

38^{èmes} Journées.....38^{èmes} Journées.....38^{èmes} Journées.....



LES MATÉRIAUX ARGILEUX, DES SOLS AUX GÉOMATÉRIAUX

Organisées par :

L'Institut de Chimie
des Milieux et Matériaux
de Poitiers (IC2MP)
UMR 7285

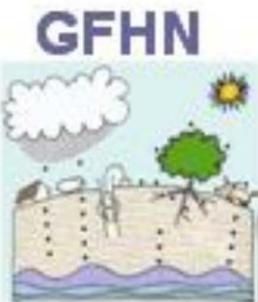
38^{èmes} journées du
GFHN Poitiers 2013



Du 18 au 21 novembre 2013

- 18 - INRA Lusignan
- 19 - 20 ENSIP Poitiers
- 21- Marais Poitevin

Programme et communications



PROGRAMME ET COMMUNICATIONS

Programme des 38^{èmes} journées du GFHN du 18 au 21 Novembre 2013

Sommaire

- Lundi 18 Novembre, visite technique du site INRA de Lusignan
- Mardi 19 Novembre, 38^{èmes} Journées du GFHN, Conférence internationale francophone
- Mercredi 20 Novembre, 38^{èmes} Journées du GFHN, Conférence internationale francophone
- Jeudi 21 Novembre, visite technique du Marais Poitevin

Lundi 18 Novembre 2013 : visite technique du site INRA de Lusignan

Centre INRA Poitou-Charentes (site de Lusignan – Les Verrines)

A partir de 12h30	Accueil des participants à l'ENSIP
14h00	Départ en bus pour le site INRA de Lusignan (25 km)
14h30	Diaporama / conférence Dr François Gastal / Dr Abad Chabbi « Le Système d'observation et d'expérimentation pour la recherche en environnement (SOERE) Agro-écosystèmes, cycles biogéochimique et biodiversité (ACBB) »
	Visite du SOERE ACBB
	Pause café
18h00	Retour sur Poitiers

Mardi 19 Novembre 2013 : 38^{èmes} Journées du GFHN, Conférence internationale francophone

ENSIP

8h30	Inscription et accueil
9h00	Séance d'ouverture
9h20 – 12h40	Session I :Transferts et Microstructure
9h30-10h00	Conférence Dr E. Ferrage (IC2MP-HydrASA, Poitiers): « L'eau interfoliaire dans les smectites »
10h-10h40	<p><u>Communications orales</u></p> <p>L'influence de la force ionique et de la vitesse d'écoulement sur le transfert et la rétention des colloïdes dans un sol hétérogène non saturé. <i>Dieuseul Predelus, Artur Coutinho, Laurent Lassabatere, Thierry Winiarski and rafael Angulo-Jaramillo- UCB Lyon.</i></p> <p>Contribution des colloïdes à la mobilité des contaminants (PB, AS et SB) : Etude spatio-temporelle in situ et test de lixiviation sur unanthroposol développé sur résidus miniers. <i>I. Hu B., Soubrand M., Joussein E., Feuillade G. (Limoges).</i></p>
10h40 – 11h10	Pause café, session posters et visite exposants
11h10 – 11h40	Conférence P. Sardini (IC2MP-HydrASA, Poitiers) : Méthode 14C-PMMA : principes, applications et développements.
11h40-12h40	<p><u>Communications orales</u></p> <p>Impact de la dispersion locale sur la macro-dispersion <i>Dartois, A. Beaudoin, S. Huberson et J.R de Dreuzy (Poitiers)</i></p> <p>Caractérisation des infiltrations profondes sous système drainé : Application à la parcelle de Boissy le Chatel – <i>Bacha Fella, Henine Hocine, Clément Rémi, Guérin Alain, Chaumont Cédric, Tournebize Julien (IRSTEA Antony)</i></p> <p>Modélisation du colmatage des milieux poreux saturés par des suspensions de particules <i>A. Beaudoin, H. Wang, A. Alem et H. Wang (Poitiers).</i></p>
12h40-14h00	Déjeuner

14h00-14h30	Conférence Dr J.D. Mertz (Laboratoire Recherche Monuments Historiques, Champs sur Marne): « Argile et durabilité des pierres »
14h30 – 15h30	<p><u>Communications orales</u></p> <p>Comportement hydrique et structural de mélanges pouzzolane-compost utilisés dans la mise en œuvre de toiture terrasse <i>Sammartino S., Ruy S., Elievant R., Belarbi R. (Avignon).</i></p> <p>Comportement physique et hydrique de mélanges de sables et de bentonite de Maghnia soumis à des contraintes de salinité et sodicité <i>Benkhelifa M., Belkhodja M., Tessier D. (Alger).</i></p> <p>La valorisation d'une vase et d'une argile gréseuse comme ajout dans la fabrication d'un éco-ciment <i>Siline Mohammed, Chikouche M, Aziz (Algérie).</i></p>
15h30-16h00	Pause-café, session posters et visite exposants
16h00-16h40	<p><u>Communications orales</u></p> <p>Formulation géopolymères : influence des rapports molaires SI/Al et SI/K sur les réactions de polycondensation <i>Autef A., Rossignol S., Joussein E., Gasgnier G. (Limoges).</i></p> <p>Système constructif multimatériaux bois-liant géopolymère-terre crue <i>Gouny F., Fouchal F., Maillard P., Rossignol S. (Limoges).</i></p>
16h50	Départ centre pour visite centre historique Poitiers
	Visite centre historique Poitiers
19h00-23h00	Accueil et dîner de gala aux Archives.

Mercredi 20 Novembre 2013 : 38^{èmes} Journées du GFHN, Conférence internationale francophone

ENSIP

8h40 – 10h20	Session III : Sols-Agrosystèmes
8h40 -9h10	Conférence Dr J-L. Durand (INRA Lusignan) « L'eau dans les systèmes sol-plantes »
9h10 – 10h30	<p><u>Communications orales</u></p> <p>Evolution des teneurs en eau le long d'un versant forestier argilo-limoneux. <i>Deraedt D., Colinet G., Degré A. (Gembloux Belgique).</i></p> <p>La validité des fonctions de pedotransfert développées à partir des sols français : application à des sols du bassin méditerranéen : cas des sols de Syrie. <i>Al Majou, H., Bruand A., (Syriex-ISTO).</i></p> <p>Analyse du fonctionnement hydrique des sols sous irrigation de complément et son incidence sur la physiologie d'une variété de maïs dans le sahel Burkinabé. <i>Vivien Chaim Doto, Hamma yacouba, Dial Niang, Euloge K. Agbossou (Benin).</i></p> <p>Contribution de l'argile et de la densité apparente sur les caractéristiques de rétention hydrique des sols alluviaux de l'oasis de Guerrara-Mzab. <i>(Sahara d'Algérie) Azzoug Lamia, Dridi Bachir, Hamdi Aissa Belhadj (Algérie).</i></p>
10h30 – 11h00	Pause café, session posters et visite exposants
10h40 – 11h00	Session IV : Hydromécanique
11h00 – 12h00	<p><u>Communications orales</u></p> <p>Les sols gonflants du bassin sédimentaire côtier du Togo : caractéristiques minéralogiques et géotechniques. <i>Abalo A., Mori M., Serratrice J-F., Borschneck D., Affaton P. et Johnson C. (Aix en Provence).</i></p> <p>Le gonflement des argiles en finir avec le SAR. <i>Bourrié G. (Avignon).</i></p> <p>Phénomènes de vieillissement rhéologique de sols argileux du bassin de Paris soumis à des cycles hydriques accélérés. <i>Tranh Danh TRAN, Martine Audiguier, roger Cojean (Mines Paritech Fontainebleau).</i></p>

12h00 – 12h30	Assemblée générale GFHNR
12h30 – 14h00	Pause déjeuner et session posters
14h00 – 15h20	Session V : Méthodes et Mesures
14 h00 – 14h30	Conférence Dr A. Mazurier (Etudes-Recherches-Matériaux, Poitiers) : "Evaluation de la porosité des géomatériaux par combinaison de la tomographie de rayons X et de l'autoradiographie"
14 h30 – 15h50	<p><u>Communications orales</u></p> <p>Mesure de conductivité thermique en surface par la méthode du fil chaud : Application au bâti ancien et aux sols argileux - <i>B. Merckx, R.T ; Radimy, J-D Mertz, P. Dudoignon (Poitiers)</i></p> <p>Détermination des courbes de rétention d'eau des géosynthétiques bentonitiques durant la première phase d'hydratation en utilisant la méthode des solutions salines saturées - <i>Bannour, H.⁽¹⁾, Barral, C.⁽²⁾, Touze Foltz, N. (IRSTEA Antony).</i></p> <p>Utilisation de l'IRM pour quantifier l'évolution du séchage d'éprouvettes de matériaux argileux. <i>S. Rosin-Paumier, S. Leclerc, D. Stemmelen (Vendoeuvre les Nancy).</i></p> <p>Application de la corrélation d'images numériques (CIN) à la spatialisation du comportement hydromécanique des roches et sols argileux - <i>S. Hédan, A.L. Fauchille, N. Nabilla, B. Obasa, V. Valle, J. Cabrera, P. Dudoignon, P. Cosenza (Poitiers).</i></p>
15 h50 – 16h00	Remise du prix des doctorants et conclusion des journées

Jeudi 21 Novembre 2013 :

Journée d'étude dans le Marais Poitevin

Parc Interrégional du Marais Poitevin (Maillezais - Coulon)

Périmètre du Parc Interrégional du Marais Poitevin



9h00	Départ centre ville Poitiers en bus
10h00 – 12h00	<p>Visite du Marais</p> <p>10h00 : lecture de Paysage - Saint-Pierre-le-Vieux 85420. Transition coteaux calcaires – marais mouillé – marais desséché</p> <p>11h00 : Circuit de découverte du bois de la Loyauté en marais mouillé – Commune de Doix 85200</p>
12h30 – 14h00	Déjeuner à Coulon
14h00 – 16h00	<p>Présentation dans les locaux du Parc à Coulon</p> <p>« Liens entre substrat, gestion hydraulique et biodiversité » Odile Cardot, chargée de mission environnement, Parc Marais poitevin</p> <p>« Hydrogéologie de la zone humide : enjeux et fonctionnement » François-Marie Pellerin, Président de la Coordination pour la Défense du Marais poitevin</p> <p>« Sols de marais : atouts et contraintes pour l'agriculture » Eric Kerneis, INRA.</p>
17h30	Retour à Poitiers

COMMUNICATIONS

Session I : Transferts et Microstructure

Conférence Dr E. Ferrage (IC2MP-HydrASA): **L'eau interfoliaire dans les smectites**

Eric Ferrage^{1*}, Dimitri Prêt¹, Michaël Faurel¹, Fabien Hubert¹, Emmanuel Terre¹

¹ Equipe HydrASA, IC2MP-UMR7285, Université de Poitiers, 8 rue Michel Brunet, 86022 Poitiers cedex, France.

* Auteur correspondant : eric.ferrage@univ-poitiers.fr

La smectite est un minéral lamellaire silicaté présent dans la plupart des environnements terrestres ou marins, pouvant parfois représenter le minéral le plus abondant. La structure cristalline des smectites est constituée de deux couches tétraédriques silicatées de part et d'autre d'une couche octaédrique alumineuse ou magnésienne (feuillelet TOT). Du fait de substitutions isomorphiques dans les différentes couches par des cations de valence moindre, le feuillelet TOT présente une charge négative. Cette charge est compensée par la présence de cations échangeables dans l'espace interfoliaire dont la valence et la taille contrôle l'hydratation de l'espace interfoliaire et le gonflement de la structure. En fonction de l'humidité relative environnante, la structure cristalline de la smectite présente un gonflement séquentiel correspondant à l'intercalation de 0, 1, 2 ou plus rarement 3 couches d'eau dans l'espace interfoliaire. Ce gonflement séquentiel a pu être mis en évidence dès les années 30 par l'analyse des raies 00 ℓ des diffractogrammes de rayons X expérimentaux (Bradley et al., 1937). Sur la base de l'épaisseur des feuillets individuels, différents types de feuillets correspondant à différents états d'hydratation ont pu être définis : état déshydraté (0W, d_{001} = 9.7-10.2 Å), monohydraté (1W, d_{001} = 11.6-12.9 Å), bihydraté (2W, d_{001} = 14.9-15.7 Å) et trihydraté (3W, d_{001} = 18.4-19.0 Å). Cependant, les hétérogénéités cristalochimiques dans la localisation de la charge foliaire (charges partiellement répartie entre couches tétraédriques ou octaédriques) et/ou dans la quantité de charge (d'un feuillelet à l'autre ou bien au sein du même feuillelet) conduisent le plus souvent à la coexistence de plusieurs états d'hydratation au sein des mêmes cristaux. Ces hétérogénéités d'hydratation conduisant à la présence de structures interstratifiées peuvent être révélées qualitativement par diffraction des rayons X. En effet, selon le principe de Méring (1949), dans le cas d'une structure avec une interstratification aléatoire de deux types de feuillets ayant des épaisseurs (ou états d'hydratation) contrastées, les positions des raies 00 ℓ de diffraction résultantes seront situées entre les positions des raies des pôles constitués de 100% d'un seul type de feuillets (ou structures périodiques). De plus, selon ce même principe, plus les positions 00 ℓ des pôles purs seront espacées, plus les raies de diffraction résultantes seront larges et peu intenses. Ainsi l'analyse qualitative de la position et de la forme des raies de diffraction X peut aider à l'interprétation quant à la nature interstratifiées des structures cristallines observées ainsi que sur les types de feuillets concernés mais seule la modélisation des raies 00 ℓ des diffractogrammes expérimentaux sur la base d'une approche par essai-erreur peut permettre leur quantification (Ferrage et al., 2005). Selon cette approche modélisatrice, un diffractogramme théorique est calculé à partir d'un modèle structural incorporant toutes les informations sur les feuillets (proportion, épaisseur et quantité d'eau pour les feuillets 0W, 1W, 2W ou 3W). Le profil de diffraction X est alors comparé au diffractogramme expérimental et le modèle structural ajusté jusqu'à une reproduction la plus proche possible de la position et de la forme des différentes raies de diffraction. Dans cette présentation nous montrerons que les modèles structuraux ainsi obtenus permettent de décrire l'évolution en fonction de l'humidité relative de la proportion des différents types de feuillets ainsi que leur épaisseur et leur quantité d'eau respective (Ferrage et al., 2010; Faurel, 2012). De plus, la comparaison avec les données de quantité d'eau totale obtenues par gravimétrie de sorption de vapeur d'eau permet de dresser un bilan quantitatif des différents types de molécules d'eau (eau sous forme 1W ou 2W, eau porale) dans l'échantillon et de révéler la grande hétérogénéité structurale des montmorillonites naturelles classiquement considérées comme minéraux standards (Prêt, 2013). Enfin nous montrerons comment cette technique peut permettre de contraindre les modèles moléculaires afin de rendre compte de l'organisation de l'eau et des cations dans l'espace interfoliaire des smectites (Ferrage et al., 2011).

Bradley W.F., Grim R.E. et Clark G.F., 1937 - A study of the behavior of montmorillonite upon wetting. Zeitschrift für Kristallographie 97:216-222.

Faurel M., 2012 - Conception et mise en place d'expériences de diffusion de l'eau et de solutés dans des milieux poreux modèles d'argiles gonflantes. Thèse de l'Université de Poitiers, 200pp.

Ferrage E., Lanson B., Sakharov B.A. et Drits V.A., 2005 - Investigation of smectite hydration properties by modeling of X-ray diffraction profiles. Part 1. Montmorillonite hydration properties. American Mineralogist 90:1358-1374.

Ferrage E., Lanson B., Michot L.J. et Robert J.L., 2010 - Hydration properties and interlayer organization of water and ions in synthetic Na-smectite with tetrahedral layer charge. Part 1. Results from X-ray diffraction profile modeling. Journal of Physical Chemistry C 114:4515-4526.

Ferrage E., Sakharov B.A., Michot L.J., Delville A., Bauer A., Grangeon S., Frapper G., Jimenez-Ruiz M. et Cuello G.J., 2011 - Hydration properties and interlayer organization of water and ions in synthetic Na-smectite with tetrahedral layer charge. Part 2. Towards a precise coupling between molecular simulations and diffraction data. Journal of Physical Chemistry C 115:1867-1881.

Méring J., 1949 - L'interférence des rayons-X dans les systèmes à stratification désordonnée. *Acta Crystallographica* 2:371-377.

Prêt D., Ferrage E., Tertre E., Pelletier M., Robinet J.C., Faurel M., Bihannic I. et Hubert F., 2013 - X-ray Tomography and Impregnation Methods to Analyze Pore Space Heterogeneities at the Hydrated State. *Radioactive Waste Management, NEA/RWM/CLAYCLUB(2013)* 1:75-83.

L'influence de la force ionique et de la vitesse d'écoulement sur le transfert et la rétention des colloïdes dans un sol hétérogène non saturé.

Dieuseul Predelus, Artur Coutinho, Laurent Lassabatere, Thierry Winiarski, and Rafael Angulo-Jaramillo

Université de Lyon, LEHNA UMR 5023 CNRS, ENTPE, UCB-Lyon 1, Vaulx-en-Velin, France

*Auteur correspondant : dieuseul.predelus@entpe.fr

Ces dernières années beaucoup d'études ont été réalisées pour comprendre et modéliser le transport et la rétention des colloïdes dans la zone non saturée car ceux-ci constituent un vecteur important de substances chimiques éventuellement polluantes. Ce travail présente l'influence de la force ionique et de la vitesse d'écoulement sur la rétention des colloïdes dans un milieu poreux hétérogène et non saturé. Les expériences sont réalisées en colonne de laboratoire (D=100 mm, L=300 mm) avec un matériau bimodal composé de 50% de sable (0-2mm) et de 50% de gravier (4-11mm) en proportion massique. Des nanoparticules (SiO₂-Au-FluoNPs) de silice, de diamètre hydrodynamique compris entre 50-60 nm, dopées par des molécules organiques ont été utilisées pour tracer l'écoulement des colloïdes et un traceur inerte, l'ion bromure, pour caractériser l'écoulement de l'eau. Cinq forces ioniques (10⁻³M à 10⁻¹M) et trois vitesses d'écoulement différentes (16 mm/h, 38 mm/h, 76 mm/h) et inférieures à la conductivité hydraulique à saturation du milieu ont été testées. Le modèle de transfert de non équilibre hydrodynamique à fractionnement de l'eau en deux phases mobile et immobile, MIM, ajuste adéquatement les données expérimentales. Les résultats prouvent que l'augmentation de la vitesse d'écoulement contribue à une diminution de la rétention des colloïdes. Les forces hydrodynamiques semblent remobiliser les colloïdes faiblement attachés. De plus, une vitesse d'écoulement et une teneur volumique en eau faible conduisent à une augmentation de l'interface air-eau dans la colonne, créant ainsi des causes additionnelles de piégeage faible des colloïdes. Par ailleurs, une vitesse d'écoulement faible conduit à mieux homogénéiser l'écoulement, car la fraction d'eau mobile est plus importante dans ce cas. La force ionique fait varier la composition chimique du milieu et en fonction de son intensité, elle favorise ou pas la rétention de colloïdes. Le profil vertical de concentration totale de colloïdes obtenue en fin d'expérience indique que les colloïdes sont d'avantage retenus à l'entrée de la colonne. Ces résultats permettront de mieux comprendre l'influence hydrodynamique et de la géochimie de la solution sur le transfert et la rétention des colloïdes en zone non saturée hétérogène.

Mots clés : *Force ionique*, modélisation, sol non-saturé, transfert *colloïdal*, vitesse d'écoulement

Contribution des colloïdes à la mobilité des contaminants (Pb, As et Sb) : Etude spatio-temporelle in situ et test de lixiviation sur un anthroposol développé sur résidus miniers

Bo Hu¹, Marilyne Soubrand^{1*}, Emmanuel Joussein¹ et Geneviève Feuillade²

1 Université de Limoges, Groupement de Recherche Eau Sol Environnement (GRESE) EA 4330, Faculté des Sciences et Techniques, 123 avenue Albert Thomas 87060 Limoges Cedex France.

2 Université de Limoges, Groupement de Recherche Eau Sol Environnement (GRESE) EA 4330, ENSIL, Parc Ester Technopôle, 16 rue Atlantis, 87068 Limoges, France.

* Auteur correspondant : marilyne.soubrand@unilim.fr

La problématique de l'évolution des anthroposols développés sur résidus miniers revêt un intérêt majeur pour évaluer les risques de transfert de pollution métallique et métalloïde et de contamination de l'environnement. Cette étude a pour objectif de caractériser la contribution des colloïdes à la mobilité du plomb, de l'arsenic et de l'antimoine dans un anthroposol développé en région Limousin (France) sur des résidus miniers issus d'une ancienne mine d'or. Pour cela, deux méthodologies différentes mais complémentaires ont été appliquées : une étude spatio-temporelle in situ et des tests de lixiviation en laboratoire. L'étude in situ a révélé des fluctuations des paramètres physico-chimiques et chimiques des solutions de sol en fonction de la profondeur et au cours du temps. Il a été observé un comportement différent à l'échelle du profil de sol de Pb par rapport à As et Sb, malgré la ressemblance géochimique entre As et Sb. Ces comportements peuvent être expliqués par la nature différente de leurs phases porteuses, ainsi que par les différences de réactivité au cours de la pédogenèse. Dans les solutions de sol, ces phases sont infra micrométriques et/ou nanométriques et leur mobilité est dépendante des conditions physico-chimiques du milieu ainsi que des caractéristiques de la matière organique du sol. Ces résultats montrent l'importance de comprendre, à l'aide d'un suivi in situ, la mobilité des métaux et métalloïdes dans des milieux complexes et riches en matière organique afin d'évaluer le risque de pollution lié aux sites et sols pollués. Les tests de lixiviations ont non seulement partiellement reproduit l'étude in situ, mais ils ont pu aussi prévoir sur le long terme à la fois la nature des matières organiques lixiviées et une contribution plus importante des colloïdes sur la mobilité des métaux et métalloïdes dans le sol. La complémentarité des tests de lixiviation en laboratoire vis-à-vis de l'étude in situ a été avérée.

Mots clé : anthroposol minier, colloïdes, métaux et métalloïdes, mobilité, matière organique, suivi spatio-temporel, lixiviation

Méthode 14C-PMMA : principes, applications et développements.

Paul Sardini

Institut IC2MP, Equipe HydrAsa, Université de Poitiers, France.

paul.sardini@univ-poitiers.fr

La méthode d'imprégnation au PMMA (polyméthyleméthacrylate) a été développée au début des années 90 au laboratoire de radiochimie de l'Université d'Helsinki, Finlande. Elle consiste en l'imprégnation à cœur d'un matériau poreux par la résine MMA (méthylméthacrylate) dopé au 14C ou au 3H. Le MMA possède une très faible viscosité, un faible encombrement, sa molécule est plane, et est polaire (son moment dipolaire est proche de l'eau) : elle est capable de pénétrer tous les espaces poraux (jusqu'à l'espace interfoliaire des argiles). La polymérisation *in situ* de ce monomère, la découpe, l'autoradiographie de la surface de coupe et le calcul d'une carte de porosité constituent la dernière étape de cette méthode.

Cette méthode a été appliquée avec succès à de nombreux géomatériaux qu'ils soient artificiels ou naturels. Historiquement, elle a été développée pour la caractérisation des matériaux faiblement poreux (granitoïdes), puis elle a été généralisée aux roches métamorphiques (gneiss, marbres), aux sédiments consolidés (calcaires, grès etc), aux cataclasites, aux argillites, aux bentonites compactées, et aux matériaux cimentaires. La corrélation entre la porosité et la minéralogie sous jacente permet de mieux comprendre comment un matériau hétérogène réagit vis-à-vis d'une sollicitation physique (température pression par exemple) et/ou chimique (interaction avec un fluide). La connaissance détaillée de la porosité et de sa distribution spatiale permet également de décortiquer les propriétés de transport (perméabilité/diffusion) du matériau étudié.

L'analyse numérique de l'autoradiographie conduit à dresser une carte de porosité du matériau sur le plan de coupe. Cette carte se calcule en considérant que le traceur radioactif est dilué point par point dans la roche. Même si cette hypothèse semble relativement forte, surtout pour les roches microfissurées, la confrontation des mesures globales PMMA / mesures par triple pesée a confirmé l'aspect quantitatif de l'approche PMMA. Comparativement à la microscopie à balayage, la méthode PMMA s'applique à des échantillons de taille pluricentimétriques. Elle permet de visualiser dans sa globalité la distribution de la porosité dans les géomatériaux, mais n'apporte pas d'information sur la taille des pores inférieurs à 200-300 μm , sauf pour le cas des microfissures. Comparativement à la microtomographie de rayons X, cette méthode est bidimensionnelle. Par contre, elle permet de voir sur une grande coupe la distribution spatiale de la porosité ; cet aspect constitue un gros avantage sur la microtomographie de rayons X, qui pour résoudre les pores de petite taille doit s'appliquer à des échantillons de volume très limité (mm^3).

Les développements actuels de la méthode se concentrent principalement sur les points suivants : comparatif avec les méthodes de détection par résines fluorescentes, imprégnation des matériaux argileux, imprégnation de matériaux humides, calcul de l'ouverture des fissures et microfissures. Piloté par la société ERM Sarl, le projet européen Posinam (Pore Space Geometry in Natural and Artificial Materials, 2009-2013) a permis récemment de construire un laboratoire d'imprégnation des géomatériaux sur le site du campus de Poitiers.

Impact de la dispersion locale sur la macro-dispersion

A. Dartois¹, A. Beaudoin^{1*}, S. Huberson¹ et J.R. de Dreuzy²

1 Institut Pprime, SP2MI Téléport 2, Boulevard Marie et Pierre Curie, BP 30179, 86962 Futuroscope Chasseneuil Cedex.

2 Géosciences de Rennes, Université Rennes 1, Cedex.

anthony.beaudoin@univ-poitiers.fr

L'hétérogénéité des formations géologiques naturelles, induite par des processus géologiques lents, joue un rôle important dans la migration de contaminants inertes dans les eaux souterraines. Les formations géologiques naturelles étant difficiles d'accès, la modélisation numérique permet de caractériser ce rôle. Couplée à du calcul intensif, la modélisation stochastique des phénomènes d'écoulement et de transport a permis de déterminer en partie les lois de transport dans des milieux hétérogènes 2D et 3D [2, 3]. En 2D, la macro-dispersion longitudinale DL suit une loi quadratique en fonction de la variance σ_y^2 de la perméabilité K . Ceci contredit la théorie des perturbations qui prédit une loi linéaire en fonction de σ_y . Sans la diffusion moléculaire Dm , la macro-dispersion transversale DT est nulle comme le montre la théorie des perturbations. A la différence de DT , DL décroît en présence de Dm . En 3D, DT est non nulle. DL suit une loi exponentielle en fonction de σ_y^2 alors que DT suit une loi quadratique en fonction de σ_y^2 . Dans [1], l'effet de la dispersion locale $\sigma_L = \sigma_T$ été étudiée en 2D. Les résultats obtenus montrent que $\sigma_L = \sigma_T$ tend à réduire DL alors qu'elle a un effet contraire sur DT . Cet effet est beaucoup plus faible que celui de Dm . Pour les plus fortes hétérogénéités, $\sigma_L = \sigma_T$ peut engendrer une réduction maximale de 25% de DL . Pour finaliser la caractérisation du rôle de l'hétérogénéité du milieu naturel sur la migration de contaminants inertes, nous étudions l'influence de la diffusion moléculaire Dm et de la dispersion locale $\sigma_L = \sigma_T$ sur la macro-dispersion dans des milieux poreux hétérogènes 3D. Dans cette étude, la perméabilité K suit une distribution lognormale gaussienne, caractérisée par une longueur de corrélation σ_y et une variance σ_y^2 . Dans les simulations numériques, σ_y est fixée à 10 et σ_y^2 varie entre 0,5 et 2. La macro-dispersion est évaluée numériquement en utilisant des simulations parallèles sur des grilles de taille allant de $100\sigma_y$ à $400\sigma_y$. Le nombre de simulations de Monte Carlo est fixé à $MC = 100$ et le nombre de particules à $Np = 10000$. Pour Dm , quatre valeurs du nombre de Péclet sont étudiées, $Pe = 10, 20, 100$ et 1000 . Les premiers résultats sont donnés sur la Figure 1. Fig. 1a représente la variation relative ΔDL de la macro-dispersion longitudinale DL par rapport à sa valeur asymptotique en convection pure en fonction du nombre de Péclet Pe pour différentes valeurs de la variance σ_y^2 de la perméabilité K . On note que Dm a pour effet de réduire la valeur asymptotique de DL comme en 2D. Cependant l'effet est démultiplié par rapport au 2D. On peut atteindre une réduction de l'ordre de 60%. Fig. 1b représente la variation relative ΔDT de la macro-dispersion transversale DT par rapport à sa valeur asymptotique en convection pure en fonction du nombre de Péclet Pe pour différentes valeurs de la variance σ_y^2 de la perméabilité K . Comme en 2D, on observe une augmentation de DT . Mais l'augmentation est plus importante en 3D qu'en 2D. L'effet de la dispersion locale $\sigma_L = \sigma_T$ est en cours afin de poursuivre l'effort de caractérisation des lois de transport dans des milieux poreux très fortement hétérogènes en 3D.

[1] A. Beaudoin, J.R. de Dreuzy, J. Erhel, Numerical Monte Carlo analysis of the influence of pore-scale dispersion on macrodispersion in 2D heterogeneous porous media, *Water Resources Research*, Vol. 46, 2010.

[2] A. Beaudoin, J.R. de Dreuzy, Numerical assessment of 3-D macrodispersion in heterogeneous porous media, *Water resources Research*, Vol. 00, 2013.

[3] J.R. de Dreuzy, A. Beaudoin, J. Erhel, Asymptotic dispersion in 2D heterogeneous porous media determined by parallel numerical simulations, *Water resources Research*, Vol. 43, 2007.

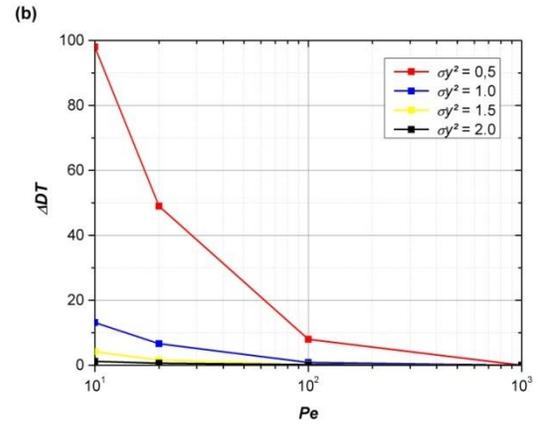
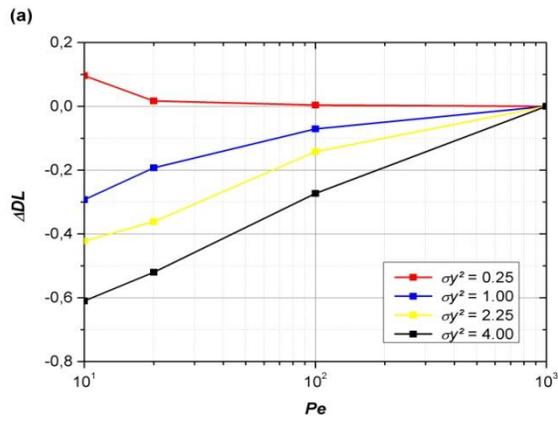


Fig. 1 : Variation relative des macro-dispersions, longitudinale ΔDL (a) et transversale ΔDT (b), par rapport à sa valeur asymptotique en convection pure en fonction du nombre de Péclet Pe pour différentes valeurs de la variance σ_y^2 .

Caractérisation des infiltrations profondes sous système drainé. Application à la parcelle de Boissy le Chatel

Bacha Fella¹, Henne Hocine^{1*}, Clement Rémi¹, Guerin Alain¹, Chaumont Cédric¹, Toumebize Julien¹

¹ Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA), Unité Hydrosystèmes et Bioprocédés. 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92161 Antony; France.

2

* Auteur correspondant : hocine.henine@irstea.fr

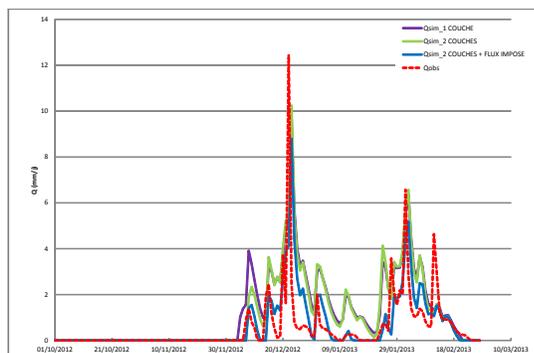
Le drainage agricole est un dispositif utilisé pour faire face à l'engorgement temporaire des sols hydromorphes. La parcelle expérimentale de Boissy le Chatel (Orgeval, Seine et Marne) mise en place en 1972, est un exemple de ce type de sol. Sous un système de drainage, l'infiltration profonde a été classiquement négligée dans les études hydrologiques compte tenu de l'existence d'un horizon à forte teneur en argile supposé imperméable. Or, compte tenu du contexte géologique de la parcelle ainsi que de ses conditions aux limites, la recharge de la nappe de Brie, sous jacente, ne peut que provenir de cette infiltration profonde.

L'objectif de notre travail est, dans un premier lieu, d'arriver à comprendre le fonctionnement hydrologique de la parcelle et, ensuite, mettre en relation le fonctionnement avec les fluctuations de la nappe de Brie observées afin d'arriver à décrire l'infiltration profonde. Ceci est réalisé à partir de l'exploitation des données expérimentales menées sur la parcelle de Boissy depuis de longues années. Elles représentent une source importante de données qui nous permettent d'établir des schémas d'écoulements de l'eau pour mettre en évidence cette relation.

La mise en évidence de cette infiltration profonde s'est faite selon trois axes d'études. Dans le premier axe, deux approches complémentaires ont été utilisées. La première approche consiste en une étude hydrologique, où les données climatiques et hydrologiques sont exploitées pour quantifier l'infiltration profonde qui a été estimée à environ 40 mm sur la période d'étude entre le 01/10/2012 et le 27/02/2013. La deuxième approche est consacrée à l'exploitation des pressions et de la teneur en eau pour caractériser le transfert hydrique et à limiter la suite de l'étude sur la période où ce transfert est observé.

Quant au deuxième axe, il consiste à l'introduction de la géophysique dans le but de spatialiser l'information hydrologique par analyse des panneaux de tomographie de résistivité électrique. Cela permet aussi le suivi des variations de l'humidité du sol et l'observation de son évolution au cours du temps et en profondeur. Par la suite, une validation de l'étude hydrologique a été faite à travers une confrontation temporelle des résultats des résultats des deux axes. La géophysique nous a rapporté une information complémentaire aux mesures de la teneur en eau malgré les incertitudes sur la spatialisation de l'information.

Enfin, le troisième axe s'appuie sur une modélisation simulant les débits drainés au niveau de la parcelle à l'aide de l'outil de simulation Hydrus-2D qui résout l'équation de Richards par la méthode des éléments finis. Cette démarche introduit une discrétisation du système en intégrant des conditions aux limites spécifiques (système monocouche, double couche avec ou sans échange sous jacent. L'analyse de la performance du modèle pour reproduire les débits observés montre une amélioration du critère de Nash de 0.16 à 0.73 en intégrant une infiltration profonde. Les résultats de la modélisation nous ont permis ainsi de quantifier le flux profond infiltré à travers la couche imperméable et de déterminer sa variation temporelle.



Modélisation du colmatage des milieux poreux saturés par des suspensions de particules

A. Beaudoin^{1*}, H. Wang², A. Alem² et H. Wang²

1- Institut Pprime, SP2MI – téléport 2, Boulevard Pierre et Marie Curie, 86962 Futuroscope Chasseneuil Cedex.

2- LOMC - Université du Havre, 53 Rue Prony, 76058 Le Havre Cedex

anthony.beaudoin@univ-poitiers.fr

La modélisation du transport de particules fines en suspension dans les milieux poreux saturés est impliquée dans de nombreux domaines de recherche, telles que la protection environnementale et l'exploitation pétrolière. La compréhension des mécanismes qui contrôlent la migration de particules fines dans les milieux poreux saturés est une étape cruciale. La théorie de la filtration, utilisée classiquement pour la modélisation du dépôt et du relargage des particules fines dans les milieux poreux saturés, est basée sur de simples cinétiques du premier ordre. Cela amène à une incorrecte décroissance exponentielle de la concentration de particules fines dans les suspensions avec la distance dans les milieux poreux saturés. Des modifications à la théorie de la filtration ont alors été proposées afin de remédier à ce problème. [1] indique que le blocage des particules fines dans les pores est fonction de la distance parcourue dans les milieux poreux saturés. Une loi en puissance, fonction de la distance d'imprégnation, a été proposée pour simuler ce mécanisme. [2] montre que le relargage des particules fines déposées dans les milieux poreux saturés est engendré par la force hydrodynamique appliquée dans les pores des milieux poreux saturés. Une loi fonction de la contrainte de cisaillement appliquée sur les pores des milieux poreux saturés a été proposée. [3] propose une fonction de filtration qui permet de prendre en compte la variation dans le temps du dépôt des particules fines dans les milieux poreux saturés. L'objectif de ce travail est de proposer une nouvelle modélisation du colmatage des milieux poreux saturés par des suspensions de particules fines en intégrant les modifications antérieures apportées à la théorie de filtration :

Cinétiques de dépôt et de relargage :

$$K_{dep} = K_{dep}^0 \cdot \theta(x) \cdot \varphi(\omega_p) \quad (1)$$

$$K_{rel} = K_{rel}^0 \cdot \vartheta(\tau) \quad (2)$$

Fonctions de filtration, de blocage et de cisaillement :

$$\varphi(\omega_p) = 1 + b_1 \cdot \left(\frac{\omega_p}{\omega_{pmax}} \right) + b_2 \cdot \left(\frac{\omega_p}{\omega_{pmax}} \right)^2 + b_3 \cdot \left(\frac{\omega_p}{\omega_{pmax}} \right)^3 \quad (3)$$

$$\theta(x) = \left(\frac{L_b + x}{L_b} \right)^{-1} \quad (4)$$

$$\vartheta(\tau) = \begin{cases} (1 - \tau_{cr}/\tau)^n & \tau > \tau_{cr} \\ 0 & \tau \leq \tau_{cr} \end{cases} \quad (5)$$

Cette nouvelle modélisation a été confrontée à des données expérimentales obtenues dans des colonnes de laboratoire. La Figure 1 représente la courbe de restitution à la sortie de la colonne de laboratoire et l'état de la porosité dans la colonne de laboratoire à la fin de l'expérience pour une concentration d'injection de 1,5 g/l. On observe que la nouvelle modélisation permet de reproduire correctement le colmatage.

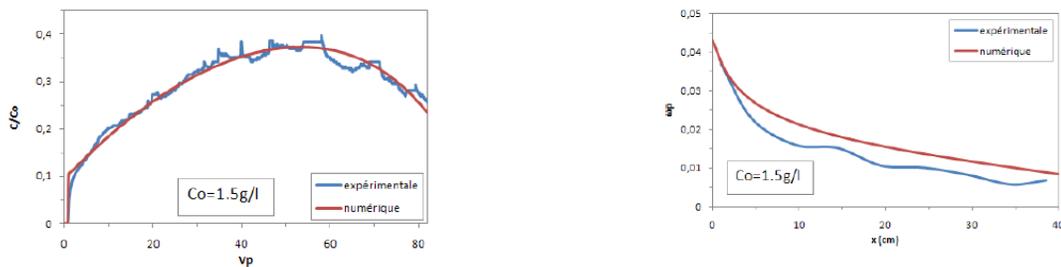


Fig. 1 : Courbe de restitution et porosité dans la colonne de laboratoire pour une concentration d'injection de 1,5 g/l.

[1] S. Bradford, S. Yates, M. Bettahar and J. Simunek, Physical factors affecting the transport and fate of colloids in saturated porous media. Water resources research, 38 (12), 1327 (2002).

[2] R. Bai and C. Tien, Effect of deposition in deep-bed filtration : determination and search of rate parameters, Journal of colloid and interface science, 231, 299-311 (2000).

[3] O. Ganaoui, E. Schaaff, P. Boyer, M. Amielh, F. Anselmet and C. Grenz, The deposition and erosion of cohesive sediments determined by a multi-class model, Estuarine, coastal and shelf science, 60, 457-475 (2004).

Session II : Géo-matériaux

Conférence Dr J.D. Mertz (Laboratoire Recherche Monuments Historiques, Champs sur Marne) :

Les argiles dans la dilatation et le dessalement des pierres du patrimoine bâti

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques USR3224 LRMH-CRCC-MNHN-CNRS
29 rue de Paris, 77420 Champs sur Marne
jean-didier.mertz@culture.gouv.fr

A travers deux exemples, on se propose de décrire le rôle spécifique joué par les minéraux argileux sur le comportement de la pierre monumentale dans un concept de conservation, c'est-à-dire dans les conditions de mise en œuvre et d'exposition sur un bâtiment qui diffèrent de celles du milieu naturel

Dans une première partie, on caractérise l'influence des minéraux argileux contenus dans les pierres gréseuses soumises aux fluctuations d'humidité et de température, en prenant en référence les grès rouges du trias germanique en œuvre sur la cathédrale de Strasbourg. Dans ces pierres, les minéraux argileux sont constitués d'illite, de kaolinite et parfois de smectite, concentrées autour des grains sous la forme d'une matrice ou d'un *coating* argilo-ferrugineux. La sensibilité et la réactivité de ce liant matriciel aux variations de l'humidité relative de l'air sont bien connues. Toutes les recherches suggèrent que l'amplitude de la dilatation associée est reliée à la présence de minéraux argileux, mais surtout à leur nature et leur répartition. Les mécanismes de gonflement (Madsen et Müller-Vonmoss¹, 1989 ; Van Damme², 2002) impliqués dans ces matériaux génèrent, au cours des cycles répétés d'humidification-séchage, une expansion puis une rétraction qui peuvent, sur le long terme, être dommageables au-delà d'un seuil critique de déformabilité voisin de $0,4$ à $0,8 \cdot 10^{-3}$ (Wangler et al.³, 2011). Il en découle une fatigue de la pierre, suffisante pour induire une déformation inélastique et provoquer un dommage précoce de sa partie superficielle. Les contraintes résiduelles associées aux variations de dilatation des grès peuvent aboutir à des fissures, des déplaquages ou des desquamations. Si de plus, les matériaux sont contaminés par des sels, l'intensité des altérations est accrue et témoigne en partie des interactions entre les argiles et les ions présents en solution. En se basant sur la mesure de la dilatation d'argiles pures (kaolinite, illite, smectite), on décrit le comportement en dilatation hygrique de différents grès proposés comme matériaux de remplacement (Colas et al.⁴, 2011), en fonction des propriétés physico-chimiques de leur matrice argilo-ferrugineuse.

Dans cette seconde partie, on présente certaines avancées technologiques récentes réalisées dans le domaine de la conservation de la pierre et de l'assainissement des surfaces par dessalement. La présence de sels est un facteur majeur de l'altération des pierres. Jusqu'à un passé récent, le dessalement consistait à appliquer sur les supports contaminés, des cataplasmes à base de cellulose humidifiée. Le processus mis en jeu dans ce type d'extraction est la diffusion, dont la force motrice résulte d'un gradient de concentration des ions en solution. L'efficacité pratique de ce procédé a régulièrement été remise en cause, prétextant une opération peu efficace et surtout longue, souvent incompatible avec les exigences des chantiers. Le projet européen «PF6 Desalination» a permis de préciser les mécanismes de transfert lors d'un dessalement par application de compresses (Pel et al.⁵, 2010). Les principes physiques mis en jeu sont la diffusion et l'advection, dont le contrôle est évalué par le nombre de Peclet. Le mécanisme d'advection étant significativement plus rapide, plusieurs applications successives de compresses peuvent ainsi être envisagées pour accroître l'efficacité du dessalement. Favoriser un transfert par advection nécessite d'adapter les propriétés microstructurales et porales de la compresse en fonction de celles du substrat à dessaler (Lubelli et al.⁶, 2010 ; Bourgès et al.⁷, 2010). L'introduction d'argiles de type kaolinite et bentonite dans la formulation de compresses *ad hoc* appropriées à la pierre considérée, permet d'atteindre cet objectif.

¹Madsen et Müller-Vonmoss, 1989, *Applied Clay Science*, 143-156

²Van Damme, 2002, in Coussy et Fleureau (dir.), *Mécanique des sols non saturés*, Lavoisier, Paris, 23-68

³Wangler et al., 2011, *Environmental Earth Science*, 63, 1565-1572

⁴Colas et al., 2011, *Applied Clay Science*, 52, 245-252

⁵Pel et al., 2010, *Journal of Cultural Heritage*, 11, 59-67

⁶Lubelli et Van Hees, 2010, *Journal of Cultural Heritage*, 1, 10-18

⁷Bourgès et al., 2010, *Monumental 2010*, Ed. Monum, 82-83

Comportement hydrique et structural de mélanges pouzzolane-compost utilisés dans la mise en œuvre de toitures terrasses végétalisées

Sammartino S.^{1*}, Ruy S.², Etievant R.^{2,3}, Belarbi R.³

- 1 UAPV, UMR "EMMAH", Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9
- 2 INRA, UMR "EMMAH", Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9
- 3 LaSIE, Université de La Rochelle, 17042 La Rochelle Cedex1

* Auteur correspondant : stephane.sammartino@univ-avignon.fr

La mise en place de Toitures Terrasses Végétalisées (TTV) est une solution innovante pour réduire l'impact des bâtiments sur l'environnement, en particulier leur consommation d'énergie. Le projet AGROBAT¹, qui a pour finalité de permettre aux prescripteurs d'avoir des données fiables sur les avantages "environnementaux" de ce type de toitures, se base sur le développement d'un modèle thermo-hydrique intégrant une approche de modélisation couplée des phénomènes de transfert de chaleur et de masse, à l'échelle de chaque composant (Belarbi et Ouldboukhité, 2012). Hors, il existe peu de données quantitatives concernant les propriétés thermique, hydrique et structurale, des substrats utilisés en remplacement du sol dans les TTV.

Ce papier présente les résultats obtenus en termes de caractérisation hydrique et structurale de trois mélanges pouzzolane – compost modèles. Les lois de comportement hydrodynamique et ont été déterminées, pour les composants primaires (pouzzolane, compost) et pour les mélanges modèles étudiés, en croisant données expérimentales et modèles d'interprétations (Ruy, 2013). L'étude de la structure et des processus d'infiltration a été réalisée à partir d'images 3D et de radiographies obtenues en tomographie d'absorption de rayons RX pour les trois mélanges stabilisés à quatre états d'équilibres hydriques.

Nous montrons que du point de vue hydrodynamique, l'approche par une loi de mélange simple ne permet pas de traduire la variabilité du milieu. En complément, l'imagerie quantitative permet de mettre en évidence une variabilité importante de la structure du milieu en fonction de la teneur en eau ; notamment une macroporosité intergranulaire dispersée pour les états hydriques proches de la saturation et l'existence d'un macropore percolant dès que le milieu s'éloigne de la saturation suivant le degré d'hydratation du compost.

Belarbi R. et S.E. Ouldboukhité (2012) AGRonomie et BATiment : Incidence des toitures végétalisées sur la performance énergétique des bâtiments selon une approche pluridisciplinaire, XXXe Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry, Savoie, 6 au 8 juin 2012.

Ruy S. (2013). Propriétés hydrodynamiques de mélanges compost-pouzzolane utilisés dans la mise en œuvre des Toitures Terrasses Végétalisées. Rapport d'études pour le projet AGROBAT n°ANR-09-HABISOL-001, 01/2010 - 07/2013, Programme HABISOL 2009, Septembre 2013, pp. 53.

Etievant R. – Sammartino S. (2013). Structure et fonctionnement hydrique de mélanges compost-pouzzolane utilisés dans la mise en œuvre des Toitures Terrasses Végétalisées (TTV) - Approche par imagerie quantitative Rapport d'études pour le projet AGROBAT n°ANR-09-HABISOL-001, 01/2010 - 07/2013, Programme HABISOL 2009, Septembre 2013, pp. 90.

¹ AGRonomie et BATiments : Incidence des toitures terrasses végétalisées sur la performance énergétique des bâtiments selon une approche pluridisciplinaire. Projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche. Programme HABISOL 2009.

Comportements physique et hydrique de mélanges de sable et de bentonite de Maghnia soumis à des contraintes de salinité et de sodicité.

Benkhelifa M.¹, Daoud Y.², Belkhdja M.³ et Tessier D.⁴

- 1 Département d'Agronomie, Faculté SNV, Université A. IbnBadis de Mostaganem (UMAB), BP 227, 27000 Mostaganem, Algérie.
- 2 Département de Pédologie, Ecole Nationale Supérieure d'agronomie (ENASA), Hassan Badi El Harrach, 16000 Alger, Algérie.
- 3 Département de biologie végétale, Université Essenia, BP 1524, ElMnaouer 31000 Oran, Algérie
- 4 INRA-Agroparitech, UMR Environnement et Cultures, EGER, BP 01, 78850, Thiverval-Grignon, France.

* Auteur correspondant : benkhelifa@hotmail.com

Les sols sableux, pauvres en particules fines, sont réputés pour leurs déficiences chimiques et physiques. Dans les zones arides et semi-arides, le recours à un amendement argileux est envisagé pour corriger les carences des propriétés originelles de ces sols en particulier la rétention en eau utile pour les plantes.

Ce travail a pour objectif d'étudier l'influence de l'ajout de bentonite de Maghnia, argile de gisement, sur les propriétés physiques de matériaux sableux du plateau de Mostaganem (Nord-Ouest d'Algérie) soumis à des contraintes abiotiques de salinité et de sodicité.

Les résultats montrent que la bentonite de Maghnia modifie complètement les propriétés physiques et hydriques des mélanges argile-sable. Ceci est remarquable non seulement sur les propriétés d'hydratation du mélange mais aussi sur les caractéristiques morphologiques d'un bioindicateur : la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) soumis à des contraintes de salinité et de la sodicité. Par ailleurs, des différences importantes sont observées en fonction de la granulométrie du sable. En effet, le caractère grossier et l'étalement de la texture de ce dernier agissent en faveur d'une atténuation des effets de la salinité et de la sodicité sur le comportement du mélange et celui de la plante. De surcroît, l'effet de la salinité permet de maintenir la conductivité hydraulique saturée (CHs) à des seuils acceptables même quand les valeurs du SAR et de la teneur en argile sont fortes. Ceci a été observé particulièrement pour le sable grossier. La bentonite de Maghnia apparaît ainsi bien adaptée à l'amélioration des sols sableux, non seulement du fait de ses caractéristiques minéralogiques mais aussi du fait de sa forme cationique naturelle et de la présence de calcite en son sein.

Mots clés : matériaux sableux, bentonite, salinité, sodicité, paramètres physiques et hydriques du sol.

La valorisation d'une vase et d'une argile gréseuse comme ajout dans la fabrication d'un eco-ciment

Silina Mohammed¹ Chikouche M, Aziz¹

1 Département de génie civil, Université de M'sila, Algérie

* Auteur correspondant : sm14111976@yahoo.fr

Les silicates de calcium hydratés (CSH), qui attribuent la propriété liante aux ciments, ainsi que la chaux hydratée ou la portlandite, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sont des produits issus des réactions d'hydratation classiques des silicates C2S et C3S. La portlandite provient de la précipitation de l'excès de calcium dans la solution lors de la formation des CSH. Les silicates sont des constituants essentiels du clinker obtenus lors de la cuisson du cru, un mélange fin composé généralement aux environs de 80% de calcaire (majoritairement composé de carbonate de calcium CaCO_3) et de 20% d'argile mélange complexe et souvent hydraté de silice (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et d'oxyde de fer (Fe_2O_3)).

Le processus de fabrication du ciment constitue l'une des sources d'émission de CO_2 les plus importantes au monde avec des émissions s'élevant à 29,0 Tg CO_2 . La libération du CO_2 par le ciment a lieu à deux niveaux: lors de la combustion d'énergies fossiles liée à la production de clinker et lors de la réaction chimique permettant de convertir le calcaire en oxyde de calcium et dioxyde de carbone.

Afin de minimiser le taux d'émissions issues de la production de ciment, il convient donc de s'intéresser plus particulièrement à la production du clinker lui-même. On cherche dans ce travail à exploiter des argiles locales comme ajouts actifs au clinker afin de valoriser ces matériaux, et de limiter le dégagement de CO_2 en réduisant les quantités de clinker utilisées.

Le barrage du K'sob, source de vase :

Le barrage du K'sob, d'une superficie de 1310 km², est situé dans la wilaya de M'sila. Il a subi une opération de surélévation qui a débuté en 1972 et s'est achevée en 1976. Cependant, cette opération s'est avérée insuffisante pour compenser les pertes dues à l'envasement du barrage qui persiste jusqu'à nos jours. Les volumes d'apports solides enregistrés au niveau de ce barrage depuis sa mise en service en 1939 occupent plus de 80% de la retenue. A partir de l'année 2001, une opération de dévasement par dragage a été mise en application ; mais, il surgit le problème d'absence de zone de dépôts de la vase extraite.

M'sila terre d'argile gréseuse :

L'Algérie du nord, peuplée, vivante, ouverte sur la méditerranée, est pour le géologue une zone instable, mobile. De l'Atlas saharien à la mer elle fait partie du vaste système alpin qui n'a pas encore terminé son évolution. Le sud c'est d'abord le désert vide, dur, mort, monotone à l'infini qui commence au pied de l'Atlas saharien. Pour le géologue c'est aussi un autre monde : celui de la vieille Afrique, stable, consolidée depuis des centaines de millions d'années et dans laquelle l'Algérie vient profondément s'enclaver. Le Sahara algérien se comporte comme une grande dalle, elle voit s'accumuler alternativement des sables et argiles continentaux. Les sédiments qui vont se disposer ensuite pendant le tertiaire et le quaternaire seront donc purement « continentaux ».

Au nord de M'sila une zone pluvieuse, avec une moyenne de 18°C annuelle et un vent froid et des croûtes de calcaire et dolomies c'est l'Atlas Tellien, au sud c'est généralement du sable, une zone qui marque le début du Sahara, c'est l'Atlas Saharien, d'où le nom « La portière de Sahara ». Cette zone est riche d'une argile gréseuse de couleur rouge, très abondante et peu exploitée dans l'industrie traditionnelle.

L'objectif de cet article est d'étudier la possibilité d'utiliser la vase extraite de ce barrage, et l'argile gréseuse locale comme ajouts dans la fabrication du ciment.

Formulation géopolymère : influence des rapports molaires Si/Al et Si/K sur les réactions de polycondensation

Autef A¹, Rossignol S¹, Joussein E², Gasgnier G³

¹Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle, Centre Européen de la Céramique, 12 rue Atlantis 87068 Limoges Cedex
(alexandre.autef@etu.unilim.fr)

²GRESE, EA 3040, 123 Avenue Albert Thomas, 87060 Limoges, France

³Imerys Ceramics Center, 8 rue de Soyouz, 87000 Limoges, France

Les géopolymères sont des matériaux synthétisés par activation alcaline d'alumino-silicate à température ambiante. Les alumino-silicates sont obtenus à partir de déchets industriels, d'argiles calcinées, de minéraux naturels ou de mélanges de deux ou plus de ces matériaux. Deux méthodes existent pour activer la réaction chimique : (i) la première est basée sur l'utilisation de solutions de silicate alcalin commerciales (water glass) et (ii) la deuxième sur la fabrication in situ d'une solution de silicate alcalin par dissolution de silice en milieu alcalin.

Cette étude est basée sur la synthèse de matériaux de type géopolymère à partir de différentes sources d'aluminosilicates. Afin d'identifier les paramètres fondamentaux nécessaires à l'obtention d'un matériau de type géopolymère et de comprendre les mécanismes de formation, deux études ont été réalisées : une sur la solution d'activation et l'autre sur l'influence des matières premières minérales. Les paramètres régissant la réactivité de la solution alcaline, tels que le rapport Si/K, la cristallinité et la granulométrie de la source siliceuse, ont été identifiés et étudiés par spectroscopie infrarouge et résonance magnétique nucléaire. Ces deux techniques, couplées à des mesures par analyse thermique, de diffraction des rayons X et des observations au microscope électronique à balayage et en transmission, ont permis d'étudier les différents mélanges réactifs et les matériaux consolidés correspondants. Ainsi, le rapport Si/K, le taux d'amorphe, le taux de métakaolin, la mouillabilité et le rapport Si/Al conditionnent l'obtention d'un matériau de type géopolymère présentant des propriétés mécaniques en compression satisfaisantes.

Systeme constructif multimatériaux bois/liant géopolymérique/brique de terre crue

Fabrice GOUNY¹, Fazia FOUCHAL¹, Pascal MAILLARD², Sylvie ROSSIGNOL¹

¹ *Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI)*

² Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (Ester technopole - Limoges)

Cette étude est basée sur la mise en application d'un liant géopolymérique dans le développement d'un système constructif composite composé de bois et de briques de terre crue. Pour cela des expériences à plusieurs échelles ont été réalisées et ont été focalisées sur la réalisation d'un matériau composite et sur l'évaluation depuis les matières premières jusqu'à l'échelle du mur. La caractérisation des propriétés intrinsèques des matériaux (brique de terre crue, liant géopolymérique poreux et bois) a tout d'abord été entreprise avant l'évaluation mécanique d'un assemblage des trois matériaux. La compréhension des interactions aux interfaces entre le liant et les matériaux, constituant le cœur de l'étude, a été menée par spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN) et infrarouge (IRTF). Ceci a notamment permis de proposer un modèle d'adhésion entre les matériaux. Les mécanismes de formation du liant géopolymérique ont également été examinés, en considérant l'apport d'espèces siliceuses de différentes natures au sein du mélange réactionnel. Enfin un mur a été construit et testé en double enceinte climatique dans le but d'évaluer ses performances de régulation hydrique.

Session III : Sols-Agrosystèmes

L'eau dans les systèmes sol-plantes

Jean-Louis Durand¹, Thierry Bariac²

¹ Unité de Recherche Pluridisciplinaire sur la Prairie et les Plantes Fourragères. INRA. 86 600 Lusignan.

² UMR 7618 Bioemco (CNRS-UPMC-AgroParisTech-ENS Ulm-INRA-IRD-Paris XII), 78850 Thiverval-Grignon, France

Jean-louis.durand@lusignan.inra.fr

La disponibilité en eau est la source principale de la variabilité interannuelle des rendements. Le règlement des conflits d'usage autour de cette ressource vitale nécessite de très bonnes connaissances sur le cycle de l'eau et tout spécialement sur les relations hydriques entre les sols et les communautés végétales. La capacité d'irriguer ne peut désormais se réaliser que dans le cadre d'une économie d'eau stricte, y compris en réduisant les doses en deçà des besoins en eau des plantes pour une productivité maximale. Enfin, les perspectives de la génétique mettent en lumière le rôle crucial de l'occupation du sol par le système racinaire dans la diversité des espèces et des variétés.

La demande en eau des plantes vient essentiellement de la quantité d'énergie solaire absorbée par la végétation et qui, faute d'être convertie dans l'évaporation de l'eau, engendrerait un réchauffement incompatible avec les fonctions biologiques, et ce tout spécialement dans le cas des plantes cultivées dont la gamme de températures est assez restreinte. Cette demande est satisfaite par l'extraction de l'eau dans les zones de sol colonisées par les racines.

Un équilibre entre la quantité de racines et la quantité de feuilles résulte de la croissance végétale parce que les racines sont construites avec les produits de la photosynthèse de la plante, elle-même essentiellement pilotée par la quantité d'énergie visible absorbée et donc les feuilles. La morphogenèse racinaire est par ailleurs coordonnée à la morphogenèse foliaire. Il existe des situations de rupture de cet équilibre au cours de la vie de la plante. Dans le cas des plantes fourragères par exemple, la fauche ou le pâturage réduisent très fortement la végétation sans modifier immédiatement le système racinaire. La demande en évaporation est réduite mais moins que l'assimilation photosynthétique. Parallèlement l'entretien de la biomasse racinaire consomme alors très vite les sucres non structuraux des racines et si la surface foliaire n'est pas rapidement rétablie, une quantité importante de racines disparaît. Seules les plantes qui ont pu avant la sécheresse entretenir un puissant système racinaire valoriseront alors pleinement les réserves du sol.

Ce qui rend très complexe le système rhizosphérique du point de vue de l'extraction d'eau du sol, c'est la structure du sol qui ne se résout pas à un schéma déterministe à l'échelle millimétrique ou centimétrique. De plus, les propriétés du sol (texture, minéralogie, état de la matière organique, structure...) qui contraignent et co-déterminent la structure du système racinaire ont également un impact sur les propriétés hydrodynamiques du sol lui-même. Si l'on ajoute à cela l'opacité fondamentale du milieu où se déroule l'extraction d'eau on comprend qu'il est extrêmement difficile de mesurer les flux d'eau dans le sol pour les relier aux propriétés locales de la rhizosphère. Les principes physiques du mouvement d'eau que ce soit dans le sol ou dans la plante sont certes bien connus, mais il reste très difficile de mesurer correctement ces flux à l'échelle pertinente pour comprendre la compétition pour l'eau entre les individus d'une communauté végétale.

Afin de progresser dans notre compréhension de ces phénomènes, divers analogues de réseaux hydrauliques sont disponibles. Des modèles utiles pour calculer les besoins en eau d'une région à l'échelle de la saison sont souvent impropres à analyser l'effet de variations de l'architecture racinaire sur la consommation en eau. Cependant les derniers sont extraordinairement exigeants en détails sur les paramètres du sol. Les études qui cherchent à relier la consommation en eau du sol à l'alimentation minérale ou à la compétition pour l'eau entre les individus d'une communauté végétale requièrent des approches intermédiaire dans lesquelles *a minima* la profondeur d'extraction d'eau est explicitée. C'est notamment pour mieux comprendre ces relations que l'usage des isotopes dans l'eau (¹⁸O et D) et des variations naturelles de leur abondance dans le sol sont utiles. Il a été ainsi démontré que la profondeur d'extraction d'eau d'une culture de maïs est plus profonde que ce pouvait estimer un modèle d'extraction basé sur des profils de propriétés hydrodynamiques et racinaire, révélant une identification insuffisante des paramètres caractérisant le sol et/ou le système racinaire. Il a également été montré que les phénomènes de

remontées capillaires étaient en général négligeables devant l'extraction racinaire mais que l'estimation de fortes contributions de ces remontées pouvait résulter d'une sous estimation de la profondeur d'enracinement. On a aussi montré grâce à ces techniques que la profondeur d'extraction d'eau varie avec la transpiration au cours de la journée ce qui tend à montrer une variation rapide de la résistance hydraulique entre le sol et les racines. Il est enfin possible de comparer la profondeur d'extraction d'eau à l'échelle individuelle dans des peuplements génétiquement complexes.

Des travaux en cours visent à prendre en compte ces phénomènes pour rationaliser et maximiser l'usage des ressources hydro-minérales du sol à l'aide de communautés végétales semées.

Evolution de la teneur en eau le long d'un versant forestier argilo-limoneux

Deraedt D.* , Colinet G., Degré A.

Unité Systèmes Sol – Eau, Département Sciences et Technologies de l'Environnement, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Passage des Déportés 2, 5030, Gembloux, Belgique.

* Auteur correspondant : deborah.deraedt@ulg.ac.be

Menée par la nécessité de savoir à quel moment et en quelle quantité irriguer, l'évolution de l'humidité du sol en milieu agricole a souvent été étudiée. Depuis quelques dizaines d'années, la question du comportement hydrique sur les parcelles forestières s'est également posée, essentiellement suite au dépérissement de certaines forêts. Bon nombre de ces études se focalisent sur des zones forestières au relief peu prononcé, cependant, une grande partie des forêts est située, au contraire, sur des terrains dont la pente trop importante ne permet pas l'exploitation agricole. L'objectif de cette étude est de déterminer si un versant forestier présente un comportement hydrologique et hydrodynamique différent selon la position sur la pente.

Le site d'étude se situe à Vencimont, dans les Ardennes belges, dans le bassin versant transfrontalier de la Houille, affluent de la Meuse. Le couvert forestier est composé d'un mélange d'épicéa et de Douglas qui a été implanté en 1985. Le versant étudié présente une longueur de 140 mètres et une pente moyenne de 26%. Le sol argilo-limoneux à forte charge caillouteuse schisto-gréseuse est représentatif de la région ardennaise et a été décrit en plusieurs points du versant jusque 1,3 mètres de profondeur. Ce versant est instrumenté avec des capteurs d'humidité (10HS et CS616) depuis le janvier 2013 pour le pied du versant et depuis juin 2013 pour l'ensemble de la zone étudiée. Huit placettes de mesures ont été disposées le long de la pente avec, pour chacune d'entre elles, des capteurs de teneur en eau installés à différentes profondeurs. D'autres paramètres font également l'objet de la campagne de mesures, tels que l'accroissement radial des arbres ou la température du sol.

Les premières mesures humidimétriques mettent en évidence une différence de comportement hydrologique marquée au sein de la toposéquence. Les zones plus planes du versant, c'est-à-dire le sommet et le pied du versant, présentent une dynamique d'humidification classique, les horizons supérieurs réagissent de manière plus rapide et plus intense à un événement pluvieux. Le milieu de versant ne se comporte pas de la même façon face aux averses. Les horizons supérieurs ont tendance à conserver un taux d'humidité plutôt constant, tandis que la teneur en eau des horizons intermédiaires (entre 30 et 60 cm) montrent une claire tendance à donner une réponse nette et rapide.

La prochaine étape de cette étude consistera à confirmer ces résultats par comparaison avec des essais de traçage d'une solution saline grâce à l'ERT (Electrical Resistivity Tomography).

La validité des Fonctions de Pédotransfert développées à partir des sols français : Application à des sols du bassin méditerranéen (Cas des sols de Syrie)

AL MAJOU Hassan^{1*}, BRUAND Ary²

1 : Université de Damas, Département des Sciences du Sol, Faculté Agronomique, PO Box 30621, Damas, Syrie.

2 : Université d'Orléans, CNRS, INSU, Université de Tours, - Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO),
1A Rue de la Férellerie, 45071 Orléans Cedex 2, France.

* : Auteur correspondant : (almajou@yahoo.fr)

En Syrie, l'eau joue un rôle essentiel qui peut être un des facteurs principaux limitant la production agricole, et explique, de ce fait, la faible potentialité agricole alors que la croissance démographique reste forte. La connaissance des propriétés hydriques du sol, en particulier de leurs propriétés de rétention en eau, est une donnée clé d'une gestion appropriée des sols. Les propriétés de rétention en eau ont fait l'objet d'un très grand nombre de travaux aux cours de ces dernières décennies. Cependant, ces propriétés ne sont généralement connues que pour un nombre restreint de sols en raison de la lourdeur et le coût des mesures. Pour répondre à la nécessité de connaître les propriétés hydriques des sols, des outils de prédiction dénommés « fonctions de pédotransfert » ont été développés pour les estimer à partir de caractéristiques du sol plus aisément accessibles (composition granulométrique, densité apparente, teneur en carbone organique, ect.) lors d'inventaire des sols (Rawls *et al.*, 1982 ; Wösten *et al.*, 2001 ; Bruand *et al.*, 2003 et 2004 ; Al Majou *et al.*, 2007).

En dépit du climat semi-aride et aride en Syrie, l'étude des propriétés de rétention en eau n'a pas fait l'objet de travaux conséquents. Les causes en sont nombreuses, notamment la difficulté d'effectuer des mesures sur la totalité des sols. Ainsi, le recours à des méthodes prédictives apparaît le meilleur moyen d'obtenir des données nécessaires à une utilisation optimale et durable des deux ressources fondamentales de la biosphère qui sont l'eau et le sol. Cette étude a donc pour objectif la discussion de performance des fonctions de pédotransfert (FPT) établies à partir du territoire français, lorsqu'elles sont utilisées en dehors de régions dans lesquelles elles ont été développées (application à des sols de Syrie).

Malgré le fait que le prélèvement des échantillons n'a pas été facile à effectuer, un lot de 12 échantillons de sols a été récolté durant les mois de décembre et janvier (2011-2012) dans plusieurs régions de Syrie dans le but de couvrir autant que possible une gamme variée de sols représentatifs du territoire. Les caractéristiques physico-chimiques et les propriétés de rétention en eau ont été déterminées en France. La validité des différentes FPT a été discutée pour des sols du territoire syrien en utilisant plusieurs types de critères statistiques.

Les résultats montrent que les fonctions de pédotransfert (FPT) utilisant la teneur en eau volumique à la capacité au champ avec et sans stratification en fonction de la texture, conduisent à des performances de prédiction (biais et précision) qui sont meilleures que celles enregistrées avec les FPT étudiées (classes de FPT ou FPT continues).

Les résultats montrent par conséquent que l'utilisation des FPT simples (la teneur en eau volumique à la capacité au champ) comme prédicteur a conduit à des prédictions de qualité supérieure à celles enregistrées avec des FPT plus sophistiquées et plus exigeantes. Les résultats montrent aussi que malgré l'importance de la ressemblance entre le jeu de sols utilisé pour établir les FPT et les sols auxquels on les applique, et en raison de manque de FPT établies pour les sols syriens, les FPT développées pour les territoires français ont conduit à des résultats raisonnables.

Al Majou, H., Bruand, A., Duval, O. and Cousin I. 2007. Variation of the water retention properties of soils: validity of class-pedotransfer functions. C.R. Geoscience, 339, 632–639.

Bruand, A., Pérez Fernandez, P., Duval, O., 2003. Use of class pedotransfer functions based on texture and bulk density of clods to generate water retention curves. Soil Use and Management, 19, 232–242.

Bruand, A., Duval, O., Cousin, I., 2004. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO: Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. Etude et Gestion des Sols, 11, 323–334.

Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. and Saxton, K.E. 1982. Estimation of soil water properties. Trans. ASAE, 26, 1747–1752.

Wösten, J.H.M., Pachepsky, Y.A. and Rawls, W.J. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. Journal of hydrology, 251, 123–150.

Analyse du fonctionnement hydrique des sols sous irrigation de complément et son incidence sur la physiologie d'une variété de maïs dans le Sahel Burkina Faso.

Vivien Chaim DOTO¹, Hama YACOUBA¹, Dial NIANG¹, EulogeK. AGBOSSOU²

1 Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 01BP 594 Ouagadougou, Burkina FASO

2 Université d'Abomey-Calavi (UAC), Laboratoire d'Hydraulique et Maîtrise de l'Eau (LMHE), BP 526 Cotonou, Bénin

* Auteur correspondant : vivien.doto@2ie-edu.org

La présente étude a été menée dans la partie sahélienne du Burkina Faso, région caractérisée par des conditions climatiques précaires. En effet, lors de la saison pluvieuse, on enregistre plusieurs poches de sécheresse entraînant du coup la baisse des rendements des cultures céréalières favorisant ainsi l'insécurité alimentaire. En vue de proposer des stratégies d'adaptation par rapport à ces séquences sèches et de réduire la vulnérabilité des producteurs, nous avons mis en place l'irrigation de complément qui consiste à apporter de l'eau aux cultures lorsque la réserve utile du sol diminuera fortement.

Le dispositif expérimental repose sur l'utilisation d'un bassin de rétention (capacité 283 m³) où les eaux de ruissellement ont été collectées pour irriguer une parcelle billonnée comportant trois traitements hydriques (régime pluvial To, régime potentiel hydrique TM et régime hydrique restrictif TR) disposés en blocs aléatoires complet. Le traitement TR correspond à l'application d'une dose d'irrigation d'appoint de 40 mm à la floraison du maïs. Deux unités expérimentales par traitement ont été équipées d'un tube d'accès neutronique de 1 m de profondeur (les mesures se faisant tous les 10 cm jusqu'à 90 cm) et de cinq cannes tensiométriques aux profondeurs 10, 30, 50, 70 et 90 cm). Pour le pilotage de l'irrigation des unités expérimentales sous TM, nous avons seuillé à 600 hPa la tension matricielle des cannes situées à 70 cm de profondeur. Les mesures des variables d'état (humidité du sol et charge de pression) se font journalièrement. La culture utilisée est le Barka qui est une variété de maïs de cycle court (75 jours) très adaptée aux conditions climatiques sahéliennes.

Les résultats obtenus sur le suivi des variables d'état montrent que les unités expérimentales présentent des caractéristiques différentes selon le cycle cultural. En effet, jusqu'au stade de floraison du Barka, le comportement hydrique est le même pour les deux régimes To et TR alors que durant la phase de développement seul le régime potentiel hydrique laisse prévaloir un confort hydrique de la culture. La dose d'irrigation d'appoint de 40 mm appliquée au stade de floraison est à l'origine de la chute de la tension matricielle jusqu'à 50 cm de profondeur pour les unités d'observation sous régime hydrique restrictif par rapport à celle observée dans les unités conduites en régime pluvial. L'analyse des poches de sécheresse agricole a montré que le maïs n'est pas stressé durant la période d'essai à cause de la bonne répartition des pluies. L'analyse du bilan hydrique a montré que seulement 14 à 20 % de l'eau mise à la disposition de la plante ont été perdus par drainage profond et par ruissellement. Ce résultat confirme ainsi le rôle que joue la technique de billonnage dans la conservation des eaux de surface et par surcroît l'endiguement des poches de sécheresse agricole.

La hauteur maximale atteinte par les plantes est de 209 cm et 223 cm respectivement pour To et TR pour un rendement en grain respectif de 4,1 t/ha et 4,6 t/ha à 11 % d'humidité. Les coefficients de variation sont respectivement de 21,4 % et 14,6%. Dans les unités conduites sous le régime potentiel hydrique la hauteur maximale atteinte est de 231 cm pour un rendement en grain de 5 t/ha. L'augmentation moyenne du rendement en grain est de 13 % dans les unités sous TR et 23 % pour celles sous TM. L'efficacité d'utilisation de l'eau demeure sensiblement identique pour l'ensemble des traitements et est située à environ 1,1 Kg/m³. La réponse du rendement à l'eau est évaluée à 1,3 pour le traitement en régime pluvial stricte et 1,1 pour le traitement en régime hydrique restrictif. Ces résultats montrent que l'irrigation d'appoint n'est pas bénéfique en année de bonne répartition des pluies.

Mots clés : Irrigation de complément, bilan hydrique, maïs, Sahel, Burkina Faso

Contribution de l'argile et de la densité apparente sur les caractéristiques de rétention hydrique des sols alluviaux de l'oasis de Guerrara-Mزاب (Sahara d'Algérie)

AZZOUG Lamia ¹, DRIDI Bachir ², HAMDI AISSA Belhadj ^{1 & 3 *}

1 Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire de Biogéochimie des Milieux Désertiques, Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie, Ouargla 30000, Algérie

2 Ecole nationale des sciences agronomiques (ENSA), El Harrach, Algérie

3 Centre de Recherches Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Biskra 07000, Algérie

* Auteur correspondant : hamdi_30@yahoo.fr

L'étude des sols alluviaux, particulièrement ceux des régions sahariennes, constitue une préoccupation majeure en matière de gestion des terres et des eaux dans les zones arides. Le mode d'assemblage des particules élémentaires du sol et la structure du sol sont sensibles à l'utilisation et à la gestion des terres. Leurs rôles vis à vis des propriétés de rétention d'eau doivent être estimés afin d'évaluer les effets de dégradation ou de restauration des sols. De multiples relations numériques ont été développées pour estimer les propriétés de rétention d'eau en relation avec la densité apparente du sol, la contribution de l'argile et la matière organique à des différents potentiels de rétention de l'eau. Ce travail a pour objectif l'établissement de fonctions de pédotransfert à deux niveaux de potentiels de rétention d'eau des sols alluviaux de l'oasis de Guerrara-Mزاب (Sahara d'Algérie). Les mesures et analyses ont été réalisées sur un ensemble de 36 horizons de surface ayant subi un traitement habituel (séchés et tamisés à 2 mm). Le niveau de fiabilité des fonctions de pédotransfert établies a été estimé au moyen de 18 échantillons tests issus des mêmes sols. Les résultats obtenus ont révélé que les propriétés de rétention en eau de ces sols sont fortement influencées par la texture et la matière organique et ont confirmé la nécessité d'effectuer les déterminations sur des échantillons non perturbés. La teneur en limon contribue considérablement à augmenter le pourcentage d'eau disponible. Cependant, la rétention des argiles s'explique par le mode d'assemblage des particules élémentaires d'argile qui dépend à la fois de l'histoire hydrique du sol et de la taille des particules élémentaires. La validation des fonctions de pédotransfert indique que les biais des prédictions sont faibles, traduisant alors une bonne qualité d'estimation des teneurs en eau. Les régressions linéaires mesurées et prédites de la courbe de rétention d'eau du sol, ont montré un bon accord pour les sols de texture relativement fines avec des coefficients de détermination (R^2) de 0,74.

Mots-clés. Sahara, oasis, sols alluviaux, rétention en eau, fonctions de pédotransfert, matière organique, texture

Session IV : Hydromécanique

Les sols gonflants du bassin sédimentaire côtier du Togo : caractéristiques minéralogiques et géotechniques.

Abalo A.¹, Mori M.², Serratrice J.-F.², Borschneck D.³, Affaton P.³ et Johnson C.¹

* Abalo A. : mars17ata@yahoo.fr

1 Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé – TOGO

2 CETE Méditerranée, Pôle d'activités des Milles, Avenue Albert Einstein, CS 70499 - 13593 Aix-en-Provence cedex 3

3 CEREGE, Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, BP 80, 13545 Aix en Provence cedex 4

La pédogénèse du bassin sédimentaire côtier du Sud-Togo a généré des sols argileux gonflants, en particulier au droit des formations géologiques de l'Eocène inférieur et du Continental terminal. Ces sols gonflants sont à l'origine de désordres sur les constructions. Dans la perspective de réduire ces effets, une étude des propriétés de retrait-gonflement des sols gonflants a été entreprise en laboratoire, en commençant par les sols prélevés dans deux localités, Tabligbo et d'Akoumapé. Le programme expérimental comprend des essais d'identification géotechniques (analyses granulométriques, limites de consistance, essais au bleu), des analyses minéralogiques par diffraction aux rayons X, des essais oedométriques avec mesure de la perméabilité, et des essais de retrait-gonflement simplifiés. La fraction argileuse des sols est constituée par un assemblage d'interstratifiés kaolinite/smectite associés à de la kaolinite et parfois à de l'illite (site d'Akoumapé) ou de la palygorskite (site de Tabligbo). Le site d'Akoumapé contient deux types d'interstratifiés dont l'un très riche en kaolinite. Les interstratifiés kaolinite/smectite du site de Tabligbo diffèrent de ceux d'Akoumapé par une proportion plus importante de smectite. Les paramètres géotechniques révèlent que les sols d'Akoumapé sont peu plastiques alors que ceux de Tabligbo sont très plastiques. Ceci se confirme par la perméabilité très faible des argilites de Tabligbo qui est de $6E-12$ à $5E-11$ m/s contre $1E-10$ à $2E-07$ m/s à Akoumapé. Ces argilites présentent une dynamique de retrait-gonflement assez importante. Toutefois, les échantillons remaniés et malaxés à saturation ne présentent pas de déformations de gonflement mais au contraire de fortes déformations de retrait. L'analyse comparée des données géotechniques et minéralogiques révèle que les sols de Tabligbo sont plus argileux et possèdent une dynamique de retrait-gonflement plus élevée. Ils sont donc plus sensibles aux variations des conditions hydriques.

Mots clés: bassin sédimentaire côtier, sols argileux, retrait-gonflement, interstratifiés kaolinite/smectite, Sud-Togo.

Le gonflement des argiles : en finir avec le SAR ?

Bourrié, Guilhem¹

1 INRA UMR 1114 Emma 84914 Avignon

guilhem.bourrie@paca.inra.fr

La réhabilitation des sols salés se fait très mal lorsque la perméabilité diminue fortement. Le SAR (sodium adsorption ratio) continue à être largement utilisé comme indicateur du risque lié à la présence d'argiles gonflantes, à l'initiative de l'US Salinity Laboratory de Riverside (1954). Cependant, Quirk et Schofield ont démontré dès 1955 qu'il fallait considérer également la conductivité électrique de la solution, et qu'il n'était pas nécessaire d'utiliser de grandes quantités de gypse pour réhabiliter les sols salés à argiles gonflantes. Ces auteurs ont défini un seuil critique comme la valeur de la concentration de la solution de l'électrolyte externe à partir de laquelle la perméabilité diminue de 10% à 15% par rapport à sa valeur initiale, lorsque la solution externe est diluée. Le réexamen récent de cet article fondateur et de son impact depuis des décennies (Rimmer et al., 2013) montre l'intérêt de cette notion de seuil de concentration de l'électrolyte. Il montre aussi que le SAR ne décrit pas convenablement l'état des systèmes mixtes Na-Ca, et encore moins des systèmes mixtes Na – K – Ca - Mg. Les données expérimentales montrent que les argiles saturées par le magnésium montrent un seuil plus élevé que les argiles saturées par le calcium, c'est-à-dire que Mg est moins floculant que Ca. Il n'y a donc pas de base expérimentale pour simplement ajouter les concentrations en Ca et Mg. De nombreux travaux montrent aussi que le potassium a un rôle intermédiaire entre celui du sodium et celui des alcalino-terreux. Il y a donc des effets spécifiques des ions. L'application sur le terrain du SAR a conduit à de nombreuses difficultés en présence de carbonates de calcium ou de sodium, d'où des équations empiriques compliquées utilisant une concentration en calcium « corrigée ». Les bases expérimentales du SAR ont donc été reconnues comme très fragiles depuis longtemps, et dans des conditions naturelles très variées par de nombreux auteurs. Un des résultats marquants obtenus par Quirk et Schofield (1955) est que le seuil critique observé correspond à une concentration en calcium identique quel que soit le SAR, et ce pour des forces ioniques différentes. Cette observation a été sous-estimée par la suite, et par Quirk et Schofield (1955) eux-mêmes, peut-être par souci de ne pas heurter de front la conception dominante – de l'époque et encore d'aujourd'hui. La concentration en calcium en solution apparaît donc comme le facteur majeur. La théorie DLVO ne fait intervenir que la valence des ions et la densité de charge du solide. Elle n'explique donc ni l'effet spécifique des ions, différences entre Mg et Ca, entre Na et K, ni l'effet de la localisation de la substitution (octaédrique vs. tétraédrique). Cette théorie reste satisfaisante tant que $I < 0,05$ M (Boström, 2001). Le modèle de pores « à trois cristaux » de Quirk (2003) associe deux géométries de pores, l'une où les couches diffuses se recouvrent, ce qui fait que l'attraction prédomine, et l'autre où les cristaux sont éloignés, ce qui fait que la répulsion prédomine. Mais ceci implique que dans un système mixte Smectite – Na – Ca, les ions Na et Ca n'occupent pas les mêmes sites, ou plus précisément qu'il y a démixtion, c'est-à-dire que les smectites Na – Ca ne sont pas des solutions solides continues entre un pôle pur smectite – Na et un pôle pur smectite – Ca. A partir d'une smectite – Na dispersée, l'échange conduit à la démixtion, certains feuillets adjacents piégeant Ca et expulsant Na. Le seuil de concentration en Ca de Quirk et Schofield (1955) peut donc être vu comme le seuil qui force la démixtion, suivant le mécanisme décrit par Glaeser et Méring dès 1954. Or, s'il y a démixtion, les bases théoriques des réactions d'échange d'ions supposées justifier l'expression du SAR s'effondrent.

Boström, M. 2001. Specific ion effects : why DLVO theory fails for biology and colloid systems. *Physical Review Letters*, **87**.16, 168103-1 – 168103-4.

Glaeser, R. et Méring, J. 1954. Isothermes d'hydratation des montmorillonites bi-ioniques (Na, Ca). *Clay Minerals Bulletin*, **2**, 188-193.

Quirk, J.P. 2003. Comments on « Diffuse double layer models, long range forces, and ordering of colloids ». *Soil Science Society of America Journal*, **67**, 1960-1961.

Quirk, J.P. and Schofield, R. 1955.

Phénomènes de vieillissement rhéologique de sols argileux du bassin de Paris soumis à des cycles hydriques accélérés

Thanh Danh TRAN^{*1}, Martine AUDIGUIER¹, Roger COJEAN¹

1 Mines ParisTech – Centre de Géosciences, Fontainebleau

* Auteur correspondant : thanh-danh.tran@mines-paristech.fr

En France depuis 1976, des périodes de sécheresse prolongée, accompagnées de déficits hydriques importants, ont mis en évidence une grande vulnérabilité des maisons individuelles fondées sur des sols argileux. Le retrait et le gonflement des sols argileux soumis à des cycles répétés de séchage/imbibition sont à l'origine de dégâts importants à ce type d'habitation. Cet article présente les effets de cycles d'humectation/séchage sur le comportement de trois formations argileuses du bassin de Paris, sensibles aux processus de retrait-gonflement. Les Argiles Plastiques du Sparnacien (AP), non carbonatées, sont comparées aux Argiles Vertes de Romainville (AVR), faiblement carbonatées, et aux Marnes Bleues d'Argenteuil (MBA).

Dans les Argiles Plastiques du Sparnacien, les caractérisations minéralogiques et géotechniques de trois niveaux distincts ont été réalisées : un niveau inférieur (API), un niveau moyen (APM) et un niveau supérieur (APS). Ils diffèrent par leur teneur en argiles (<2 μ m) et la nature des minéraux argileux. Ces trois niveaux ne contiennent pas ou pratiquement pas de carbonates. Seul le niveau APM est choisi pour étudier l'effet de cycles d'humectation/séchage sur son comportement et suivre l'évolution microstructurale au cours de ces cycles.

Les résultats sur le comportement d'APM au cours de cycles de retrait/gonflement dans l'oedomètre montrent que les déformations verticales commencent à se stabiliser dès le troisième cycle. Cependant, tous les échantillons étudiés présentent une augmentation progressive de volume due à l'accumulation de gonflements résiduels. Cette observation témoigne d'une irréversibilité partielle du phénomène de retrait-gonflement. En outre, l'ouverture de fissures de retrait au cours du premier séchage, augmentant la perméabilité de l'échantillon, influence la cinétique de gonflement lors des cycles suivants. Tous ces phénomènes sont aussi observés pour les Argiles Vertes de Romainville et pour les Marnes Bleues d'Argenteuil (Yigzaw, 2009). L'évolution de la microstructure des Argiles Plastiques du Sparnacien est étudiée au cours des cycles de retrait/gonflement par porosimétrie au mercure et observée au microscope électronique à balayage. Une augmentation de la porosité en taille et en volume est notée au cours de l'hydratation du matériau, avec création et ouverture progressive de la porosité inter-agrégats et transformation progressive et irréversible de la microstructure au cours des cycles successifs de séchage-humidification. L'augmentation du rayon d'accès de la famille de pores inter-agrégats jusqu'au quatrième cycle et une nouvelle distribution de pores sont à l'origine de cette évolution microstructurale. Aucune modification de la famille de pores intra-agrégat n'est observée au cours des cycles de retrait/gonflement.

L'équipe de recherche a publié différents résultats sur les Argiles vertes de Romainville et les Marnes bleues d'Argenteuil dans le cadre du projet de recherche : « Aléa et risque sécheresse » soutenu par la Fondation MAIF, du projet ARGIC : « Analyse du retrait-gonflement et de ses incidences sur les constructions » soutenu par l'ANR et de la fiche recherche « Sécheresse géotechnique et bâti » du Réseau de recherche sur le développement durable, soutenu par la région Ile-de-France. Les travaux présentés sur les Argiles Plastiques du Sparnacien sont réalisés dans le cadre du projet ARGIC2 : « Construction et sécheresse » soutenu par le MEDDTL.

Session V : Méthodes et Mesures

Evaluation de la porosité des géomatériaux par combinaison de la tomographie de rayons X et de l'autoradiographie

Mazurier A.^{1*}, Caner L.², Parneix J.-C.¹, Siitari-Kauppi M.³, Voutilainen M.^{3,4}, Sardini P.²

- 1 Société Etudes Recherches Matériaux, Poitiers, France.
- 2 Institut IC2MP, Equipe HydrAsa, Université de Poitiers, France.
- 3 HYRL, Laboratory of Radiochemistry, University of Helsinki, Finland
- 4 JYFL, Department of Physics, University of Jyväskylä, Finland.

*Auteur correspondant : arnaud.mazurier@erm-poitiers.fr

Les problèmes industriels, tels que le stockage des déchets, la recherche du pétrole, l'altération des monuments, la migration des polluants, nécessitent d'analyser des géomatériaux, le plus souvent de nature complexe et composés de plusieurs phases minérales, et de caractériser le réseau poreux associé, notamment sa répartition spatiale et sa connectivité.

Dans ce contexte, le projet européen POSINAM (« POre Space Investigation in Natural and Artificial Materials », FP7-IAPP Marie Curie 2008 ; <http://www.posinam.eu/>) a été mené afin de répondre à une demande croissante de l'industrie nécessitant la caractérisation de la porosité de géomatériaux. Ainsi, les objectifs de ce projet visent notamment à (1) améliorer les connaissances sur l'organisation pétrographique des minéraux associés à la porosité, (2) caractériser les hétérogénéités spatiales de porosité à travers l'utilisation d'une technique d'imprégnation des matériaux par une résine MMA (Méthylméthacrylate) radioactive, et (3) de fournir aux industriels des services d'analyses de leurs matériaux et de la porosité associée à travers le développement d'une plateforme technique d'imprégnation au sein de l'Université de Poitiers et des outils d'imagerie 2-3D, permettant à terme de fournir des données réalistes pour alimenter les modèles numériques de transfert de fluides à travers ces matériaux.

Nous présentons ici, une évaluation de la complémentarité de deux approches d'imageries 2 et 3D différentes permettant de caractériser le réseau poreux – l'autoradiographie par imprégnation au ¹⁴C-PMMA (Polyméthylméthacrylate) et la (micro)tomographie de rayons X (μ CT) – à travers l'étude de granodiorites du site de *Bishop Creek* (Sierra Nevada, Californie) réalisée dans le cadre de POSINAM. Ces échantillons issus de moraines quaternaires d'âge compris entre 15 000 et 120 000 ans présentent en effet différents degrés d'altération permettant notamment de relier la formation et l'évolution de la porosité et le degré d'altération des roches à un âge.

La microtomographie, à travers les propriétés d'absorption des rayons X des matériaux, permet la visualisation non invasive et la caractérisation quantitative de la structure du réseau poreux en 3D (e.g. connectivité, tortuosité). Cependant, les résolutions spatiales accessibles pour imager des échantillons de taille réaliste (résolution le plus souvent micrométrique, plus rarement de l'ordre de la centaine de nanomètres), ne permettent pas d'accéder à toutes les tailles d'ouvertures de pores. L'autoradiographie (sur film ou numérique) d'une section de roche après son imprégnation des espaces poreux connectés par une résine radioactive (¹⁴C-MMA) permet en revanche de révéler la porosité fine (nanométrique) et d'évaluer sa distribution spatiale sur des échantillons de tailles pluricentimétriques, mais en 2D. L'association de ces deux techniques complémentaires permettra ainsi d'évaluer précisément la distribution des pores et à terme de proposer des modèles 3D plus réalistes pour les études d'écoulement des fluides et de diffusion.

Mesure de conductivité thermique en surface par la méthode du fil chaud : application aux pierres de bâti ancien et aux sols argileux

Merckx B¹, Radimy T-R¹, J-D Mertz², Dudoignon P¹.

1 Institut IC2MP, ENSIP-HYdrASA, Université Poitiers, 40 Av. du recteur Pineau, 86022 Poitiers cedex

2 Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques USR 3224, 29, rue de Paris, 77420 Champs-sur-Marne.

Auteur correspondant : benoit.merckx@univ-poitiers.fr

Le matériau pierre, constitutif de bâtis anciens et historiques, est généralement incompatible avec des instrumentations invasives. Pourtant les modélisations des transferts au sein de ces bâtiments ainsi que l'élaboration d'actions durables de conservation nécessitent des caractérisations pétrophysiques dont la conductivité thermique. Ce papier présente le développement d'une méthode de mesure par fil chaud d'abord développée et validée pour les pierres de monuments puis transposée sur les matrices argileuse (sols).

LA méthode du fil chaud « simplifiée » à un seul fil a été validée pour des fluides conducteurs et corrosifs par Garnier et al. en 2008. La technique a été progressivement transposée des milieux liquides aux solides en passant par des milieux granulaires modèles (billes de verre) puis en insérant le fil dans des matériaux fabriqués (briques de terre, bétons .. ; Merckx et al., 2012a). Dans un deuxième temps ces auteurs ont adapté la méthode pour des mesures de surfaces (Merckx et al., 2012b). Le principe de mesure par fil chaud est une méthode dynamique transitoire basée sur la mesure de l'élévation de température d'une source linéaire (le fil chaud). Pour un fil noyé dans le matériau la conductivité thermique peut être calculée

par : $\lambda_{ap} = \frac{qt}{T} - \lambda_{iso}$, avec T la température, t le temps et q la puissance linéaire. Pour les mesures de surface le fil chaud est plaqué sur le matériau par un isolant. La conductivité thermique alors mesurée est égale à $\lambda_{ap} = \frac{qt}{T} - \lambda_{iso}$, avec λ_{ap} = conductivité mesurée, λ_{mat} = conductivité du matériau et λ_{iso} = conductivité de l'isolant. Les mesures sont très rapides, inférieures à 2 mn. Elles se traduisent par les acquisitions des courbes $\Delta T = f(t)$. Ces dernières présentent deux pentes qui permettent de calculer une conductivité thermique caractéristique des échanges contacts fil – grains et une conductivité thermique (globale) effective du matériau.

Pour le bâti ancien les mesures ont été effectuées sur 3 calcaires caractérisés par des répartitions porosimétriques unimodales mais de taille caractéristiques variables, sur un calcaire crayeux (tuffeau de Saumur) et sur le grès de Fontainebleau. Les mesures de conductivités thermiques ont été couplées à des mesures de porosimétrie mercure et de rugosité, et pour des degrés de polissage différents, l'objectif étant de mesurer l'impact de la microstructure et de la rugosité sur les mesures de conductivité. Les mesures sont également effectuées en enceinte climatisée pour aborder les relations conductivité thermique – teneur en eau. Les résultats prometteurs permettent d'envisager des acquisitions in situ non invasives de conductivité thermique et de teneur en eau sur les pierres des monuments.

La même technique est utilisée sur des matrices argileuse compactées à différentes densités et teneurs en eau pour simuler les évolutions de conductivité en fonction des évolutions microstructurales et de saturation des sols argileux. Les résultats sont représentés dans un triangle air-eau-argile de manière à suivre les comportements de matrices sèches à porosité variable, de matrices saturées (le long de la courbe de retrait) et à indice de saturation variable (à % argile constant).

GARNIER J-P., MAYE J-P., SAILLARD J., THEVENOT G., KADJO A., MARTEMIANOV S., A New Transient Hot-Wire Instrument for measuring the thermal conductivity of Electrically conducting and highly corrosive liquids using small samples," *International Journal of Thermophysics*, vol. 29, pp. 468-482 (2008).

MERCKX, B., DUDOIGNON P., GARNIER J-P., MARCHAND D., Simplified Transient Hot-Wire Method for Effective Thermal Conductivity Measurement in Geo Materials: Microstructure and Saturation Effect, *Advances in Civil Engineering*, n° 1625395 (2012).

MERCKX, B., DUDOIGNON P., GARNIER J-P., MARTEMIANOV S., Development of Effective Thermal conductivity measurement in geomaterials by Surface Transient Hot-Wire method, *International Review of Mechanical Engineering*, (2012).

Détermination des courbes de rétention d'eau des géosynthétiques bentonitiques durant la première phase d'hydratation en utilisant la méthode des solutions salines saturées

Bannour, H.⁽¹⁾, Barral, C.⁽²⁾, Touze Foltz, N.⁽³⁾

⁽¹⁾Irstea, unité HBAN, Antony, France. Tel: +33-1 40 96 65 25; Fax: +33-1 40 96 62 70; E-mail: hajer.bannour@irstea.fr

⁽²⁾Irstea, unité HBAN, Antony, France. Tel: +33-1 40 96 60 48; Fax: +33-1 40 96 62 70; E-mail: camille.barral@irstea.fr

⁽³⁾Irstea, unité HBAN, Antony, France. Tel: +33-1 40 96 60 39; Fax: +33-1 40 96 62 70; E-mail: nathalie.touze@irstea.fr

L'objectif de ce travail est de développer une nouvelle procédure de détermination des courbes de rétention d'eau des géosynthétiques bentonitiques (GSB) en phase d'hydratation sous fortes succions. Les GSB sont définis comme des produits manufacturés en forme de nappes, constitués d'un assemblage de matériaux comportant au moins de la bentonite, en poudre ou granulés assurant la fonction d'étanchéité et d'un ou plusieurs géosynthétiques ayant un rôle de support ou conteneur utilisé dans le domaine de la géotechnique et du génie civil. A cette fin, des essais de rétention d'eau ont été conduits par phase vapeur selon la méthode des solutions salines saturées. Les succions pouvant être contrôlées à travers cette méthode s'alignent avec la gamme de succion propre des GSB durant leur première phase d'hydratation. La méthode des solutions salines saturées consiste à placer des éprouvettes de GSB dans une atmosphère confinée à humidité contrôlée par un dessiccateur jusqu'à l'atteinte de l'équilibre. Les échantillons adoptent, en conséquence, l'humidité générée par les solutions salines saturées. Cette distribution homogène de l'humidité avoisinant les éprouvettes permet de s'affranchir de la barrière capillaire au transfert hydrique générée par le géotextile constitutif du GSB en comparaison avec d'autres méthodes de contrôle de la succion comme on peut le voir dans la littérature. Les expérimentations ont été conduites sur deux types de GSB, le premier est un GSB cousu comportant une bentonite calcique en poudre et le deuxième est un GSB aiguilleté contenant une bentonite sodique granulaire. Les résultats obtenus permettront de comparer les comportements en rétention d'eau en début d'hydratation en fonction de la nature et de la structure du GSB mais aussi avec la littérature associée à la rétention d'eau sur les GSB afin de vérifier la pertinence de cette méthode de mesure.

Utilisation de l'IRM pour quantifier l'évolution du séchage d'éprouvettes de matériaux argileux.

S. Rosin-Paumier, S. Lederc, D. Stemmelen

Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée - LEMTA (UMR 7563 CNRS - Université de Lorraine) 2, avenue de la forêt de Haye, TSA60604, 54518 Vandoeuvre-lès-Nancy (France).

* Auteur correspondant : sandrine.rosin@univ-lorraine.fr

La migration de l'eau au sein d'un matériau argileux non saturé est une problématique complexe ayant des conséquences importantes sur les propriétés de transfert et la potentielle fissuration des sols. Cette problématique atteint un niveau de complexité supplémentaire lors de l'application de sollicitations thermiques comme c'est le cas lors de l'exposition d'un matériau aux conditions climatiques ou à proximité de sources de chaleur (stockage de déchets, transport d'électricité). La méthode classique de détermination de la teneur en eau consiste à sécher et peser l'échantillon. Cette méthode destructive et non immédiate n'est pas adéquate pour observer une évolution temporelle et spatiale de la localisation de l'eau au sein d'un échantillon.

Au cours des dernières décennies, l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) a connu de nombreux développements qui ont conduit à la possibilité de suivre l'évolution spatiale de différents paramètres du sol au sein d'un échantillon (Simpson et al., 2011). Dans cette étude, la méthode SPI (Single Point Imaging) développée par Emid et Creighton (1985) a été utilisée sur des matériaux argileux. Une courbe de calibration a été acquise afin de relier le signal RMN à la teneur en eau d'éprouvettes d'une smectite compactée. Le protocole, testé initialement sur des échantillons de teneur en eau connue, a ensuite été appliqué à la caractérisation du séchage d'une éprouvette exposée à l'air libre pendant 3 jours. Les essais permettent d'observer le gradient de teneur en eau au sein de l'éprouvette. Cette méthode est efficace pour suivre et quantifier l'effet de l'application de sollicitations couplées thermiques et hydriques sur un matériau argileux gonflant.

Bibliographie

S. Emid, J.H.N. Creighton (1985), High resolution NMR imaging in solids, *Physica B*, 128, 81-83.

A. J. Simpson, D. J. McNally, M. J. Simpson (2011). NMR spectroscopy in environmental research: From molecular interactions to global processes. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* 58: 97–175.

Application de la Corrélation d'Images Numériques (CIN) à la spatialisation du comportement hydromécanique des roches et sols argileux

S. Hédan¹, A.L. Fauchille¹, N. Nabilla¹, B. Obasa¹, V. Valle², J. Cabrera³,
P. Dudoignon¹, P. Cosenza¹

- 1 Université de Poitiers, CNRS UMR 7285 IC2MP, HydrASA, ENSIP, 1 rue Marcel Doré, 86022 Poitiers Cedex
2 Université de Poitiers, CNRS UPR 3346 Institut PPRIME, Bd Pierre et Marie Curie, 86962 Futuroscope Chasseneuil
3 Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire (IRSN), B.P. 17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Stephen HEDAN : stephen.hedan@univ-poitiers.fr

Les méthodes optiques de champs sont largement utilisées en mécanique expérimentale et permettent d'obtenir directement les données cinématiques issues de sollicitations mécaniques. Parmi ces métrologies optiques, la Corrélation d'Images Numériques (CIN) est une approche non-invasive et non destructive qui permet d'extraire le champ de déplacement. Cette méthode, simple d'utilisation, peut être appliquée dans de nombreuses expériences et sur des matériaux ou des structures industrielles. Néanmoins, cette méthode nécessite des développements spécifiques pour analyser les champs cinématiques lorsque des fissures ou de forts gradients sont présents. En géomécanique, la capacité de la méthode de la CIN à observer des localisations de déformations dans les géomatériaux et à détecter les fissures dans les matériaux argileux a été démontrée avec succès. Pour obtenir le champ de déplacement d'une zone soumise à une transformation mécanique, la CIN recherche le vecteur déplacement d'un sous-domaine (ou subset) situé sur la surface de l'échantillon. Ce sous-domaine est le résultat d'une variation aléatoire de l'intensité lumineuse (speckle). Cette granularité peut être obtenue artificiellement par ajout de fines particules (exemple : peinture, sable) sur la surface de l'échantillon ou par l'utilisation de la rugosité naturelle existante.

Afin d'obtenir les champs de déplacements (u,v) , deux images sont nécessaires, une première fonction définie les niveaux de gris acquis à l'état initial t_0 (image de référence) et une deuxième fonction définie les niveaux de gris à un état t (image déformée). Le principe de cette méthode consiste à minimiser une fonction de corrélation, sur un subset. Les composantes du vecteur déplacement (u,v) sont obtenues au centre du subset considéré. Cette procédure est répétée pour tous les subsets constituant l'image. Auparavant en raison de la grande dimension du subset (32×32 ou 64×64 pixels²), cette procédure n'était pas adaptée à la présence de discontinuités dans le champ de déplacement et ne pouvait pas être utilisée en présence de fissures. Certaines études récentes ont été développées pour résoudre ce problème. Une nouvelle version du logiciel de CIN (Xcorrel©) basée sur le même principe, a été récemment développée à l'Institut PPRIME (CNRS-Université de Poitiers) pour déterminer les champs de déplacement. Ce logiciel permet (a) de mesurer les déplacements en présence de multiple fissures dans les subsets et (b) est efficace même lorsque le « speckle » est naturel. Suite à des translations imposées de la caméra, la précision des déplacements a été évaluée à 0,1 pixel.

La méthode CIN a été mise en œuvre pour différents matériaux argileux, différentes sollicitations et pour différentes tailles d'investigations et de grandissement des caméras différents :

- Deux études sur les sols du Marais Rochefortais : échantillon remanié ($\varnothing 200\text{mm}$ et $L=20\text{mm}$) et carotte non remaniée ($\varnothing 400\text{mm}$ et $L=300\text{mm}$) en condition « air dry », grandissement de la caméra : 0,1 et 0,16678 mm/pixel, respectivement
- Trois études sur l'argilite de Tourmenire :
 - échantillons ($2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$) soumis à des cycles saturation/désaturation ($33 < \text{RH} < 98\%$ et $T=25 \pm 0.2^\circ\text{C}$), grandissement de la caméra : 0,0022 mm/pixel
 - carottes ($\varnothing 78\text{mm}$ et $L=70\text{mm}$) soumises à des cycles thermiques, grandissement de la caméra : 0,04 mm/pixel
 - Suivi sur deux ans d'une paroi d'une galerie de la station expérimentale de Tournemire, soumise à des variations climatiques naturelles, grandissement de la caméra : 0,269 mm/pixel

L'objectif de cette revue vise l'évaluation de : (a) la capacité de la méthode CIN à mesurer les champs de déformations et les cinétiques d'ouverture de fissures induites par différentes sollicitations (thermiques, changements climatiques, hydriques, etc.) sur des géomatériaux argileux, (b) de corrélérer les champs de déformations mesurés et les ouvertures de fissures aux fluctuations imposées (exemple : HR et T) et (c) de fournir quelques indications physiques sur le comportement des fissures associées à la désaturation et à la resaturation.

Poster

Compartimentation et précipitation minérale dans les aridosols naturels de la cuvette de Ouargla

IDDER A.^{1*}, IDDER T.¹, BERKAL I.¹, NEZLI I.²

1 Université KASDI MERBAH Ouargla. Laboratoire de Recherche sur la Phœniciculture. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers(Algérie)

2 Université KASDI MERBAH Ouargla. Laboratoire de [Géologie du Sahara](#). Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers (Algérie)

* Auteur correspondant : idder_haki@yahoo.fr

Les zones arides du bas Sahara algérien sont connues pour leurs caractères d'hydromorphie et d'halomorphie. Ils ont toujours eu auprès de la communauté scientifique une réputation de difficulté pour l'usage agricole. La zone expérimentée en période estivale, a concerné un sol naturel argilo-sableux-limono, alimentée en profondeur par les eaux de la nappe phréatique.

Dans le but d'aboutir à une caractérisation physique et chimique de ce sol, d'une part, et l'identification de l'ordre des précipitations salines majoritaires, d'autre part, le modèle thermodynamique géochimique à 25°C (*modèle Freeckcy*), a mis en évidence pour trois profils la voie saline neutre en considérant l'ion chlore comme traceur stable.

Il a été montré en outre qu'à partir de logarithme Facteur de Concentration ($\log FC \leq 0,2$), les carbonates sont sursaturés, d'où leur précipitation prioritaire dans les horizons de surface : P1H0, P2H0 et P3H0. Cette précipitation calcique est confirmée par les valeurs de $pH > 8,5$. Il s'agit essentiellement de la calcite ($CaCO_3$), de la magnésite ($MgCO_3$) et de la dolomite ($CaMg(CO_3)_2$). Concernant les solutions sulfatées, les précipitations majoritaires sont constatées principalement dans les horizons médians P1H2, P2H2 et P3H2 à partir de $FC = 1,24$, correspondant à une cristallisation des ions chlorures à partir de 280 mé/l et des ions sulfates à partir de 324 mé/l. Parmi les minéraux solubles, l'halite (NaCl) est le minéral le plus proche de la saturation.

Mots clés : Sol naturel, précipitations salines estivales, cuvette de Ouargla

Impact de l'utilisation des sols des marais atlantiques sur les critères d'hydromorphie

Laurent CANER, Marie RISTOR

Université de Poitiers, IC2MP-HydrASA UMR 7285, 7 rue Albert Turpain, B35, 86022, POITIERS, France: laurent.caner@univ-poitiers.fr

La gestion des « zones humides » en région Poitou-Charentes implique la connaissance de l'impact de l'agriculture sur l'hydromorphie et la structure des sols. La définition des « zones humides » au titre de la police de l'eau est basée sur des critères botaniques (plantes indicatrices) et pédologiques (traces d'hydromorphie) sensibles à l'utilisation des sols. Il apparaît donc important d'identifier les critères de la pédogenèse sur le long terme ainsi que des indicateurs du fonctionnement du sol à l'échelle annuelle ou pluriannuelle pour prévoir les évolutions pédologiques, notamment l'hydromorphie et la structure, dans un contexte de changement d'utilisation des sols.

Des sols ont donc été étudiés dans différentes régions des marais atlantiques (marais Poitevin, marais de Rochefort et marais de Brouage) en se focalisant sur la détermination des critères d'hydromorphie (arrêté « zones humides ») et la mesure de paramètres physico-chimiques (pH, CE extrait 1/5 et NO_3^-).

Les descriptions et analyses des sols ont montré une grande variabilité des sols dans ces différentes régions des marais atlantiques se traduisant par des natures de matériau sur lequel se développe le sol (couramment appelé bri dans la région) différentes, des faciès d'hydromorphie plus ou moins importants et également par la présence de tourbe en surface ou en profondeur dans certaines zones. Les mesures de CE des extraits au 1/5 permettent de différencier des sols développés sur des substrats dont les sels ont été lixiviés et d'autres, plus proches de la côte, dont les substrats contiennent encore des sels.

Les sols étudiés présentent tous des critères d'hydromorphie (taches de rouilles et/ou horizons réduits en profondeur) plus ou moins marqués et à des profondeurs parfois supérieures à celles requises pour identifier une « zone humide ». Dans les sols cultivés les traces d'hydromorphie peuvent être moins abondantes dans les premiers centimètres suite au labour du sol (aération) ou peu affectées dans les zones compactées par les engins agricoles. Ces sondages mettent en évidence que ce sont les sols situés dans les zones intermédiaires entre le « marais mouillé » et le « marais desséché » qui présentent la plus grande hétérogénéité. Ces sols sont hydromorphes à moyennement hydromorphes, pas obligatoirement classés en « zone humide », peuvent présenter des intérêts écologiques importants et/ou des contraintes pour l'utilisation des sols (agricole et urbanisation). La présence de taches de rouilles à des profondeurs supérieures à 25 cm (ou leur absence à moins de 25 cm) peuvent être liées à 1) la position topographique du sol, 2) à la perméabilité du sol et du sous-sol ou à l'utilisation du sol.

Impact des contraintes hydro-mécaniques sur l'hydro-halomorphie des sols de la cuvette de Ouargla (Bas Sahara algérien)

Mustapha DADDI BOUHOUN^{1*}, Mohamed Lakhdar SAKER¹, Djamel BOUTOUTAOU² et Mohamed Didi OULD EL HADJ¹

1 Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides. Université KASDI Merbah-Ouargla, B.P. 511 Ouargla 30000 Algérie.

2 Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides. Université KASDI Merbah-Ouargla, B.P. 511, 30000 Ouargla, Algérie.

* Auteur correspondant : daddibm@yahoo.fr

Les sols de la cuvette de Ouargla sont confrontés à des problèmes hydro-édaphiques, principalement de types hydrique de nappes phréatiques, mécanique de croûtes gypso-calcaires et salin par les eaux d'irrigation et la remontée capillaire des eaux phréatiques. La cuvette de Ouargla présente quatre catégories de sols avec nappes profondes, croûtes-nappes profondes, nappes superficielles et croûtes-nappes superficielles. Notre approche a pour but essentiel d'étudier les impacts des contraintes hydro-mécaniques sur l'état de l'hydro-halomorphie des sols. Les résultats engendrés montrent que la remontée des eaux phréatiques et les croûtes gypso-calcaires présentent des effets sur la dynamique des eaux et des sels. Cette dynamique varie selon les niveaux des eaux phréatiques et des croûtes gypso-calcaires. Il apparaît que ces stress environnementaux observés au cours de cette recherche ont contribué à la dégradation des palmeraies de cette région.

Mots clés : sols, croûtes, nappes phréatiques, hydro-halomorphie, Ouargla, Algérie.

Comparaison de paléotransferts de fluides Archéen – Paléoprotérozoïque 2.9-2.0 Ga et altération supergène actuelle (Bassin de Franceville, Gabon)

I. Moubiya. Mouélé, A. Albani, P. Dudoignon

Université de Poitiers, CNRS UMR 7285 IC2MP, HydrASA, ENSIP, 1 rue Marcel Doré, 86022 Poitiers Cedex
Idalina Moubiya Mouélé : idalina.moubiya.mouele@univ-poitiers.fr

Les roches plutoniques échantillonnées à l'interface roche sédimentaire Paléoprotérozoïque/roche cristalline Archéennes ont fait l'objet des nombreuses études géochimiques et minéralogiques afin de rechercher les évidences des Paléoaltérations supergènes. Puisque ces paléosols Précambriens se sont formés au contact direct avec l'atmosphère précoce, ils sont alors des sources potentielles d'informations sur l'évolution précoce de l'atmosphère terrestre à cette époque. Notre travail s'applique aux granitoïdes Archéens du massif du Chaillu carottés à l'interface des grès Paléoprotérozoïques et localisés dans le zone de kiéné d'une part et d'autre part au profil du sol moderne d'Okoumbi localisé à environ 30 Km au Nord Est de la zone de Kiéné. Les conséquences (altération) des transferts de fluide qui ont affectés les roches entre 2,9 et 2,0 Ga sont recherchées par investigations minéralogiques, géochimiques et microthermométriques. Huit forages carottés ont été étudiés de l'interface socle/sédiments jusqu'à environ 20 à 40 m dans le socle. Deux types d'altération ont été identifiés : une altération propylitique dominante à la base des forages et une altération illitique près du contact avec la couverture sédimentaire. L'altération propylitique est caractérisée par la cristallisation pervasive et fissurale des chlorites localement associées au sphène±allanite±épidote. L'altération illitique se superpose à l'altération propylitique [2]. Elle se caractérise par l'illitisation pervasive à l'interface socle/grès et dans les grès. L'illite est associée à la phengite+chlorite riche en Fe ± oxyde de Fe. Cet épisode diagénétique se termine par une cristallisation fissurale de la calcite et de l'anhydrite. La succession des événements magmatique, propylitique et diagénèse illitique est confirmée par des datations géochronologiques de 2.9 à 1.9 Ga [2]. De plus les analyses microthermométriques effectuées dans le socle montrent la présence des saumures diagénétiques. L'intensité des altérations au contact des grès argumente pour le rôle dominant de l'interface vis-à-vis des circulations de fluides. Même si ces deux types d'altération conservent la structure de la roche mère, la géochimie de la roche mère est largement modifiée : Ca, Na, Si et Mg, Sr et les terres rares sont lessivés au cours de l'altération illitique alors que le K, le Rb sont rajoutés dans le système.

Le profil moderne d'Okoumbi s'est développé sur 7 m d'épaisseur. Du socle vers la surface la roche mère perd progressivement sa structure. Les minéraux argileux évoluent d'assemblage chlorite-illite d'origine hydrothermal vers interstratifié illite/smectite puis kaolinite – gibbsite-hématite dans les niveaux de surface à structure effacée. Au cours de ce processus d'altération supergène Ca, Na, Si, Mg, K, Rb, Sr, Zr, et les terres rares sont lessivés pour des teneurs en Al, Ti et Fe constantes. La comparaison des évolutions géochimiques mais également des minéraux secondaires des roches de Kiéné et d'Okoumbi montrent clairement les différences d'évolutions entre l'altération illitique développée à l'interface Archéen – protérozoïque et l'altération supergène. Cette comparaison permet également de discriminer les critères de reconnaissance de paléosol notamment développés à l'Archéen

I. M. MOUELE, P. DUDOIGNON, A. EI ALBANI, H. MARTIN, J-L PAQUETTE, M. CUNEY, F. GAUTHIER-LAFAYE, 2013. Archean granitoid-Paleoproterozoic unconformity: superimposition of alterations in Archean granitoid (Gabon). Water Rock Interaction 14, Avignon juin 2013, Procedia Earth and Planetary Science.

Les constructions en terre d'Akoumapé et de Tabligbo au Sud-Togo

Abalo A.¹, Mori M.², Serratrice J.-F.², Borschneck D.³, Affaton P.³ et Johnson C.¹

1 Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé – TOGO

2 CETE Méditerranée, Pôle d'activités des Milles, Avenue Albert Einstein, CS 70499 - 13593 Aix-en-Provence cedex 3

3 CEREGE, Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, BP 80, 13545 Aix en Provence cedex 4

* Abalo A. : mars17ata@yahoo.fr

Des techniques de constructions artisanales en terre crue sont en usage dans de nombreux pays dont le Togo. Les constructions en terre crue d'Akoumapé et de Tabligbo, deux localités du Sud-Togo, représentent un cas particulier des effets de la sensibilité au retrait-gonflement des sols qui constituent à la fois les massifs de fondation et les matériaux de construction. L'étude présentée dans cet article a pour objectif de montrer la part des matériaux de construction dans l'ensemble des pathologies observées sur les bâtiments. Une méthodologie d'enquête a été élaborée pour recenser les caractéristiques des constructions et leurs principales pathologies. Vingt-cinq bâtiments ont été examinés ensuite dans chaque localité. A Akoumapé, dix-huit bâtiments en dur, cinq en banco et deux en colombage ont été recensés. A Tabligbo, l'enquête a porté sur neuf bâtiments en dur, onze en banco et cinq en pisé. Les pathologies observées sur l'ensemble de ces bâtiments sont : les fissures verticales, horizontales, diagonales et en réseau sur les murs, les craquelures sur les murs, les effritements aux pieds des murs, les décollements des revêtements muraux, les dévers des murs, les fissurations et décollements des revêtements au sol, les gonflements et les tassements des terrasses. Parmi ces désordres les pathologies majeures ont été distinguées des pathologies spécifiques ou induites. Les pathologies majeures sont des désordres de structure liés habituellement aux tassements différentiels du sol de fondation et qui peuvent causer la ruine partielle ou totale du bâtiment après quelques cycles de gonflement et de retrait. L'analyse croisée des données révèle que : (1) les constructions en banco sont rapidement sinistrées par les pathologies majeures et celles du plancher ; (2) les bâtiments en dur, en semi-dur et en pisé ne sont pas épargnés par les pathologies précédentes ; (3) les craquelures sur le mur et l'effritement au pied du mur se retrouvent majoritairement sur les constructions en terre crue ; (4) les constructions en colombage semblent être épargnées par les pathologies majeures et le dévers du mur. Ces enseignements permettent de conclure que les craquelures sur le mur et l'effritement au pied du mur sont inhérents au matériau terre et que le type de construction en colombage est à préconiser dans les deux localités pour éviter les dégâts significatifs.

Mots clés: constructions en terre, sensibilité du sol, retrait-gonflement, pathologies, Sud-Togo.

Etude comparative du comportement de la calcite et de la strontanite dans un environnement de hautes températures et pressions

Nezha SEKKAL-TALEB

Laboratoire de Génie civile, Université Djillali LIABES , 22000, Sidi Bel abbés, ALGERIE

L'étude des carbonates constitue un sujet d'intérêt considérable vu qu'ils sont les espèces les plus abondantes dans la croûte terrestre et qu'ils représentent un réservoir important de carbone. Parmi ces carbonates, nous citons le carbonate de calcium CaCO_3 , qui appartient au groupe calcite, le plus étudié de cette famille vu que c'est une roche stable dans les conditions normales de températures et de pressions. Bien que nombreuses études expérimentales et théoriques aient été réalisées pour mesurer et calculer les différentes propriétés volumiques et surfaciques de ces minéraux, beaucoup de questions restent à éclaircir, notamment sur leur comportement dans un environnement de températures et de pressions extrêmes et notamment les interactions qu'ils peuvent avoir avec des molécules d'eau, vu qu'elle se trouve à l'état brut mélangé à des molécules d'eau et à des impureté. Contrairement au carbonate de calcium, la strontianite (SrCO_3) appartenant au groupe aragonite a été peu étudiée et nécessite la détermination de beaucoup d'informations notamment la stabilité et la structure des phases sous pressions.

L'objectif principal de ce travail est de faire une étude comparative des propriétés mécaniques et dynamiques des deux minéraux CaCO_3 et SrCO_3 sous l'effet de pression en utilisant la méthode de dynamique moléculaire. Cette étude est réalisée en utilisant un modèle de potentiel adéquat pour ces phases avec un ajustement, pour la première fois, des paramètres pour la strontianite. L'étude montre comment les transitions de phases sont fortement liées aux instabilités structurales et donc peuvent induire des changements dans le comportement élastique. L'objectif est également d'appréhender le mécanisme des transformations structurales à travers les vibrations d'un réseau, en évaluant la variation des modes mous en fonction de la pression

L'étude commence par la caractérisation des propriétés structurales par diffraction de rayons X, afin de vérifier la validité du champ de force utilisé. Différentes propriétés mécaniques sont également calculées tels que les constantes élastiques, le module de rigidité, le module de Young, le coefficient de poisson, les vitesses d'onde élastiques. Quelques expériences sont effectuées sur les deux types de roches afin de voir leur comportement sous l'effet de pression. Nous nous intéresserons principalement à examiner les nouvelles phases vers lesquelles vont se transformer les minéraux primaires et quelles seraient leurs nouvelles propriétés mécaniques. Un calcul des propriétés dynamiques est également effectué afin de donner une explication aux transformations structurales apparues.

Effet de la poldérisation et du drainage sur les profils de RU et de salinité en marais côtiers

Raymond Tojo Radimy¹, Patrick Dudoignon^{1*}, Jean-Michel Hillaireau², Elise Debouté¹,

1 Institut IC2MP, ENSIP-HYdrASA, Université Poitiers, 40 Av. du recteur Pineau

2 INRA Domaine Expérimental de St laurent de la Prée 17450 St laurent de la Prée

* Auteur correspondant : patrick.dudoignon@univ-poitiers.fr

Les territoires des marais côtiers de la façade atlantique française ont été progressivement gagnés par poldérisation depuis le moyen âge. Les objectifs étaient dans un premier temps l'élevage puis, plus tardivement, la culture céréalière a nécessité la mise en place de systèmes de drainage depuis les années 1970. L'évolution des sédiments fluviomarins vers les sols a principalement été gouvernée par leur nature argileuse. Les études précédentes ont permis de mettre en relation microstructure et propriétés hydromécaniques de ces matériaux argileux (Gallier et al., 2012). Elles ont également permis, à partir d'études géo-électriques, mais essentiellement à partir des profils de teneur en eau et des profils de $CE_{1/5}$ des sols d'aborder les effets de transfert eau douce – eau salée dans ces milieux côtiers (Gallier, 2011).

Les deux principaux objectifs de la poldérisation et du drainage ont été la baisse et stabilisation des niveaux d'eau mais également la désalinisation (désodisation) des sols. Dans l'objectif de comparer les évolutions sédiment-sol et éventuellement leurs impacts sur les croissances des végétaux / rendement de culture, les études ont été focalisées sur des parcelles en prairie non drainées et des parcelles cultivées drainées du marais de Rochefort.

La stabilité des profils de conductivité électriques $CE_{1/5}$ à travers les saisons permet d'utiliser les couples profils de teneur en eau – profils de $CE_{1/5}$ pour calculer les profils de salinité des eaux. Couplés aux évolutions des profils tensiométriques ces données ont permis d'aborder la relation structure-salinité-rendement de culture. Les différents profils enregistrés pendant les années 2008-2013 permettent de mettre en évidence le rôle de la topographie (microtoposéquence) et du battement de nappe sur l'intensité du lessivage de surface par les eaux de pluies. Trois territoires caractéristiques du fonctionnement des marais ont été étudiés :

- Les territoires non drainés en prairie
- Les territoires drainés localisés en périphérie de bassins et alimenté en eau douce
- Les territoires drainés éloignés des coteaux uniquement soumis aux battements de la nappe salée.

L'étude précise les évolutions temporelles des profils de réserves utiles parallèlement aux profils de salinité. Finalement les suivis montrent l'évolution du fonctionnement des territoires à l'origine non drainés (mésophiles) aux territoires drainés (hygrophiles). Calée sur les profils de $CE_{1/5}$, les fluctuations de niveaux de nappes et la topographie, la méthodologie peut être appliquée comme outil prévisionnel de rendement de culture, de diagnostic face aux évolutions hydriques locales.

Gallier J., Dudoignon P., Hillaireau J-M., 2012. Microstructure – Hydromechanical Property Relationship in Clay Dominant Soils. *In An Introduction to the study of mineralogy* INTECH open access publisher, Cumbur Aydinalp ed.. pp 51-72

Gallier J., 2011. Caractérisation des processus d'évolution structurale et de salinité des sols de marais côtiers par mesures mécaniques et géo-électriques in situ. Thèse de doctorat, Université de Poitiers, 218 p.

Interaction croissance-sénescence du maïs et évolutions RU résiduelle / profil de salinité de sols : site expérimental INRA de St Laurent de la Prée

Raymond Tojo Radimy¹, Patrick Dudoignon^{1*}, Jean-Michel Hillaireau²

1 Institut IC2MP, ENSIP-HYdrASA, Université Poitiers, 40 Av. du recteur Pineau

2 INRA Domaine Expérimental de St Laurent de la Prée 17450 St Laurent de la Prée

* Auteur correspondant : patrick.dudoignon@univ-poitiers.fr

Les efforts en terme d'assèchement des marais côtiers, poldérisation puis drainage, ont progressivement transformé les territoires de zones mésophiles à zones hygrophiles. Cette évolution, gouvernée essentiellement par le contrôle des niveaux de nappe, a permis le lessivage et la désalinisation des sols dans sa partie superficielle progressivement dénoyée. L'étude s'applique à la culture du maïs en territoire drainé. Dans cette étude l'objectif est de suivre, en parallèle de la croissance puis sénescence du maïs, les évolutions des profils hydriques et de salinité des sols sur une saison. L'objectif final est d'essayer de faire la part entre stress hydrique et stress salin au cours d'un cycle croissance - sénescence du maïs. Les suivis ont été effectués sur quatre zones instrumentées du site expérimental de l'INRA de St Laurent de la Prée :

- Maïs sur parcelle drainée (1 m de profondeur), drains espacés tous les 10 m, avec et sans apport de fumier
- Maïs sur parcelle drainée (1 m de profondeur), drains espacés tous les 20 m, avec apport de fumier
- Prairie sur parcelle non drainée, type mésophile de référence.

L'évolution hydrique du sol est suivie par profils de teneurs en eau, de $CE_{1,5}$, et mesures tensiométriques. Les niveaux piézométriques, la pluviométrie et la température ont été suivis en continu pendant la saison. Le développement physiologique du maïs, sa croissance et sa sénescence ont été suivis par comptages du nombre de feuilles, du nombre de feuilles ligulées, de la biomasse et matière sèche, et par le suivi de la floraison puis du nombre de feuilles mortes sur la même période juin-octobre.

La texture relativement homogène des sols permet de calculer une réserve utile de 1,85 mm pour l'ensemble des profils, et comprise entre 1,80 et 2,00 pour les sols plus limoneux de surface (ou paléosols). Les calculs des profils de RU sont basés sur la formule de calcul habituel : $RU = (W_{cc} - W_{pf}) \cdot h$, avec W_{cc} la teneur équivalente à la capacité au champ (30%) et W_{pf} le point de flétrissement équivalent à la limite de retrait (20%). Les profils de Réserve Utile Résiduelle R_r sont calculés sur le même principe mais en remplaçant la capacité au champ par le teneur en eau réelle à chaque profondeur, pour chaque date. Ces profils calculés pour les stades successifs de développement du maïs (juin à octobre 2013), et leurs évolutions verticales sont comparés aux RU résiduelles calculées à partir des ETP. Ils sont également associés aux évolutions de profils de salinité des eaux.

L'état structural final des sols et d'enracinement du maïs ont été observés à partir de fosses pédologiques. Les caractéristiques des profils structuraux sont reliées à l'enracinement de la plante, au développement du système fissural et au comportement des tensiomètres positionnés à 30, 60 et 90 cm. La macroporosité, fracturation et prismation, est observée directement sur les parois des fosses, elle explique le décrochage précoce des tensiomètres. Porosité et enracinement intra-motte sont observés par tomographie RX.

Finalement les évolutions des profils hydriques, salinité et de RU sont calées sur le comportement hydro-mécanique de la matrice argileuse face aux profils de dessiccation pour les périodes semis – croissance et sénescence.

Impact de la gestion environnementale et des aménagements hydrauliques sur l'hydro-halomorphie des sols de l'Oued Righ (Bas Sahara algérien)

Mohamed Lakhdar SAKER^{1*}, Mustapha DADDI BOUHOUN¹, Djamel BOUTOUTAOU² et Mohamed Didi OULD EL HADJ¹

1 Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides. Université KASDI Merbah-Ouargla, B.P. 511 Ouargla 30000 Algérie.

2 Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides. Université KASDI Merbah-Ouargla, B.P. 511, 30000 Ouargla, Algérie.

* Auteur correspondant : sakermohamedlakhdar@[yahoo.fr](mailto:sakermohamedlakhdar@yahoo.fr)

La vallée de L'Oued Righ souffre de problèmes de remontées des nappes phréatiques, ayant abouti à la dégradation hydro-édaphique de l'environnement oasien de cette région. Cette situation résulte du déséquilibre dans le bilan hydrique à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation, de drainage et d'assainissement, et les difficultés d'évacuation des eaux vers la Sebkhata. Notre recherche se propose d'étudier la situation actuelle de la remontée des eaux et d'apprécier leurs effets sur les niveaux de dégradation des sols par hydro-halomorphie. Les résultats obtenus montrent que la mauvaise gestion environnementale et la nature des aménagements hydro-agricoles sont autant de facteurs qui favorisent la remontée de la nappe phréatique et l'augmentation de l'hydro-halomorphie des sols limono-argileux par remontées capillaires des eaux. La dégradation des sols varie avec l'état des aménagements hydrauliques et la conduite de l'irrigation-drainage dans les périmètres agricoles. Cette situation est alarmante, vu le niveau de dégradation avancé de certains sols agricoles et urbains, qui risquent d'aboutir à des conséquences socio-économiques et environnementales désastreuses dans la vallée de l'Oued Righ.

Mots clés : gestion, environnement, aménagement, hydraulique, sols, hydro-halomorphie, Oued Righ, Algérie.