

Etude de la dynamique des lignines dans un sol agricole

Bahri Haithem, Dignac Marie-France, Rumpel Cornelia, Rasse Daniel P., Bardoux Gérard, Chenu Claire, Mariotti André

Laboratoire de Biogéochimie et Ecologie des Milieux Continentaux (BioEMCo), UMR
INRA-CNRS-Université Paris 6, Bâtiment EGER, 78850 Thiverval-Grignon, France

Courriel : haithem.bahri@grignon.inra.fr

La stabilisation des matières organiques des sols constitue une solution pour piéger le CO₂ terrestre et contribuer à diminuer l'effet de serre. Il est nécessaire de chercher des relations entre la nature chimique des matières organiques et leur vitesse de renouvellement dans les sols, afin d'identifier les classes de molécules qui stabiliseraient le carbone dans les sols pour des durées longues. L'objectif de ce travail est d'étudier la dynamique d'un composé majeur des végétaux, la lignine ; composé généralement considéré comme récalcitrant. Nous avons mesuré la dynamique de la lignine *in situ*, à l'échelle pluriannuelle et décrit sa dynamique à l'aide d'un modèle compartimental.

L'essai expérimental est situé sur le site de l'INRA Versailles (essai des Closeaux). Il s'agit d'une chrono-séquence blé/maïs (C3/C4) sur 9 années. La particularité de ces végétations, est de présenter une différence de signature isotopique en ¹³C de $-28 \pm 2\%$ pour le blé et de $-12 \pm 1\%$ pour le maïs respectivement. Nous avons mesuré le $\delta^{13}\text{C}$ des monomères phénoliques de la lignine isolés par CuO et groupés en 3 unités phénoliques à savoir l'unité vanillique (V), l'unité syringique (S) et l'unité cinnamique (C). Ces mesures ont été effectuées par un couplage GC-C-IRMS. Connaissant la durée de végétation C3 et C4 dans les différentes parcelles nous avons pu estimer la vitesse de renouvellement du carbone des différents monomères et unités phénoliques de la lignine, et de la lignine totale dans le sol.

La mesure du signal isotopique des monomères phénoliques de la lignine des plantes de blé et de maïs nous a montré que ces derniers ont des signatures isotopiques différentes. Les lignines des plantes de blé et de maïs qui sont à -32% et à -15% respectivement sont appauvries en ¹³C par rapport aux plantes totales (-27.6% et -12.5% respectivement). Dans les sols de la chronoséquence étudiée, un enrichissement en ¹³C des monomères phénoliques de la lignine a été observé après 9 années de culture du maïs. Cet enrichissement est de l'ordre de 5% pour la vanilline et de 11% pour l'acide p-coumarique. Ces données isotopiques nous ont permis de déterminer la cinétique de renouvellement des monomères et des unités phénoliques.

Afin d'étudier la cinétique de renouvellement des différentes unités phénoliques de la lignine (V, S et C), qui est loin d'être linéaire, nous avons développé un modèle conceptuel. Ce modèle répartit le carbone provenant de la lignine du sol en différents compartiments : la lignine se trouvant dans les résidus de culture non décomposés (Lp), la lignine à un stade de décomposition avancé qui est incorporée dans les fractions fines du sol (Ls) et un dernier compartiment qui décrit le carbone de la lignine qui a été incorporé dans d'autres formes moléculaires, ou fraction non-lignine du sol (NLP). Après calibration de ce modèle, nous avons montré qu'au bout d'une année 93 % de la lignine apportée au sol par les résidus de culture est transformée en NLP (entre autre une partie minéralisée). Cependant la quantité restante de la lignine apportée (7 %) qui sera incorporée et protégée dans les fractions du sol se renouvelle à une vitesse de $6\% \cdot \text{an}^{-1}$.

Ces résultats constituent la première estimation complète de la cinétique de renouvellement de la lignine. Ils permettent de conclure que la lignine a une vitesse de renouvellement rapide dans le sol, contrairement à ce qui était extrapolé à partir d'incubations en laboratoire.

Dispersion des métaux lourds dans des sols d'ateliers médiévaux (Mont-Lozère, France)

Sandrine Baron, Jean Carignan et A. Ploquin

CNRS - CRPG (Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques) 15 rue Notre Dame des Pauvres - BP 20, F- 54 501 Vandoeuvre-les-Nancy ;courriel : sbaron@crpg.cnrs-nancy.fr ; Téléphone : 06.88.32.26.31

Le but de cette étude est d'utiliser les isotopes du plomb comme traceurs de référence des sources et de mettre en parallèle les compositions chimiques élémentaires d'autres métaux lourds afin de comprendre leur comportement respectif dans ces sols.

De nombreux sites paléo-métallurgiques ont été inventoriés sur le massif du Mont-Lozère (Sud de la France). Ces activités ont été datées par le carbone-14 et présentent un âge compris entre 800 à 1000 ans (période médiévale). Ces sites sont constitués d'épandages de scories dont la typologie est homogène.

Les matrices silicatées de scories contiennent en moyenne 25% de plomb, 0.4% d'antimoine et quelques centaines ou milliers de ppm d'arsenic, de cuivre et de zinc. La plupart des sols pollués montrent des facteurs d'enrichissement (EF) très forts pour le plomb et l'antimoine mais beaucoup plus faibles pour l'arsenic, le zinc et le cuivre.

Les compositions isotopiques du plomb de tous les sols définissent un mélange entre le sol non pollué et les scories. Cela indique que l'activité métallurgique a utilisé une source de minerais homogène, que cette dernière est dominante dans les sols et par conséquent bien contrainte.

La proportion de pollution (75 à 100 %) dans les sols, calculée indépendamment avec les isotopes du plomb et les EF du plomb, montre donc une parfaite corrélation. Ainsi nous pouvons émettre l'hypothèse suivante : les teneurs en métaux lourds des sols proviennent de la même source de pollution.

Par conséquent, connaissant la concentration en métaux lourds dans les scories et dans le sol non pollué, nous avons calculé le pourcentage de « produits métallurgiques » nécessaire afin d'expliquer les teneurs en métaux lourds des sols. Une excellente corrélation entre le plomb et l'antimoine est observée mais également entre le plomb et les autres métaux dans les sols des deux sites, sauf pour le zinc.

Les résultats qui seront présentés à partir de la méthodologie expliquée ci-dessus nous ont permis d'émettre les hypothèses suivantes :

0. Les métaux lourds contenus dans les sols sont restés majoritairement sous leurs formes primaires (sulfures) ou oxydés (sulfates, oxydes) et n'ont peu ou pas subi d'altération pédologique si ce n'est une carbonatation (cérosite).
1. La pollution proche des sites d'ateliers est globalement la conséquence d'une dispersion physique des polluants. Celle-ci provenant de la dislocation des anciens sols d'ateliers qui ont intégré les fumées, les crépitements de galènes et les morceaux de scories liés au fonctionnement du four.

⇒ La dispersion de la pollution serait majoritairement due aux résidus de l'activité elle-même plutôt qu'à des processus chimiques de lixiviation des matrices silicatées des scories relarguant les métaux lourds dans les sols et l'environnement proche.

Références bibliographiques :

Baron, S. (2005). Traçabilité et évolution d'une pollution métallurgique médiévale de plomb argentifère sur le Mont Lozère, Thèse de doctorat en géochimie de l'environnement, Université de Montpellier II, 232p.
Ploquin, A., Allée, P., Bailly-Maître, M. C., Baron, S., de Beaulieu, J. L., Carignan, J., Laurent, S., Lavoie, M., Mahé-Le-Carlier, C., Peytavin, J. et Pulido, M. (2000-2005). *Rapports du PCR au SRA Languedoc-Roussillon.*

Les isotopes du zinc en sciences du sol : résultats préliminaires

Sylvain Cacaly¹, Chloé Maréchal², Farid Juillot¹, Marc Benedetti³,
Philippe Thélouk⁴, Guillaume Morin¹ et François Guyot¹
Courriel: *cacaly@lmcp.jussieu.fr*

¹ Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés (IMPMC) - UMR CNRS 7590
Universités Paris 6 et 7 - IPGP

² Laboratoire PaléoEnvironnements et PaléobioSphère (PEPS) - UMR CNRS 5125 - Université Lyon 1

³ Laboratoire de Géochimie des Eaux (LGE) - UMR CNRS 7754 - Université Paris 7

⁴ Laboratoire des Sciences de la Terre (LST) - UMR CNRS 5570 - Ecole Normale Supérieure de Lyon

Grâce à l'amélioration des systèmes d'analyse (ICP-MS Multi-collecteurs), des études récentes ont mis en évidence une variabilité des compositions isotopiques du zinc ($^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn}$) de l'ordre de 1.3 % dans certains carbonates et sulfures marins, ainsi que dans des nodules marins et continentaux de Mn/Fe [1-4]. Le zinc étant l'un des éléments phytotoxiques les plus fréquemment rencontrés dans les sols contaminés, ces résultats récents laissent envisager une utilisation possible des isotopes stables de cet élément ($^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn}$) (i) comme traceurs potentiels de ses sources dans les sols et (ii) comme indicateurs de l'évolution de sa spéciation au cours de la pédogenèse.

Les résultats préliminaires d'une étude initiée le long de deux profils de sols contaminés du Nord de la France indiquent un contraste isotopique entre le zinc d'origine anthropique en surface (de l'ordre de 1 %) et celui d'origine naturelle en profondeur (fond pédogéochimique) (de l'ordre de 0,3 %). Ces premiers résultats très encourageants indiquent qu'une utilisation des isotopes stables du zinc ($^{66}\text{Zn}/^{64}\text{Zn}$) comme traceurs des sources de cet élément semble possible. Cependant, de nombreux processus (bio)-physico-chimiques associés au fonctionnement des sols (pédogenèse) sont susceptibles de modifier le signal initial des termes sources et il est important de quantifier leurs effets relatifs. Nous avons donc engagé une étude sur les fractionnements isotopiques du zinc associés aux processus de complexation, de sorption et de co-précipitation. Dans un premier temps, nous avons focalisé notre attention sur les processus d'adsorption en sélectionnant les substrats les plus réactifs vis-à-vis du zinc, les oxydes de fer (ferrihydrite et goethite) et de manganèse (birnessite). Les résultats préliminaires obtenus pour les oxydes de fer indiquent que le fractionnement entre le solide et la solution ($\Delta_{\text{solide-solution}}$) n'évolue quasiment plus après environ 16 heures d'équilibre. Ce fractionnement est de l'ordre de 0.5 % et 0,25 % en faveur du solide pour l'adsorption du zinc sur la ferrihydrite et sur la goethite, respectivement. Le fractionnement plus important dans le cas de la ferrihydrite est attribué au changement de coordinence du zinc entre la solution (zinc octaédrique) et le solide (zinc tétraédrique) observé par spectroscopie d'absorption des rayons X (EXAFS). Pour la goethite, le zinc reste en coordinence octaédrique entre la solution et le solide. Les travaux concernant l'effet de l'adsorption du zinc sur les oxydes de manganèse (birnessite) sont actuellement en cours au laboratoire. L'étude des fractionnements isotopiques du zinc associés aux processus de complexation avec la matière organique a été récemment initiée en collaboration avec M. Benedetti du Laboratoire de Géochimie des Eaux de l'Université Paris 7.

[1]- Marechal C. et al., (2000) *Geochem., Geoph., Geos.* 1, 1999GC000029.

[2]- Marechal C. et al., (1999) *Chem. Geol.*, 156, 251-273.

[3]- Archer, C. and Vance, D., (2002), *GCA*, 66, S1, A26.

[4]- Pichat, S. et al., (200), *EPSL*, 210, 167-178.

Calcul du taux de fixation symbiotique d'une légumineuse à l'aide des isotopes stables de l'azote

Xavier Cavard, Laurent Augusto, Etienne Saur
UMR TCEM (Agronomie) INRA-Bordeaux, 71 avenue Edouard Bourlaux
B.P. 81, F-33883 Villenave d'Ornon cedex
Courriel : xcavard@bordeaux.inra.fr

Mots-clés : ^{15}N , abondance naturelle, fixation symbiotique, *Ulex europaeus*, phosphore

Les sols oligotrophes des écosystèmes forestiers gérés de manière intensive peuvent se voir à terme menacés par une baisse de leur fertilité. C'est notamment le cas dans le massif des Landes de Gascogne, où nous tentons de quantifier le flux de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les légumineuses, qui est un des flux entrants susceptible de compenser les pertes d'azote dues aux exportations de biomasse. Parmi les quatre termes qu'il nous faut modéliser pour déterminer ce flux, la mesure du taux de fixation (ou % *nitrogen derivating from atmosphere*, %Ndfa) fait appel à la méthode dite de l'abondance naturelle du ^{15}N . Sachant qu'une légumineuse puise dans deux réservoirs d'azote distincts, le sol et l'atmosphère, et que ces deux réservoirs diffèrent parfois par leur signature isotopique (rapport des abondances de ^{15}N et ^{14}N), il est théoriquement possible de calculer à l'aide d'une équation de mélange la proportion d'azote (%Ndfa) d'une légumineuse provenant de chacun de ces deux réservoirs. En pratique, le calcul du %Ndfa nécessite : i) la signature isotopique de la légumineuse *in situ* ii) la signature isotopique d'une plante non-fixatrice *in situ* (fournissant celle de l'azote biodisponible du sol) iii) la signature isotopique d'une légumineuse de la même espèce ayant poussé en conditions contrôlées sur un substrat dépourvu d'azote (dont le %Ndfa = 100) et iv) un écart de signature isotopique conséquent entre les deux réservoirs. Cette méthode a été testée *in situ* sur une légumineuse arbustive, l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*). Il en ressort : 1) que le rapport $^{15}\text{N} / ^{14}\text{N}$ est homogène dans les différentes parties de l'ajonc et des plantes non fixatrices qui ont été testées 2) que le nombre de cas où l'écart de signature isotopique entre les deux pools est trop faible pour permettre le calcul du %Ndfa est relativement élevé 3) que, dans les autres cas, le taux de fixation est relativement constant d'un site à l'autre (%Ndfa ~ 70-80%) et 4) que la fertilisation en phosphore telle qu'elle est pratiquée dans les Landes ne joue pas sur la valeur du taux de fixation des ajoncs d'Europe. Les contraintes méthodologiques du 2^{ème} point peuvent conduire à une validation de ce résultat par un essai de dilution isotopique.

Etude de l'origine du calcium dans les écosystèmes forestiers: utilisation des isotopes naturels du strontium

Thomas Drouet¹, Jacques Herbauts¹ et Daniel Demaiffe²

¹Laboratoire de Génétique et d'Ecologie Végétales, Université Libre de Bruxelles (ULB), 1850 chaussée de Wavre, B-1160 Bruxelles, Belgique ; courriel : tdrouetd@ulb.ac.be

²Laboratoire de Géochimie Isotopique, Université Libre de Bruxelles (ULB), CP 160/02, 50 av. F.D. Roosevelt, B-1050 Bruxelles, Belgique

Les isotopes naturels du strontium sont utilisés comme traceurs des sources de calcium dans les écosystèmes forestiers. Cette méthode repose sur les comportements très proches du strontium et du calcium, ainsi que sur le fractionnement négligeable des isotopes du strontium à l'interface sol-végétation-atmosphère. Les écosystèmes forestiers sont généralement alimentés en calcium par deux sources qui ont des signatures isotopiques distinctes: les précipitations atmosphériques et l'altération des minéraux. L'estimation précise de la valeur du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de cette dernière source est souvent problématique. En effet les sols sont composés d'un assemblage de minéraux d'altérabilité variable et de composition isotopique du strontium différente dont la proportion peut varier très sensiblement en fonction de la profondeur. Nous proposons une méthode qui permet de déterminer objectivement la signature isotopique du pôle d'altération.

Le calcul des contributions des deux sources précitées dans 14 écosystèmes forestiers de Moyenne et Haute Belgique croissant sur des sols présentant une très large gamme de réserves en calcium montre que l'alimentation calcique des peuplements est tantôt majoritairement issue de l'altération des minéraux, tantôt principalement d'origine atmosphérique. Une relation inverse entre la concentration en calcium échangeable du sol et la contribution atmosphérique à l'alimentation en calcium de la végétation a été mise en évidence. Le cas des stations sur limons lœssiques de Moyenne Belgique s'est avéré plus complexe puisqu'un horizon carbonaté profond peut également intervenir dans l'alimentation en calcium des arbres.

Le grand nombre de stations sur lesquelles s'appuie cette étude a en outre permis de montrer que le complexe d'échange n'est pas toujours le reflet d'un équilibre entre l'altération actuelle des minéraux et la source atmosphérique, mais qu'il peut conserver la signature de processus pédogénétiques plus anciens ou celle héritée de transferts au sein du profil.

Enfin, la mesure des isotopes du strontium associée aux propriétés d'archivage du bois permet une analyse rétrospective de l'origine du calcium dans la nutrition des arbres. Une étude de dendrochimie isotopique a mis en évidence une diminution synchrone du rapport isotopique du strontium dans les cernes de croissance de différentes essences forestières, sur une période de temps relativement courte (1870-1920) et qui coïncide avec l'augmentation des retombées en composés acides d'origine anthropique.

Le strontium : outil d'authentification de l'origine géographique des végétaux

HAVARD Marie-Laurence

Géorigine Parc scientifique G.Besse - Site EERIE

69, rue Georges Besse 30035 NIMES Cedex 01

T él: 04 66 38 40 10 Mob : 06 17 21 83 91 Fax : 04 66 38 70 99

Courriel : contact@georigine.com Internet : <http://www.georigine.com>

Le rubidium se trouve dans toutes les formations géologiques et dans la quasi-totalité des minéraux (calcite, micas, feldspaths,...) dans des teneurs variables. Il est composé de 72% de rubidium-85 et de 28% de rubidium-87 (radioactif). Le strontium existe sous la forme de quatre isotopes stables dont les nombres de masse sont 84, 86, 87 et 88, respectivement. La désintégration radioactive du rubidium-87 produit du strontium-87, qui est dit « radiogénique ». Les valeurs du rapport $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ observées actuellement dans les minéraux sont le résultat d'une part de la nucléosynthèse initiale et d'autre part de l'addition de strontium-87 radiogénique par désintégration du rubidium-87. Ainsi chaque formation géologique présente un rapport $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ caractéristique de sa source et de son évolution au cours du temps. Ce rapport constitue une « signature isotopique » spécifique de chaque formation. De plus, cette signature se transmet depuis le sol jusqu'au végétal sans subir de fractionnement lié soit à des processus physico-chimiques (variations de température ou de pression, catalyse, évaporation, condensation, etc.) soit à des phénomènes biologiques (assimilation racinaire, évapotranspiration, transport dans la sève, action des micro-organismes du sol, fermentation, etc.). Par conséquent le strontium se révèle être un traceur naturel pertinent pour l'authentification de l'origine géographique de végétaux.

DEVENIR DE L'AZOTE DES LITIÈRES FORESTIÈRES. UTILISATION D'UNE LITIÈRE MARQUÉE

Manuel NICOLAS⁽¹⁾, Bernd ZELLER⁽¹⁾, Etienne DAMBRINE⁽¹⁾ et Erwin ULRICH⁽²⁾

(1) INRA-BEF 54280 CHAMPENOUX (2) ONF FONTAINEBLEAU ; Courriel : mnicolas@nancy.inra.fr

Les types d'humus sont classiquement considérés comme l'illustration de l'activité biologique dans un sol. Pourtant la fertilité des stations forestières, fortement liée au recyclage des matières organiques, notamment pour la nutrition azotée des arbres, n'est pas seulement corrélée aux types d'humus. Afin de mieux comprendre cette relation, nous nous sommes donc intéressés à la dynamique et à la minéralisation de l'azote dans les horizons superficiels de sols forestiers de fertilités variées. La présente étude a porté sur six hêtraies du réseau RENECOFOR, présentant une large gamme de conditions climatiques, édaphiques et de productions forestières. Sur chaque site, nous avons déposé des feuilles de hêtre enrichies en ¹⁵N, contenues dans des cadres de grillage en plastique, à la place de la litière fraîchement tombée. Nous avons d'abord suivi au cours du temps l'évolution de la masse de litière enrichie restant dans les cadres. Puis, au bout de trois ans et demi, nous avons mesuré l'excès isotopique dans les litières en décomposition et dans des échantillons du sol sous-jacent prélevés de la surface jusqu'à 30 cm de profondeur. Enfin nous avons étudié la minéralisation de l'azote dans les échantillons de sol incubés en laboratoire et mesuré l'excès isotopique de l'azote minéral ainsi produit.

Dans deux sites de basse altitude à humus de type « mull », la masse des feuilles introduites décroît rapidement et les résidus organiques sont incorporés profondément dans le sol. On y constate aussi une stabilisation de l'azote traduite par des stocks importants d'azote organique dans le sol, dont seule une proportion réduite et non enrichie en ¹⁵N est minéralisée. A l'inverse, dans le site de montagne présentant un humus épais de type « dysmoder », la masse des feuilles introduites décroît lentement et les résidus organiques sont accumulés en surface. La minéralisation y touche une proportion d'azote plus importante et marquée par l'enrichissement en ¹⁵N de la litière. Dans les trois autres sites étudiés, on constate des dynamiques intermédiaires entre ces résultats contrastés.

A partir de ces observations, il semble que la vitesse de décomposition de la litière soit surtout influencée par le climat tandis que le brassage des matières organiques et minérales est principalement contrôlé par l'activité des vers de terre. Il apparaît également que c'est dans les sites où les résidus de décomposition sont accumulés à la surface du sol que la minéralisation touche l'azote récent issu de la litière introduite. En revanche, dans les sols où les résidus de décomposition sont incorporés en profondeur, l'azote récent de la litière est rapidement stabilisé.

Communication orale à la journée "Isotopes stables en science du sol"
AFES SFIS (Société Française des Isotopes Stables)
Vendredi 21 Octobre, Muséum d'histoire naturelle de PARIS

Expériences de marquage isotopique ^{14}C et ^{15}N *in situ* pour la mise au point de modèles de décomposition de matière organique du sol

Marc Pansu¹ et Pierre Bottner²

¹ IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 05 France, 33 (0)4 67 41 62 28, pansu@mpl.ird.fr

² CEFÉ-CNRS, 34293 Montpellier Cedex 05 France, 33(0)4 67 59 71 88, bottner.pierre@wanadoo.fr

Résumé

Les traceurs isotopiques naturels ou artificiels constituent un outil essentiel pour comprendre et modéliser les transformations de la matière organique du sol (MOS). Introduits dans un des compartiments organiques, puis suivis à travers les autres compartiments supposés homogènes, les traceurs fournissent une image du fonctionnement du système. De la paille de blé marquée au ^{14}C et ^{15}N a été incubée *in situ* dans des sols de jachères du Paramo vénézuélien, avec collecte durant 2 ans des données suivantes : humidité du sol, ^{14}C et ^{15}N total, ^{14}C et ^{15}N de biomasse microbienne (BM), pluie, température et radiation. L'humidité journalière du sol a été prédite avec le modèle SAHEL (Penning de Vries et al., 1989). Cinq alternatives au modèle MOMOS-1 (Sallih et Pansu, 1993 ; Pansu et al., 1998) ont été testées pour prédire les transformations du matériel végétal marqué. Ces modèles (Fig. 1) se classent en deux types. Les modèles classiques de type 1 (MOMOS-2 à -4) utilisent deux types de paramètres : des constantes de vitesse et des facteurs de partition à l'entrée des compartiments (facteurs d'efficacité). Les modèles proposés de type 2 (MOMOS-5 et -6) utilisent uniquement des constantes de vitesse régulant la sortie des compartiments. Ils attribuent aussi un rôle plus fonctionnel et central à la BM. MOMOS-2 est du même type que MOMOS-1 avec une simplification concernant le cycle N. MOMOS-3 a la structure du modèle Roth-C de Jenkinson (1990) ; c'est une simplification de MOMOS-2 éliminant le compartiment labile HL (Fig. 1). MOMOS-4 est une simplification de MOMOS-3 éliminant le recyclage des matières transformées dans les compartiments BM et humus (H). MOMOS-5 explore deux nouvelles modifications : (1) la totalité des sorties depuis le matériel végétal (VL+VS) et l'humus (H) constitue l'entrée de BM, (2) les sorties de BM sont définies par son quotient respiratoire (q_{CO_2}) et son taux de mortalité (k_{BM}). MOMOS-6 complète MOMOS-5 par l'introduction d'un compartiment humus stable (HS) pour les prédictions à long terme. L'analyse de justesse appliquée à la prédiction simultanée des quatre variables d'état mesurées a montré (Pansu et al., 2004) : (1) la validité des simplifications de MOMOS-2 à MOMOS-3 puis de MOMOS-3 à MOMOS-4, (2) des prédictions similaires par tous les modèles pour les variables total- ^{14}C et ^{15}N , (3) des prédictions significativement améliorées par les modèles de type 2 pour les variables BM- ^{14}C et ^{15}N avec une dynamique différente de celle observée avec les autres modèles. L'analyse de sensibilité (Pansu et al., 2004) a aussi montré une stabilité plus grande des prédictions de BM par les modèles de type 2 malgré une formulation mathématique plus complexe pour la description de BM. Les modèles de type 2 présentent aussi une plus grande cohérence écologique (1) entre les variations prédites des activités de BM et des taux de minéralisation, (2) concernant l'influence des paramètres sur les réponses des modèles. L'amélioration apportée par MOMOS-6 n'est pas significative sur la durée de l'expérimentation par rapport à MOMOS-5, mais elle est nécessaire pour les prédictions à long terme et elle a permis de quantifier ^{14}C et ^{15}N séquestrés de manière stable dans cette expérience. Cette étude comparative permet de recommander le concept MOMOS-6 comme une base pour la simulation des dynamiques des MO natives et celles des nécromasses qui entrent annuellement dans le sol.

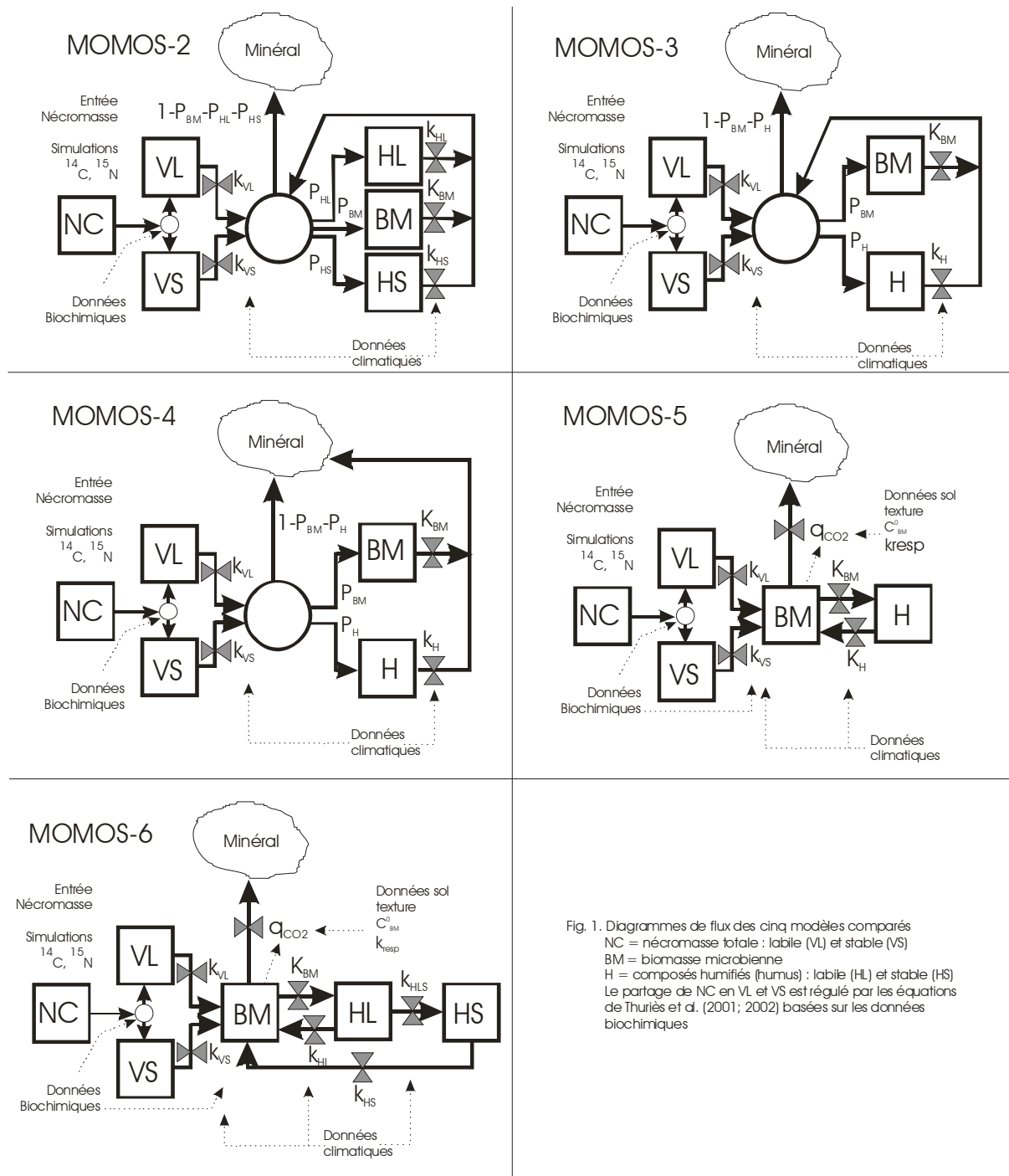


Fig. 1. Diagrammes de flux des cinq modèles comparés
 NC = nécromasse totale : labile (VL) et stable (VS)
 BM = biomasse microbienne
 H = composés humifiés (humus) : labile (HL) et stable (HS)
 Le partage de NC en VL et VS est régulé par les équations de Thuriès et al. (2001; 2002) basées sur les données biochimiques

Références

- Jenkinson, D.S., 1990. The turnover of organic carbon and nitrogen in soil. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B. 329: 361-368.
- Sallih, Z. and Pansu, M., 1993. Modelling of Soil Carbon Forms After Organic Amendment Under Controlled Conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 25: 1755-1762.
- Pansu, M., Sallih, Z. and Bottner, P., 1998. Modelling of soil nitrogen forms after organic amendments under controlled conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 30: 19-29.
- M. Pansu, P. Bottner, L. Sarmiento and K. Metselaar, 2004 - Comparison of five soil organic matter decomposition models using data from a ^{14}C and ^{15}N labeling field experiment, *Global Biogeochemical Cycles*, 18, GB4022, doi: 10.1029/2004GB002230.
- Penning de Vries, F.W.T., Jansen, D.M., ten Berge, H.F.M. and Bakema, A., 1989. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Pudoc, Wageningen, 271 pp.
- Thuriès, L., Pansu, M., Feller, C., Herrmann, P. and Rémy, J.C., 2001. Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 33: 997-1010.
- Thuriès, L., Pansu, M., Larré-Larrouy, M.C. and Feller, C., 2002. Biochemical composition and mineralization kinetics of organic inputs in a sandy soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 34: 239-250.

Application des isotopes du calcium au traçage de la biosphère

Anne-Désirée SCHMITT ^(1,2), Peter STILLE ⁽¹⁾ et François CHABAUX ⁽¹⁾

(1) CGS, UMR 7517, EOST, 1, rue Blessig 67084 Strasbourg Cedex France,

(2) MPI für Chemie, Postfach 3060, 55 020 Mainz, Allemagne

Courriel : *schmitt@mpch-mainz.mpg.de*

Pour déterminer la réponse d'un bassin versant suite à une perturbation environnementale comme les pluies acides, il est nécessaire de comprendre le comportement des nutriments. Dans ce contexte, l'identification de l'origine du calcium dans les eaux naturelles (rivières, pluies) est importante puisqu'il s'agit du principal cation neutralisant les dépôts acides, mais également d'un nutriment.

Nous avons étudié la composition isotopique d'eaux du ruisseau du Strenbach et d'eaux de pluie à l'échelle locale de l'exutoire du bassin versant forestier sur substratum granitique d'Aubure (Vosges, France). Nous avons notamment montré que la composition isotopique en calcium des échantillons étudiés est limitée avec un maximum de 0.8 ‰ [1, 2].

Nos résultats suggèrent que ces variations soient à relier aux proportions variables d'eau provenant de l'altération chimique de la roche (sans fractionnement) et d'eaux fractionnées par la végétation. Par conséquent, dans un bassin versant forestier, la contribution du calcium du couvert végétal est très importante pour neutraliser les pluies acides. De ce fait, contrairement aux isotopes du strontium, les isotopes du calcium sont des outils adaptés au traçage des processus se produisant dans la biosphère et notamment à l'interface eau-sol-plante.

[1] Schmitt A.D., Chabaux F. and Stille P. (2003) *EPSL* 213 (3-4), 503-518.

[2] Schmitt A.D. and Stille P. (2005) *GCA* 69 (14), 3463-3468.

Utilisation d'un modèle couplé (^{13}C , ^{14}C) en temps qu'outil de datation absolue des changements de végétation savane/forêt en milieu intertropical

Dominique Schwartz

Laboratoire "Image et Ville", UMR 7011, 3 rue de l'Argonne, 67083 Strasbourg cedex
Courriel : *schwartz@equinoxe.u-strasbg.fr*

Entre autres applications, la mesure du $\delta^{13}\text{C}$ des matières organiques pédologiques (MOS) permet de mettre en évidence, dans les milieux intertropicaux, des changements de végétation, tels que l'évolution d'une forêt dense (végétation C3) vers une savane (végétation majoritairement C4) ou l'inverse.

Le problème est de pouvoir dater ces changements de végétation. Les sols étant des milieux ouverts, les MOS sont renouvelées en permanence : une mesure d'âge par le ^{14}C donne un temps moyen de résidence, et non un âge absolu. On ne peut donc dater directement les changements de végétation en mesurant le temps moyen de résidence (TMR) des MOS. Les interprétations faites en ce sens, ou en comparant le signal ^{13}C à des datations absolues sur charbons de bois pédologiques sont autant de biais.

Cette difficulté peut être contournée en modélisant l'évolution de la composition isotopique en ^{13}C avec le temps, entre deux bornes de végétation de forêt dense et de savane graminéenne, considérées comme invariantes avec le temps. Cette modélisation, qui intègre la profondeur z et le temps par la mesure ^{14}C du TMR, permet de retracer l'évolution de la courbe théorique $\delta^{13}\text{C}(t, z)$ à des pas de temps connus. Pour prendre une comparaison parlante, lorsqu'on connaît le point de départ d'une voiture (ici les bornes $\delta^{13}\text{C}_{fz}$ et $\delta^{13}\text{C}_{sz}$), sa vitesse (ici le TMR) et sa position à un temps T donné (la courbe $\delta^{13}\text{C}(t, z)$), on peut en déduire son heure de départ (l'âge des changements de végétation).

Ce modèle a été comparé à des profils de différentes zones du Congo. Les résultats en sont satisfaisants en termes d'ordre de grandeur. Ils ne permettent pas une chronologie fine. Toutefois, ils permettent de raccorder les enregistrements pédologiques à des enregistrements sédimentaires tels que l'analyse palynologique, plus précis en terme de chronologie, mais spatialement distants.

En fonction du temps alloué à la communication, on exposera également brièvement une autre application du couplage (^{14}C , ^{13}C) à des comparaisons relatives d'âge de changements de végétation entre deux profils.

Utilisation des isotopes du zinc pour contraindre le cycle biogéochimique de cet élément

Viers Jérôme*, Priscia Oliva, Rémi Freydier, Bernard Dupré

LMTG/OMP, Université Paul Sabatier/CNRS/IRD, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse ; courriel : viers@lmtg.obs-mip.fr

L'objectif de cette étude était de déterminer pour la première fois les variations isotopiques naturelles du zinc (Zn) dans divers échantillons de sol, roche, litière et plante provenant du site de Nsimi-Zoétéélé (Cameroun). Le zinc est un élément trace que l'on retrouve dans tous les sols, plantes et animaux et qui est essentiel pour la croissance des plantes, des animaux et des hommes. Ce travail nous permet de commencer à examiner l'utilisation des isotopes du Zn comme traceur potentiel des processus *biotiques* ou *abiotiques* qui contrôlent son cycle biogéochimique.

Les rapports isotopiques seront représentés ici par le $\delta^{66}\text{Zn}$ ($\delta^{66}\text{Zn} = [({}^{66}\text{Zn}/{}^{64}\text{Zn})_{\text{échantillon}}/({}^{66}\text{Zn}/{}^{64}\text{Zn})_{\text{JMC 3-0749L}} - 1] * 10^3$). Les mesures effectuées dans les sols, litières, et roches révèlent un $\delta^{66}\text{Zn}$ compris entre -0.22 à 0.65‰. La reproductibilité obtenue sur ces mesures est comprise entre 0.05 et 0.1‰.

Depuis l'horizon saprolitique ($\delta^{66}\text{Zn} = 0.65\text{‰}$) en base de profil vers l'horizon argileux meuble de surface ($\delta^{66}\text{Zn} = -0.03\text{‰}$), les sols montrent un degré d'altération croissant et un enrichissement préférentiel en isotopes légers. Les organes (tiges, racines, feuilles) de six espèces de végétaux ont également été analysées. Le $\delta^{66}\text{Zn}$ varie de -0.91‰ à 0.75‰. Les tiges et racines des plantes sont généralement enrichies en isotopes lourds ($\delta^{66}\text{Zn}$ allant de +0.32 to +0.86‰) par rapport à la litière tandis que les feuilles des arbres montrent des valeurs plus négatives (jusqu'à -0.91‰). Dans notre étude, l'incorporation de Zn par les racines semble induire un fractionnement des isotopes avec une incorporation préférentielle des isotopes lourds (comparativement à la litière ou aux sols les plus superficiels). Contrairement aux travaux de Weiss et al. (2005) nous n'avons pas trouvé de valeurs significativement plus basses dans les tiges par rapport aux racines. Cependant, comme Weiss et al. (2005) nous avons rencontré les valeurs les plus négatives dans les feuilles des végétaux.

Même si nous devons acquérir des données supplémentaires sur d'autres profils latéritiques, afin de voir si nos résultats peuvent être retrouvés au sein d'autres systèmes latéritiques, deux hypothèses seront discutées pour expliquer l'appauvrissement en isotopes lourds dans les échantillons de sols les plus altérés. La première considère que cette signature isotopique est héritée des processus d'altération tandis que la deuxième considère un rôle significatif des végétaux à travers le recyclage biologique des éléments. Cependant, pour apporter une réponse à ces questions, il y a un besoin crucial dans le futur de comprendre les mécanismes qui induisent des fractionnements lors 1) des processus d'altération, 2) lors de l'incorporation par les plantes, 3) lors du transfert au sein de la plante, ou 4) lors de la dégradation de matière organique dans les sols.

Référence : D.J. Weiss, T.F.D. Mason, F.J. Zhao, G.J.D. Kirk, B.J. Coles, M.S.A. Horstwood, Isotopic discrimination of zinc in higher plants, *New Phytologist* (in press)