

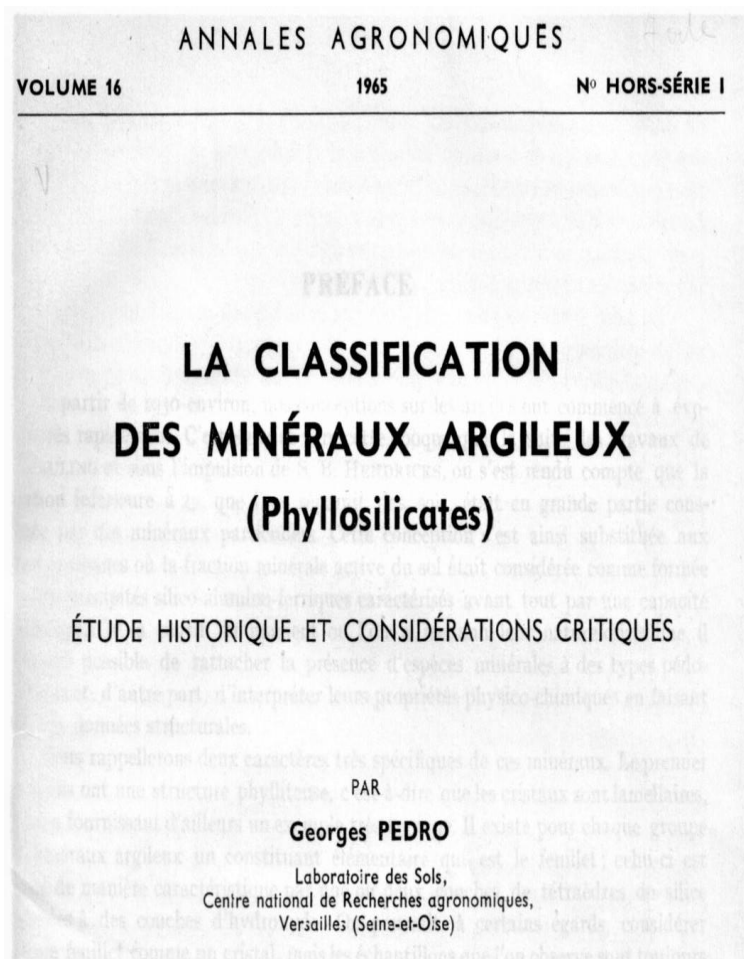
Actualité de la pensée de Georges Pédro

De la minéralogie des argiles à l'organisation et aux propriétés des sols

Daniel Tessier & Ary Bruand



La deuxième thèse de Georges Pédro



Dans les années 1960, le défi était de mieux caractériser les sols, notamment les argiles des sols et des sédiments, en premier lieu du point de vue minéralogique.

Pourquoi étudier les argiles des sols et dans les sols ?

Les argiles possèdent des propriétés essentielles pour le développement du milieu de vie qu'est le sol :

- Leurs propriétés varient en fonction de leur teneur en eau : suspensions aqueuses dans un excès d'eau et poussières dans l'air, à l'état plastique agent de cohésion contrôlant les propriétés physiques, mécaniques et biologiques des sols;
- Elles retiennent les solutés avec une énergie en partie compatible avec l'activité biologique (plantes, bactéries, animaux des sols);
- Elles adsorbent les principaux cations à la base de la nutrition des plantes et contribuent à leur biodisponibilité.

Les argiles sont utilisées dans de nombreuses applications : barrières pour le stockage de l'eau et pour des substances potentiellement polluantes, génie civil, céramique, catalyseurs, nettoyage des œuvres d'art, cosmétiques, pharmacie, constructions en terre ...

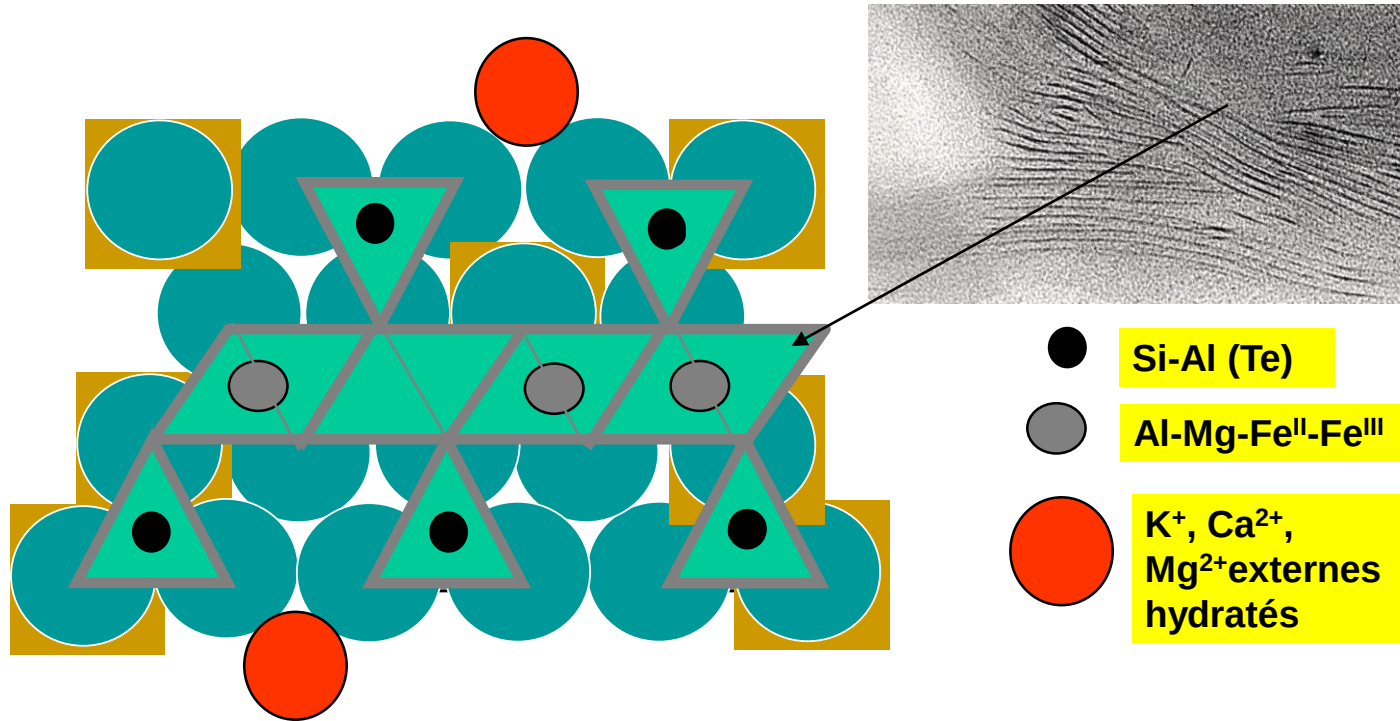
Dans les années 70 des défis à relever dans un contexte agronomique

1. Transposer les connaissances de minéraux de référence à à celles de minéraux de composition variable et de petite taille, à structure partiellement désordonnée comme le sont les argiles des sols et des sédiments,
2. Établir un lien entre les propriétés des argiles et les propriétés macroscopiques associées aux argiles, pour :
 - Des minéraux de nature, de composition et de distribution en taille très variables ;
 - Des environnements physico-chimiques (la solution du sol) et des états énergétiques de l'eau et des contraintes exercées sur les matériaux dans le domaine du fonctionnement des sols ;
 - Prendre en compte la présence d'êtres vivants et leurs produits de décomposition associés notamment aux pratiques agronomiques.

Le contexte du laboratoire de Georges Pédro à Versailles

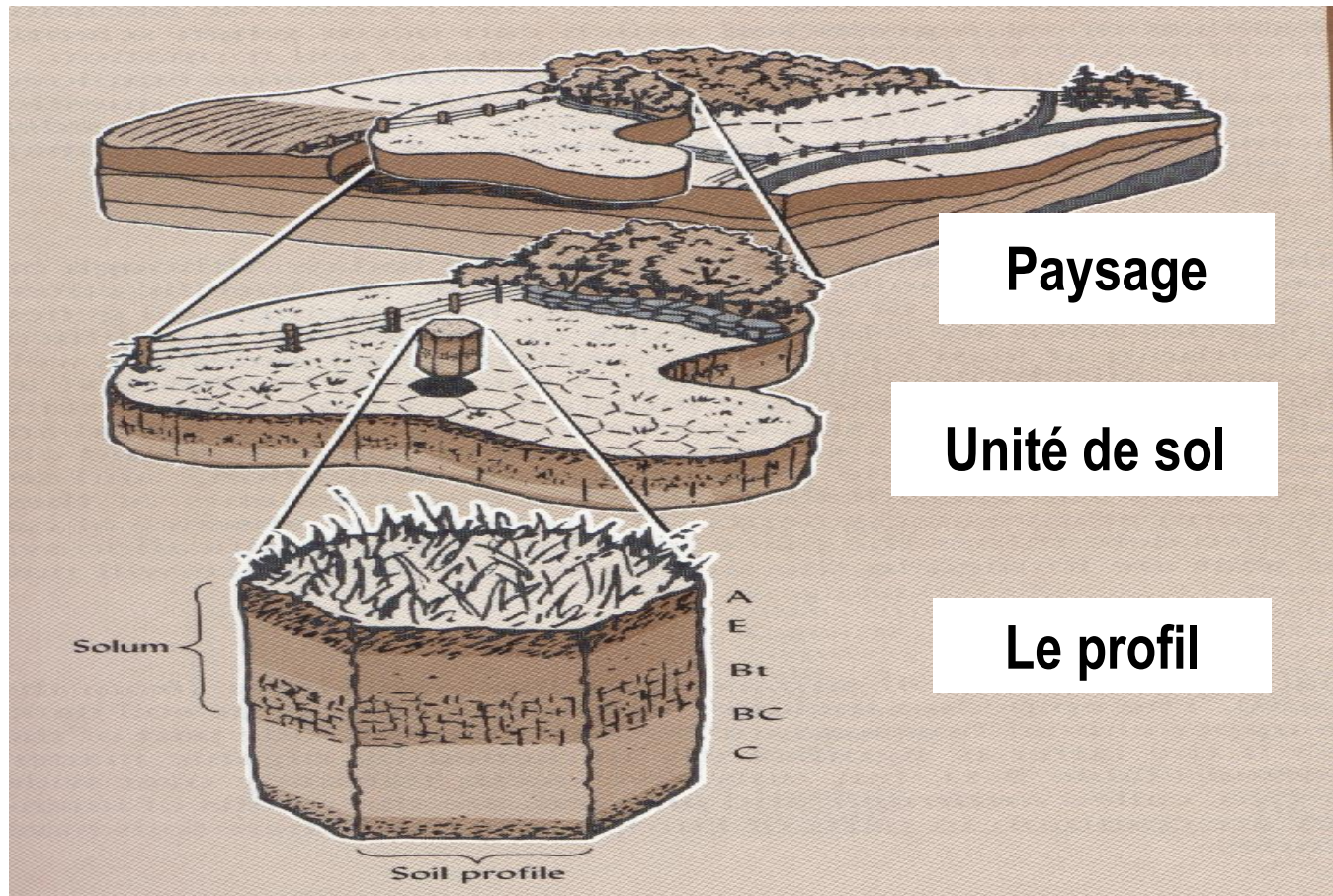
1. Un lien très fort avec la pédologie en France et dans le monde (S. Hénin, M. Jamagne, J. Chaussidon) ;
2. Un lieu de passage de personnalités qui ont marqué l'étude des argiles (J. Méring, G. Millot, G.W. Brindley, J.P. Quirk, L. Wilding...) ;
3. Des chercheurs formés au laboratoire : M. Robert, D. Tessier, A.B. Delmas, M. Grimaldi, Ch. Hartmann, F. Van Oort, C. Chenu, A. Bruand, F. Bigorre...
4. Des chercheurs internationaux et de l'IRD qui ont marqué le laboratoire A. Blot, A. Melfi (Brésil), J.-P. Carmouze, F. Seddoh (Togo), A. Carvalho (Brésil), V. Eschenbrenner, A. Chauvel, M.-A. Vicente (Espagne), D. Delvaux (Belgique), I. Kovda (Russie), M. Kilasara (Tanzanie)..., et les relations avec le Maghreb : A. Halitim, Y. Daoud, H. Ben Rahiem, M. Azzaoui, M. Badraoui... et avec le Moyen Orient: M. Razzaghe (Iran).
5. Des échanges qui nous ont fait découvrir le monde...

La structure cristalline des argiles suit les règles énoncées par Pauling (1929). Classification proposée par Georges Pédro basée sur la position et l'équilibre des charges électriques cations-anions.



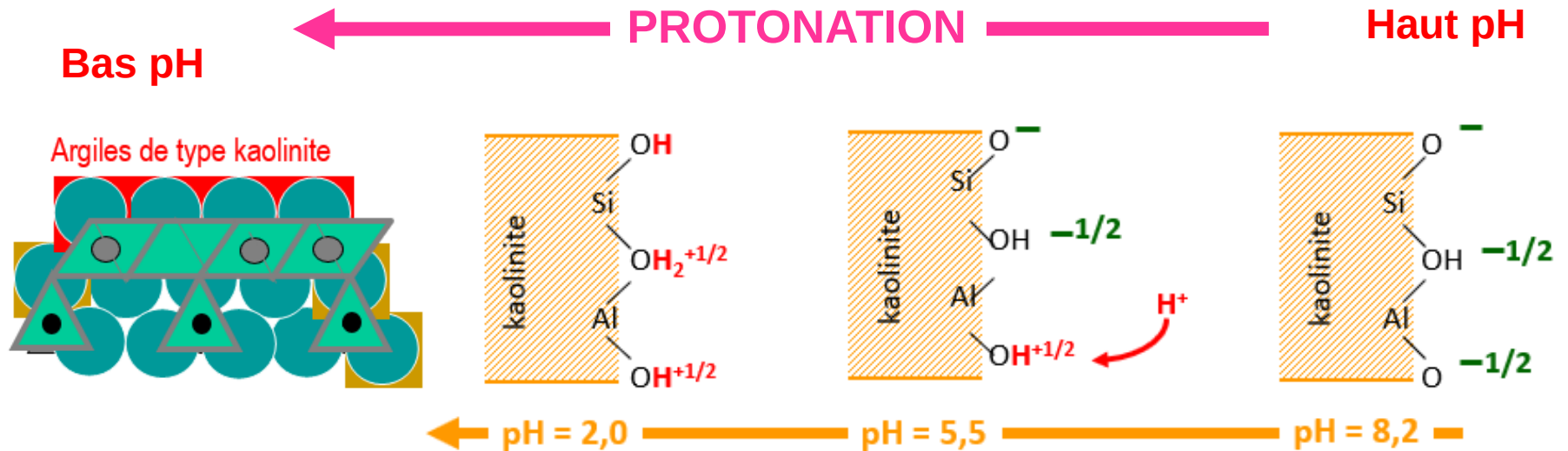
Représentation schématique d'un feuillet d'argile, vue en coupe. Les anions oxygènes délimitent des cavités occupées par des cations. Le déficit de charge électrique de la structure interne peut, pour certaines argiles, être compensé par des cations externes au contact avec la solution du sol.

Nécessité de replacer les études par rapport à des contextes pédologiques et agronomiques bien définis



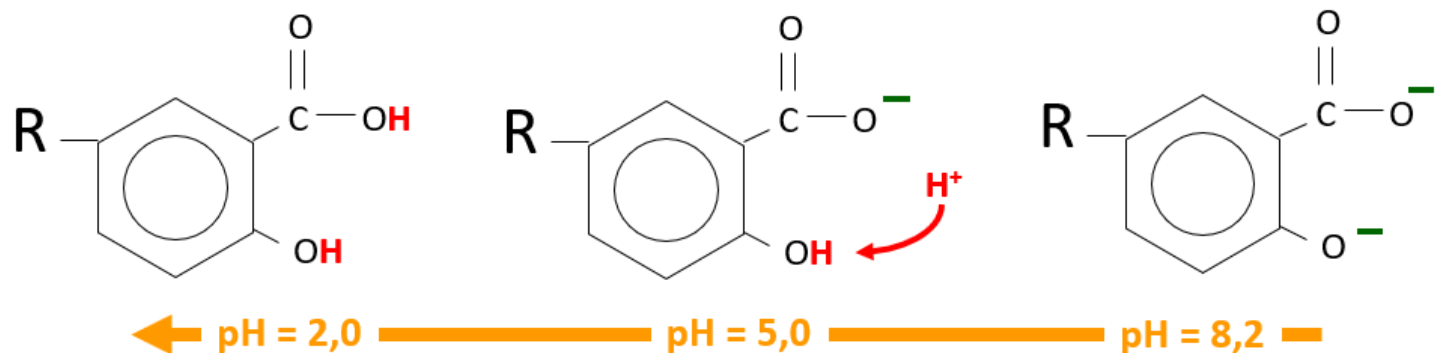
Les études tiennent compte de l'occupation des sols, des pratiques agronomiques et du contexte spatial et environnemental.

Introduction du concept de charge électrique superficielle permanente et variable des constituants des sols (J. Dufey)



Acides humiques

← **DEPROTONATION** →

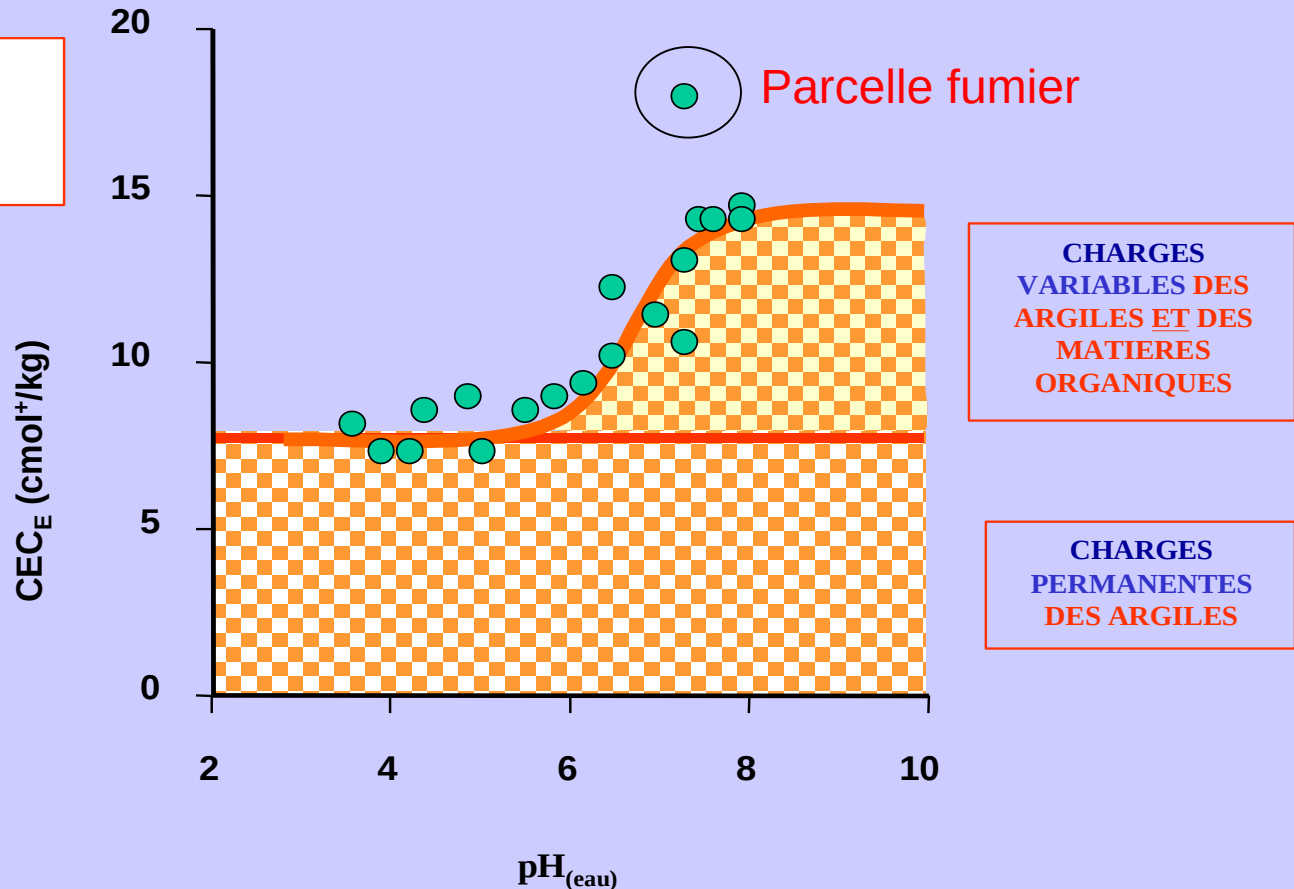


Conséquences, cas des 42 parcelles de Versailles, depuis 1928

Importance des propriétés aux interfaces : CEC mesurée au pH du sol.

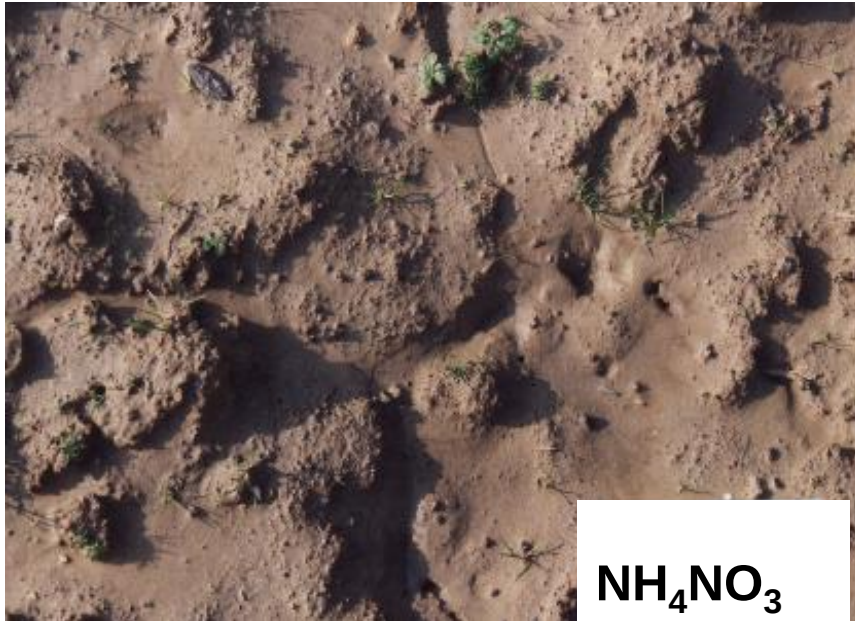
ESSAI DE LONGUE
DUREE DES 42
PARCELLES

Pernes et
Tessier,
2001



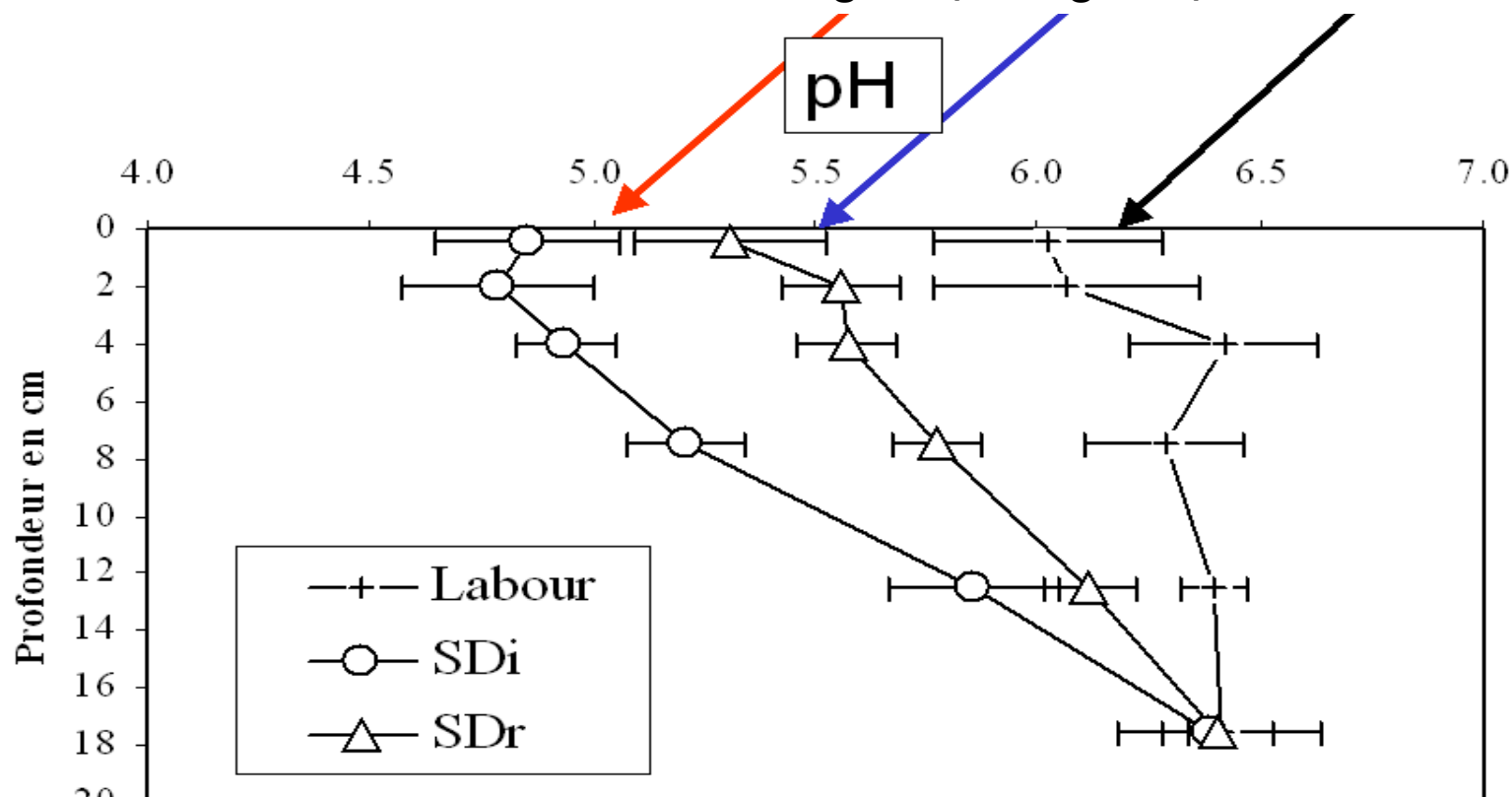
On a sous estimé l'importance de la charge électrique superficielle variable des constituants des sols sur leurs propriétés (stockage des cations, caractère hydrophobe).

Etat de surface des parcelles en sortie d'hiver après labour d'automne



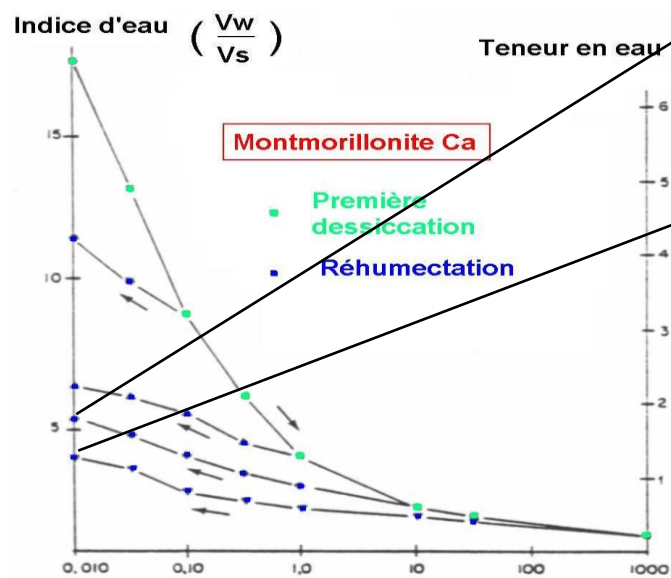
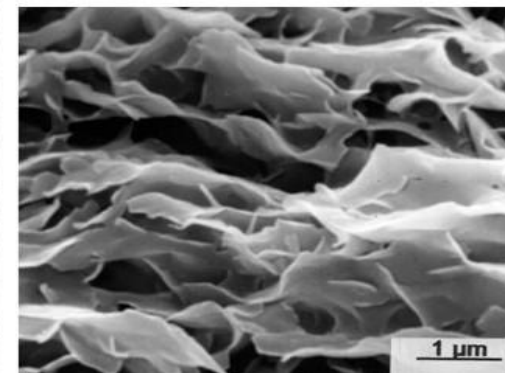
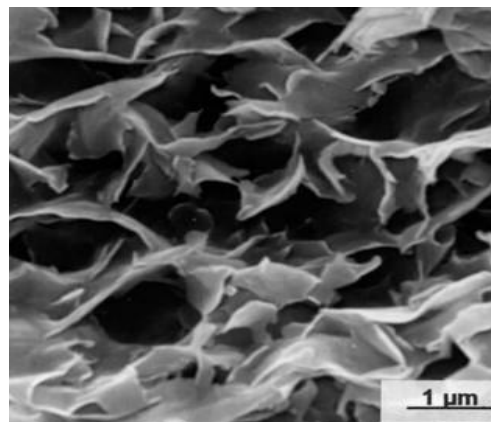
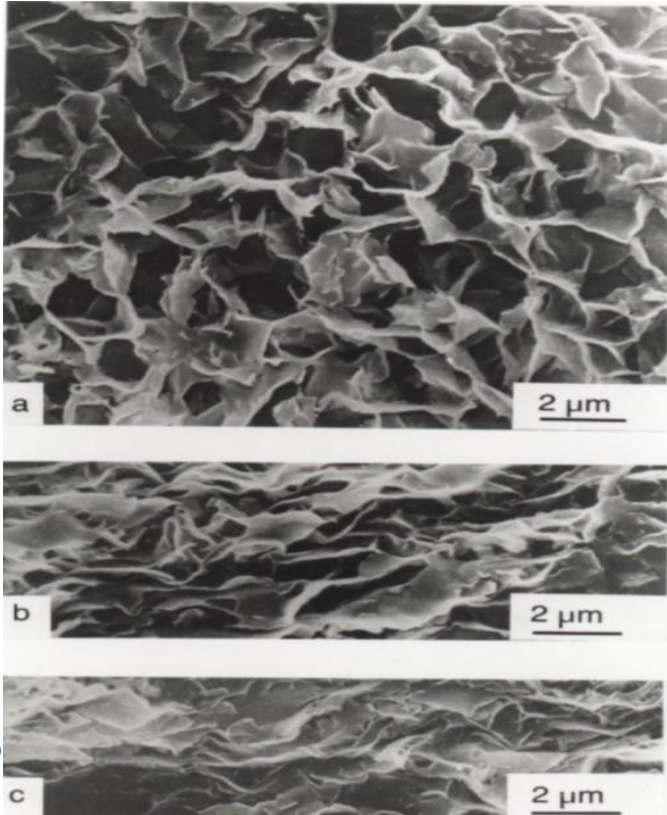
Etude de l'influence des pratiques culturales sur les caractéristiques physicochimiques des sols (expérience de longue durée de Boigneville après 15 ans, Limousin et Tessier, 2006)

Inter-rang SDi, Rang SDr, Labour L



Les changements importants de la valeur du pH sont observés dans les premiers centimètres du sol avec le semis direct, notamment dans l'inter-rang du maïs, là où la teneur en matières organiques est faible (pouvoir tampon limité).

Importance de l'histoire (hydrique) du sol.
Conséquences sur la rétention de l'eau
et le gonflement-retrait des sols

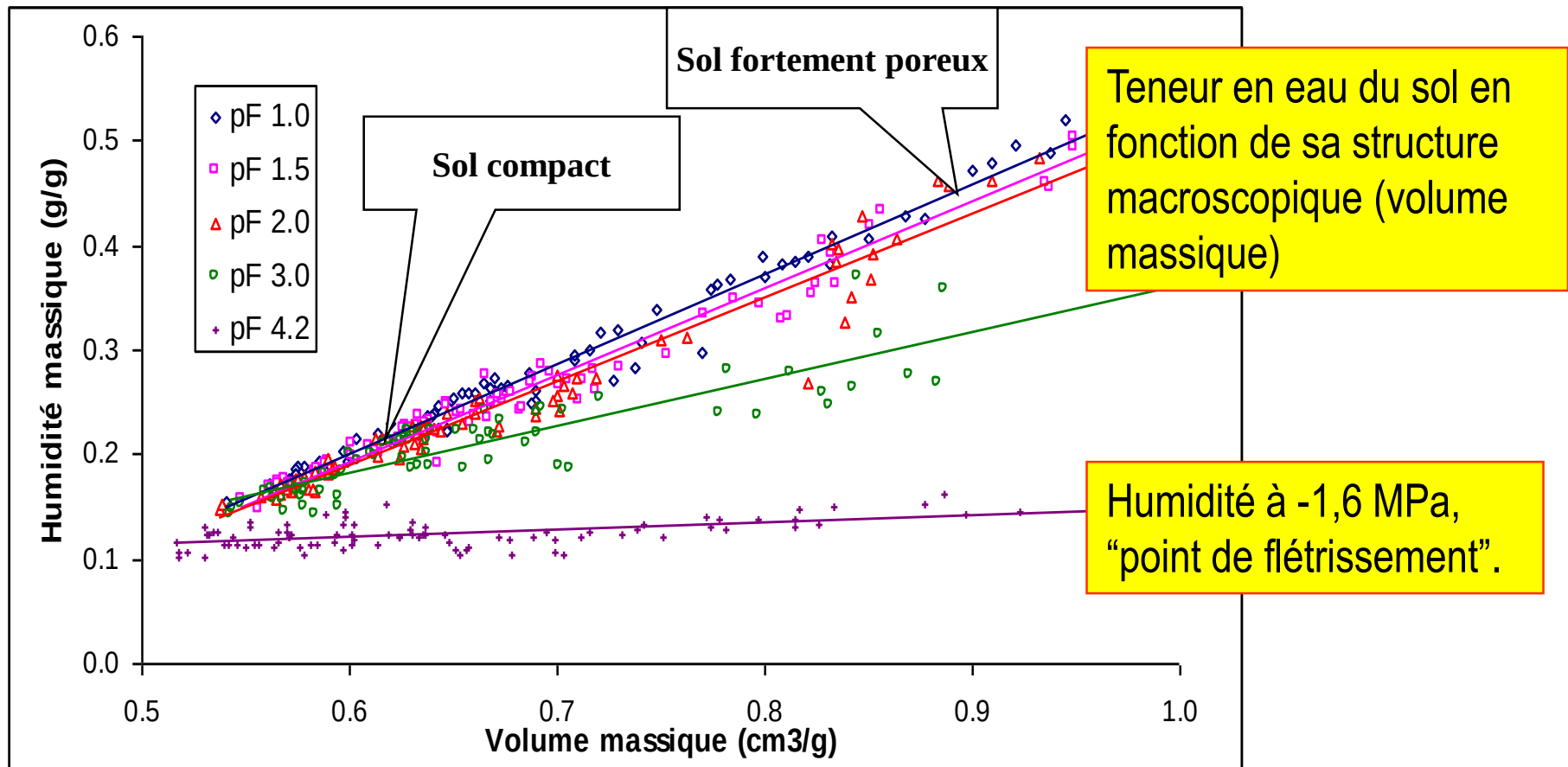


A gauche évolution de l'organisation et du volume apparent d'une argile en 1^{ère} dessiccation à trois pressions (3,2, 10 et 100 kPa). Observation au microscope électronique à balayage à l'état hydraté (Tessier, 1984).

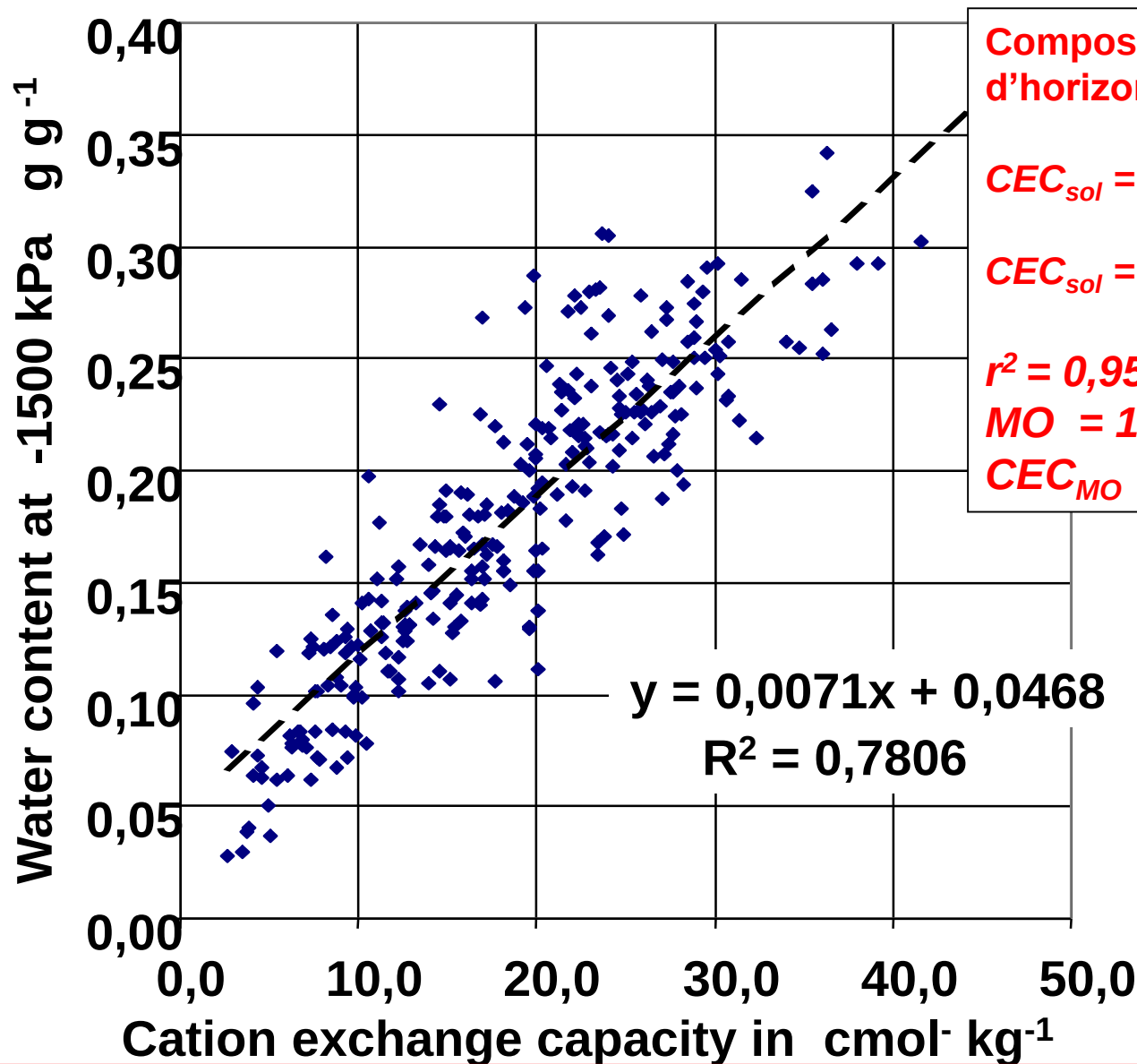
A droite, l'organisation de l'argile réhydratée à 3,2 kPa depuis 10 et 1000 kPa prend la forme d'un réseau poreux déformable plus ou moins agrégé suivant le

Etudes sur la rétention de l'eau et relation avec la porosité des sols.

Evolution de l'humidité du sol à différents potentiels de l'eau (valeurs de pF) d'horizons de sols de granulométrie similaire de la forêt de Hesse (Quentin et al. 2001).



La prise en compte du volume apparent du sol non remanié permet d'évaluer la rétention de l'eau aux hauts potentiels (proche de la capacité au champ).



Composantes de la CEC à pH = 7,0
d'horizons de sols en Lorraine:

$$CEC_{sol} = 37,10^{-3} Arg + 274.10^{-3} Corg$$

$$CEC_{sol} = 37,10^{-3} Arg + 493.10^{-3} MO$$

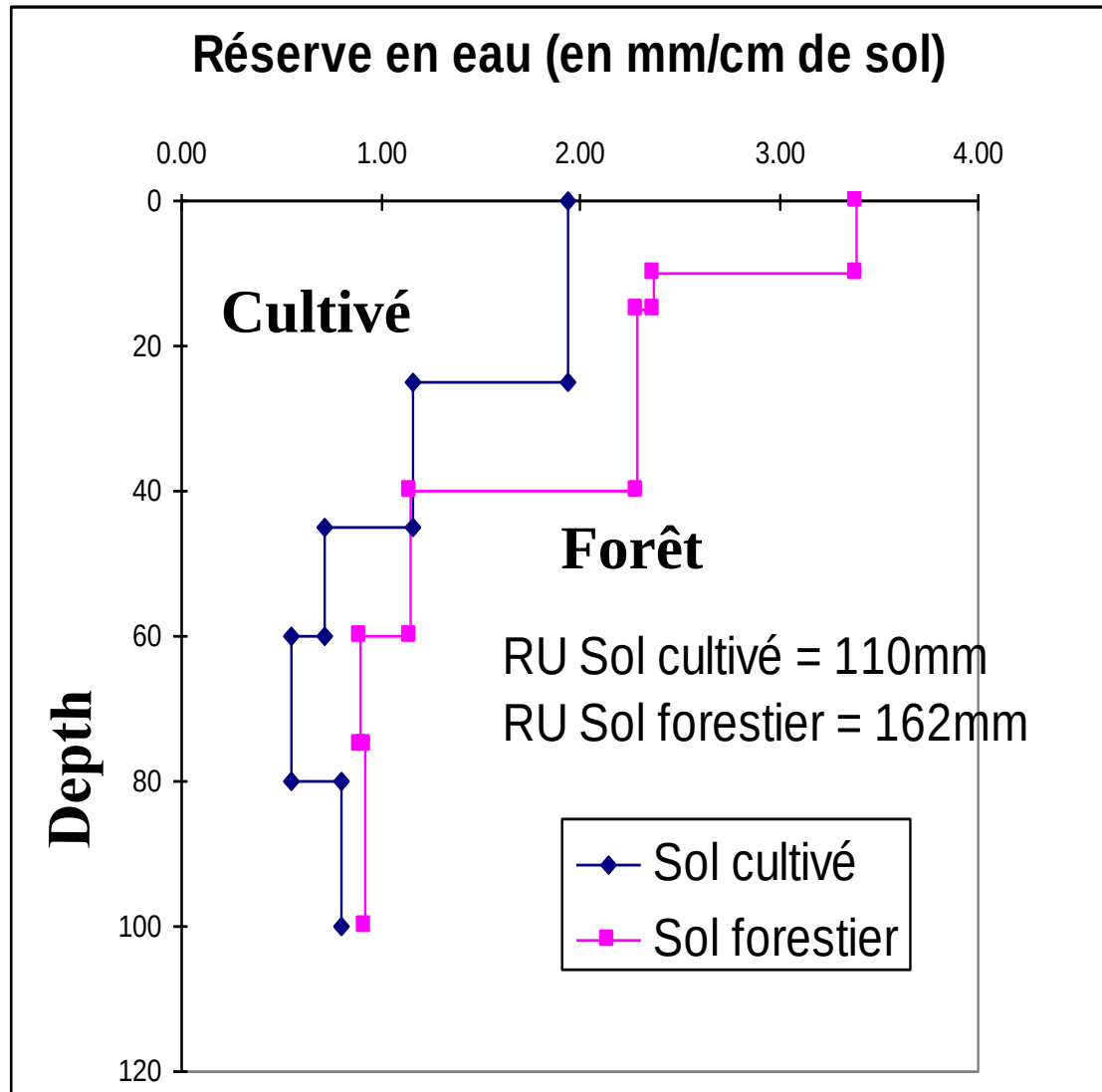
$$r^2 = 0,95 \text{ (Bigorre et al., 1999)}$$

$$MO = 1,8 Corg$$

$$CEC_{MO} = 13 CEC_{Arg}$$

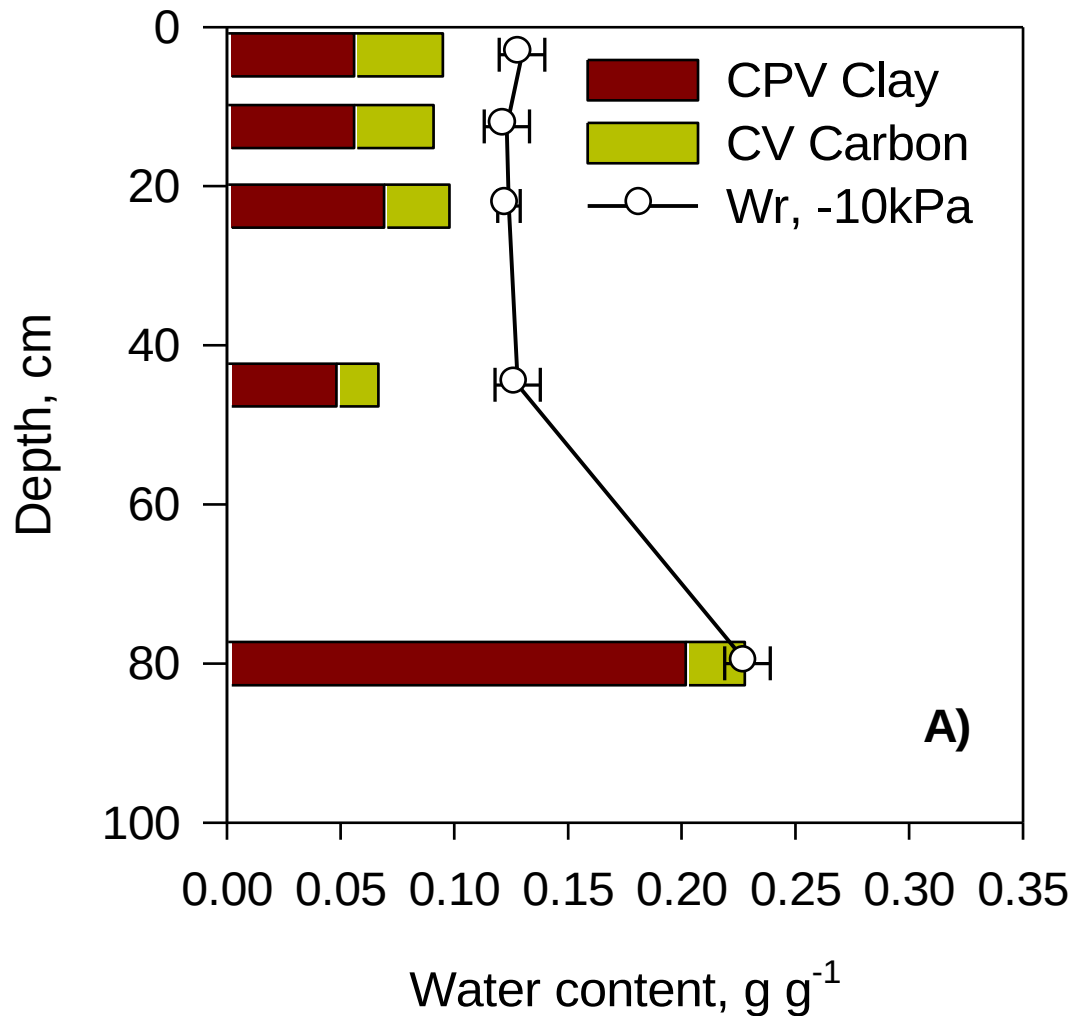
Rétention de l'eau au point de flétrissement (- 1500 kPa) et relation avec la CEC à pH = 7,0 pour 250 sols de France (Tessier, Bigorre et Bruand, 1998). La CEC intègre la réactivité de l'ensemble des constituants (argiles, oxydes et matières organiques).

Réserve utile, comparaison sol cultivé - sol sous forêt



D'après Bigorre et al., 2000. Sols provenant de la même unité de sol sur plateaux du Dogger Lorrain de la région de Nancy respectivement sous forêt et sous culture.

Microporosité et macroporosité du sol, où est l'eau ?



Contribution de l'argile et des matières organiques à la rétention de l'eau à - 10 kPa (proche de la capacité au champ, Bortoluzzi, 2002)
Oxisol du Brésil, région de Santa Maria, Rio Grande do Sul

En résumé...

« Les argiles ne gonflent pas seulement en captant de l'eau entre leurs feuillets. Leurs propriétés d'hydratation sont liées à l'organisation de leurs particules modulées par différents paramètres qui ne relèvent pas seulement de la minéralogie ».

La taille des particules argileuses par regroupement ou séparation face à face est fonction de paramètres physico-chimiques comme la nature des ions échangeables, la concentration en sels de la solution, le potentiel redox et l'histoire hydrique et mécanique du sol.

Les argiles structurent les sols à différentes échelles grâce à la fissuration lors du retrait. Lors de l'humectation les fissures se referment plus ou moins complètement et le changement de volume en compression peut provoquer la rupture du matériau par cisaillement (« slickensides »).



Conclusions

Pour Georges Pédro, l'ambition était d'obtenir des résultats de portée générale en ne se limitant pas à des études de cas sorties de leur contexte, ce qui suppose une connaissance des sols dans l'espace.

Une tendance est de considérer que les connaissances actuelles sur les propriétés des sols sont largement suffisantes pour répondre aux questions qui nous sont posées en matière d'environnement et qu'il suffit de les intégrer dans des modèles des données existantes. En réalité, on connaît encore peu de choses sur les relations entre les milieux biotiques et abiotiques dans les sols. Il nous faut prendre en compte des paramètres liés au contexte agronomique et environnemental actuel.

Pour comprendre le système sol, quel que soit le point de vue, les études doivent prendre en comptes les interactions physico-chimiques et biologiques des sols. Il faut certainement réhabiliter les formations en physico-chimie des sols.

Conclusions

Si la sauvegarde des sols est reconnue, nous manquons de données fiables pour prévoir, sur le moyen terme, le devenir des sols. Il faut alors faire intervenir des mécanismes et des processus de l'échelle moléculaire à celle du paysage, voire plus.

Les grands thèmes concernent la mise en culture et la réhabilitation des sols suite à la déforestation, mais aussi la gestion des forêts, ceci dans un contexte de changement d'usage et de pratiques, ainsi que de changement bioclimatique sur le moyen terme.



Robe portée par Scarlett O'Hara dans le film « Autant en emporte le vent » achetée par Henri Langlois et propriété de la cinémathèque. Son nettoyage a été réalisé avec des cataplasmes d'argile (mémoire de Nicole Charley, 2005).

Epilogue:

A partir d'une connaissance des phénomènes, processus et mécanismes intervenant dans les sols Georges Pédro nous a amené à développer nos propres idées et à avoir une approche originale dans l'étude des sols.

Son esprit critique a été un de nos meilleurs alliés dans l'évaluation d'un résultat, d'un protocole de recherche, voire tout simplement d'une situation.

Nous ses élèves lui devons beaucoup en matière d'innovation, de rayonnement et d'ambitions.

Un grand merci à Georges Pédro!