



Simulation des dynamiques des éléments C, N, P et K sur le long terme dans un contexte français d'épandage de Produits Résiduaux Organiques: Calibration du modèle Century

P. Yebli, G. Naves-Maschietto, A. B. Bisinella de Faria, A. Revallier, M. Orvain, S. Houot, A. Michaud, D. Montenach, T. Morvan, F. Watteau, S. Guillouais



http://...

CONTEXTE



Au cours du 20^{ème} siècle l'agriculture française a largement utilisé les engrais minéraux afin de maîtriser au mieux les apports des éléments fertilisants de base, ainsi que les rendements des cultures. Aujourd'hui ce contexte a changé et de nouvelles préoccupations renforcent l'intérêt de la valorisation en agriculture de nos déchets. Parmi les enjeux majeurs, on peut citer la volonté de réduire les impacts environnementaux liés à la fabrication d'engrais de synthèse et la diminution des taux de matière organique (MO) des sols souvent observée aujourd'hui. L'utilisation de produits résiduaux organiques (PRO) tels que les composts répond à ces enjeux, enrichissant le sol en MO tout en contribuant à la fertilisation des cultures. Il est important cependant de bien maîtriser la dynamique d'évolution de ces PRO dans le sol afin de prédire l'évolution de la MO sur le long terme d'une part, et, d'autre part, la disponibilité en éléments fertilisants tels que l'azote tout au long du développement des cultures.

LE MODÈLE CENTURY



Structure du modèle de simulation Century (Parton et al. 1987) modifié avec la prédiction de la dynamique du carbone (C), de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) dans le système sol-plante et avec l'intégration de l'apport de différents types de composts considérant l'Indice de Stabilité de la Matière Organique (ISMO) (Lashermes et al. 2009)

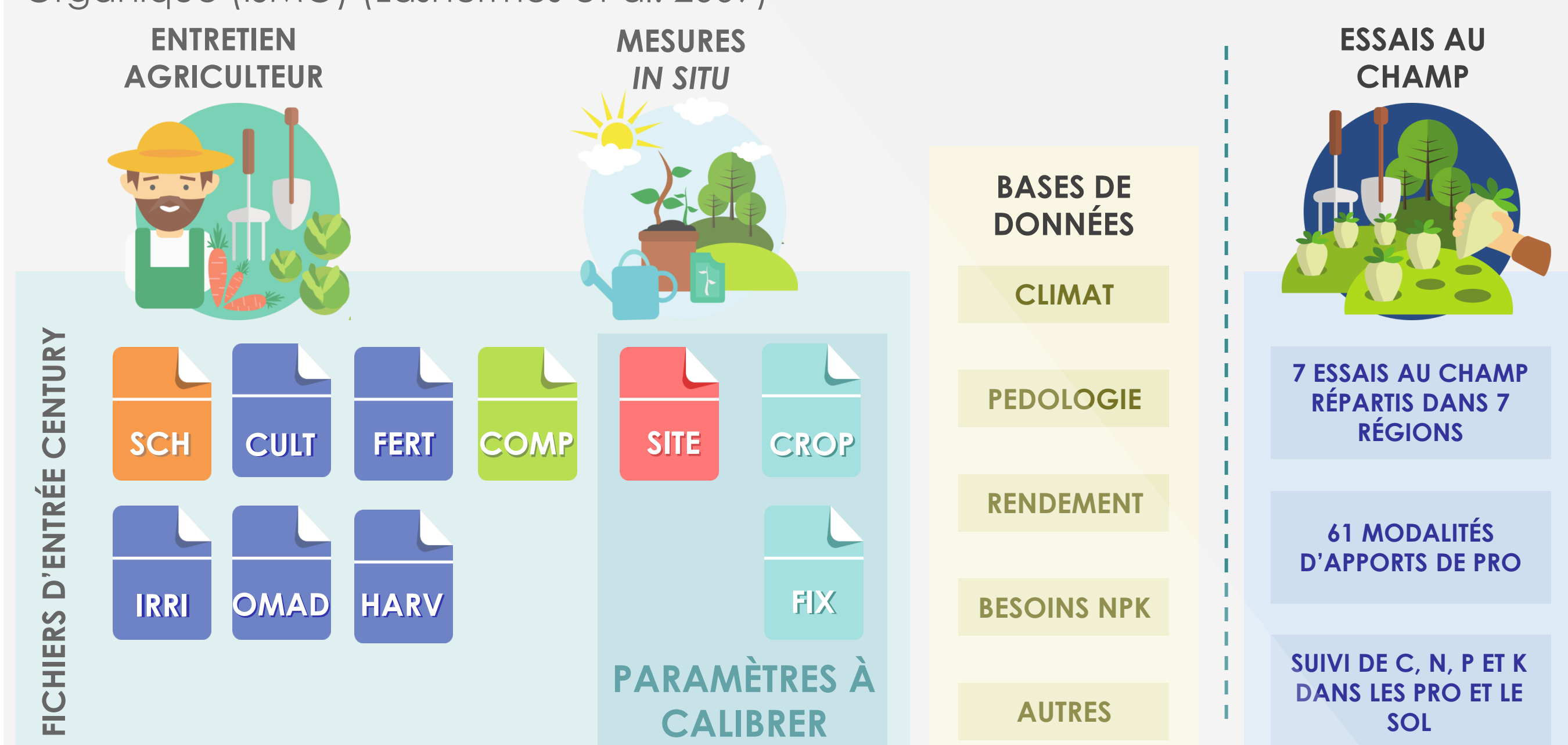


Figure 1: Données d'entrée Century et ses sources versus les observations au champ
SCH : suite de pratiques agricoles ; SITE : données propres à la parcelle simulée ; FIX : constantes nécessaires au fonctionnement de Century ; CULT : pratiques agricoles ; FERT : fertilisation minérale ; COMP : ajout de PRO ; IRR : irrigation ; OMAD : d'autres amendements organiques ; HARV : récolte ; CROP : cultures

L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Objectif: Orienter le choix des paramètres pertinents pour la calibration par la méthode de dépistage Morris (Morris, 1991) suivie par une méthode basée sur le calcul de la variance (Sobol, 1993).

Avantages:

- Améliorer la connaissance de l'influence des paramètres (et leurs interactions) sur les résultats;
- Réduire le nombre de paramètres à calibrer;
- Augmenter la performance de l'algorithme de calibration;
- Éviter le sur-apprentissage dans la calibration.

Résultat: Avec la méthode de dépistage, le nombre de paramètres sélectionnés est de 62 (sur 384 présents initialement dans le modèle). Ensuite, la méthode basée sur la variance a permis de réduire ce nombre à 25 paramètres qui représentent au moins 95% de la sensibilité totale des sorties du modèle de simulation.

CALIBRATION & VALIDATION



- Objectif de la calibration:** Adapter les prédictions du simulateur pour le contexte français d'épandage de composts en grandes cultures à l'aide de trois essais au champ (réseau SOERE-PRO et essai phosphore Arvalis-Terena-VERI). Le modèle cherche donc à minimiser l'écart existant entre les valeurs en sortie de la simulation et les valeurs des observations au champ correspondantes;
- Méthode de calibration:** Optimisation inverse - la valeur des paramètres est inférée à partir de l'effet (sortie du simulateur) tout en respectant les contraintes imposées à leurs bornes ainsi qu'à l'interdépendance entre les paramètres;
- Résultat de la calibration:** Un nouveau jeu de paramètres fixés pour les simulations suivantes;
- Validation:** L'objectif est de permettre, par comparaison avec des observations au champ (non préalablement utilisées) de confirmer la représentation correcte du système sol-plante étudié.

RÉSULTATS

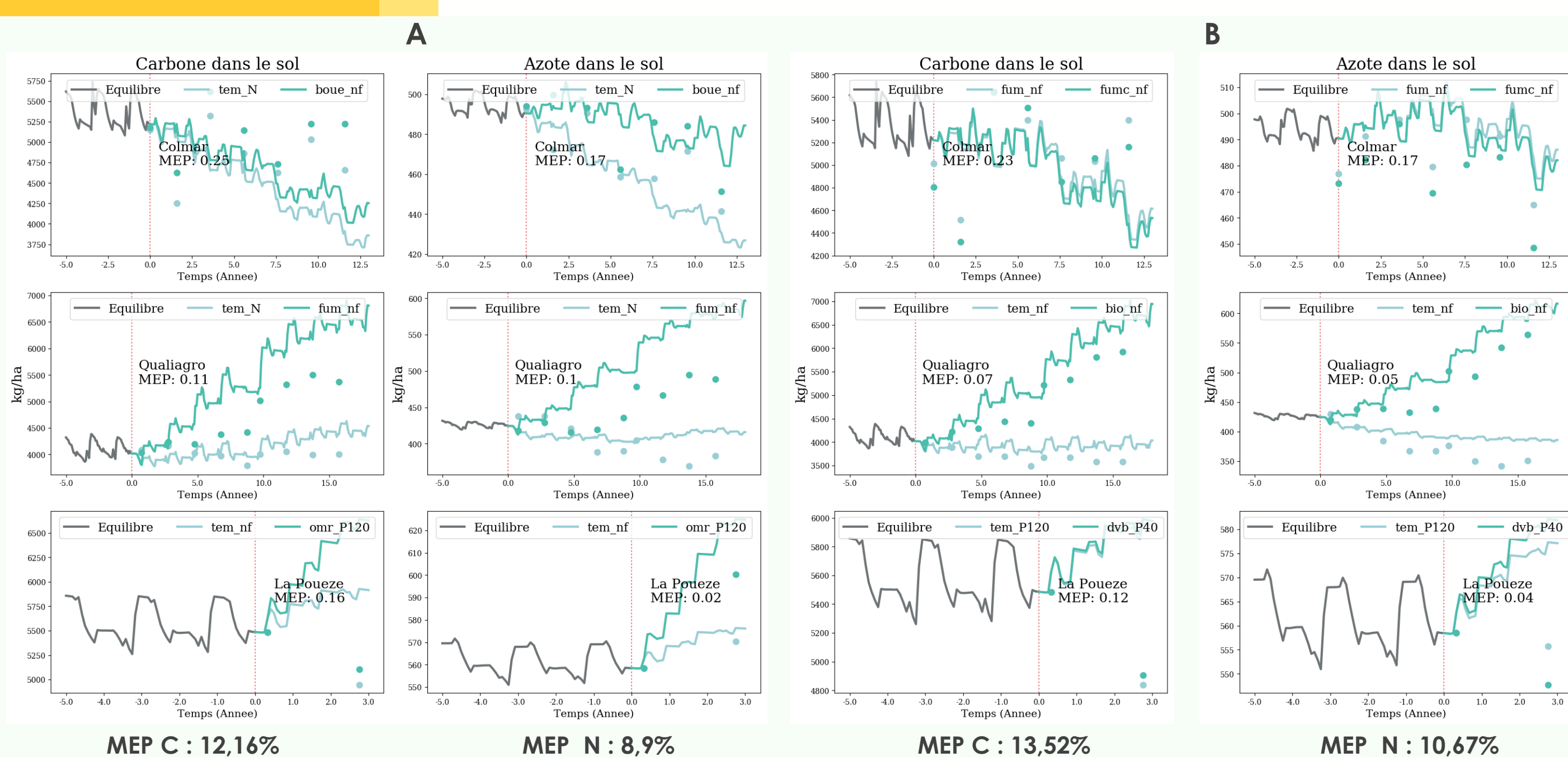


Figure 2: Comparaison entre les sorties Century et les observations pour la calibration (A) et pour la validation (B) pour C, N

MEP: Moyenne de l'erreur percentuelle ; tem: témoin ; fum: fumier ; fumc: compost de fumier ; omr: compost d'ordures ménagères résiduelles ; bio: compost de biodéchets ; dvbc: compost de boue + déchets verts ; N: traitement complétement en azote ; nf: traitement sans apport complémentaires d'azote ; P40: traitement avec apport de 40kg P₂O₅/ha ; P120: traitement avec apport de 120kg P₂O₅/ha

CONCLUSION

- L'utilisation de l'approche mathématique combinée à l'expertise agronomique a permis l'identification des paramètres les plus sensibles du modèle Century. Ils représentent les paramètres des cultures et ceux nécessaires principalement au fonctionnement du processus de décomposition dans le sol.
- Le modèle calibré a permis de simuler correctement le comportement dynamique des éléments C, N, P et K du système sol-plante dans un contexte agricole français (avec apport de composts).
- Suite à la calibration & validation, le modèle peut être utilisé dans un outil d'aide à la décision (OAD) permettant de calculer une solution de fertilisation optimale (en cours).

Lashermes et al. 2009. Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. European Journal of Soil Science, 60(2), 297-310
Morris, 1991. Factorial sampling plans for preliminary computational experiments. Technometrics, 33(2), 161-174
Parton et al. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. Soil Science Society of America Journal, 51(5), 1173-1179
Sobol, 1993. Sensitivity estimates for nonlinear mathematical models. Mathematical Modelling and Computational Experiments, 1(4), 407-414

Remerciements: SOERE-PRO, Réseau-PRO et essai Arvalis-Terena-VERI