



Marie-Laure GUILLOTIN  
responsable agronomie  
Laboratoire LCA  
1, rue samuel Champlain  
17074 LA ROCHELLE CEDEX 9



Jean-Philippe BERNARD  
Chef du département Environnement  
AGRICULTURES & TERRITOIRES  
Chambre d'agriculture  
de la Charente-Maritime  
2 avenue de fétilly  
17074 La Rochelle cedex 9



# Minéralisation de la matière organique : approche du comportement du sol PROTOCOLE, RÉSULTATS ET ANALYSE

L'acte de conseil en fertilisation doit concilier de nos jours l'optimisation des intrants investis dans la production et la préservation de la ressource en eau, ce qui est souvent ressenti comme tout à fait antagoniste. Un moyen de concilier les deux est d'améliorer la précision de chaque composante du conseil. En matière de fertilisation azotée, cela revient à améliorer la connaissance de chacun des postes envisagés dans la méthode de bilan utilisée par le conseiller. Dans le cas de la méthode du COMIFER, devenue référence réglementaire avec la réforme des programmes d'action en zone vulnérable de décembre 2011 (<http://www.comifer.asso.fr/index.php/publications.html>), si certains postes sont connus avec précision - besoin de la culture, apport par les intrants minéraux, reliquats mesurés post-récolte ou en sortie d'hiver, d'autres sont plus difficiles à évaluer, notamment ceux qui sont liés au comportement de la matière organique du sol. En effet ceux-ci sont dépendants des conditions du sol supportant la culture et recevant les intrants. En Charente-Maritime, dans un contexte de climat assez doux et de pluviométrie assez aléatoire, nous nous sommes intéressés au comportement de la matière organique du sol. Sur l'exemple de l'étude de la cinétique de minéralisation applicable aux amendements organiques, la Chambre d'agriculture de Charente-Maritime a proposé au laboratoire LCA à La Rochelle d'adapter le protocole à un prélèvement de sol. Plusieurs séries de mesures ont été conduites selon ce protocole sur commande de la Chambre d'agriculture, notamment dans le cas des opérations de bassin versant auxquelles elle participe, ou en collaboration avec l'INRA de Saint Laurent de la Prée dans le cadre d'une expérimentation de fertilisation organique.

## Protocole d'essai

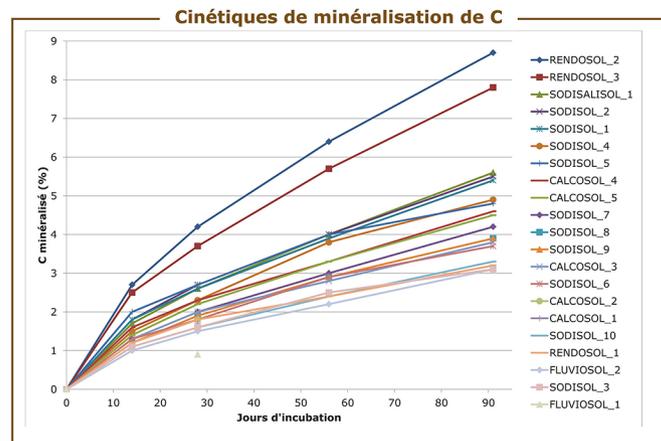
Le protocole est une simplification d'une méthode habituellement utilisée pour évaluer le potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote des amendements organiques (XP U44-163 de décembre 2009). Il est basé sur l'observation de l'évolution de ces deux paramètres au cours d'incubations de sol n conditions contrôlées de laboratoire (28°C, humidité ajustée à la capacité de rétention en eau), pendant 13 semaines. A l'issue de l'essai, les quantités de carbone et d'azote minéralisées sont calculées, ainsi que les pourcentages de minéralisation de ces éléments, permettant d'apprécier le potentiel de minéralisation des sols.

## Résultats

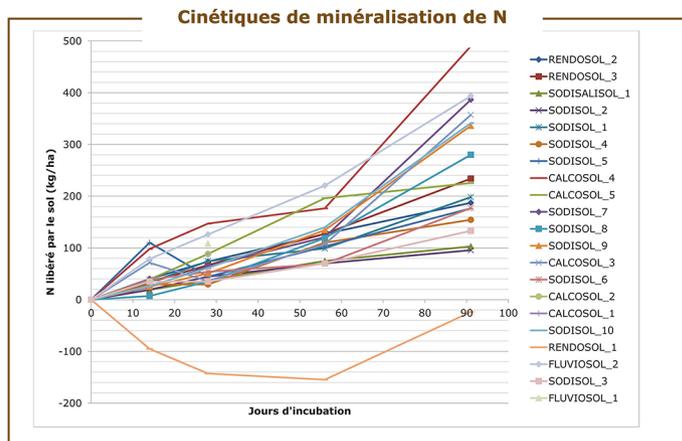
Ce protocole a été appliqué à des échantillons de terre prélevés sur une quinzaine de parcelles situées dans la plaine de l'Aunis et dans le Marais de Rochefort. Ces parcelles ont été choisies par rapport à leurs situations particulières, les unes dans une opération de bassin versant, les autres dans un plan d'épandage de boues d'épuration. Chaque parcelle a fait l'objet de une à plusieurs réalisations de minéralisation. En parallèle, les parcelles ont été qualifiées par un type de sol selon la typologie du Référentiel Pédologique Français, à partir d'observations de terrain et des informations apportées par la cartographie IGCS du département au 1/100 000ème.

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous : teneur en matière organique (MO) en g/kg, teneur en azote (N) total en g/kg, rapport C/N, carbone (%) et azote (en kg/ha) minéralisés à 28 jours pour 21 réalisations et à 14, 28, 56 et 91 jours pour 18 réalisations.

Parcelles	MO du sol (g/kg)	Nt du sol (g/kg)	C/N	Carbone minéralisé (en %) selon la durée (en jours d'incubation)		N libéré par la minéralisation du sol (en kg/ha) selon la durée (en jour d'incubation)			
				28 jours	91 jours	14 jours	28 jours	56 jours	91 jours
CALCOSOL_1	68	2,8	14,1	1,7			88,2		
CALCOSOL_2	45	2,1	12,5	1,8			88,2		
FLUVIOSOL_1	54	2,38	13,1	0,9			108,29		
CALCOSOL_3	64,8	3,4	11,1	2		71,4	35,7	107,1	357
CALCOSOL_4	52,3	2,8	10,9	2,3	4,6	98	147	176,4	490
FLUVIOSOL_2	76,5	4,5	9,8	1,5	3,1	78,75	126	220,5	393,75
RENDOSOL_1	61,1	3,4	10,4	1,8	3,2	95,2	-142,8	-154,7	-23,8
CALCOSOL_5	49,9	2,8	10,4	2,2	4,5	39,2	89,2	196	225,4
RENDOSOL_2	31,5	1,91	9,59	4,2	8,7	40,11	73,535	127,015	187,18
SODISOL_1	37,3	2,36	9,19	2,6	5,4	33,04	74,34	99,12	198,24
SODISALISOL_1	43,6	2,67	9,5	2,6	5,6	18,69	37,38	74,76	102,795
SODISOL_2	29,7	1,82	9,5	2,7	5,5	19,11	44,59	70,07	95,55
RENDOSOL_3	32,5	1,91	9,91	3,7	7,8	33,425	66,85	127,015	233,975
SODISOL_3	34,5	2	10	1,6	3,1	35	35	70	133
SODISOL_4	35,1	2,1	9,7	2,3	4,9	29,4	29,4	110,25	154,35
SODISOL_5	34,9	2,1	9,7	2,7	4,8	110,25	44,1	102,9	176,4
SODISOL_6	39,9	2,2	10,5	1,8	3,7	38,5	53,9	69,3	177,1
SODISOL_7	40,1	2,3	10,1	2	4,2	24,15	64,4	120,75	386,4
SODISOL_8	41,6	2	12,1	1,9	3,9	7	35	119	280
SODISOL_9	41,5	2,4	10	1,9	3,9	25,2	50,4	134,4	336
SODISOL_10	48,3	2,5	11,2	1,6	3,3	26,25	61,25	140	341,25



**COURBES DE CINÉTIQUE DE MINÉRALISATION DU CARBONE**  
Les cinétiques présentent des allures assez semblables mais aboutissent à des résultats variant du simple au triple. Les coefficients de minéralisation présentés sur le graphique sont beaucoup plus importants que les valeurs classiques de ces coefficients - de l'ordre de 1 à 2% : le protocole propose des conditions optimales, qui ne sont jamais réalisées sur une année complète mais qui peuvent être observées sur une période plus courte - 2 à 3 mois, voire l'équivalent d'un cycle végétatif. Nous n'observons pas de spécificité qui serait due au type de sol.



**COURBES DE LIBÉRATION DE L'AZOTE EN KG/HA**  
Les valeurs potentielles d'azote libéré peuvent être assez importantes : de l'ordre de 100 kg/ha pour certains dès le 14ème jour de la cinétique, jusqu'à 200 kg/ha en moyenne en fin de cinétique. Dans le cas atypique avec immobilisation de l'azote, la quantité maximale observée est de l'ordre de -140 kg/ha, et il est assez probable que dans des conditions réelles, cette valeur approche -50 kg/ha, soit l'équivalent d'une fraction de fertilisation. A ce stade, il serait nécessaire d'identifier les pratiques culturales et de travail du sol qui ont amené à ce résultat, car  
o il faut pouvoir les intégrer dans le raisonnement de la fertilisation de la parcelle ;  
o elles pourraient amener des solutions techniques aux programmes d'action en zone vulnérable.

## Un peu d'analyse de données...

Nous avons testé les mesures avec la méthode d'analyse en composantes principales. Les résultats obtenus nous montrent que les sols à fort potentiel de fourniture d'azote sont ceux dont le paramètre C/N est le plus élevé et dont la vitesse de minéralisation de la matière organique est la plus importante. Leur stock résiduel en matière organique est de ce fait souvent moindre que celui des sols à potentiel plus faible. Il est possible que dans ces sols la matière organique soit constituée par des fractions fraîches et labiles, à C/N élevé—qui caractériserait une matière organique plutôt fermentescible comparativement aux autres parcelles — et plus rapidement biodégradée. A contrario, les sols avec une teneur en matière organique plus forte contiendraient plutôt des fractions très évoluées, de type «fossile», à C/N plus bas.



Marie-Laure GUILLOTIN  
responsable agronomie  
Laboratoire LCA  
1, rue samuel Champlain  
17074 LA ROCHELLE CEDEX 9



Jean-Philippe BERNARD  
Chef du département Environnement  
AGRICULTURES & TERRITOIRES  
Chambre d'agriculture  
de la Charente-Maritime  
2 avenue de fétilly  
17074 La Rochelle cedex 9



# Minéralisation de la matière organique : approche du comportement du sol DU LABO AU TERRAIN ET CONCLUSION

## Du labo au terrain : jours d'incubation, jours normalisés et jours réels

Quoique nos résultats ne soient pas transposables directement aux conditions de terrain, ils incitent à bien intégrer la participation du sol à la fertilisation azotée, notamment en conditions climatiques douces et humides.

## Du cycle cultural aux jours d'incubation

Pour pouvoir comparer les potentiels de minéralisation entre les sols placés en conditions réelles (mesures de terrain réalisées en 2011) et ceux placés en conditions optimales de laboratoire, nous avons rapporté l'ensemble des données à des « jours normalisés ». Pour ce faire, le moteur d'interprétation d'Azofert® a été alimenté par les données climatiques décennales de 2010-2011 (station météorologique de La Rochelle). Les jours normalisés sont une variable de sortie intermédiaire du logiciel. Le calcul intègre les variations de température et d'humidité du sol, pour les itinéraires techniques choisis, selon la formule suivante :

$$JN = 1 * F(T) * G(H) \text{ où}$$

Le facteur « température »,  $f(T)$ , est décrit par la loi de Van't Hoff. Seules les températures moyennes décennales supérieures à 15°C sont efficaces, avec un plafond de 30°C.

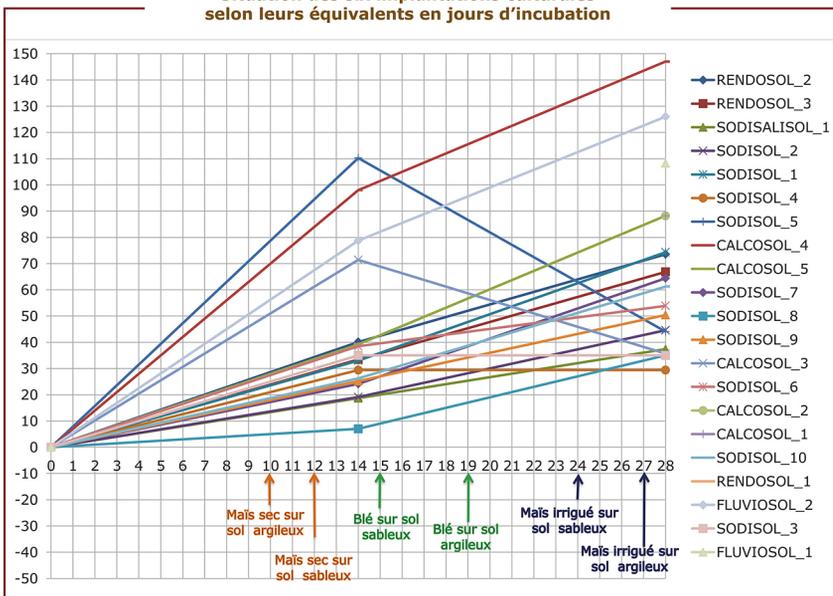
Le facteur « humidité »,  $g(H)$ , varie linéairement avec la teneur en eau du sol (estimée à l'aide d'un bilan hydrique), entre l'humidité au point de flétrissement permanent et à la capacité au champ.

Dans notre cas, six situations ont été testées selon les modalités suivantes : culture de blé ou de maïs, maïs sec ou irrigué, sol argileux ou sableux.

Pour les sols incubés au laboratoire, l'application de la loi de Van't Hoff donne la correspondance suivante : 1 jour en incubation à 28°C = 4,46 jours normalisés à 15°C.

## Apprécier la fourniture d'azote du sol

Situation des six implantations culturales  
selon leurs équivalents en jours d'incubation



Cultures	Sol	Date semis	Date récolte	Somme des jours normalisés à 15°C
Blé	Argileux	20/10/2010	15/07/2011	84
Blé	Sableux	20/10/2010	15/07/2011	69
Maïs ensilage irrigué (250 mm)	Argileux	10/04/2011	15/09/2011	123
Maïs ensilage irrigué (250 mm)	Sableux	10/04/2011	15/09/2011	108
Maïs ensilage en sec	Argileux	10/04/2011	15/09/2011	46
Maïs ensilage en sec	Sableux	10/04/2011	15/09/2011	55

En positionnant les équivalents « jours normalisés » des six simulations sur les courbes de cinétiques de l'azote—exceptée la courbe atypique purement négative—on peut apprécier la fourniture du sol en condition « terrain », pour la situation climatique 2010/2011.

On constate que les fournitures d'azote estimées en réel sont assez variables en fonction des cas de figure mais qu'elles peuvent être assez importantes pour les situations les plus confortables : jusqu'à 120 voire 145 kg N/ha.

Les cinétiques de libération observées sur 28 jours d'incubation montrent deux cas de figure :

1. Celui d'une minéralisation de l'azote quasiment linéaire, ce qui pourrait correspondre à un état de maturité de la matière organique;
2. Celui d'une minéralisation plus irrégulière, ce qui pourrait correspondre à un pool de matière organique avec plusieurs fractions, dont l'évolution peut se traduire par de la minéralisation ou de l'immobilisation nette.

**Conclusion** Ce protocole d'étude de la minéralisation d'un sol nous apporte des informations illustrant le comportement de la matière organique et nous permet d'évaluer la fourniture en azote pour une implantation culturale donnée, en fixant les conditions climatiques.



**Notre prochain challenge** Associer les cinétiques de minéralisation d'un effluent organique et d'un sol pour évaluer l'intérêt d'un itinéraire de fertilisation orienté « organique ».