



HAL
open science

Modélisation de la pédogenèse : un état des lieux

Anatja Samouëlian, Sophie S. Cornu

► **To cite this version:**

Anatja Samouëlian, Sophie S. Cornu. Modélisation de la pédogenèse : un état des lieux. 9. Journées Nationales de l'Etude des Sols, Apr 2007, Angers, France. hal-02755709

HAL Id: hal-02755709

<https://hal.inrae.fr/hal-02755709>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation de la pédogenèse : un état des lieux

Samouëlian Anatja et Cornu Sophie

INRA, UR0272 Science du Sol, Centre de recherche d'Orléans, BP 20619, F-45166 Olivet Cedex. Anatja.Samouelian@orleans.inra.fr, Sophie.Cornu@orleans.inra.fr

1-Introduction

L'Union Européenne dans sa communication « Vers une stratégie thématique pour la protection des sols », du 16 avril 2002, reconnaît que les sols sont une ressource non renouvelable soumises à différentes menaces (érosion, pollutions) qu'il s'avère donc urgent de protéger afin qu'ils puissent continuer à assurer, sur le long terme, leurs fonctions. Or les sols évoluent en permanence sous l'action de flux de matière et d'énergie. Leur protection à long terme nécessite donc de pouvoir prédire cette évolution. Dans le cadre de la préservation du patrimoine sol, la prévision de l'évolution future des sols, sous l'effet de variables de forçage comme le changement climatique ou l'impact de l'homme, constitue donc un enjeu scientifique majeur recoupant des préoccupations sociétales actuelles. Afin de pouvoir faire des prévisions de l'évolution des sols à l'échelle du siècle en tenant compte de différents scénarios (climatiques ou usage des sols), il est à l'heure actuelle nécessaire de développer des modélisations de l'évolution des sols. Cela revient à faire évoluer au cours du temps la répartition et la composition de la phase solide. Il est alors nécessaire de pouvoir tenir compte des évolutions dues aux processus géochimiques, physiques et biologiques. Or, il existe dans la littérature des modèles couplés géochimie – transferts d'eau et de solutés qui permettent la prise en compte des interactions à l'interface solide – solution. Ce travail présente une analyse critique de ces modèles et leur possible adaptation à une problématique d'évolution des sols.

2- Modélisation couplée géochimie – transfert d'eau et de solutés

2.1 Le module géochimique

Quelque soit le modèle choisi, le module est renseigné par les compositions chimiques initiales de la phase aqueuse, de la phase solide, et par les conditions physico-chimiques du milieu. Cette description initiale du milieu permet le calcul de la spéciation chimique et des indices de saturation à l'équilibre thermodynamique. Dans cette première approche, les compositions et proportions des phases liquide et solide n'évoluent pas. Mais il n'est souvent pas possible de considérer les sols comme à l'équilibre. Il s'avère donc indispensable de prendre en compte les cinétiques de réactions géochimiques, de calculer les quantités de minéraux dissous ou précipités et ainsi de permettre une évolution géochimique des deux phases liquide et solide.

2.2 Le module de transfert d'eau et de solutés

On distingue les modèles qui fonctionnent en milieu uniquement saturé de ceux qui fonctionnent en milieu saturé et non saturé. Dans le premier cas, les modèles reposent sur la loi de Darcy, dans le second cas ils résolvent l'équation de Richards. Néanmoins, dans les sols, les transferts ont lieu dans leur grande majorité en condition non saturées.

Les transports de solutés sont pris en compte par l'équation de convection - dispersion. Une partie d'eau immobile peut également être considérée dans laquelle les transferts ne s'effectuent que par diffusion.

2.3 Les conditions d'adaptation à la problématique de la pédogenèse

Nous avons cerné deux adaptations majeures : i) les bases de données du module de géochimie et ii) les interactions et rétroactions entre les phases solide et liquide.

Les modules géochimiques utilisent des bases de données contenant les constantes de dissociations des espèces aqueuses, les produits de solubilité des minéraux et les constantes cinétiques des interactions eau - minéral et eau - matières organiques. Ces bases de données ont été établies pour des phases minérales pures et bien cristallisées, issues la plupart du temps de gisements. Or les minéraux du sol sont généralement mal cristallisés, contiennent de nombreuses impuretés, et présentent de ce fait des réactivités bien supérieures à celles des phases bien cristallisées. Il est donc nécessaire d'adapter les bases de données déjà établies aux minéraux des sols et de les compléter en ce qui concerne les matières organiques.

A cette difficulté s'ajoute la nécessité d'intégrer les phénomènes d'interactions et de rétroactions entre les phases solide et liquide tant en ce qui concerne l'évolution de la composition des phases solides que celle de leur assemblage et des propriétés physiques qui en découlent. Par exemple, les processus de précipitation/dissolution influencent les propriétés de transferts.

2.4 Les processus mal ou peu modélisés: transfert de particules et processus biologiques

Le lessivage, transfert massif de particules dans les horizons de subsurface, est un des processus pédogénétique majeur. Il est à l'origine de l'ensemble des sols lessivés soit environ 20% des sols d'Europe. Ce processus reste cependant assez mal connu et la modélisation du transport particulaire n'est à l'heure actuelle pas encore suffisamment développée. Le transport de particules est essentiellement associé aux préoccupations de préservation de l'environnement en se focalisant sur les transports de micropolluants vers les aquifères.

Les processus biologiques regroupent aussi bien la bioturbation (c'est-à-dire les transferts verticaux de particules par la faune des sols), le recyclage biogéochimique des éléments chimiques, et les réactions chimiques conditionnées par l'activité microbienne. L'ensemble de ces processus n'est que très peu représenté dans les modélisations mécanistes actuelles. Dans le meilleur des cas, ils ne se rencontrent que sous forme d'une constante ou d'un coefficient empirique.

Conclusions

Le problème de la validation des modèles de pédogenèse se pose. En effet lorsqu'ils sont utilisés pour prédire une évolution des sols, la référence de validation n'existe pas encore. Les validations qui existent actuellement s'appuient sur les évolutions déjà passées, auxquelles on a accès par le biais des chrono-séquences notamment et les suivis de la qualité des eaux sur de longues périodes. A notre connaissance, ces dernières sont rares pour les éléments majeurs des sols, ce qui rend difficile l'utilisation et la paramétrisation de modèles couplés géochimie-transfert.

Néanmoins, la modélisation numérique est un outil cognitif dans la mesure où il permet de vérifier si les hypothèses de fonctionnement mises en oeuvre permettent de retranscrire la réalité. C'est par un aller-retour modèle/expérience/observation que les difficultés liées à la modélisation des processus, au paramétrage, et à la validation pourront être levées.

Remerciement

Cette synthèse bibliographique est issue du Workshop « Modelling of pedogenesis » qui c'est tenue du 2-4 Octobre à Orléans, financé par l'INRA, l'Université d'Orléans, la région Centre, l'AFES, et le conseil général du Loiret.