

APPORT DES MODELES DE SIMULATION POUR L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE DE PRODUITS AGRICOLES : APPLICATION AUX TECHNIQUES D'EPANDAGE DE LISIER

B. Langevin^{1*}, C. Basset-Mens², L. Lardon³

¹ Cemagref, UMR ITAP, BP 5095, 34196 Montpellier Cedex 5, France

² CIRAD, UR HortSys, Boulevard de la Lironde - TA B-103/PS4 34398 Montpellier Cedex 5, France

³ INRA, LBE, Avenue des étangs, 11 100 Narbonne, France

*Auteur correspondant : Brigitte.Langevin@cemagref.fr

Introduction

L'affichage des impacts environnementaux sur les biens de grande consommation, dont les produits alimentaires, est prévu par la loi du Grenelle de l'environnement à partir du 1^{er} janvier 2011. L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) a été retenue comme méthode d'évaluation. Cette méthode normalisée offre une vision globale des impacts environnementaux en inventoriant l'ensemble des flux de matières et d'énergie consommés et émis au cours du cycle de vie du produit ou du service étudié, *i.e.* de l'extraction des matières premières jusqu'aux filières de recyclage ou de mise en déchet. Pour la plupart des produits alimentaires, la phase de production agricole représente une partie déterminante des impacts environnementaux (Halberg et al. 2000). L'inventaire des émissions au champ pour différentes productions agricoles est donc un enjeu crucial mais il est source de difficulté en raison du caractère diffus de ces émissions et de leur grande variabilité selon les conditions de sol, de climat ou de pratiques culturales. Or, les ACV sont souvent basées sur des informations incomplètes et sont rarement assorties d'analyses d'incertitude (Finnveden et al. 2009). Dans ce contexte, l'utilisation de modèles de simulation s'avère intéressante car ces derniers offrent l'avantage de pouvoir générer des données manquantes en fonction des objectifs de l'étude.

Dans le cadre d'une ACV comparative de différentes pratiques d'épandage de lisier, deux démarches de quantification des émissions directes de NH₃ et de N₂O au champ ont été conduites : synthèse de données expérimentales issue de la littérature d'une part et simulations des émissions avec des modèles d'autre part. L'attention particulière apportée à l'estimation de ces deux gaz pour l'épandage de lisier est justifiée par leur contribution dominante aux impacts sur le réchauffement global, l'acidification et l'eutrophisation (Langevin et al., sous presse). L'objectif est de comparer les deux approches en termes de faisabilité et d'incertitude finale des résultats d'ACV des procédés d'épandage.

Matériels et Méthodes

Quatre catégories de techniques d'épandage de lisier sont comparées, l'épandage de surface sur la totalité de la parcelle (Buse), l'épandage de surface en ligne, l'incorporation superficielle suite à un épandage en surface (Dent), et l'injection directe de lisier dans le sol (Disque).

Les émissions azotées des études publiées dans la littérature ont été mesurées dans des situations variées de sol et de conditions météorologiques, avec différents types de lisier et de culture en place. La gamme pédo-climatique des émissions simulées avec les modèles couvre cinq sites en France sur la période de 2001 à 2007 ; une seule date d'épandage et un seul type de lisier ont été considérés.

Les modèles de culture STICS (Brisson et al. 2003) et de volatilisation d'ammoniac Volt'air (Générmont et Cellier 1997), couplés à un modèle de tassement du sol, Compsoil (O'Sullivan et al. 1999) et des fonctions de pédotransfert relatives aux propriétés hydrodynamiques des sols, ont été utilisés pour simuler les émissions azotées. Ces modèles ont permis d'estimer séparément les effets sur les pertes NH₃ et N₂O : de l'homogénéité de répartition de la nappe de lisier, du tassement dans les traces de roues et de l'incorporation du lisier. Ils ont ensuite été combinés pour reproduire l'effet global des quatre techniques d'épandage. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux calculés à partir des données bibliographiques.

Résultats et Discussion

Un facteur d'émission relatif est calculé pour chaque technique en divisant les émissions de NH₃ et N₂O des différentes techniques par celles d'un épandage en ligne dans les mêmes conditions. Les fourchettes de valeurs calculées à partir des données bibliographiques et des sorties des modèles étaient comparables (Fig. 1 pour le cas du N₂O).

Dans le cadre de l'ACV basée sur les données bibliographiques, il n'était pas possible de juger de la représentativité des conditions d'expérimentation et une approche prudente a consisté à propager l'intervalle entier des valeurs calculées, considérées comme équiprobables, sur les résultats ACV. Mais une telle approche peut conduire à des marges d'incertitude trop grandes ne permettant plus de différencier les alternatives étudiées.

Les modèles ont permis d'obtenir des distributions de probabilité plus précises, augmentant les chances de discriminer les techniques. Puisque nous avons choisi les paramètres d'entrée, nous avons pu apprécier plus facilement la représentativité des sorties des modèles. L'observation de plusieurs modes sur les

distributions simulées a indiqué la possibilité de différencier des situations avec des valeurs d'émissions spécifiques. Dans ce cas, les analyses factorielles et les analyses de variance permettent d'identifier les paramètres les plus sensibles (machines, type de sol, conditions météorologiques...) sur lesquels baser une typologie de situations et de pratiques agricoles.

Les deux approches comportent chacune des avantages et des inconvénients pour la réalisation d'ACV: concernant la détermination d'une valeur moyenne ou générique, les données expérimentales peuvent conduire à des résultats non représentatifs en raison des aléas d'échantillonnage, surtout dans le cas d'émissions agricoles, éminemment variables. Les valeurs moyennes simulées avec des modèles présentent aussi des risques d'erreur liés aux simplifications des modèles ou au renseignement imparfait des paramètres d'entrée.

Concernant l'analyse d'incertitude des résultats, les modèles de simulation, permettent de construire des typologies pour discriminer les alternatives étudiées de manière plus fine.

Enfin, concernant le temps alloué à l'étude, il est clair que l'analyse bibliographique est bien plus rapide au regard du temps nécessaire pour prendre en main un ou plusieurs modèles et déterminer les valeurs de leurs nombreux paramètres d'entrée.

L'utilisation de données bibliographiques peut s'avérer suffisante pour réaliser une ACV de qualité si leur représentativité est jugée satisfaisante et les distributions résultantes sont suffisamment distinctes. S'il est besoin de raffiner la comparaison, les modèles sont alors un précieux outil pour construire une décision plus nuancée basée sur une typologie de situations contrastées

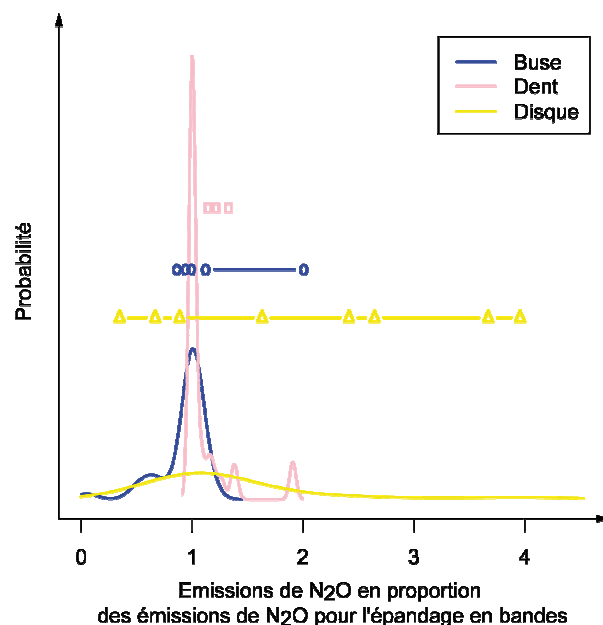


Fig. 1 : Distribution des facteurs d'émissions de N₂O simulés avec les modèles (courbes) et intervalles calculés à partir de la revue bibliographique (droite avec symboles)

Conclusion

Des données de qualité sont indispensables pour pouvoir réaliser des évaluations environnementales fiables et instructives. Ces informations sont stratégiques pour de la politique d'éco-étiquetage, en raison des répercussions économiques, sociales et industrielles. L'utilisation de modèles de culture, tel STICS, permet de générer les données relatives à la production, aux pratiques agricoles, et aux émissions de polluants qui sont nécessaires pour différencier, par exemple, des modes de production, telles l'agriculture conventionnelle et l'agriculture biologique. Ils permettent d'identifier les paramètres les plus sensibles sur lesquels construire une typologie si le niveau d'agrégation des émissions ne permet pas de discriminer les alternatives étudiées. Cependant, le praticien ACV doit rester vigilant avec l'utilisation de données simulées par des modèles : elles peuvent être sources d'erreur en raison de la simplification des processus modélisés, d'un défaut de maîtrise du modèle ou de son domaine d'utilisation, et des incertitudes sur les paramètres d'entrée qui peuvent être nombreux et difficiles à estimer. Un effort de transfert, d'accompagnement et de mise à disposition de modèles mécanistes plus faciles d'usage doit être recherché.

Références bibliographiques

- Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussière, F., Cabidoche, Y. M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudillère, J. P., Hénault, C., Maraux, F., Seguin, B. et Sinoquet, H. (2003). An overview of the crop model STICS *European Journal of Agronomy* 18 (3-4): 309-332.
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D. et Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment *Journal of Environmental Management* 91 (1): 1-21.
- Génermont, S. et Cellier, P. (1997). A mechanistic model for estimating ammonia volatilization from slurry applied to bare soil *Agricultural and Forest Meteorology* 88 (1-4): 145-167.
- Halberg, N., Kristensen, I. S. et Dalgaard, T. (2000). Linking data sources and models at the levels of processes, farm types, and regions. *Agricultural data for Life Cycle Assessments*. B. P. Weidema and M. J. G. Meeusen. The Hague, NL, Agricultural Economics Research Institute (LEI): 18-33.
- Langevin, B., Basset-Mens, C. et Lardon, L. Inclusion of the variability of diffuse pollutions in LCA for agriculture: the case of slurry application techniques *Journal of Cleaner Production*, sous presse, Corrected Proof.
- O'Sullivan, M. F., Henshall, J. K. et Dickson, J. W. (1999). A simplified method for estimating soil compaction *Soil and Tillage Research* 49 (4): 325-335.