

# AGMOMET<sup>®</sup>: Améliorer la traçabilité des matières premières constitutives des amendements organiques et des supports de culture

Geneviève Villemin (LSE-ENSAIA), Françoise Watteau (LSE-ENSAIA),  
Stéphanie Marthon-Gasquet (UPJ) et Michel Chéroux (UPJ)

LSE-ENSAIA, 2 avenue de la forêt de Haye, BP 172, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy,  
villemin@ensaia.inpl-nancy.fr, tél : 03 83 59 57 75/58 65

UPJ, Union des Entreprises pour la Protection des Jardins et des Espaces verts,  
59 avenue de Saxe, 75007 Paris, upj@wanadoo.fr

## Introduction

Les préoccupations environnementales, notamment en terme de développement durable, conduisent à utiliser dans les supports de culture et les amendements organiques une plus grande variété de matières premières, et à chercher des substituts aux matières végétales brutes non renouvelables comme par exemple les tourbes. Devant la profusion de ces matières premières d'origines très diverses :

- matières organiques végétales issues de milieux naturels : tourbes, terre de bruyère ...
- matières organiques résiduelles d'activités humaines industrielles et agricoles : effluents vinicoles, déchets « verts », boues urbaines ou industrielles, composts variés...
- matières minérales et synthétiques.

l'utilisateur est amené à s'interroger sur la composition précise des substrats et sur leur valeur agronomique.

Actuellement les données fournies par une analyse physico-chimique classique permettent de donner la composition élémentaire de l'amendement et de connaître sa valeur agronomique. Par contre, en ce qui concerne la connaissance des matières premières entrant dans la constitution du substrat, les valeurs quantitatives des divers éléments permettent seulement de présumer de l'origine de certains entrants. Or la gestion des déchets organiques, et en particulier leur recyclage dans les supports de culture et amendements, rendent indispensable **leur traçabilité**. Pour répondre à ce besoin de traçabilité, nous nous sommes demandés si une méthode d'analyse basée sur la visualisation pouvait contribuer à l'identification des matières premières utilisées dans ces substrats.

Comme ces produits ont la particularité de présenter des niveaux de transformations des matières premières entrantes, qui se traduisent par une fragmentation et des modifications physico-chimiques, nous avons adapté l'analyse morphologique à l'échelle de la fragmentation de ces produits, en utilisant la loupe et la microscopie électronique. Finalement, en associant des analyses physico-chimiques classiques à des méthodes de caractérisation morphologique et analytique à l'échelle ultrastructurale sur des matières premières, puis sur des produits plus complexes comme les amendements organiques et les supports de culture, nous avons constaté que cette méthode permettait une traçabilité des matières premières constitutives. Dans cet article, nous présentons cette méthode appelée **AGMOMET<sup>®</sup>**, **Analyses Globales des Matières Organiques associées à la Microscopie Electronique à Transmission**. Cette étude a été conduite en partenariat avec le laboratoire SAS pour l'établissement des analyses physico-chimiques et leur interprétation.

## Protocole

L'échantillon suit simultanément deux voies analytiques :

- les analyses physico-chimiques globales
- les analyses morphologiques couplées aux micro-analyses.

### Analyses physico-chimiques globales

Les analyses physico-chimiques globales concernent l'évaluation de différents paramètres : les paramètres physiques, chimiques et les éléments traces métalliques. Ces paramètres sont évalués suivant les normes en vigueur et regroupés dans le tableau 1 suivant.

**Tableau 1** : Paramètres évalués par les analyses physico-chimiques globales

Paramètres physiques	Paramètres chimiques	Oligo-éléments et éléments-traces métalliques	
porosité	pH (eau), pH (KCl)	B	As
humidité	matières organiques après tamisage à 40 mm	Fe	Cd
capacité de rétention en eau	matières minérales après tamisage à 40 mm	Mn	Co
disponibilité en eau	carbone organique (< 40 mm)	Mo	Cr
	azote total, azote nitrique, azote ammoniacal		Cu
	azote organique total		Hg
	phosphore total, phosphore Olsen		Ni
	sodium, potassium		Pb
	calcium		Se
	magnésium		Zn
	soufre		Al
	silice		

Ces données analytiques permettent **d'émettre des hypothèses concernant la nature des matières premières composant le produit**, ainsi :

- Les critères de valeur agronomique, en valeur relative les uns par rapport aux autres ainsi qu'en valeur absolue (comme le C/N, les teneurs en azote nitrique et ammoniacal, les teneurs en phosphore ou en fer), peuvent représenter des traceurs de certains entrants comme le fumier, les boues, les composts de déchets verts...
- Si et Al sont des éléments témoignant de la présence de minéraux.
- La concentration en éléments traces peut témoigner, en valeur relative et en valeur absolue, suivant les cas, de la présence de déchets verts, de fumiers, de composts de boues...

### Analyses macro- et micro-morphologiques

#### *Examen macroscopique*

L'échantillon est observé sous loupe binoculaire. Cette observation permet :

**(1) De déterminer son éventuel niveau d'hétérogénéité**, laquelle peut être due :

- soit à une nature différente : résidus de branches, autres résidus ligneux comme des écorces, herbe, élément minéral,
- soit à une structure différente : poudre fine, agrégats, pâte.

**(2) D'estimer la proportion** de toutes les parties différenciées

**(3) De faire des hypothèses sur l'origine des matières premières** entrant dans le produit, par exemple lorsque des résidus de petites branches, des fragments de racines ou d'écorces sont repérés.

La fraction fine, qui représente la partie majoritaire de l'échantillon, fera obligatoirement l'objet d'une caractérisation morphologique et analytique en microscopie électronique à transmission (MET). Les fractions plus grossières, qui sont en proportion plus faible, peuvent également faire l'objet de cette caractérisation, afin de préciser leur identification ou leur niveau de compostage.

#### *Examen microscopique en MET associé aux micro-analyses EELS et EDX*

Un prélèvement de l'ordre du mm<sup>3</sup> de chaque partie différenciée est fixé chimiquement, afin de préserver les structures cellulaires en vue de leur observation en microscopie électronique, puis imprégnés dans une résine Epoxy après déshydratation. Des coupes ultra-fines de 100 nm d'épaisseur sont alors réalisées à l'aide d'un ultra-microtome Ultracut S. Ces coupes sont observées en MET à l'aide d'un microscope Philips CM12 (80 kV) et si besoin analysées à l'aide d'un microscope Philips CM20 (120 kV) équipé d'un système EDX pour les éléments de numéro atomique supérieur à 12 et d'un spectromètre EELS Gatan pour les éléments légers constituant la matière organique (C, N).

Les observations et les analyses à l'échelle ultrastructurale permettent de différencier : les matières organiques végétales, les matières organiques microbiennes et les matières minérales, et permettent également d'en préciser la nature et l'état (tableau 2).

**Tableau 2** : Informations obtenues par les analyses microscopiques

Précisions	Matières organiques végétales	Matières organiques microbiennes	Matières minérales
Nature	- cellulosique - hémicellulosique - ligneuse - polyphénolique	- bactéries - champignons	- argiles - oxydes
Etat	- leur état de biodégradation - le C/N en particulier des substances polyphénoliques - leurs associations physiques et chimiques avec les éléments minéraux et métalliques	- présence de spores - lyses - état physiologique - production d'exopolymères - leurs associations physiques ou chimiques avec les éléments minéraux et métalliques	leurs associations avec les matières organiques

Actuellement 25 matières organiques végétales ou résiduelles, ainsi qu'une quarantaine d'amendements organiques destinés à la commercialisation, ont été analysés (tableau 3). Les caractérisations morphologiques et analytiques ultrastructurales obtenues constituent une base de données. Ce référentiel est amené à être complété en fonction des diverses matières organiques susceptibles d'être introduites dans ces produits.

**Tableau 3** : Liste des matières premières étudiées à ce jour

Matières organiques végétales	Matières organiques résiduelles issues de l'activité industrielle ou agricole
- écorces de différentes origines, compostées ou non	- déchets verts à différents niveaux de compostage
- aiguilles de pins compostées	- différentes boues urbaines et industrielles, composts de boues
- différentes tourbes : blondes, brunes, noire	- différents fumiers : fumier de cheval, fumier de ferme, bovin et ovin, compostés ou non
- terre de bruyère brute	- fibre de coco, fibres de bois
- bois	- résidus de pressage du tabac
	- algues déshydratées
	- farines animales
	- terres d'alluvions
	- déchets vinicoles

### AGMOMET<sup>®</sup> : un outil de traçabilité

Après avoir testé cette nouvelle approche, qui consiste à associer les hypothèses formulées au niveau des analyses globales, au niveau des macrostructures et les renseignements apportés par l'observation ultrastructurale associée à la micro-analyse, on constate que **les observations ultrastructurales ont été déterminantes** dans la confirmation de la traçabilité de certains entrants. Cette traçabilité est basée sur l'observation **de traceurs comme** :

- **la morphologie cellulaire** spécifique de certaines plantes, par exemple les tourbes,
- la particularité de **certaines organites cellulaires** d'être reconnaissables même après compostage, tels que **les chloroplastes** témoignant de la présence de déchets végétaux ou d'algues,
- la reconnaissance de **flocs bactériens** provenant en particulier de boues de station d'épuration, détectables même après compostage, permettant de préciser l'état physiologique des bactéries et laissant présager de leur viabilité.

Outre ces renseignements concernant les différents entrants, **une évaluation du niveau de compostage** est faite selon deux paramètres : la transformation morphologique des éléments végétaux observés et le C/N mesuré au sein même des structures cellulaires telles que les substances polyphénoliques.

La caractérisation ultrastructurale permet également **la localisation précise des éléments métalliques** au niveau des structures végétales, ce qui permet de préciser **la disponibilité** des éléments polluants tels que Pb, Zn Cu, Ni apportés en particulier par les déchets verts et les boues.

## Conclusion

Actuellement, en plus des analyses physico-chimiques globales, la caractérisation des amendements organiques et des supports de culture s'appuie également sur des indices de stabilité biochimique (tels que ISB et CBM), ainsi que sur diverses analyses bactériologiques ayant pour objectif d'établir le caractère d'innocuité. La caractérisation par **AGMOMET<sup>®</sup>** permet d'apporter des renseignements complémentaires à ces caractérisations tout en étant **un outil de traçabilité**.

**AGMOMET<sup>®</sup>** peut maintenant entrer dans sa phase de développement et est à la disposition:

- des différents laboratoires d'analyses de ces produits,
- des producteurs des supports de culture et amendements organiques,
- des bureaux de normalisation, dans le but de normaliser la méthode comme outil de caractérisation des amendements organiques,
- des services de vérification de la qualité de ces produits, qui peuvent décerner des labels de qualité,
- de partenaires scientifiques suivant l'évolution de ces matières organiques dans le cadre d'études concernant le compostage de ces produits, leur épandage ou la réhabilitation de sols,
- des organismes officiels de contrôle de mise sur le marché.

## Publications de référence

Chenu C., Puget P. and Balesdent J (1998) Clay-organic matter associations in soils: microstructure and contribution to soil physical stability. 16 th. World Congress of Soil Science, Montpellier, CRD-ROM, Cirad, Montpellier, France.

Leclerc B. (2001) Guide des matières organiques, ITAB, Tomes 1 et 2.

Olah GM, Reisinger O and Kibertus G (1978) Biodégradation et humification, atlas ultrastructural. Les Presses de l'Université Laval, Vuibert, 329p.

Villemin G, Mansot JL, Watteau F, Ghanbaja J et Toutain F (1995) Étude de la biodégradation et de l'humification de la matière organique végétale du sol par la spectroscopie des pertes d'énergie d'électrons transmis (EELS : Electron Energy Loss Spectroscopy): répartition du carbone, de l'azote et évaluation du rapport C/N au niveau ultrastructural *in situ*. *C. R. Acad. Sci. Paris IIa*, 321, 861-868.

Watteau F., Villemin G., Ghanbaja J., Genet Patricia and Pargney JC (2002). In situ ageing of fine beech roots (*Fagus sylvatica*) assessed by transmission electron microscopy and electron energy loss spectroscopy: description of microsites and evolution of polyphenolic substances. *Biology of the Cell*, 94, 55-63.

Nous tirons de ces résultats quelques enseignements pratiques quant à la pratique du compostage et quelques perspectives méthodologiques pour l'étude intégrée de la production et de l'utilisation des matières organiques. Les leviers que sont le retournement, l'ajout d'eau et le tassement ainsi que la durée de compostage devraient être combinés pour s'adapter au mieux à des besoins soit de résorption de l'azote, soit de préservation maximale de la ressource fertilisante.

Mots clés : compostage, carbone, azote, ammoniac, protoxyde d'azote, fertilisation organique, fractionnement biochimique.

INRA / ENSAR UMR Sol Agronomie Spatialisation de Rennes-Quimper

65 route de Saint-Brieuc CS 84215  
35042 Rennes cedex, France

Tél. : 02 23 48 52 22

Fax : 02 23 48 54 30

E-mail : nasser@roazhon.inra.fr

---

## Revue de presse

### 6 Û Les fumiers de porcs sur litière de paille accumulée ; Composition, production et rejets entre le sevrage et l'abattage

Claude Texier, Philippe Rocher, Olivier Turpin

La dernière enquête porcine du SCEES réalisée en novembre 2001 concernait près de 6 000 exploitations. Cet échantillon peut être considéré comme représentatif, notamment en matière de logement, de la situation rencontrée dans les 18 300 exploitations qui détiennent 95 % du cheptel national.

Les résultats de cette enquête confirment que la majorité des élevages produisent du lisier : du lisier seul pour 9400 d'entre eux soit 52 %, et du lisier avec du fumier pour 6300 autres, soit 35 %. Les élevages ne produisant que du fumier, un peu plus de 2 500, représentent 13 % des exploitations porcines. Mais en considérant également les élevages mixtes qui produisent à la fois fumier et lisier, ce sont en réalité près de la moitié des exploitations qui élève une partie de leurs animaux sur litière.

Les résultats obtenus par l'ITP rapportés dans cet article concernent la production de fumier de porc entre 10 et 145 kg de poids vif. Du sevrage à l'abattage normal de 110 kg, un porc élevé sur litière de paille accumulée utilise 84 kg de paille en moyenne. Il produit 259 kg de fumier ce qui correspond à 2,2 kg d'azote, 1,7 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 3,5 kg de K<sub>2</sub>O, 25 g de cuivre et 32 g de zinc.

Source

**Techni Porc** Vol. 27, n° 1, 2004, pages 27-32.

ITP, 149, rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

E-mail : itp@itp.asso.fr - Site : www.itp.asso.fr

### 7 Û Vers de terre : les acteurs de la fertilité des sols

Dossier réalisé par Frédéric Thomas, directeur de publication de TCS, avec la collaboration de Daniel Cluzeau et Guénola Pérès – Université de Rennes I/UMR 6553 Ecobio, station biologique de Paimpont, 35380 Paimpont.

Avec le développement des TCS, du semis direct, et plus largement de la prise de conscience que le sol est un élément vivant, le ver de terre, cet allié de l'ombre, suscite de plus en plus d'intérêt. Cependant sous le terme générique de « ver de terre » se cache non pas un individu, mais plusieurs espèces aussi différentes par leurs aspects que leurs rôles. Véritables ingénieurs du sol, ils ne se contentent pas seulement de le structurer, ils interviennent dans de nombreuses fonctions chimiques et biologiques en rapport avec le recyclage des matières organiques et l'alimentation des végétaux. Facilement observables et très sensibles aux pratiques agricoles, les vers de terre sont également des indicateurs intéressants de l'état physique comme biologique d'un sol.

Dossier complet, très intéressant et très richement illustré (photos, tableaux, graphiques).

Source

**TCS Techniques Culturelles Simplifiées** n° 27, mars-avril-mai 2004, pages 10-21.

Tél. : 03 87 69 18 18 - Fax : 03 87 69 18 14

E-mail : revue.tcs@editions-mirabelle.com

---

## Initiatives locales

### 8 Û Compostage franco-suisse

La Haute-Savoie et le canton suisse de Vaud ont lancé une réflexion commune sur la gestion de leurs déchets organiques. Ils ont bâti ensemble le programme de gestion collective des biodéchets « Gesbio ». L'objectif de ce programme européen Interreg est de favoriser les échanges techniques et méthodologiques entre les deux pays. L'idée des porteurs du projet, qui bénéficient de l'avance helvétique dans le domaine, est d'essayer de mettre en place dans les zones rurales des solutions locales englobant l'ensemble des gisements de biodéchets. A terme les résultats du programme pourront être diffusés pour aider les départements à mettre en place leurs plans de gestion des déchets (celui de Haute-Savoie est en cours de révision).

Carte d'identité de Gesbio :

Programme Interreg de gestion collective des biodéchets  
Structure porteuse française : Energie Environnement 74

Structure porteuse suisse et bureau d'études suisse : Erep  
Bureaux d'études français : Trivalor, Alliance conseil

Budget total : 160 000 euros

Partenaires financiers : Commission européenne, conseil général de Savoie, ADEME, conseil régional de Rhône-Alpes, Sivom de Morillon, Confédération helvétique, canton de Vaud.

Département de Haute-Savoie : 632 000 habitants

Morillon grand massif : 4 080 résidents permanents, 30 000 lits touristiques.

Source

**Environnement magazine** n° 1627, mai 2004, page 24.  
 Tél. : 01 53 45 89 00 - Fax : 01 53 45 89 11  
 E-mail : [contact@environnementmagazine.com](mailto:contact@environnementmagazine.com)

**9 Û CUMA « Innovation 47 » :  
 spécialité compostage**

La CUMA départementale de Mezin « Innovation 47 » s'est créée en février 2003 autour d'une dizaine d'agriculteurs qui souhaitent valoriser leurs effluents d'élevage avant épandage. Aujourd'hui cette CUMA commence des chantiers de compostage sur tout le département grâce à l'achat d'un retourneur d'andain et des sondes de suivi des températures.

Source

**Campagnes 47** n° 39, juin 2004, page 43.  
 Tél. : 05 53 77 83 70 - Fax : 05 53 77 83 71

**Les numéros bis**

Au moment de l'enquête vous étiez 43 % d'abonnés aux numéros bis. Parmi les personnes qui ne sont pas abonnées à ces numéros, 45 % se contentent de la formule papier et 55 % ne savaient pas que les n° bis et la formule papier étaient différents.

**Les numéros hors série**

Les numéros hors série conviennent à 75 % des abonnés (16 % n'ont pas répondu à la question).

Vous êtes 61 % à souhaiter des dossiers de synthèse sur des thèmes précis, et 75 % d'entre vous nous ont proposé des thèmes. Les mots les plus souvent cités sont les suivants :

- compost (compostage, co-compostage) : 24 fois
- règlement (réglementation, réglementaire) : 7 fois
- étranger : (Europe, international) : 7 fois
- recherche : 5 fois
- fertilisation (fertilité) : 3 fois

**Conclusion**

Il s'agit de la deuxième enquête de satisfaction d'Echo-MO après 8 ans de parution. Vos réponses et vos commentaires nous encouragent à continuer. La formule actuelle du bulletin sera maintenue.

Cependant, suite au problème de lisibilité concernant les numéros bis (numéros supplémentaires envoyés par e-mail entre chaque numéros papier) nous envisageons de les envoyer systématiquement à tous les abonnés et simplifier ainsi les formules d'abonnement.

Pour ce qui est des numéros hors série, nous allons les maintenir tels qu'ils sont actuellement (une compilation des anciens articles parus) et étudier la possibilités d'en faire d'autres qui seront des dossiers de synthèse sur les thèmes que vous nous avez le plus souvent suggérés. Certains de ces thèmes continueront également à être traités dans l'article central d'Echo-MO.

**10 Û Principaux résultats de l'enquête d'évaluation  
 d'Echo-MO auprès des abonnés, envoyée  
 avec le numéro 47**

Merci à tous ceux qui ont répondu à cette enquête. Leur contribution permet une analyse précieuse de notre bulletin. Vous êtes 103 à nous avoir répondu, soit 22 %.

**Le contenu du bulletin**

Vous êtes 95 % à penser que les informations fournies par Echo-Mo sont très utiles ou utiles (Cf graphique ci dessous les résultats pour chaque rubrique). Pour 95 % des abonnés le niveau scientifique est adapté.

