

Modélisation du cycle de l'azote sous maïs et prairie de *Digitaria* (1)

M. ZUVIA, J.M. HETIER et I. LOPEZ

U.L.A., Fac. Ciencia Forestales, Lab. Suelos, Merida, Venezuela

Collaborations : J. PEREIRA et G. OCHOA (Fac. Ci. Forest. U.L.A.), G. SARMIENTO (Grupo de Ecolog. Trop., U.L.A.).

INTRODUCTION

Le projet SOMOS (Solution et Matière Organique des Sols) vise à prendre à la fois en considération l'optimisation immédiate du rendement de la fertilisation et la conservation de la fertilité potentielle des sols en utilisant l'azote, premier élément majeur de la nutrition minérale des cultures actuelles et traceur commode de l'évolution du statut organique des sols, condition de leur fertilité future.

Pour cela, nous avons choisi de privilégier une approche globale de deux agro-systèmes, laissant à des recherches plus spécialisées le soin de fournir des explications détaillées sur les mécanismes impliqués dans le fonctionnement des agro-systèmes étudiés.

Cette approche globale oblige à donner priorité à l'évaluation quantitative de l'apport du sol à la culture et de l'apport du fertilisant au sol. La discipline imposée par cette vision globale du système et de son évolution dans le temps empêche ces évaluations de sortir du cadre imposé par les conditions du milieu et de l'utilisation. La validité des évaluations faites est assez facilement sanctionnée par des mesures aisément accessibles telles que le contenu en azote 14 et 15 des plantes, de la solution, des fractions du sol ou des eaux de lessivage.

La première étape du projet SOMOS consiste à mesurer les paramètres cinétiques d'un modèle comportant les seuls compartiments dans lesquels on puisse faire des mesures de validation. Rappelons que, selon la définition de DELFORGE (1984), un modèle est un système de transformation de données analytiques expérimentales. Le modèle sera donc à géométrie variable selon les mesures dont on pourra disposer à un moment donné et sur un site donné.

EXPÉRIENCES RÉALISÉES AU CHAMP ET EN SERRE

Le but principal des expériences au champ est de mesurer *in situ*, premièrement le transfert d'azote aux plantes et deuxièmement les pertes par lixiviation et volatilisation, soit directement, soit par rapport au bilan en fin de cultures.

L'hétérogénéité des échantillons de sol où le marquage est localisé rend préférable la mesure de l'évolution de la solution du sol au cours d'une culture réalisée en pot avec le même sol.

La littérature sur les modèles se multiplie si rapidement qu'il n'est pas inutile de situer le projet SOMOS par rapport aux multiples tentatives de modélisation existantes.

MODÈLES

Les systèmes d'équations employés se ressemblent beaucoup. Les astuces des programmeurs n'apparaissent guère au grand jour. Retenons seulement que les systèmes d'équations différentielles avec des pas de temps très courts conduisent vite à l'usage de gros ordinateurs et à des temps de calcul prohibitifs pour les temps de prédiction supérieurs à trois ans. Mais le système d'équations différentielles utilisé pour les simulations de temps inférieures à 3 ans peut facilement être relayé par un calcul matriciel plus rapide pour les prédictions de longue durée.

La quasi totalité des modèles est de type compartimental. Mais les auteurs diffèrent beaucoup dans leur manière de définir les compartiments et encore plus dans celle d'envisager les mesures de validation.

(1) Programme réalisé par le Laboratoire des Sols U.L.A., Fac. Ci. Forest. Merida, Venezuela.

DISCUSSION

On peut tenter de regrouper les auteurs par la démarche employée pour définir les compartiments de leur modèle.

Une première démarche consiste à partir de la connaissance de processus biologiques tels que l'absorption racinaire (ROBINSON et RORISON, 1983), la minéralisation, l'organisation et même la nitrification et la dénitrification dont les constantes cinétiques ont pu être établies dans des conditions particulières. La revue de TANJI (1982) donne une idée de tous les efforts qui ont été faits et qui se poursuivent (VAN VEEN *et al.*, 1984). Les recherches classiques menées à Rothamsted et qui se poursuivent activement (SHEN *et al.*, 1988, JENKINSON et PARRY, 1988) peuvent se rattacher à ce premier groupe tout en méritant une mention spéciale à cause de l'importance donnée au compartiment biomasse microbienne, dans les modèles carbone et azote qui sont maintenant menés de front dans cette équipe.

Beaucoup d'autres travaux tentent d'associer à la connaissance des mécanismes biologiques de production d'azote minéral celle de la diffusion et la lixiviation de l'eau et des solutés dans le sol qui conditionne également la nutrition minérale des plantes (CAUSSADE et PRAT, 1984).

La complexité des modèles proposés augmente encore quand on ajoute à ces processus la décomposition des résidus végétaux et les transformations des différents constituants de la biomasse microbienne (MCGILL *et al.*, 1981).

Quel que soit le degré de complexité des modèles proposés, les mesures de validation concernent presque toujours les mêmes compartiments du système à savoir les nitrates en solution, la biomasse microbienne mesurée

par la technique biocidale et les plantes dans le cas des modèles conçus par des écologistes ou des agronomes.

Ce qui fait qu'en général 95 % de l'azote du système sont considérés globalement et ne font pas l'objet de mesures de validation. Les progrès rapides que fait en ce moment l'interprétation du fractionnement granulométrique du point de vue de la stabilité biologique des fractions du carbone (BALESDENT, 1988) et de l'azote (FRANÇOIS, 1988 ; HOUOT et BARRIUSO, 1988) permettent de penser qu'il va être maintenant possible de prendre en compte ces fractions pour y pratiquer des mesures de validation de modèles destinés plus directement à la gestion des statuts organiques des principaux types de sols cultivés.

CONCLUSION

La conclusion la plus importante qu'il convient sans doute de retenir après ces trois ans de dialogue entre le modélisateur et l'expérimentateur est que la référence à un modèle explicitement défini même s'il est encore en cours d'évolution constitue une base de programmation scientifique très intéressante et qui va probablement se généraliser.

La vision quantitative cinétique et globale qui en découle permet de fixer plus facilement des priorités dans le choix des expériences à réaliser et dans l'élaboration des protocoles expérimentaux en fonction d'objectifs définis en fonction d'une application plus ou moins lointaine. On évite ainsi le risque d'effectuer des expériences longues et coûteuses dont les résultats risquent de s'avérer inutilisables dans le cadre de modèles choisis a posteriori.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 22 août 1989

BIBLIOGRAPHIE

- BALESDENT (J.), 1988. — Soil organic matter turn-over in long term field experiments as revealed by carbon 13 natural abundance. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 52 : 118-124.
- BROADBENT (F.E.), 1986. — Empirical modeling of soil nitrogen mineralization. *Soil Science* 141 : 3 : 208-213.
- CAUSSADE (B.) et PRAT (M.), 1984. — Simulation de l'impact des produits réactifs dans les sols. Cas de l'azote. *J. of hydrology* 73 : 89-104.
- CHOTTE (J.L.), 1986. — Evolution d'une biomasse racinaire doublement marquée (14C-15N) dans un système sol-plante : étude sur un cycle annuel d'une culture de maïs. Thèse de Doct. Univ. Nancy I, 116 p.
- CLAY (D.E.), CLAPP (C.E.), MOLINA (A.E.) et LINDEN (D.R.), 1985. — Nitrogen tillage residue management. 1. Simulating soil and plant behavior by the model NCSWAP. *Plant and Soil* 84 : 67-77.
- DARRAH (P.R.), WHITE (R.E.) et NYE (P.H.), 1985. — Simultaneous nitrification and diffusion in soil. 1. The effects of the addition of a low level of ammonium chloride. *Journal of Soil Science* 36 : 281-292.
- FRANÇOIS (C.), 1988. — Devenir à court terme de différentes formes d'azote (urée, végétaux, sol) dans un ferrisol (Martinique). Thèse Doct. Univ. Nancy I, 173 p., + Annexes.

- GOEDERT (W.J.), 1985. — Solos dos cerrados. Tecnologias e estrategias de manejo. Planaltina DF Brasil.
- HOUOT (S.) et BARRIUSO (E.), 1988. — Répartition granulométrique de la matière organique dans les dispositifs de longue durée : influence du mode de fertilisation.
- JENKINSON (D.S.) et PARRY (L.C.), 1988. — The nitrogen in the Broadbalk wheat experiment : a model for the turnover of nitrogen through the soil microbial biomass. *Soil Biol. and Biochem.* (à paraître).
- Mc GILL (W.B.), HUNT (H.W.), WOODMANSEE (R.G.) et REUSS (J.O.), 1981. — Phoenix a model of dynamics of carbon and nitrogen in grassland soils. *Ecol. Bull.* (Stockholm) 33 : 49-115.
- PANSU (M.), SIDI (H.), 1987. — Cinétique d'humification et de minéralisation de mélanges sols-résidus végétaux. *Science du sol* 25 (4) : 247-265.
- RAO (P.S.C.), JESSUP (R.E.) et HORNSBY (A.G.), 1982. — Simulation of nitrogen in agrosystems : criteria for model selection and use. *Plant and Soil* 67 : 35-43.
- REUSS (J.O.) et INNIS (G.S.), 1977. — A grassland nitrogen flow simulation model. *Ecology* 58 : 379-388.
- ROBINSON (D.), RORISON (I.H.), 1983. — Relationships between root morphology and nitrogen availability in a recent theoretical model describing nitrogen uptake from soil. *Plant. Cell. and environment* 6 : 641-647.
- ROOSE (E.), 1981. — Dynamique des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. *Trav. et Doc. de l'ORSTOM* n° 130, 569 p.
- SHEN (S.M.), HART (P.B.S.), POWLSON (D.S.) et JENKINSON (D.S.), 1988. — The nitrogen cycle in the Broadbalk wheat experiment : ¹⁵N labelled fertilizer residue in the soil and in the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* (à paraître).
- SMITH (O.L.), 1979. — Application of a model of the decomposition of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 11 : 607-618.
- TANJI (K.K.), 1982. — Modelling of soil nitrogen cycle. Nitrogen in agricultural soils. Ed. J.F. Stevenson, Publisher Madison Wisconsin, USA. *Agronomy* N° 22 : 721-772.
- VAN VEEN (J.A.), LADD (J.N.) et FRIESSEL (M.J.), 1984. — Modelling C and N Turnover through the microbial biomass in soil. *Plant and Soil* 76 : 257-274.
- ZIERLER (K.), 1981. — A critique of compartmental analysis. *Ann. rev. Biophys. Bioeng.* 10 : 531-562.