

# **Cinétique de minéralisation nette de l'azote organique des produits résiduaux organiques à court terme *in situ* et en conditions contrôlées**

BOUTHIER Alain <sup>1</sup>, TROCHARD Robert <sup>2</sup>, PARNAUDEAU Virginie <sup>3</sup>, NICOLARDOT Bernard <sup>4</sup>

<sup>1</sup> ARVALIS Institut du végétal, F-17700 Saint Pierre d'Amilly, a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

<sup>2</sup> ARVALIS Institut du végétal, La Jaillière, F-44370 La Chapelle Saint Sauveur, r.trochard@arvalisinstitutduvegetal.fr,

<sup>3</sup> INRA, Agrocampus Rennes, UMR 1069, Sols, Agronomie, Spatialisation, F-35000 Rennes, Virginie.Parnaudeau@rennes.inra.fr

<sup>4</sup> AgroSup Dijon, Département "Agronomie et Environnement", UMR 1210 INRA-AgroSup Dijon-Université de Bourgogne "Biologie et Gestion des Adventices" (BGA) 26 Bd Docteur Petitjean, BP 87999, F-21000 Dijon, b.nicolardot@agrosupdijon.fr

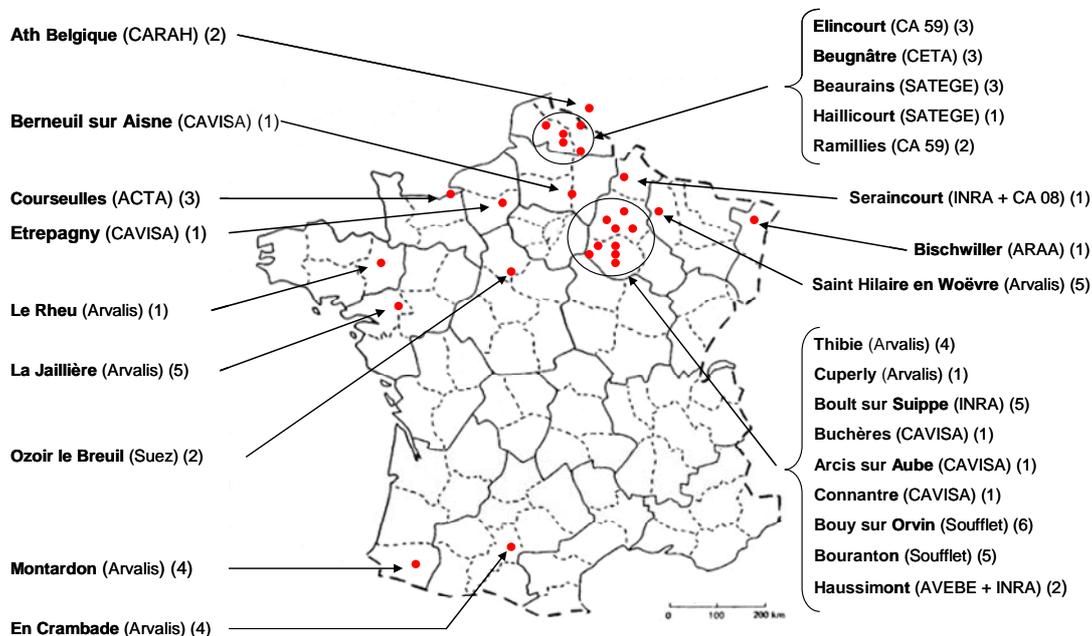
## **Contexte et objectifs**

Les produits résiduaux organiques (PRO) représentent une source de fertilisation azotée importante mais leur valeur azotée reste encore difficile à évaluer avec précision. En effet, l'azote contenu dans ces produits est présent sous la forme minérale et sous formes de différentes molécules organiques. Cet azote est donc disponible pour les cultures dans des délais très variables, de quelques jours pour les formes minérales à plusieurs années (voire plusieurs dizaines d'années) pour certaines formes organiques. On distingue ainsi des effets azote à court terme liés à la fraction minérale et à la fraction organique minéralisable dans les 12 mois suivant l'apport, et des effets azote à long terme, liés à la fraction plus stable de l'azote organique. Dans le contexte environnemental, sociétal et économique actuel, l'estimation de l'effet azote sur la culture réceptrice du PRO (effet court terme) doit être précisé de façon à ajuster au mieux l'apport des fertilisants organiques et minéraux aux besoins de la culture. La connaissance des cinétiques de minéralisation à court terme de l'azote organique des PRO et leur intégration dans des outils d'aide à la décision (OAD), devraient permettre de progresser dans cette voie. Des progrès significatifs ont été réalisés au cours des 10 dernières années au niveau de la prédiction de la minéralisation potentielle d'un certain nombre de PRO à partir d'études de laboratoire. La transposition au champ de ce type de résultats de minéralisation a été rendue possible grâce à des facteurs de corrections climatiques, même il s'avère que pour les PRO, d'autres facteurs semblent entrer en jeu.

## **Matériels et méthodes**

Depuis 1990, de nombreuses expérimentations au champ ont été conduites pour évaluer la minéralisation d'azote de différents types de PRO. Au cours de la période 2006-2008, l'INRA et ARVALIS se sont associés pour rassembler dans une base de données, l'ensemble des suivis de minéralisation d'azote au champ, sous sol nu, ainsi qu'en incubation en conditions contrôlées lorsque celles-ci avaient été réalisées parallèlement à l'étude au champ. Sur un total de 162 cinétiques étudiées sur 72 sites, 68 cinétiques

(tableau 1) réparties sur 28 sites (Figure 1) ont été retenues après validation. Les autres suivis ont en effet été supprimées de l'échantillon initial en raison d'incertitudes sur les mesures, consécutives aux pertes probables d'azote par volatilisation, difficilement quantifiables. Pour 44 des cinétiques retenues, des incubations en conditions contrôlées ont été également réalisées.



**Figure 1** : Répartition des 28 sites retenus pour l'étude.

Les essais au champ ont consisté à mesurer au pas de temps mensuel l'humidité et le stock d'azote minéral dans le sol, pour un traitement témoin sans apport ainsi que pour un ou plusieurs traitements avec apport de PRO. Ces essais ont été maintenus en sol nu durant toute la durée de l'expérimentation (6 à 18 mois). L'utilisation du modèle « LIXIM » (INRA Laon) a permis d'estimer la minéralisation nette de l'azote organique du PRO à partir de ces mesures et en prenant en compte la minéralisation nette du témoin sans apport.

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a réparti en classes les 68 cinétiques. Des calculs de corrélation et ACP ont permis d'évaluer les relations entre différents paramètres de composition ( rapport C/N et la teneur en N organique des PRO) et taux de minéralisation.

**Tableau 1** : Produits retenus et nombre de cinétiques mesurées *in situ*.

Types de PRO	Nombre de cinétiques
Boues de STEP diverses	8
Fumiers de bovins	8
Composts de déchets verts	7
Composts de fumiers de bovins	7
Fientes séchées de volailles	6
Composts de déchets verts + boues	5
Effluents de sucrerie	5
Vinasses concentrées	5
Composts divers	4
Fumiers de volailles	4
Composts de fumier de dindes + Déchets Verts	2
Effluents de distillerie	2
Effluents de féculerie	2
Boue liquide de distillerie	1
Eau de déshydratation de luzerne	1
Fumier composté de fumier de porcs	1
<b>Total</b>	<b>68</b>

## Résultats

La classification ascendante hiérarchique a abouti à une typologie en 6 classes qu'il est toutefois difficile d'associer à des critères de composition simples.

Par ailleurs, la typologie obtenue ne recoupe pas l'origine des PRO étudiés : un même type de PRO peut ainsi se retrouver dans 2 voire 3 classes. Néanmoins des tendances peuvent être observées pour un certain nombre de types de PRO (i.e ayant la même origine : ex. fumiers de bovins) dont l'effectif de cinétiques est supérieur à 5.

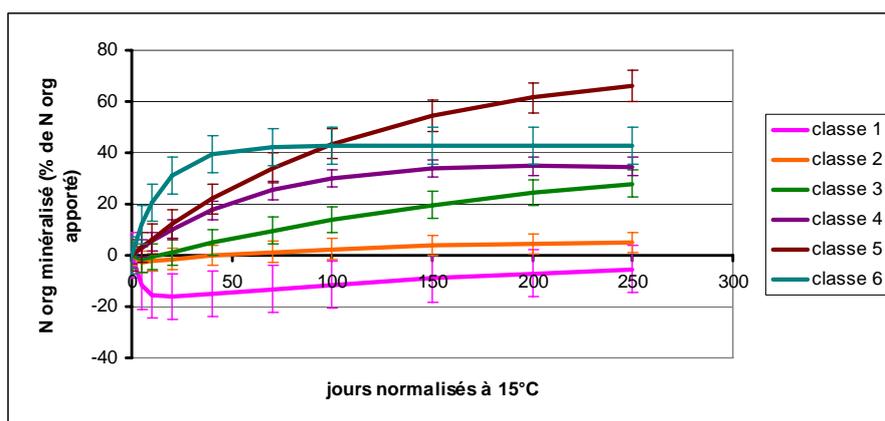


Figure 2 : Cinétiques moyennes des 6 classes de PRO.

- La classe 1 correspond aux produits organiques organisant de l'azote après leur épandage et ne libérant pas ou très peu d'azote au cours de l'année qui suit leur application sur la parcelle. Cette classe est composée de composts de fumiers, compost de déchets vert et d'eau de déshydratation de luzerne ;

- La classe 2 correspond à des PRO sans effet azote à court terme. Elle comprend des composts de fumier bovins, composts de déchets verts, compost de déchets verts + boues et des eaux terreuses de sucrerie ;
- La classe 3 est composée de PRO dont la minéralisation de l'azote organique est progressive et atteint 20 à 40% de l'azote organique appliqué. Le fumier de bovins est le seul représentant de cette classe ;
- La classe 4 comprend les PRO qui minéralisent 30 à 40% de leur azote organique dans l'année qui suit l'épandage et pour lesquels, la moitié de cette minéralisation se réalise dans les 50 premiers jours normalisés suivant l'épandage. Les fumiers de volailles et les boues urbaines déshydratées composent cette classe ;
- Les produits de la classe 5 minéralisent progressivement de 40 à 80% de l'azote organique appliqué, dont la moitié au cours des 50 premiers jours normalisés suivant l'épandage. On y trouve les vinasses ;
- Enfin la classe 6 correspond aux PRO qui minéralisent entre 40 et 80% de leur azote organique et pour lesquels l'essentiel de la minéralisation se passe dans les 50 premiers jours normalisés suivant l'épandage. Il s'agit des fientes de volailles, effluents de féculerie et de distillerie ainsi que des boues urbaines pâteuses.

Les 44 comparaisons entre les cinétiques au champ et celles obtenues au laboratoire ont montré qu'elles concordent parfaitement dans 26 cas ; dans 8 cas les dynamiques sont comparables mais les niveaux maximum atteints au champ sont plus faibles que ceux obtenus au laboratoire ; enfin pour 10 cas, les cinétiques au champ sont totalement différentes de celles obtenues au laboratoire.

Ces cas discordants correspondent à des PRO qui induisent une organisation de l'azote minéral du sol au laboratoire alors que ce processus n'est pas observé au champ. En réalité ces PRO contiennent souvent des composés riches en azote rapidement minéralisable et un support carboné grossier qui est très lentement dégradé au champ, mais qui très rapidement dégradé au laboratoire puisqu'il est broyé très finement avant incubation. On y trouve également des PRO contenant une quantité non négligeable d'azote ammoniacal, pour lesquels des pertes par volatilisation après épandage ont pu avoir lieu, qui auraient été confondues avec de l'organisation. Dans tous ces cas de figure, on rencontre des fumiers de volailles sur copeaux ou paille, certaines boues urbaines et des effluents de distillerie et de déshydratation de luzerne.

## **Conclusions**

Ce travail a permis de définir une typologie de cinétiques de minéralisation de l'azote organique à partir d'essais au champ, avec laquelle il est possible d'évaluer le comportement d'un certain nombre de PRO. Toutefois il a été mis en évidence une variabilité importante de comportement pour des PRO de même origine, qu'il n'a pas été possible d'expliquer par des critères de composition simples.

La bonne concordance entre les cinétiques obtenues au champ et celles obtenues au laboratoire pour une majorité de PRO et l'identification des cas de discordance autorisent l'utilisation de techniques de laboratoire pour prédire le comportement de minéralisation au champ. Le faible nombre de PRO référencés dans le cadre de cette étude nécessite des travaux complémentaires pour le référencement d'autres produits qu'il sera moins coûteux de conduire au laboratoire. Des explications approfondies doivent être

recherchées pour les PRO dont la minéralisation diffère entre le champ et le laboratoire, afin de proposer des facteurs de correction si cela est possible.

### **Perspectives pour poursuivre le travail de transposition des résultats en conditions réelles**

Des expérimentations sont en cours pour étudier les conditions de transposition des cinétiques de minéralisation, obtenues en sol nu, aux sols cultivés. D'ores et déjà, on a pu vérifier que les estimations de l'effet azote à court terme à partir des cinétiques sont cohérentes avec les références disponibles pour les fumiers de bovins et le fumier de volailles. En effet, ceux-ci ont précédemment fait l'objet de nombreuses expérimentations en vue de mesurer leur valeur fertilisante azotée pour différentes cultures.

Pour ces deux types de PRO, la comparaison des quantités d'azote disponible calculées à partir des cinétiques de minéralisation de l'azote organique, avec les valeurs de coefficient apparent d'utilisation (CAU) de l'azote mesuré sur des essais, montre des valeurs proches (Tableau 2). La quantité d'azote disponible a été calculée de la manière suivante : prise en compte de la totalité de l'azote minéral apporté et calcul d'une minéralisation selon la cinétique moyenne de la classe du PRO considéré, pour un nombre de jours normalisé moyen calculé entre l'apport et la maturité de la culture.

**Tableau 2 :** Coefficients apparents d'utilisation de l'azote de 34 fumiers de bovins et de 19 fumiers de volailles pour un apport de printemps avant une culture de maïs et quantité d'azote disponible prenant en compte l'azote minéral et l'azote minéralisé calculé à partir des cinétiques de minéralisation.

	Fumiers de bovins	Fumiers de volailles
CAU moyen en %	0.23 (0.17) <sup>1</sup>	0.35 (0.17)
N disponible (% N total apporté)	0.27	0.31

<sup>1</sup> écart type entre parenthèses

### **Bibliographie :**

Lashermes G., Houot S., Nicolardot B., Mary B., Morvan T., Chaussod R., Linères M., Metzger L., Thuriès L., Villette C., Tricaud A., Guillotin M.L. 2007. Typology of exogenous organic matter based on chemical and biochemical composition to predict nitrogen availability. Actes du colloque "Mineral versus organic fertilisation conflict or synergism ?", 16-19 septembre 2007, Ghent, Belgium, pp 287-294.

Mary B, et al. (1999) Calculation of nitrogen mineralization and leaching in fallow soil using a simple dynamic model. European Journal of Soil Science 50, 549-566.

Morvan T., Nicolardot B., Péan L. 2005. Biochemical composition and kinetics of C and N mineralization of animal wastes: a typological approach. Biology and fertility of Soils, 42, 513-522.

Morvan T., Péan L., Robin P. 2004. Evaluation de l'intérêt du fractionnement de la matière organique d'effluents porcins pour en caractériser la biodégradation et la valeur fertilisante azotée. Journées Recherche Porcine, 36, 91-96.

Nicolardot B., Bodineau G., Montenach D., Leclerc D., Schaub-Tremel A., Parnaudeau V., Le Villio-Poitrenaud M., Houot S. 2007. Devenir de l'azote de produits résiduaux organiques après épandage. Actes du colloque « Retour au sol des produits résiduaux organiques », 27 Novembre, Colmar, INRA-MRA du Haut Rhin, pp. 43-53.

Nicolardot B., Parnaudeau V., Générumont S., Morvan T., Hénault C., Flura D., Robert P., Marcovecchio F., Linères M., Morel C. 2003. Disponibilité en azote des effluents urbains, agro-industriels et issus d'élevage. Dossier de l'environnement INRA, 25, 15-25.

Parnaudeau V, et al. (2009) Measured and Simulated Nitrogen Fluxes after Field Application of Food-Processing and Municipal Organic Wastes. Journal of Environmental Quality 38, 268-280.M