

## Colloque final du Réseau PRO (CasDAR/ADEME 2011-2014), 5 décembre 2014, Paris

### Valorisation des données du Réseau PRO : Evolution des stocks de carbone en systèmes de grandes cultures et en vigne Paramétrage et adaptation du modèle AMG

Annie Duparque<sup>(1)</sup> et Sabine Houot<sup>(2)</sup>

Avec le concours de :

Jean-Yves Cahurel<sup>(3)</sup>, Esteban Fortin<sup>(4)</sup>, Didier Jousseau<sup>(2)</sup>, Blandine Caruel<sup>(1)</sup>, Karl Goedtgheluck<sup>(1)</sup>

(1) Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2 chaussée Brunehaut 80200 Estrées-Mons

(2) INRA, UMR EGC INRA – AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon

(3) Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), Villefranche sur Saône

(4) IFV, Angers

Contacts : [a.duparque@agro-tranfert-rt.org](mailto:a.duparque@agro-tranfert-rt.org) ; [houot@grignon.inra.fr](mailto:houot@grignon.inra.fr)

### Contexte, enjeux et objectifs

Les matières organiques du sol (MOS) jouent un rôle central dans la détermination de sa qualité et dans son fonctionnement. Elles constituent un maillon essentiel du cycle du carbone dans les agrosystèmes et leur dynamique alimente le stockage ou le déstockage de carbone organique (Corg) et par là-même l'atténuation ou le renforcement des émissions de GES. Leurs rôles vis-à-vis des différentes composantes de la fertilité du sol sont également à rappeler : elles renforcent la stabilité structurale des sols limoneux et ainsi leur résistance à la battance ; leur décomposition, leur minéralisation fournit aux cultures et aux microorganismes les éléments minéraux nécessaires à leur développement ; leur rôle tampon et vis-à-vis de la CEC est également reconnu ; elles sont source d'énergie et substrat pour les organismes vivants du sol.

L'évolution des MOS dépend de facteurs du milieu (caractéristiques du sol telles que la teneur en argile, et du climat local, à savoir température, bilan hydrique) et des pratiques culturales. Cependant, cette évolution dans le temps est lente et l'effet des pratiques culturales sur l'état organique des sols est difficile à caractériser à court terme et difficile à prédire à long terme.

Le modèle AMG (Andriulo et al., 1999 ; Saffih et Mary, 2008) et les outils de simulation associés (en particulier AMG-Recherche, créé pour travailler à l'amélioration du modèle, et Simeos-AMG, outil d'aide à la décision pour le conseil agricole : Duparque et al, 2013) ont été développés à cette fin.

AMG est un modèle simple de calcul de bilan humique à long terme, paramétré pour les systèmes de grandes cultures. Cependant, dans sa version actuelle, la prise en compte de l'effet des apports de PRO reste à améliorer, en particulier en y intégrant des travaux récents sur la valeur agronomique « Carbone » des PRO (Lashermes et al, 2009).

Ainsi, le premier objectif du travail présenté ici était de valoriser les jeux de données d'essais de longue durée « en systèmes de grandes cultures avec apports de PRO », mis à disposition dans le cadre du projet, pour estimer les coefficients isohumiques  $k_1$  des PRO dans le modèle AMG (Coefficient correspondant au rendement de la transformation du carbone apporté par les PRO, en carbone organique humifié dans le sol).

Le second objectif était d'étendre le domaine d'application du modèle AMG à d'autres systèmes de production que les grandes cultures, et en particulier, en collaboration avec l'IFV, à la vigne. De fait, l'état organique des sols viticoles est considéré comme préoccupant dans de nombreuses situations (teneurs en Corg souvent faibles), et aucun outil n'est actuellement adapté pour aider à la gestion des MOS dans ces parcelles.

### Partie 1 : Acquisition de références sur la valeur agronomique des PRO

L'estimation de la valeur agronomique « Carbone » des PRO peut se faire selon trois voies principales :

- **Au laboratoire :**
  - o Au travers des résultats d'incubations de longue durée à l'issue desquelles est déterminé le Corg résiduel, figurant le Corg potentiellement stocké sur le moyen ou long terme dans le sol.
  - o En s'appuyant sur la caractérisation biochimique des PRO et le calcul de l'Indice de Stabilité des Matières Organiques ISMO. Le calcul de cet indice s'est largement répandu depuis sa normalisation (XPU 44-162).
- **Au champ :** en optimisant les valeurs des  $k_1$  des PRO pour ajuster le modèle AMG aux cinétiques d'évolution des stocks de Corg observés dans des essais de longue durée. Pour cela, des jeux de données d'essais de longue durée avec apports de PRO (produits urbains et effluents d'élevage) ont été rassemblés pour partie dans le cadre du projet CASDAR AMG, puis ces séries de données ont été complétées dans le cadre de Réseau PRO (K. Goedtgheluck, 2014). Les valeurs de  $k_1$  calculées via le modèle AMG sont confrontées ici aux valeurs d'ISMO connues pour les PRO concernés.

Les valeurs de  $k_1$  optimisées s'échelonnent de 0.40-0.45 (fumier de volailles, compost d'ordures ménagères, sciure), à des valeurs supérieures à 0.75 (0.76 : compost de boues ; 0.83 : compost de biodéchets ; 0.93 : tourbe). Une très bonne correspondance entre ces valeurs et celles des ISMO de l'ensemble des PRO concernés est observée ( $ISMO/100 : 0.8985 \times k_1$  au champ,  $R^2 = 0.73$ ). Les principaux résultats présentés sont détaillés dans le rapport de D. Jousseume (2011). Par ailleurs cette étude a été poursuivie en 2014 (stage de K. Goedtgheluck) pour enrichir le jeux de données d'essais de longue durée à mobiliser et à intégrer in fine dans la base Réseau PRO. Les travaux d'optimisation des  $k_1$  des PRO pour AMG sur l'ensemble de ces données permettront prochainement de compléter ces résultats.

Livrable : K. Goedtgheluck, 2014. Mémoire de stage, Lasalle-Beauvais ; Encadrement : -Agro-Transfert-RT, INRA

## Partie 2 : Adaptation et paramétrage d'AMG pour la vigne

L'objet de ces travaux était de tester le modèle AMG sur des jeux de données d'essais de longue durée en parcelles viticoles. Dans un premier temps, il s'agissait d'évaluer les capacités du modèle à rendre compte de l'évolution des stocks de carbone organique en parcelle de vigne, sans apport de PRO (modalités témoins), et d'ajuster si nécessaire les paramètres liés aux apports de Corg dans le système par les organes aériens et racinaires des plantes. Puis, une seconde étape visait à optimiser le  $k_1$  des PRO épandus dans les modalités « avec PRO ».

Un seul essai de longue durée en parcelle viticole a pu être identifié et mobilisé pour les besoins de l'étude : essai de CHINON, conduit de 1977 à 2004, par R. Morlat (UR Vigne et Vins, INRA Angers). L'essai comportait 6 modalités de traitements : un témoin sans apport ; une modalité avec apport de bois de taille broyés ; 2 modalités avec apport de compost de fumier de bovins à doses de 10 ou de 20 t/ha/an ; 2 modalités avec apport de compost de champignonnières à doses de 8 ou de 16 t/ha/an. Les doses d'apport par les modalités « sarments » et les plus faibles doses de chacun des deux composts ont été calculées pour fournir au sol la même quantité de Corg par an.

L'approche permise sur l'essai de CHINON, en modalités sans apports de PRO montre que dans sa version actuelle, le modèle AMG permet de simuler de façon satisfaisante l'évolution des stocks de Corg en parcelle viticole. Ce résultat est cependant conditionné à la disponibilité, sur les parcelles à simuler, des données d'entrée du modèle relatives aux masses de carbone apportées par les organes aériens : nécessité de la mesure du poids de bois de taille et de l'estimation de la masse de feuilles restant sur les parcelles chaque année. Le  $k_1$  des sarments a pu être estimé de façon satisfaisante. En revanche, les résultats des optimisations des  $k_1$  des PRO utilisés dans les autres modalités ont conduit à des résultats peu cohérents. Cette difficulté peut éventuellement être mise en rapport avec des observations, faites par les expérimentateurs, d'une mauvaise évolution des PRO apportés, induisant même aux doses fortes, des effets négatifs sur la physiologie des plantes et sur la qualité des baies. La très forte variabilité des stocks de Corg observées au cours du temps, vraisemblablement liée à des variations des protocoles d'analyses du carbone au laboratoire est probablement aussi à prendre en compte. De plus, une analyse plus approfondie de l'influence de l'estimation d'un des paramètres du modèle (Rapport Corg actif/ Corg total du sol) serait nécessaire et reste à partager avec les équipes scientifiques spécialistes de cette question actuellement.

Livrable : B. Caruel, 2013. Mémoire de stage, ESA Angers ; Encadrement : Agro-Transfert-RT, IFV

## Conclusions et perspectives

Les jeux de données d'essais de longue durée rassemblés dans le cadre de Réseau PRO dès 2011 ont permis de mobiliser le modèle AMG pour estimer les valeurs agronomiques « Carbone » de PRO utilisés en systèmes de grande culture et pour une première gamme de PRO urbains ou issus d'élevages. Ces travaux méritent aujourd'hui d'être poursuivis pour valoriser de nouvelles entrées réunies au cours du projet (en 2014) : il s'agira à la fois étendre potentiellement la gamme de PRO représentés pour parvenir à des valeurs validées des k1 dans cette liste élargie.

Dans le cas de la vigne, les travaux conduits ont permis de réunir et de valoriser un premier jeu de données d'essai offrant les résultats d'un suivi de l'évolution des stocks de carbone des sols sur une très longue durée. D'après cette première approche, le modèle AMG dans sa version actuelle permet de simuler de façon satisfaisante l'évolution des stocks de carbone organique en parcelles de vignes, mais son utilisation courante en parcelles viticoles implique la mesure de biomasses des sarments et des feuilles restant sur les parcelles. L'estimation des k1 des PRO utilisés dans cet essai s'est heurtée à des difficultés d'interprétation des résultats. Pour aboutir, elle suppose une évaluation plus poussée de l'influence de certains paramètres du modèle dans les conditions précises de cet essai, mais surtout, elle impliquerait la possibilité de recourir à d'autres jeux de données d'essais de moyen à long terme en parcelles viticoles avec apports de PRO qui permettrait d'en étendre la portée.

Le réseau de parcelles établi depuis 2009 par l'IFV, pour suivre l'évolution de l'état organique des sols prévoit de recueillir les données nécessaires pour mettre en œuvre le modèle AMG. Ces données continueront également à être intégrées progressivement à la base de données Réseau PRO, offrant les perspectives de poursuite de l'étude amorcée sur vigne dans le cadre du projet. Ces approches devraient être très utilement complétées à l'avenir par l'établissement d'une typologie opérationnelle des PRO.

## Références bibliographiques

- Andriulo A, Mary B, Guérf J (1999) Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. *Agronomie*, 19: 365-377.
- Caruel, B., 2013. Développer les outils du conseil pour améliorer la gestion des matières organiques en viticulture. Mémoire Recherche et Innovation – 4eme année –ESA Angers.40 pages
- Duparque, A., JL Dinh et B. Mary. 2013. AMG: a simple SOC balance model used in France for decision support. International workshop SOMpatic Rauschholtzhausem (Germany), November 20-22, 2013
- Goedtgheuluck K. 2014. Contribution au paramétrage du module PRO du modèle AMG. Rapport de stage 3<sup>ème</sup> année- Institut Lasalle Beauvais - 45 pages + Annexes.
- Jousseume, D., 2011. Evaluation des stocks de carbone dans les systems de culture incluant le recyclage des produits résiduaux organiques, paramétrage du modèle AMG. Mémoire de fin d'études Ingénieur - ESA Angers. 48 pages + annexes
- Lashermes G., Nicolardot B., Parnaudeau V., Thuriès L., Chaussod R., Guillotin M.L., Linères M., Mary B., Metzger L., Morvan T., Tricaud A., Villette C., Houot S., 2009. Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science*, 60, 297-310.
- Saffih-Hdadi K, Mary B (2008) Modelling consequences of straw residues export on soil organic carbon. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 594-607