

## Titre du projet :

*Volet* : **Impact de l'usage des terres sur la minéralogie des sols**

*Porteur du projet* : **Bruno Lanson**

*Laboratoires impliqués* : **ISTerre**

## Bilan du projet pour 2015-2016

### Bilan d'activité

Potassium (K) is an essential plant nutrient for plant growth. Clay minerals in soils represent a reservoir of available K. However, the long-term effects of plant uptake on clay minerals have not yet been determined. Field experiments such as the Morrow Plots (U. of Illinois – Urbana-Champaign campus) thus represent a unique opportunity to determine the effects of 110-years of continuous agriculture on the fate of K-containing minerals in the field.

Available samples correspond to plots under continuous corn (CC) and corn-oats-hay (CR) seeding rotations, with fertilised (WF) and non-fertilised (NF) subplots. Selected samples date from 1904, 1957, 1980, 1997 and 2012-2014, allowing investigation of historic differences, the introduction of high-level L-NPK fertilisation, and the short-term alterations resulting from the crop rotation. Size fractionation was carried out by centrifugation to isolate <math><0.05</math>, <math>0.05-0.2</math>, <math>0.2-2</math>, and <math>2-50\ \mu\text{m}</math> fractions, and X-ray diffraction (XRD) was performed on fractions in the Ca-saturated state. Full-pattern modelling of XRD data was carried out to provide a structure model indicating the quantitative contribution of each phase.

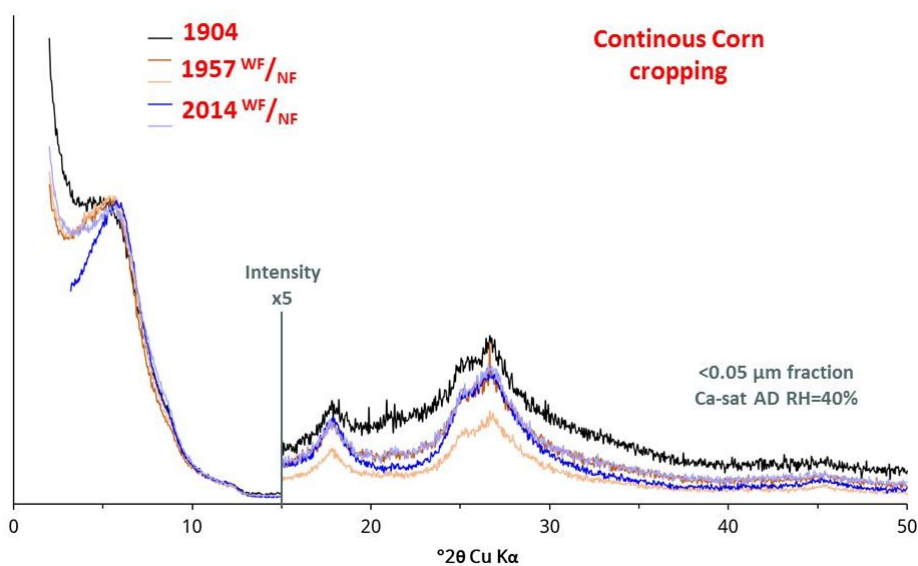
The proportion of <math><0.05\ \mu\text{m}</math> fraction was found to increase for all samples with a simultaneous decrease in <math>0.05-0.2</math> and <math>0.2-2\ \mu\text{m}</math> fractions for the period 1904-2014, whilst the overall proportion of <math><2\ \mu\text{m}</math> fraction remained constant. Results of CHNS analysis show a slight decrease in the amount of organic matter for the same period, whilst cation exchange capacity was shown to increase dramatically between 1957 and 2014. Quantitative analysis of the <math>2-50\ \mu\text{m}</math> fraction demonstrates no significant changes in the mineralogy of this fraction occurred in the period 1904-2014.

For <math><0.05</math>, <math>0.05-0.2</math>, <math>0.2-2\ \mu\text{m}</math> clay fractions, a six-phase model containing discrete illite, chlorite, kaolinite, and randomly-interstratified illite-expandable (illite-exp), kaolinite-exp and chlorite-exp was established as a basis for fitting all fractions and samples. For the 2012-2014 rotation, there is little apparent difference between samples, indicating that short-term modification of soil clay minerals is not a significant factor. Strong differences exist in the proportion of phases between size fractions for each subplot and year, where discrete illite predominates in <math>0.2-2\ \mu\text{m}</math> fractions, and illite-exp and kaolinite-exp are dominant in the finest fractions. Further changes in relative proportions of phases during the period from 1904-2014 can be observed, such as a decrease in discrete illite <math>0.2-2\ \mu\text{m}</math> fractions from 1904-2014.

When considering illite and illite-exp, phases relevant to the fate of soil K, the overall contribution of both phases within each size fraction is similar. However, differences appear between the two crop rotations and size fractions when the proportion of illite layers in illite-exp is considered. CC-subplots appear to have a lower proportion of illite layers in comparison to CR-subplots and furthermore, when WF- and NF-subplots for the same rotation are compared, WF-subplots have a lower proportion of illite layers. This is indicative of an effect of higher yields and thus K-export. Smaller size fractions also contain fewer layers of illite in the illite-exp, the proportion of which has decreased through the experiment, indicating that discrete illite is possibly being degraded and transformed to illite-exp primarily in the finest, and most reactive, fractions.

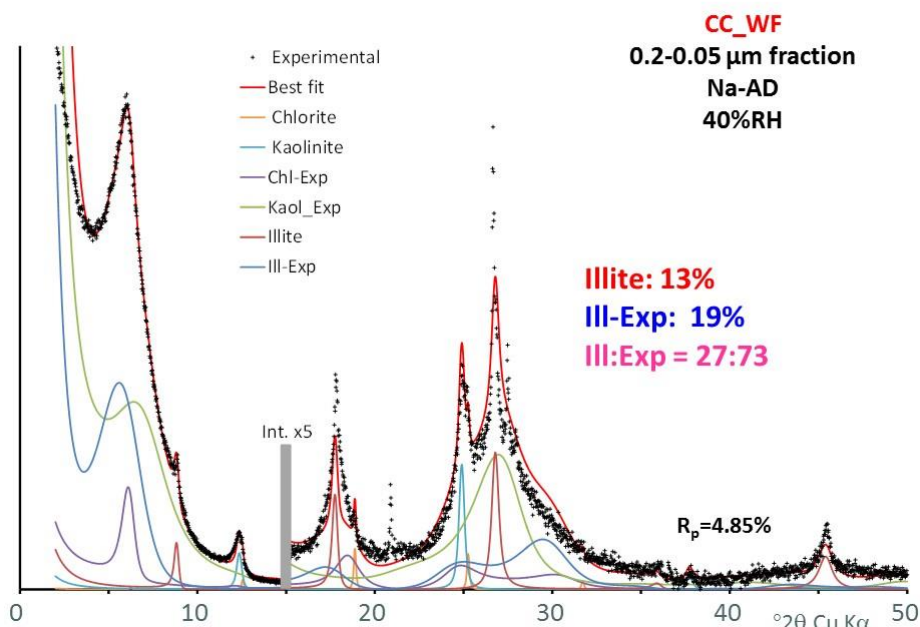
## Illustrations

### Qualitative XRD analysis (clay fraction) Influence of cropping practices (fertilization)

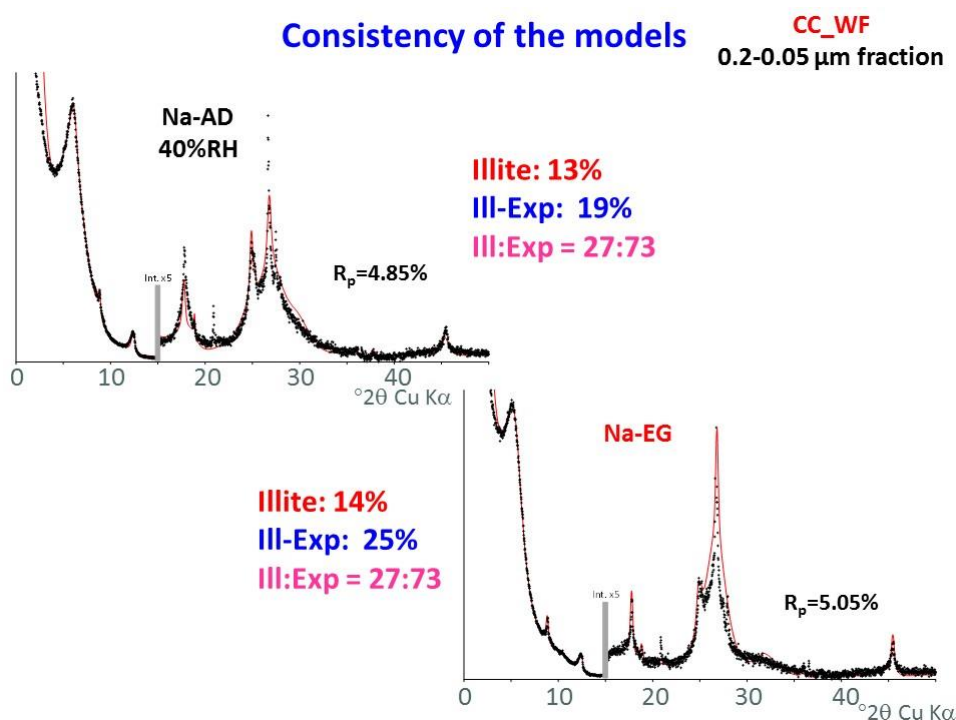


**Fig. 1 :** Diffractogrammes de rayons X montrant les variations ténues affectant la minéralogie des argiles en réponse à la culture systématique de maïs depuis l’instauration des parcelles expérimentales des Morrow Plots en 1876. Les échantillons de 1904 sont les plus anciens disponibles pour ce site et servent donc de référence pour la minéralogie initiale de ces sols. Les échantillons de 1957 correspondent à l’état de référence avant l’usage d’engrais chimiques. WF et NF indiquent, respectivement, les parcelles sur lesquelles ont été appliqués, ou non, des engrais chimiques à partir de 1955.

### XRD profile modeling as a quantification tool



**Fig. 2 :** Minéralogie argileuse de la fraction granulométrique 0.05-0.2  $\mu\text{m}$  pour la parcelle avec monoculture de maïs et usage d'engrais chimique (depuis 1955). Echantillon prélevé en 2014.



**Fig. 3 :** Cohérence du modèle structural montré sur la fig. 2, sur deux diffractogrammes obtenus sur le même échantillon après des traitements préalables distincts.

**Production scientifique** (*en gras les principaux participants au projet soutenu, les noms des personnes impliquées dans des projets connexes au changement thématique du porteur sont soulignés*)

Comme décrit dans le bilan d'activité, le projet soutenu par le Labex couvrait pour l'essentiel les travaux de thèse d'Eleanor Bakker sur les modifications minéralogiques affectant les minéraux argileux en réponse à la demande de Potassium par les plantes. Ce travail de thèse se terminera à l'automne 2017 et n'a pas encore fait l'objet de publications acceptées. Cette partie du travail a donc, pour l'essentiel, fait l'objet de présentations orales par Eleanor Bakker. Plus largement, ce projet s'inscrivait dans le cadre d'une reconversion thématique du porteur visant au développement au sein de l'OSU Grenoble d'une compétence de caractérisation quantitative de la minéralogie argileuse des sols et à l'utilisation de cette compétences pour mieux appréhender l'impact à court et long termes des pratiques agronomiques sur la qualité des sols.

- **Lanson B.**, Ferrage E., Hubert F., Prêt D., Mareschal L., Turpault M.-P. & Ranger J. (2015) Experimental aluminization of vermiculite interlayers: An X-ray diffraction perspective on structural mechanisms. *Geoderma*, 249-250, 28-39.
- Rivard C., **Lanson B.** & Cotte M. (2016) Phosphorus speciation and micro-scale spatial distribution in North-American temperate agricultural soils from micro X-ray fluorescence and X-ray absorption near-edge spectroscopy. *Plant & Soil*, 401, 7-22.
- **E. Bakker**, **B. Lanson**, T.B. Khan & F. Hubert (2016) Clay mineralogical evolution as a result of plant growth and potassium uptake. 8<sup>th</sup> Mid-European Clay Conference – MECC2016. Košice – Slovaquie, 4-8 Juillet.
- **E. Bakker**, **B. Lanson**, T.B. Khan & F. Hubert (2016) Clay mineralogical evolution as a result of plant growth and potassium uptake. 14<sup>e</sup> Colloque du Groupe Français des Argiles. Poitiers, 18-20 Mai.
- F. Hubert, J.-C. Viennet, E. Tertre, **B. Lanson** & E. Ferrage (2016) Améliorer l'identification des minéraux argileux interstratifiés des sols pour déterminer leur réactivité. 14<sup>e</sup> Colloque du Groupe Français des Argiles. Poitiers, 18-20 Mai.
- **E. Bakker**, **B. Lanson**, T.B. Khan, F. Hubert, N. Findling, C. Rivard & M.M. Wander (2015) Influence of cropping practices on clay mineralogy: Insights from the Morrow Plots experimental fields. Euroclay 2015. Edinburgh – Royaume-uni, 5-10 Juillet.
- **B. Lanson** (2016) Influence of cropping practices on clay mineralogy: Insights from the Morrow plots experimental fields. College of Resources and Environment – Huazhong Agricultural University, Wuhan, Chine, 19 Décembre (séminaire invité).
- **B. Lanson** (2015) Argiles, sols et Potassium : Les "clays" d'une agriculture durable. Les ateliers de l'information – Université Joseph Fourier, Grenoble, 27 Janvier.
- **B. Lanson**, E. Ferrage, F. Hubert, D. Prêt, L. Mareschal, M.-P. Turpault & J. Ranger (2016) Experimental aluminization of vermiculite interlayers: An X-ray diffraction perspective on structural mechanisms. 8<sup>th</sup> Mid-European Clay Conference – MECC2016. Košice – Slovaquie, 4-8 Juillet.

## Bilan financier succinct

**Coût total : ~28 500€**

**Montant du soutien accordé : 8 000€**

Equipements achat et entretien : **19 071 €**

- Etuve ventilée pour l'évaporation des importants volumes de solution induits par la séparation de fractions granulométriques ultra-fines (<0.05µm) : 3 566 €
- Rotor d'ultra-centrifugation pour les séparations granulométriques : 4 678 €
- Remise en état de la centrifugeuse (changement axe + moteur) : 6 078 €
- Réparation détecteur rayons X (changement cristal analyseur) : 4 749 €

Frais de fonctionnement : **2 924 €**

- Consommables laboratoire : ~2 000 €
- Analyses chimiques : 484 €
- Consommables informatique : 440 €

Missions (Conférences Eleanor Bakker) : **3 246 €**

- Participation d'Eleanor Bakker au Meeting Euroclay 2015 (Edinburg) : 1 694 €
- Participation d'Eleanor Bakker au Meeting du GFA 2016 (Poitiers) : 252 €
- Participation d'Eleanor Bakker au Meeting MECC 2016 (Kosice – Slovaquie) : 1 300 €

Frais de personnel (Stage M2 Paolo Benavides) : **3 276 €**

- La thèse d'Eleanor Bakker a bénéficié d'une allocation ministérielle attribuée par l'Ecole Doctorale TUE (OSU Grenoble)
- Le séjour post-doctoral de Camille Rivard a été financé par l'ESRF (Grenoble)

Le complément du financement de ce projet (~20 500 €) a été assuré au travers d'un projet EC2CO/BioHefect porté par F. Hubert (Univ. Poitiers – 27 k€ dont 9 k€ pour ISTERre) et sur les fonds propres du porteur et de l'équipe Minéralogie et Environnements de l'ISTerre.