

BILAN HUMIQUE AMG

# PRÉVOIR LES ÉVOLUTIONS pour adapter les pratiques



Les données nécessaires au fonctionnement du modèle AMG sont peu nombreuses et faciles à réunir pour une parcelle agricole.

© ARVALIS-Institut du végétal

**L'évaluation du statut organique des sols est difficile à appréhender du fait de l'évolution lente de la matière organique. Le bilan humique AMG répond à cette problématique en estimant à long terme le stock de carbone des sols en fonction des pratiques culturales et du contexte pédoclimatique.**

**D**ans de nombreuses régions, les résidus de cultures constituent de plus en plus un gisement de biomasse potentiellement utilisable comme source d'énergie.

La question de la durabilité de pratiques d'exportations fréquentes de résidus de cultures est donc plus que jamais d'actualité. L'enjeu : conserver un stock de matière organique du sol (MOS) suffisant pour maintenir son bon fonctionnement.

« **Le modèle** permet de simuler l'évolution du stock et de la teneur en MOS sur une période d'au moins 20 ans. »

D'autant que l'importance et les variations de ce stock dépendent de nombreux facteurs : type de sol, climat, système de culture, travail du sol, exportations des résidus... Son évolution lente, qui n'est visible qu'au-delà de 10 ou 15 ans en général,

rend difficile l'appréciation des effets de ces pratiques. Il devient donc nécessaire de recourir à des

modèles de bilan humique pour prévoir l'évolution à long terme du stock de MOS.

## Des prévisions sur 20 ans et plus

Ces bilans sont réalisés à l'échelle de la parcelle agricole. Ils quantifient annuellement les entrées et sorties de carbone organique. Les entrées sont représentées par les résidus de cultures aériens et racinaires des cultures principales, les couverts végétaux, ainsi que les produits résiduels organiques (PRO). Tout ce carbone n'est cependant pas transformé en humus. Un coefficient d'humification spécifique à chaque type de résidu ou de produit organique, appelé coefficient isohumique, est utilisé pour calculer l'apport de carbone humifié. Les sorties de carbone sont quant à elle liées à la minéralisation annuelle de la MOS sous forme de  $\text{CO}_2$ . Celle-ci dépend du type de sol, du climat et du travail du sol. Pour prendre en compte l'essentiel des restitutions de carbone et en particulier celles des racines, le calcul du bilan humique doit être réalisé sur l'épaisseur du travail du sol le plus profond de la rotation, mais dans tous les cas, au minimum sur 25 cm de profondeur. Ce type de modèle permet de simuler l'évolution du stock et de la teneur en MOS sur une période, de préférence, d'au moins 20 ans. Il met en évidence le type de dynamique engendrée par différentes pratiques culturales dans un contexte agricole donné. Le stock de carbone organique du sol, potentiellement atteint à très long terme (100 ans), à l'équilibre du bilan est également à considérer.

## Un outil simple d'utilisation

Le premier modèle français de calcul de bilan humique à long terme a été produit en 1945 (Hélin et Dupuis, 1945). Son but était de vérifier l'effet des modifications des systèmes de culture (abandon de l'élevage, mécanisation) sur le stock de matières organiques des sols de l'époque. Ce modèle, à un seul compartiment de carbone organique du sol et deux paramètres ( $k_1$ : coefficient isohumique et  $k_2$ : coefficient de minéralisation annuelle) est simple à mettre en œuvre à partir d'informations facilement disponibles sur une exploitation agricole. En 1999, l'INRA de Laon a mis au point le modèle AMG (initiales du nom de ses auteurs: Andriulo, Mary, Guérif), plus performant que le modèle Hélin-Dupuis. Tout en reprenant ses principes et en restant très simple d'utilisation, il introduit une partition du carbone organique du sol en carbone actif et carbone stable. La fraction active qui représente 40 à 60 % du carbone total se décompose rapidement, et a un temps de renouvellement de 10 à 30 ans. La fraction stable se décompose beaucoup plus lentement. Son temps de renouvellement est nettement supérieur à 100 ans. Elle contribue donc de façon négligeable à la minéralisation sur quelques dizaines d'années, et est considérée comme totalement "stable" dans le modèle AMG. Le modèle estime ainsi que le compartiment actif est le seul à être alimenté par les apports de

## MODÉLISATION : AMG distingue deux fractions du carbone du sol

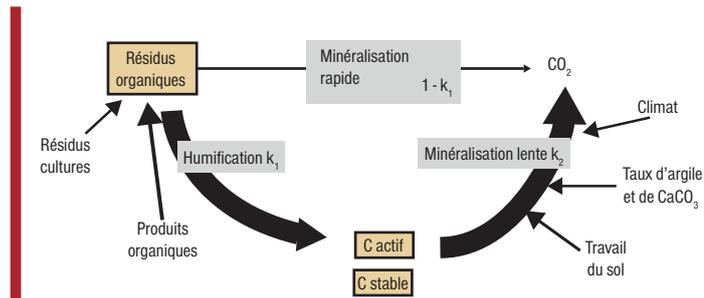


Figure 1 : Principe de fonctionnement du modèle AMG.

carbone frais et affecté par la minéralisation annuelle (figure 1). Le modèle a trois principaux paramètres :  $k_1$ , coefficient d'humification,  $k_2$ , taux annuel de minéralisation du carbone actif, et le rapport  $C_s/C_o$  ( $C_o$  étant la teneur initiale en carbone organique du sol et  $C_s$  la teneur en carbone stable). Selon les hypothèses de construction du modèle,  $k_1$  dépend uniquement de la nature des apports de carbone frais, alors que  $k_2$  dépend des caractéristiques du sol (teneur en argile et en carbonate de calcium), du travail du sol (nature, fréquence et profondeur) et des conditions climatiques (températures moyennes de l'air et bilans hydriques à l'échelle de l'année). Comme pour le modèle de Hélin-Dupuis, les données nécessaires au fonctionnement du modèle AMG sont peu nombreuses et faciles à réunir pour une parcelle agricole.

## Un modèle validé dans de nombreuses situations...

Le modèle AMG a d'abord été paramétré par ajustement des données réalisées sur l'essai de longue durée d'ARVALIS-Institut du végétal à Boigneville (91),



La recherche continue pour étendre le domaine de validité du modèle AMG, notamment à la prairie ou aux cultures pérennes comme le miscanthus.

## 23

C'est le nombre d'essais français de longue durée sur lesquels le modèle AMG a été testé en 2012.

ainsi que sur une sélection de parcelles de la base de données d'analyses de terre du LDAR (Laboratoire Départemental Analyses Recherches de Laon). Plus récemment, en 2008, le paramétrage du modèle a été affiné dans le cadre du projet CARTOPAILLES sur les données de neuf essais de longue durée (dont 5 essais français) portant sur la gestion des pailles. En parallèle, le travail entrepris dans le cadre du projet Gestion de l'état organique des sols (GCEOS) d'Agro-Transfert Ressources et territoires, a également permis d'améliorer sa précision, notamment au niveau des coefficients isohumiques des résidus de culture. De 2009 à 2012, l'INRA, Agro-Transfert, le LDAR et ARVALIS-Institut du végétal se sont associés dans le cadre du projet CASDAR « AMG » pour poursuivre ce paramétrage et tester le modèle sur la base de 23 essais de longue durée (de 7 à 40 ans). Répartis sur l'ensemble du territoire français, ces tests ont confirmé la performance satisfaisante du modèle dans des contextes pédoclimatiques et systèmes de culture très variés (figure 2). Par ailleurs, le paramétrage du coefficient isohumique des PRO a été précisé et élargi via l'indicateur ISMO (indice de stabilité de la matière organique) calculé à partir de mesures de laboratoire. Le paramétrage des coefficients isohumiques des CIPAN a été aussi revu pour prendre en compte les résultats récents (2010) des essais de longue durée (voir article *Travail du sol et couverts de ce dossier*).

### ...et décliné pour des utilisations à différentes échelles

Le modèle AMG a servi de base à la mise au point d'outils informatisés : d'une part l'outil SIMEOS-AMG, développé par Agro-Transfert en partenariat avec l'INRA dans le cadre du projet régional GCEOS (Gestion et Conservation de l'Etat Organique des Sols), en version PC en 2007 puis sur Internet dès 2012 (1); d'autre part l'outil AMG-ARVALIS, développé en 2014 et qui sera intégré dans FERTIWEB



Le modèle a servi de base à la mise au point d'outils informatisés comme SIMEOS-AMG mis à disposition de conseillers agricoles.

### PRÉCISION DU MODÈLE : des résultats robustes

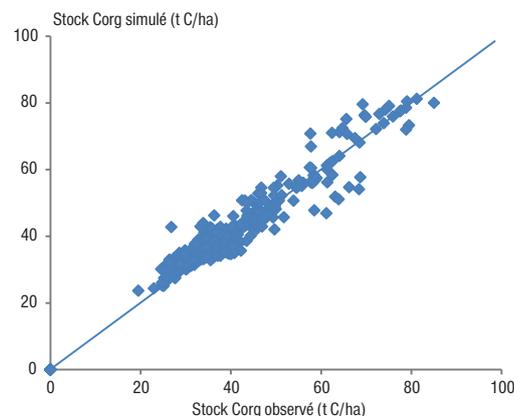


Figure 2: Confrontation des valeurs de stocks de carbone organique du sol simulées par le modèle AMG aux valeurs observées sur les 23 essais de longue durée (tests réalisés dans le cadre du projet CASDAR AMG, 2009-2012).

en 2017. L'outil SIMEOS-AMG est utilisé dans plusieurs régions françaises, et notamment en Picardie et en Nord-Pas-de-Calais, où il a été mis à disposition des conseillers agricoles pour du conseil individuel ou de la formation. Il a également été utilisé à l'échelle régionale dans le cadre couplé des projets CARTOPAILLES et GCEOS en 2007, pour évaluer des gisements de paille durablement mobilisables dans différents contextes agropédoclimatiques. Ce travail a permis de proposer une aide à la décision aux agriculteurs en vue de l'exportation des pailles tout en préservant la fertilité des sols (Brochures et plaquettes éditées par la FRCA Picardie, 2008 (2)). Compte-tenu des conséquences économiques et environnementales importantes liées à une qualité de prédiction du statut organique des sols, l'INRA, Agro-Transfert, le LDAR et ARVALIS-Institut du végétal s'accordent sur la nécessité de disposer d'une version unique et largement partagée du modèle AMG. Ils poursuivent leur collaboration pour étendre le domaine de validité du modèle (prairies, cultures pérennes dont des cultures énergétiques telles que le switchgrass ou le miscanthus...) et compléter son paramétrage.

(1) [www.simeos-amg.org](http://www.simeos-amg.org)

(2) Brochures téléchargeables : « Exporter des pailles sans risque pour l'état organique des sols » sur le site [www.agro-transfert-rt.org](http://www.agro-transfert-rt.org)

Alain Bouthier - [a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr)  
ARVALIS - Institut du végétal

Annie Duparque - [a.duparque@agro-transfert-rt.org](mailto:a.duparque@agro-transfert-rt.org)  
Agrotransfert-Ressources et Territoires

S.Sagot - [ssagot@cg02.fr](mailto:ssagot@cg02.fr)  
LDAR

B.Mary - [mary@laon.inra.fr](mailto:mary@laon.inra.fr)  
INRA