



Phyllosilicates des sols : de l'identification  
à la quantification  
Apports pour l'étude du fonction-  
nement des sols

Laurent CANER  
Université de Poitiers - HydrASA  
Soutenance HDR

Sud de l'Inde 1998

## FORMATION – DIPLOMES

- **1994 : Ingénieur Agronome – ENSAIA de Nancy**
- **1995 : DEA National de Science du Sol – Université de Nancy I**
- **2000 : Thèse de doctorat de l'Université de Nancy I**

Centre de Pédologie Biologique Nancy et Institut Français de Pondichéry en Inde

Les sols humifères des “Hautes Terres” du massif des Nilgiri en Inde du sud. Formation d'Andosols sur une ancienne couverture ferrallitique en relation avec les évolutions climatiques des derniers millénaires. Soutenue le 28 janvier 2000.

- **2000-2001 : Contrat de recherche Post-doctoral au Cemagref de Grenoble**
- **2001-2002 : Post-doc à l'INRA de Nancy-Champenoux – Equipe BEF**

Etude du rôle de la faune dans la dynamique de l'azote des litières.

- **Recrutement MCF à Poitiers en septembre 2002**

## ENSEIGNEMENT ET RESPONSABILITES

### Enseignement à temps complet depuis 2002

L1 – L3 – L3Pro - M 1 – M2

### Responsable

MST 2 Géotechnologie Environnementale (2002-2003)

Master 1 Géotechnologie Environnementale / Géomatériaux Eaux (2004-2007)

Master 1 Matériaux Naturels Eaux et Expertise Environnementale - MNE<sup>3</sup> (2008-2011)

UE Sciences du sols L3 TE – M1 MNE<sup>3</sup> – LIII Pro – Stages M1 MNE<sup>3</sup>



### Correspondant communication HydrASA 2002-2007

Membre du Conseil d'Administration de l'Association Française pour l'Etude du Sol  
(AFES - élu en janvier 2008)

Secrétaire Général de l'AFES (élu en septembre 2009)



## ENCADREMENT D'ETUDIANTS

### Co-encadrement de thèse

- **Fabien Hubert : 2005-2008.** Modélisation des diffractogrammes de minéraux argileux en assemblages complexes dans deux sols de climat tempéré. Implications minéralogique et pédologique. (Directeur D. Righi puis A. Meunier)
- **Rachel N'Toma : 2010-2013.** Caractérisations pétrologiques et physico-chimiques des parcelles expérimentales de l'IGAD dans les secteurs de Ntoum et de Nkan (GABON): interactions sols-eaux-plantes. (Directeur A. Meunier, co-directeur A. Edou Minko - Gabon)

### Etudiants encadrés lors d'un séjour à Poitiers pendant leur thèse

5 doctorants (D. Montagne, E. Lacarce, J. Célérier, F. Bétard, L. Mareschal)

### Etudiants de Licence et Master

<b>LIII</b>	3 étudiants
<b>Master 1</b>	10 étudiants dont 1 co-encadrement avec UFRGS à Porto Alegre (Brésil)
<b>Master 2</b>	2 étudiants

### Participation à 3 Jurys de thèse et 2 comités de pilotages

## PUBLICATIONS

### 14 Publications référencées Web of Science (7 dont 1er auteur et 7 co-auteur)

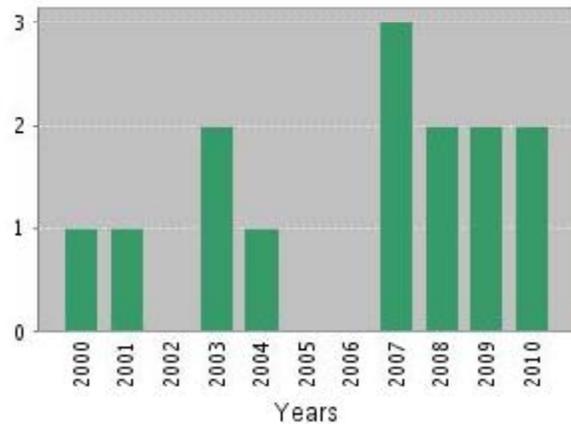
<b>Geoderma</b> – 5 Publications (1 en 1er auteur)	IF 2009 : 2.46
<b>European Journal of Soil Science</b> – 2 publications (1 en 1er auteur)	IF2009 : 2.13
<b>Quaternary Science Review</b> – 1 publication	IF 2009 : 4.24
<b>The Holocene</b> – 1 publication (1er auteur)	IF 2009 : 2.48
<b>Journal of Plant Nutrition and Soil Science</b> – 1 publication (1er auteur)	IF 2009 : 1.59
<b>Soil Biology and Biochemistry</b> – 1 publication (1er auteur)	IF 2009 : 2.98
<b>C. R. de l'Académie des Sciences, Série Ila</b> – 1 publication (1er auteur)	IF 2009 : 0.93
<b>Actualité chimique</b> – 1 publication	IF 2009 : 0.14
<b>Geological Society of India Memoir</b> – 1 publication (1er auteur) (pas dans WoS)	IF 2009 : 1.36

1 publication acceptée avec révisions : **European Journal of Soil Science**

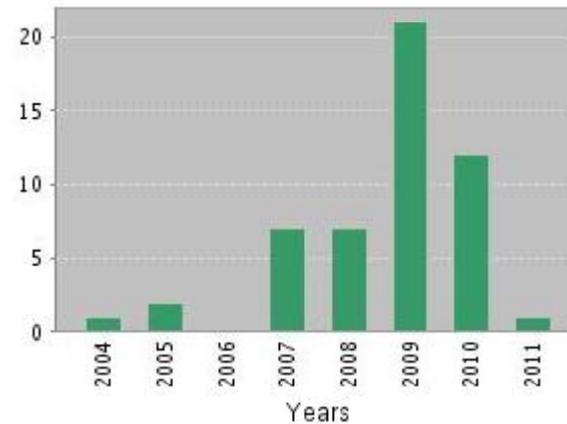
1 publication en review : **Communications in Soil Science and Plant Analysis**

## ANALYSE DES DONNEES BIBLIOMETRIQUES

**Published Items in Each Year**



**Citations in Each Year**



---

**Results found:** 14

---

**Sum of the Times Cited [?]:** 51

[View Citing Articles](#)  
[View without self-citations](#)

---

**Average Citations per Item [?]:** 3.64

---

**h-index [?]:** 5

---

REVUES AVEC FACTEURS D'IMPACTS CORRECTS DANS LA DISCIPLINE

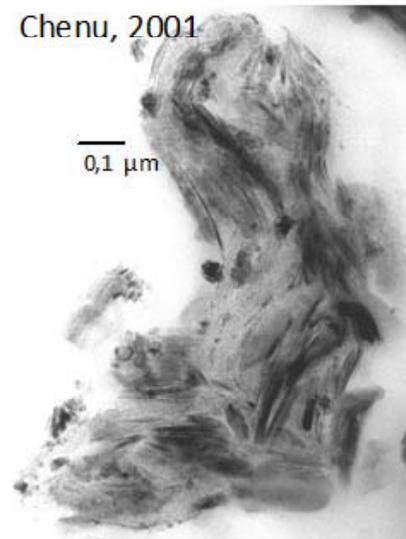
CITATIONS FAIBLES

POURQUOI ?

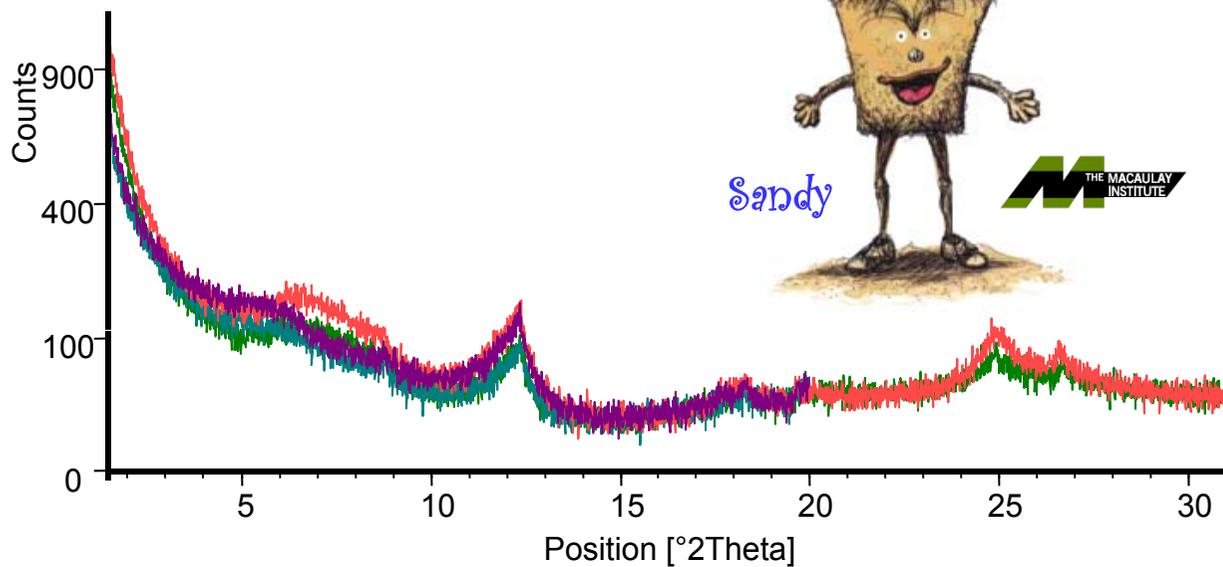
(Source Web of Science)



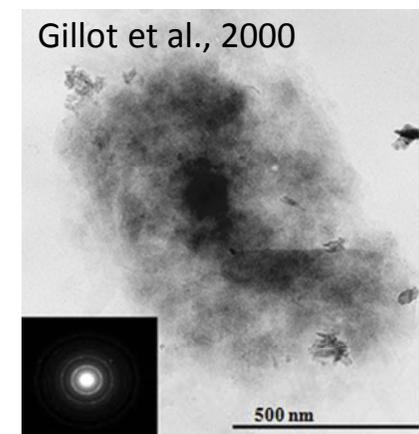
Chenu, 2001

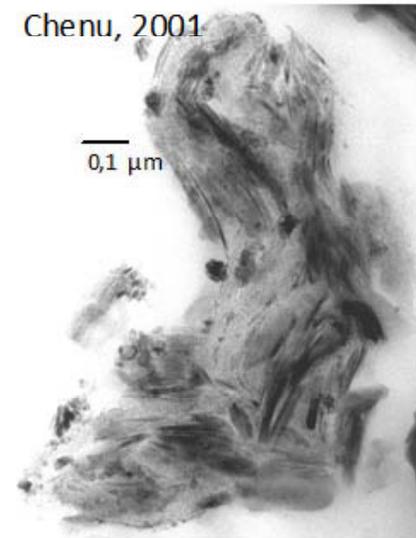


Soil or Dirt ?



Gillot et al., 2000

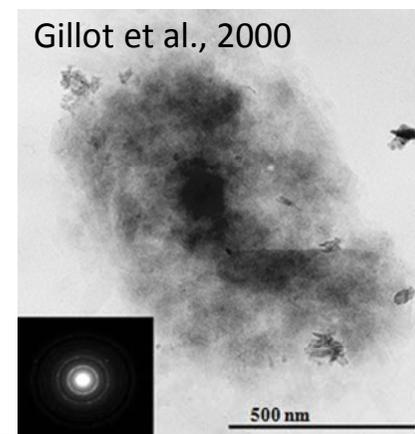
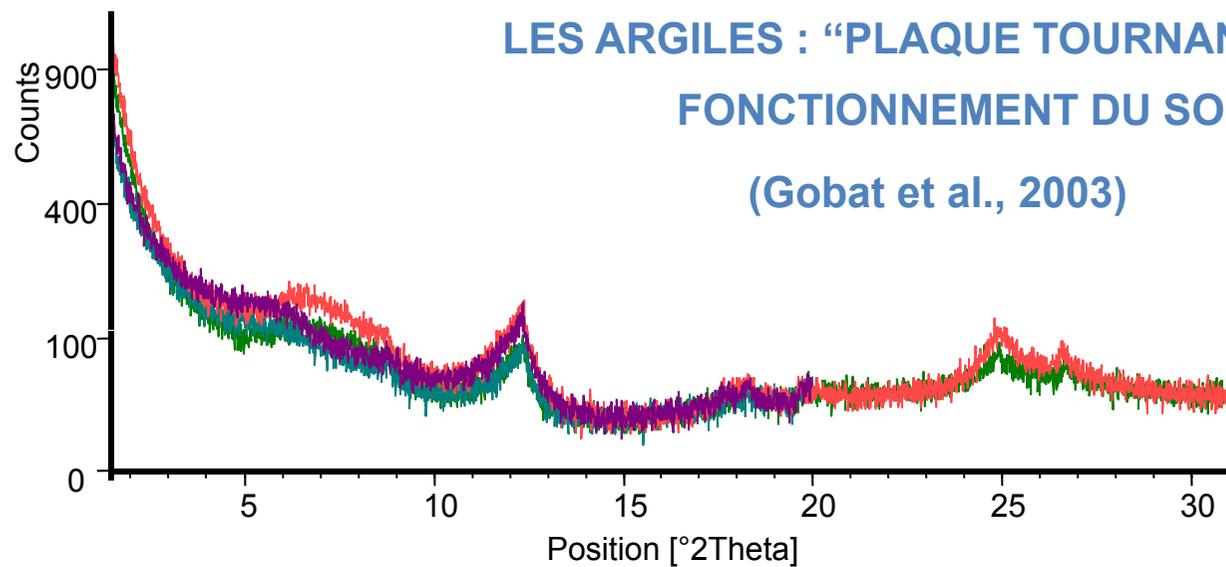




**POURTANT :**

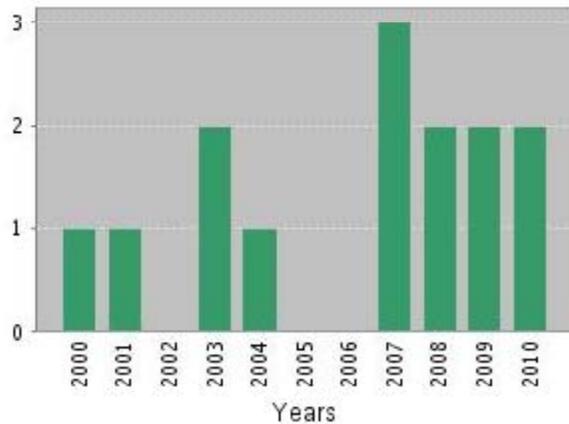
**LES ARGILES : “PLAQUE TOURNANTE DU  
FONCTIONNEMENT DU SOL”**

**(Gobat et al., 2003)**

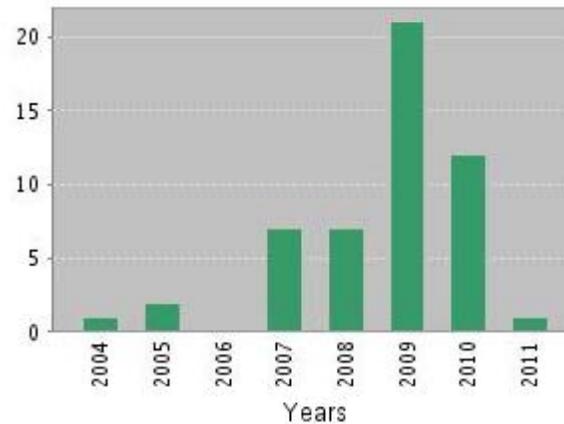


## ANALYSE DES DONNEES BIBLIOMETRIQUES

Published Items in Each Year



Citations in Each Year



Results found: 14

Sum of the Times Cited [?]: 51

[View Citing Articles](#)

[View without self-citations](#)

Average Citations per Item [?]: 3.64

h-index [?]: 5

REVUES AVEC IF CORRECTS DANS LA DISCIPLINE

CITATIONS FAIBLES

POURQUOI ?

THEMATIQUES PEU PORTEUSES / COMMAUNAUTE REDUITE

PUBLICATIONS RECENTES

(pertinence du facteur h)

(Source Web of Science)

## **LA MINERALOGIE DES SOLS A-T-ELLE UN AVENIR ?**

**OUI, MAIS L'ADAPTER A DES PROBLEMATIQUES APPLIQUEES**

**QUELS SONT LES ENJEUX ACTUELS POUR LA MINERALOGIE DES SOLS ?**

**PRECISER LE ROLE DES MINERAUX DANS LES FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES DES SOLS**

**PROPRIETES D'ECHANGE DES MINERAUX ARGILEUX**

**QUESTIONS SCIENTIFIQUES :**

SPECIFICITE DES MINERAUX ARGILEUX DES SOLS (Taille, CSDS, MO, Fe, ...)

IDENTIFICATION COMPLETE DES ASSEMBLAGES DE PHYLLOSILICATES DES SOLS

SEMI-QUANTIFICATION DE LEURS PROPORTIONS

## DEMARCHE COURAMMENT EMPLOYEE

EXTRACTION DE LA FRACTION ARGILEUSE (avec ou sans destruction MO)

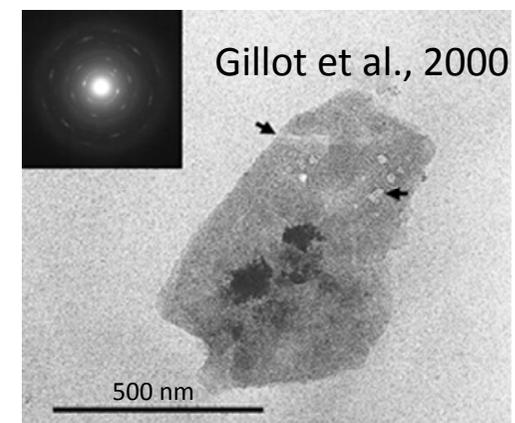
CARACTERISATION CHIMIQUE DE CETTE FRACTION (composition élémentaire, CEC, SSA)

DRX DE LAMES ORIENTEES ET DE POUDRES

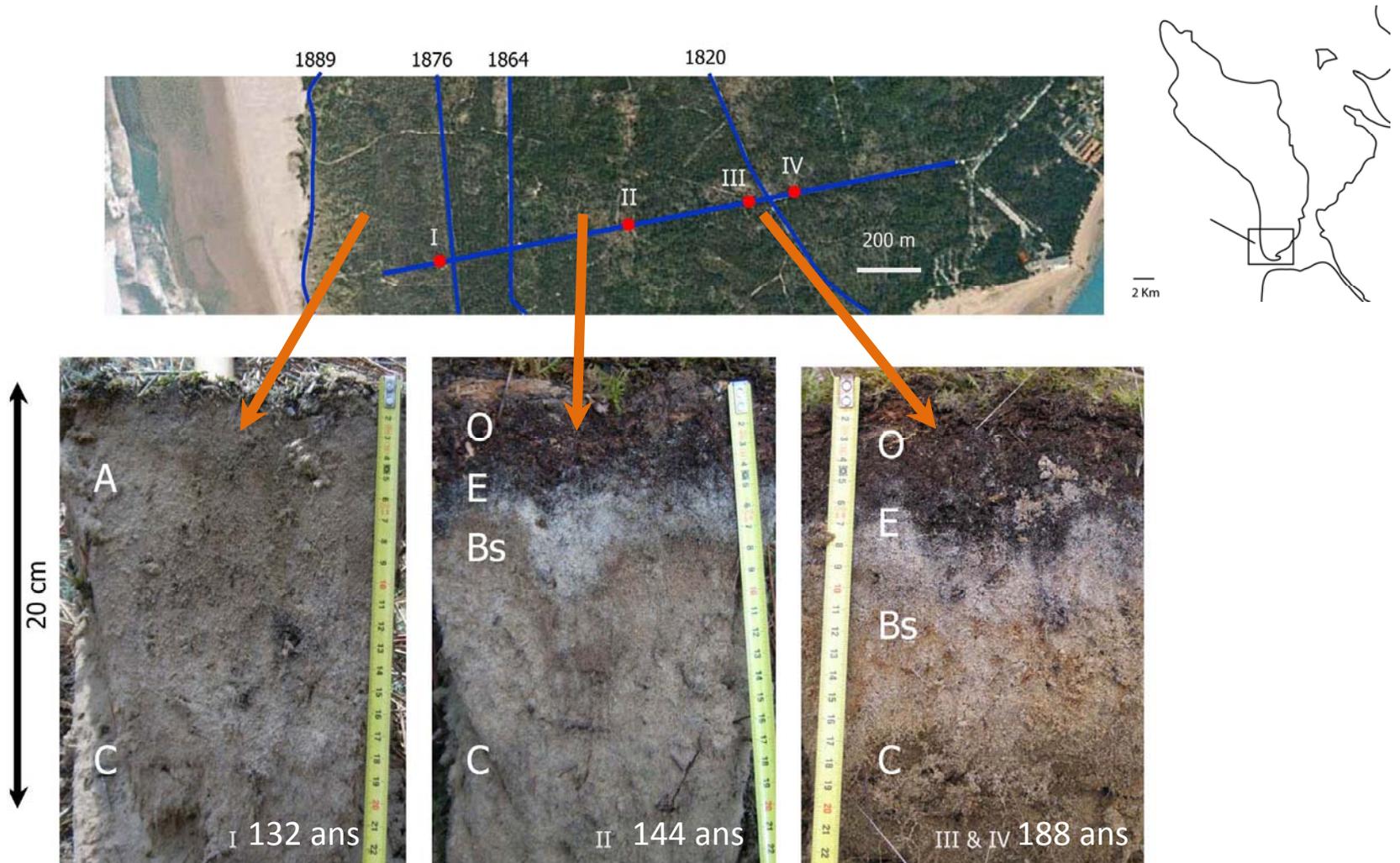
FRACTIONNEMENT 0,1 OU 0,2  $\mu\text{m}$

DECOMPOSITION DES DIFFRACTOGRAMMES (00 $l$  OU 060)

CALCULS AVEC NEWMOD © Reynolds

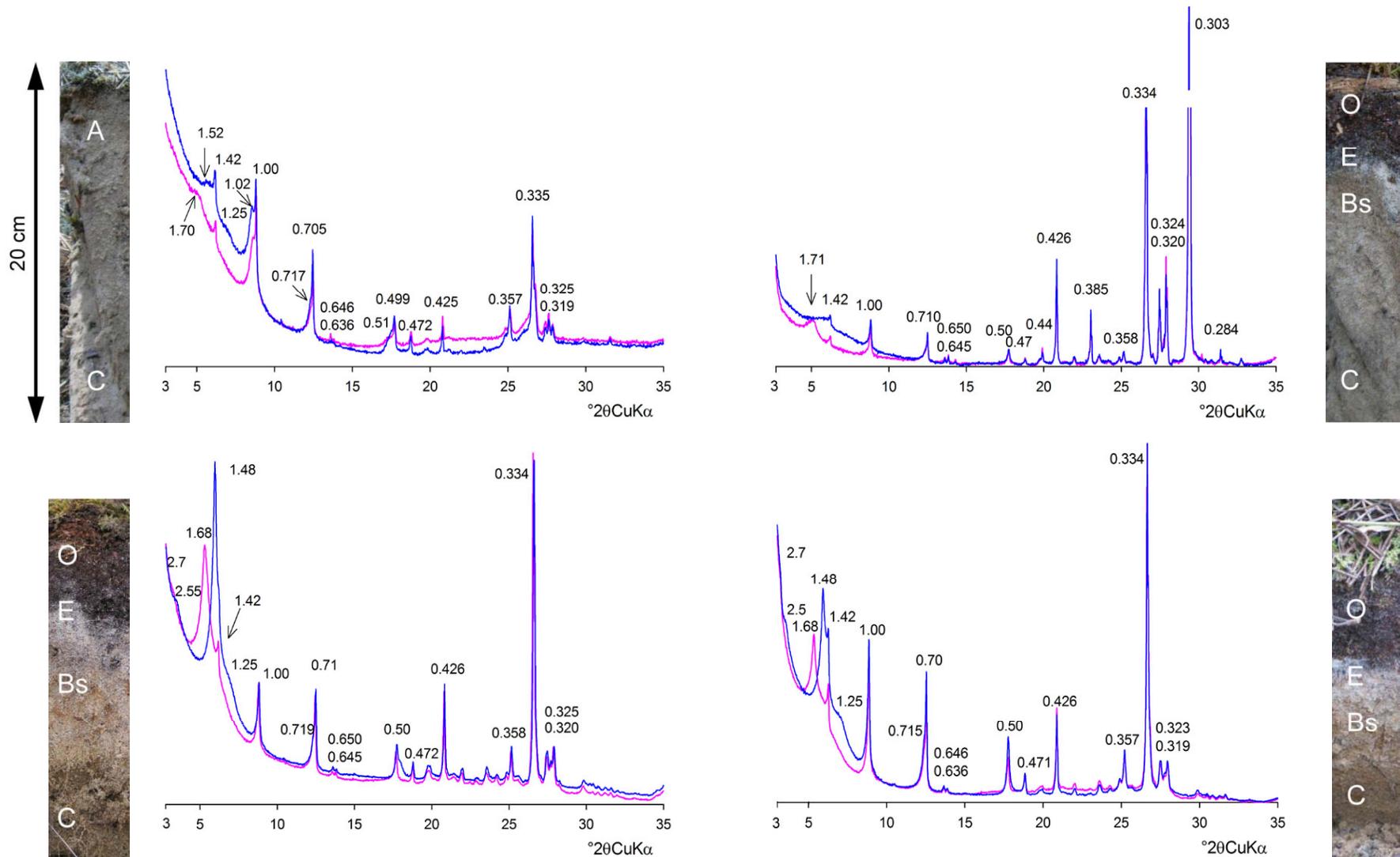


## EXEMPLE : CHRONOSEQUENCE DE SOLS PODZOLISES DE L'ILE D'OLERON



(Caner et al. 2010 JPNSS)

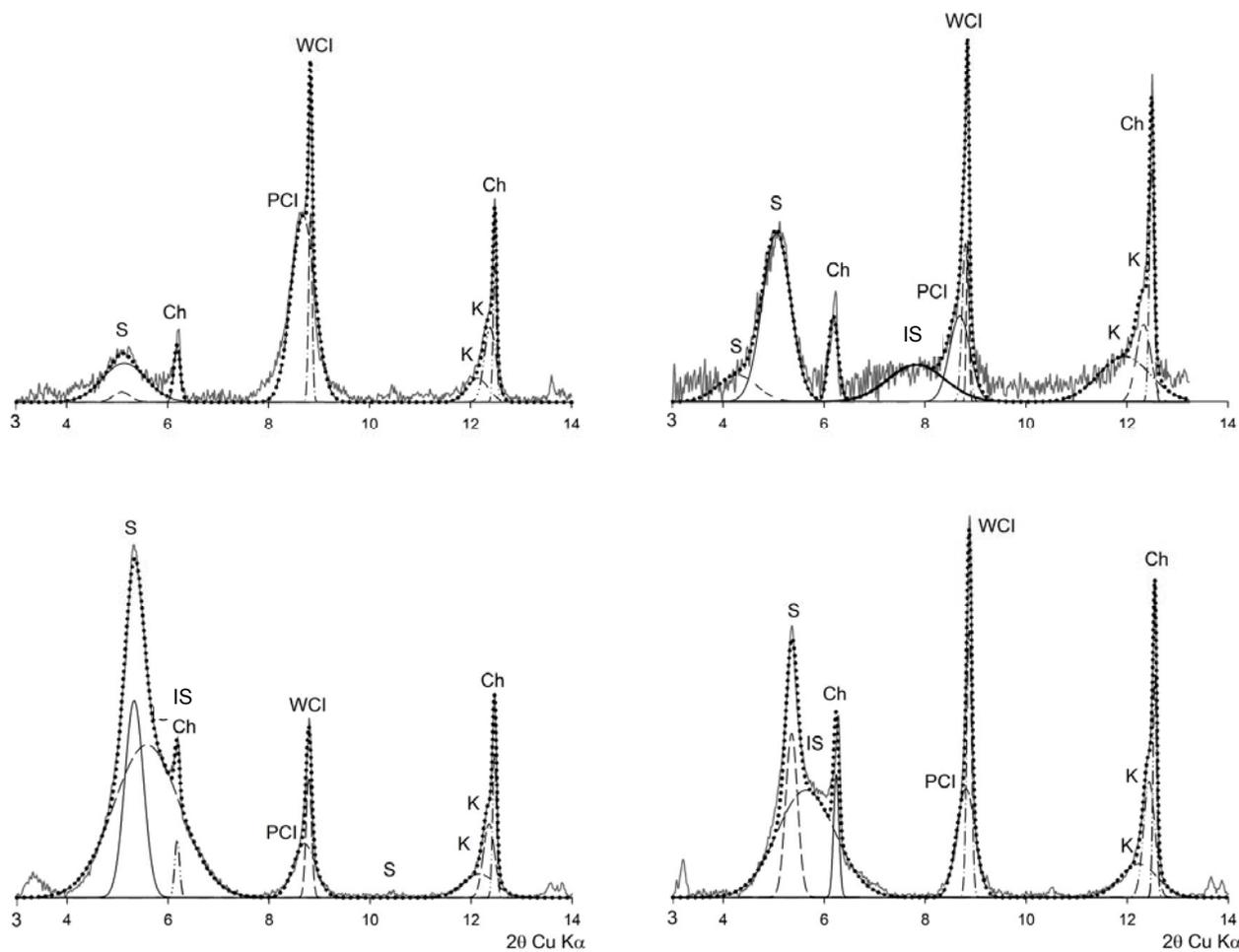
## EXEMPLE : CHRONOSEQUENCE DE SOLS PODZOLISES DE L'ILE D'OLERON



(Caner et al. 2010 JPNSS)

## EXEMPLE : CHRONOSEQUENCE DE SOLS PODZOLISES DE L'ILE D'OLERON

Décomposition des diffractogrammes EG



(Caner et al. 2010 JPSS)

## CONTRIBUTION DES DIFFERENTES ESPECES DANS L'INTENSITE DIFFRACTEE

Profil	Age matériau	pH eau	Chlorite	Illite (WCI)	Illite (PCI)	Illite/ Smectite	Smectite
I	132 ans	6,2	0,39	0,40	0,11	0	0,10
II	144 ans	5,1	0,46	0,12	0,12	0,06	0,24
II	144 ans	5,2	0,21	0,09	0,10	0,26	0,34
IV	188 ans	4,3	0,35	0,14	0,16	0,14	0,21

Chlorite : ± stable

Illite PCI → Illite/smectite → smectite

Illite WCI → Illite/smectite R1 → smectite

Cas favorable pour l'application de la décomposition

(Caner et al. 2010 JPNSS)

## LIMITES DE LA DECOMPOSITION SUR LES ECHANTILLONS DE SOLS

IDENTIFICATION DES ESPECES A FAIBLES CSDS DIFFICILE

ESPECES SIMPLES

SURTOUT ESPECES INTERSTRATIFIEES

### ESPECES MAJORITAIRES ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

→ DIFFICILE DE METTRE EN EVIDENCE DES TRANSFORMATIONS FAIBLES

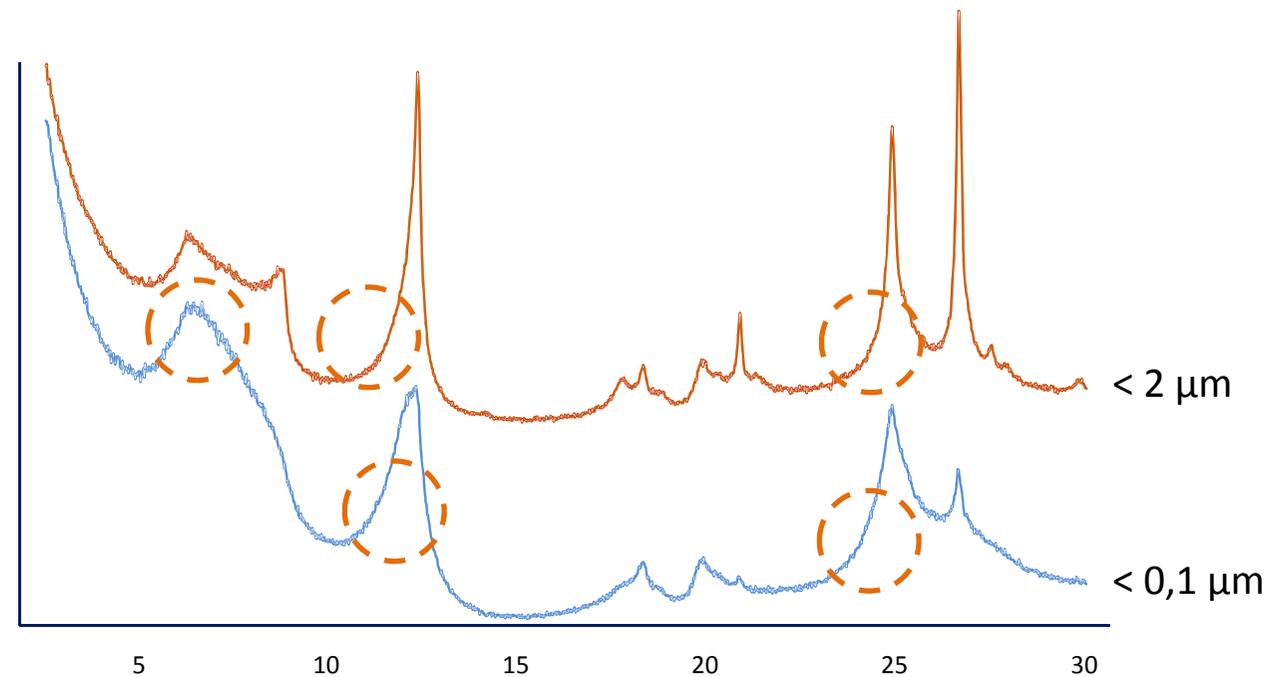
→ IMPOSSIBLE DE LES « QUANTIFIER »

### QUE PROPOSER POUR AMELIORER LEUR CARACTERISATION ?

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Position des raies et intensité : **insuffisant**

Information importante : **profil de diffraction**



DRX de particules collectées dans un drain

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Position des raies et intensité : **insuffisant**

Information importante : **profil de diffraction**

Pour avoir accès à cette information :

**Ajustement du diffractogramme expérimental complet avec un DRX 'modélisé'  
obtenu avec des logiciels de calculs de profils de raies 00ℓ**

Calcul avec Newmod

Premiers essais non concluants avec MLM – Plançon

Accès à Sybilla © CHEVRON en 2006

Adaptation de cette méthode issue de la diagenèse aux sols : Thèse de Fabien Hubert (2008)

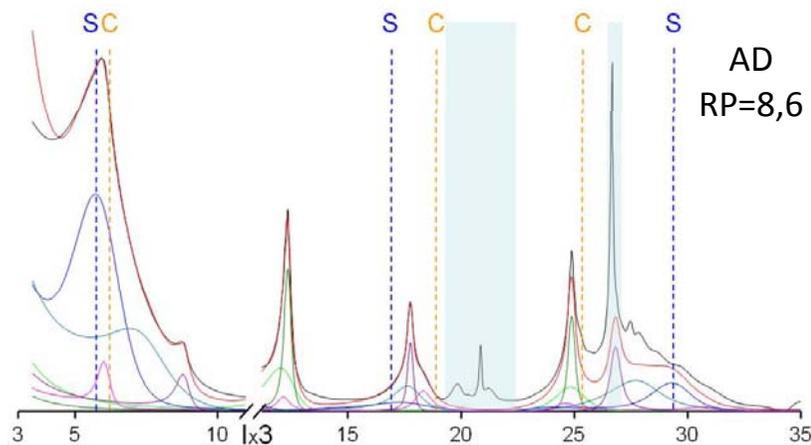
## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Modélisation de la fraction < 2 µm du BT du Neo-Luvisol du site des Closeaux de l'INRA de Versailles

Echantillon sec à l'air et EG

Modélisation par essai/erreur

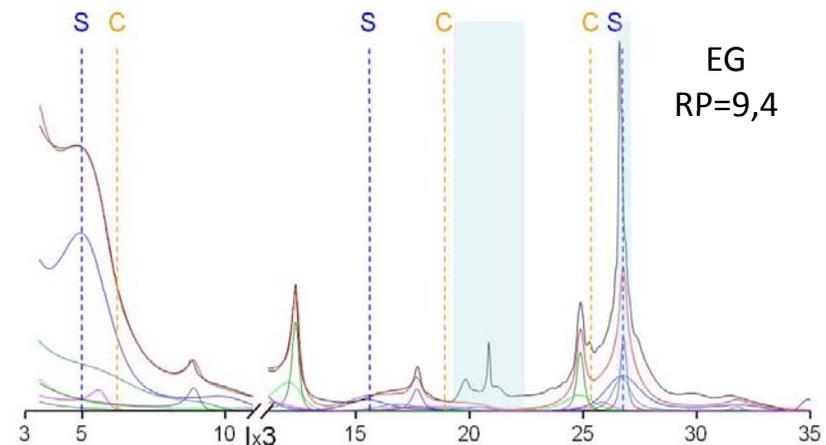
Etablissement d'un modèle minéralogique satisfaisant en AD et en EG



**Kaolinite (K<sup>W</sup>) N = 19**

**Illite (I) N = 17**

**Illite/smectite (MLM I/S R0 63/37) N=6**



**Kaolinite (K<sup>B</sup>) N = 5**

**Smectite (Sm) N = 3**

**Chlorite/smectite (MLM C/S R0 52/48) N = 8**

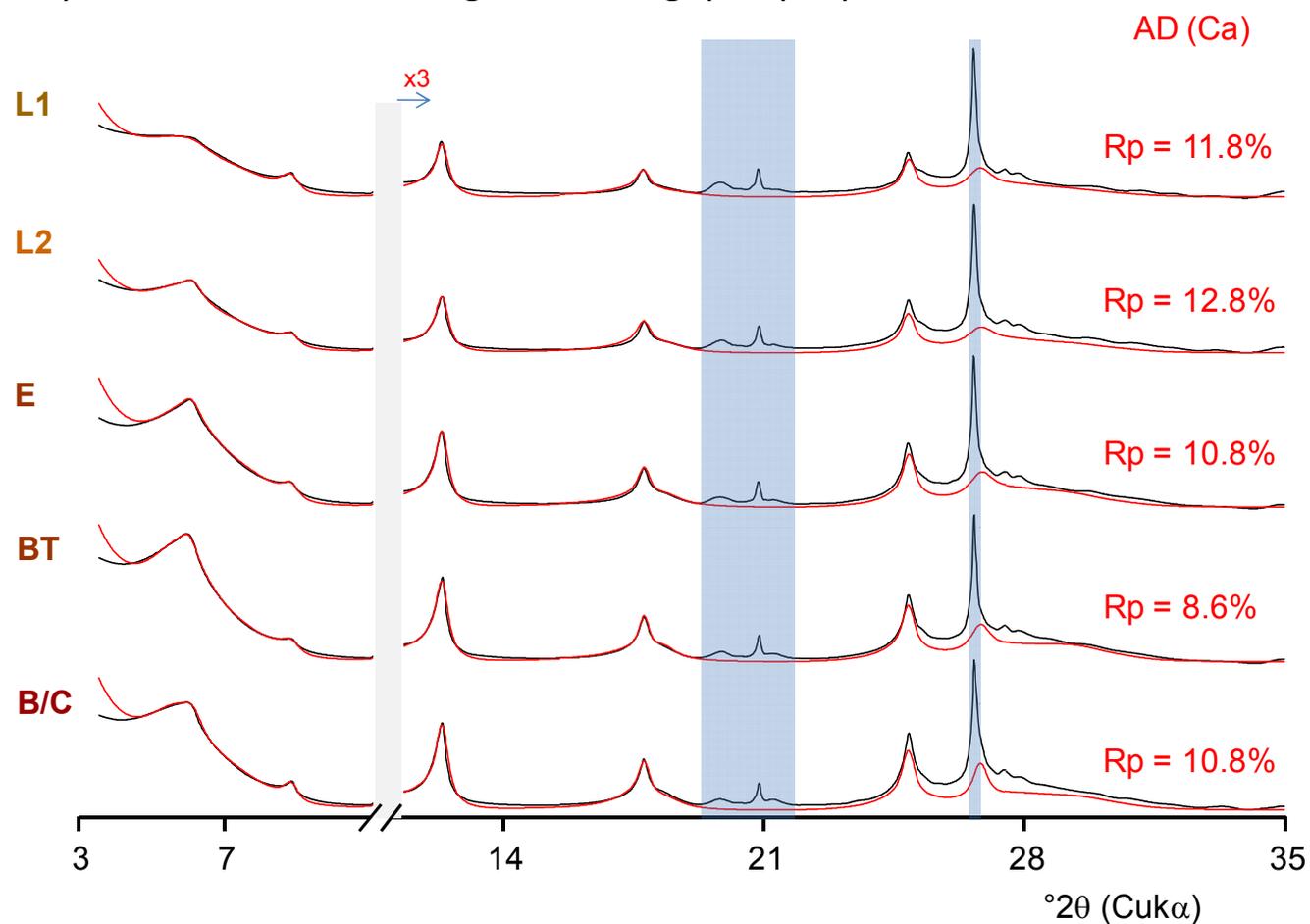
**6 espèces minérales dont 3 interstratifiées**

**(Hubert et al. 2009 EJSS)**

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Modélisation de la fraction  $< 2 \mu\text{m}$  du BT du Neo-Luvisol du site des Closeaux de l'INRA de Versailles

Emploi du même assemblage minéralogique que pour l'horizon BT

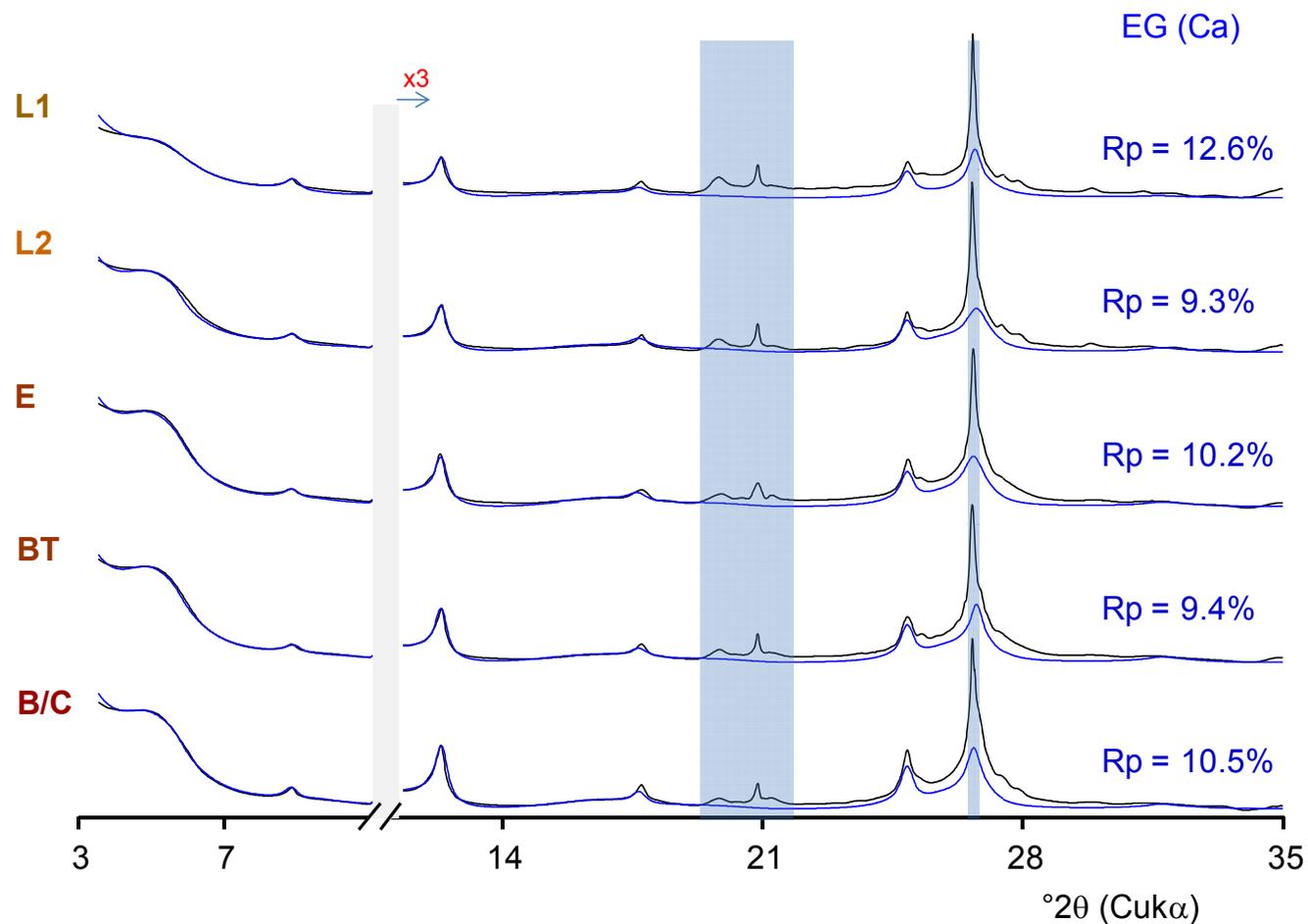


(Hubert et al. 2009 EJSS)

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Modélisation de la fraction < 2  $\mu\text{m}$  du BT du Neo-Luvisol du site des Closeaux de l'INRA de Versailles

Emploi du même assemblage minéralogique que pour l'horizon BT



(Hubert et al. 2009 EJSS)

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Quelles sont les données maintenant accessibles ?

Paramètres structuraux des minéraux employés

Espèce	Horizon	L1	E	BT
	CSDS	18	18	18
Illite	I/S2w	98/2	97/3	97/3
	I/S2g	98/2	97/3	97/3
kaolinite	CSDS	20	20	20
kaolinite	CSDS	6	6	6
smectite	CSDS	3	3	3
	S1w/S2w	33/67	47/53	36/64
	S1g/S2g	21/79	17/83	24/76
Illite/smectite (R0)	CSDS	9	6	6
	I/S1w/S2w	63/6/31	63/11/26	63/13/24
	I/S1g/S2g	57/13/30	63/3/34	63/8/29
chlorite/smectite (R0)	CSDS	9	6	6
	Ch/S1w/S2w	62/13/25	52/6/42	52/2/46
	Ch/S1g/S2g	62/0/38	52/6/42	52/0/48

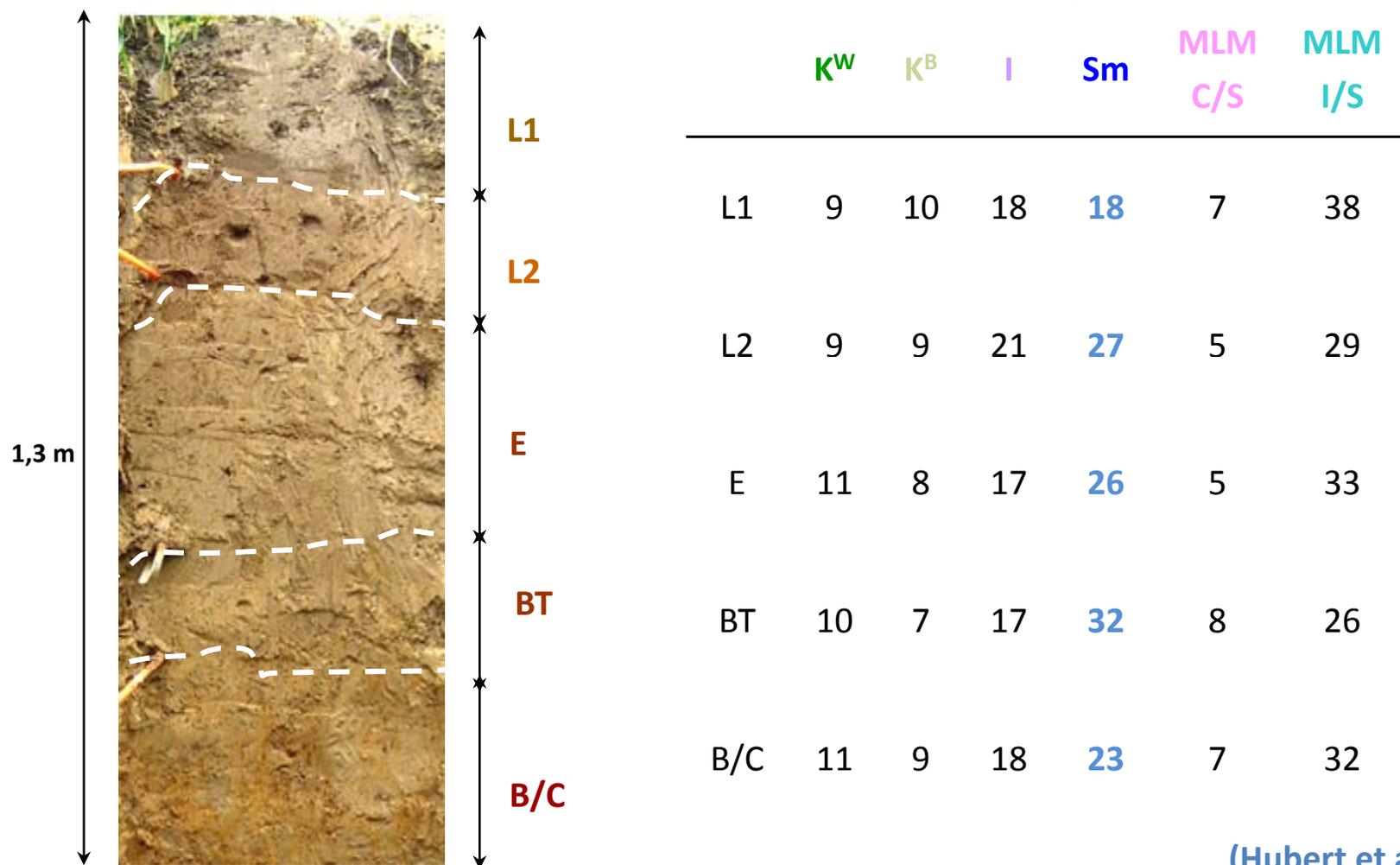
Homogénéité de l'assemblage minéralogique pour le profil

(Hubert et al. 2009 EJSS)

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

Quelles sont les données maintenant accessibles ?

Proportions relatives des différents phyllosilicates de l'assemblage complexe



(Hubert et al. 2009 EJSS)

## MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE À HYDRASA DEPUIS 2005

### QUELS SONT LES APPORTS DE LA MODELISATION DES DRX ?

Description détaillée de l'assemblage minéralogique de la fraction  $< 2 \mu\text{m}$

Modèle structural utilisable pour la réactivité des espèces minérales

Proportions des différents phyllosilicates de l'assemblage minéralogique

### QUELLES SONT LES LIMITES ?

Temps de traitement des données / Accessibilité des logiciels

Pas une méthode de routine

Unicité du modèle proposé

Confrontation des résultats avec d'autres méthodes

### BILAN

**Cela constitue cependant une réelle avancée dans la description de l'assemblage  
des minéraux argileux des sols**

## COMMENT JUSTIFIER LE MODELE MINERALOGIQUE EMPLOYE ?

**UNE DEMARCHE POSSIBLE :**

### FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMETRIQUE QUANTITATIF

**REDUIRE L'HETEROGENEITE DE LA FRACTION  $< 2 \mu\text{m}$**

**Extraction  $< 2 \mu\text{m}$**

**Extraction infra-micrométrique quantitative par épuisement avec prétraitements si nécessaire**

**( $< 0,05 \mu\text{m}$  –  $0,05-0,1 \mu\text{m}$  –  $0,1-0,2 \mu\text{m}$  –  $0,2-2 \mu\text{m}$ )**

**DRX des sous fractions**

**Analyses complémentaires (MET, FTIR, CHIMIE, ...)**

**Modélisation DRX sur les fractions les plus fines**

**Reconstruction de la fraction  $< 2 \mu\text{m}$**

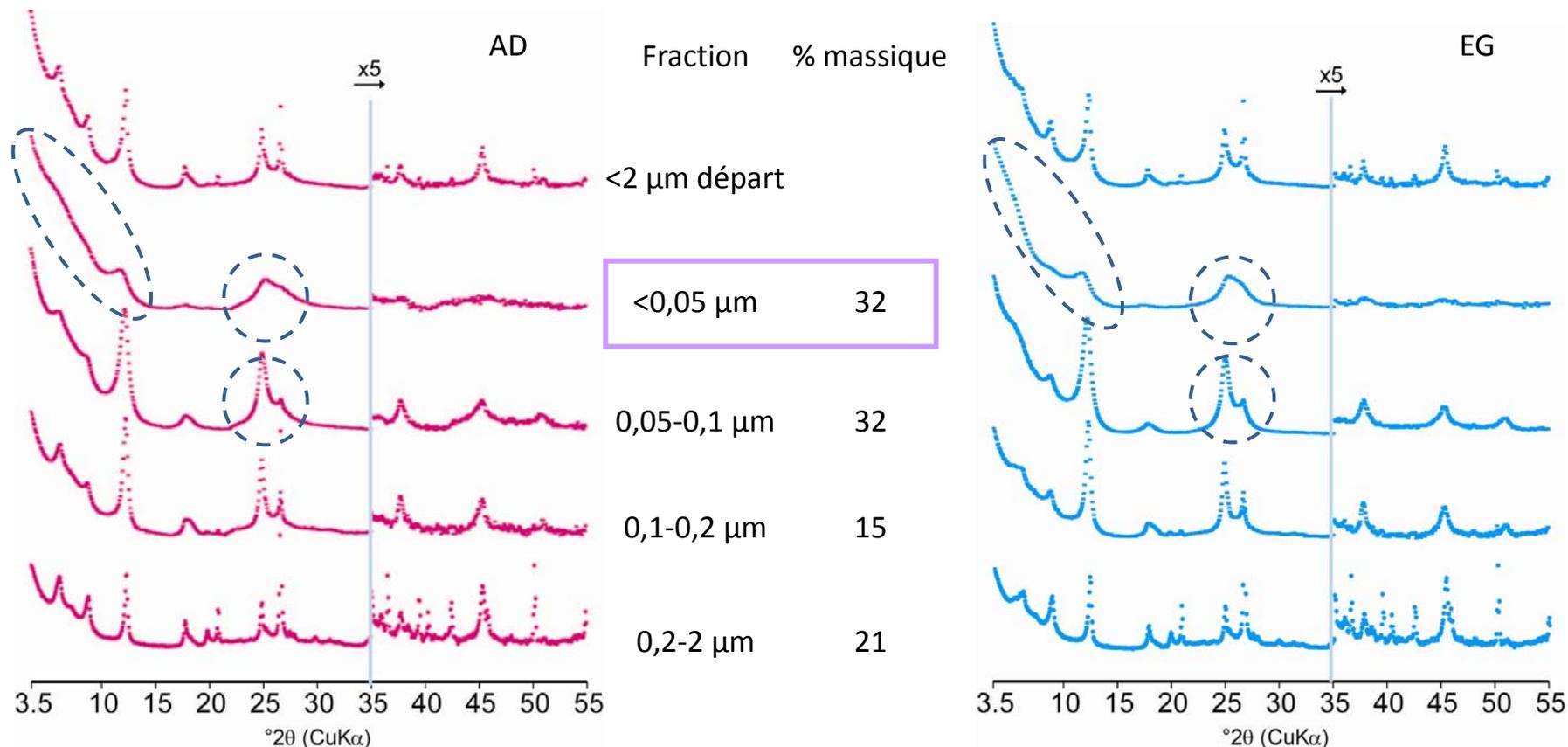
## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

Exemple : Préciser la pédogenèse du brunisol sur ancienne altérite du site ORE de l'INRA de Lusignan (échantillon Hz SFe)



## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

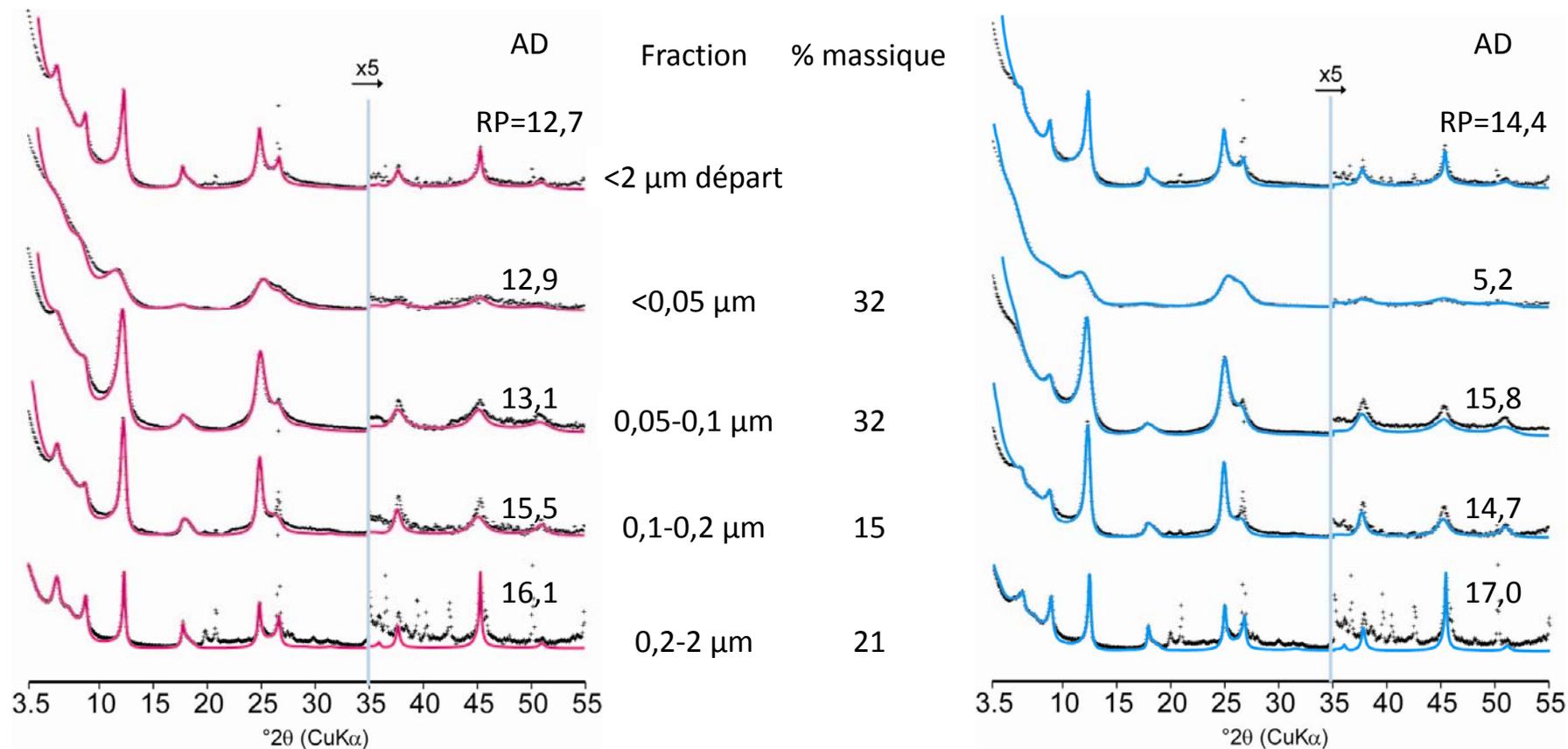
Exemple : Préciser la pédogenèse du brunisol sur ancienne altérite du site ORE de l'INRA de Lusignan (échantillon Hz SFe)



(Hubert *et al.* 2010 ACMS – à soumettre à American Mineralogist)

## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

Exemple : Préciser la pédogenèse du brunisol sur ancienne altérite du site ORE de l'INRA de Lusignan (échantillon Hz SFe)



(Hubert *et al.* 2010 ACMS – à soumettre à American Mineralogist)

## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

Quelles sont les espèces identifiées et employées ?

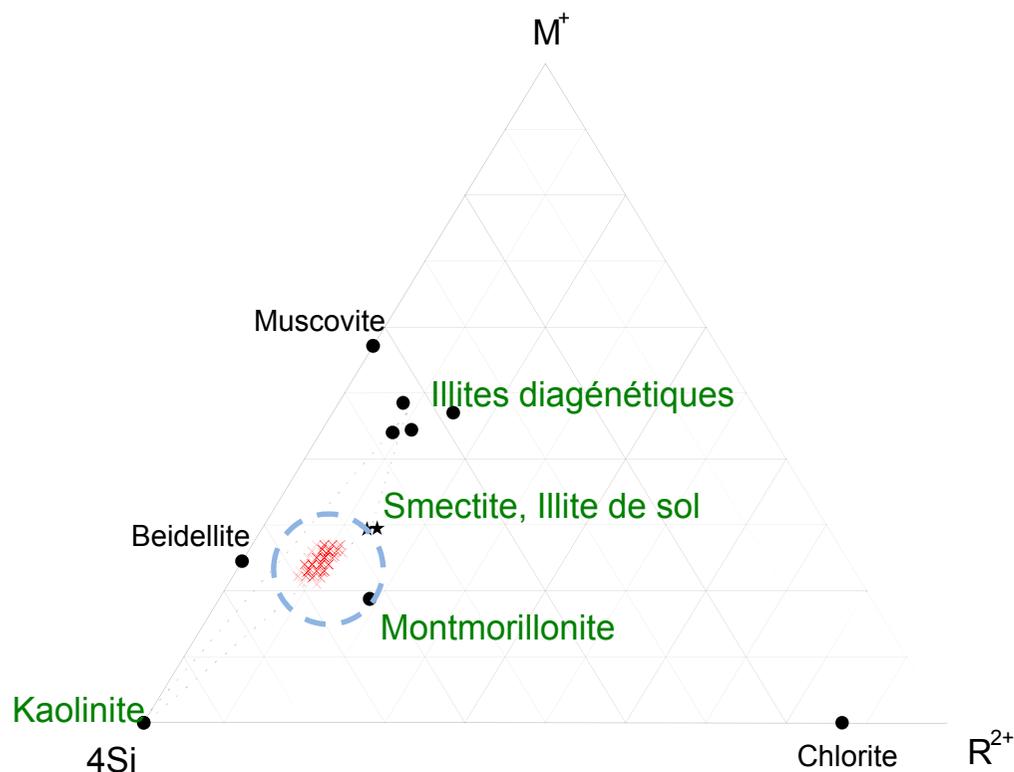
Fraction % massique	<0,05 $\mu\text{m}$		0,05-0,1 $\mu\text{m}$		0,1-0,2 $\mu\text{m}$		0,2-2 $\mu\text{m}$		>2 $\mu\text{m}$ départ	
	AD	EG	AD	EG	AD	EG	AD	EG	AD	EG
Chlorite	-	-	-	-	<5	<5	6	5	<5	<5
Kaolinite	-	-	-	-	-	-	16	16	<5	<5
Illite/chlorite R0	-	-	<5	<5	5	7	18	20	8	9
Kaolinite/illite R0	-	-	35	37	33	37	7	9	23	24
Illite/smectite/chlorite R0	-	-	18	14	21	18	19	16	16	16
Illite/smectite/chlorite R0	18	18	14	15	15	12	20	19	14	11
Illite/smectite R0	11	12	6	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Kaolinite/illite R1s	71	70	23	26	19	19	11	11	28	32
<b>Rp (%)</b>	<b>12,9</b>	<b>5,2</b>	<b>13,1</b>	<b>15,8</b>	<b>15,5</b>	<b>14,7</b>	<b>16,1</b>	<b>17,0</b>	<b>12,7</b>	<b>14,4</b>

6 des 8 espèces employées sont des interstratifiées

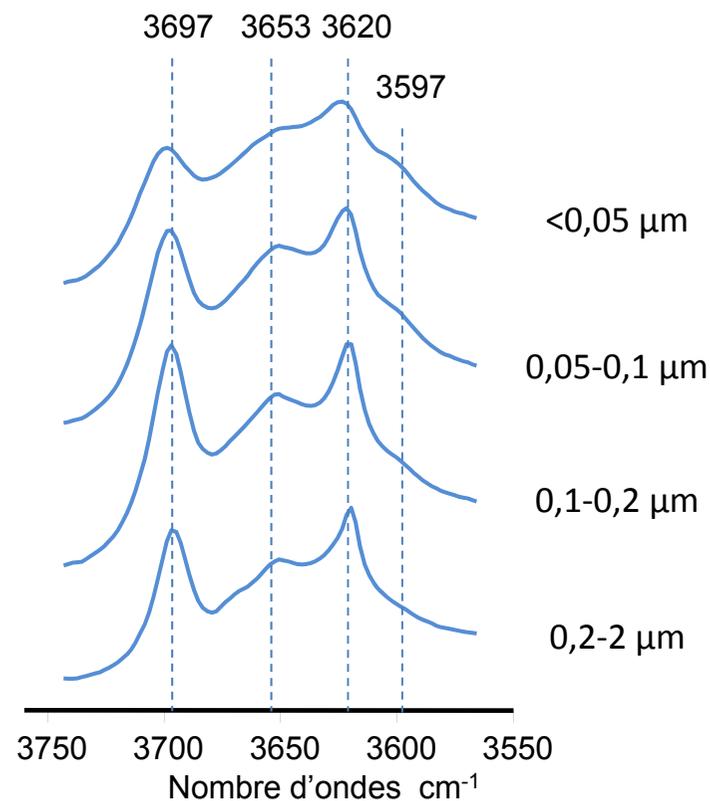
(Hubert *et al.* 2010 ACMS – à soumettre à American Mineralogist)

## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

Comment justifier les espèces employées ?



Analyse chimique élémentaire de la fraction  $< 0,05 \mu m$  à la microsonde

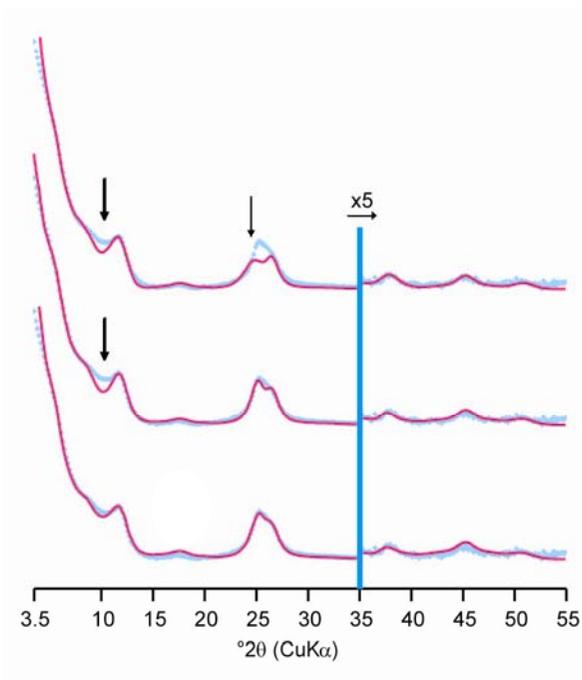


Spectres infrarouges des fractions granulométriques

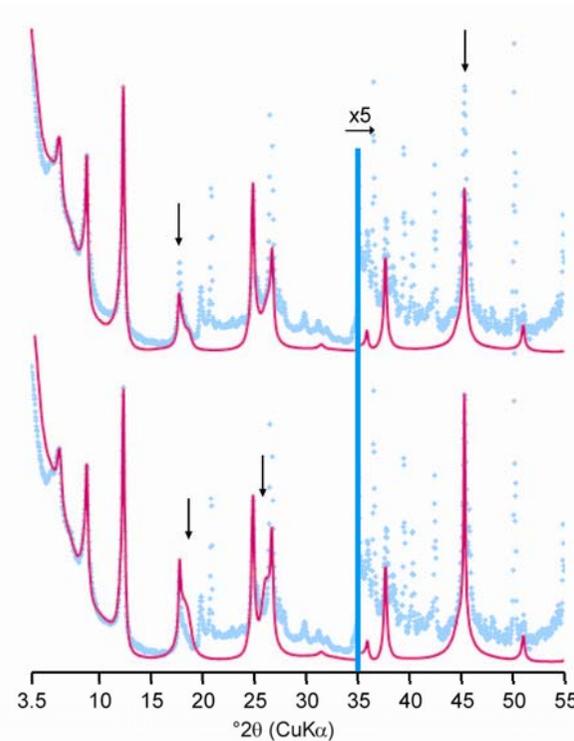
## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

Comment justifier les espèces employées ?

Modification des paramètres des espèces employées



Fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$



Fraction  $< 0,2-2 \mu\text{m}$

## FRACTIONNEMENT INFRA-MICROMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS

Comment justifier les espèces employées ?

Reconstruction de la fraction < 2 µm à partir du % de chacune des fractions

$$\text{Fraction} < 2 \mu\text{m} = 0,32 \times f. <0,05 + 0,32 \times f. 0,05-0,1 + 0,16 \times f. 0,01-0,2 + 0,21 \times f. 0,2-2$$

Fraction	AD			EG		
	< 2µm modélisé	< 2 µm calculé	différence	< 2µm modélisé	< 2 µm calculé	différence
Kaolinite/illite R1s	28	35	+7	32	36	+4
Illite/smectite R0	<5	7	<5	<5	7	<5
Illite/smectite/chlorite R0	14	17	+3	11	16	+5
Illite/smectite/chlorite R0	16	13	-3	16	11	-5
Illite/chlorite R0	8	6	+2	9	6	-3
Kaolinite/Illite R0	23	18	-5	24	19	-5
Kaolinite	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Chlorite	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Rp (%)			25			22

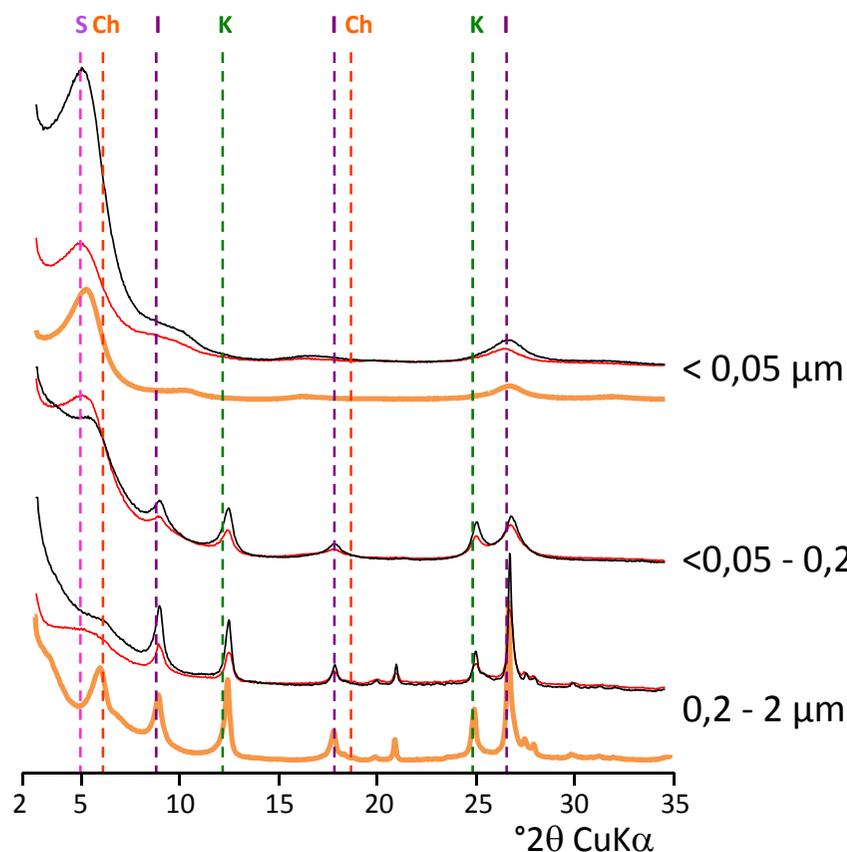
Pour chacune des espèces l'erreur est inférieure à 7 %

Erreurs les plus grandes pour les espèces des fractions les plus fines

## INTÉRÊT DE CETTE APPROCHE POUR DES PROBLÉMATIQUES APPLIQUÉES

**Exemple :** Stabilisation de la MO dans les fractions argileuses des horizons de surface de deux sols à minéralogie contrastée (Collaborations SRSN Poitiers - Bioemco Grignon)

Horizon L1 du Neo-Luvisol de Versailles



— Disp Na  
— Disp H<sub>2</sub>O  
— Ss MO

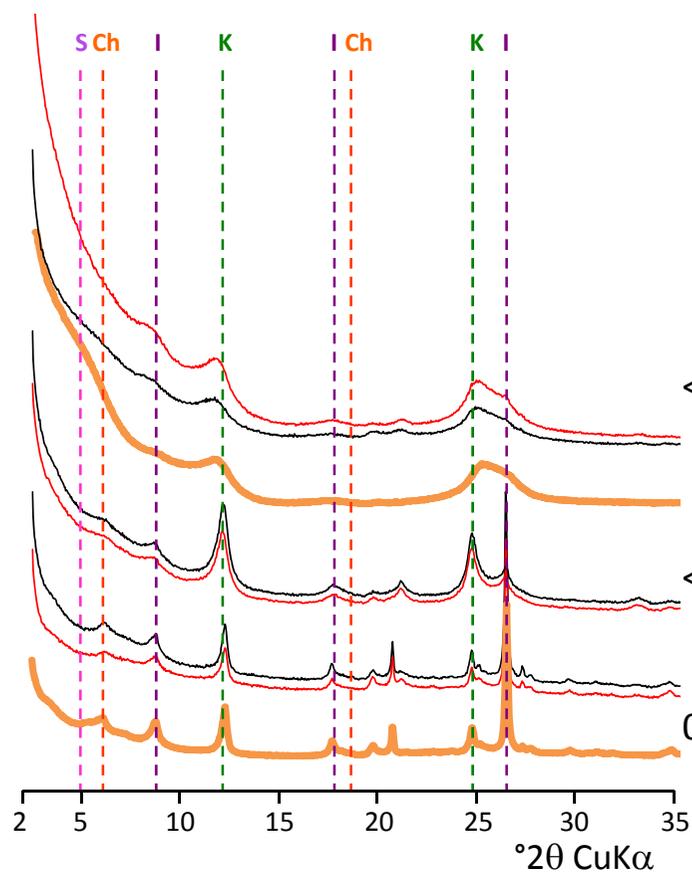
% massique		Corg (mg.g <sup>-1</sup> )		% du COT du sol	
H <sub>2</sub> O	NaCl	H <sub>2</sub> O	NaCl	H <sub>2</sub> O	NaCl
8	15	32.5	35.0	8.0	16
36	38	23.8	32.5	24	36
56	47	44.7	35.6	69	49

(Caner et al. 2010 WCSS)

## INTÉRÊT DE CETTE APPROCHE POUR DES PROBLÉMATIQUES APPLIQUÉES

**Exemple :** Stabilisation de la MO dans les fractions argileuses des horizons de surface de deux sols à minéralogie contrastée (Collaborations SRSN Poitiers - Bioemco Grignon)

Horizon L1 du Brunisol de Lusignan



— Disp Na  
— Disp H<sub>2</sub>O  
— Ss MO

% massique		Corg (mg.g <sup>-1</sup> )		% du COT du sol	
H <sub>2</sub> O	NaCl	H <sub>2</sub> O	NaCl	H <sub>2</sub> O	NaCl
17	35	45.4	44.9	23	46
39	33	27.7	31.2	33	30
44	32	32.9	26.3	44	24

(Caner et al. 2010 WCSS)

## INTÉRÊT DE CETTE APPROCHE POUR DES PROBLÉMATIQUES APPLIQUÉES

**Exemple :** Stabilisation de la MO dans les fractions argileuses des horizons de surface de deux sols à minéralogie contrastée (Collaborations SRSN Poitiers - Bioemco Grignon)

- Corg fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Brunisol  $>$  Corg fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Neo-Luvisol

fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Brunisol: **minéraux argileux 1:1**

fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Neo-Luvisol : **minéraux 2:1 expansibles**

► **Quel est le rôle des oxy-hydroxydes de fer ?**

*Fe CBD sol (g/kg) : Neo-Luvisol : 6,3 / Brunisol : 23,1*

## INTÉRÊT DE CETTE APPROCHE POUR DES PROBLÉMATIQUES APPLIQUÉES

**Exemple :** Stabilisation de la MO dans les fractions argileuses des horizons de surface de deux sols à minéralogie contrastée (Collaborations SRSN Poitiers - Bioemco Grignon)

- Corg fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Cambisol  $>$  Corg fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Neo-Luvisol

fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Cambisol : **minéraux argileux 1:1**

fraction  $< 0,05 \mu\text{m}$  Neo-Luvisol : **minéraux 2:1 expansibles**

► **Quel est le rôle des oxy-hydroxydes de fer ?**

*Fe CBD sol (g/kg) : Neo-Luvisol : 6,3 / Cambisol : 23,1*

- Dispersion Na Neo-Luvisol : forte augmentation des minéraux 2:1 expansibles  
pas d'augmentation de la teneur en carbone organique

► **Les minéraux 2:1 expansibles ont la même teneur en Corg**

*Est-ce que ces minéraux sont saturés par la matière organique ?*

- Teneur en Corg de la fraction  $0,2-2 \mu\text{m}$  plus élevée si minéraux 2:1 expansibles

► **impact des minéraux 2:1 expansibles sur la micro-agrégation ?**

Projet EC2CO soumis par P. Barré sur agrégation



Projet scientifique

## PROJET SCIENTIFIQUE

### ETUDE DES EVOLUTIONS MINERALES DANS LES SOLS

#### EXEMPLE DES SOLS FORESTIERS ACIDES

### ETUDE DES STADES INITIAUX DE L'ALTERATION

ALTERATION DES MINERAUX PRIMAIRES ET

DEVELOPPEMENT DE LA POROSITE ASSOCIEE

## POURQUOI LES SOLS FORESTIERS ACIDES ?

Sols acides à intrants très faibles

Nutriments disponibles pour les plantes : **Altération et cycles biogéochimiques**



## POURQUOI LES SOLS FORESTIERS ACIDES ?

Sols acides à intrants très faibles

Nutriments disponibles pour les plantes : **Altération et cycles biogéochimiques**

**Les argiles : rôle déterminant dans les cycles biogéochimiques**

**= source et réservoir de nutriments**

**Altération des minéraux primaires**

**Evolution des propriétés d'échange des minéraux**

**Dynamique de l'aluminium et du potassium**

**Rôle primordial des minéraux 2:1 expansibles (HIV , HIS & S)**

Cinétiques d'altération ?

Transformation minérales en fonction du temps et/ou des espèces forestières ?

Vitesses de transformations ?

## COMMENT MIEUX IDENTIFIER ET CARACTERISER CES ESPECES EXPANSIBLES COMPLEXES ?

### ECHANTILLONS NATURELS

**Appliquer la méthode de fractionnement infra-micrométrique et modélisation**

### EXPERIMENTAL

**Synthèse de minéraux argileux plus ou moins hydroxylés**

**altération vermiculite en milieu acide**

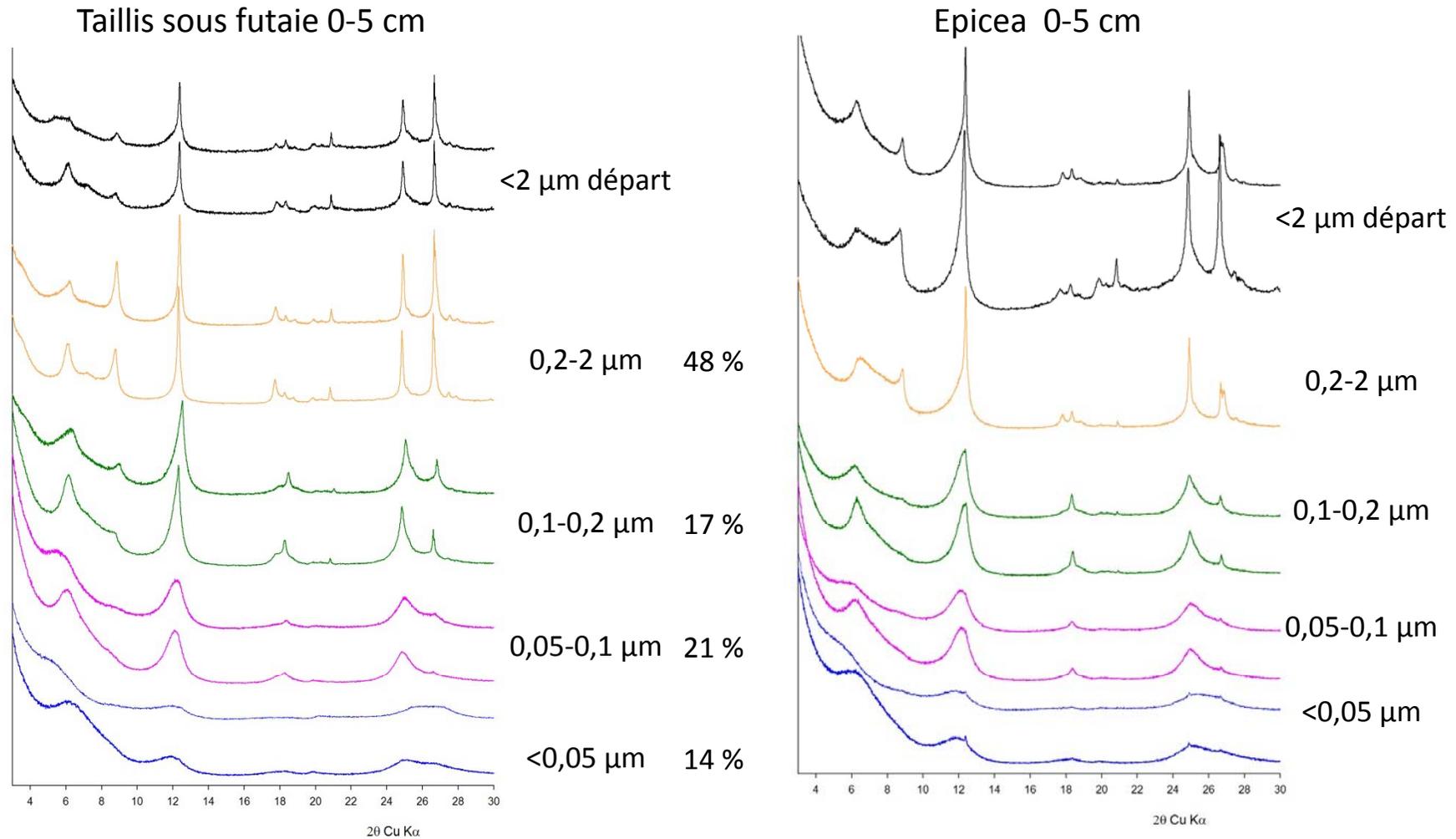
**altération chlorites**

**aluminisation de smectites**

### CONCEPTS

**Structures de ces minéraux (interstratification complexe, Al interfoliaire)**

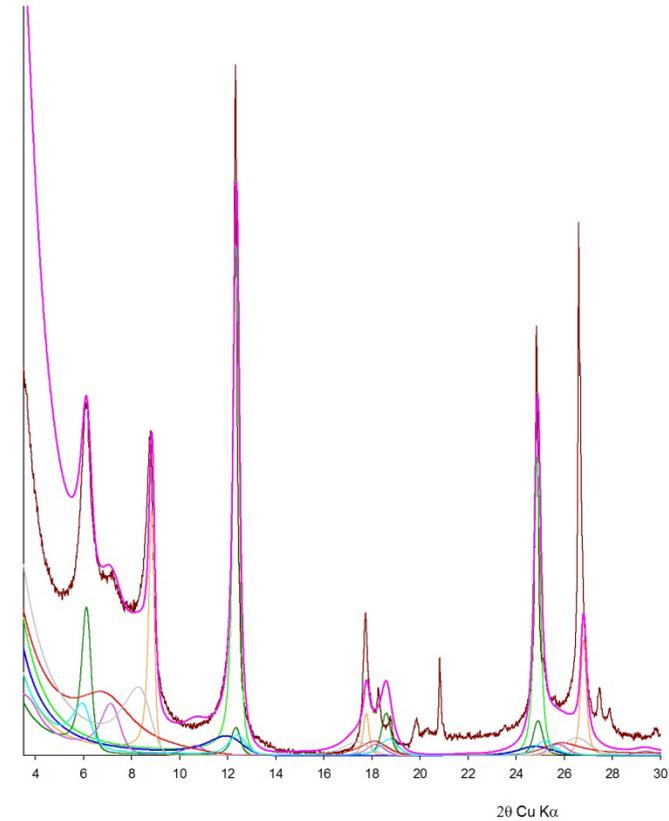
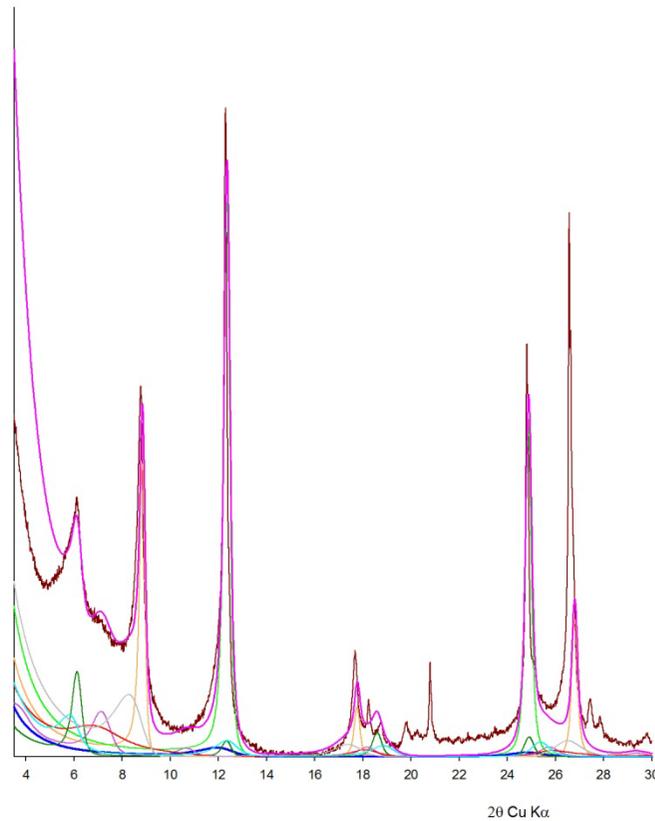
## COMMENT MIEUX IDENTIFIER ET CARACTERISER CES ESPECES EXPANSIBLES COMPLEXES ?



(Master 1 Mossler, 2010)

## COMMENT MIEUX IDENTIFIER ET CARACTERISER CES ESPECES EXPANSIBLES COMPLEXES ?

PREMIERS RESULTATS DE MODELISATION DE LA FRACTION 0,2-2  $\mu\text{m}$



- |                    |                   |                                    |                                 |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| — Expérimental     | — Kaolinite N = 5 | — Chlorite N = 8                   | — Illite/Chlorite p 65/35 N = 4 |
| — Fit              | — Illite N = 20   | — Chlorite/smectite R0 90/10 N = 5 |                                 |
| — Kaolinite N = 24 | — Illite N = 5    | — Illite/Chloritep R1 60/40 N = 10 |                                 |



Projet scientifique

## PROJET SCIENTIFIQUE

### ETUDE DES TRANSFORMATION MINERALES DANS LES SOLS

EXEMPLE DES SOLS FORESTIERS ACIDES

### ETUDE DES STADES INITIAUX DE L'ALTERATION

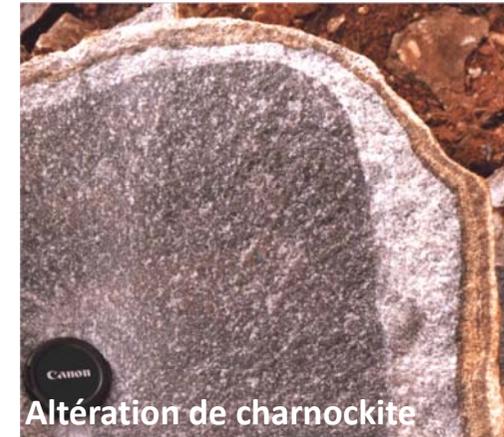
**ALTERATION DES MINERAUX PRIMAIRES ET**

**DEVELOPPEMENT DE LA POROSITE ASSOCIEE**

## POURQUOI LES STADES INITIAUX DE L'ALTERATION ?

Comprendre les processus d'altération pour comprendre l'évolution du sol

- Processus d'altération des roches
- Evolution liée aux changements climatiques
- Dégradations liées aux activités humaines



Processus d'altération à l'interface  
roche/roche altérée/sol

## POURQUOI LES STADES INITIAUX DE L'ALTERATION ?

Coupler deux approches développées à HydrASA

- Caractérisation détaillée des minéraux argileux des sols et des altérations
- Pétrographie quantitative des roches cristallines peu altérées

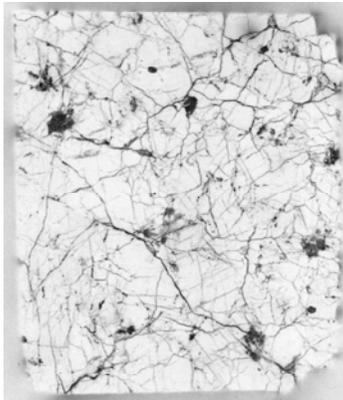
### Le développement de la porosité : rôle déterminant dans l'altération des roches

**Compréhension des processus d'altération**

**Localisation des 'hot spots' dans un profil d'altération**

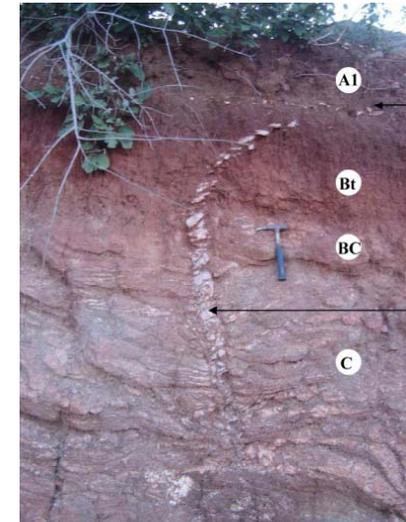
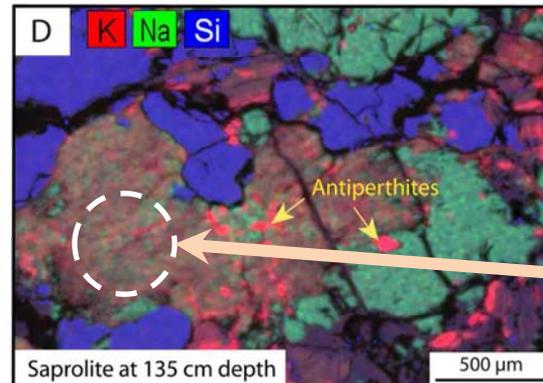
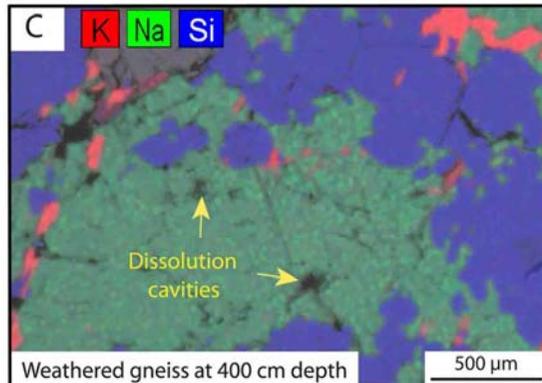
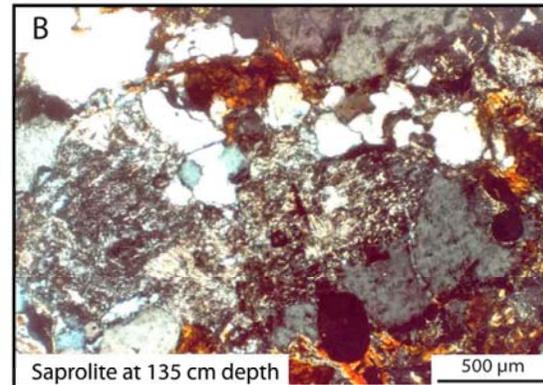
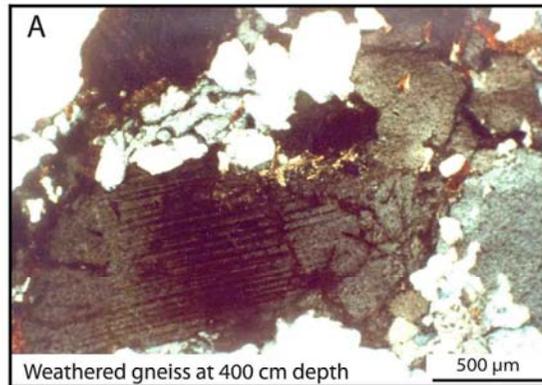
**Bilans d'altération de certains minéraux**

**Estimation des vitesses d'altération**

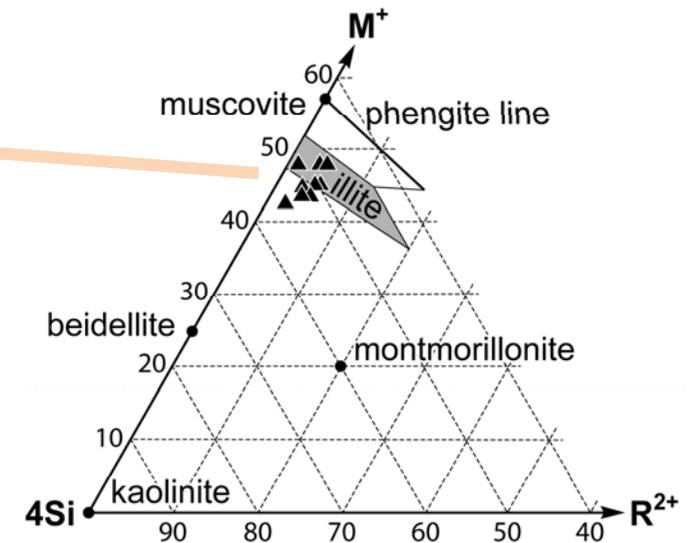


**COMPRENDRE LA DURABILITE DES PROPRIETES MAJEURES DES SOLS**  
(rétention d'eau et des nutriments)

## CARACTERISATION PETROGRAPHIQUE DES ALTERATIONS

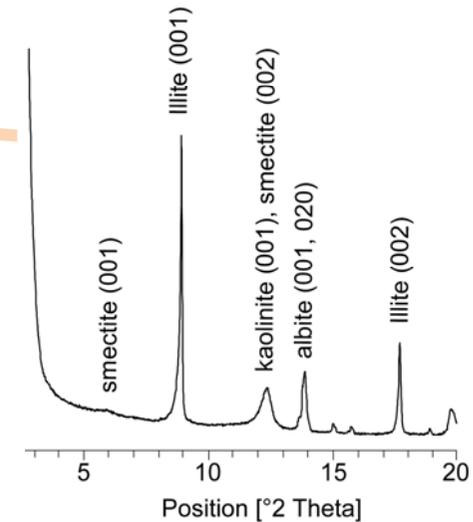
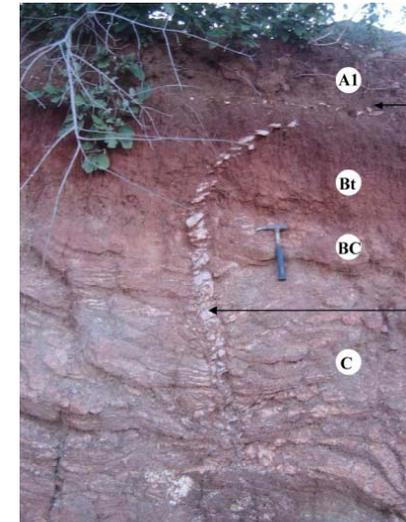
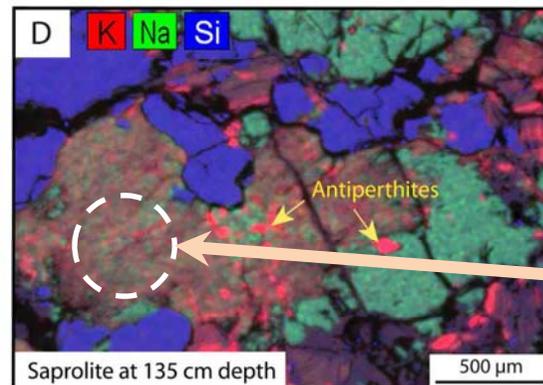
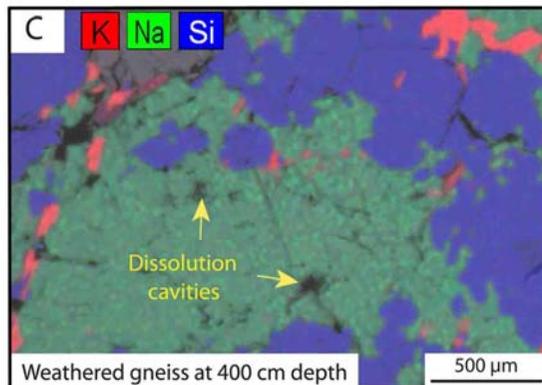
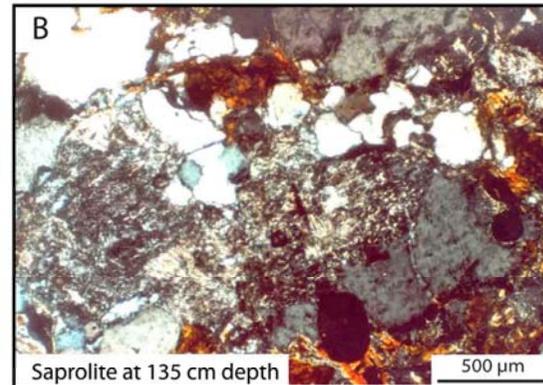
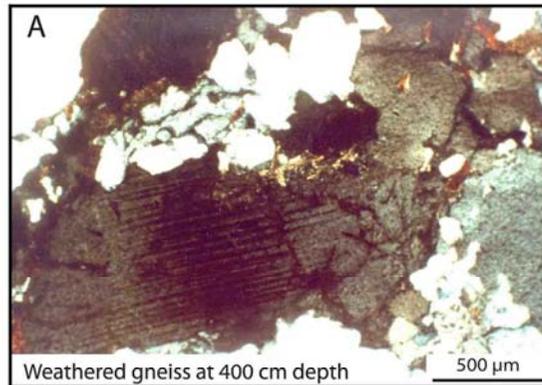


Altération de gneiss (Brésil)



(Bétard et al. 2007 – Geoderma)

## CARACTERISATION PETROGRAPHIQUE DES ALTERATIONS

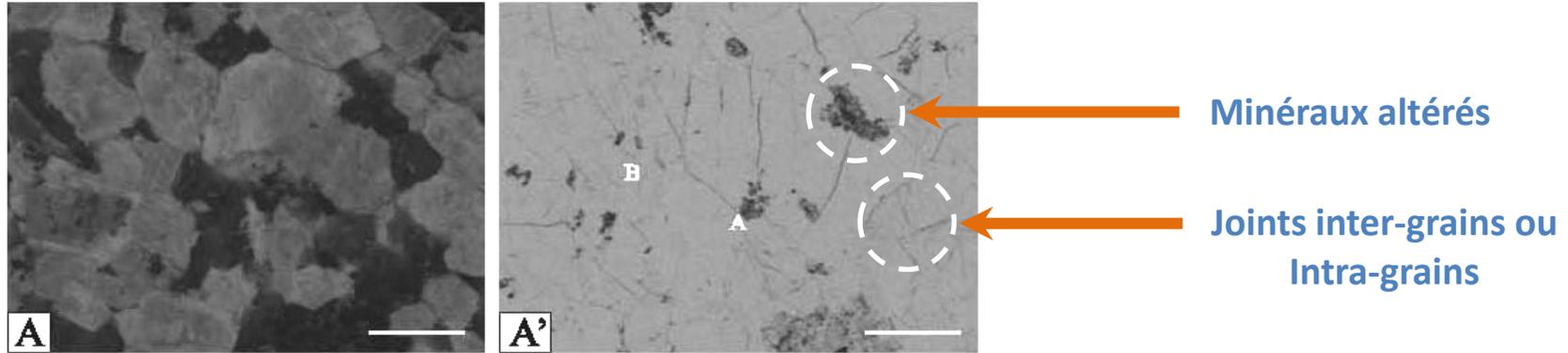


Caractérisation des paragenèses minérales  
→ Processus d'altération

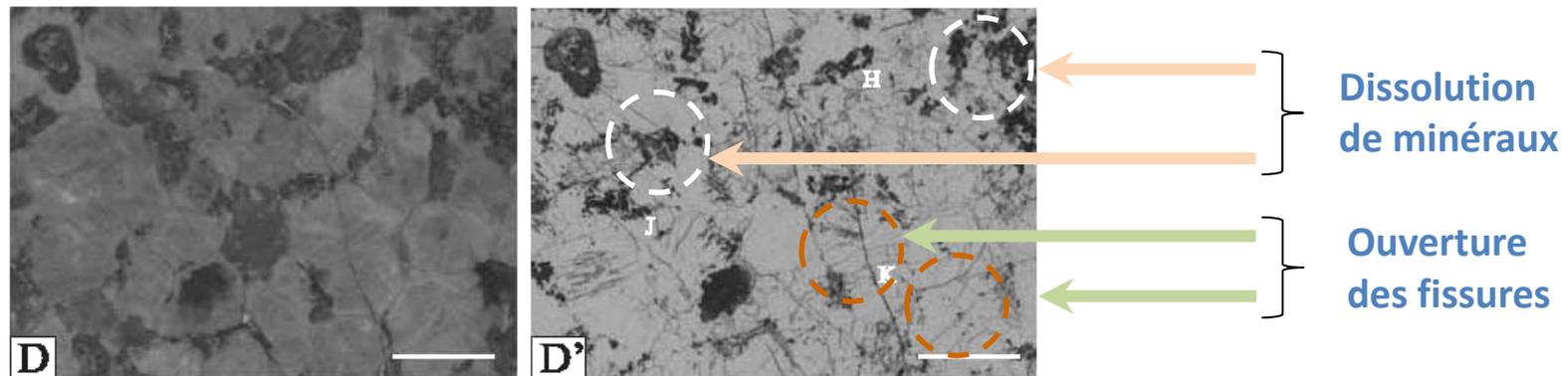
(Bétard et al. 2007 – Geoderma)

## CARACTERISATION DE LA POROSITE FISSURALE ET DES MINERAUX AU COURS DE L'ALTERATION

Roche non altérée



Roche altérée (altération propylitique)

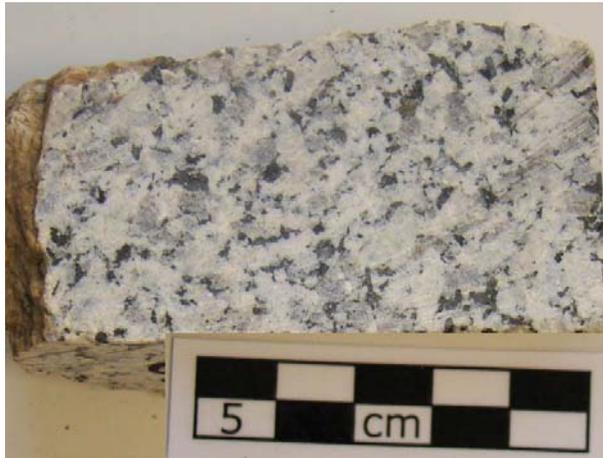


Autoradiographie  $^{14}\text{C}$  PMMA de granites (Brésil)

(d'après Bongiolo et al., 2007 - AABC)

## CARACTERISATION DE LA POROSITE FISSURALE ET DES MINERAUX AU COURS DE L'ALTERATION

Exemple : Granodiorite des Bishop Creek moraines (Californie R. C. Graham)



$\phi = 2,9\%$  – 15.2 Kyr



$\phi = 5,3\%$  – 120 Kyr



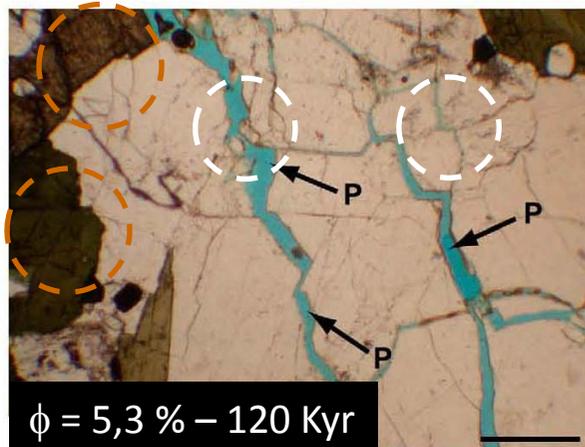
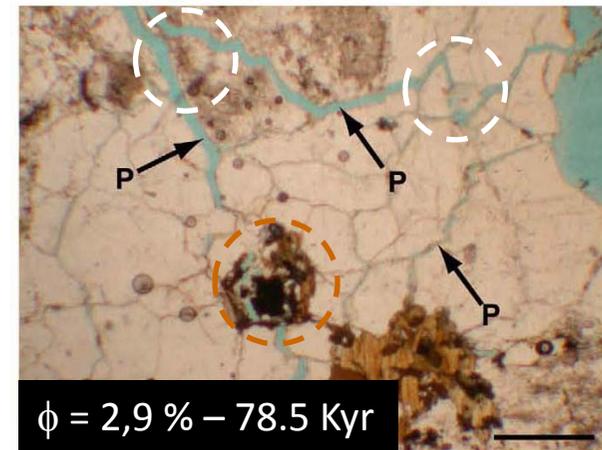
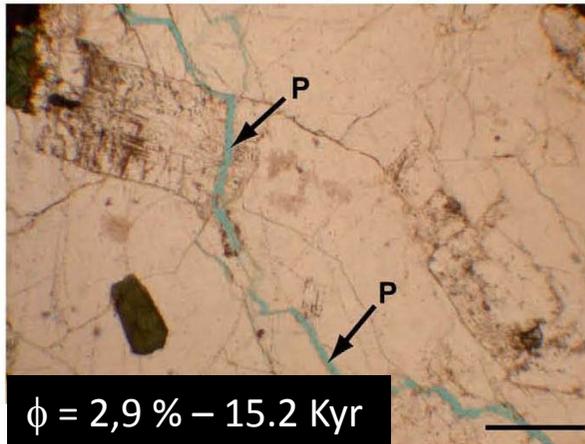
$\phi = 2,9\%$  – 78.5 Kyr



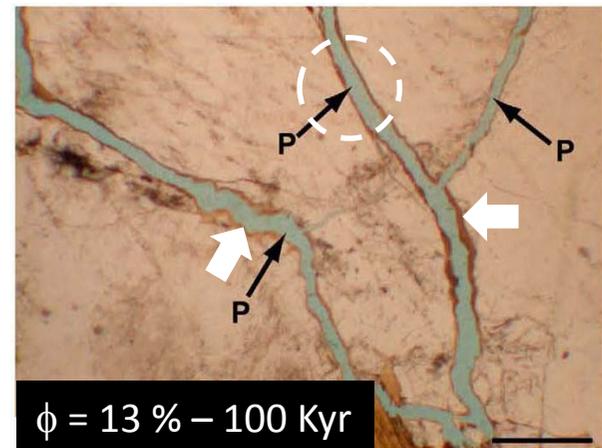
$\phi = 13\%$  – 100 Kyr

## CARACTERISATION DE LA POROSITE FISSURALE ET DES MINERAUX AU COURS DE L'ALTERATION

Exemple : Granodiorite des Bishop Creek moraines (Californie R. C. Graham)



(d'après  
Graham et al., 2010  
SSSAJ)



## CONCLUSIONS GENERALES

DES OUTILS PERMETTANT DE REVISITER ET PRECISER LA MINERALOGIE DES SOLS SONT  
MAINTENANT DISPONIBLES

**Beaucoup de choses sur les minéraux argileux des sols restent à découvrir**

Espèces à nombre de feuillets et CSDS faibles

Réactivité de ces différentes espèces

Vitesses d'altération et de transformations

## CONCLUSIONS GENERALES

**DES OUTILS PERMETTANT DE REVISITER ET PRECISER LA MINERALOGIE DES SOLS SONT  
MAINTENANT DISPONIBLES**

**Beaucoup de choses sur les minéraux argileux des sols restent à découvrir**

Espèces à nombre de feuillets et CSDS faibles

Réactivité de ces différentes espèces

Vitesses d'altération et de transformations

**Ce qu'il reste à faire :**

**Publier dans des revues de plus large audience**

**REDYNAMISER LES ETUDES SUR LES MINERAUX ARGILEUX DES SOLS**

**CRÉER UN GROUPE ACTIF**

M.P. TURPAULT – P. BARRE – F. HUBERT – E. JOUSSEIN – E. FERRAGE – P. SARDINI

Collaborations : A. MEXIAS , R.C. GRAHAM, M. SIITARI-KAUPI, F. BETARD, E. FRITSCH, ...

Remerciements

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**

Sud du Brésil 2010