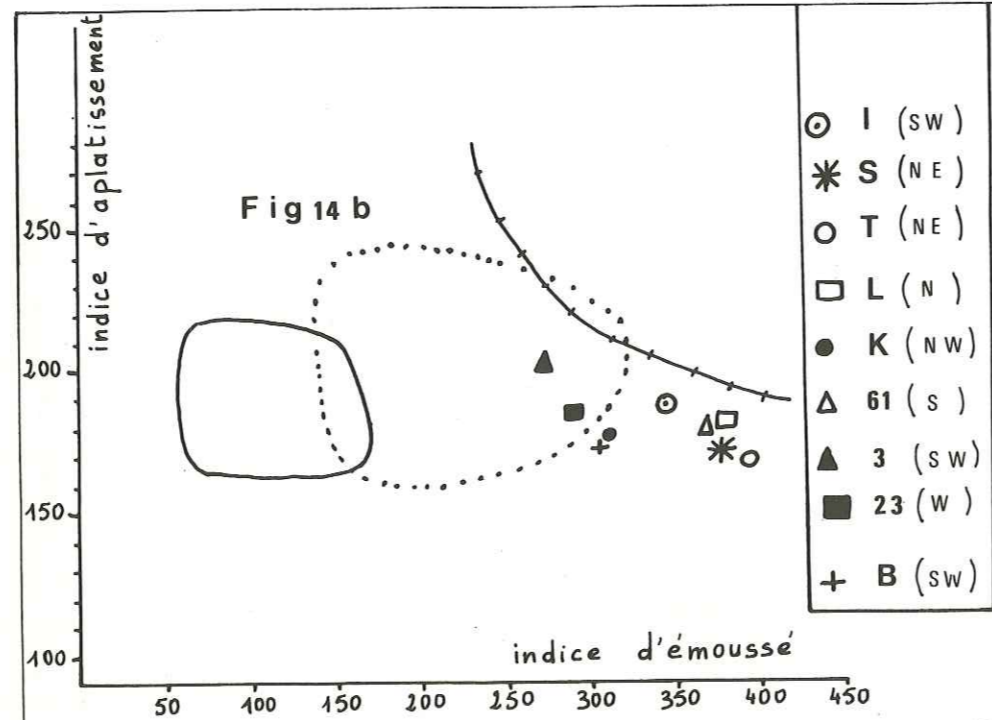
Le pourcentage des galets non usés (indice inférieur ou égal à 100) est nul, ce qui indique que tous ces galets ont subi un transport plus ou moins important.

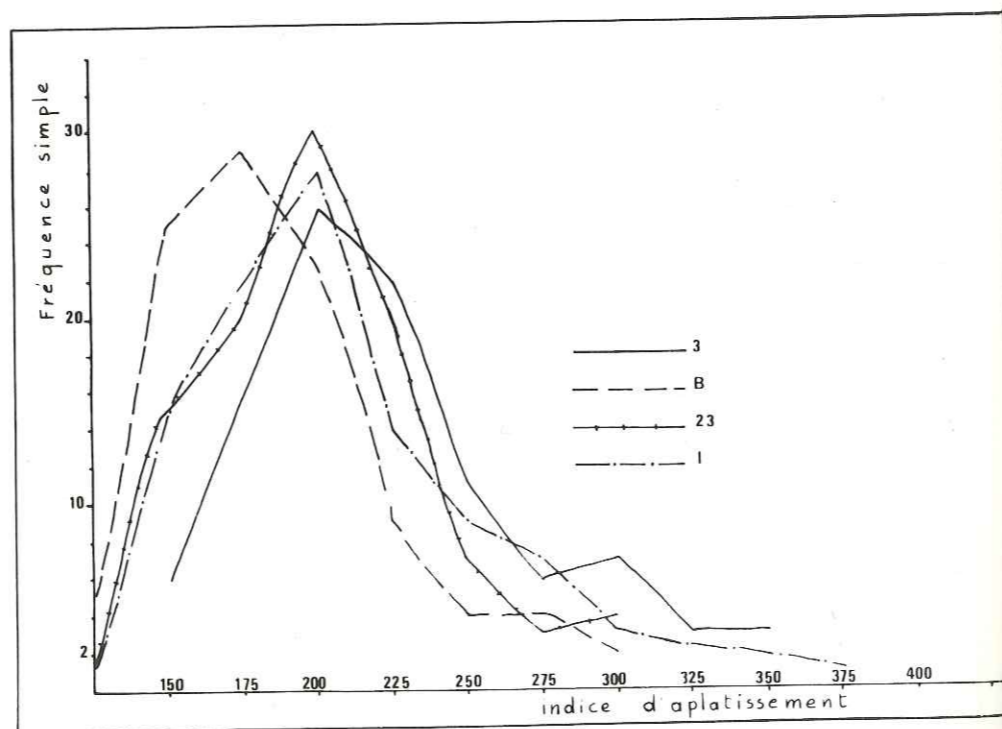
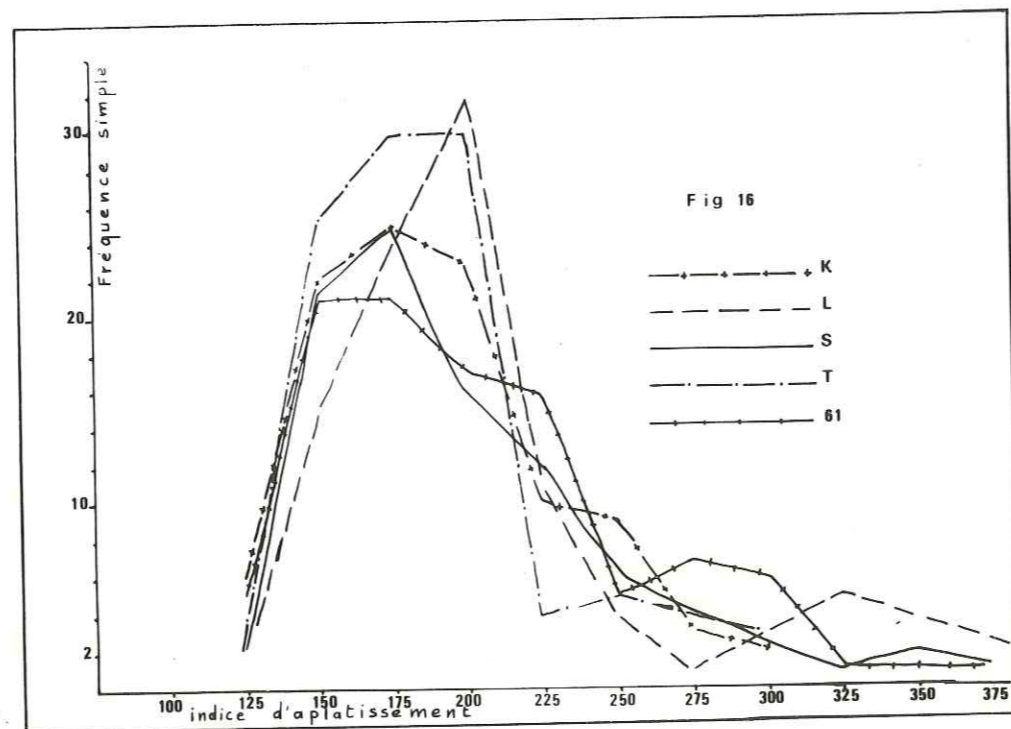
Le pourcentage des galets usés (indice d'émoussé supérieur ou égal à 500) varie de 5 à 22 % avec une médiane de 9 %. Ce pourcentage est plus grand pour les échantillons situés au NNE.

Les médianes de l'indice d'émoussé varient de 272 à 387 avec une valeur médiane de 341.

T A B L E A U VI
ETUDE MORPHOMETRIQUE DES GALETS DU CONGLOMERAT WERFENIEN

Indice d'émoussé				Indice d'aplatissement				Indice de dissymétrie		Indices P de L/L et P de L/E				
Echan- tillon S	% 100	% 500	Médi- ane	Echan- tillon S	% 150	% 250	Médi- ane	rang 85	Echan- tillon S	Médi- ane	Echan- tillon S	P de L/L	P de L/E	Observation
T (NE)	0	20	387	3 (SW)	5	19	201	259	23 (W)	658	23 (W)	4	4	mauvais triage : fluvi- atile peu évolué
L (N)	0	17	379	I (SW)	14	11	188	233	61 (SE)	646	3 (SW)	6	9	mauvais triage : fluvi- atile peu évolué
S (NE)	0	22	377	23 (W)	16	7	185	225	S (NE)	644	K (NW)	13 ----- 14,7	10,7	bon triage : fluviatile évolué
61 (SE)	0	17	370	L (N)	21	7	178	216	T (NE)	642	B (SW)	6	12,1	mauvais triage : fluvi- atile peu évolué
I (SW)	0	5	341	61 (SE)	27	14	178	250	3 (SW)	627	L (N)	11	11	bon triage : fluviatile évolué
K (NW)	0	8	314	K (NW)	28	5	173	221	L (N)	625	I (SW)	10	16,5	bon triage : fluviatile moyennement évolué
B (SW)	0	9	304	S (NE)	25	8	171	224	K (NW)	620	61 (SE)	6,4	17,8	moyen triage fluviatile moyennement évolué
23 (W)	0	7	285	B (SW)	30	6	171	207	B (SW)	576	S (NE)	11,4	15,3	bon triage : fluviatile très évolué
3 (SW)	0	6	272	T (NE)	28	2	167	196	I (SW)	568	T (NE)	14,2 ----- 33	16,6 ----- 34	très bon triage : fluvi- atile très évolué très bon triage : côtier fruste





Les courbes de fréquence simple se répartissent de la manière suivante : Fig 18

- Courbe unimodale : T

Cet échantillon a un grand pourcentage de galets usés. Il est situé au NE du Dôme de Barrot et confirme une provenance lointaine.

- Les Courbes bimodales : K ; B

La Courbe K : montre un mode principal correspondant à des matériaux moyennement usés : 300 (20 %) et un mode secondaire à 400 (16 %) de matériaux plus usés.

La Courbe B : montre également un mode principal à 300 (20 %) et un mode secondaire à 500 (7,5 %) de matériaux assez usés.

- Les Courbes plurimodales : L ; S ; 61 ; I ; 23 ; 3

La Courbe 3 : montre un mode principal sous forme d'un palier à 250-300 (21 %) : matériaux peu usés ; un mode secondaire à 400 (13 %) matériaux moyennement usés ; un autre mode secondaire à 550 (4 %) : matériaux assez usés.

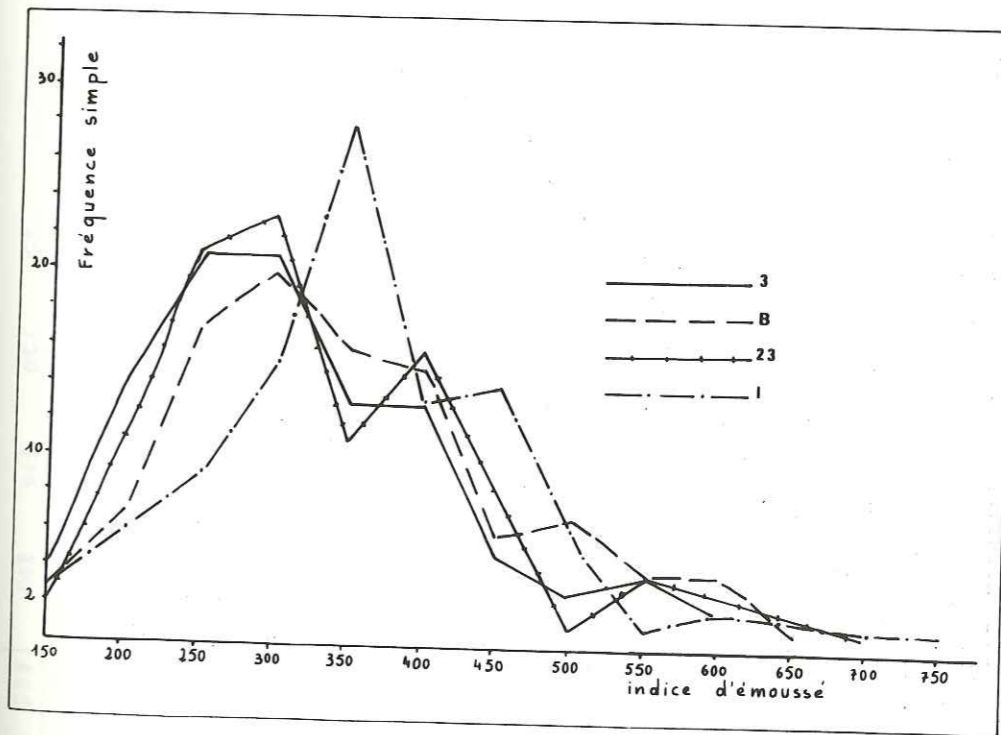
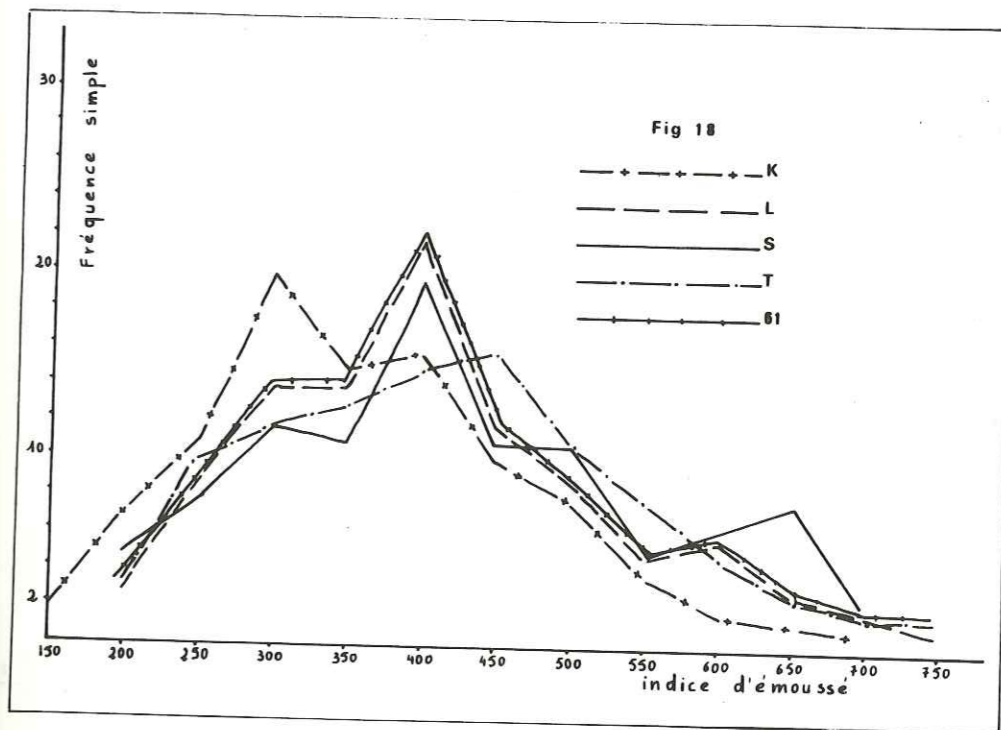
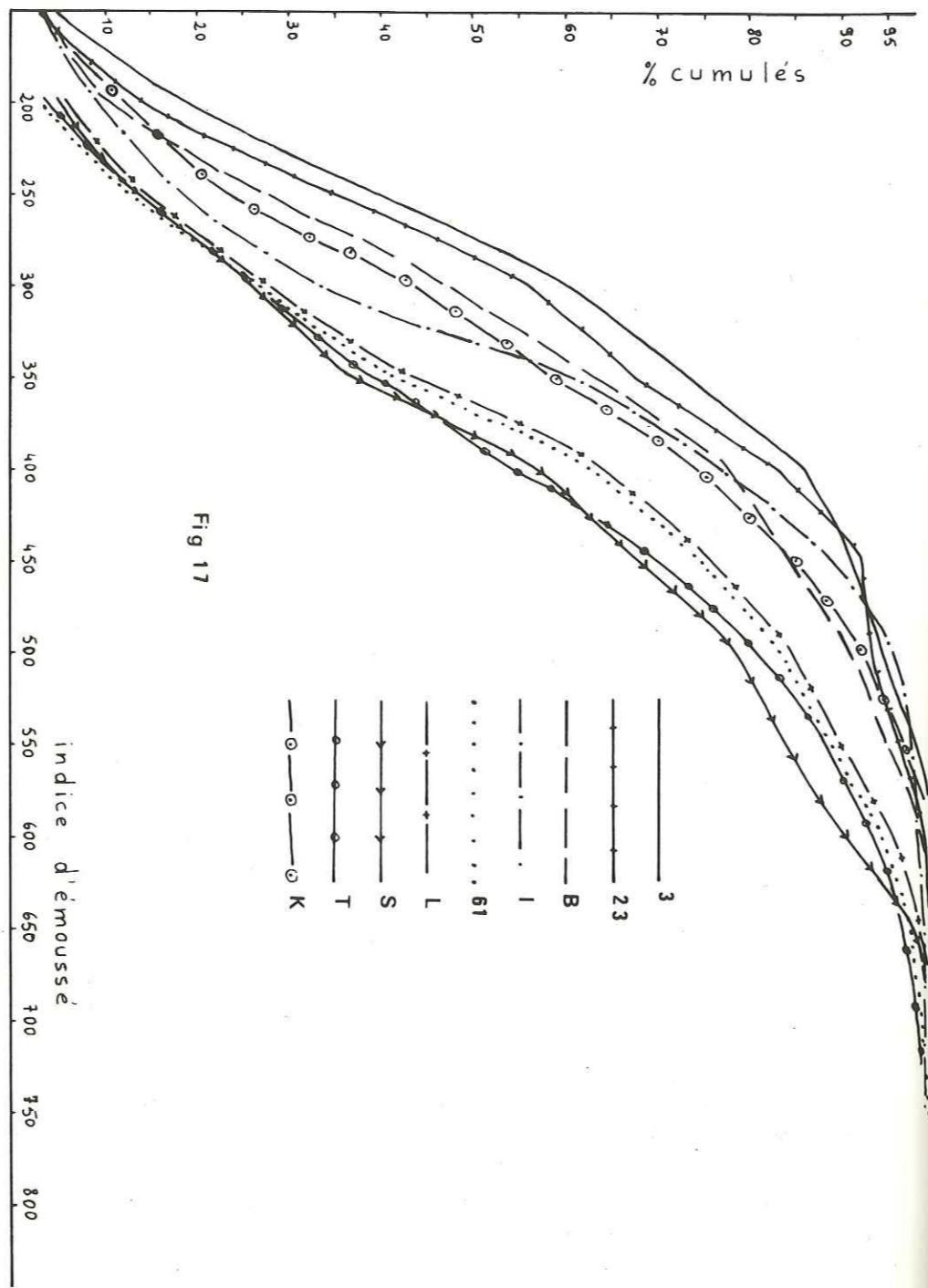
La Courbe I : montre un mode principal à 350 (28 %) : matériaux peu usés ; un mode secondaire à 450 (14 %) : matériaux moyennement usés ; un autre mode secondaire à 600 (2 %) matériaux usés.

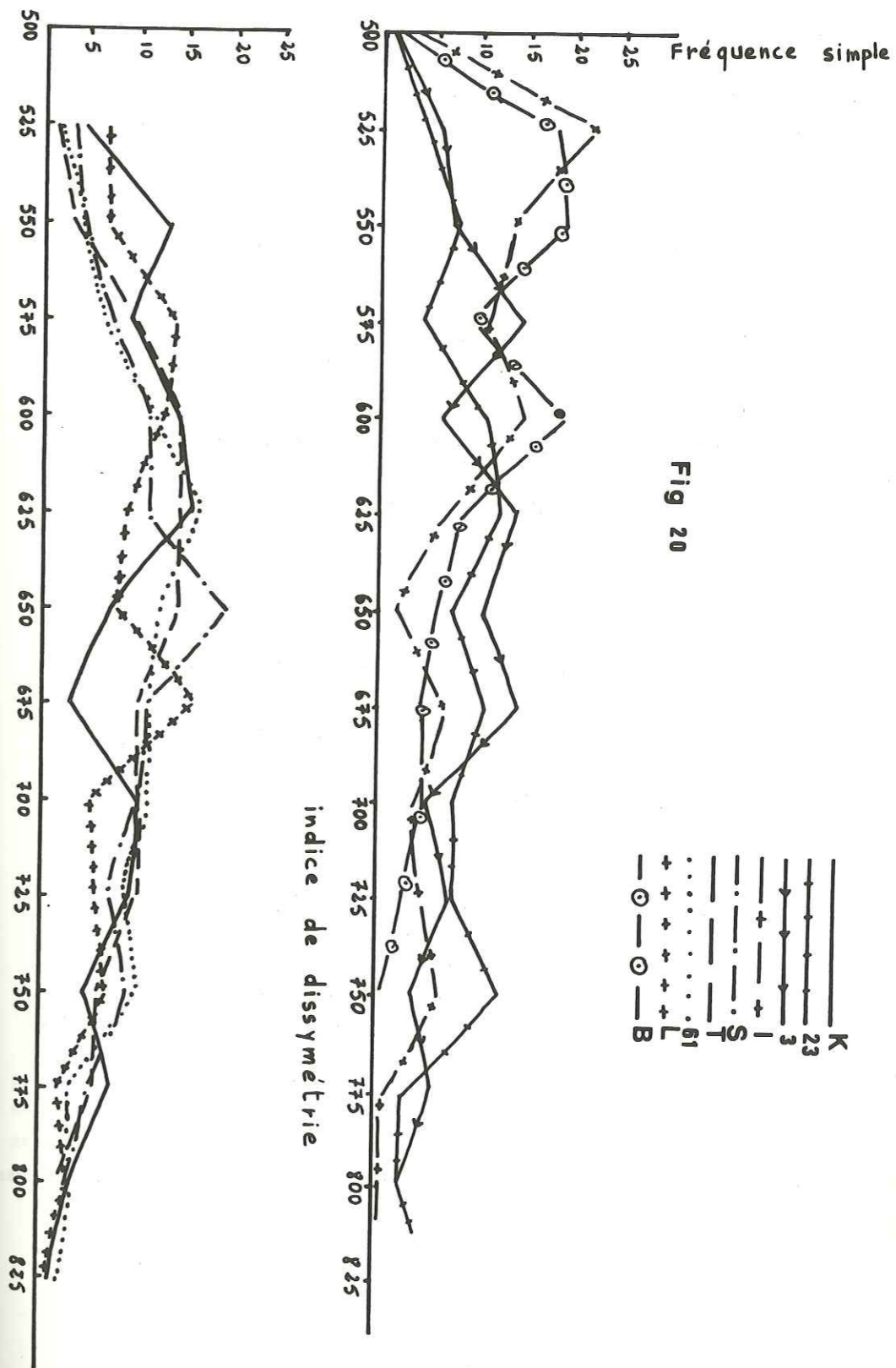
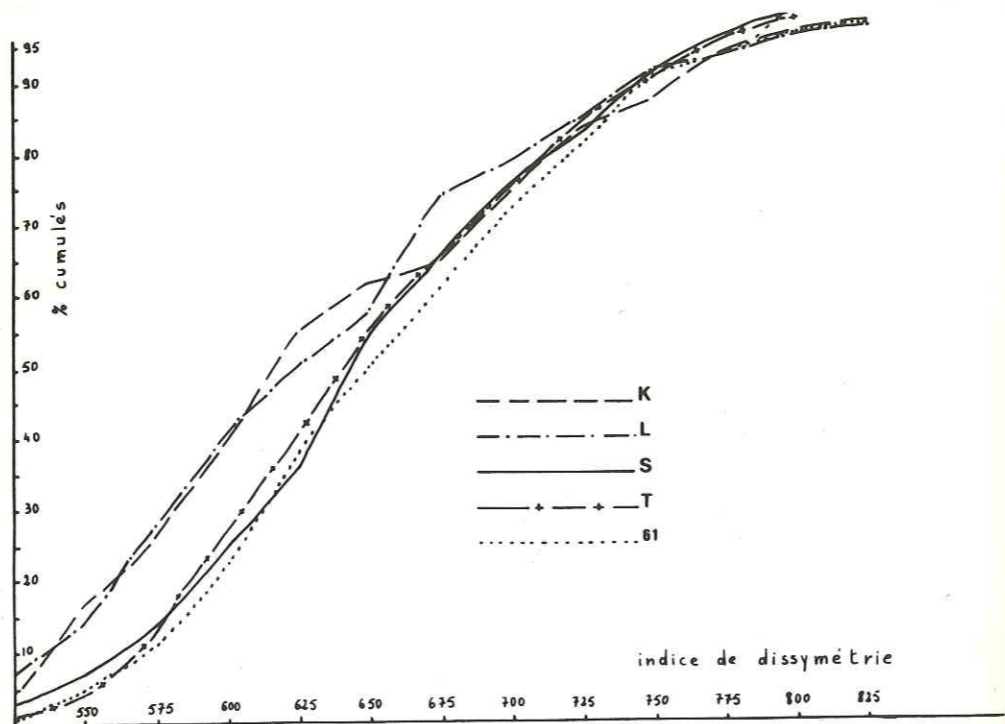
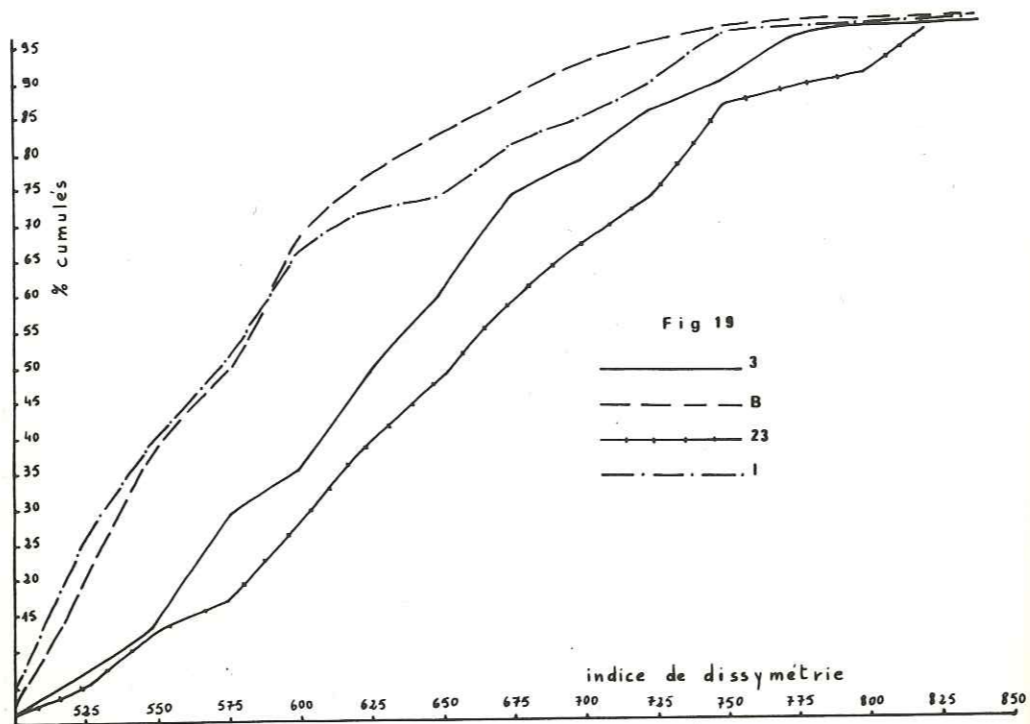
La Courbe 61 : montre un mode principal à 400 (23 %) : matériaux moyennement usés ; un mode secondaire à 300 (14 %) : matériaux peu usés ; un mode secondaire à 600 (6 %) : matériaux usés.

La Courbe 23 a un mode principal à 300 (24 %) : matériaux peu usés ; un mode secondaire à 400 (16 %) : matériaux moyennement usés ; un autre mode secondaire à 550 (4 %) : matériaux assez usés.

La Courbe L : montre un mode principal à 400 (23 %), deux modes secondaires, l'un à 300 (13 %), l'autre à 600 (6 %).

La Courbe S indique un mode principal à 400 (20 %), un mode secondaire à 300 (12 %) : matériaux peu usés ; un deuxième mode secondaire à 500 (11 %) : matériaux assez usés, et enfin un troisième mode secondaire





à 650 (8 %) : matériaux usés.

Les courbes de fréquence simple permettent de constater que les galets du conglomérat werfénien sont constitués par un mélange de galets peu usés et très usés. Leur usure croît du SSW vers le NNE ce qui indique un sens d'apport SSW vers le NNE.

L'agent de transport et d'usure est du type fluviatile élaboré.

e) L'INDICE DE DISSYMETRIE Figure 19
Tableau VI

Les valeurs médianes varient de 568 à 658 avec une médiane de 627. Ces valeurs ne permettent pas de décélérer une variation géographique.

Les courbes de fréquence simple se répartissent de la manière suivante : Fig 20

- Courbe unimodale : T
- Courbes bimodales : 61 - S
- Courbes plurimodales : 23 - 3 - L - K - I

L'agent d'usure est du type fluviatile élaboré.

2) MORPHOMETRIE DES GRAINS DE QUARTZ

a) Le Permien

- Indice d'éroussé de A. Cailleux et J. Tricart : Figure 21
Tableau VII

L'histogramme V₂ montre un mode principal à 100 (34 %) : grains très peu usés ; un mode secondaire à 300 (7 %) : grains moyennement usés.

L'histogramme R₆ montre un mode principal à 100 (39 %) : grains très peu usés.

L'histogramme C₇ montre un mode principal à 150 (36 %) : grains très

peu usés.

L'histogramme P₁ montre un mode principal à 150 (34 %) : grains très peu usés.

- Indices d'Arrondi et Sphéricité de W. C. Krumbein ; L. L. Sloss

Figure 22
Tableau VII

L'indice d'usure $I = \frac{\% > 5}{\% < 5}$ varie de 0,124 à 0,160. Il s'agit de grains très peu usés.

b) LE WERFENIEN

- Indice d'éroussé de A. Cailleux et J. Tricart Figures 23 et 24
Tableau VII

L'histogramme V₁ montre un mode principal à 150 (29 %) : grains très peu usés et un mode secondaire à 400 (5 %) : grains moyennement usés.

L'histogramme B₀ montre un mode principal à 200 (27 %) : grains peu usés ; un mode secondaire à 300 (19 %) : grains peu usés et un troisième mode à 400 (11 %) : grains moyennement usés.

L'histogramme P₀ montre un mode principal à 200 (22 %) : grains peu usés et un mode secondaire à 300 (16 %) grains peu usés.

L'histogramme M montre un mode principal à 300 (19 %) grains peu usés et un mode secondaire à 600 (6 %) grains usés.

L'histogramme T₀ montre un mode principal à 200 (26 %) grains peu usés et un mode secondaire à 350 (14 %) grains moyennement usés.

L'histogramme S₁₀ montre un mode principal à 200 (25 %) : grains peu usés ; un mode secondaire à 300 (14 %) : grains peu usés ; un troisième mode à 500 (12 %) grains assez usés et un quatrième mode à 600 (3 %) grains usés.

On constate que les grains de quartz sont essentiellement peu usés

Fig 22

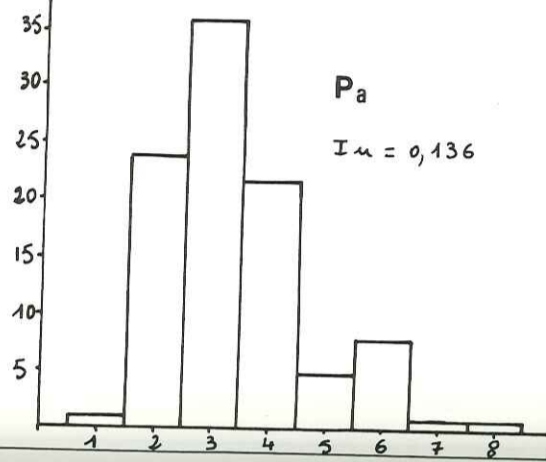
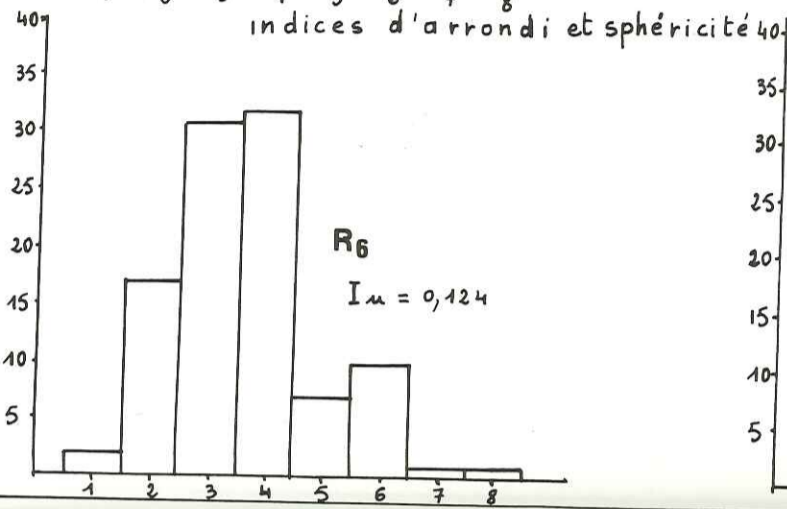
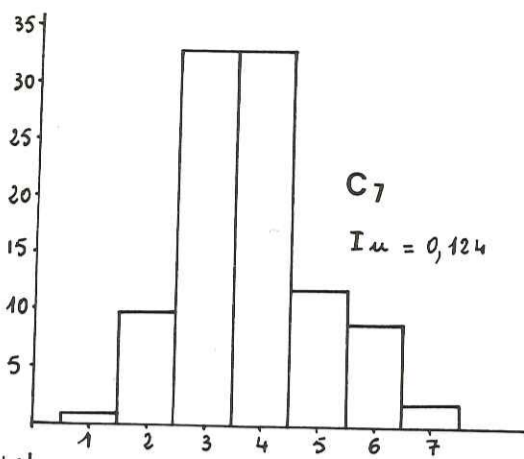
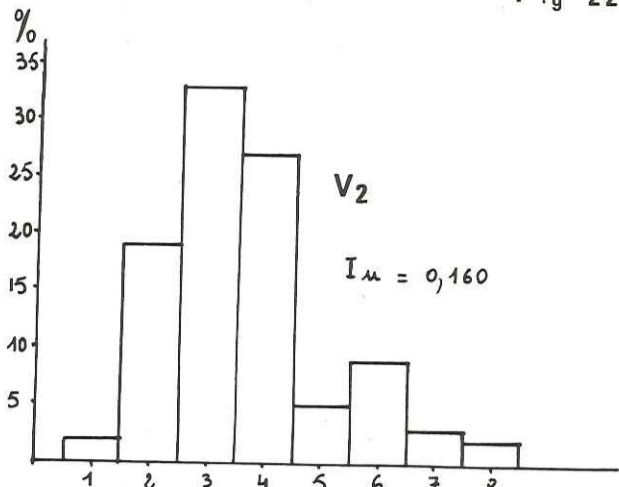


Fig 21

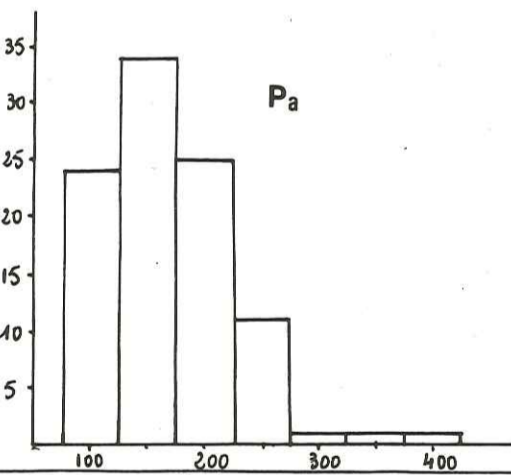
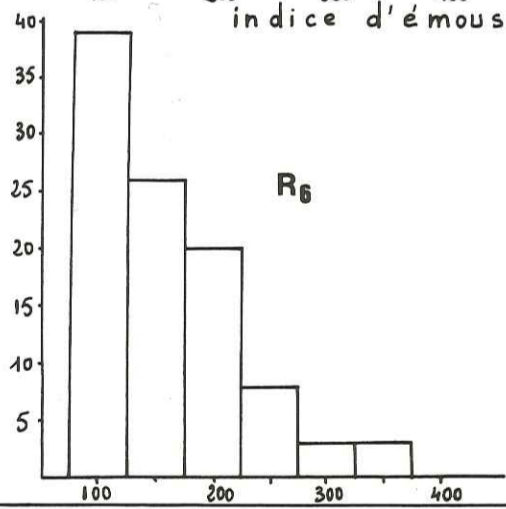
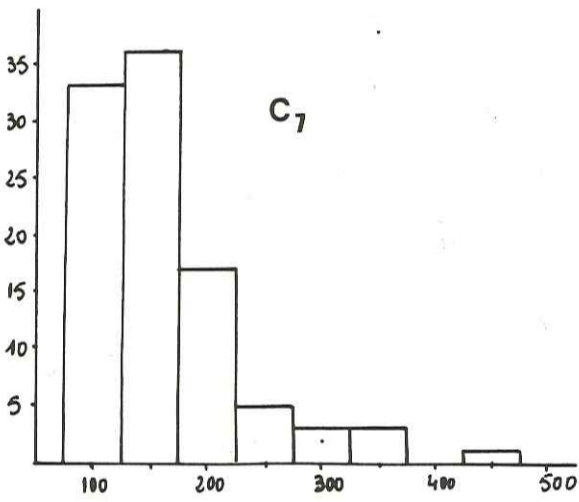
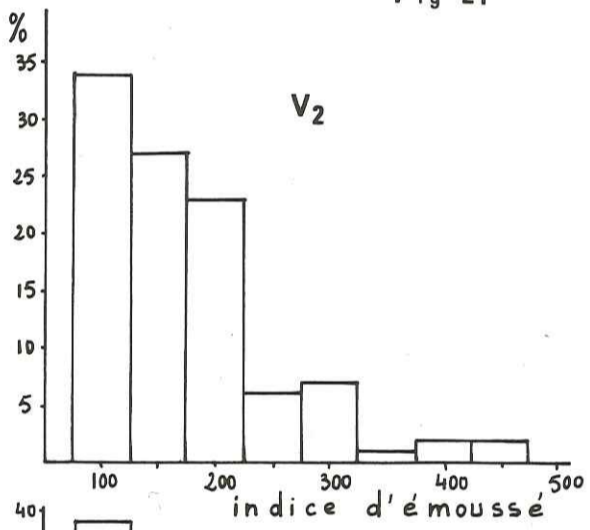


Fig 24

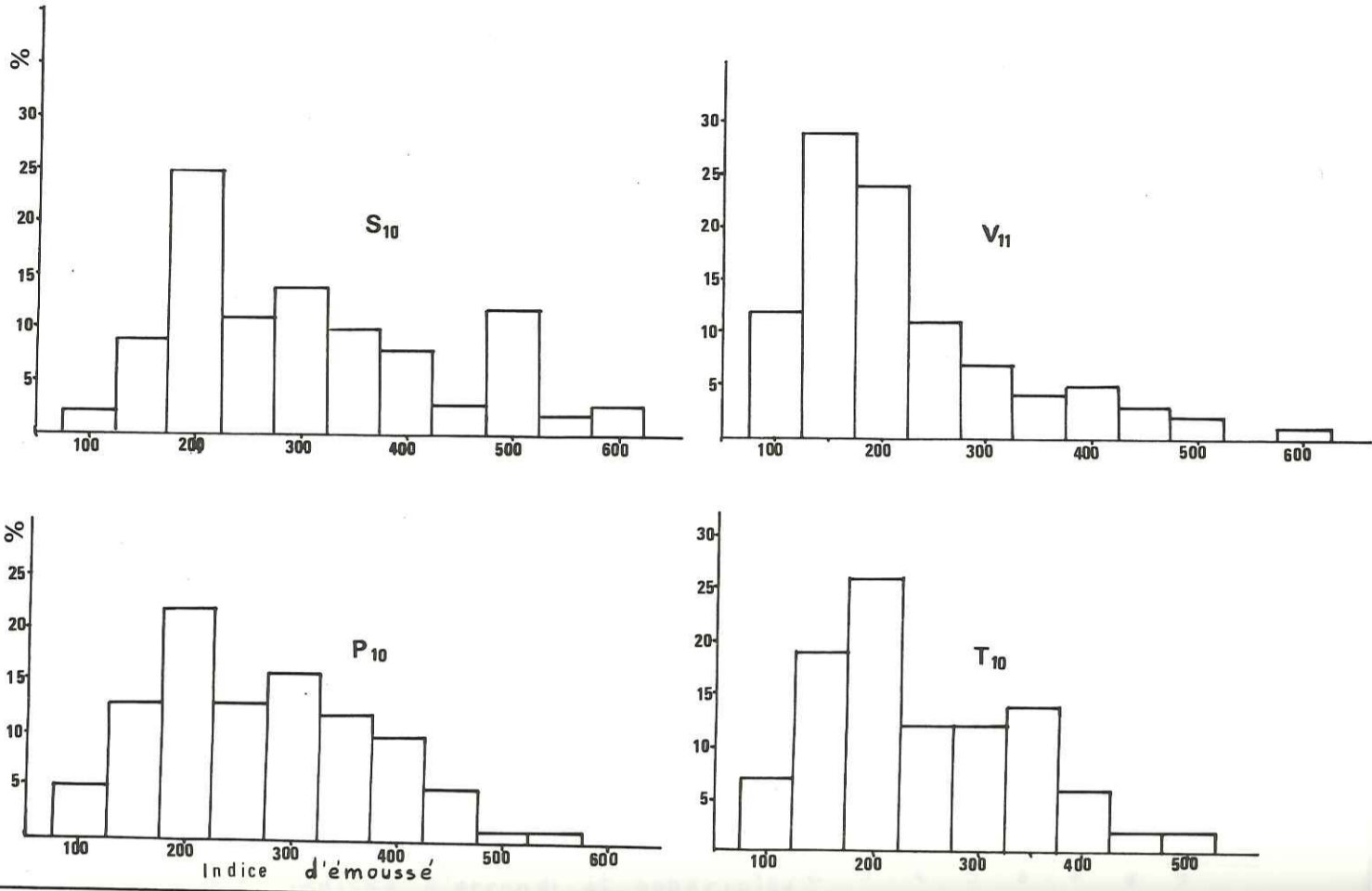


Fig 23

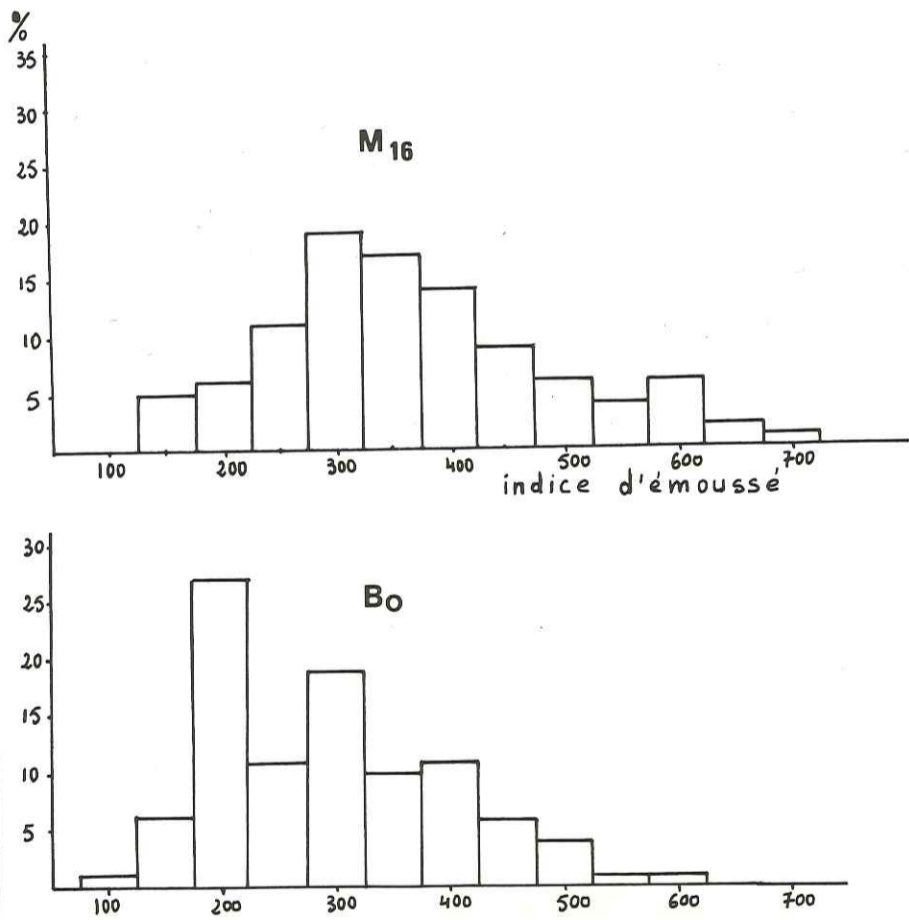
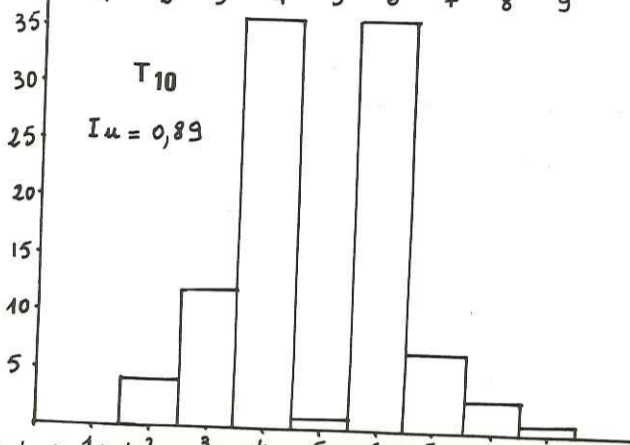
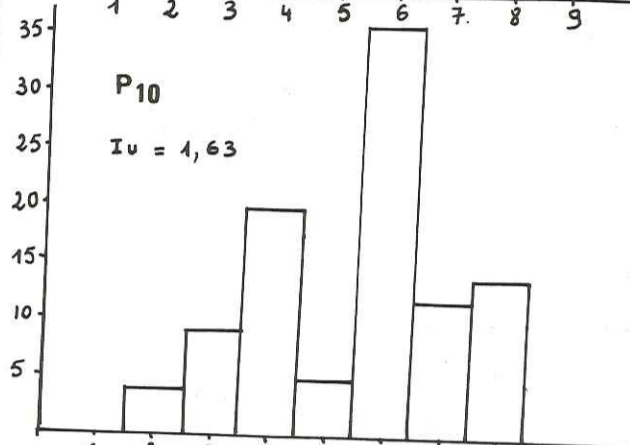
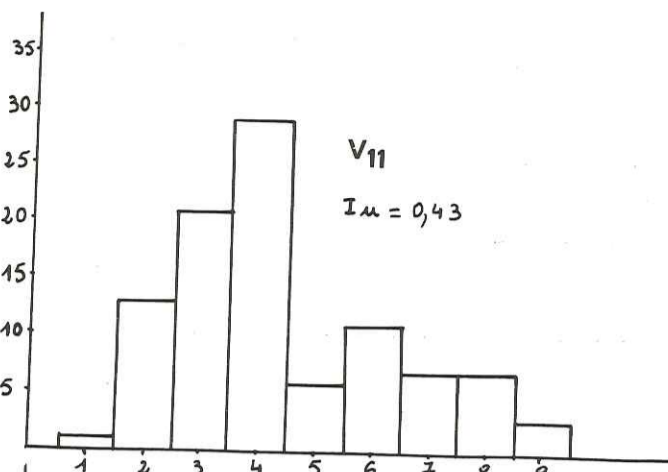
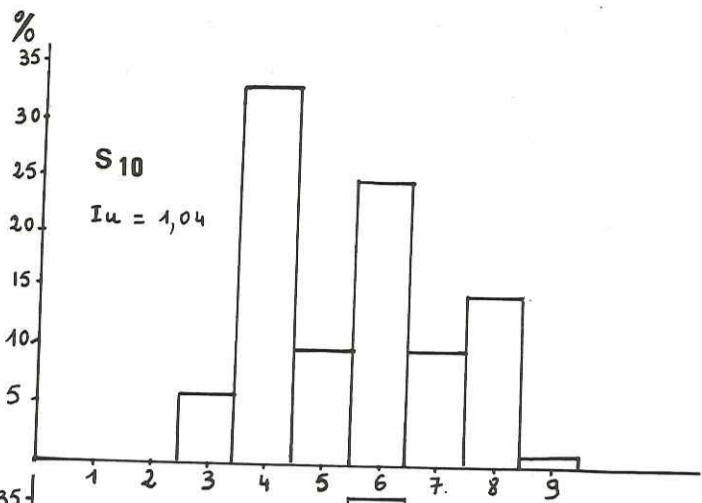
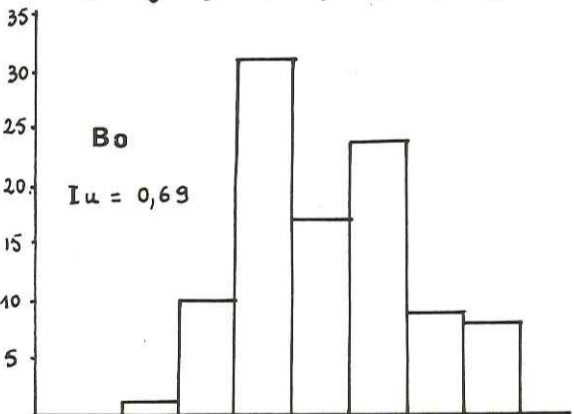
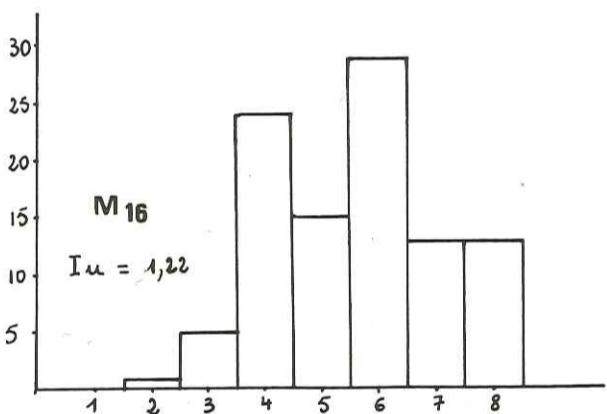


Fig 26



indices d'arrondi et sphéricité

Fig 25



indices d'arrondi et sphéricité

INDICES D'USURE DES GRAINS DE QUARTZ DU WERFENIEN MOYEN											
INDICES D'USURE DES GRAINS DE QUARTZ DU PERMIEN					INDICES D'USURE DES GRAINS DE QUARTZ DU WERFENIEN MOYEN						
TABLEAU VII					TABLEAU VII						
Echantil- lons	Média- ne	Rang 85	Emoussé		Iu	Indice d'Arrondi et Sphéricité		Iu	Emoussé		
			P	S		P	S		P	S	
Pa	137	189	150		0,136	3	6	1,22	300	600	4
V2	129	233	100	300	0,160	3	6	0,69	200	300	4
C7	125	200	150		0,124			0,04	200	300	6
R6	121	200	100		0,124	4	6	1,63	200	300	4
								0,89	200	350	4
								0,43	150	400	6

et que la quantité de grains assez, ou très usés croît vers le N et le NE.

- Indice d'Arrondi et de Sphéricité de W. C. Krumbein ; L. L. Sloss

Figures 25
Tableau VII

L'indice d'usure Iu varie de 0,43 à 1,63 avec une médiane de 1,04. Il s'agit de grains moyennement usés. Cet indice croît du SSW vers le NNE.

C) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

- CAS DES GRAINS DE QUARTZ

Il existe une concordance entre les résultats obtenus à partir des indices d'arrondi et de sphéricité, (W. C. Krumbein et L. L. Sloss 1963), et l'indice d'émoussé (A. Cailleux, 1947). Figures 21 à 26

Au Permien, les grains de quartz sont très peu usés. Les grains moyennement usés sont en très faible quantité (inférieurs à 10%). Ce matériel ne contient pas de grains très usés.

Nous pouvons donc penser que l'agent de transport et d'usure est aquatique et plus précisément du fluviatile court.

La proportion des grains d'usure moyenne par rapport aux grains non usés est plus forte dans la partie N du Dôme de Barrot, plus faible dans la partie S ; (figure). On peut en déduire un sens d'apport S-N : la province distributrice est donc à rechercher au S du Dôme de Barrot.

Le faible degré d'usure des grains de quartz montre que la province distributrice est assez proche.

Au Werfénien les grains peu usés dominent mais une proportion appréciable de grains moyennement usés (6%) et de grains très usés (6%) apparaît au NNE.

Au Werfénien, les apports se faisaient très probablement du SSW

vers le NNE et la province distributrice était plus éloignée qu'au Permien.

- CAS DES GALETS DU CONGLOMERAT WERFENIEN

Les indices d'aplatissement (figures 15, 16; tableau VI), de dissymétrie (figures 19, 20; tableau VI), d'éroussé (figures 17, 18; tableau VI), la variation des rapports P de L/l. en fonction de P de L/E (figure 14a; tableau VI), le diagramme conjugué de l'aplatissement en fonction de l'éroussé (figure 14b; tableau VI) permettent de définir pour ces galets un agent de transport et d'usure de type fluviatile élaboré ou deltaïque voire côtier fruste.

Les courbes de fréquence simple (figures 16, 18, 20) sont en général plurimodales et très rarement uni ou bimodales, ce qui indique une pluralité d'origines de ce matériel détritique.

CHAPITRE IV

RECHERCHE DE LA PROVINCE DISTRIBUTRICE
ET DU TYPE DE ROCHES SUSCEPTIBLES D'AVOIR
FOURNI LES MATERIAUX

A - LES FIGURES DIRECTIONNELLES

B - ANALYSE PETROGRAPHIQUE

C - LES MINERAUX ACCESSOIRES

A) LES FIGURES DIRECTIONNELLES- LES RIPPLE-MARKS DU WERFENIEN

Le Werfénien débute par un niveau conglomératique marqué à sa base par des ripple-marks. L'étude de la forme et de l'allongement de ces ripple-marks a permis de déterminer deux sens d'apport.

- un sens principal du SW vers le NE
- un sens accessoire du S vers le N.

Le diagramme ou "rose" des directions de courants indique une valeur moyenne N 15° (figure 27); ceci confirme que la province distributrice est à rechercher vers le SSW du Dôme de Barrot.

- LES LITAGES

Les litages entrecroisés, caractérisant un système de microcuvettes dans les arkoses blanches du Werfénien, ainsi que les galets du conglomérat disposés en vrac, n'ont pas permis de réaliser des mesures cohérentes en vue d'une recherche de direction de courants.

- PALEOCHENAUX PERMIENS

Les paléochenaux du faciès conglomératique du Permien supérieur fournissent des directions en général orientées S-N. Les variations autour de cette direction indiquent bien le style divagant de ces paléochenaux permien.

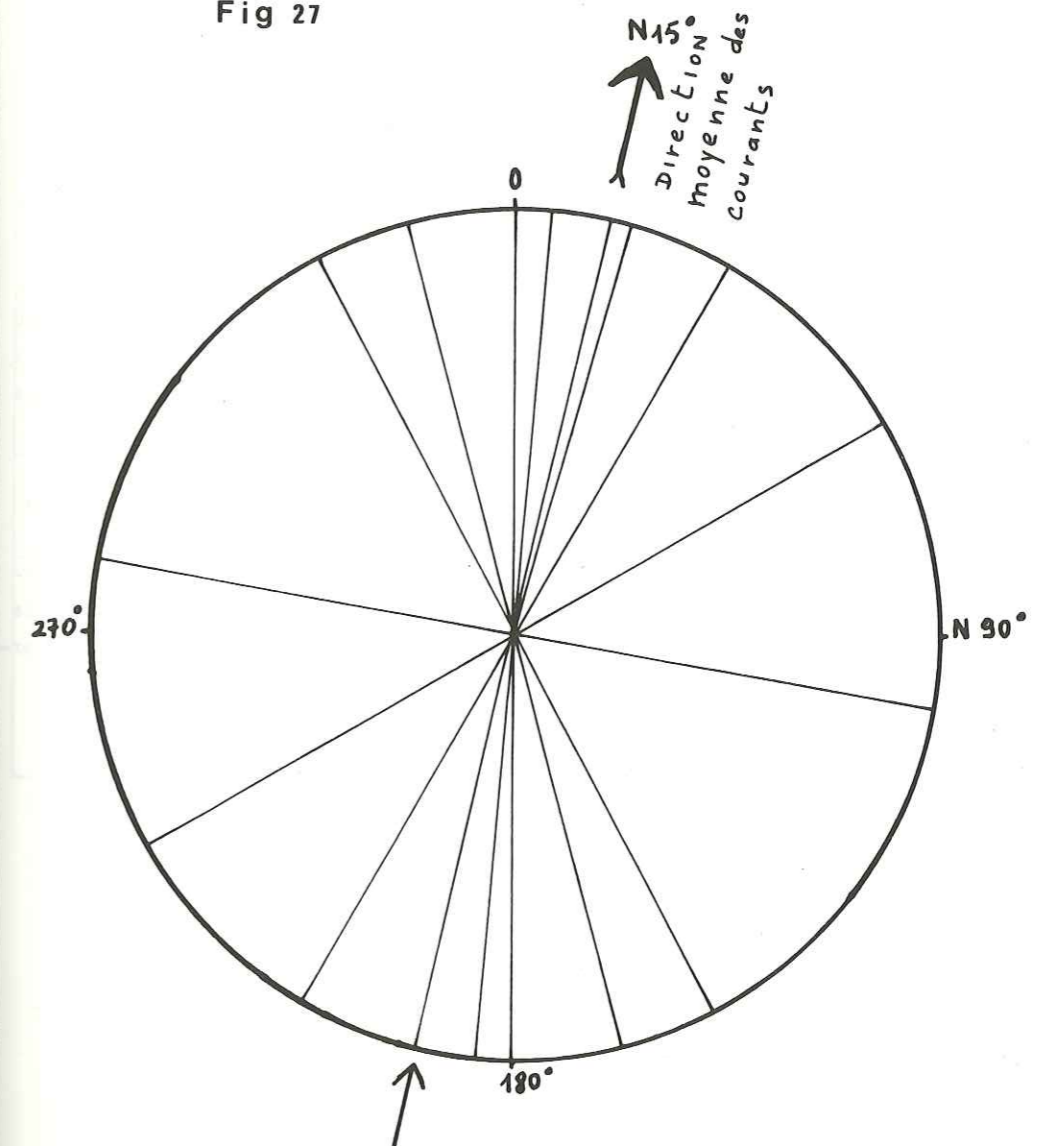
B) ANALYSE PETROGRAPHIQUE1) ETUDE MICROSCOPIQUE

Dans le Permien notre étude a essentiellement été réalisée sur trois faciès pétrographiques à partir de 16 lames minces réparties comme suit :

- arkoses rouges (10) ;
- galets de roches volcaniques (5) ;

Rose des directions de courants à la base du conglomérat werfénien

Fig 27



- traces d'activité d'organismes (3).

Dans le Werfénien, l'étude a été réalisée sur 21 lames minces :

- galets du conglomérat de base (3) ;

- arkoses blanches (14) ;

- arkoses rouges (4).

- galets du conglomérat de base (3) ;

- arkoses blanches (14) ;

- arkoses rouges (4).

Nous avons également effectué des comptages minéralogiques sur les arkoses du Permien et du Werfénien dans le but de déterminer leur teneur en feldspaths et en micas.

L'étude microscopique nous a permis de constater que les arénites du Permien et du Werfénien sont des arkoses (S. lat.) d'après la classification de G. Scolari et R. Lille (1973) dont nous avons adopté les termes descriptifs de la texture. Voici d'ailleurs les définitions de ces termes. Le terme de texture sera utilisé dans le sens de l'agencement des minéraux à l'échelle de l'échantillon ou de la lame mince. Nous parlerons de ciment (S. lat.) au lieu et place de matrice pour désigner la phase subordonnée d'origine chimique ou biochimique, occupant les espaces intergranulaires de la phase détritique terrigène principale. Si cette phase subordonnée est déposée en même temps que la phase principale, il s'agit de ciment primaire. Si elle résulte d'une transformation ou d'un remplacement du ciment primaire sous l'influence des facteurs dia ou épigénétiques, il s'agit de ciment secondaire. Par contre la matrice c'est la phase subordonnée intergranulaire d'origine détritique terrigène (G. Scolari, R. Lille, 1973 p. 68).

2) LES FAITS

a) LES ARKOSES PERMIENNES

Elles montrent, en général, une certaine uniformité dans la nature minéralogique, c'est pourquoi nous avons jugé inutile de décrire les lames

TAB LEAU VIII

PRINCIPAUX CARACTERES PETROGRAPHIQUES DES ARKOSES DU PERMIEN										
Echan- tillons	Côte relati- ve (en m)	Couleur	Texture	Quartz	Feldspaths	Micas	Acces- soires	Ciment	Nomenclature	Débris lithiques
L ₉	- 12	rouge	empâtée	- automor- phe (à gol- fe de corro- sion) - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line zircon	carbonates séricite oxydes de fer (abon- dants)	arkose lithique micacée à ciment argilo-ferrugine carbonaté	trace
G ₄	- 10,5	verdâtre	empâtée	- automor- phe - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line zircon	carbonates séricite oxydes de fer	arkose lithique micacée à ciment argilo-carbonaté	trace
B _a	- 35,5	rouge	réticu- lée	- anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite	tourma- line	carbonates séricite oxydes de fer (abon- dants)	arkose micacée à ciment argilo- ferrugine-carbo- naté	
R ₄	- 23	verdâtre	empâtée	- automor- phe - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line zircon	carbonates séricite	arkose à ciment argilo-carbonaté	
X ₇	- 5	rouge	empâtée	- automor- phe - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line zircon	carbonates séricite oxydes de fer (abon- dants)	arkose micacée à ciment argilo- ferrugineux	
Q ₁₁	- 10,5	rouge	empâtée	- automor- phe - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line	séricite oxydes de fer (abon- dants)	arkose micacée à ciment argilo fer- rugine-carbonaté	
H ₂	- 16	rouge	réticu- lée	- automor- phe - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line	carbonates séricite oxydes de fer (abon- dants)	arkose micacée à ciment argilo- ferrugine-carbo- naté	
S _{2e}	- 43	bicolo- re (rouge) et verdâtre	réticu- lée	- automor- phe - anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line	carbonates séricite oxydes de fer (+ ou - abondants)	arkose micacée à ciment argilo- ferrugine-carbo- naté	
I ₃	- 34	rouge	réticu- lée	- anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line	carbonates séricite oxydes de fer (abon- dants)	arkose micacée à ciment argilo- ferrugine-carbo- naté	
P ₃	- 16	rouge	empâtée	- anguleux - engrené	potassiques et calco- sodiques	musco- vite biotite	tourma- line	carbonates (très abon- dants) séricite oxydes de fer	Dolomie à quar- tz et à ciment ferrugineux	

TABLEAU IX
PRINCIPAUX CARACTERES PETROGRAPHIQUES DES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN

Echantillons	Côte relative	Couleur	Texture	Quartz	Feldspaths	Micas	Accessoires	Ciment	Nomenclature	Débris lithiques
I _{16a}	+ 8	blanche	jointive	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
I ₂₀	+ 24	blanche	réticulée	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
R _{13a}	+ 21,5	blanche	jointive	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
V _{19a}	+ 20,5	blanche	jointive	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
J _{7a}	+ 3	blanche	jointive	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
D _{aa}	+ 5,5	blanche	jointive	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
K _b	+ 10,5	blanche	empâtée	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
U _{16a}	+ 19	blanche	réticulée	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite	tourmaline	séricite oxyde de fer (traces)	arkose micacée à ciment argilo ferrugineux	
32 _x	+ 10	blanche	jointive	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite biotite	tourmaline	séricite	arkose micacée à ciment argileux	
U ₁₁	+ 16	rouge-violacé	empâtée	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer	arkose micacée à ciment argilo ferrugino-carbonaté	
X ₁₂	+ 11	rouge-violacé	empâtée	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxyde de fer	arkose micacée à ciment argilo ferrugino-carbonaté	
S ₁₂	+ 16	blanche et rouge-violacé	empâtée	engrené	Potassiques et calcosodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer	arkose micacée à ciment argilo ferrugino-carbonaté	

PRINCIPAUX CARACTERES PETROGRAPHIQUES DES ARKOSES ROUGES DU WERFENIEN tableau X

	rouge-violacé	empâtée	anguleux engrené	Potassiques et calco-sodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	tourmaline	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	arkose lithique micacée à ciment argilo-ferrugino-carbonaté	trace
Z ₃		empâtée	anguleux engrené	Potassiques et calco-sodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	tourmaline	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	arkose lithique micacée à ciment argilo-ferrugino-carbonaté	
A ₁₅	rouge-violacé	empâtée	anguleux engrené	Potassiques et calco-sodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	tourmaline	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	arkose lithique micacée à ciment argilo-ferrugino-carbonaté	
A ₁₄	rouge-violacé	empâtée	anguleux engrené	Potassiques et calco-sodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	tourmaline	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	arkose lithique micacée à ciment argilo-ferrugino-carbonaté	
K ₁₇	jaune-beige	empâtée	anguleux engrené	Potassiques et calco-sodiques	muscovite biotite	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	tourmaline	tourmaline	carbonates séricite oxydes de fer (abondants)	arkose lithique micacée à ciment argilo-ferrugino-carbonaté	

Echantillons	COMPTAGES MINÉRALOGIQUES : ARKOSES DU PERMIEN ET DU WERFENIEN											Verf. sup.			
	Permien					Werfenien moyen						Z ₃	A ₁₅		
	X ₇	B _a	G ₄	I ₉	Q ₁₁	R ₄	J _{7a}	I _{16a}	D _a	K _b	Q ₁₉	R ₁₃	U _{16a}		
Côte Relative (en m)	- 5	- 35,5	- 10,5	- 12	- 10,5	- 23	+ 3	+ 8		+ 10,5	+ 20,5	+ 21,5	+ 19		+ 2,5
Quartz	70,69	49,90	47,50	24,40	55,16	21,31	82,75	46,62	74,04	62,46	59,58	78,54	61,47	45,55	54,28
F. K.	9,24	17,41	20,53	18,16	14,39	9,73	2,39	27,36	10,87	9,06	30,99	10,08	26,12	5,26	16,95
Plagioclase	8,94	20,66	18,61	25,16	15,16	35,48	6,97	18,18	6,66	6,69	1,45	6,26	1,34	8,51	12,00
Muscovite	0,19	0,63	0,19	rare	0,28	rare	0,39	0,72	0,39	0,68	0,51	0,43	0,76	1,24	0,57
Biotite	0,09	rare	0,09	rare	0,19	rare	rare	rare	rare	rare	rare	rare	rare	-	-
Sericite	10,81	9,47	12,57	19,29	14,58	23,43	7,87	15,66	8,03	21,08	7,96	4,87	10,18	34,16	15,80
Carbonates	trace	1,89	trace	5,58	trace	10,02	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	1,53	-
Accessoires	-	-	0,09	-	0,19	-	-	0,27	-	-	0,08	-	0,09	0,38	0,38
Débris lithiques	-	-	0,47	7,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,77	-
Nombre de points	1017	1108	1042	1057	1035	1037	1003	1111	1021	1015	1168	1151	1041	1045	1050

minces une par une. Nous avons rassemblé, sous forme de tableau, leurs caractères principaux.

Tableaux VIII et XI

- CONCLUSION

COULEUR : les arkoses du Permien se présentent sous deux couleurs : rouge et verdâtre. Quand les arkoses sont rouges, le ciment est très riche en oxydes de fer, alors que l'absence des oxydes de fer est très souvent accompagnée de la couleur verdâtre. Nous pensons que les oxydes de fer sont responsables de la coloration rouge de la roche.

TEXTURE : les arkoses rouges et les arkoses verdâtres du Permien ont une texture empâtée c'est-à-dire que le liant argileux (ciment) est prépondérant.

LE QUARTZ : dans le matériel détritique permien il se présente sous trois aspects :

- Certains d'origine volcanique, sont automorphes à golfes de corrosion,
- D'autres, engrenés à extinction ondulante, sont probablement issus de roches cristallines ayant subi des efforts tectoniques (gneiss, quartzites, ect...);
- Le troisième type, anguleux, témoigne d'un transport fluviatile peu important.

FELDSPATHS POTASSIQUES : dans les arkoses rouges du Permien, ils sont très fréquemment altérés en minéraux argileux et souvent pigmentés d'oxydes de fer.

FELDSPATHS CALCO-SODIQUES (PLAGIOLASES)

Les arkoses rouges du Permien montrent des plagioclases fréquemment damouritisés et altérés en carbonates (calcite et dolomite). Par exemple l'échantillon permien P₃ (p.) est essentiellement constitué de carbonates (28 % calcite + 37 % dolomite) dont les rhomboédres jointifs sont probablement

d'origine secondaire (syn ou postdiagénétique). Quand ils sont frais, nous avons constaté que ces plagioclases sont surtout de l'andésine (An inférieur ou égal à 35).

LE CIMENT des arkoses permienes est essentiellement constitué par des produits d'altération : minéraux argileux, carbonates et oxydes de fer (quand ils existent).

b) LES GALETS DE ROCHE VOLCANIQUE DU PERMIEN

Ils se rencontrent, essentiellement, dans les conglomérats du "faciès de Léouvé" de la fin du Permien. Ils sont de taille très variable (1 à 6cm de diamètre). Sur le terrain ils constituent la majeure partie des galets de ce faciès. Nous avons étudié en détail 5 types particuliers.

ECHANTILLON Z₅ : Figure (28)

Couleur : rouge - violacé

Texture : sphérolitique fluidale (d'après M. Boucarut 1971) ; c'est-à-dire formée par des alignements de sphérolites séparés par une mésostase felsitique.

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE QUALITATIVE

- Quartz : sub à automorphe avec golfe de corrosion.
- Feldspaths : potassiques, perthitiques, pigmentés d'oxydes de fer.

Matrice : sphérolites quartzo - feldspathiques.

Nomenclature : d'après les descriptions faites dans l'Estérel par M. Boucarut 1971, il s'agit d'une pyroméride potassique fluidale. Cet auteur pense que ce type de roche correspond à la dévitrification, au cours des temps géologiques, de verres volcaniques de type obsidienne.

ECHANTILLON : Y₆ Figure (29)

Couleur : rougeâtre

Z⁵ Pyroméride Fig 28

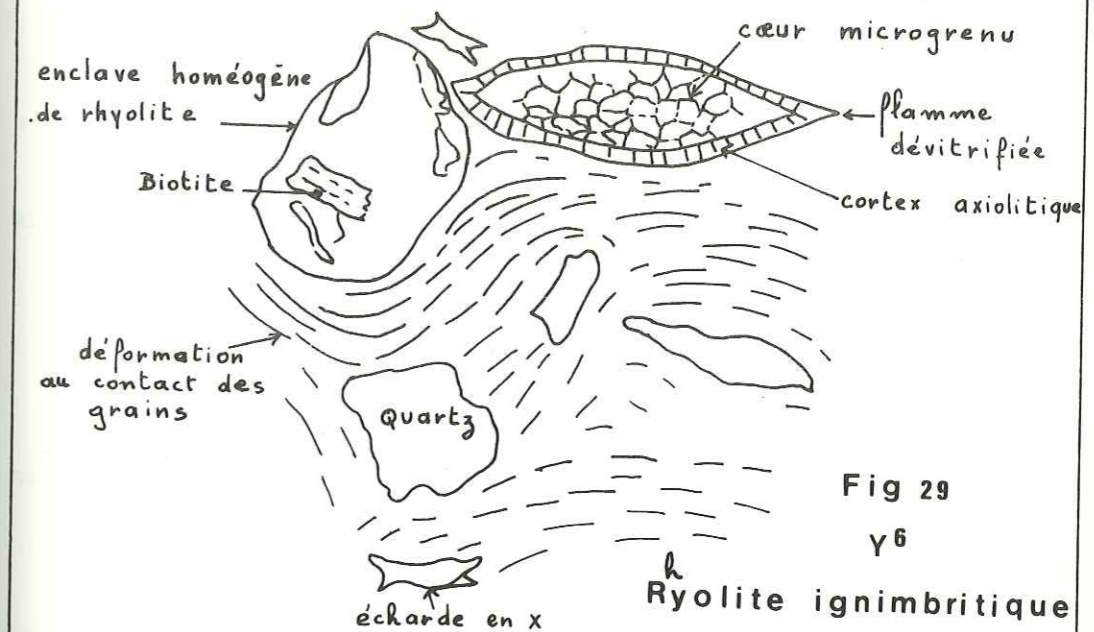
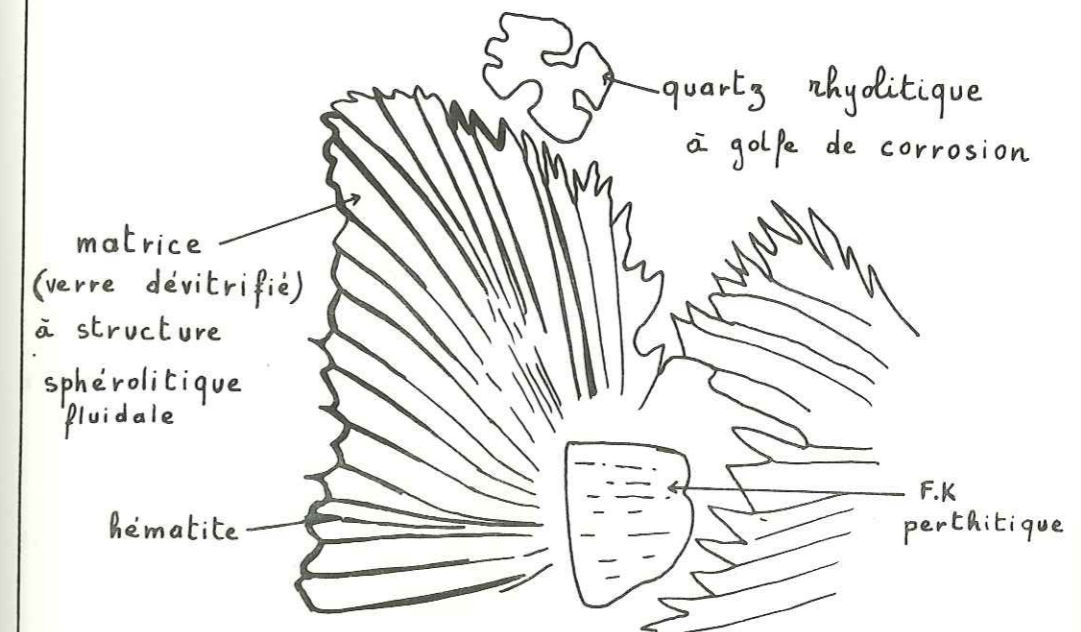


Fig 29

Y₆

TEXTURE : Vitroclastique de "bulle" d'après (M. Boucarut 1971).

Les échardees sont en général en forme de X ou Y avec quelques fois des formes en i, selon M. Boucarut 1971. Les échardees en forme de X ou Y proviennent de l'éclatement d'une ponce vacuolaire sans canaux ; il s'agit donc d'une texture vitroclastique produite à partir de ponce et que cet auteur appelle Texture Vitroclastique de Bulle = les échardees et les ponces sont écrasées et déformées autour des phénocristaux qui ont servi de môles de résistance au cours du tassement.

COMPOSITION MINERALOGIQUE QUALITATIVE

PHENOCRISTAUX

Quartz : automorphe ou subautomorphe à golfe de corrosion.

FELDSPATH POTASSIQUE

Subautomorphe et perthitique il est souvent très altéré.

BIOTITE : très altérée avec une bordure opaque d'oxydes de fer.

OPAQUES : hématite

FLAMMES

Les macro-flammes présentent un cortex axiolitique et un coeur à texture microgrenue.

PONCES : transformées en échardees elles sont souvent déformées au contact des phénocristaux.

ENCLAVES (dans la lame mince Y₆)

- Enclaves homogènes : ce sont des fragments de rhyolite ayant la même composition pétrographique que la coulée.

- Enclaves énallogènes

Il s'agit surtout de fragment composé de quartz, feldspath potassique et de biotite brune.

MESOSTASE : constituée essentiellement d'échardees de verre en formes d'X, d'Y ou d'i.

NOMENCLATURE : Rhyolite porphyrique Potassique ignimbrétique.

ECHANTILLON : Y₇

Figure 30

Couleur : rouge-violacé

Texture : la partie vitreuse est totalement dévitrifiée et remplacée par de fins cristaux de recristallisation.

En L. N. on observe cependant les traces des échardees en forme d'X, d'Y, ou d'i et des flammes de plusieurs tailles.

Les échardees sont déformées au contact des phénocristaux.

Il s'agit donc d'une texture Vitroclastique de canaux pseudo-fluidale et produite par éclatement d'une ponce à canaux.

COMPOSITION MINERALOGIQUE QUALITATIVE : PHENOCRISTAUX

- QUARTZ : automorphe à subautomorphe et à golfe de corrosion.

- FELDSPATH POTASSIQUE

Il est subautomorphe à automorphe et très altéré avec pigmentation d'oxydes de fer.

- FLAMMES : les macroflammes ont un cortex axiolitique et un coeur microgrenu.

ENCLAVES

Il s'agit essentiellement d'enclaves homogènes.

MESOSTASE

Totalement recristallisée elle est formée de petits cristaux de quartz et de feldspath potassique.

Selon la nomenclature de M. Boucarut 1971, il s'agit d'une rhyolite porphyrique potassique ignimbrétique de canaux.

ECHANTILLON n° Y1 : Figure 31

Couleur : rougeâtre

Texture : nous pouvons la qualifier de bréchique car il s'agit de deux blocs soudés ayant l'un une texture felsitique et l'autre une texture fluidale sphérolitique. La texture fluidale qui est constituée par des alignements sphérolitiques correspond à une texture pyroméridique fluidale discontinue.

COMPOSITION QUALITATIVE : PHENOCRISTAUX

Quartz : automorphe à golfe de corrosion. Subautomorphe à extinction roulante.

Contrairement à ce que M. Boucarut a observé dans l'Estérel nous constatons ici que non seulement le quartz est abondant mais que les cristaux sont également éclatés.

Feldspath potassique : automorphe à subautomorphe ; ils sont souvent très altérés et pigmentés d'oxydes de fer.

Biotite verte et muscovite.

Mésostase : elle est soit felsitique soit sphérolitique fluidale.

Selon la nomenclature de M. Boucarut 1971, il s'agit d'une rhyolite potassique bréchique porphyrique (ou rhyolite fluidale).

- CONCLUSION

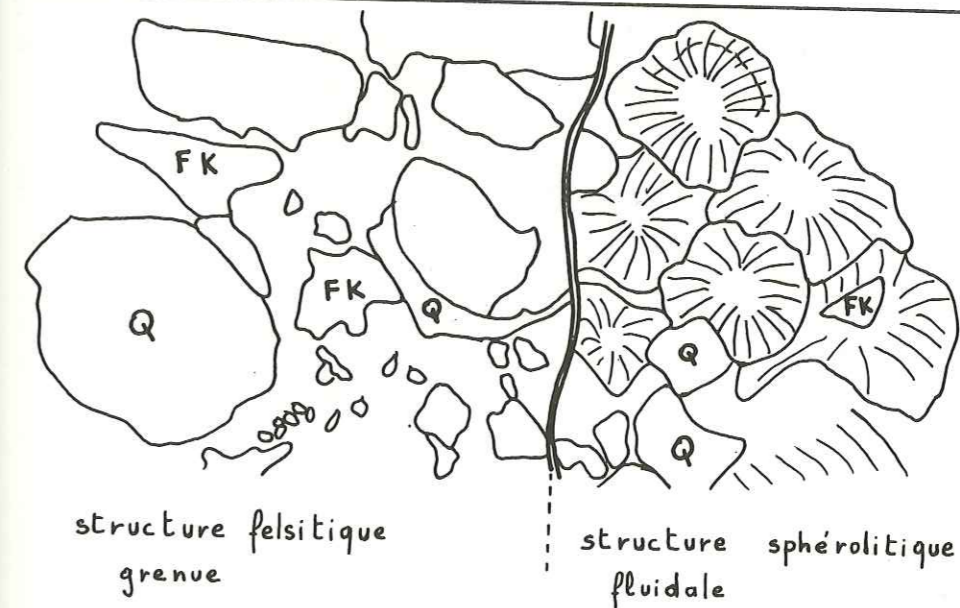
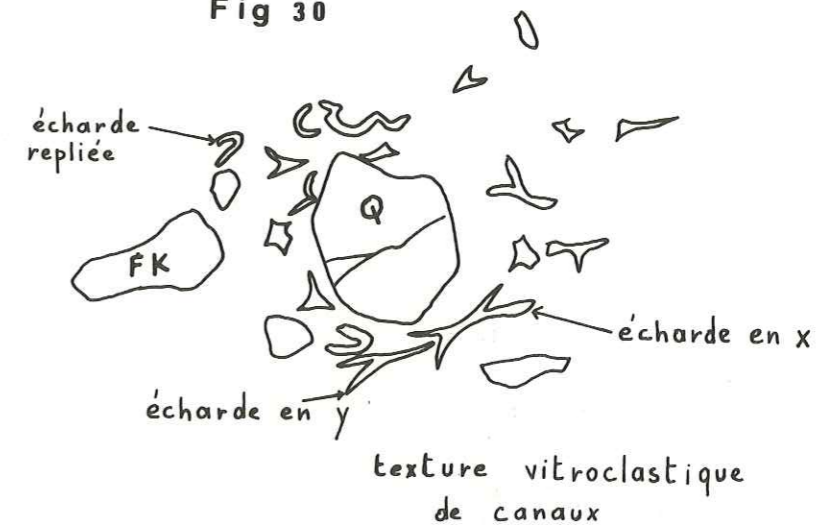
L'étude microscopique de ces galets du faciès de Léouvé a montré une grande similitude avec les roches du volcanisme acide du massif de l'Estérel, décrites par M. Boucarut (1971) : pyroméride potassique fluidale, rhyolite potassique bréchique porphyrique (rhyolite fluidale).

c) Traces d'Activité d'Organismes

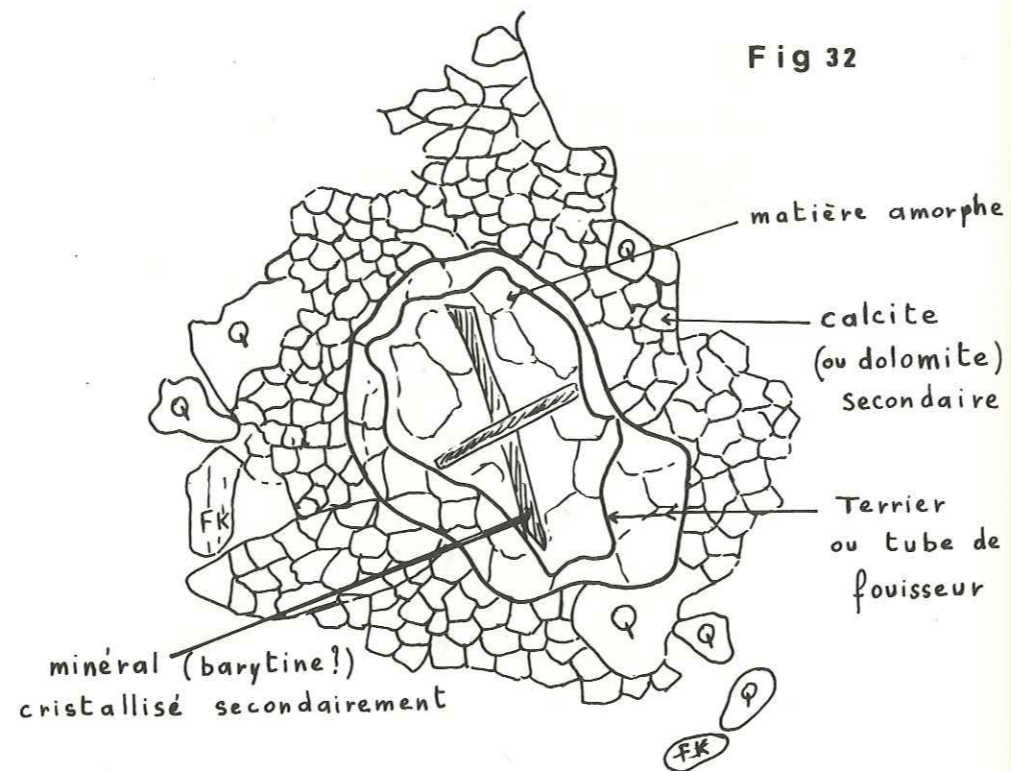
Il s'agit des nodules tubulaires que l'on rencontre dans les sédiments perméens.

Y7 rhyolite porphyrique ignimbrétique

Fig 30



Y1 Fig 31 brèche rhyolitique

Z⁸ Nodule tubulaire

ECHANTILLON Z₈ : Figure 32

Forme : Nodule tubulaire.

Texture : on y distingue deux zones

- Cortex : grenu à mégacristaux
- Coeur : constitué de mégacristaux.

COMPOSITION QUALITATIVE : CORTEX

Quartz : peu abondant, il est constitué par des cristaux anguleux ou subautomorphes parfois à extinction roulante.

Les feldspaths potassiques sont très altérés.

Les plagioclases sont totalement altérés en calcite.

Biotite verte peu altérée

Calcite

Elle est secondaire et formée essentiellement aux dépens des plagioclases.

- Coeur : une simple étude microscopique n'a pas permis d'identifier avec certitude la nature du minéral qui le constituait mais certains caractères font penser à de la barytine. Ce minéral, d'origine secondaire se serait formé au centre de ce nodule tubulaire.

ECHANTILLON : n° Ac

Forme : nodule tubulaire.

Texture : grenue empâtée

COMPOSITION QUALITATIVE

Quartz : soit automorphe à subautomorphe à golfe de corrosion ; soit engrené à extinction roulante et souvent très fracturé.

Feldspaths : subautomorphes, ils sont peu altérés.

Muscovite : détritique

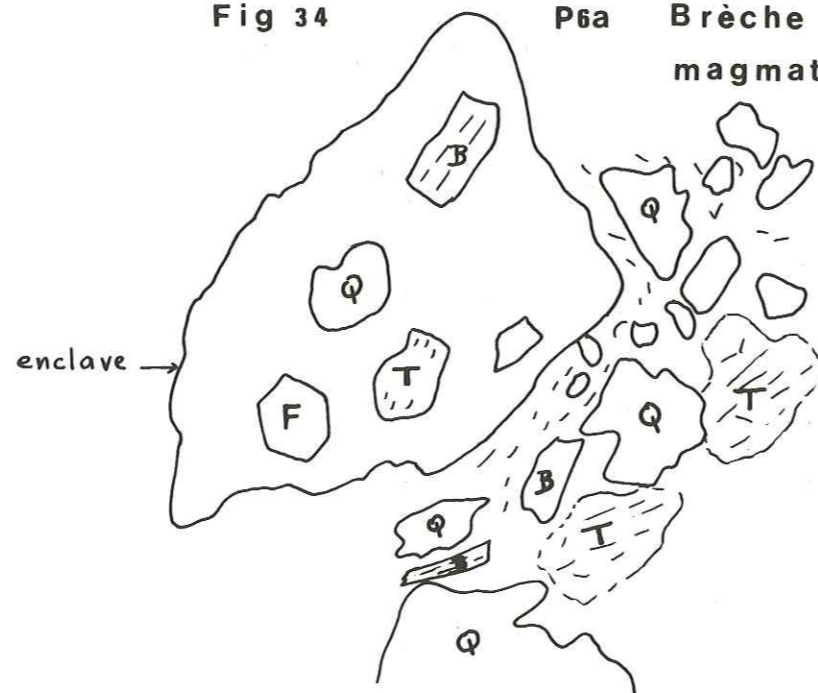
Aib Pegmatite à tourmaline

Fig 33



Fig 34

P6a Brèche magmatique



Q : quartz
 F : Feldspath
 T : Tourmaline
 B : Biotite

Biotite verte : très peu altérée

Ciment : constitué essentiellement de séricite et de carbonates.

Nomenclature : arkose micacée à ciment argileux.

CONCLUSION

L'étude des nodules tubulaires que l'on rencontre dans le faciès de Léouvé a montré qu'il s'agit probablement soit de terriers soit de tubes d'animaux fouisseurs, témoignant d'un milieu de sédimentation continental peu profond. Ces "tubes" ont été remplis secondairement par des éléments détritiques du Permien.

d) GALETS DU CONGLOMERAT WERFENIEN

Le conglomérat werfénien est essentiellement constitué de galets de quartz et de quelques rares galets particuliers dont l'étude microscopique s'est avérée intéressante.

ECHANTILLON V_{11a}

Couleur : gris sombre à noire.

Texture : alternance régulière de lits grossiers et fins, caractéristique d'une roche métamorphique dont le litage sédimentaire est préservé.

Composition minéralogique qualitative : les lits grossiers sont constitués uniquement de quartz engrené à extinction ondulante ; on y rencontre quelques rares paillettes de muscovite. Les lits fins sont faits de quartz granoblastique, de fines paillettes de muscovite, de séricite. Ces différents lits sont séparés par des sortes de "pellicules" noires dont nous n'avons pu préciser la nature exacte : graphite (?).

Nomenclature : quartzite métamorphique (à graphite ?).

ECHANTILLON A_{ib} Figure (33)

Couleur : gris sombre

Texture : pegmatitique

Composition minéralogique qualitative : elle est constituée, essentiellement, de mégacristaux de quartz engrené et à extinction ondulante, séparés par de grandes plages zonées de tourmaline (schorlite).

Nomenclature : pegmatite à tourmaline

ECHANTILLON P_{6a} (figure 34).

Couleur : gris sombre

Texture : microgrenue porphyrique bréchique

Composition minéralogique qualitative :

- ELEMENTS DE LA BRECHE : ils sont blancs et anguleux

Texture : microgrenue porphyrique

Quartz : soit en gros cristaux automorphes à golfes de corrosion, soit en amas microgrenus.

Tourmaline : (schorlite) : soit en grands cristaux subautomorphes, soit en aiguilles très allongées.

Biotite : en petits amas

- MATRICE DE LA BRECHE : elle a la même composition minéralogique que les éléments de la brèche.

Nomenclature : brèche magmatique, témoin de deux phases magmatiques successives acides, toutes deux riches en bore, dont la dernière est responsable de la bréchification.

- CONCLUSION

L'étude microscopique des galets a permis de constater que le conglomérat werfénien, formé essentiellement de galets de quartz blanc laiteux, contient également des galets de quartzite métamorphique, de pegmatite à tourmaline et de roche magmatique acide.

e) LES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN

Nous avons résumé, sous forme de tableau (IX) les principaux caractères pétrographiques. Nous avons cependant décrit en détail quelques types particuliers, de couleur rouge violacé, qui constituent des variations de faciès de ces arkoses blanches.

- CONCLUSION

Couleur : les arkoses blanches montrent une pauvreté en oxydes de fer. Cependant, certaines de ces arkoses montrent des taches de rouille accompagnées de pigment d'oxydes de fer.

Texture : les arkoses blanches ont généralement une texture jointive c'est-à-dire que le ciment est peu abondant.

Le quartz : le matériel détritique werfénien est essentiellement constitué par du quartz engrené à extinction ondulante plus ou moins émoussé, témoignage d'un transport plus important qu'au Permien.

Feldspaths potassiques : ils sont peu altérés.

Feldspaths calco-sodiques : Plagioclases

Ils sont souvent damouritisés et altérés en carbonates. Quand ils sont frais, il s'agit essentiellement d'andésine.

Le ciment : constitué de minéraux argileux, carbonates et assez rarement d'oxydes de fer.

f) LES ARKOSES ROUGES DU WERFENIEN

Les principaux caractères pétrographiques sont résumés sous forme de tableau. :X

- CONCLUSION

Couleur : comme pour les arkoses rouges et verdâtres du Permien, la couleur rouge est associée à la présence des oxydes de fer, les roches verdâtres sont souvent dépourvues d'oxydes de fer.

Texture : ces arkoses ont une texture empâtée (ciment prépondé-

rant).

Le quartz : uniquement du type engrené à extinction ondulante, l'usure des grains témoigne d'un transport plus important qu'au Permien.

Feldspaths potassiques : ils sont fréquemment altérés en minéraux argileux et souvent pigmentés d'oxydes de fer.

Feldspaths calco-sodiques (Plagioclases)

Ils sont souvent damouritisés et altérés en carbonates (calcite et dolomite).

Ciment : constitué de minéraux argileux, carbonates et d'oxydes de fer.

3) CONCLUSION PALEOGEOGRAPHIQUE

Au Permien le matériel arénitique des arkoses provient du démantèlement de roches cristallines (gneiss, quartzites, granites) ayant subi des efforts tectoniques et de roches volcaniques acides (p.72). Les galets présentent une très grande similitude avec les roches volcaniques acides de l'Estérel (p.76). Tout ceci plaide en faveur de l'hypothèse d'une alimentation du bassin de sédimentation permien de Barrot à partir de la région de l'Estérel, ou d'un massif similaire, situé au SSW du Dôme de Barrot.

Au Werfénien, l'apport d'éléments volcaniques cesse. Le matériel arénitique des arkoses qu'elles soient blanches ou rouges, provient uniquement du démantèlement de roches cristallines acides ayant subi des efforts tectoniques et les galets proviennent du démantèlement de filons de quartz et de pegmatite lardant un massif magmatique acide au SSW du Dôme de Barrot.

C) LES MINERAUX ACCESSOIRES

1) METHODE

La préparation des échantillons pour le tri des minéraux est bien exposée dans A. Parfenoff, C. Pomerol, J. Tourenq (1970 p. 22 à 217); auquel nous renvoyons le lecteur pour plus de détail.

Notre étude a été réalisée sur 200 g de roche dont nous avons retenu les fractions granulométriques comprises entre 0,04 et 0,250 mm. Chacune de ces différentes fractions a été obtenue par liqueurs denses (bromoforme : $d = 2,89$ et iodure de méthylène : $d = 3,3$) puis par séparateur électromagnétique Frantz. La détermination minéralogique des grains a été réalisée à l'aide de la loupe binoculaire, dans certains cas à l'aide des liqueurs d'indice au microscope polarisant.

2) LES FAITS

a) DESCRIPTION QUALITATIVE DES DIFFERENTS MINERAUX

Anatase (An) : les cristaux, de couleur jaune à bleue, transparents à opaques, se présentent en général en tablettes et rarement en octaèdres.

Apatite (A) : les cristaux, généralement blanc-laiteux, transparents, se présentent en prismes allongés.

Disthène (D) { kyanite } il se présente en tablettes bleues.

Hornblende verte (H) : assez rare dans nos sédiments, elle se présente en fragments de cristaux.

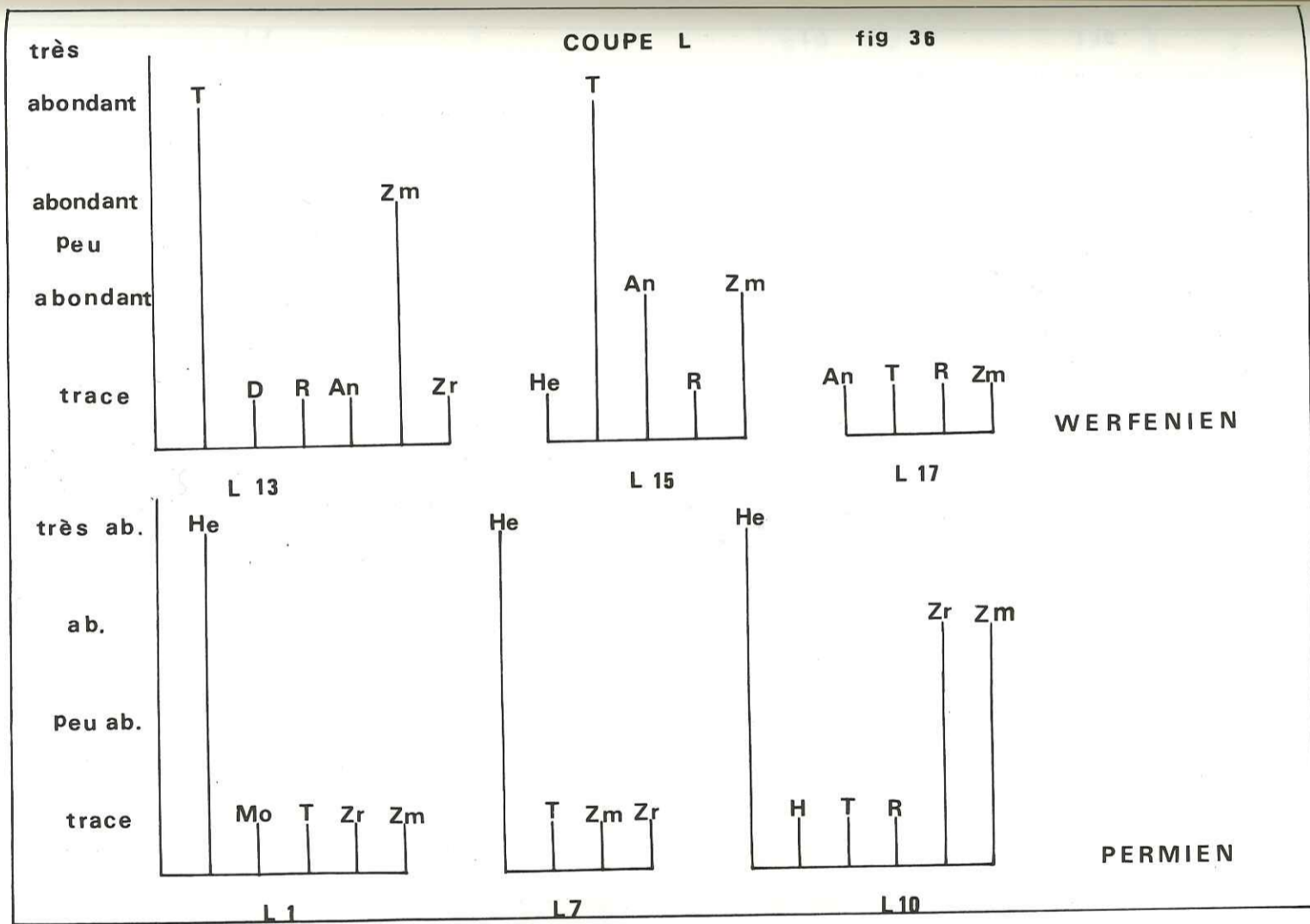
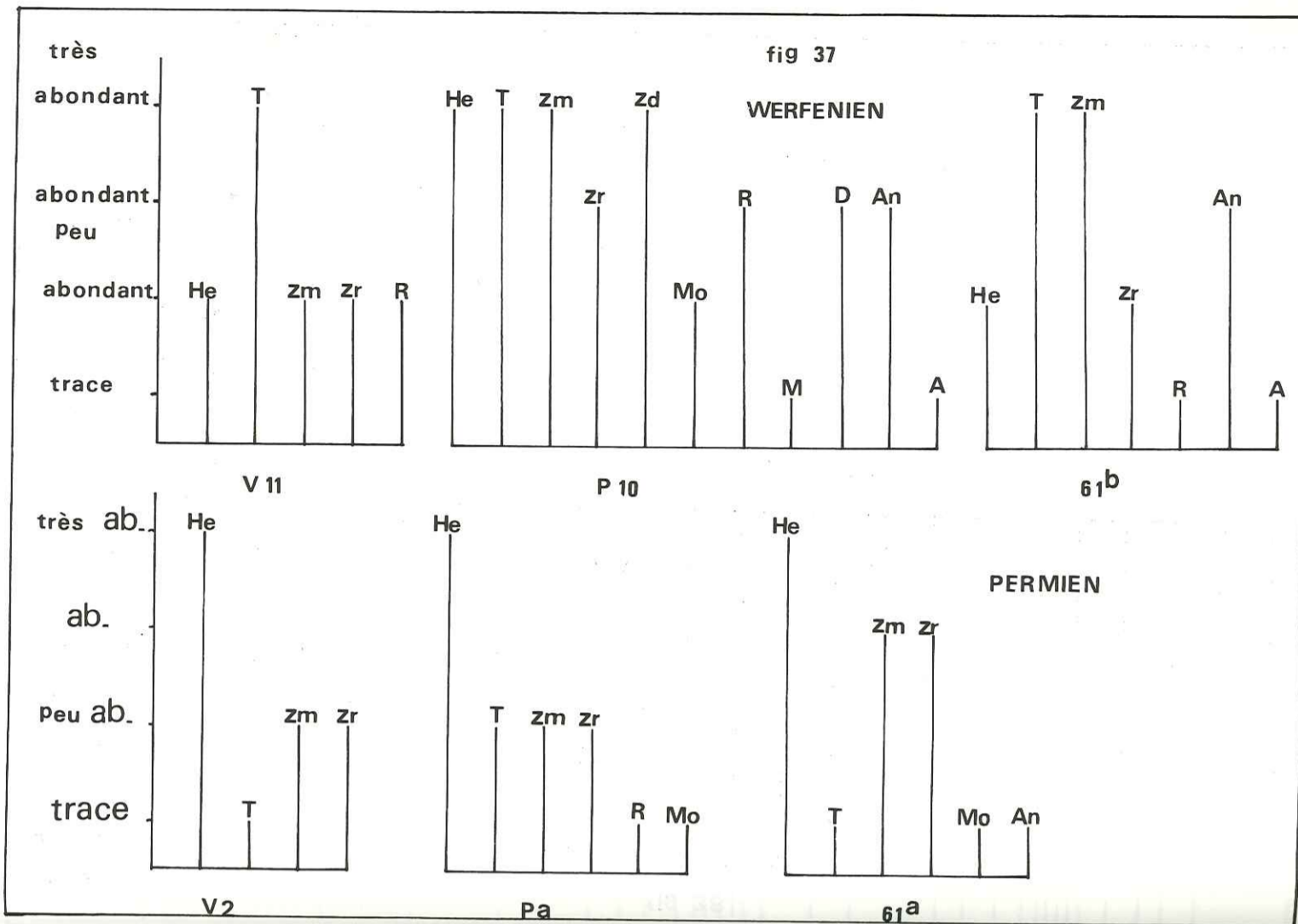
Hématite (Hé) : elle est de couleur rouge brique à brune, et se présente soit sous la forme massive globuleuse soit en oolithe.

Magnétite (M) : les cristaux, de forme massive, sont de couleur noire parfois à facettes bien délimitées et striées.

Monazite (Mo) : les cristaux, de couleur jaune à verdâtre, sont soit tabulaires soit prismatiques.

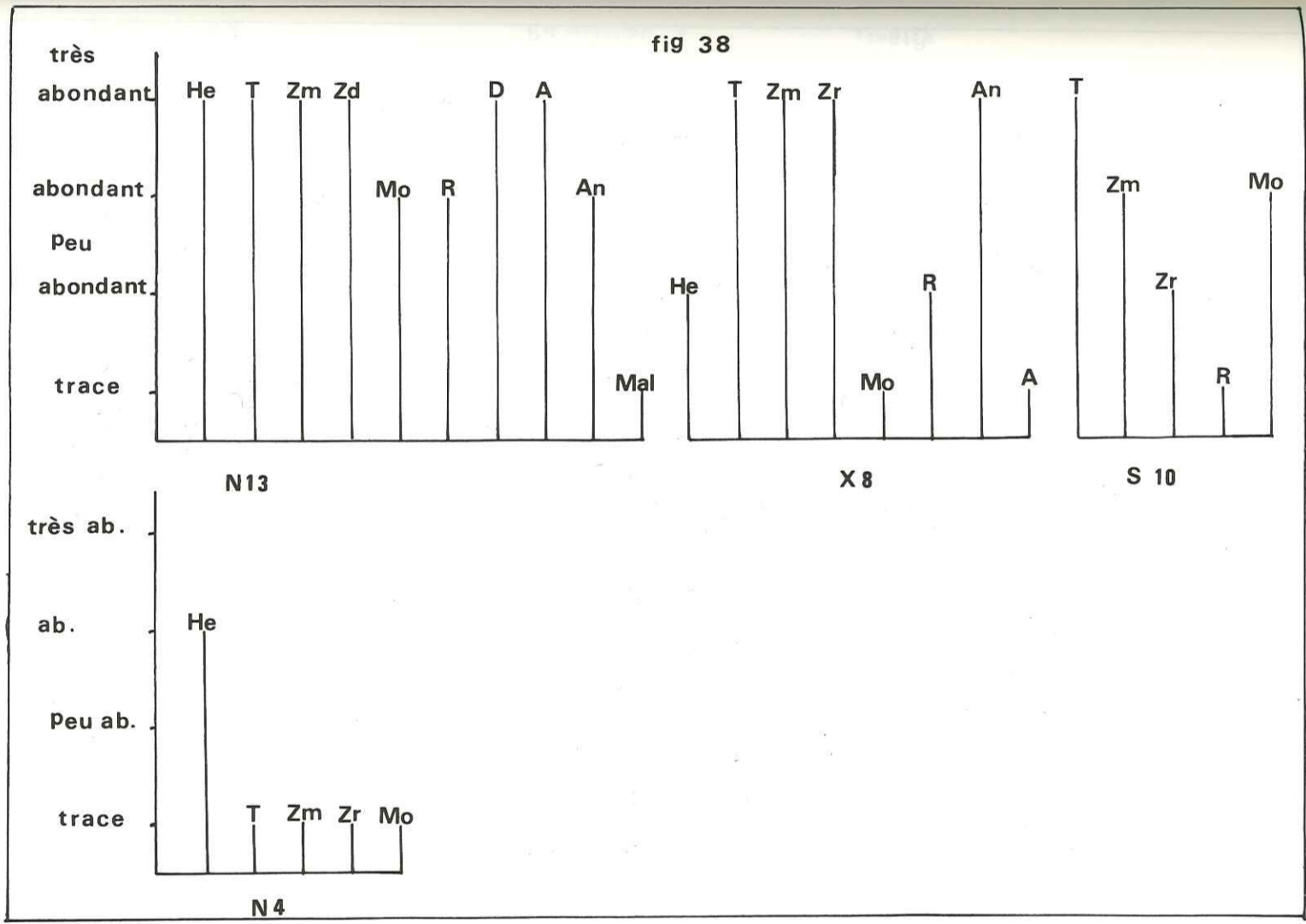
Malachite (Mal) : les cristaux de forme massive ou concrétionnée sont de couleur verte.

Rutile (R) : il se présente en prismes allongés de couleur brun rouge.



	WERFENIEN												
	He	Zr	Zm	Zd	M	H	T	An	A	R	Mo	D	Mal
très abondant													
abondant													
Peu abondant													
trace													
PERMIEN													
très ab.													
ab.													
Peu ab.													
trace													

fig 38



- Cortège des rhyolites : zircon "rhyolitique", hématite, anatase (tablettes et octaèdres), monazite, tourmaline.

- Cortège des roches volcaniques basiques : zircon migmatitique et rhyolitique, monazite, tourmaline, magnétite, anatase (tablettes).

- LES CORTEGES MINERALOGIQUES DU WERFENIEN

- Cortège cristallophyllien (gneiss) : zircon migmatitique, apatite, anatase (octaédrique), monazite, tourmaline, disthène.

- Cortège des granites : zircon rhyolitique, monazite, rutile, tourmaline.

- Cortège des diorites quartziques : zircon type diorite quartzique, monazite, tourmaline, apatite.

- Cortège des roches volcaniques basiques : hématite zircon rhyolitique et migmatitique, anatase (tabulaire), magnétite.

3) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

Les minéraux accessoires du Permien sont peu usés, ils témoignent d'un transport peu important ; ceux du Werfénien, par contre, présentent un émoussé supérieur à celui des minéraux du Permien, ils ont donc subi un transport plus important.

Au Permien, les minéraux accessoires caractéristiques des roches volcaniques, surtout acides (zircon rhyolitique, hématite, magnétite) sont très abondants, tandis qu'au Werfénien ils sont très rares.

En définitive, le matériel détritique permien provient essentiellement de trois familles de roches : cristallophylliennes (gneiss, leptynites), plutoniques (granites, diorites quartziques) et volcaniques acides (rhyolites) et basiques. Le matériel werfénien serait issu de deux familles de roches : cristallophylliennes (gneiss et leptynites) et plutoniques (granites, pegmatites, diorites quartziques) ; les minéraux des roches volcaniques basiques sont rares.

Nous avons déjà établi que le sens d'apport du matériel permien et werfénien va du SSW vers le NNE. Il est donc hautement probable que les gneiss, leptynites, granites, diorites quartziques, rhyolites du massif de l'Estérel, ou d'un massif similaire, aient fourni une grande partie du matériel détritique permien du Dôme de Barrot. Quant au matériel détritique werfénien, il a été alimenté par des roches cristallophylliennes et intrusives, semblables à celles du Permien, mais vraisemblablement situées à une plus grande distance.

Ces résultats ont permis de corroborer les hypothèses émises après l'étude pétrographique (p. 66).

CHAPITRE VRECONSTITUTION DES CLIMATS

- 1 - TENEUR EN MICAS ET EN FELDSPATHS
- 2 - ETUDE AUX R. X. DE LA FRACTION FINE DES SEDIMENTS
PERMIENS ET WERFEMIENS
- 3 - LA COULEUR DES ROCHES

RECONSTITUTION DES CLIMATS

Il faut distinguer deux types d'altération climatique : d'une part celle liée au climat qui régnait sur la province distributrice, avant l'érosion et le transport du matériel étudié ; d'autre part celle liée au climat qui a régné sur le bassin de sédimentation après le dépôt du matériel.

Les témoins du premier climat sont : micas détritiques, feldspaths, minéraux argileux détritiques. Les témoins du second climat sont, non seulement, les minéraux argileux néoformés mais aussi les minéraux détritiques (micas, feldspaths) ainsi que la couleur des sédiments. Par conséquent il est très délicat de séparer nettement les altérations dues à l'un ou à l'autre des climats. En effet les altérations qui ont débuté sur la province distributrice peuvent soit se fossiliser soit évoluer dans le bassin de sédimentation.

Cependant nous allons essayer de retrouver les traces des deux climats qui peuvent être le même ou non.

1) TENEUR EN MICAS ET EN FELDSPATHS

a) LES MICAS

Ils sont très abondants et essentiellement constitués de muscovite peu altérée, et plus rarement de biotite, brune, verte ou décolorée et très altérée. Dans certaines arkoses rouges permienes et werféniennes la biotite a une bordure opaque d'oxydes. Dans les arkoses blanches werféniennes la biotite est moins altérée que dans les arkoses rouges permienes et werféniennes. Ceci permet de conclure à un climat peu hydrolysant aussi bien au Permien qu'au Werfénién sur la province distributrice.

b) LES FELDSPATHS

Le comptage minéralogique, par points, des feldspaths potassiques et des plagioclases dans les arkoses rouges permienes, a montré une forte proportion de plagioclases par rapport aux feldspaths potassiques. Ceci indique que le transport des matériaux a été peu important et que le climat régnant sur la province distributrice était peu hydrolysant. Par contre, les arkoses blanches et rouges du werfénién montrent une plus grande propor-

T A B L E A U X I I I

ETUDE DE LA FRACTION ARGILEUSE DES ARKOSES DU PERMIEN

Echantillons	Couleur	Lar-geur de Pic à mi-hauteur	Composition Minéralogique	Echantillons	Couleur	Lar-geur de Pic à mi-hauteur	Composition Minéralogique
61 _a	rouge	6,50 mm	Illite ouverte Micas	N ₄	verdâtre	8,00 mm	Illite ouverte Micas Chlorite
V ₂	rouge verdâtre	7,00 mm	Illite ouverte Micas				Interstratifié : - chlorite - vermiculite
X ₄	verdâtre	6,50 mm	Illite ouverte Micas	Pa	rouge	7,50 mm	Illite ouverte Micas
A ₁	verdâtre	7,00 mm	Illite ouverte Micas	B ₆	noire- verdâtre	-	Illite ouverte Interstratifié : - micas - chlorite
A ₂	rouge	9,5 mm	Illite ouverte Interstratifié : - vermiculite - chlorite - montmorillorite - Micas	Fa	rouge	-	Illite ouverte Interstratifié : - vermiculite - montmorillorite - chlorite
I ₉	rouge	7,50 mm	Illite ouverte Micas	26 ^b	verdâtre	-	Illite ouverte Interstratifié : - vermiculite - montmorillorite - chlorite
I ₁₃	verdâtre	8,00 mm	Illite ouverte Interstratifié : - chlorite - vermiculite	Q ₁	rouge	7,00 mm	Illite ouverte Micas
C ₇	rouge	8,00 mm	Illite ouverte Micas	M ₈	rouge	5,00 mm	Illite ouverte Micas
G ₅	verdâtre	7,50 mm	Illite ouverte Micas	Ba	rouge	-	Illite ouverte Micas
R ₆	rouge	5,00 mm	Illite ouverte Micas	D ₃	rouge	-	Illite ouverte Micas
E ₂	rouge	8,00 mm	Illite ouverte Micas	32 ^e	rouge	-	Illite ouverte Micas

ETUDE DE LA FRACTION ARGILEUSE DES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN				ARKOSES ROUGES DU WERFENIEN			
Echan-til-lons	Cou-leur	Lar-geur du Pic à mi-hau-teur	Composition Minéralogique	Echan-til-lons	Cou-leur	Lar-geur du Pic à mi-hau-teur	Composition Minéralogique
N ₁₃	Blan-che	-	Illite ouverte Chlorite, Micas Interstratifié : - chlorite - vermiculite	A ₁₄	Rouge-âtre		Illite ouverte Micas
C ₁₀	ibid.	7,50 mm	Illite ouverte Micas Interstratifié : - chlorite - vermiculite	A ₁₅	verte		Illite ouverte Micas
I ₁₇	ibid.	7,00 mm	Illite ouverte Micas Interstratifié : - chlorite - vermiculite	ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN (SUITE)			
L ₁₄	ibid.	5,50 mm	Illite ouverte Micas	I ₁₆	Blan-che	-	Illite ouverte Micas
V ₁₁	ibid.	5,50 mm	Illite ouverte Micas	Bo	ibid.	-	Illite ouverte Micas
61 ^b	ibid.	6,50 mm	Illite ouverte Micas	32 _x	ibid.	-	Illite ouverte Micas
P ₁₀	ibid.	7,50 mm	Illite ouverte chlorite (trace)	tableau XIV			
X ₈	ibid.	6,00 mm	Illite ouverte Micas				
J ₇	ibid.	-	Illite ouverte Micas				
A ₉	verte	6,00 mm	Illite ouverte Chlorite Interstratifié : - illite - montmoril - chlorite				

tion de feldspaths potassiques, par rapport aux plagioclases moins résistants, ceci indique un transport plus important qu'au Permien. Au Werfénien le climat de la province distributrice était également peu hydrolysant car les plagioclases sont peu altérés. Au Permien, le comptage minéralogique n'a pas permis de décèler une répartition géographique bien nette, par contre au Werfénien le sens d'apport SSW vers le NNE a été confirmé par le fait que les échantillons situés au SSW sont plus riches en plagioclases que ceux du NNE.

2) ETUDE AUX R. X. DE LA FRACTION FINE DES SEDIMENTS PERMIENS ET WERFENIENS

L'étude des lutites qui constituent cette fraction, a été réalisée sur agrégats. Elle a pour but de savoir, d'une part si la composition minéralogique argileuse est différente selon la couleur de la roche (rouge, verdâtre ou blanche), d'autre part si la cristallinité des argiles varie du Permien au Werfénien.

a) LES FAITS

- LE PERMIEN : tableau XIII
- LE WERFENIEN : tableau XIV

b) CONCLUSION ET INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

Les argiles du Permien et du Werfénien sont, en général, constituées d'illite ouverte, de micas et accessoirement de chlorite, de montmorillonite et d'interstratifiés de type chlorite. Vermiculite (C-V) et illite-chlorite-montmorillonite (I-C-M). Il est difficile de faire la part entre minéraux hérités et minéraux de transformation ou de néoformation, mais il semble bien que ces différents types coexistent. Les minéraux ouverts tels que l'illite et les interstratifiés (V-M) ainsi que la chlorite témoignent d'un climat légèrement hydrolysant ayant transformé les roches mères sur la province distributrice. Ces minéraux auraient subi par la suite des transformations ménagées pendant la sédimentation et la diagenèse dans les bassins permien et werfénien. Ces bassins, relativement confinés (fin du Permien et du fin du Werfénien) insuffisamment renouvelés, riches en potassium, magnésium, fer, calcium, sont le lieu favorable à la formation et à la conservation de minéraux

tels que : illite, chlorite, montmorillonite, dolomite et calcite.

En conclusion, la présence d'illite, chlorite, montmorillonite et l'absence de kaolinite suggèrent un climat peu hydrolysant (tempéré à tropical sec) tandis que la couleur rouge (oxydes de fer rouges) suggère un climat hydrolysant. La combinaison de ces caractères permet d'émettre l'hypothèse d'un climat de type méditerranéen chaud sur le bassin de sédimentation. La largeur des pics des diagrammes d'argile, indique une diagenèse assez avancée mais il semble qu'on n'ait pas atteint l'anchymétamorphisme car nous n'avons rencontré aucun minéral métamorphique dans les lames minces.

3) LA COULEUR DES ROCHES

a) LES OBSERVATIONS

Au cours de notre analyse pétrographique, nous avons signalé que la coloration rouge, des arkoses du Permien et du Werfénien, est liée à la présence d'oxydes de fer abondants dans le ciment de ces roches (p.). Les arkoses verdâtres permienes et werféniennes et les arkoses blanches werféniennes ont un ciment dépourvu d'oxydes de fer rouges. Certaines arkoses présentent un passage continu entre les colorations violette, au centre, verdâtre et rouge à la périphérie. Certaines arkoses blanches werféniennes montrent des taches jaunâtres (limonite). Nous avons également observé dans le Permien que les rythmes d'arkoses rouges se terminent, fréquemment par de petits niveaux verdâtres.

b) INTERPRETATION PALEOGEOGRAPHIQUE

- LA COULEUR ROUGE

A quel moment de l'histoire du sédiment la coloration rouge permienne et werfénienne a-t-elle été acquise ?

A la suite des travaux que nous avons effectués sur les différentes granulométries des arkoses et sur les différents milieux de sédimentation du Dôme de Barrot, il est difficile d'admettre que la couleur rouge soit héritée de la province distributrice. En effet nous avons montré que la couleur rouge est liée à la présence d'oxydes de fer dans le ciment des arkoses. Nous avons également montré que les arkoses blanches et rouges du werfénien ont la même origine. D'autre part l'étu-

de des micas et des feldspaths exclut un climat très hydrolysant sur la province distributrice. De plus dans les arkoses rouges permienes et werféniennes nous avons noté les nombreuses variations latérales et verticales de couleur.

Dans la série d'arkoses blanches werféniennes nous avons observé de nombreuses intercalations de petits rythmes d'arkoses rouge-violacé. Dans ce cas il est difficile d'admettre des variations climatiques si rapides à une échelle aussi petite que celle d'un rythme de 50 cm. D'autre part il semble plus probable que le climat qui régnait au Werfénien (arkoses blanches) était celui ayant régné sur les arkoses rouges de la fin du werfénien. Nous pouvons donc admettre que ce sont les conditions de sédimentation ou de diagenèse qui sont responsables de la coloration rouge. Mais sédimentation ou diagenèse ? ceci nous amène à poser la question suivante : quel fut le processus d'acquisition de la coloration rouge ?

Jusqu'à présent il est admis que les colorations rouges et violettes sont liées aux oxydes de fer, surtout au fer non combiné (M. Durant 1975). En effet, ce dernier a montré que dans les grès rouges du Trias lorrain la couleur est liée à l'hématite et que ce pigment est essentiellement lié à la fraction inférieure à 2 microns. Il a également montré que les différentes nuances de teinte violette, rencontrées dans les sédiments permo-triasiques semblent dépendre essentiellement de la distribution granulométrique de l'hématite. Si ce processus est envisageable dans notre cas, il est difficile de le prouver car nous n'avons jamais détecté de pics d'hématite dans les diagrammes de R. X. de la fraction inférieure à 2 microns, ceci étant probablement dû au fait que cet oxyde n'est pas cristallisé dans nos sédiments.

M. Boucarut (1971) a montré que les séries volcaniques rouges de l'Estérel avaient acquis leur coloration par dévitrification des rhyolites potassiques suivie par la libération du pigment hématitique rouge. Ce processus ne peut être envisagé dans notre cas étant donné la faible importance des éléments volcaniques dans les "Pélites" permienes et dans les arkoses rouges werféniennes.

En définitive, le processus le plus probable dans notre cas semble être directement lié aux conditions physico-chimiques régnant dans les bassins de sédimentations et notamment aux effets de la variation du niveau de l'eau dans ces bassins confinés du Permien et du Werfénien alternativement inondés et asséchés.

La période humide et chaude provoque la libération du fer par hydrolyse des minéraux ferro-magnésiens et la période sèche fixe ce fer sous forme d'oxydes. Cette alternance de saisons humides et sèches serait par ailleurs à l'origine des fentes de dessiccation qui sont très nombreuses dans les arkoses rouges du Permien et du Werfénien.

- COULEUR VIOLETTE

Les connaissances sur les causes du pigment violet sont encore limitées. Nous nous contenterons de citer quelques auteurs.

Strakhov (cité par M. Durand 1975) pense que cette teinte est due à un rapport déterminé entre les teneurs en oxyde de fer et de manganèse.

E. N. Janov (cité par M. Durand 1975), à propos de roche paléozoïque, a montré que la couleur ne dépend pas en général de la teneur globale en fer ferrique et en fer mais de la valeur du coefficient d'oxyde-réduction Fe^{+++}/Fe^{++} . Ce coefficient étant faible pour la couleur verte mais fort pour les couleurs rouges et violettes.

M. Durant (1975) a montré, à propos des grès triasiatiques, que dans les grès violets, il est possible d'isoler, dans la fraction granulométrique comprise entre 2 et 20 microns, le pigment hématitique responsable de la teinte anormale alors que dans les grès rouges, le pigment est lié à la fraction inférieure à 2 microns.

Dans notre cas il est difficile de proposer un processus d'acquisition de la couleur violette étant donné que nous n'avons pas fait d'analyse dans ce sens.

- COULEUR VERTE

Il est généralement admis que le pigment vert apparaît dans le milieu même de sédimentation par suite d'une modification temporaire, et probablement assez limitée, des conditions physico-chimiques entraînant une diminution de la valeur du rapport Fe^{+++}/Fe^{++} : c'est le cas pour les dépôts en milieu réducteur tels que les flaques temporaires où apparaissent les hydrosols tels que glays et pseudoglays.

T R O I S I E M E P A R T I E

- ETUDE GEOCHIMIQUE

- CONCLUSIONS GENERALES

I N T R O D U C T I O N

L'étude géochimique a été réalisée sur 16 coupes lithostratigraphiques (soit 140 échantillons) réparties sur l'ensemble de l'aire sédimentaire étudiée.

Les échantillons se répartissent de la manière suivante :

- permians : 93 ;
- werféniens : 47.

Nous n'avons pas analysé d'échantillons provenant du Cerisier, secteur le plus minéralisé et par conséquent cas particulier du point de vue géochimique. Nous avons choisi la méthode du dosage au spectromètre d'absorption atomique pour deux raisons essentielles :

- d'une part il s'agit de déterminer la teneur relative (et non la teneur réelle) de chaque élément par rapport aux autres ;
- d'autre part la méthode est bien adaptée aux grandes séries d'échantillons et elle est suffisamment précise pour permettre des dosages à 10^{-6} près.

Nous avons dosé 8 éléments : Al, Ca, K, Mg, Na, Fe (total), Cu et Zn dans les échantillons représentatifs de tous les faciès rencontrés sur la même coupe.

Afin de rechercher un contrôle sédimentologique possible du cuivre et du zinc, nous avons déterminé la variation des rapports qui existent entre les éléments dosés d'une part et réalisé une analyse factorielle en composantes principales sur les teneurs absolues des éléments d'autre part.

En conclusion nous montrerons les divers résultats obtenus par ces deux méthodes et nous avancerons les hypothèses sur l'origine du cuivre et du zinc.

C H A P I T R E I : L E S M E T H O D E SA - P R E P A R A T I O N D E S E C H A N T I L L O N SB - M E S U R E S

A) PREPARATION DES ECHANTILLONS1) Broyage

Les échantillons ont été broyés aux anneaux en carbure de tungstène.

2) Mise en solution

Nous avons utilisé la méthode de l'attaque fluorhydrique - perchlorique avec volatilisation du silicium (M. Pinta, 1971, méthode IV, page 298).

Etant donné le caractère très siliceux de nos roches, cette méthode permet, par l'élimination du silicium, de réduire les interactions dues à cet élément sur Ca, Mg etc....

Nous avons utilisé 1 g de roche pour obtenir une solution contenant 1 g d'échantillon dans 100 ml d'acide chlorhydrique à 5 %.

B) MESURES

Toutes nos mesures ont été effectuées au spectromètre d'absorption atomique (Varian Techtron modèle 1200) de l'Institut Dolomieu de Grenoble.

La mesure physique est comparée à une gamme d'étalons titrés en microgrammes par millilitre. Pour un élément donné la gamme d'étalons est choisie dans la partie la plus rectiligne de la courbe de réponse de l'appareil. Les échantillons trop concentrés sont redilués afin d'être ramenés dans la bonne gamme.

Tous les étalons ont été ensuite recontrôlés par complexométrie.

Chaque élément est d'abord exprimé en microgramme par millilitre. Cette valeur est ensuite reconvertie en % d'oxyde, pour les majeurs, et en p.p.m pour les oligo-éléments dans la roche selon les formules suivantes :

$$- \% \text{ oxyde} : x = 0,01 \cdot \gamma \cdot e \cdot i$$

$$- \text{P.P.m} : z = 100 \cdot \gamma \cdot i$$

$$- \gamma = \text{teneur en microgrammes par millilitre}$$

$$- i = \text{inverse de la quantité pondérale d'échantillon dissoute dans 100 ml (i = 1 pour 1 g/100 ml).}$$

$$- e = \text{constante de conversion d'un élément en oxyde : Al = 1,89 ; Ca = 1,40 ; K = 1,20 ; Na = 1,35 ; Fe = 1,43 ; Fe}_2\text{O}_3 \text{ (fer total) Cu = 1,25 ; Mg = 1,66 ; Zn = 1,24}$$

CHAPITRE II : HISTOGRAMMES DESFREQUENCES DES ELEMENTSA - LES FAITSB - CONCLUSION ET INTERPRETATION

A) LES FAITS

Figures (39 à 42)

B) CONCLUSION ET INTERPRETATION1) Al₂O₃

Aussi bien dans le Permien que dans le Werfénien l'aluminium présente un large domaine de répartition caractérisé par un histogramme bimodal.

- Le premier mode, situé entre 4,15 et 12,45 correspond à un groupe de roches riches en feldspaths et autres silicates d'alumine.

- Le deuxième mode, situé entre 20,75 et 24,90, correspond à un groupe de roches riches en argiles et micas.

Cet histogramme permet de conclure que le Permien est plus riche en argile que le Werfénien dont les sédiments sont constitués d'une plus grande proportion de feldspaths.

2) K₂O

L'histogramme bimodal montre une grande dispersion des valeurs.

- Le premier mode situé entre 5,40 et 7,20 pour le Permien et entre 1,80 et 3,60 pour le Werfénien correspond probablement à un groupe de roches riches en feldspaths potassiques.

- Le deuxième mode situé entre 10,80 et 12,60 pour le Permien et entre 9,00 et 10,80 pour le Werfénien correspond aux roches riches en illites et micas.

On peut en conclure que le Permien est plus riche en potassium que le Werfénien.

3) Na₂O

Les histogrammes du Permien et du Werfénien montrent un seul mode ce qui indique que cet élément est probablement lié à un seul type de roche.

Le Permien plus sodique que le Werfénien montre également une plus grande dispersion des valeurs.

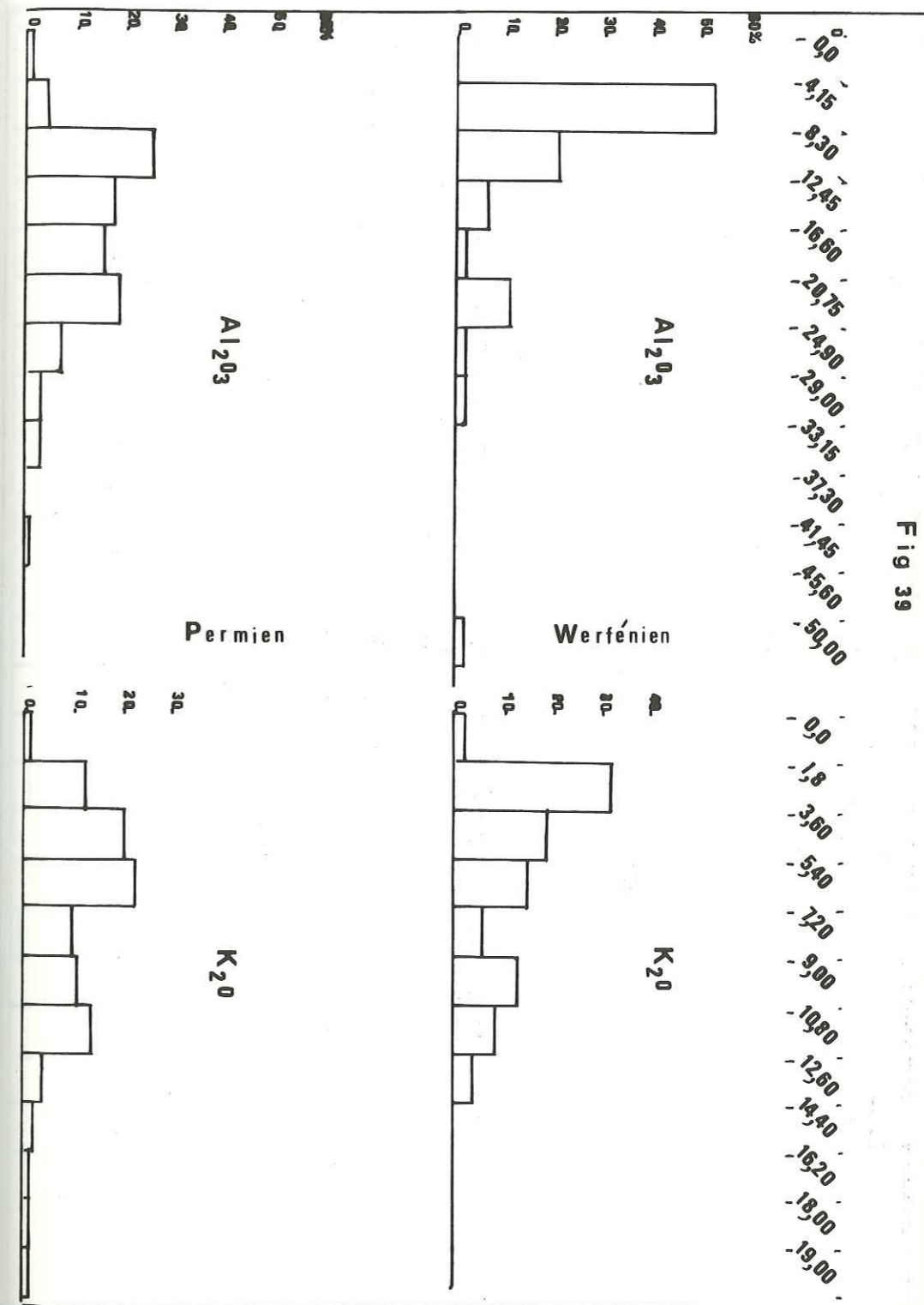


Fig 39

Fig 41

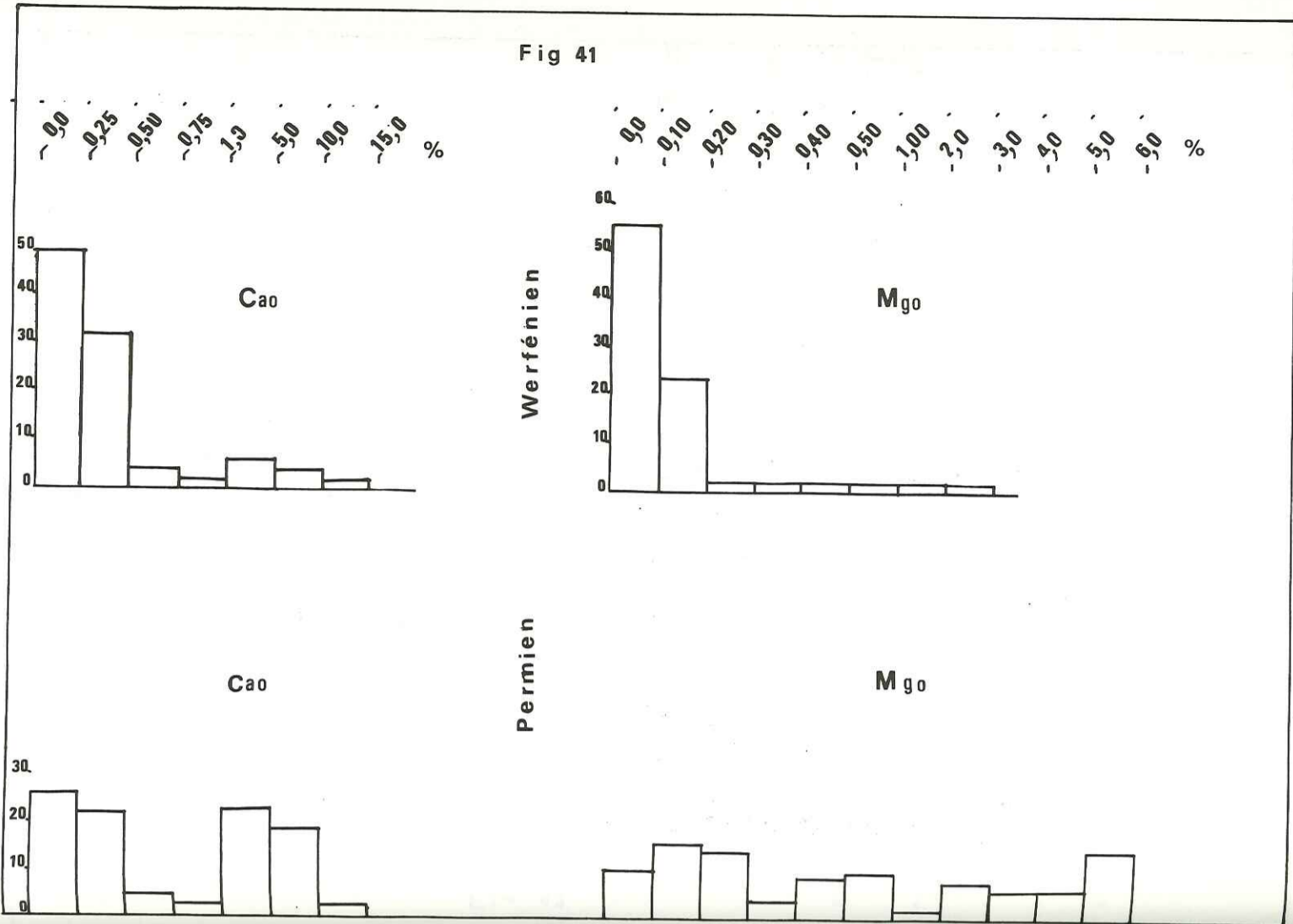
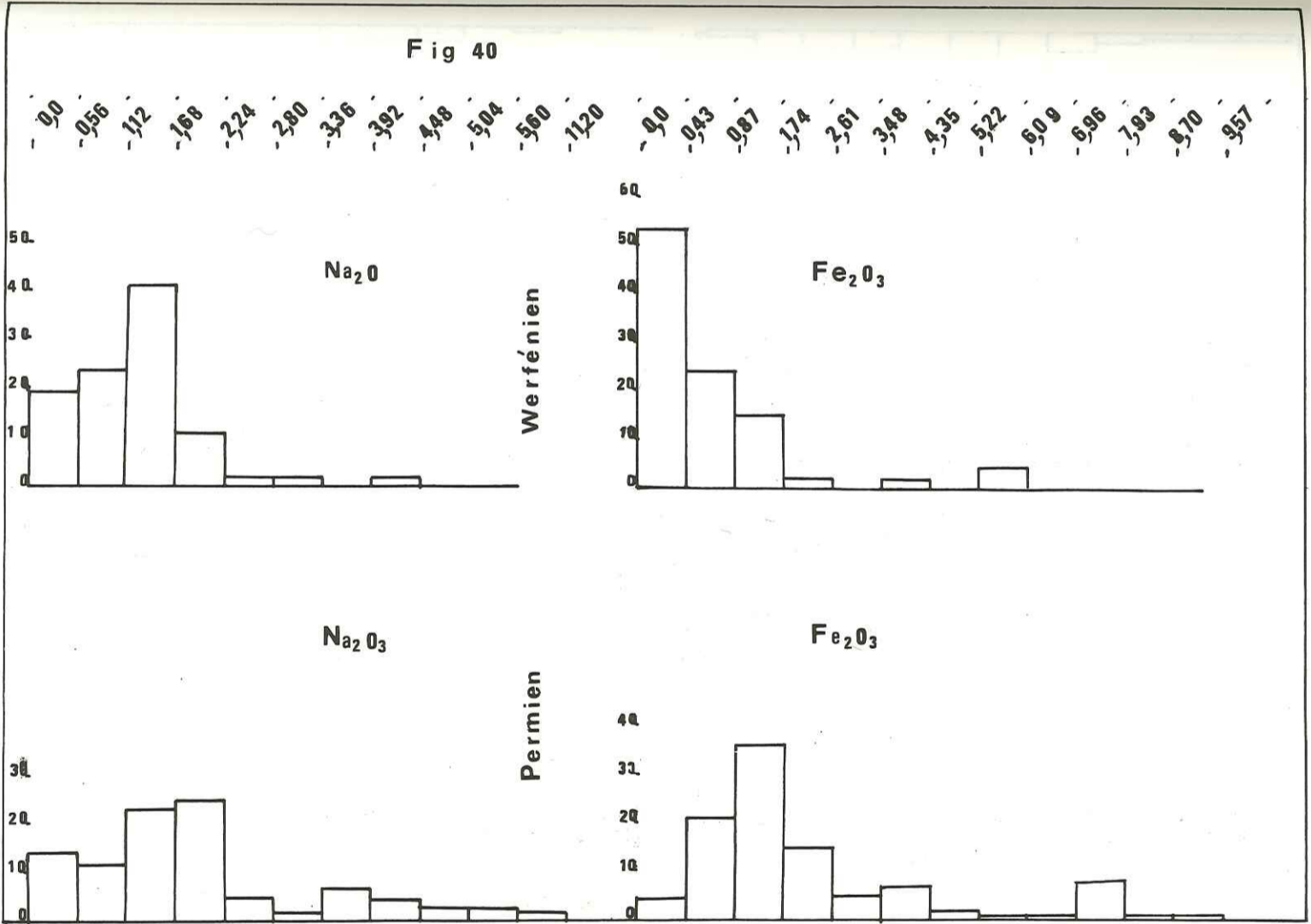


Fig 40



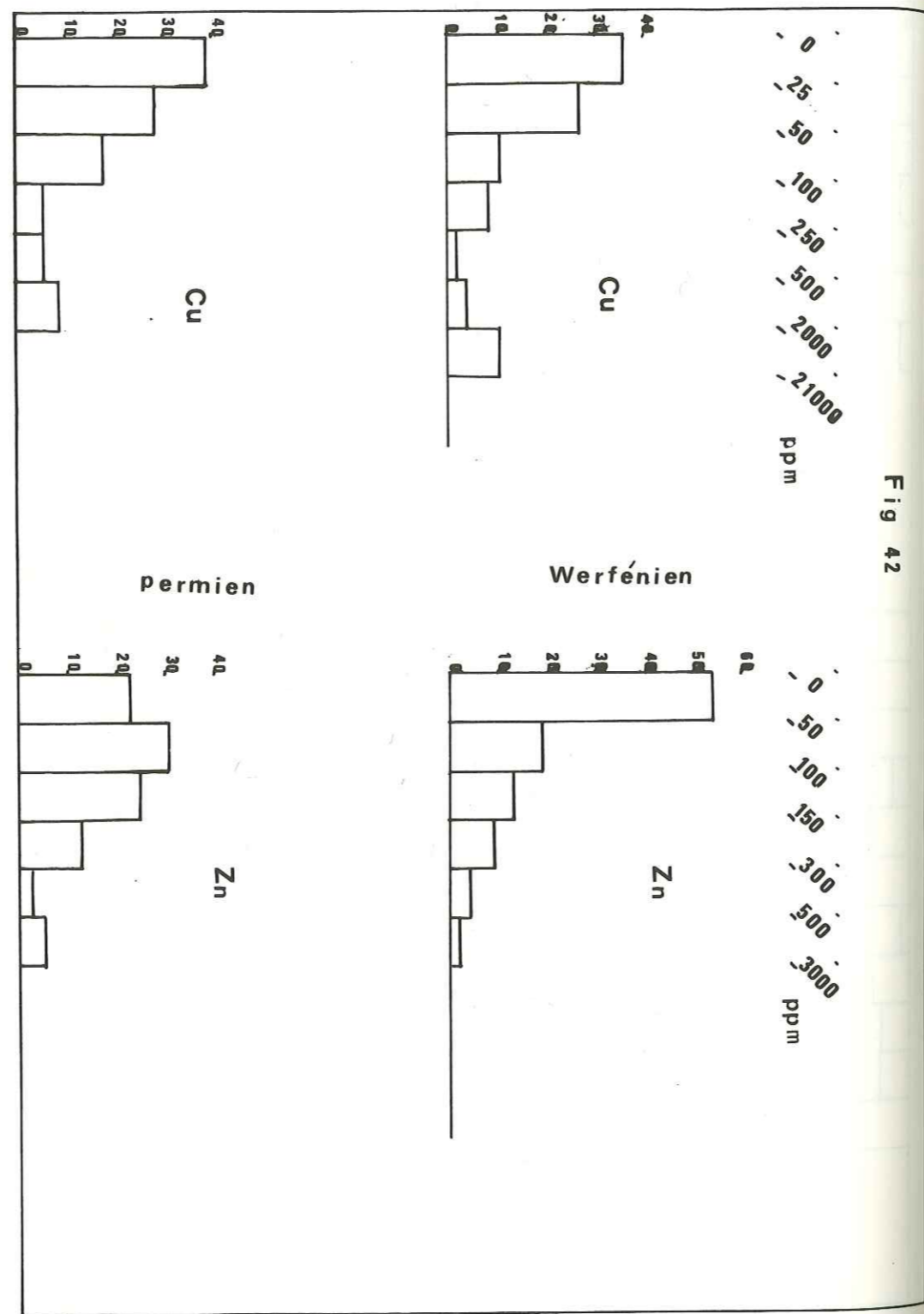


Fig 42

4) Fe_2O_3 (fer total)

La répartition du fer (total) est plus dispersée dans le Permien que dans le Werfénien.

Au Werfénien l'histogramme est unimodal, et on note un regroupement autour des plus faibles valeurs : 0 à 0,43.

Au Permien l'histogramme est bimodal ce qui indique que cet élément est lié à deux types de roches.

Les roches du Permien sont plus riches en fer que les roches du Werfénien.

5) CaO

Au Werfénien ainsi qu'au Permien l'histogramme présente deux modes.

- Le premier mode (0 à 0,25) plus important dans le Werfénien que dans le Permien correspond à un groupe de roches très peu calciques.

- Le deuxième mode (1 à 5,00) plus important dans le Permien que dans le Werfénien correspond à des roches très calciques telles que les roches carbonatées.

6) MgO

Les valeurs du Permien sont plus dispersées que celles du Werfénien.

L'histogramme du Werfénien est unimodal et on note un regroupement autour des valeurs faibles (0 et 0,10).

L'histogramme du Permien est plurimodal ce qui indique que le magnésium est lié à plusieurs types de roches.

Le Permien est plus riche en magnésium que le Werfénien.

7) Cu

Au Werfénien comme au Permien l'histogramme est unimodal ce qui indique une seule localisation du cuivre.

Au Permien 86 % des valeurs sont inférieures ou égales à 100 p.p.m.

Au Werfénien 74 % des valeurs sont inférieures ou égales à 100 p.p.m.

Le Werfénien semble un peu plus riche en cuivre que le Permien.

8) Zn

Les teneurs en zinc sont un peu moins dispersées que celles du cuivre.

Au Permien comme au Werfénien l'histogramme est unimodal et nous pouvons donc penser que le zinc ne se localise que dans un seul type de sédiment.

A l'inverse de ce que l'on observe pour le cuivre, le Permien est un peu plus riche en zinc que le Werfénien.

En résumé

L'aluminium, le potassium, le sodium, le fer total, le magnésium montrent une plus grande dispersion des valeurs dans le Permien que dans le Werfénien, tandis que le calcium, le cuivre et le zinc présentent le même type de dispersion aussi bien dans le Permien que dans le Werfénien. Ceci est lié au fait que le Permien présente une plus grande hétérogénéité pétrographique que le Werfénien.

Du point de vue chimico-minéralogique il apparaît que le Permien est plus riche en argile, en carbonates et en sodium que le Werfénien.

Du point de vue minéralisation le Permien est plus riche en zinc mais plus pauvre en cuivre que le Werfénien.

CHAPITRE III : ANALYSE EN COMPOSANTESPRINCIPALES OU ANALYSEFACTORIELLEA - PRINCIPEB - TABLEAUXC - ETUDE DES GRAPPES SIMPLIFIEES OU DENDOGRAMMESD - ETUDES DES 5 PRINCIPAUX FACTEURS OU AXESE - PLANS DETERMINES PAR LES 3 PREMIERS AXES PRIS DEUX A DEUXF - CONCLUSION SUR LE PERMIEN ET LE WERFENIEN

C H A P I T R E III : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES OU ANALYSE

FACTORIELLE

Nous avons sélectionné 9 variables : Al_2O_3 ; CaO ; K_2O ; Na_2O ; Fe_2O_3 ; MgO ; Cu ; Zn et la cote relative de chaque échantillon par rapport à la limite permo-werfénienne considérée comme niveau zéro.

A) PRINCIPE

Lorsqu'un sédiment se dépose dans un bassin, il est soumis d'une part à l'influence de l'agent de transport et d'autre part aux conditions physico-chimiques du milieu de sédimentation : agitation, salinité, oxydation-réduction, PH et actions biologiques. Les données géo-chimiques sont la résultante de ces différentes actions.

Un échantillon de composition C peut être représenté par un vecteur dont les composantes sur 9 axes de coordonnées sont les valeurs des 9 variables mesurées.

De plus chaque échantillon défini par ces 9 variables peut être représenté par un point dans un système pluriaxial. L'ensemble des échantillons analysés donnera un nuage. Nous pouvons espérer que l'axe d'inertie maximale du nuage soit parallèle à la lignée évolutive majeure :

- si les lois géologiques de transformation peuvent être approximées raisonnablement par des fonctions linéaires ;

- si l'échantillonnage est suffisamment homogène et représentatif de tous les stades évolutifs ;

- si les fluctuations des mesures chimiques de laboratoire peuvent être considérées comme mineures par rapport aux variations spécifiques.

La projection orthogonale du nuage sur cette direction nous donnera d'une part la représentation à une dimension la plus discriminante, d'autre part la lecture directe du phénomène géologique dominant.

Si un phénomène secondaire indépendant du précédent intervient, le nuage sera étiré dans une direction orthogonale à celle déterminée par le phénomène dominant.

Ces deux directions (ou composantes principales de l'espace des échantillons) déterminent le plan le plus discriminant.

Ainsi il est possible d'obtenir théoriquement autant de composantes principales (ou axes) que de phénomènes géologiques dominants. On se limitera aux n premiers axes dont la variance est supérieure aux erreurs analytiques possibles (8 à 10 %).

Nous avons utilisé l'analyse en composantes principales centrées et réduites (dités aussi normées) c'est-à-dire qu'une variable est mesurée par rapport à sa moyenne et divisée par son écart type. Ceci permet de comparer toutes les variables dont les unités sont proportionnelles entre elles (par exemple les teneurs en % d'oxyde des majeurs et en p.p.m des traces).

B) TABLEAUX XV et XVI

PROJECTION ET QUALITE DE LA REPRESENTATION DES COMPOSANTES PRINCIPALES DANS
LES ANALYSES SUR LES ECHANTILLONS WERFENIENS tableau XV

AXES :	1	2	3	4	AXES :	5
1	: ZN = 0.2427 (0.0589)	: AL = -0.7301 (0.5330)	: FE = -0.5243 (0.2749)	: ZN = -0.6414 (0.4115)	1	: CU = -0.4918 (0.2321)
2	: CU = 0.2786 (0.0776)	: ZN = -0.4210 (0.1773)	: CA = -0.3134 (0.0982)	: NA = -0.3581 (0.1282)	2	: MG = -0.3035 (0.0921)
3	: AL = 0.4826 (0.2329)	: K = -0.3153 (0.0994)	: MG = -0.1901 (0.0361)	: MG = -0.1554 (0.0242)	3	: CA = -0.2444 (0.0597)
4	: NA = 0.4949 (0.2450)	: FE = -0.2744 (0.0753)	: AL = -0.1655 (0.0274)	: CA = -0.1145 (0.0131)	4	: AL = -0.1384 (0.0191)
5	: COTE = 0.5818 (0.3385)	: CU = -0.2022 (0.0409)	: K = 0.0535 (0.0029)	: AL = -0.0485 (0.0024)	5	: ZN = -0.0628 (0.0039)
6	: FE = 0.6098 (0.3718)	: NA = 0.1815 (0.0329)	: ZN = 0.3562 (0.1269)	: K = 0.1352 (0.0183)	6	: NA = 0.0511 (0.0026)
7	: MG = 0.7035 (0.4950)	: COTE = 0.3600 (0.1296)	: COTE = 0.4169 (0.1738)	: FE = 0.1883 (0.0355)	7	: FE = 0.1831 (0.0335)
8	: CA = 0.7109 (0.5054)	: MG = 0.4453 (0.1983)	: NA = 0.4797 (0.2301)	: COTE = 0.2655 (0.0705)	8	: K = 0.2694 (0.0726)
9	: K = 0.8359 (0.6987)	: CA = 0.4630 (0.2143)	: CU = 0.5204 (0.2708)	: CU = 0.5912 (0.3496)	9	: COTE = 0.4148 (0.1721)
% VARIANCE	33,60	16,68	13,79	11,70	% VARIANCE	7,64
% VARIANCE CUMULEE	33,60	50,28	64,06	65,76	% VARIANCE CUMULEE	83,41

PROJECTION ET QUALITE DE LA REPRESENTATION DES COMPOSANTES
PRINCIPALES DANS LES ANALYSES SUR LES ECHANTILLONS PERMIENS

AXES :	1	2	3	4	AXES :	5
1	: CA = -0.8526 (0.7269)	: FE = -0.8390 (0.7039)	: COTE = -0.7199 (0.5183)	: FE = -0.2307 (0.0532)	1	: ZN = -0.5729 (0.3283)
2	: MG = -0.8019 (0.6430)	: K = -0.8018 (0.6429)	: CA = -0.3386 (0.1147)	: K = -0.1072 (0.0115)	2	: COTE = -0.4889 (0.2390)
3	: NA = -0.5554 (0.3085)	: AL = -0.7593 (0.5765)	: MG = -0.3066 (0.0940)	: COTE = -0.0798 (0.0064)	3	: NA = -0.1478 (0.0219)
4	: ZN = -0.5096 (0.2597)	: MG = -0.3762 (0.1415)	: CU = -0.1496 (0.2224)	: NA = -0.0530 (0.0028)	4	: AL = -0.0040 (0.0000)
5	: FE = -0.0820 (0.0067)	: COTE = -0.1947 (0.0379)	: FE = -0.1318 (0.0174)	: MG = -0.0021 (0.0000)	5	: FE = 0.0284 (0.0008)
6	: AL = 0.1921 (0.0369)	: CU = -0.1793 (0.0322)	: ZN = 0.1180 (0.0139)	: CA = 0.0560 (0.0031)	6	: K = 0.0358 (0.0013)
7	: COTE = 0.2980 (0.0888)	: ZN = -0.1741 (0.0303)	: K = 0.1599 (0.0255)	: AL = 0.0939 (0.0088)	7	: CA = 0.2303 (0.0531)
8	: K = 0.3298 (0.1088)	: NA = -0.0956 (0.0091)	: AL = 0.2673 (0.0714)	: ZN = 0.5397 (0.2912)	8	: MG = 0.2346 (0.0550)
9	: CU = 0.4211 (0.1774)	: CA = -0.0370 (0.0014)	: NA = 0.5615 (0.3152)	: CU = 0.7450 (0.5550)	9	: CU = 0.3499 (0.1224)
% VARIANCE	26,19	24,17	13,25	10,36	% VARIANCE	9,13 %
% VARIANCE CUMULEE	26,19	50,36	63,61	73,97	% VARIANCE CUMULEE	83,10%

MATRICE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION (r) LINEAIRE ENTRE
ELEMENTS CHIMIQUES DOSES SUR LES ECHANTILLONS
WERFENIENS tableau XVI

AL	1.000								
CA	0.087	1.000							
K	0.576	0.303	1.000						
NA	0.086	0.301	0.322	1.000					
FE	0.405	0.435	0.559	0.022	1.000				
CU	0.169	0.010	0.252	0.117	0.048	1.000			
MG	0.114	0.747	0.402	0.275	0.234	0.030	1.000		
ZN	0.273	-0.002	0.218	0.217	0.019	0.036	0.043	1.000	
COTE	-0.086	0.346	0.502	0.318	0.118	0.253	0.350	0.034	1.000
	AL	CA	K	NA	FE	CU	MG	ZN	COTE

MATRICE DES COEFFICIENTS (r) DE CORRELATION LINEAIRE ENTRE ELEMENTS
CHIMIQUES DOSES SUR LES ECHANTILLONS PERMIENS

AL	1.000								
CA	-0.154	1.000							
K	0.581	-0.257	1.000						
NA	0.003	0.224	-0.021	1.000					
FE	0.435	0.062	0.557	0.076	1.000				
CU	0.153	-0.210	0.185	-0.225	0.023	1.000			
MG	0.054	0.800	-0.004	0.279	0.396	-0.145	1.000		
ZN	0.097	0.294	-0.061	0.279	0.062	-0.058	0.296	1.000	
COTE	0.014	-0.109	0.128	-0.299	0.187	0.109	-0.051	-0.056	1.000
	AL	CA	K	NA	FE	CU	MG	ZN	COTE

C) ETUDE DES GRAPPES SIMPLIFIEES OU DENDOGRAMMES

Figure (43)

Nous avons porté en abscisse les variables et en ordonnée les coefficients (r) de corrélation.

- $0,500 \leq r \leq 1,000$: phénomènes dominants
- $0,400 \leq r < 0,500$: phénomènes secondaires ou complexes
- $0,100 \leq r < 0,400$: phénomènes mineurs ou négligeables.

Les regroupements sont effectués de la manière suivante :

- lorsqu'une variable est rattachée à un groupe déjà formé, elle sera liée à ce groupe du côté de la variable à laquelle elle est corrélée ;
- lorsque la corrélation entre une variable et une autre variable (ou groupe de variables) n'est plus significative ceci est visualisé par des tiretés.

1) Corrélations positivesa) Regroupements principaux

- Au Werfénien comme au Permien il apparaît deux groupes indépendants

- Werfénien : (Mg - Ca) et (Al - K - Fe - côte)
- Permien (Mg - Ca) et (Al - K - Fe)

b) Regroupements secondaires ou complexes

- Au Werfénien les deux groupes principaux, signalés plus haut, sont reliés par la corrélation K - côte.
- Au Permien les deux groupes principaux restent encore indépendants.

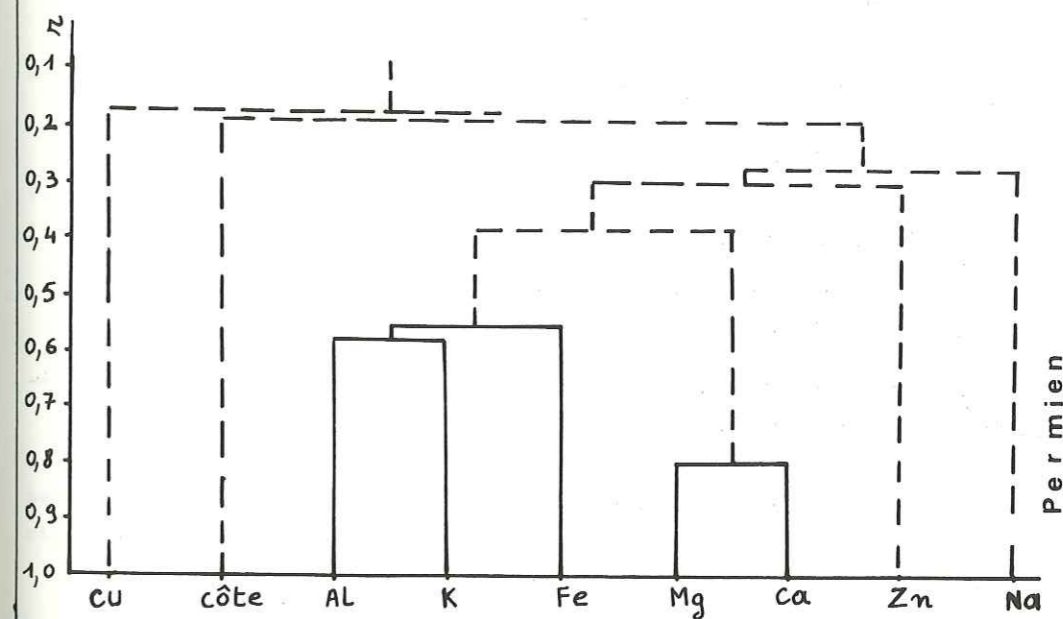
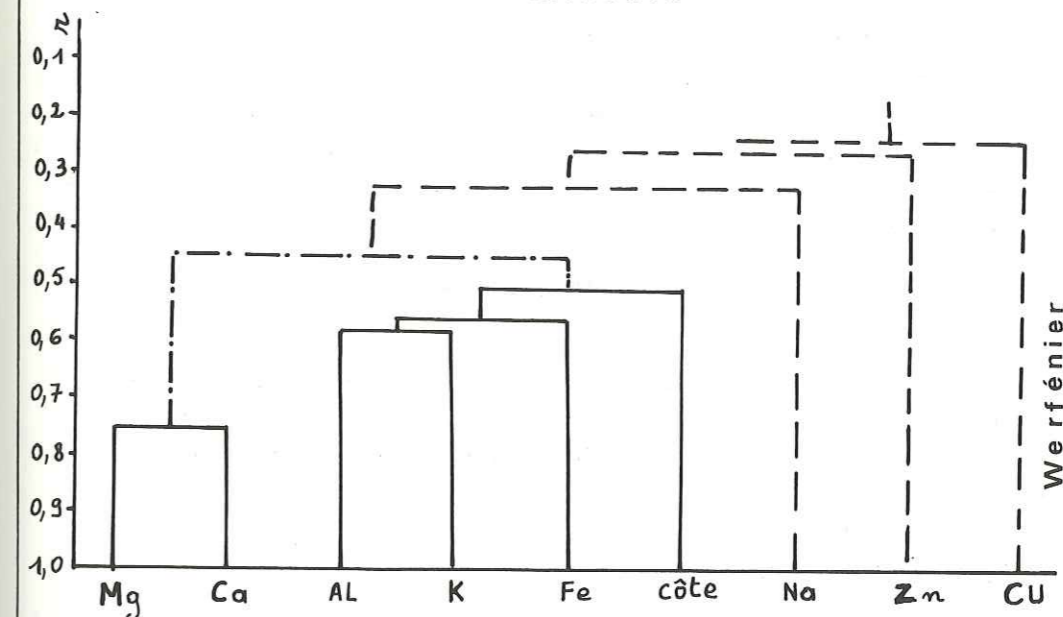
c) Regroupements mineurs ou négligeables

- Au Werfénien il apparaît la corrélation côte - Na - Zn - Cu
- Au Permien il apparaît deux groupes opposés : (Mg - Ca - Na - Zn) et (Al - K - Côte - Cu).

Dendogrammes des corrélations positives

— Phénomènes dominants
 - - - - - " secondaires
 - - - - - " mineurs

Fig 43



2) Corrélations négatives

- Au Werfénien il n'apparaît pas de corrélations négatives.

- Au Permien les corrélations négatives sont liées à des phénomènes mineurs : Na opposé à la Côte et à Cu.

3) Conclusion et interprétation

Le groupe Mg -Ca correspond aux roches riches en carbonates (calcite et dolomite) tandis que le groupe Al - K - Fe correspond aux roches riches en argiles, micas etc.... On peut donc conclure que ces deux groupes sont indépendants et qu'ils ne montrent pas de corrélation évidente ni avec le cuivre ni avec le zinc.

Il apparaît une très faible corrélation entre le sodium, le cuivre et le zinc au Werfénien.

Au Permien par contre le cuivre et le zinc ont un comportement différentiel. En effet le zinc est très légèrement corrélé au sodium et aux carbonates tandis que le cuivre est très faiblement corrélé aux argiles et à la côte.

D) ETUDE DES 5 PRINCIPAUX FACTEURS OU AXES

Tableau : XV

1) Signification des axesa) Le Werfénien

Axe 1 : 33,60 % variance

Ce facteur groupe essentiellement tous les éléments majeurs (K, Ca, Mg, Fe, Na, Al) et la côte relative des échantillons.

Il n'apparaît pas de relation importante entre ce groupe et la minéralisation cuivre - zinc.

Axe 2 : 16,68 % variance

Cet axe montre une opposition entre le groupe Al, Zn et le groupe Ca, Mg.

Axe 3 : 13,79 % variance

Il oppose Fe au groupement Cu, Na, Côte.

Axe 4 : 11,70 % variance

Il apparaît une opposition entre Cu et Zn

Axe 5 : 7,64 % variance

Ce facteur très peu significatif fait simplement ressortir le comportement d'une composante de Cu.

En résumé il apparaît une liaison entre Cu, Zn, Na et Côte. Cependant Cu est faiblement opposé à Zn; ceci exprime une répartition géographique différentielle de ces deux éléments.

Zn montre une faible liaison avec Al. Les carbonates (Ca, Mg) n'indiquent aucune relation avec Cu et Zn.

b) Permien

Axe 1 : 26,18 % variance

Il apparaît une intercorrélacion entre Ca, Mg, Na, Zn. Ce groupe est faiblement opposé à Cu

Axe 2 : 24,17 % variance

Il montre un groupement : Fe, K, Al : ce sont les roches riches en argiles et micas.

Axe 3 : 13,25 % variance

Il oppose Na à la Côte relative, c'est-à-dire que le sommet du Permien est assez pauvre en Na par rapport aux sédiments situés à la base de la coupe étudiée.

Axe 4 : 10,26 % variance

Il fait apparaître une liaison entre Cu et Zn.

Axe 5 : 9,13 % variance

Il montre une liaison entre le Zn et la côte relative. Ce comportement mineur correspond à un niveau stratigraphique enrichi en Zn dans le Permien.

En résumé il apparaît une liaison entre Zn, Na et le groupe Ca, Mg (carbonates).

Le groupe Al, K, Fe (les roches riches en argiles et micas) ne montre pas de liaison avec la minéralisation en Cu et Zn.

En général Cu est opposé à Zn mais dans certains cas il apparaît une liaison entre ces deux éléments.

E) PLANS DETERMINES PAR LES 3 PREMIERS AXES PRIS DEUX A DEUX

1) Werfénien

a) Les faits

- Plan des axes 1 et 2 (50,28 % variance) fig 44

Il fait apparaître deux tendances indépendantes :

- Ca, Mg : roches carbonatées
- Al, K, Fe : roches riches en argiles et micas.

Le groupe Na, Cu, Zn n'est pas assez discriminé sur ce plan parce qu'il est à l'intérieur du cercle défini par un rayon correspondant au coefficient de corrélation $r = 0,500$

- Plan des axes 1 et 3 (47,39 % variance) fig 45

Il montre une indépendance entre le groupe Cu, Zn (minéralisation) et Ca, Mg (carbonates). La corrélation Cu - côte, Na indique que le sommet du Werfénien est plus riche en Cu et Na que sa base.

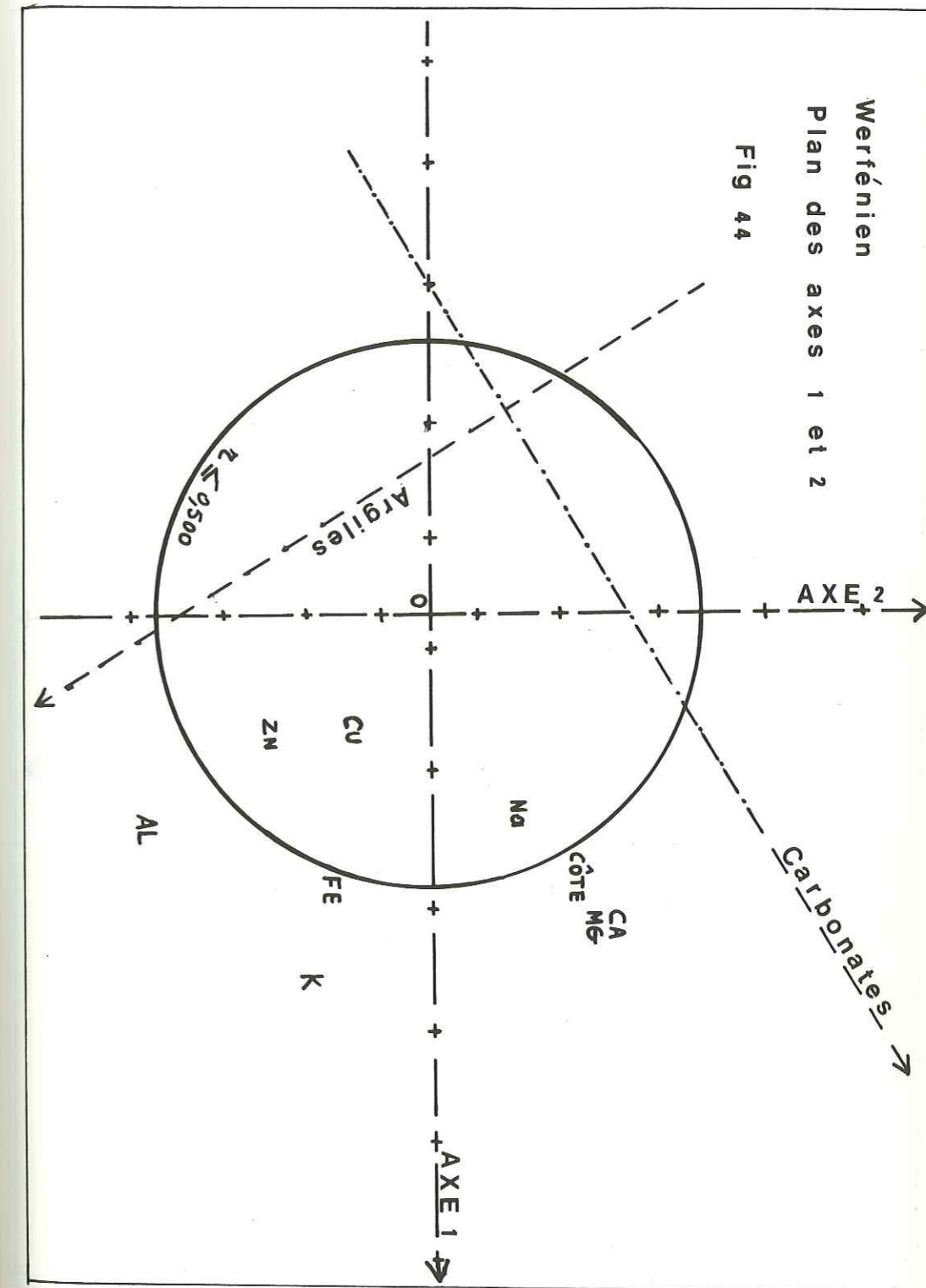
- Plan des axes 2 et 3 (30,47 % variance) fig 46

Ce plan est très peu discriminant ; il apparaît cependant de nombreuses tendances d'importance secondaire :

- Fe est opposé au groupe Na, côte ;
- Corrélation positive entre Cu et Zn ;
- Indépendance entre Na et le groupe Ca, Mg.

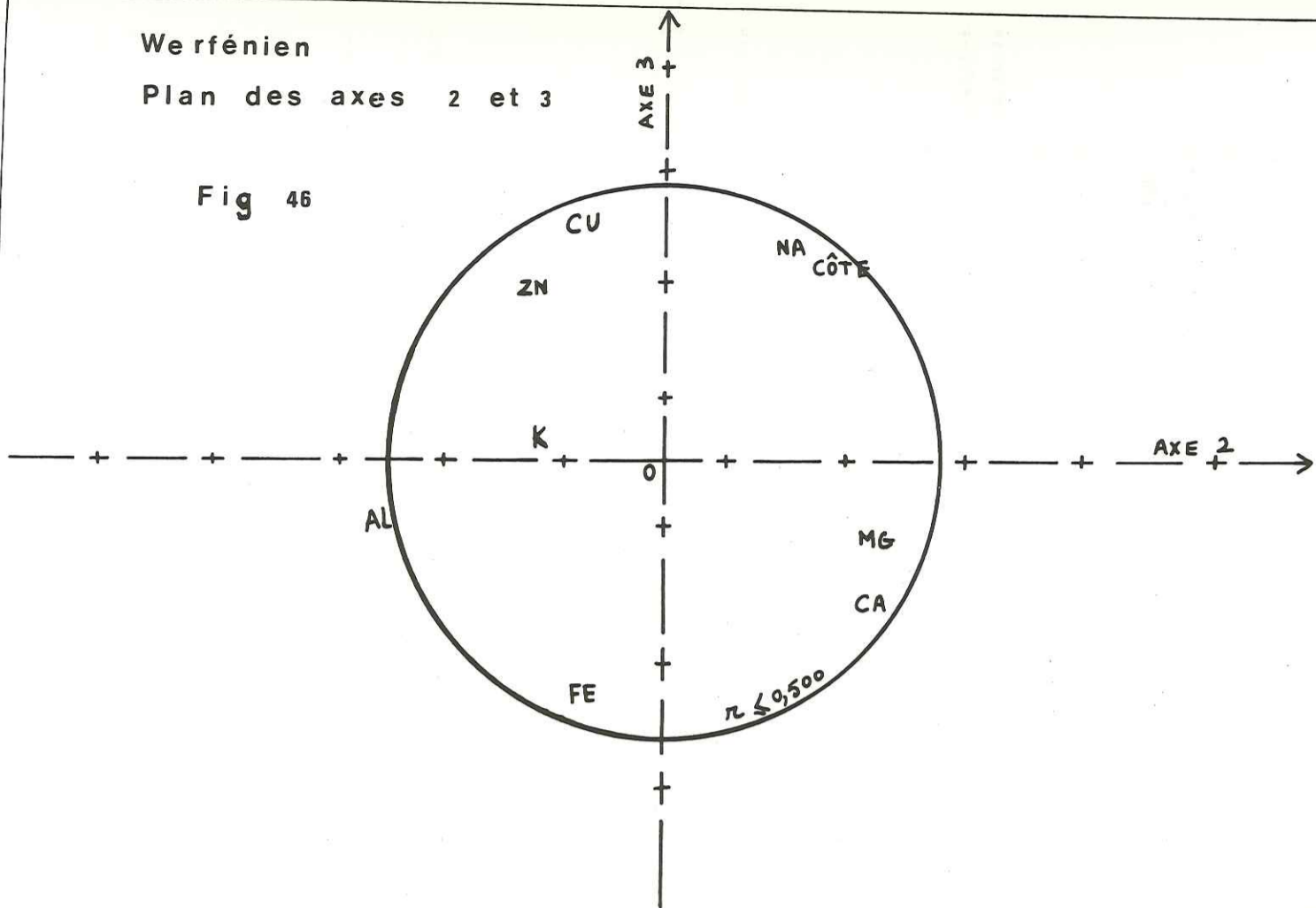
b) Interprétation

Il n'existe aucune relation entre les roches carbonatées



Werfénien
Plan des axes 2 et 3

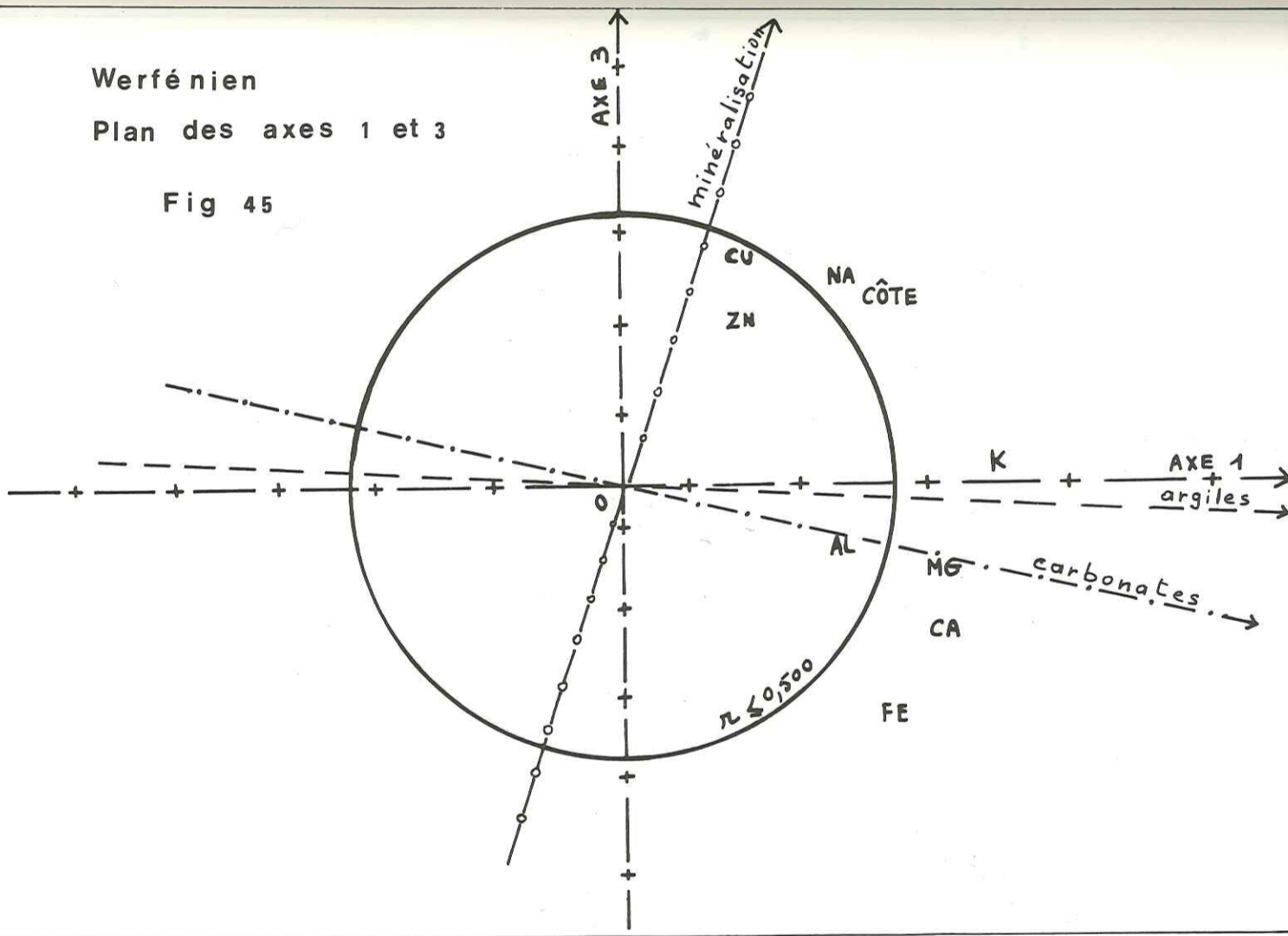
Fig 46



129

Werfénien
Plan des axes 1 et 3

Fig 45



128

et les roches riches en argiles et micas.

Au sommet du Werfénien il apparaît un enrichissement en Na, Cu, Zn. De la projection des échantillons il ressort une répartition géographique différentielle de Cu et Zn :

- les coupes P et N situées au NW sont très riches en Zn et pauvres en Cu ;
- les coupes R, U, T situées au NE sont riches en Cu et pauvres en Zn ;
- les coupes A, B, situées au SW et la coupe M située au N contiennent à la fois du Cu et du Zn.

On constate que toutes ces coupes sont situées dans les bassins et que le paléochenal orienté SE - NW est particulièrement enrichi en Cu et Zn.

2) Le Permien

a) Les faits

- Plan des axes 1 et 2 : 50,35 % Variance fig 47

Il montre 3 regroupements :

- Cu lié à la côte relative c'est-à-dire que le sommet du Permien est enrichi en Cu.
- Corrélation positive entre Ca, Mg, Na, Zn
- Le groupe Al, K, Fe est indépendant des deux premières tendances.
- Plan des axes 1 et 3 : (39,43 % Variance) fig 48

Il fait apparaître une opposition entre Na et la côte relative c'est-à-dire que le sommet du Permien est plus pauvre en Na que la base de la coupe étudiée.

Na est indépendant de Ca, Mg (roches carbonatées).

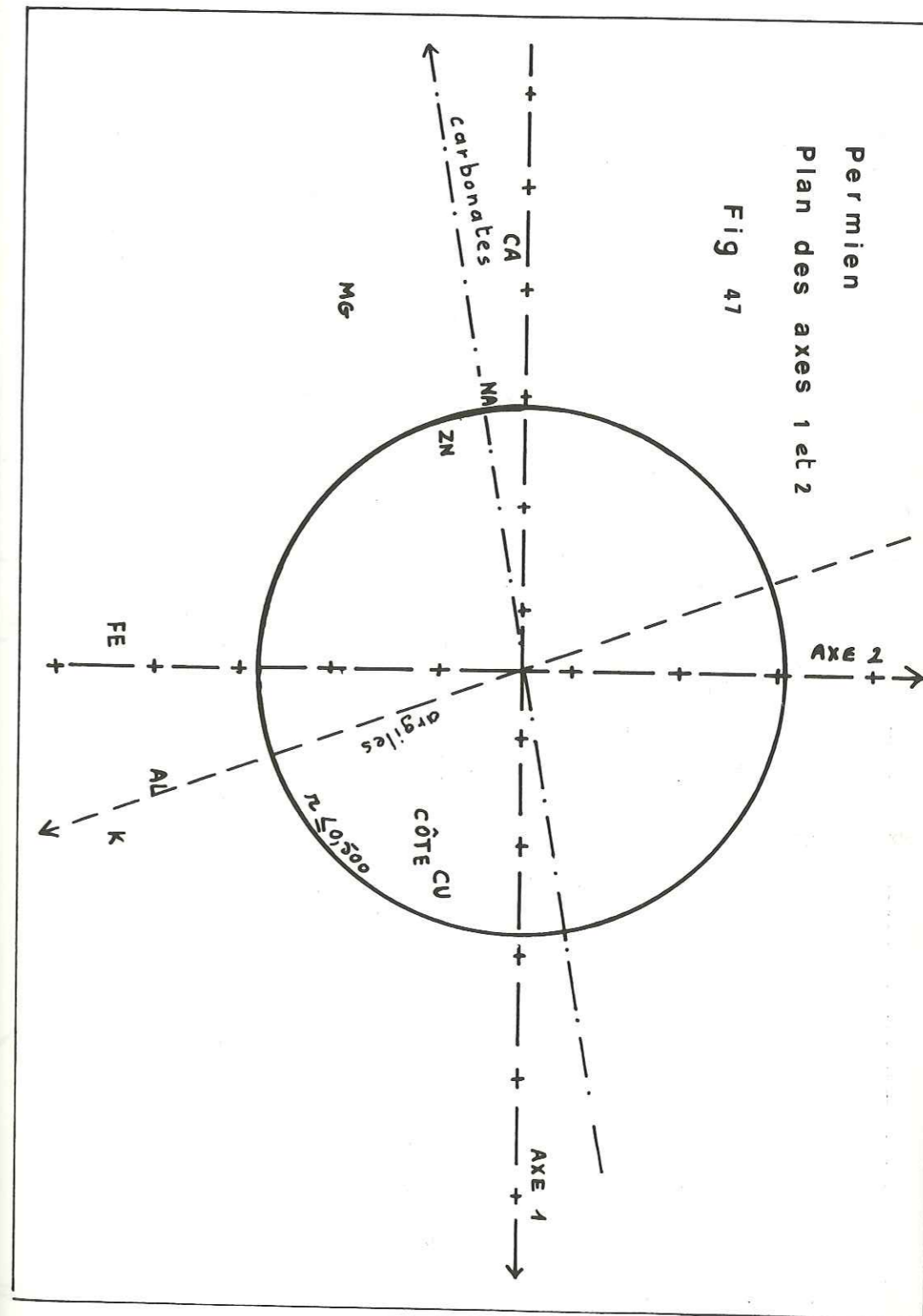
Zn est faiblement opposé à Cu.

- Plan des axes 2 et 3 : (37,42 % Variance) fig 49

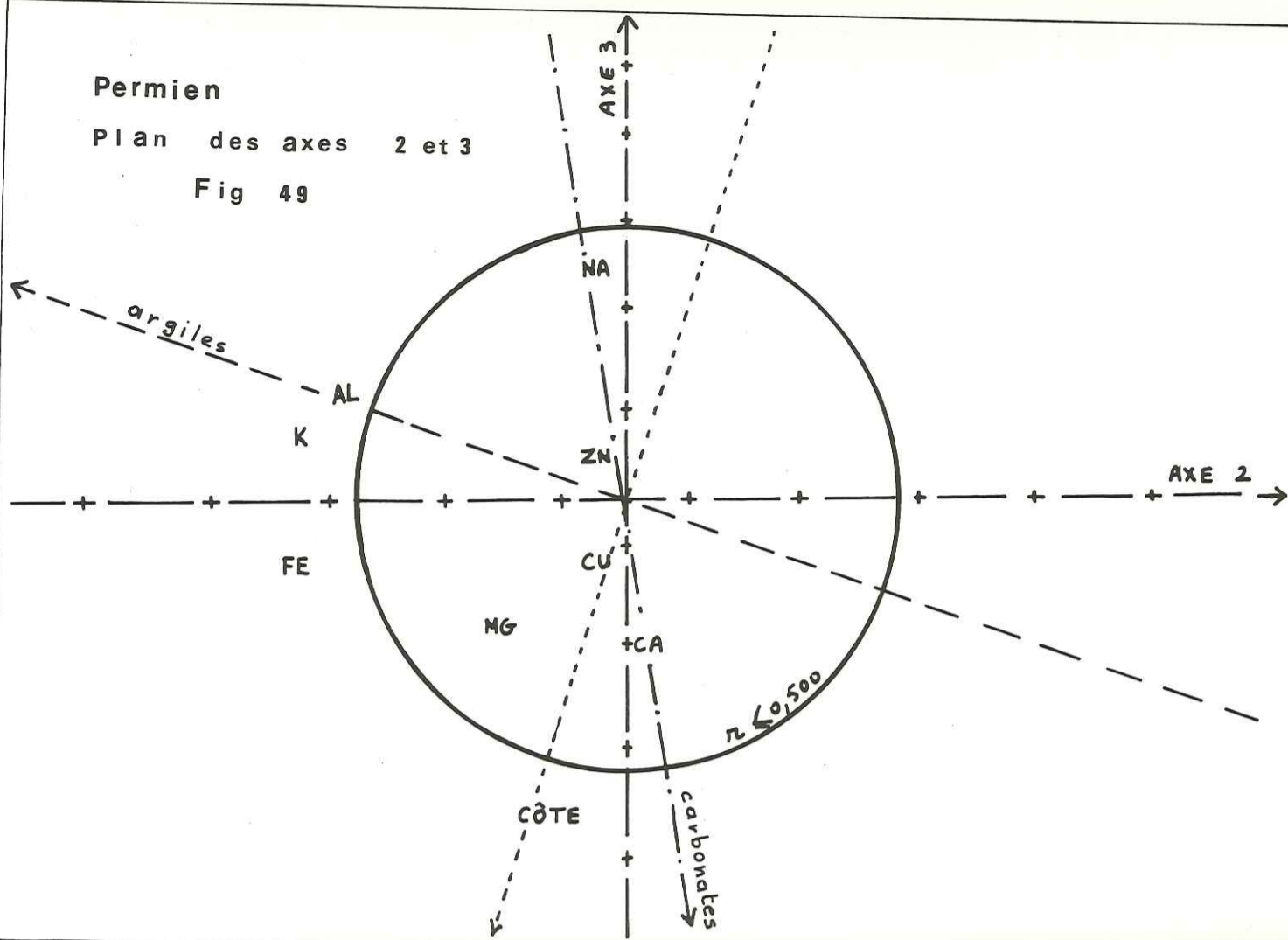
Cu, Zn, Ca, Mg ne sont pas discriminés par ce plan.

Na est opposé à la côte relative.

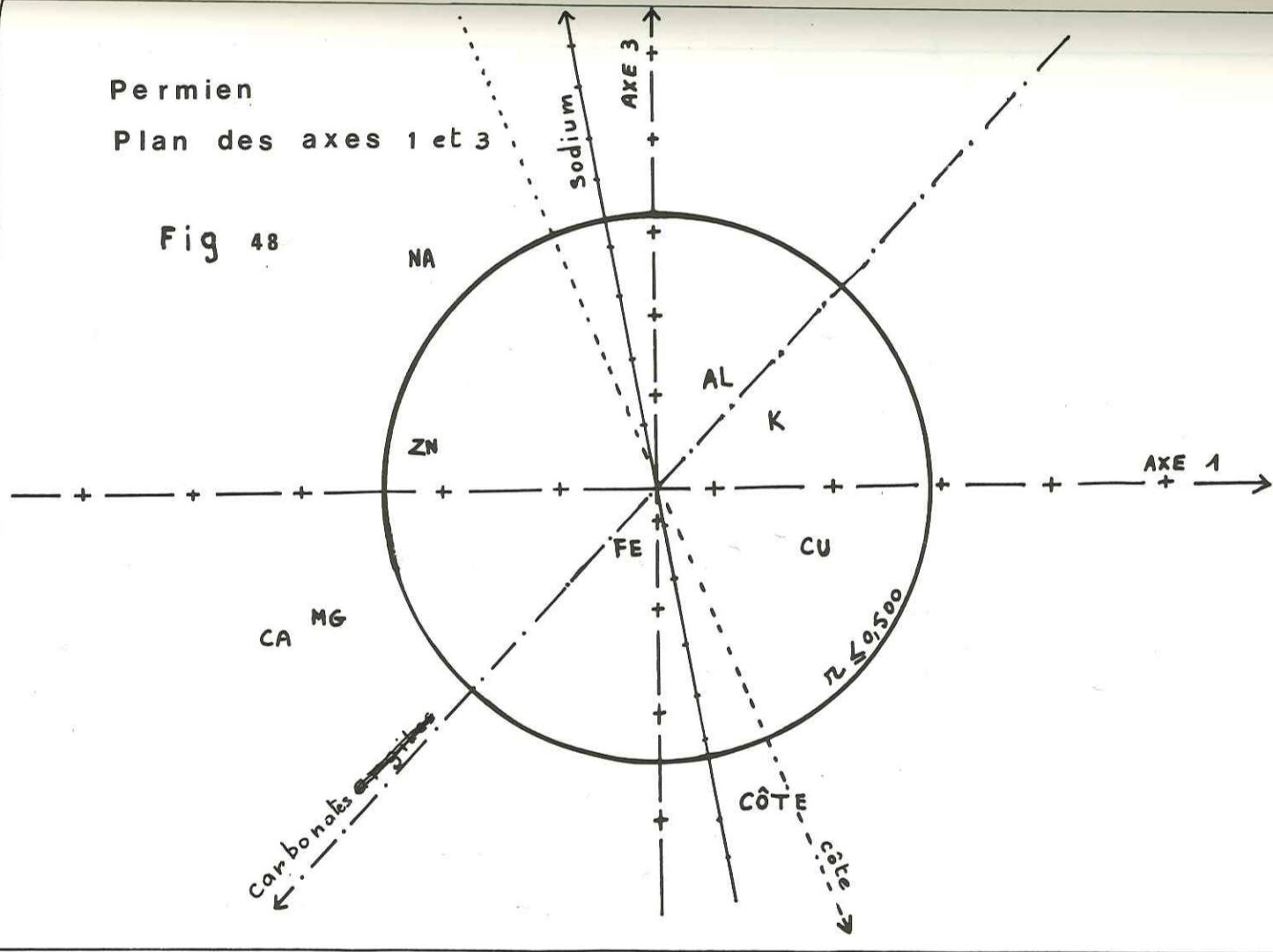
Al, K (roches argileuses et micacées) sont indépendants de Na.



Permien
Plan des axes 2 et 3
Fig 49



Permien
Plan des axes 1 et 3
Fig 48



b) Interprétation

Le sommet du Permien est riche en Cu tandis que la base des coupes étudiées est riche en Zn, Na et roches carbonatées. Les roches carbonatées sont indépendantes des roches argileuses.

Zn montre une relation avec le paléochenal SE-NW ; en effet les coupes M, N, P situées au NW et les coupes A et B situées au SE sont particulièrement riches en Zn.

F) CONCLUSION SUR LE PERMIEN ET LE WERFENIEN

Aussi bien dans le Permien que dans le Werfénien il apparaît 3 tendances principales et indépendantes : les roches argileuses, les roches carbonatées et les roches sodiques. Au Werfénien le sommet montre un enrichissement en Cu, Zn et Na.

Au Permien le Cu se concentre essentiellement dans le niveau terminal alors que la base des coupes étudiées est enrichie en Zn, Na et roches carbonatées.

La minéralisation en Cu et Zn montre une relation avec la paléogéographie ; les bassins sont plus enrichis en Cu et Zn que les seuils. Le NW est riche en Zn tandis que le NE est riche en Cu. Le SW montre une association du Cu et de Zn.

CHAPITRE IV : ETUDE DES RAPPORTSD' ELEMENTSA - PRINCIPEB - LES FAITS - CARTE (annexe)

A) PRINCIPE

Nous avons essayé de caractériser d'une manière approximative la nature géochimique des roches par l'association d'un ou ^{de} deux éléments.

(Ca + Mg) expriment le caractère carbonaté ;

(K + Al) expriment le caractère argileux et micacé ;

(K + Na) expriment le caractère alcalin ;

Cu, Zn expriment la minéralisation.

Cette méthode essentiellement basée sur les rapports des éléments permet de suivre le comportement d'un élément ou d'un groupe d'éléments par rapport à d'autres sur une carte qui constitue un excellent outil de terrain. Elle visualise aussi les variations latérales et verticales

du caractère chimique dans les coupes lithostratigraphiques sur l'ensemble de la région étudiée.

B) LES FAITS : CARTE (annexe)C) INTERPRETATION

Le rapport $\frac{Ca + Mg}{Al}$, complété par les dosages des carbonates au manocalcimètre, montre que les sédiments permien sont plus carbonatés que ceux du Werfénien. Ils sont essentiellement formés de dolomite qui s'associe très fréquemment à la calcite.

Au Werfénien les carbonates montrent une répartition irrégulière et ils sont plus abondants au sommet qu'à la base.

Au Permien il apparaît quelques petits niveaux carbonatés entre 25 et 40 m en dessous de la limite permo-werfénienne sur l'ensemble du dôme de Barrot. Ces horizons carbonatés sont plus près de la surface permo-werfénienne au N et NE qu'au S et SW sauf pour la coupe V.

On constate un appauvrissement en carbonates vers le sommet du Permien. Les études pétrographiques ont montré une forte proportion de feldspaths potassiques et calco-sodiques dans les sédiments permien et werfénien. Le rapport K/Na permet d'étudier l'importance relative de ces deux éléments. On peut constater que dans l'ensemble le Permien est plus sodique que le Werfénien. Mais alors que le sodium est plus abondant dans les niveaux inférieurs du Permien c'est plutôt le sommet du werfénien qui en est enrichi. Du point

de vue géographique et paléogéographique on constate que les bassins et chenaux sont plus riches en sodium que les seuils et que le N et le NE sont plus riches en sodium que le SW.

Le niveau terminal du Permien est constitué par des sédiments argileux. Il est plus épais et plus ferrifère au N et NE qu'au S et SW ; ceci pourrait être lié au fait que le faciès conglomératique de Léouvé est quasi-absent au N et NE.

Le sommet de ces argiles présente un petit niveau de 50 cm de couleur verdâtre, rarement rouge, et très enrichi en Al, K, Mg, Cu, Zn. Il correspond probablement à une zone de reconcentration minérale due au pouvoir adsorbant de l'argile. Cependant cette limite permo-werfénienne ne semble pas jouer le rôle d'une barrière métallogénique entre le Permien et le Werfénien car on relève de part et d'autre de ce niveau des teneurs élevées en cuivre et en zinc. Il apparaît également de fins niveaux argileux situés entre 30 et 35 m en dessous de la limite permo-werfénienne qui sont très enrichis en cuivre et en zinc. Le rapport Cu/Zn permet de suivre l'importance relative de ces deux éléments dans les sédiments.

Dans l'ensemble les sédiments permien et werfénien sont plus riches en zinc qu'en cuivre. Le Werfénien montre parfois à son contact avec le Permien une imprégnation en malachite et en azurite ; cependant ce sont les sédiments plus fins du sommet du Werfénien qui sont les plus enrichis en cuivre et en zinc.

La répartition géographique du cuivre et du zinc est en relation avec la paléogéographie. Ainsi les coupes situées dans les bassins et dans le chenal SE-NW sont plus enrichies en cuivre et en zinc que celles qui sont sur les seuils :

- les coupes P et M situées dans la partie NW du chenal et la coupe N située dans le bassin NW sont très riches en zinc mais pauvres en cuivre.

- les coupes R, U, T situées dans le bassin NE sont riches en cuivre mais pauvres en zinc.

- les coupes A, B situées dans la partie S du chenal sont à la fois riches en cuivre et en zinc.

En résumé on peut dire que la distribution du cuivre et du zinc semble indépendante de celle des carbonates et que ces deux éléments se concentrent de préférence dans les niveaux argileux.

Au Werfénien ils sont généralement associés.

Au Permien le cuivre se concentre surtout dans le niveau terminal alors que le zinc est plus enrichi dans les sédiments situés vers la base des coupes.

La répartition du cuivre et du zinc semble être en relation avec celle du sodium ; en effet les bassins sont plus enrichis en ces éléments que les seuils.

Il est très intéressant de constater que l'étude des rapports d'éléments et l'analyse factorielle sur les teneurs sont deux méthodes complémentaires.

L'étude des rapports a permis de définir le caractère chimique des niveaux sédimentaires et de suivre la répartition du couple cuivre-zinc en relation avec la sédimentation.

Quant à l'analyse factorielle elle permet de mieux faire ressortir les relations principales entre plusieurs groupes d'éléments.

CHAPITRE V : CONCLUSIONS GENERALES

A - RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE SEDIMENTOLOGIQUE DU DOME DE

BARROT

B - HYPOTHESES SUR L'ORIGINE DU CUIVRE ET DU ZINC

A) RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE SEDIMENTOLOGIQUE DU DOME DE BARROT

L'étude pétrographique a montré que les sédiments permien et werfénien sont essentiellement constitués de quartz, feldspaths calcosodiques et potassiques, micas, argiles et carbonates (dolomite et calcite).

Les feldspaths et les micas sont détritiques. Les argiles sont formées d'une partie détritique et d'une partie néoformée. Les carbonates sont néoformés.

Les minéraux lourds indiquent que les sédiments permien proviennent de la désagrégation de complexes granitique, volcanique acide et cristallophyllien. Quant aux sédiments werfénien ils proviennent de complexes granitique et cristallophyllien.

La direction des apports définie par les figures directionnelles, se fait du SSW vers le NNE aussi bien au Permien qu'au Werfénien. Le degré d'usure des galets et des grains de quartz montre que les roches-mères des sédiments permien sont plus proches du dôme de Barrot que celles des sédiments werfénien.

Au Permien les sédiments transportés par de grands fleuves se déposent dans un milieu continental peu profond.

A la fin du Permien s'installe un milieu confiné riche en potassium, magnésium, fer, calcium et sodium. Ce milieu insuffisamment renouvelé est favorable aux néoformations telles que illite, montmorillonite, chlorite, interstratifiés, calcite et dolomite.

Entre le Permien et le Werfénien la sédimentation s'arrête pendant un laps de temps indéterminé et si la région est soumise à l'érosion celle-ci a du être de faible ampleur. En tout cas la sédimentation triasique débutera sur une surface irrégulière marquée par des bassins et des seuils.

Après la transgression werfénienne se met en place un milieu deltaïque ou côtier fruste plus ouvert que le milieu permien. La sédimentation werfénienne est fortement influencée par la paléogéographie permienne ce qui se traduit par des épaisseurs variables que montrent les arkoses blanches, celles-ci étant plus épaisses dans les bassins et chenaux que sur les seuils.

A la fin du Werfénien s'installe de nouveau un milieu confiné, à sédimentation rouge et carbonatée, proche de celui du Permien.

L'étude géochimique a montré que dans l'ensemble le cuivre et le zinc sont indépendants des roches carbonatées et qu'ils sont corrélés positivement au sodium. Les niveaux argileux sont le lieu préférentiel de concentration de la minéralisation. Dans le détail le cuivre et le zinc se comportent différemment au Permien et au Werfénien. Nous rappelons ici les faits essentiels suivants :

- au Werfénien le cuivre et le zinc sont corrélés positivement et ils sont plus abondants au sommet qu'à la base ;

- au Permien le cuivre est opposé au zinc ; le niveau terminal argileux est plus enrichi en cuivre tandis que la base des coupes est plus enrichie en zinc.

Nous avons également montré que la répartition du cuivre et du zinc est en relation avec la paléogéographie de la fin du Permien. En effet, tout comme pour le sodium, les bassins et le chenal SE-NW qui passe par le Cerisier sont plus enrichis en cuivre et en zinc que les seuils.

B) HYPOTHESES SUR L'ORIGINE DU CUIVRE ET DU ZINC

Les études faites antérieurement par le B.R.G.M. ont montré que le cuivre se trouve essentiellement sous forme de :

- Tétraédrite (Panabase) : $Cu_2Sb_4S_{13}$ avec des impuretés telles que Fe, Zn, AS, Ag, Hg, Bi

- Tennantite : $Cu_{12}AS_4S_{13}$ avec comme impuretés : Sb, Fe, Zn, Ag

- Chalcopyrite : $CuFeS_2$ avec comme impuretés Ag, Au.

Sur le terrain nous avons fréquemment rencontré, en enduits, en imprégnations diffuses ou en remplissage de petites diaclases, de l'Azurite $Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$ et de la Malachite $Cu_2(OH)_2CO_3$. Ces deux minéraux de cuivre se forment essentiellement dans la zone d'oxydation des gîtes de sulfures de cuivre.

Nous allons maintenant tenter de dégager une hypothèse sur les caractères métallogéniques du Permien et du Werfénien mais, au préalable, nous résumerons celles formulées par J. Vernet 1958 et J. Cauvin, P. Nicolini 1963.

J. Vernet 1958, p. 269, avance la possibilité d'une origine hydro-

thermale pour les minéralisations métalliques du Dôme de Barrot en rapport avec les accidents tectoniques.

Selon lui les gîtes de type cuprifère se groupent près des failles de toutes importances, vers une jonction de failles, sans toutefois que la minéralisation apparaisse comme un simple phénomène d'enrichissement par lessivage contre ou dans la faille.

J. Cauvin et P. Nicolini, 1963, pensent que la minéralisation est liée à un niveau stratigraphique défini (banc terminal vert du Permien) au sein duquel les indices sont discontinus. Ils en déduisent qu'il s'agit de concentrations pénécordantes. Ils pensent que ce sont les sédiments détritiques du Werfénien qui ont été accompagnés d'une certaine quantité de cuivre en solution alors que les sédiments permien, qu'ils considèrent non détritiques mais plutôt volcaniques, seraient dépourvus de minéralisation. Ils ont également insisté sur le rôle important qu'auraient joué pour les minéralisations du Cerisier et du Col de Roua, des chenaux virtuels orientés d'après eux E - W.

Pour éclairer un peu plus le débat nous rappellerons très succinctement certaines conclusions des travaux de P. Artru, 1972, p. 117. Cet auteur a montré que des éléments chalcophiles tels que cuivre et zinc se rencontrent très fréquemment en milieu réducteur et qu'ils sont adsorbés sur les argiles à l'état de sulfures. Selon lui, l'effet de membrane des niveaux argileux crée une forte salinité riche en chlorures calciques ou chlorures sodiques ayant un grand pouvoir dissolvant vis à vis du zinc et du fer. Les eaux contenant les métaux en dissolution vont migrer grâce aux drains (paléochenaux etc...) sous l'effet de compaction ou monter dans les sédiments à la faveur des fractures de distension. La précipitation des métaux à l'état de sulfures se fera dans un milieu riche en H_2S fourni par les bactéries sulfato-réductrices. C'est surtout en présence d'un excès d' H_2S que le cuivre est solubilisé sous forme bisulfurée (Dickson 1966, Govorov 1971 cités par P. Artru 1972) ensuite précipité dans les fractures de distension.

Compte tenu de ces travaux et de nos propres résultats il convient maintenant de proposer une hypothèse.

Nous avons montré une relation étroite entre le couple cuivre-zinc et la teneur en sodium d'une part et les chenaux et bassins d'autre part.

La variation de l'épaisseur des arkoses blanches du Werfénien fait apparaître un chenal en forme d'Y orienté SE-NW allant du secteur du Cerisier au secteur de Guillaume en passant par Méubio. Là il se divise en

deux branches, l'une passant par le Bancaïroun et l'autre par le Lavigné. Le secteur du col de Roua correspond à un petit seuil. Il est à remarquer que la direction du chenal que nous avons délimité est pratiquement perpendiculaire à celle du chenal défini par J. Cauvin et P. Nicolini, 1963.

Par ailleurs nous avons montré que le cuivre et le zinc sont plus abondants au sommet qu'à la base du Werfénien.

Pour le Permien deux niveaux argileux sont enrichis en cuivre : le niveau terminal et un niveau situé entre 30 et 35 m en dessous de la limite permo-werfénienne. Quant au zinc il est plus abondant à la base des coupes qu'au sommet.

Comme J. Cauvin et P. Nicolini, 1963, nous pensons que le cuivre et le zinc sont "détritiques". Mais alors qu'ils pensent que le cuivre est uniquement lié aux sédiments werfénien, nous pensons qu'il existe deux épisodes de minéralisation, l'un permien et l'autre werfénien. Ensuite le cuivre, très mobile, a ultérieurement migré de bas en haut ou inversement à travers les sédiments à l'état de sulfures dissous lesquels ont été adsorbés par la suite sur les argiles.

La migration et la reconcentration de ces sulfures ont été contrôlées essentiellement d'une part par les chenaux et d'autre part par les fractures de distension.

Du point de vue économique, si de nouvelles recherches devaient être entreprises, sur le Dôme de Barrot, il conviendrait en premier lieu de réaliser quelques sondages en travers du chenal et dans les petits bassins latéraux que nous avons délimités grâce aux études sédimentologiques.

Éléments	Lampe	Longueur d'onde (n.m)	Lamp. courant (m.A)	Largeur de fente (n.m)	Fuel	Support	Flamme
Aluminium	Al	257,3	9,9	1,0	acéty- lène	protoxyde d'azote	réductrice
Calcium	Ca	239	10,0	0,2	acéty.	protoxyde d'azote	réductrice
Fer	Fe	371,6	5	0,2	acéty.	air	oxydante
Potassium	émission	766,2	5	0,2	acéty.	air	
Sodium	émission	588,8	5	0,2	acéty.	air	
Cu	Cu	324,3	5	0,2	acéty.	air	oxydante
Zn	Cu	213,0	5	0,2	acéty.	air	oxydante
Mg	Mg	203,3	3	1,0	acéty.	air	oxydante

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES UTILISÉES POUR LE DOSAGE DES ÉLÉMENTS AU SPECTROMÈTRE
D'ABSORPTION ATOMIQUE (Varion Techtron) - modèle 12 00

	COORDONNÉES DES COUPES		Z (base du Werf. inf.)
	X	Y	
A	965,60	199,10	1050 m
B	963,34	199,36	900 m
J	966,55	199,60	1420 m
K	961,40	205,14	860 m
L	964,30	204,54	1400 m
M	965,86	204,12	1720 m
N	960,20	203,68	890 m
P	962,30	205,44	1030 m
Q	968,20	202,64	1840 m
R	970,20	204,88	1650 m
S	970,62	206,30	1540 m
T	973,00	203,70	1750 m
U	972,60	205,46	1520 m
V	969,20	199,40	1210 m
X	967,34	199,86	1450 m
31	962,80	201,24	1270 m

LISTE DES FIGURES

- 1) Cadre géographique et géologique
) Carte des isopaques du Werfénien (annexe)
- 2) Diagramme de Doeglas (Permien et Werfénien)
- 3 à 8) Courbes granulométriques et différents modes du Permien
- 9 à 13) Courbes granulométriques et différents modes du Werfénien
- 14a) Diagramme de P de L/l en fonction de P de L/E
- 14b) Diagramme conjugué des médianes des indices d'aplatissement et d'émoissé
- 15,16) Indice d'aplatissement des galets
- 17,18) Indice d'émoissé des galets
- 19,20) Indice de dissymétrie des galets
-) Histogramme des indices d'arrondi et sphéricité (de krumbein, sloss) des grains de quartz
 22- Permien
 25,26- Werfénien
-) Emoissé de A. Cailleux des grains de quartz
 21- Permien
 23,24- Werfénien
- 27) Diagramme "ou rose" des directions de courants
- 28) lame mince Z₅
- 29) ----- Y₆
- 30) ----- Y₇
- 31) ----- Y₁
- 32) lame mince Z₈
- 33) ----- Aib
- 34) ----- P₆^a

- 35 à 38) Histogramme de fréquence des minéraux lourds
- 39 à 42) Histogramme de fréquence des éléments chimiques
- 43) Dendogrammes
- 44 à 49) Plans des axes pris deux à deux
) Plans des axes pris deux à deux

LISTE DES TABLEAUX

- (I) Analyse stratonomique des arkoses du Permien
- (II) Analyse stratonomique des arkoses du Werfénien
- (III) Classement par ordre croissant des C.S.R du Permien et du Werfénien
- (IV) Classification des médianes des courbes granulométriques des sédiments du Permien
- (V) Classification des médianes des courbes granulométriques des sédiments du Werfénien
- (VI) Etude morphométrique des galets du conglomérat du Werfénien (émoussé, aplatissement, dissymétrie, P de L/l et P de L/E)
- (VII) Indices d'usure des grains de quartz (Permien et Werfénien)
- (XI) Comptages minéralogiques des arkoses du Permien et du Werfénien
- (VIII) Principaux caractères pétrog. des arkoses du Permien
- (IX) Principaux caractères pétrog. des arkoses du Werfénien
- (IX) - arkoses blanches
- (X) - arkoses rouges
- XII) Fréquence des minéraux lourds
- (XIII) Etude de la fraction argileuse des arkoses du Permien
- (XIV) Etude de la fraction argileuse des arkoses du Werfénien
- (XV) Projection et qualité de la représentation des comp. principales (Permien et Werfénien) (les 5 axes)
- (XVI) Matrice des coeff. (r) de corrélation linéaire entre éléments chimiques

BIBLIOGRAPHIE

- P. ARTRU
LES TERRES NOIRES DU BASSIN RHODANIEN (Bajocien supérieur à Oxfordien moyen) STRATIGRAPHIE, SEDIMENTOLOGIE, GEOCHIMIE. THESE D'ETAT UNIV. C. BERNARD DE LYON 1972
- R. AUMAITRE
G. BUFFET
MINERALOGIE, PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE DES LAVES SPILITTIQUES ET DES FILONS BASIQUES ASSOCIES DU MASSIF DES ECRINS. PELVOUX (Alpes françaises occidentales) THESE 3e CYCLE U.S.M. de GRENOBLE 1973
- P. BARTHOLOME
KAMOTO (Katanga) ET WHITE PINE (Michigan) DEUX GISEMENTS STRATIFORMES DE CUIVRE 1969 TIRE-A-PART
- A. BERNARD
DEVELOPMENTS IN SEDIMENTOLOGY VOL. 2 SEDIMENTOLOGY AND ORE GENESIS (Amstutz) 1964
"A propos du rôle métallogénique de la précipitation et de l'adsorption sédimentaires".
- JEAN J. BLANC
"METHODES D'ETUDE DES SERIES SEDIMENTAIRES"
TRAVAUX DU LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LUMINY (Marseille) n° 1 ; 1968
- P. BORDET
"LE DOME PERMIEN DE BARROT (A.M) ET SON AUREOLE DE TERRAIN SECONDAIRE" 1950
BULL. DES SERV. CARTE GEOL. DE LA FRANCE
- MARC BOUCARUT
"ETUDE VOLCANIQUE ET GEOLOGIQUE DE L'ESTEREL (Var, France)"
THESE D'ETAT ES-SCIENCES NATURELLES UNIVERSITE DE NICE
TOMES 1 et 2 1971
- S. CAILLIERE
S. HENIN
"MINERALOGIE DES ARGILES" MASSON ET Cie 1963
- A. CAILLEUX
J. TRICART
"INITIATION A L'ETUDE DES SABLES ET DES GALETS"
TOMES I ; II; II
C.D.U. 1959
- C. CARUBA-MARTIN
"LES MINERAUX ACCESSOIRES DE L'ESTERELLITE ET DE QUELQUES ROCHES ACIDES ET BASIQUES DE L'ESTEREL (Var)" THESE 3e cycle Université de Nice 1971 TOMES 1 et 2

- J. GAUVIN
P. NICOLINI "LES GRES CUPRIFERES DU DOME DE BARROT RAPPORT DE FIN DE MISSION"
Paris 15 Septembre 1963
B.R.G.M. Division S-E
- CHAMBRE SYNDICALE DE LA RECHERCHE ET DE LA PRODUCTION DU PETROLE ET DU GAZ NATUREL
"METHODES MODERNES DE GEOLOGIE DE TERRAIN : PRINCIPES D'ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES" 1974
- MARC DURAND "NATURE DES COLORATIONS VIOLETTES ET VERTES DE CERTAINS GRES TRIASIQUES"
C.R. AC. SC. Paris t. 280 P.P. 2737 (23 juin 1975)
- L. GUILLOUX
H. PELISSONNIER "LES GISEMENTS DE SCHISTES, MARNES ET GRES CUPRIFERES"
Société géologique de Belgique, Liège 1974, 35-55
- LIENHARDT (1961) "LES COULEURS ROUGE, VERTE, ET VIOLETTE : CAUSE ET ORIGINE"
Géologie du Bassin houiller stéphanien du Jura, et des Morts-Terrains BSGF.
- A. LOMBARD "SERIES SEDIMENTAIRES. GENESE - EVOLUTION"
Masson et Cie Paris 1972
- G. MILLOT "GEOLOGIE DES ARGILES"
Masson et Cie 1964
- W.D. NESTEROFF
G. SABATIER
B.C. HEEZEN "LES MINERAUX ARGILEUX DANS LES SEDIMENTS DU BASSIN OCCIDENTAL DE LA MEDITERRANEE"
Com. Int. Etude SC. Mer Méditerranée
Vol 17 (3) P. 1005-7
- P. NICOLINI UTILISATION DES DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES EN GEOLOGIE MINIERE : LES COURBES PREVISIONNELLES
Chronique des mines et de la Recherche minière n° 309
1962

- P. NICOLINI GITOLOGIE DES CONCENTRATIONS MINERALES STRATIFORMES
1970 Gauthier-Villars
- J. PERRIAUX "GENERALITES SUR LES GRES"
Bull. Centre Rech. Pau-SNPA; 8,1
161-185, 2fig. Pau 30 juin 1974
- J. PERRIAUX "CONTRIBUTION A LA GEOLOGIE DES VOSGES GRESEUSES"
Mémoires du Serv. de la carte géol. d'Alsace et de Lorraine n°18 - 1961.
- R. PIERROT
P. PICOT
J. FERAUD
J. VERNET INVENTAIRE MINERALOGIQUE DE LA FRANCE
n°4 (Alpes Maritimes) - B.R.G.M. 1974
- M. PINTA RECHERCHE ET DOSAGE DES ELEMENTS TRACES
(Dunod) 1962
- M. PINTA SPECTROMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE
Tomes 1 & 2 - 1971
Masson et Cie
- R.D.
SCHUILLING JOINTING IN THE PERMIAN DOME DE BARROT 1956, geol.
en Mijnb n.s. vol 18p. 227.
- G. SCOLARI
R. LILLE "NOMENCLATURE ET CLASSIFICATION DES ROCHES SEDIMENTAIRES" (Roches détritiques terrigènes)
Bull. du B.R.G.M. Section IV n°2; 1973
- G. SCOLARI "EXAMEN PETROGRAPHIQUE D'ECHANTILLONS PROVENANT DE LA REGION DU DOME DE BARROT" (Alpes Maritimes)
juin 1965 - B.R.G.M. Division S-E
- J.Y. THEBAULT "CONTRIBUTION A L'ETUDE DES FORMES DES GALETS"
Bull. du B.R.G.M. 2e série; section IV n°2; 1969
- * K.H. WEDEPOHL "RECHERCHES SUR LES SCHISTES CUPRIFERES DANS L'ALLEMAGNE DU Nord-Ouest; CONTRIBUTION A L'INTERPRETATION GENETIQUE DES SEDIMENTS BITUMINEUX"
INSTITUT DE PETROGRAPHIE SEDIMENTAIRE DE
* Z. VERNET *In la technique du socle permio-werfénien, du Dôme de Barrot
travaux du Laboratoire de la Recherche des Mines de Geologie, tome 34*

L'UNIVERSITE DE GÖTTINGEN - TRADUCTION RESUMEE par
 H. BONNEFON
 Géochimica et Cosmochimica Acta 1964 Vol.28 p.p.
 305 à 364.

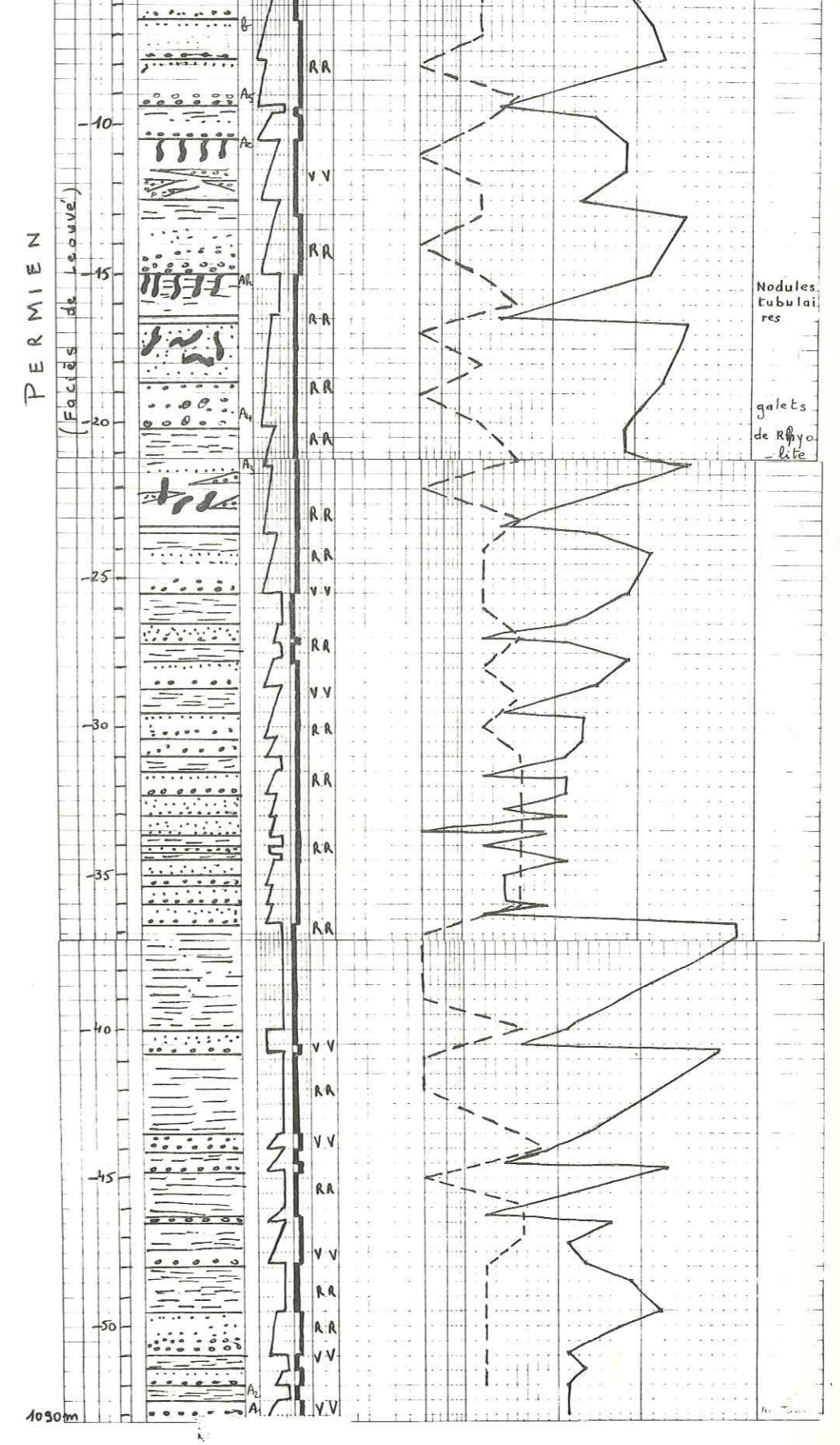
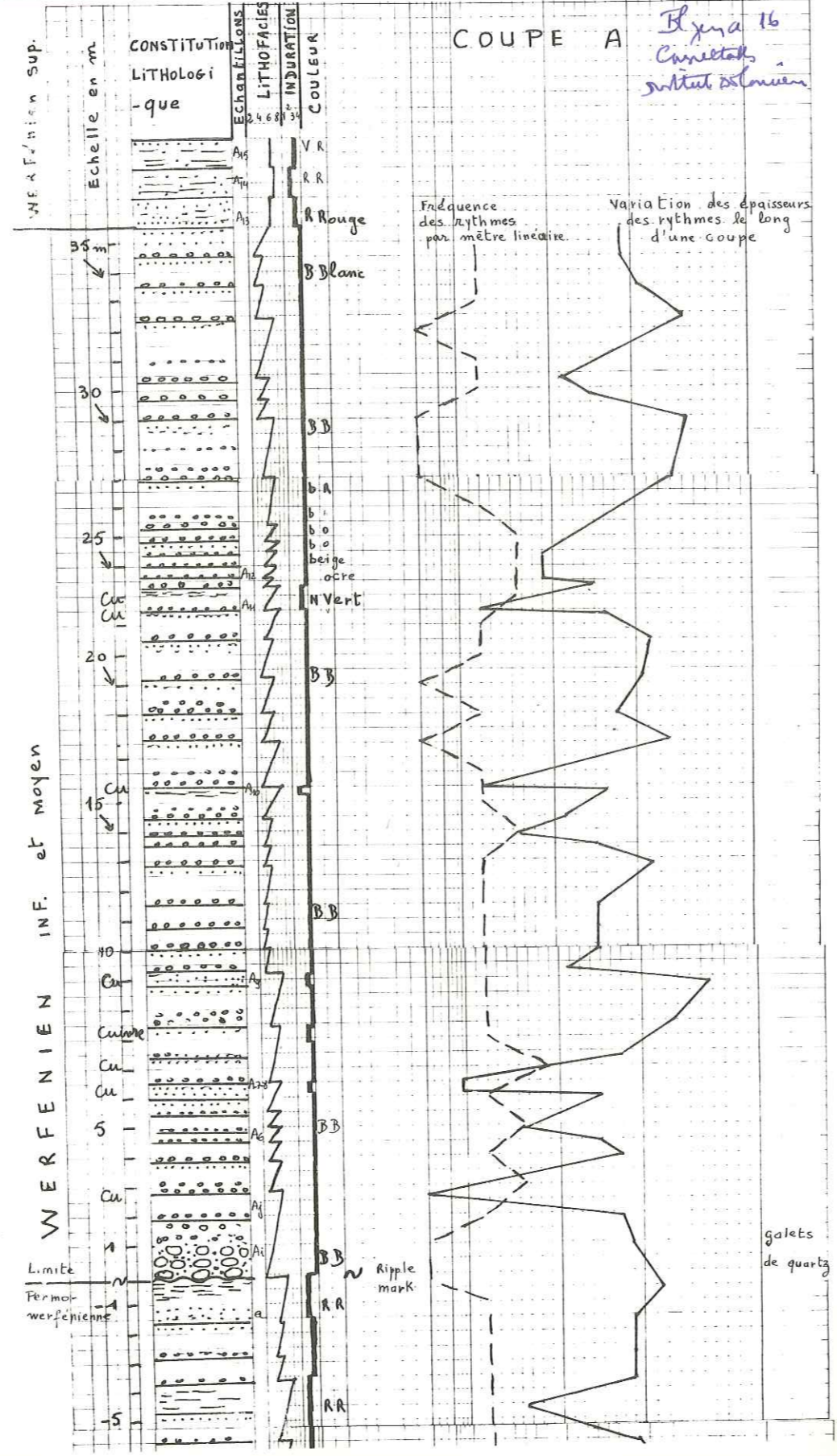
Bulletin trimestriel de la Direction des Mines et
 de la Géologie n°6 - 2ème trimestre 1959.
 "APPLICATIONS DE LA SEDIMENTOLOGIE A LA RECHERCHE
 ET A L'EXPLOITATION DES GISEMENTS PLOMBO-ZINCIFERES
 STRATIFORMES".

MESURES GEOCHIMIQUES

	AL	CA	K	NA	PE	CU	MG	ZN	CÔTE	CA+MG	K+NA	K	FE	CU+ZN	CU	CU	CU	CU	
						PP.m.	PP.m.	PP.m.		AL	CA+MG	NA	AL	AL	ZN	ZN	MG	K+NA	FE
S6	* 26.27	0.21	16.20	1.76	8.53	200.	46094	112.	-5.	0.11	6.24	9.10	0.34	11.9	1.75	0.01	11.1	22.	
A9	* 49.89	1.05	12.12	1.53	1.34	7000.	1120.	161.	10.	0.02	11.00	7.92	0.03	143.5	43.47	6.25	512.8	5224.	
A6	* 22.11	0.42	5.28	0.86	0.74	432.	143.	107.	5.	0.02	13.95	6.14	0.03	24.4403	74	7.07	70.4	584.	
A1	* 23.43	0.28	5.16	0.81	0.77	176.	151.	113.	1.	0.01	19.26	6.37	0.03	12.3	1.56	0.97	29.5	729.	
AA	* 27.21	0.28	8.04	2.16	1.65	96.	555.	147.	-2.	0.01	27.57	3.72	0.06	8.9	0.65	0.17	9.4	58.	
AB	* 32.50	2.38	6.00	2.25	1.14	92.	3391.	130.	-7.	0.05	2.81	2.47	0.04	6.8	0.71	0.02	11.1	81.	
A5	* 20.40	1.12	5.76	1.89	1.60	76.	1551.	103.	-9.	0.06	5.54	3.05	0.08	8.8	0.74	0.05	9.9	48.	
A3	* 29.49	4.76	8.16	1.89	1.80	92.	25492	138.	-22.	0.20	1.11	4.32	0.06	7.8	0.67	0.0	5.1	51.	
B8	* 4.34	0.14	2.70	0.08	0.37	20.	641.	11.	20.	0.05	13.15	33.75	0.09	7.1	1.82	0.02	7.2	54.	
B0	* 6.42	0.35	4.56	0.40	0.44	48.	287.	84.	6.	0.06	12.40	11.40	0.01	20.6	0.57	0.17	5.7	109.	
B7	* 27.29	0.28	4.60	1.32	0.88	128.	220.	147.	1.	0.01	19.12	3.64	0.03	10.1	0.87	0.58	20.0	145.	
B6	* 44.60	0.49	9.60	1.75	2.14	100.	1628.	182.	0.	0.02	14.52	5.45	0.05	6.3	0.55	0.04	8.8	7.	
BN	* 25.15	0.35	9.84	1.08	1.04	84.	1274.	155.	-2.	0.01	19.50	9.11	0.03	6.8	0.54	0.07	7.7	81.	
B4	* 13.75	0.24	4.32	0.67	0.54	1100.	148.	68.	-25.	0.02	19.19	6.45	0.04	84.7	16.15	7.42	220.4	2027.	
B3	* 9.07	0.24	5.76	0.15	0.57	14.	804.	22.	-25.	0.04	15.57	28.40	0.05	4.0	0.64	0.02	2.4	25.	
B2	* 33.26	0.28	8.40	2.02	1.15	88.	258.	114.	-49.	0.01	22.56	4.16	0.03	6.1	0.77	0.34	8.4	77.	
BH	* 27.59	0.42	8.76	1.75	1.04	144.	459.	120.	-52.	0.02	21.02	5.01	0.04	9.6	1.20	0.31	13.7	138.	
E1	* 22.26	1.26	6.24	1.67	0.88	80.	747.	107.	-109.	0.04	5.73	2.74	0.03	5.6	0.75	0.11	10.1	81.	
J9	* 4.44	0.17	2.28	0.06	0.39	10.	181.	16.	10.	0.04	11.70	38.00	0.09	5.9	0.63	0.04	4.3	26.	
J8	* 6.70	0.07	2.78	0.60	0.68	20.	550.	226.	7.	0.02	21.12	4.63	0.10	36.7	0.09	0.04	5.9	29.	
J6	* 6.61	0.35	2.46	0.13	0.57	14.	482.	25.	1.	0.06	6.02	18.92	0.09	5.9	0.56	0.03	5.4	25.	
J5	* 2.11	0.07	1.14	0.17	0.17	20.	177.	16.	0.	0.02	13.10	6.71	0.05	11.6	1.25	0.11	15.3	118.	
JA	* 12.85	0.21	3.30	0.06	1.04	10.	755.	23.	-1.	0.02	9.94	41.25	0.08	2.6	0.42	0.01	3.0	10.	
JB	* 9.92	0.24	2.54	0.09	0.57	10.	570.	20.	-2.	0.02	9.18	32.67	0.06	3.0	0.50	0.02	3.3	18.	
J4	* 10.20	0.10	4.14	0.29	0.57	10.	1034.	24.	-3.	0.02	16.40	14.28	0.06	3.3	0.42	0.01	2.3	18.	
JD	* 11.52	0.21	3.80	1.51	0.53	20.	1149.	34.	-13.	0.03	23.27	5.17	0.08	4.7	0.55	0.02	2.1	22.	
J2	* 8.69	0.17	5.54	1.28	0.34	20.	445.	22.	-17.	0.02	20.08	4.64	0.04	6.0	0.63	0.04	2.9	59.	
JE	* 11.05	1.40	10.50	1.37	1.22	20.	2757.	44.	-25.	0.16	6.38	7.66	0.11	5.8	0.45	0.01	1.7	16.	
J1	* 5.92	2.45	6.24	2.22	1.04	20.	6706.	25.	-45.	0.26	2.38	2.81	0.10	5.5	0.57	0.0	2.4	19.	
K15	* 20.41	4.41	10.60	0.54	6.00	20.	3161.	89.	17.	0.24	2.20	20.00	0.29	5.3	0.22	0.01	1.9	3.	
K12	* 23.05	0.28	2.82	0.60	0.38	16.	392.	33.	8.	0.01	5.77	4.70	0.02	2.1	0.48	0.04	4.7	42.	
K11	* 14.92	0.21	1.50	1.28	0.57	224.	262.	24.	1.	0.01	11.12	1.17	0.04	17.3	9.75	0.89	84.2	411.	
K10	* 22.71	1.33	10.80	0.76	2.28	1200.	3065.	99.	0.	0.07	6.28	14.21	0.10	54.8	12.12	0.39	102.8	526.	
K9	* 23.05	0.28	13.80	0.63	7.86	36.	3046.	124.	-2.	0.02	18.26	21.90	0.34	6.9	0.29	0.04	2.5	5.	
K5	* 18.32	7.91	7.02	1.10	3.84	34.	33530	89.	-13.	5.57	0.60	6.38	0.21	6.7	0.38	0.0	4.2	9.	
K3	* 20.57	7.14	13.80	17.55	7.15	22.	33530	168.	-20.	0.40	2.48	0.79	0.34	9.1	0.13	0.0	0.7	3.	
K1	* 10.58	2.73	3.00	4.18	0.45	56.	14906	68.	-28.	0.49	1.38	0.72	0.04	11.7	0.82	0.0	7.8	124.	
L17	* 5.67	0.09	4.62	0.36	0.31	12.	550.	28.	18.	0.03	31.12	12.83	0.05	7.0	0.43	0.02	2.4	39.	
L15	* 5.85	0.07	3.60	0.49	0.31	12.	670.	38.	11.	0.02	22.72	7.35	0.05	8.5	0.32	0.02	2.0	39.	
L13	* 4.15	0.28	2.22	1.89	0.31	16.	378.	22.	4.	0.08	12.08	1.17	0.02	9.2	0.72	0.04	3.9	52.	
L12	* 16.63	0.28	5.28	0.87	1.02	170.	1245.	52.	0.	0.03	12.55	6.07	0.06	13.3	2.27	0.14	23.6	167.	
L10	* 14.74	0.14	7.50	1.01	0.65	10.	986.	45.	-5.	0.02	25.26	7.43	0.04	3.7	0.22	0.01	1.2	15.	
L7	* 11.27	1.54	4.56	1.89	1.28	16.	2586.	52.	-27.	0.16	2.27	2.61	0.11	5.8	0.21	0.01	2.5	13.	
L5	* 11.90	10.71	3.54	1.55	0.60	226.	33530	59.	-25.	1.27	0.22	1.82	0.05	23.9	2.83	0.01	41.2	377.	
L1	* 12.00	0.14	2.70	25.68	0.82	20.	661.	77.	-48.	0.0212	5.52	0.09	0.03	8.1	0.26	0.02	0.6	24.	
M17	* 6.99	0.14	5.16	1.62	0.31	16.	555.	177.	21.	0.03	29.48	3.19	0.04	27.6	0.09	0.03	2.4	52.	
M14	* 4.62	0.42	2.70	1.82	0.14	12000	526.	252.	8.	0.11	8.86	1.48	0.03	2646.2	47.62	22.39	2654.	85714.	
M12	* 19.65	0.70	10.80	2.90	2.86	300.	2969.	440.	0.	0.06	11.51	3.72	0.15	37.7	0.65	0.10	21.9	105.	
M11	* 22.11	0.63	9.60	1.75	3.86	24.	1896.	555.	-1.	0.04	12.07	5.45	0.17	26.2	0.04	0.01	2.1	6.	

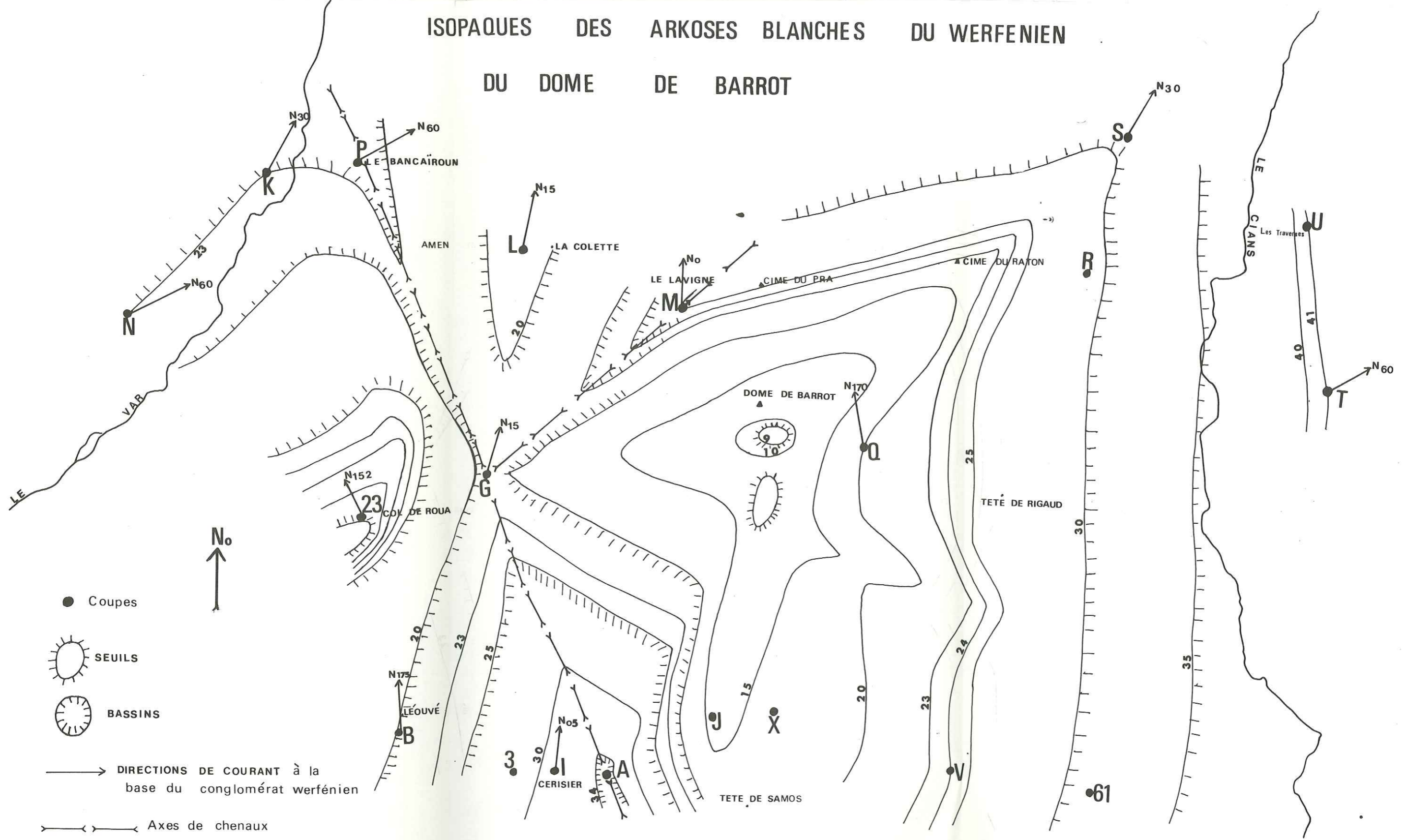
	AL	CA	K	NA	FE	CU	MG	ZN	COTE	CA+MG AL	K+NA CA+MG	K NA	FE AL	CU+ZN AL	CU ZN	CU MG	CU K+NA	CU FE
				P.P.m.			P.P.m.			P.P.m.								
M9	* 16.06	4.76	4.95	5.15	1.77	18.1781	1077.	-13.	0.21	2.00	0.95	0.11	60.2	0.02	0.01	1.8	10.	
M6	* 17.57	7.75	4.52	4.3E	2.00	40.35530	2299.	-28.	0.76	0.69	1.12	0.11	133.6	0.02	0.0	5.2	24.	
M3	* 16.44	7.98	4.44	3.71	0.90	64.35530	1077.	-36.	0.82	0.60	1.20	0.05	69.4	0.06	0.0	7.8	71.	
M1	* 19.65	4.34	4.80	3.71	3.08	26.35530	570.	-48.	0.50	0.84	1.25	0.16	30.3	0.06	0.0	2.1	8.	
N20	* 11.90	7.91	10.20	1.82	0.01	14.46477	101.	24.	0.85	1.12	5.60	0.0	9.7	0.14	0.0	1.2	1400.	
N18	* 6.09	8.61	5.70	1.0E	1.68	10.2337.	57.	17.	1.28	0.75	5.2E	0.24	9.6	0.18	0.0	1.5	6.	
N15	* 20.05	0.70	10.20	1.55	0.91	144.1282.	224.	2.	0.07	12.51	6.5E	0.03	16.2	0.51	0.12	14.0	180.	
N12	* 22.96	0.42	7.50	1.51	1.54	875.2701.	132.	0.	0.03	10.35	4.97	0.07	43.9	6.63	0.32	97.1	568.	
N11	* 12.66	0.28	3.84	1.62	2.51	46.1417.	100.	-1.	0.04	10.50	2.27	0.23	11.5	0.46	0.03	8.4	14.	
N9	* 18.14	2.59	6.00	4.52	2.08	46.22034	283.	-13.	0.34	1.6E	1.33	0.11	18.1	0.16	0.0	4.4	22.	
N6	* 8.9E	2.66	5.70	2.11	0.88	54.3065.	164.	-25.	0.25	2.4E	2.70	0.10	25.0	0.57	0.02	12.0	107.	
N5	* 24.2E	2.24	14.40	1.91	1.42	44.14877	124.	-25.	0.19	3.4E	7.54	0.06	6.9	0.35	0.0	2.7	31.	
N2	* 24.57	7.63	9.00	1.62	7.15	26.35530	269.	-44.	0.52	0.80	5.5E	0.29	16.1	0.07	0.0	2.4	4.	
N1	* 22.30	0.56	10.68	1.98	0.8E	32.3218.	156.	-50.	0.04	11.61	5.4E	0.04	10.2	0.06	0.01	2.5	36.	
P14	* 15.68	0.14	10.20	1.51	0.74	26.1252.	517.	24.	0.02	22.45	6.7E	0.05	34.6	0.05	0.02	2.2	25.	
P12	* 7.42	0.17	5.64	1.37	0.14	14.416.	416.	21.	0.03	25.20	4.12	0.02	57.5	0.03	0.02	2.0	100.	
P8	* 6.61	0.28	4.26	1.28	0.44	74.354.	12E.	11.	0.05	16.25	3.32	0.07	32.1	0.50	0.21	13.4	168.	
P6	* 24.19	0.84	12.00	1.25	2.52	554.2682.	124.	0.	0.05	10.24	8.89	0.16	27.9	4.40	0.21	41.2	140.	
P5	* 12.6E	6.86	2.54	2.16	0.8E	16.35530	235.	-4.	0.58	0.41	1.36	0.07	19.8	0.07	0.0	3.1	18.	
P3	* 11.05	13.44	3.90	1.41	1.50	22.35530	107.	-16.	1.72	0.28	2.77	0.17	11.7	0.21	0.0	4.1	12.	
P2	* 22.30	0.77	11.10	1.62	1.90	68.3736.	155.	-18.	0.06	9.15	6.8E	0.09	10.0	0.44	0.02	5.3	36.	
P1	* 15.49	6.30	5.94	0.57	0.87	32.23950	323.	-22.	0.66	0.67	6.12	0.06	22.9	0.10	0.0	4.6	27.	
Q18	* 9.26	0.10	8.10	4.05	0.0	20.378.	55.	20.	0.01	75.62	2.00	0.0	12.4	0.21	0.05	4.6	0.	
Q16	* 5.29	0.07	2.94	2.25	0.1E	18.252.	86.	15.	0.02	43.25	1.21	0.03	15.7	0.21	0.06	3.5	100.	
Q14	* 8.88	0.14	5.70	1.25	0.43	16.659.	42.	7.	0.03	28.65	3.2E	0.05	6.5	0.38	0.02	2.1	37.	
Q13	* 10.29	0.49	5.58	1.22	4.25	40.1835.	53.	0.	0.07	8.50	4.57	0.41	8.9	0.75	0.02	5.0	9.	
Q12	* 9.07	0.14	5.64	2.56	0.45	25.651.	57.	-4.	0.02	22.80	2.20	0.05	9.0	0.46	0.04	3.0	56.	
Q10	* 11.71	8.75	5.94	1.82	2.2E	14.16084	218.	-18.	0.57	0.67	0.82	0.08	9.5	0.17	0.0	2.0	16.	
Q8	* 8.88	5.67	2.76	3.37	0.75	12.26324	72.	-22.	1.12	0.60	0.82	0.04	3.5	0.16	0.0	1.4	14.	
Q6	* 6.42	5.52	2.70	4.3E	0.54	14.22034	111.	-40.	1.42	2.04	0.15	15.5	0.07	0.0	1.7	15.		
Q4	* 24.57	0.02	11.10	4.05	0.62	6.1409.	7E.	-55.	0.01	60.60	2.24	0.02	3.4	0.07	0.0	0.5	10.	
Q3	* 15.45	0.17	4.8E	5.40	0.81	20.914.	155.	-22.	0.02	22.06	0.90	0.05	11.5	0.12	0.02	1.0	25.	
Q2	* 10.96	0.14	4.58	5.06	0.43	52.766.	6E.	-18.	0.02	32.18	0.55	0.04	10.5	0.76	0.06	5.2	121.	
R16	* 11.15	0.21	9.60	1.01	0.82	21000	814.	45.	29.	0.25	3.75	9.50	0.02	887.4	66.67	25.80	975.32	5610.
R12	* 6.99	0.10	5.40	1.01	0.1E	38.426.	22.	18.	0.02	27.70	5.35	0.03	8.6	1.23	0.09	5.9	211.	
R10	* 11.24	0.07	9.00	0.87	0.38	58.1072.	32.	7.	0.02	39.48	10.34	0.03	7.9	1.81	0.05	5.9	152.	
R9	* 28.16	0.38	12.60	0.20	1.54	333.5269.	94.	0.	0.04	10.24	63.00	0.07	15.2	3.54	0.04	26.0	172.	
R7	* 18.33	0.70	16.20	1.62	1.37	68.2586.	47.	-10.	0.44	15.63	10.00	0.07	6.3	1.45	0.02	3.8	50.	
R5	* 13.58	0.14	5.40	4.3E	1.54	32.1705.	40.	-19.	0.02	22.2E	1.22	1.11	5.1	0.80	0.02	3.3	21.	
R4	* 8.12	0.21	5.60	0.81	0.45	42.847.	24.	-23.	0.04	25.74	12.00	0.06	4.4	0.50	0.01	1.1	27.	
R3	* 15.27	0.25	5.1E	4.8E	0.57	140.2255.	61.	-22.	0.02	12.22	1.0E	0.02	10.4	2.20	0.06	14.0	245.	
R1	* 23.71	2.45	12.00	1.84	8.00	16.25866	122.	-45.	0.28	2.05	6.52	0.24	5.8	0.12	0.0	1.2	2.	
S15	* 11.24	0.14	10.80	1.71	0.34	34.373.	53.	21.	0.01	62.55	6.32	0.02	7.7	0.64	0.00	2.7	100.	
S13	* 8.88	0.02	6.00	1.37	0.37	38.416.	86.	21.	0.01	81.8E	4.2E	0.04	14.0	0.44	0.09	5.2	103.	
S10	* 6.61	0.47	3.42	1.51	0.31	30.862.	44.	10.	0.05	5.0E	2.2E	0.05	11.2	0.55	0.02	6.1	97.	
S7	* 24.75	0.28	15.20	1.58	4.49	372.16669	34.	0.	0.12	6.54	9.70	0.1E	16.4	10.54	0.02	17.6	82.	
S5	* 23.81	5.46	11.64	1.85	6.29	26.35530	113.	-9.	0.46	1.22	6.1E	0.26	5.8	0.23	0.0	1.9	4.	
S3	* 11.71	6.79	3.84	3.37	1.17	24.35530	74.	-17.	1.05	0.5E	4.14	0.10	8.4	0.22	0.0	3.3	21.	
S1	* 18.61	4.90	6.60	2.02	3.71	18.26124	162.	-22.	0.50	0.52	2.22	0.20	9.7	0.11	0.0	2.1	5.	
T14	* 15.45	12.2E	10.50	3.17	2.8E	3500.8430.	102.	28.	0.88	0.99	2.31	0.25	232.5	34.31	0.42	256.0	907.	

	AL	CA	K	NA	FE	CU	MG	ZN	COTE	CA+MG AL	K+NA CA+MG	K NA	FE AL	CU+ZN AL	CU ZN	CU MG	CU K+NA	CU FE
T13	* 12.05	0.21	5.00	1.01	1.08	32.	1475.	44.	34.	0.03	22.24	8.91	0.09	6.3	0.73	0.07	3.2	30.
T9	* 24.28	0.84	14.40	1.08	6.00	60.	1762.	78.	7.	0.04	13.70	13.33	0.25	5.7	0.77	0.07	2.9	10.
T7	* 25.51	0.49	12.00	1.14	2.14	318.	2567.	84.	0.	0.03	14.28	10.53	0.08	15.8	3.75	0.12	24.2	149.
T4	* 16.72	6.51	5.10	2.76	2.46	20.	33530	70.	-14.	0.72	0.65	1.85	0.15	5.4	0.25	0.0	2.5	8.
T2	* 15.45	1.19	4.38	5.73	1.17	32.	2356.	49.	-27.	0.10	6.40	0.76	0.08	5.2	0.65	0.01	3.2	27.
T1	* 17.38	5.95	5.52	15.86	3.00	18.	26345	83.	-25.	0.59	2.07	0.35	0.17	5.8	0.22	0.0	0.8	6.
U15	* 8.50	0.28	6.18	1.14	0.37	100.	641.	20.	40.	0.04	18.77	5.42	0.04	14.1	5.00	0.16	13.7	270.
U14	* 24.19	0.35	13.80	1.41	1.78	10200	2816.	51.	31.	0.03	18.55	9.79	0.07	423.0	200.00	3.62	470.6	5730.
U12	* 11.90	0.14	11.10	1.41	1.05	800.	1360.	35.	22.	0.03	33.81	7.87	0.09	30.2	22.86	0.59	63.9	762.
U9	* 7.74	0.35	6.26	1.44	0.38	50.	843.	21.	8.	0.06	15.51	4.42	0.05	9.2	2.38	0.06	6.4	132.
U8	* 25.13	0.49	2.76	1.55	3.93	850.	45741	112.	0.	0.12	1.35	1.78	0.16	38.3	7.59	0.05	197.2	216.
U7	* 24.15	0.49	12.60	1.75	8.43	550.	18585	111.	-1.	0.15	4.02	7.20	0.35	27.3	4.65	0.03	38.3	65.
U4	* 22.62	4.13	10.80	3.71	5.43	38.	26866	101.	-18.	0.35	1.72	2.51	0.23	5.9	0.28	0.0	2.6	7.
U1	* 22.05	3.26	12.00	1.82	7.57	36.	33530	120.	-35.	0.38	1.54	6.59	0.33	7.2	0.28	0.0	2.6	5.
V16	* 7.18	3.29	7.50	1.41	0.60	40.	766.	37.	21.	0.47	2.50	5.31	0.08	10.0	1.25	0.05	4.4	67.
V13	* 4.72	0.02	3.48	1.30	0.14	44.	546.	22.	8.	0.02	43.45	2.48	0.03	14.0	2.00	0.08	9.2	314.
V10	* 18.52	0.10	9.00	1.28	0.88	52.	1360.	41.	0.	0.01	31.15	7.03	0.05	5.0	1.27	0.04	5.1	59.
V9	* 9.72	8.26	4.32	1.10	1.02	32.	20597	49.	-4.	1.20	0.46	3.93	0.10	8.3	0.65	0.0	5.0	21.
V8	* 15.12	10.29	4.62	1.68	1.50	26.	33530	65.	-12.	0.13	5.81	2.25	0.13	6.0	0.40	0.0	4.1	14.
V5	* 15.30	1.47	9.60	2.49	0.54	40.	3688.	53.	-32.	0.12	5.81	3.86	0.06	6.1	0.25	0.01	2.3	43.
V4	* 15.55	0.87	6.30	2.56	1.52	34.	2969.	55.	-28.	0.08	6.51	2.46	0.12	5.7	0.62	0.01	2.8	18.
V1	* 22.35	0.42	10.50	3.03	4.57	54.	3103.	70.	-48.	0.04	14.29	3.47	0.20	5.5	0.77	0.02	4.0	12.
X15	* 4.01	0.63	3.96	1.48	0.31	7250.	325.	15.	16.	0.13	8.00	2.68	0.06	1439.0	483.33	22.21	332.7	3387.
X13	* 7.18	0.14	5.76	1.14	0.65	24.	622.	22.	13.	0.02	28.75	5.05	0.09	6.4	1.05	0.04	3.4	27.
X11	* 4.34	0.07	2.54	1.08	0.31	50.	766.	15.	8.	0.04	20.10	2.72	0.07	15.0	3.22	0.07	12.4	161.
X9	* 4.72	0.14	2.88	1.17	1.25	84.	440.	32.	2.	0.04	19.28	2.46	0.24	24.6	2.62	0.15	20.7	67.
X7	* 31.37	0.21	12.30	0.20	7.00	316.	18681	214.	-5.	0.10	3.77	61.50	0.22	16.9	1.48	0.02	25.3	45.
X6	* 7.74	0.35	5.64	1.41	1.14	20.	1130.	20.	-12.	0.07	13.05	4.00	0.15	6.5	0.67	0.02	2.8	18.
X3	* 12.05	0.21	5.70	1.64	1.40	42.	1282.	44.	-20.	0.03	17.47	3.48	0.12	7.1	0.55	0.03	5.7	30.
X1	* 13.22	6.16	5.82	1.68	0.75	44.	1820.	45.	-25.	0.45	0.16	3.46	0.06	6.7	0.98	0.02	5.0	59.
31C	* 5.55	0.28	2.82	0.29	0.08	26.	177.	22.	8.	0.05	10.02	9.72	0.01	5.1	1.18	0.15	8.4	325.
31Z	* 8.12	0.28	2.54	0.22	0.14	26.	205.	20.	5.	0.03	10.19	13.36	0.02	5.7	1.30	0.13	8.2	186.
31Y	* 22.81	0.14	6.60	0.33	7.15	28.	1550.	105.	0.	0.01	17.32	20.00	0.30	5.6	0.27	0.02	4.0	4.
31V	* 6.70	0.21	2.82	0.22	0.27	18.	205.	27.	-5.	0.03	12.66	12.82	0.04	8.2	0.45	0.09	5.9	67.
31T	* 10.96	0.35	5.88	0.27	0.77	10.	804.	88.	-15.	0.04	12.81	21.78	0.07	8.9	0.11	0.01	1.6	13.
31N	* 9.07	0.21	5.64	1.14	0.44	20.	661.	55.	-28.	0.02	21.18	4.55	0.05	8.3	0.36	0.03	2.9	45.
31M	* 18.14	0.28	5.64	0.27	1.00	52.	555.	97.	-32.	0.02	15.97	20.89	0.06	8.2	0.54	0.09	8.8	52.
31L	* 15.12	0.56	6.96	0.13	0.72	950.	1398.	91.	-33.	0.05	8.57	53.54	0.05	68.8	10.44	0.68	134.0	1319.
31J	* 13.98	0.21	10.20	0.40	0.64	1925.	934.	76.	-34.	0.02	28.64	25.50	0.05	143.1	25.33	2.06	181.6	3008.
316	* 20.41	6.30	5.40	0.59	1.11	40.	45347	107.	-35.	0.42	0.67	9.15	0.05	7.2	0.37	0.0	6.7	36.
31D	* 10.01	7.63	3.42	1.41	1.05	20.	4022.	105.	42.	0.82	0.58	2.43	0.10	12.5	0.19	0.0	4.1	19.



ISOPAQUES DES ARKOSES BLANCHES DU WERFENIEN

DU DOME DE BARROT



● Coupes

☼ SEUILS

⊙ BASSINS

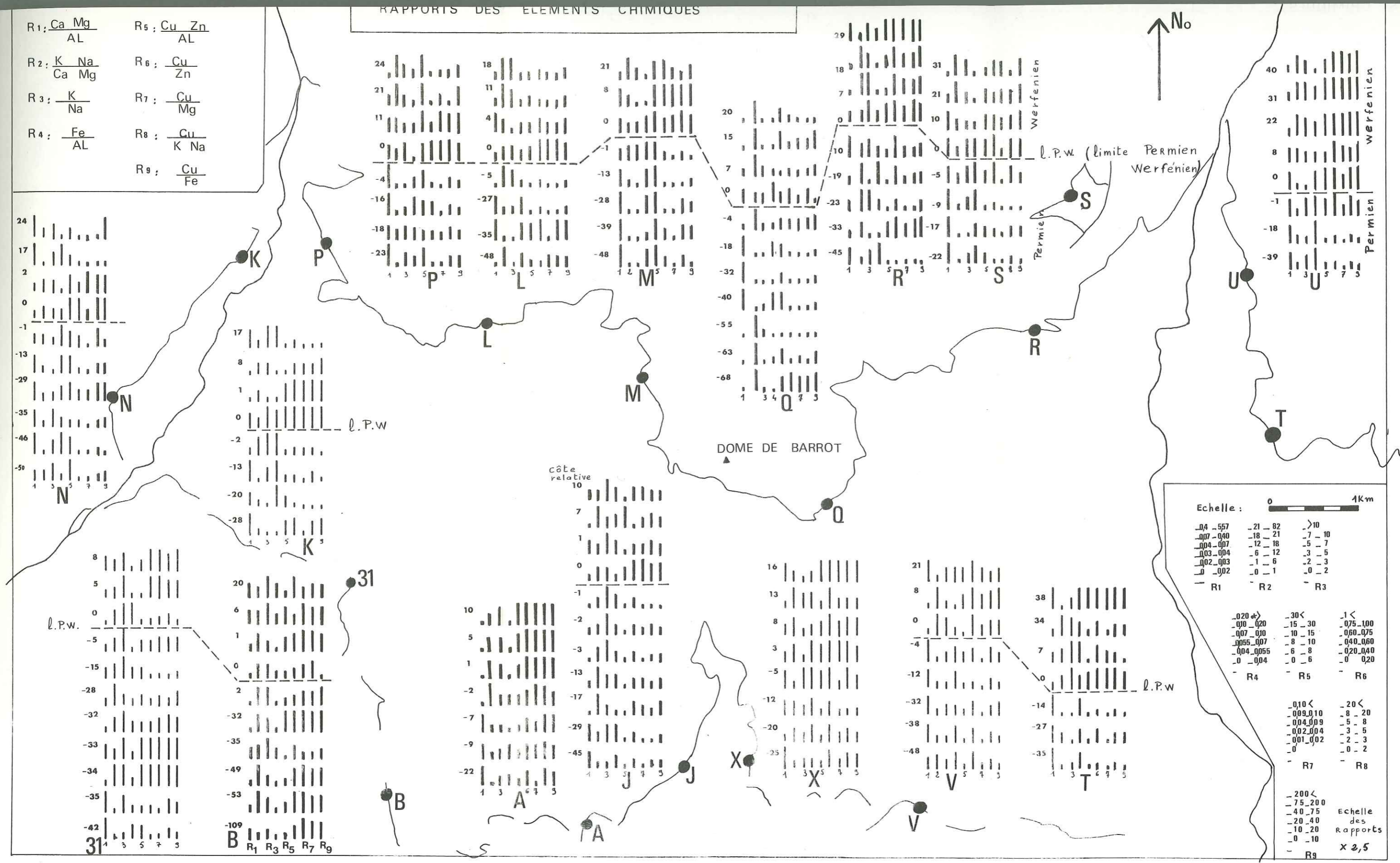
→ DIRECTIONS DE COURANT à la base du conglomérat werfénien

↔ Axes de chenaux

Echelle 0 1 Km

RAPPORTS DES ELEMENTS CHIMIQUES

- R₁: $\frac{Ca}{AL}$ Mg
- R₂: $\frac{K}{Ca}$ Na Mg
- R₃: $\frac{K}{Na}$
- R₄: $\frac{Fe}{AL}$
- R₅: $\frac{Cu}{AL}$ Zn
- R₆: $\frac{Cu}{Zn}$
- R₇: $\frac{Cu}{Mg}$
- R₈: $\frac{Cu}{K}$ Na
- R₉: $\frac{Cu}{Fe}$



Echelle: 0 4Km

-04 -557	-21 -82	>10
-007 -040	-18 -21	-7 -10
-004 -007	-12 -18	-5 -7
-003 -004	-6 -12	-3 -5
-002 -003	-1 -6	-2 -3
-0 -002	-0 -1	-0 -2
- R1	- R2	- R3

-020 >	-30 <	-1 <
-010 -020	-15 -30	-075 -100
-007 -010	-10 -15	-060 -075
-0055 -007	-8 -10	-040 -060
-004 -0055	-6 -8	-020 -040
-0 -004	-0 -6	-0 -020
- R4	- R5	- R6

-010 <	-20 <
-009 -010	-8 -20
-004 -009	-5 -8
-002 -004	-3 -5
-001 -002	-2 -3
-0	-0 -2
- R7	- R8

-200 <	Echelle
-75 -200	des
-40 -75	rapports
-20 -40	x 2,5
-10 -20	
-0 -10	
- R9	

Dernière page d'une thèse

VU

Grenoble, le 25 Mai 1976

Le Président de la thèse

J. Ham

Vu, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale