

## Les critères analytiques des produits organiques

---

*Pour bien utiliser un produit organique, il faut connaître sa composition, bien interpréter son comportement puis vérifier son innocuité et son intérêt agronomique. Le producteur doit fournir une analyse récente et représentative du produit à épandre.*



# L'expression des résultats et unités de mesures

Les résultats transcrits sur les bulletins d'analyses de produits organiques sont exprimés en unités différentes selon le paramètre analysé comme le précise le Tableau 19.

**Tableau 19 : Analyse complète d'un produit organique et unités de mesures**

Critères	Paramètres	Abréviation	Unité de mesure	Résultat exprimé	Critères	Paramètres	Abréviation	Unité de mesure	Résultat exprimé
Agronomie	Matière sèche	<i>MS</i>	%	sur la matière brute	pouvoir humifère	Potentiel humus	-	kg/t	sur la matière brute
	Matière organique (perte au feu de la MS)	<i>MO</i>	g/kg			Coefficient isohumique	<i>K1</i>	%	sur la matière sèche
	Matière minérale	<i>MM</i>	%			Indicateur de stabilité biologique	ISB		sur la matière brute
	pH eau	<i>pH</i>	-			Indice de stabilité de la matière organique	<i>ISMO</i>		
	Conductivité	<i>CE</i>	mS/cm			Carbone résiduel	Tr-CBM		
	Rapport C/N	<i>C/N</i>	-			Minéralisation maximale de l'azote organique	<i>CMN</i>		
	Azote total = Azote Kjeldahl	<i>NTK</i>	g/kg			Minéralisation potentielle du carbone à 91 jours	Ct91		
	Azote global = (NTK+N-NOx)	<i>NT</i>			Pathogènes	Varie selon le pathogène	ufc/g ou mg/kg Ufc : unité formant une colonie		
	Azote Ammoniacal	<i>N-NH<sub>4</sub></i>				Eléments traces métalliques	<i>ETM</i>	mg/kg	
	Azote nitrique	<i>N-NO<sub>3</sub></i>	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique		<i>HAP</i>	%			
	Azote uréique	<i>Nuréique</i>	Polychlorobiphényle		<i>PCB</i>		kg/m <sup>3</sup>		
	Phosphore total	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	Inertes (verre, plastiques, métaux, cailloux)		-	sur la matière brute			
	Potassium total	<i>K<sub>2</sub>O</i>	Granulométrie		-				
	Calcium total	<i>CaO</i>	Masse volumique		-				
	Magnésium total	<i>MgO</i>	Test alcalinisant		<i>lax</i>				

Selon le laboratoire, l'unité de mesure des paramètres affichés sur les bulletins d'analyses peut différer. Pour comparer un produit à un autre, il est parfois nécessaire d'effectuer des conversions :

$$\begin{aligned}
 1 \% &= 10 \text{ g/kg} &= 10 \text{ kg/t} &= 10 \text{ ‰} \\
 1 \text{ ‰} &= 1 \text{ g/kg} &= 1 \text{ kg/t} &= 0,1 \% \\
 1 \text{ ppm} &= 1 \text{ mg/kg} &= 1 \text{ g/t} &= 0,0001 \% &= 0,001 \text{ ‰}
 \end{aligned}$$

## Les paramètres agronomiques

Les produits organiques ont une double valeur agronomique :

- amendante (apports de matières organiques),
- fertilisante (apports d'éléments fertilisants minéraux et/ou organiques).

Les principaux critères concernent la teneur en Matière Sèche (MS), la teneur en matières organiques, les différentes formes d'azote et les autres éléments majeurs (P, K, Mg, Ca).

## A. La Matière Sèche

La teneur en matière sèche ou siccité d'un produit organique est calculée, après analyse, par le rapport :  
**MS (en %) = masse de matière sèche / masse initiale brute de l'échantillon**

Par exemple, un produit organique à 45 % de matière sèche contient 450 kg de matière sèche par tonne de produit brut... et 550 kg d'eau.

La teneur en MS des produits organiques du Languedoc Roussillon est très variable : moins de 10 % (100 kg/t produit brut) pour les boues d'épuration liquides et certains lisiers, jusqu'à 70 à 80 % (700 à 800 kg/t) pour certains composts.

Ces teneurs en matière sèche dépendent de l'origine et du processus de fabrication du produit organique. Plus les teneurs en matières sèches sont élevées, plus le produit est concentré et donc riche en éléments fertilisants. Il aura également une texture plus solide. Il faut donc regarder la teneur en MS et l'aspect visuel du produit pour choisir un matériel d'épandage adapté.

Par ailleurs, la MS est un critère repris dans les normes de produits organiques. Par exemple, dans la norme NF U44-051, les amendements organiques doivent respecter un taux de MS  $\geq$  à 30 % de la matière brute (cf. chapitre 4).

## B. Les Matières Organiques

La réglementation a retenu la méthode par Perte Au Feu (PAF) pour apprécier la teneur en matières organiques. C'est une détermination pondérale basée sur la calcination (550 °C) de la Matière Organique totale en conditions sèches.

La perte au feu est donc la perte de poids d'un échantillon après calcination, rapportée au poids initial. Cette mesure permet de déduire un taux de carbone organique par convention.

Pour des produits particuliers à fortes teneurs en carbonates notamment, le carbone organique peut être aussi dosé par oxydo-réduction.

## C. Le Carbone organique

La teneur en Carbone organique est issue de la mesure de la PAF soit :

Carbone organique estimé = MO par perte au feu/2.  
 Il est exprimé en g/kg (‰) de produit sec et/ou de produit brut.

Cette détermination permet de calculer le rapport C/N afin d'apprécier qualitativement la capacité de

minéralisation de l'azote organique contenu dans les produits organiques.

## D. L'azote

L'azote est présent sous deux formes principales dans les produits organiques : essentiellement d'azote organique et un peu d'azote minéral. Les produits organiques ne contiennent généralement pas ou peu d'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>).

L'azote n'est assimilable par les végétaux que sous forme minérale (surtout nitrates). La valeur fertilisante azotée des produits organiques dépend donc de leur richesse initiale en azote ammoniacal, mais aussi et surtout de l'aptitude de l'azote organique qu'ils contiennent à être minéralisée dans le sol (mise en évidence par la cinétique de minéralisation du produit à 91 jours en laboratoire). Le bulletin d'analyse de produit organique regroupe les différentes formes d'azote :

- **Azote global ou total : NT**

C'est l'ensemble de toutes les formes d'azote minéral et organique présentes dans le produit organique.

Soit : **NT = Norg + N-NH<sub>4</sub> + N-NO<sub>3</sub> + N-uréique** ou **NT = NTK + N-NO**

- **Azote total méthode Kjeldhal : NTK**

C'est l'ensemble de toutes les formes d'azote minéral et organique présentes dans le produit excepté les formes oxydées (N-NO<sub>x</sub>). Soit : **NTK = Norg + N-NH<sub>4</sub>**

- **Azote organique : Norg**

Azote intégré à des macromolécules organiques plus ou moins complexes résultants de la décomposition des matières végétales, animales ou microbiennes. On l'obtient en soustrayant l'azote minéral à l'azote global.

Soit : **Norg = NTK - N-NH<sub>4</sub>**

- **Azote minéral**

C'est la somme de l'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>), de l'azote ammoniacal et de l'azote uréique (N-uréique).

- **Azote nitrique : N-NO<sub>3</sub>**

Azote présent sous forme de nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

- **Azote ammoniacal : N-NH<sub>4</sub>**

Azote présent sous forme de l'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

- **Azote uréique : N-uréique**

Cette détermination répond à l'obligation réglementaire d'indiquer la teneur en « azote organique non uréique », pour tous les amendements organiques normalisés NF U44-051. L'azote uréique est transformé en azote ammoniacal par l'action d'une uréase.

## E. Le rapport C/N

C/N est le rapport entre le carbone organique et l'azote total. C'est un indicateur du potentiel humigène du produit, qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire de son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol.

Il est couramment admis que, plus le rapport C/N

d'un produit est élevé (Tableau 20), plus il se dégrade lentement dans le sol et fournit de l'humus stable.

Cet indicateur C/N est retenu par la réglementation, notamment la directive nitrates pour caractériser les produits utilisés :

Type 1 : fumier, C/N > 8  
Type 2 : type lisier, C/N < 8.

Il est également souvent cité comme indicateur de la maturité des composts : un C/N compris entre 15-20 serait l'indicateur d'un compost mûr.

Attention, les références évoluent et se complètent? Actuellement de nombreuses études démontrent les limites d'utilisation de ce paramètre par la mise en évidence de vitesses de décomposition rapides pour des produits à C/N élevé ou une décomposition lente pour des produits ayant un C/N faible (< 15).

**Tableau 20 : Valeurs des rapports C/N de quelques produits organiques (Chambres d'Agriculture de Picardie, 2001 <sup>(1)</sup> ; DELAS\*, 2000 <sup>(2)</sup>)**

Produits	Rapport C/N
Fumier de bovins très composté	11-14
Fumier de poulets de chair	9-11
Lisiers de bovins	8-10
Lisiers de porcs	4-6
Fientes de poules pondeuses	6-7
Bois de taille (vigne)	92
Marc de raisin*	21*
Paille de blé*	103*
Ecorce de pin*	250*

## L'appréciation de la qualité des produits organiques en termes d'amendement

L'importance des matières organiques dans la fertilité des sols est unanimement reconnue. La compensation des pertes en humus est donc une première étape dans la gestion du stock de matières organiques du sol. Cependant la multitude de produits utilisables a

## F. Les autres éléments fertilisants

La valeur fertilisante des produits organiques est équivalente à celle des engrais minéraux pour la plupart des éléments nutritifs : *K*, *Ca*, *Mg*, et oligo-éléments.

En ce qui concerne le phosphore, la fraction directement utilisable par la plante varie en fonction du type de produit. En effet, le phosphore est présent sous formes minérale et organique. Les formes organiques représentent couramment 75 % du phosphore total pour les engrais de ferme. Une grande partie est minéralisée dans le sol dans les mois qui suivent l'apport et l'autre rejoint le pool de la matière organique stable du sol qui sera par la suite très lentement restitué. Les formes minérales sont équivalentes à celles des engrais solubles dans l'eau.

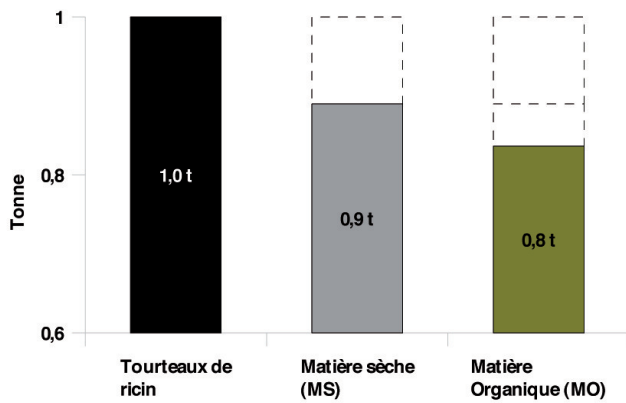
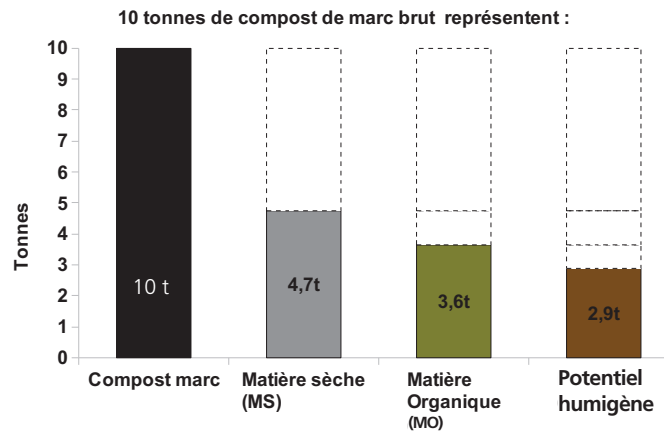
L'apport de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$  par les produits organiques peut donc se substituer en partie ou en totalité aux apports par engrais minéraux.

Certains produits organiques sont très riches en phosphore (certaines boues de stations d'épuration). Ces teneurs peuvent être un facteur de limitation de la dose d'apport dans un souci du respect du sol et de l'environnement.

## G. Conductivité électrique

La conductivité électrique est utilisée comme diagnostic de la salinité des produits organiques. Elle permet de mesurer la concentration en ions de la phase liquide d'un substrat en utilisant la propriété d'une solution aqueuse de conduire l'électricité proportionnellement à sa concentration en ions, d'où l'appellation "conductivité", ou de résister au passage du courant de façon inversement proportionnelle à la concentration en ions, d'où l'appellation "résistivité". Cette mesure est utile pour les substrats de culture sur lesquels seraient implantées des cultures sensibles aux sels.

des comportements qui peuvent être très différents (Graphiques 7 et 8). Aussi, l'atteinte de cet objectif implique de bien connaître les caractéristiques des différents produits organiques exogènes.

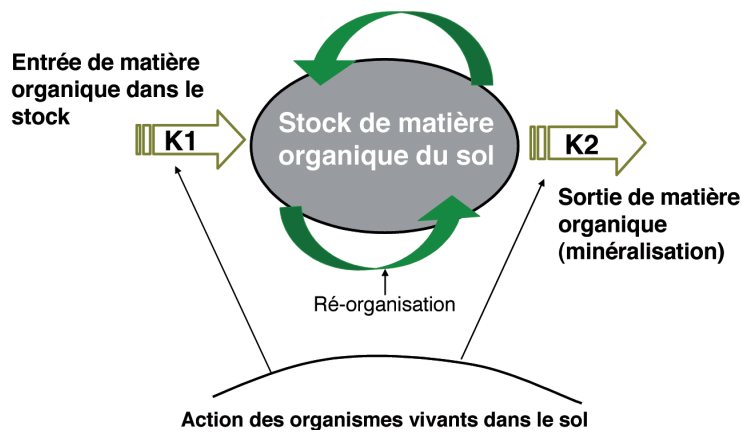
**Graphique 6 : exemple de rendement en humus d'un engrais organique****Graphique 7 : exemple de rendement en humus (potentiel humigène) d'un amendement organique**

Le rendement en humus ou *potentiel humigène* est une estimation de la quantité d'humus stable.

## A. Le coefficient d'humification

L'estimation de ce potentiel, couramment exprimé par le coefficient isohumique ou d'humification  $K1$  <sup>(3)</sup> reste délicate. Cet indicateur équivaut à la fraction de la matière sèche du produit organique qui va contribuer à l'augmentation de la quantité d'humus du sol. Il est défini par Hénin et Turc (1957) comme « l'expression de la quantité d'humus formé en fonction de la quantité de matière sèche du produit organique apporté au sol » selon le modèle d'Hénin-Dupuis (1945) schématisé par la Figure 13. Il est estimé par des mesures de longues durées au champ, pour des conditions pédoclimatiques données et en fonction des pratiques culturales utilisées.

Ce coefficient est aujourd'hui bien connu pour de nombreux résidus de récolte, mais reste incertain pour de nombreux amendements organiques et notamment les composts et pour tous les nouveaux produits organiques mis sur le marché.

**Figure 13 : Modèle de Hénin-Dupuis (Trame, 2011)**

$K1$  : coefficient d'humification

$K2$  : coefficient de minéralisation

- Un produit très fermentescible se minéralise rapidement et laisse peu de carbone dans le sol : son coefficient isohumique est faible. Exemple : la paille a un  $K1$  de 15 % ou 0,15.
- Un produit lignifié ou ayant déjà subi un processus de transformation fournit beaucoup plus de matière organique stabilisée au sol : son coefficient isohumique est élevé. La tourbe brune a un  $K1$  proche de 70 % ou de 0,7.

La détermination du  $K1$  est longue, coûteuse (essais minimum de 3 ans au champ) et sa valeur varie selon les conditions pédoclimatiques. Aussi, les chercheurs ont tenté de mettre au point des méthodes d'analyses standards plus rapides, moins coûteuses et menées en routine par les laboratoires pour faire face à la multitude de produits organiques exogènes.

## B. Les caractérisations « standards » des matières organiques

### 1. L'Indice de Stabilité Biochimique et la Caractérisation Biochimique de la Matière Organique

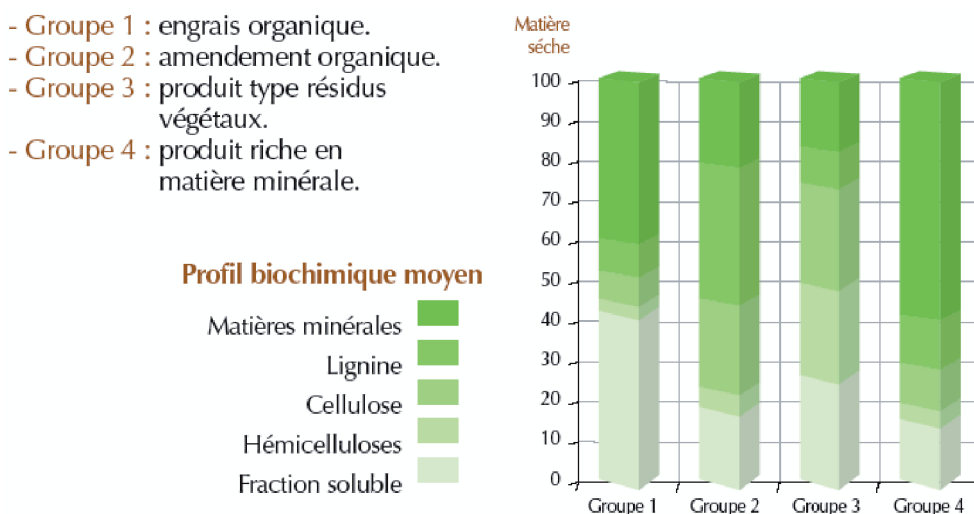
Deux approches assez voisines ont été proposées <sup>(4)</sup> :

- l'Indice de Stabilité Biochimique (*ISB*) de M. Linère et J.L Djakovitch (1993)
- la Caractérisation Biochimique de la Matière organique (*CBM-Tr*) de D. Robin (1997)

Ces deux méthodes consistent à identifier différentes fractions de la matière organique par séparation biologique, et à en déduire la résistance à la biodégradation (Chaussod, 1999 <sup>(4)</sup>).

Quatre fractions organiques de plus en plus résistantes à la dégradation biochimique (fractions solubles, hémicelluloses, cellulose, lignine) et la fraction minérale sont identifiées et séparées (Graphique 8). Elles ont permis de classer les fertilisants organiques en différents groupes selon leurs intérêts agronomiques.

**Graphique 8 : Classification des produits organiques selon les résultats du fractionnement biochimique <sup>(5)</sup> (LCA, 2010)**

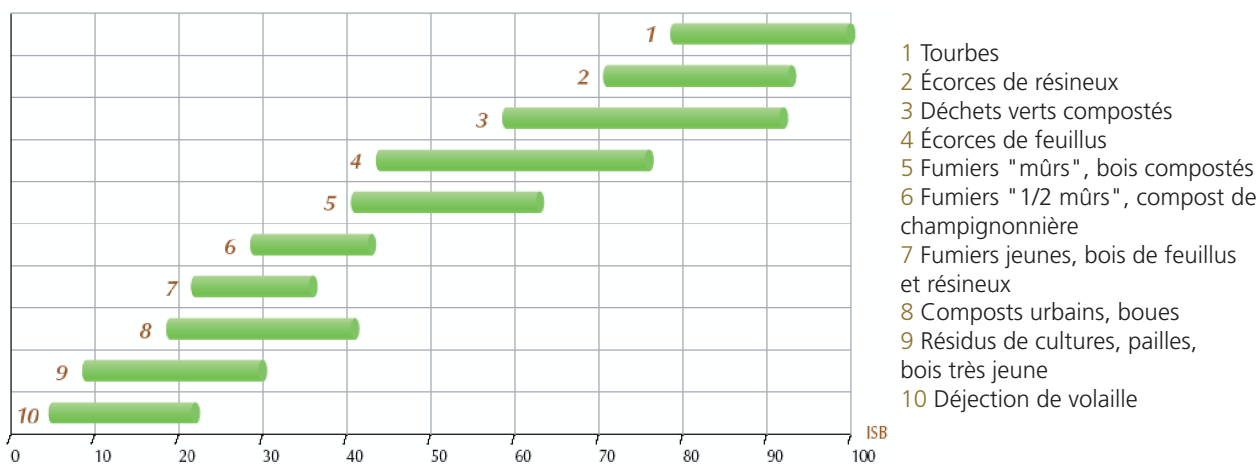


Quatre groupes ont pu être distingués (graphique 8) :

- Groupe 1 - Engrais organiques : riches en fractions solubles et azote total, facilement minéralisables. Tous les produits possèdent une fraction soluble supérieure au moins à 30 % de la matière sèche.
- Groupe 2 - Amendements organiques : la fraction de cellulose et de lignine est au moins supérieure à 39 % de la matière sèche.
- Groupe 3 - Produits riches en fraction soluble et hémicelluloses : il n'est pas possible de fixer une caractéristique commune à l'ensemble de ces produits si ce n'est la non appartenance aux autres groupes.
- Groupe 4 - Produits riches en matières minérales : la teneur en matières minérales est supérieure à 40 %.

La méthode CBM-Tr et la méthode ISB diffèrent par le dosage de cellulose, la prise en compte ou non de la proportion de matières minérales dans le produit de départ et une durée d'incubation biologique réduite pour la CBM-Tr.

**Graphique 9 : Exemple de Classement des produits organiques en fonction de la valeur de leur ISB <sup>(5)</sup> (LCA, 2010)**



- 1 Tourbes
- 2 Écorces de résineux
- 3 Déchets verts compostés
- 4 Écorces de feuillus
- 5 Fumiers "mûrs", bois compostés
- 6 Fumiers "1/2 mûrs", compost de champignonnière
- 7 Fumiers jeunes, bois de feuillus et résineux
- 8 Composts urbains, boues
- 9 Résidus de cultures, pailles, bois très jeune
- 10 Déjection de volaille

Cependant, les deux méthodes sont construites sur un petit nombre de produits organiques exogènes et donnent parfois des valeurs divergentes (ex. : difficulté de dosage de l'hémicellulose).

## 2. L'Indice de Stabilité de la Matière Organique

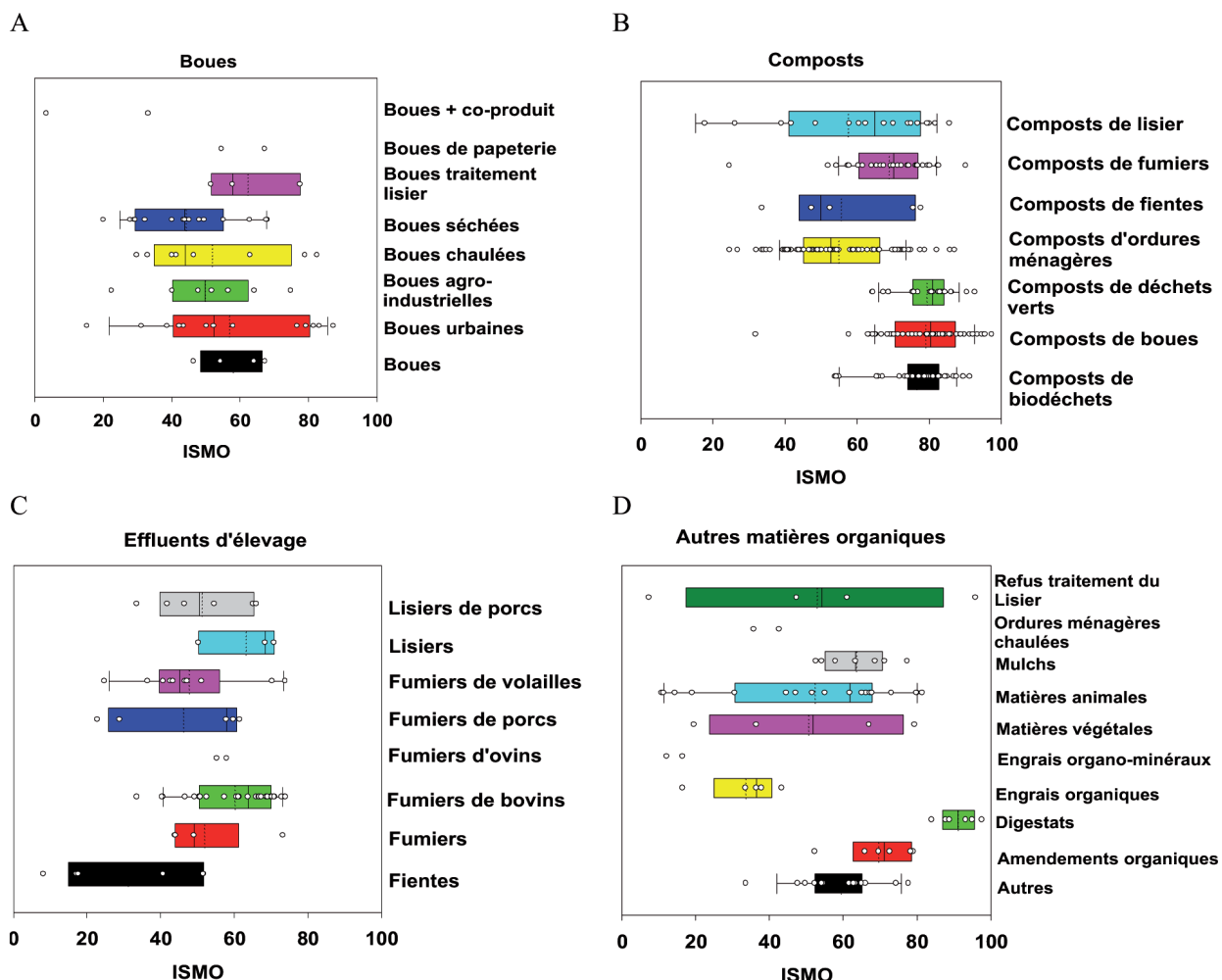
Actuellement, un nouvel indice permet de caractériser la Stabilité de la Matière Organique, *l'ISMO*. Il remplace désormais l'ISB et la CBM/Tr, qui s'avérait obsolète, au regard de la multiplicité des produits organiques mis sur le marché.

La norme expérimentale XP U44-162 de « Caractérisation de la matière organique par fractionnement biochimique et estimation de sa stabilité biologique » (ISMO), remplaçant celle de septembre 2005 (ISB) a été publiée par l'AFNOR en décembre 2009, et est parue le 14 janvier 2010.

De plus, l'ISMO a été testé sur la base d'études de minéralisation longues afin de mieux estimer les phénomènes intervenant sur le long terme. L'ISMO se différencie de l'ISB/CBM-Tr par une cinétique de minéralisation du carbone à trois jours, qui entre en compte dans le calcul. L'ISMO est donc calculé à partir des résultats de la méthode de fractionnement biochimique et de la minéralisation du carbone à 3 jours (ct<sub>3</sub>) décrite en XP U44-162.

L'ISMO est donné en % de la matière organique. Sa valeur varie dans une fourchette de 20 à 80 (Graphique 10). Un résultat de 20 veut dire que 100 kg de MO procureront potentiellement 20 kg d'humus stable. Ce résultat permet d'appréhender le potentiel humigène des produits organiques.

**Graphique 10 : Classement des produits organiques en fonction de la valeur de leur ISMO<sup>(6)</sup> (D'après Lastherme et al., 2009)**



Distribution des valeurs de l'indicateur ISMO, calculé par l'équation 2 pour différents types de MOE. (A) les boues, (B) les composts, (C) les effluents d'élevage et (D) les autres produits organiques. La limite gauche de la boîte est définie par le 1<sup>er</sup> quartile, la limite droite par le 3<sup>ème</sup> quartile, la médiane est représentée par le trait fin qui partage la boîte, la moyenne par le trait en pointillés. Les valeurs extrêmes ne sont pas prises en compte.

Sur certains produits, notamment la plupart des marcs de raisin, le fractionnement biochimique annonce une fraction significativement négative : le calcul de l'ISMO ne peut pas être réalisé. Dans ces cas de figure, la cinétique de minéralisation du carbone permet de calculer l'ISMO sur une base de carbone minéralisé à 91 jours.

Remarque : Les indices ISMO, ISB et CBM-Tr ne s'appliquent pas aux produits dont la teneur en lipides dépasse 5 %, comme les effluents de laiterie ou d'huilerie.

## C. La Minéralisation du carbone et de l'azote organique

Les mesures sont réalisées en laboratoire en conditions contrôlées en suivant des procédures normalisées (norme XP U44-163 et XP U44-162).

Il est ainsi possible d'estimer le potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote d'un produit organique ou d'un support de culture par incubation en conditions contrôlées.

### 1. La minéralisation du carbone

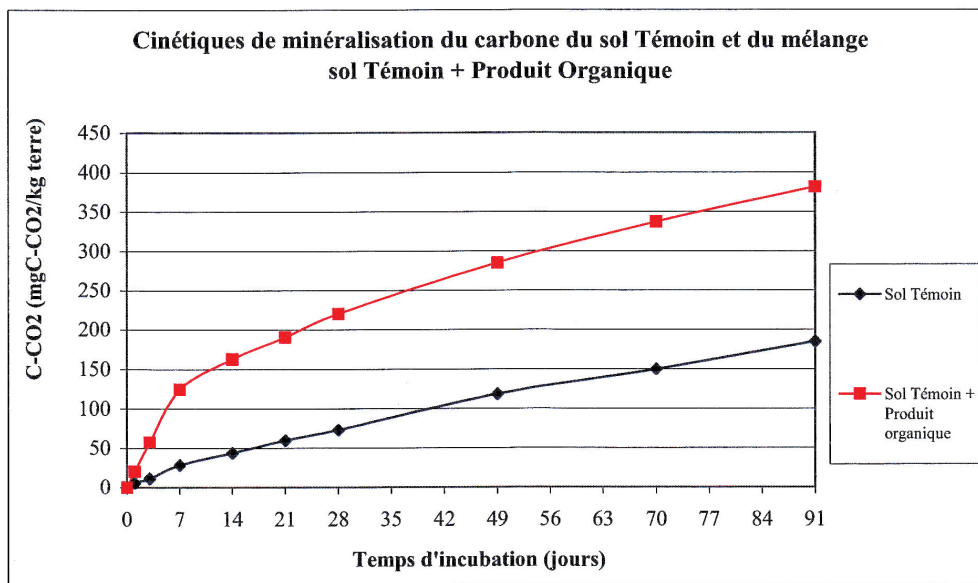
L'estimation du potentiel ou du coefficient de minéralisation du carbone à 91 jours ( $ct_{91}$ ) se calcule par la différence entre le dégagement de  $CO_2$  d'une terre de référence (6 < pH < 7,3 ; 15 à 25 % d'argile ;  $CaCO_3$  < 2 g/kg ; 0,5 à 1 % de carbone) et celui du mélange de la terre de référence avec le produit organique.

Sur une durée de 91 jours, il permet de simuler l'effet au champ sur 12 mois.

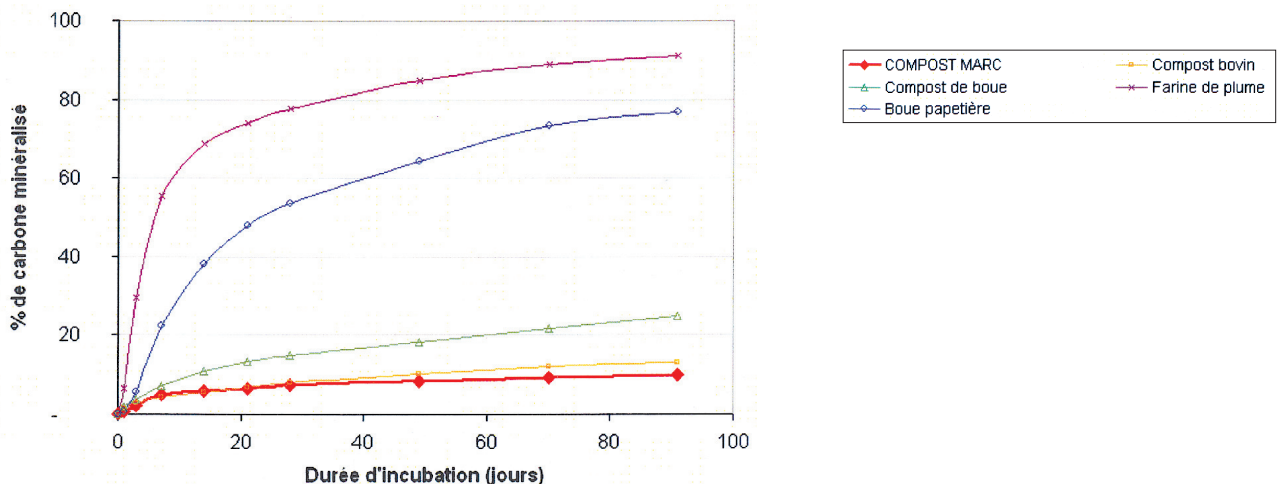
En laboratoire, le produit est broyé, tamisé à 1 mm puis mélangé avec la terre de référence. L'incubation se fait en conditions contrôlées de température, d'humidité et non limitante en azote.

Ensuite, les dégagements de  $CO_2$  sont mesurés à 9 reprises sur une période de 91 jours. Un exemple du résultat obtenu sur une analyse réalisée dans le cadre du guide en 2010 <sup>(7)</sup> est présenté sur les Graphique 11 et 12.

Graphique 11 : cinétique de minéralisation du carbone (Celesta lab, 2010) pour le sol témoin et pour le sol + produit organique



Graphique 12 : cinétique de minéralisation du carbone et valeur du  $ct_{91}$  pour différents produits organiques (Celesta lab, 2010)





Dans cet exemple, le produit analysé a un comportement proche d'un compost de boue et un coefficient de valeur du carbone ( $Ct_{91}$ ) < 15 %, lui conférant une faible stabilité et un fort potentiel humigène.

Il est à noter que le mode opératoire au laboratoire, par un broyage à 1 mm, augmente la surface d'attaque pour les micro-organismes ce qui pourrait tendre à une sur-estimation du potentiel de minéralisation du carbone.

Interprétation agronomique (échelle de valeurs de Celesta lab) :

$0 < Ct_{91} < 15 \%$	$15 < Ct_{91} < 30 \%$	$30 < Ct_{91} < 50 \%$	$Ct_{91} > 50 \%$
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Forte stabilité</li> <li>▪ Fort potentiel humigène</li> <li>▪ Faible effet sur la biomasse microbienne et lombricienne</li> <li>✓ <u>Effet sur le sol</u> :</li> <li>- anti-érosion</li> <li>- Amélioration de la <b>CEC</b> et de la <b>RU*</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bonne stabilité</li> <li>▪ Bon potentiel humigène</li> <li>▪ Faible effet sur la biomasse microbienne et lombricienne</li> <li>✓ <u>Effet sur le sol</u> :</li> <li>- structurant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stabilité intermédiaire</li> <li>▪ Potentiel humigène moyen</li> <li>▪ Effet moyen sur la biomasse microbienne et lombricienne</li> <li>✓ <u>Effet positif sur la stabilité structurale</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produit non stabilisé</li> <li>▪ Potentiel humigène faible</li> <li>▪ Fort effet positif sur la biomasse microbienne et lombricienne</li> <li>✓ <u>Peu ou d'effet à long terme sur le sol</u></li> </ul>

\*RU : Réserve Utile

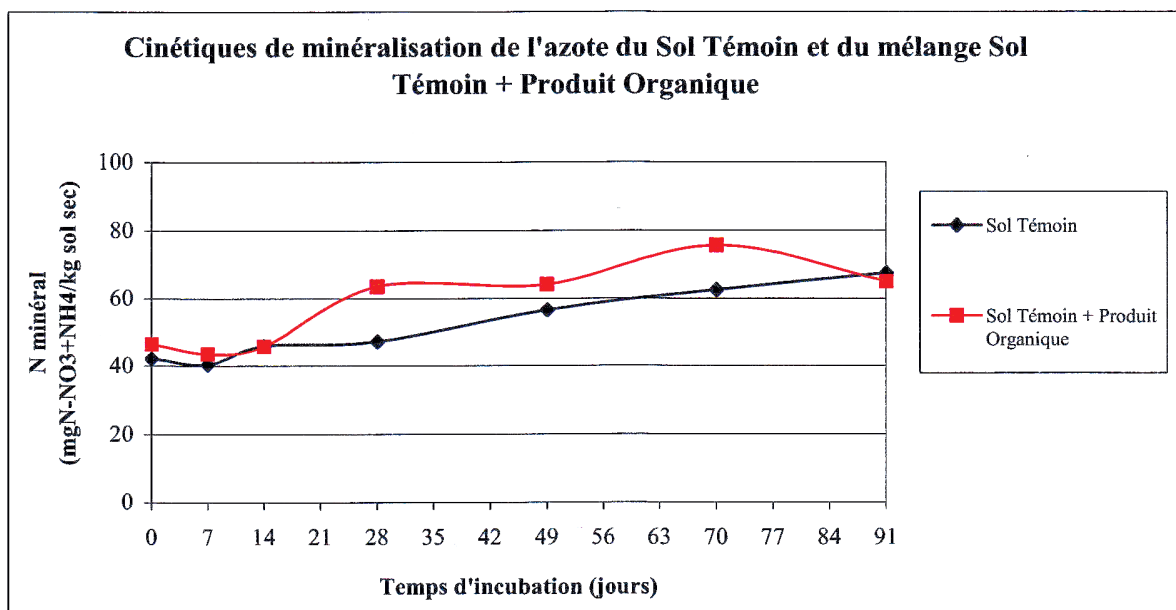
## 2. La minéralisation de l'azote organique

Le potentiel maximal ou le Coefficient de Minéralisation de l'azote (**CMN**) maximal sur 91 jours renseigne sur le comportement du produit. Il va soit fournir de l'azote minéral à partir de l'azote organique qu'il contient, soit immobiliser l'azote minéral du sol avec le risque de créer un effet dépressif, «de faim d'azote», pour la culture en place.

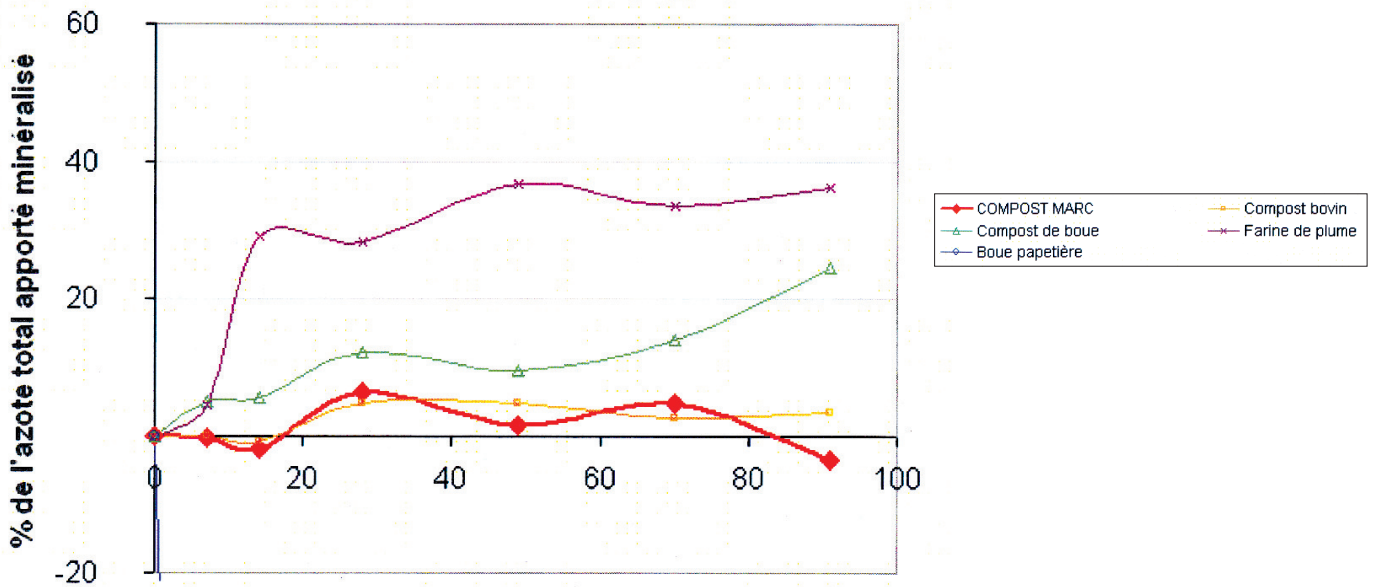
En laboratoire, l'incubation est en conditions contrôlées de température, d'humidité et non limitante en azote. Ensuite les concentrations en azote nitrique ( $NO_3^-$ ) et en azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ) sont mesurées à 7 reprises sur une période de 91 jours.

Les Graphiques 13 et 14 illustrent<sup>(7)</sup> cette minéralisation maximale sur 91 jours pour deux produits à profils différents.

Graphique 13 : Cinétique de minéralisation de l'azote (Celesta lab, 2010)



Graphique 14 : Cinétique de minéralisation de l'azote organique (Celesta lab, 2010)



CMN = potentiel maximal de minéralisation de N au cours des 91 jours d'incubation.  
 Ct91 = potentiel de minéralisation de C au terme des 91 jours d'incubation.

Interprétation agronomique (selon Celesta lab) :

CMN négatif	CMN proche de zéro	CMN positif
<p><b>Immobilisation de l'azote</b>                      Risque de « faim d'azote » sur la culture, augmenter la fumure azotée et/ou positionner le produit en dehors des périodes où les besoins azotés sont importants.</p>	<p><b>Peu de fourniture azotée</b>                      Produit a priori sans effet. Penser à vérifier qu'il n'existe pas de risque de faim d'azote à partir de la cinétique de minéralisation : Si la cinétique est négative au début et que l'apport est proche du semis de la culture alors le risque de « faim d'azote » existe.</p>	<p><b>Fourniture d'azote</b>                      Fourniture d'azote à la culture (à prendre en compte dans le bilan azoté) et positionner l'apport en fonction des besoins de la culture, et de la cinétique de minéralisation du produit.</p>

En résumé :

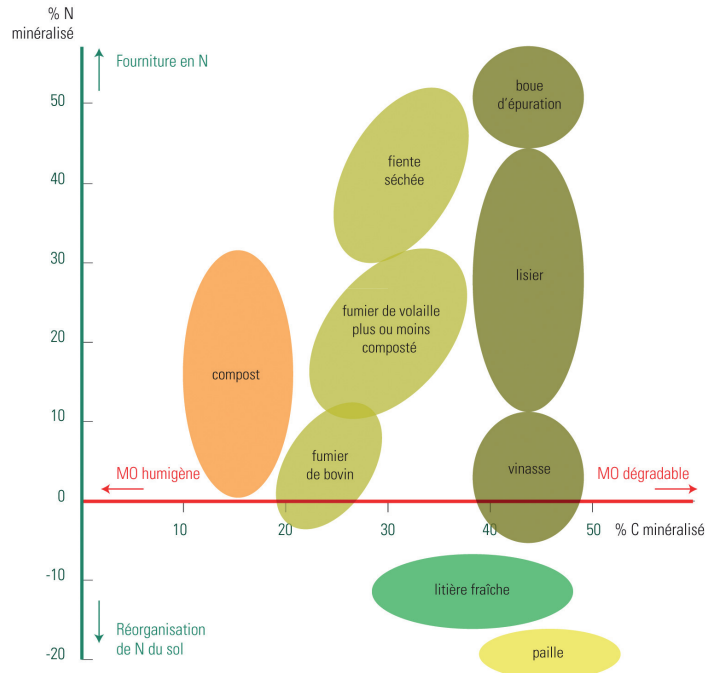
Les Graphiques 11 et 12 illustrent un produit à fort potentiel humigène (ct91 < 15 %). Les Graphiques 13 et 14 montrent que ce même produit peut contribuer à la fourniture azotée de la culture (CMN = 9,2 % de l'N organique) mais qu'il immobiliserait l'azote minéral du sol dans une phase précédant une plus forte libération d'azote minéral.

### 3. CMN et Ct91 affinent le C/N

Les coefficients de minéralisation de l'azote et du carbone fournissent une information plus précise sur le comportement d'un produit organique.

Le Graphique 15 présente la répartition de différentes catégories de produits organiques en fonction de leurs coefficients <sup>(8)</sup>.

**Graphique 15 : Comparaison des matières organiques en fonction des coefficients de minéralisation de l'azote et du carbone <sup>(8)</sup>**  
**(CHABALIER et al, Chambre d'Agriculture de la Réunion, 2006)**



Ainsi par exemple, les boues d'épuration sont des produits peu stables dont près de 50 % du carbone se minéralise. Elles fourniront donc peu d'humus mais auront un effet positif sur la biomasse microbienne. Par ailleurs, elles fournissent plus de 45 % de l'azote total du produit sous forme minérale. Par conséquent, elles pourront fournir une quantité non négligeable d'azote minéral d'autant plus importante que la teneur en azote total sera élevée.

## Les critères d'innocuité

Ils seront approfondis au chapitre 6 consacré aux risques sanitaires et environnementaux et à leur réglementation.

### A. Micro-organismes d'intérêt sanitaire

La recherche des agents indicateurs de traitement et des agents pathogènes est obligatoire et des valeurs seuil sont à respecter dans les produits organiques pour l'épandage des boues d'épuration urbaines et pour vérifier la conformité aux normes (amendements organiques et composts de boues).

Toutes leurs analyses sont normées :

- indicateurs de traitement : Escherichia coli (NF V08-053), Entérocoques (NF XP T90-432), Clostridium (NF V08-056)
- agents pathogènes : Salmonella (EN 6579 ou NF V08-052), Œufs d'helminthes (XP X33-017). Pour les produits intégrant des boues, la Listeria (NF V08-055) est aussi analysée.

Les pathogènes sont détruits par les procédés de compostage bien menés. On ne doit pas en retrouver lors des analyses.

### B. Éléments Traces Métalliques (ETM)

Les ETM sont souvent nommés micro-éléments en comparaison aux macro-éléments que sont l'azote, le phosphore et le potassium (dosage en mg/kg).

Ils sont constitués par l'Arsenic (*As*), le Cadmium (*Cd*), le Chrome (*Cr*), le Cuivre (*Cu*), le Mercure (*Hg*), le Nickel (*Ni*), le Plomb (*Pb*), le Sélénium (*Se*) et le Zinc (*Zn*).

Ces éléments sont potentiellement toxiques pour les organismes vivants si leur concentration dans l'organisme dépasse un seuil de tolérance qui est variable selon l'élément et l'espèce vivante. La réglementation définit des concentrations maximales par ETM (normes NF U44-051, NF U44-095, ...) qui sont à respecter ainsi que des flux limites annuels et décennaux.

## C. Composés Traces Organiques (CTO)

Les CTO concernés par la réglementation des produits organiques (amendements organiques et composts de boues) sont :

- les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (*HAP*)
- les Polychlorobiphényles (*PCB*) lorsque le produit contient des boues.

Les HAP sont le Benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le fluoranthène.

Pour les PCB il s'agit de vérifier que la somme des sept PCB (PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, PCB 28, PCB 52) respecte des concentrations limites dans la norme NF U44-095. Pour tous, leur concentration, mais aussi des flux limites annuels et décennaux, sont à vérifier.

## D. Inertes

Les inertes concernés au niveau des produits organiques sont le verre (> 2 mm), les métaux (< 2 mm), les plastiques durs et textile (> 5 mm), les films plastiques et le PolyStyrène Expandé ou *PSE* (> 5 mm). Selon l'origine et le process de fabrication du produit organique, leur présence peut être plus ou moins importante.

Des seuils réglementaires à ne pas dépasser sont définis au travers des normes, notamment NF U44-095.

Des flux limites annuels et décennaux devraient être précisés dans les années à venir pour les amendements organiques.

# Les autres critères

## A. Granulométrie

Analyse facultative d'un produit d'un point de vue réglementaire, elle s'effectue au laboratoire après passage dans divers tamis de diamètres différents. La méthode n'est pas normalisée.

La granulométrie influe sur la capacité du produit à avoir des surfaces d'attaque pour les organismes en charge de la minéralisation du produit : plus le produit est grossier, plus il aura du mal à se décomposer.

Elle permet aussi de mieux appréhender les conditions optimales d'épandage du produit.

## B. Masse volumique

Elle correspond à la masse de produit à l'état sec.

Plus la masse volumique (ou densité apparente) est faible, plus la porosité est forte.

Elle varie de 0,08 à 0,4 kg/l. C'est un indicateur qui permet de connaître le volume de produit à épandre une fois son tonnage arrêté. Il a son importance au même titre que la granulométrie dans le choix du matériel d'épandage.

*Remarque : Cette mesure au laboratoire peut différer quelque peu de la réalité en fonction notamment du mode de stockage des produits organiques.*

## C. Test alcalinisant

Le test alcalinisant sur un produit organique se réalise en laboratoire, par incubation (0, 1, 14, 28 jours) en conditions contrôlées, en comparant la cinétique du produit d'un sol de référence acide (5,8), à celle d'un sol avec chaux et à celle du sol avec le produit organique.

Cette méthode permet de déterminer la valeur neutralisante du produit ou plus exactement l'effet alcalinisant du produit vis à vis d'une augmentation du pH eau sur le sol, une fois l'apport réalisé.

### A retenir :

» Savoir lire une analyse de produit organique est primordial pour épandre la bonne dose au bon moment d'un produit adapté à ses besoins.

- Les critères agronomiques vont permettre de déterminer le classement en engrais ou amendement du produit organique. Sa teneur en potassium ou phosphore permet d'adapter la dose aux besoins de ces cultures. Une attention plus particulière sera apportée au phosphore qui pourra dans certains cas être un facteur limitant la dose d'apport.

- Le potentiel humigène est indispensable dans le cas d'amendement organique. Il pourra être apprécié par des indicateurs tels que l'ISMO et la minéralisation du carbone et de l'azote. Ces minéralisations, couplées au C/N, permettent d'ajuster les périodes optimales d'apport pour éviter les faims d'azote sur une culture ou les pertes d'azote dans l'environnement.

- Les analyses des critères d'innocuité sécurisent les apports du produit en cadrant les flux sur 10 ans des ETM et CTO afin d'éviter l'enrichissement trop important des sols. Cependant, une analyse de terre doit indiquer, au préalable, la teneur du sol en ETM.

» Une attention particulière doit également être portée sur les inertes car ces produits sont très peu ou pas biodégradables et polluent durablement les sols.

» Quant aux autres critères (masse volumique...), ils sont utiles pour organiser ses chantiers d'épandage (matériels, capacité, temps).

### A approfondir :

» L'ISMO (tout comme l'ISB, et le Tr-CBM) s'applique aux produits organiques contenant des résidus végétaux. Il est donc difficile de calculer ces indicateurs pour les lisiers et notamment le lisier de porc.

» L'ISMO est en phase de calage, il est important de le coupler avec les cinétiques de minéralisation du carbone et de l'azote pour caler au mieux les apports du produit analysé (période et doses).

» Etre vigilant sur les produits proposés et exiger une analyse complète pour valoriser le produit.

## Pour en savoir plus

- (1) Chambres d'Agriculture Picardie : *Guide d'utilisation des effluents organiques en agriculture*, Edition 2001, La situation en Picardie, 41 p., 27 fiches, juillet 2001.
- (2) DELAS, 2000 : *Extrait de « Fertiliser avec les engrais de ferme »*, Edition 2003, 104p, Etude de l'Institut de l'Elevage, de l'ITAVI, de l'ITP et de l'ITCF.
- (3) Trame, Réseau et centre de ressource agricole et rural *Fiche méthode 6 : La bonne dose de compost* (page consultée le 13/08/09), [www.trame.org](http://www.trame.org).
- (4) CHAUSSOD R., 1999 : « *Caractériser la MO : pourquoi et comment ?* commentaires sur l'ISB, le CBM et le K1 ». Paru dans *EchoMO* d'avril- mai 2009 n°15 &16.
- (5) LCA, 2010 : consultation en ligne sur [www.wiki.laboratoirelca.com](http://www.wiki.laboratoirelca.com).
- (6) LASTHERME G. and co, 2009 : *Indicator of potential residual carbon in solis after exogenous organic matter application*, paru à l'European Journal of Soil Science
- (7) Celesta Lab, 2010 : *exemple d'une analyse réalisée par les Chambres d'agriculture du LR sur un échantillon régional*.
- (8) Chambre d'Agriculture de la Réunion, 2006 : *Guide de la fertilisation organique à la Réunion*, 302 p., mars 2006.