

CONNAISSANCE ET VALORISATION DES COMPOSTS PAR LA PROCÉDURE DE QUALIFICATION AGRONOMIQUE

Christian Carre*, Eric Fiori**, Séverine Opsomer***
CGEA, Orval, Creed

Le compostage des déchets permet de traiter la fraction organique tout en élaborant un produit valorisable en agriculture.

Face au manque de données chiffrées et dans un contexte réglementaire évolutif, l'évaluation des risques pour le sol et les cultures est difficile.

Par ailleurs, l'intérêt agronomique des composts issus de déchets fait l'objet de peu d'études

La procédure présentée dans cet article est adaptée aux composts de différents produits résiduels. Elle a pour double objectif de démontrer l'intérêt agronomique tout en évaluant un seuil d'impact sur l'environnement.

Cette procédure comprend deux phases : la première phase, en laboratoire, regroupe un ensemble d'essais mesurant l'efficacité agronomique et vérifiant l'innocuité vis-à-vis du végétal. La seconde phase consiste en des essais de plein champ dont l'objectif est de confirmer les résultats de la première phase.

Cette procédure est en cours de validation sur 6 types de composts représentatifs du contexte français (compost d'ordures en mélange, compost d'ordures « grises », compost de fermentescibles, compost de déchets verts, compost de déchets verts + boues, compost d'OM + boues). Elle s'applique sur produit mûr, prêt à l'emploi, dans le cadre d'une utilisation en grande culture.

LES ENJEUX DU TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES DÉCHETS

Des quantités croissantes de sous-produits sont restituées au sol (boues, composts, déchets industriels transformés...). Pour une bonne part, ces sous-produits sont issus d'une filière de traitement biologique de déchets organiques.

Afin de pérenniser cette filière, il est nécessaire de disposer d'une méthodologie qui permette de démontrer l'intérêt agronomique des composts tout en vérifiant l'absence d'impact négatif lors de leur utilisation.

Les filiales « propreté » du groupe Générale des eaux ont donc porté leurs efforts de recherche sur la qualification agronomique des composts avant valorisation agricole et en ont confié la réalisation à leur centre de recherche, le Creed.

Composting is a suitable treatment for the organic fraction of waste and provides an end-product to agriculture. However, as a consequence of the lack of information, the environmental impact of composting is difficult to assess. Furthermore, the agronomic properties of a compost from urban waste are barely studied. This article proposes a procedure to assess all types of compost from waste. This procedure sets up the agronomic properties of compost as well as their environmental impact (in term of threshold). It comprises two steps :

- in laboratory, a set of tests to measure the agronomic effectiveness and the innocuousness towards vegetables ;

- on field, *in situ* tests to confirm the first results.

This procedure has been implemented on 6 types of compost which represent the actual situation of composting in France : compost from MSW, compost of MSW after the separative collection of packaging, compost from biowaste, compost from green waste and sludge, compost from sludge and MSW.

This procedure can be implemented on mature compost, before land application.

La réalisation de ces objectifs passe par la mise en œuvre de deux phases successives et indissociables : le développement d'une procédure de qualification agronomique et sa validation par des essais de plein champ.

MÉTHODOLOGIE

Mise en place des essais

Le déroulement des essais est illustré par la figure 1, il comprend :

- un ensemble d'enquêtes sur site, (choix des composts et détermination de la dose N, dose agronomique d'utilisation courante des produits),
- la réalisation d'un protocole d'échantillonnage cor-

respondant aux objectifs du programme et intégrant la spécificité propre aux composts et aux procédés,
 – le choix de sols-types représentatifs des sols régionaux, des pratiques agricoles et des cultures locales,
 – les analyses physico-chimiques du compost,
 – les tests (essais d'innocuité, d'efficacité, validation au champ).

Tableau 1 : Les 6 types de composts testés

Type de compost	Type de procédé
Compost d'ordures ménagères en mélange	Tri, compostage accéléré. Bâtiment couvert
Compost d'ordures ménagères après collecte des « propres et secs » (ordures grises)	Tri, compostage accéléré. Bâtiment couvert
Compost de fermentescibles	Compostage accéléré. Bâtiment couvert
Compost de déchets verts	Compostage lent. Plate-forme extérieure
Compost de déchets verts et de boues	Compostage lent. Plate-forme couverte
Compost d'ordures ménagères et de boues	Tri, compostage accéléré, bâtiment couvert

Choix des produits à tester

Six types de composts représentatifs du contexte français (compost d'ordures en mélange, compost d'ordures « grises », compost de fermentescibles, compost de déchets verts, compost de déchets verts + boues, compost d'OM + boues) sont testés. Ils illustrent la diversité des productions tant au niveau des régions d'origine, des matières premières employées que des procédés adoptés.

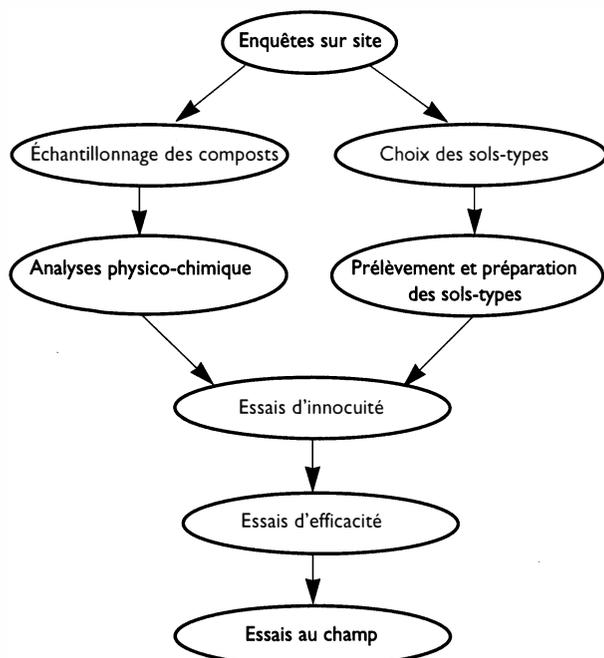


Figure 1 : Méthodologie de la procédure de qualification agronomique

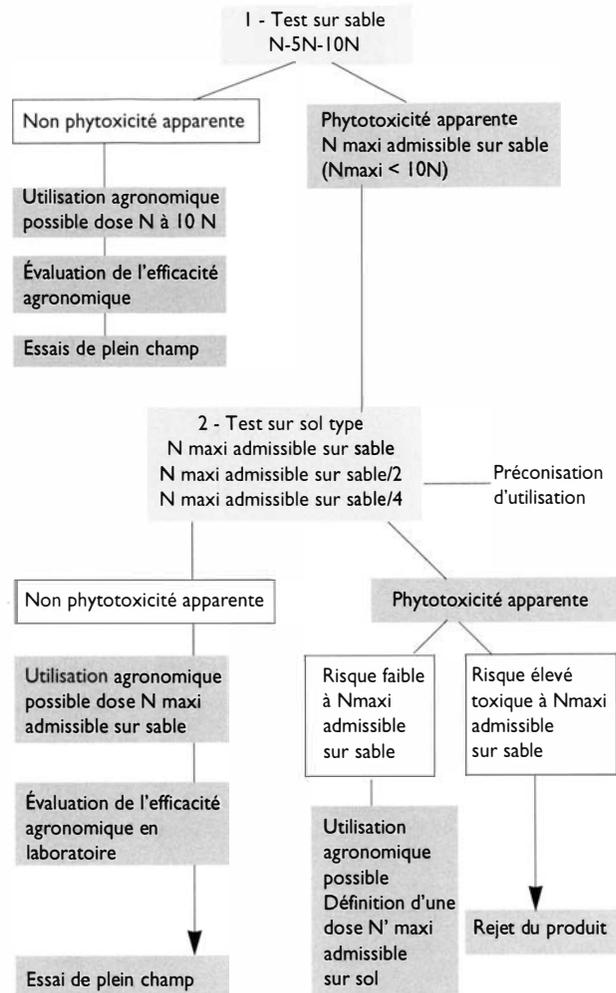


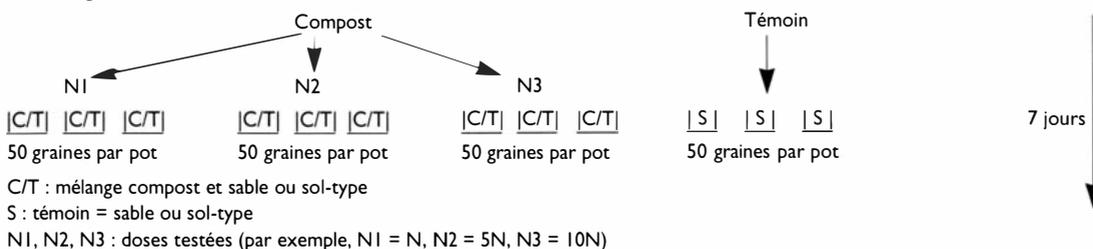
Figure 2 : Synoptique de la procédure de qualification agronomique. N = dose agronomique, 5N et 10N : doses d'apport massif (garantie de non-risque), 5N = 5 fois la dose N, 10N = 10 fois la dose N

PROCÉDURE DE QUALIFICATION AGRONOMIQUE

La procédure de qualification agronomique comprend deux séries d'essais : essais d'innocuité vis-à-vis du végétal et essais d'efficacité. Elle est décrite à la figure 2. Le choix de la dose N correspond à une pratique agricole courante en grande culture : il s'agit de la dose agronomique préconisée, adaptée au contexte local (type de culture, type de sol). Les 2 doses d'apport massif, 5N et 10N, correspondent à des apports respectivement de 5 fois la dose N et 10 fois la dose N. Elles n'ont pas de signification agronomique, mais correspondent à des coefficients de sécurité dans la garantie de l'innocuité des produits épandus.

Par exemple, si aucune phytotoxicité n'est décelée à la dose de 5N, le produit pourra être épandu à la dose N sans risques pour les cultures. Parallèlement, la valeur agronomique est évaluée pour cette dose N lors des essais d'efficacité.

Test de germination



Test de croissance

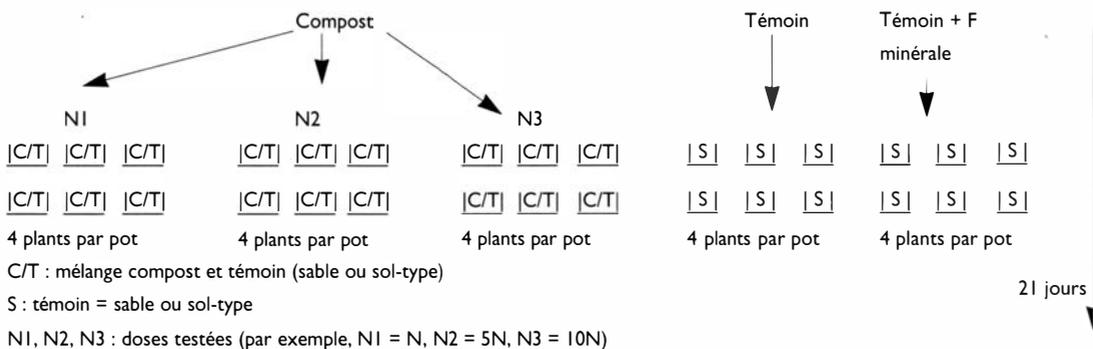


Figure 3 : Le bio-essai (témoin = sable ou sol-type, témoin + F. minérale = témoin avec ajustement de la fertilisation N, P, K)

La procédure est applicable sur produit mûr, pour un épandage en grande culture.

Essai d'innocuité

Les essais d'innocuité (bio-essais) inclus dans la procédure mettent en évidence une phytotoxicité globale sans en déterminer la cause.

Cela permet d'éviter les analyses coûteuses de produits toxiques (herbicides, pesticides, etc.) lorsque la non-phytotoxicité est démontrée.

La phytotoxicité est évaluée « dans l'absolu » sur un support neutre (sable) puis en condition réelle d'utilisation sur un sol-type lorsqu'il y a apparition d'une phytotoxicité sur sable.

Les essais d'innocuité sont réalisés avec plusieurs doses d'apport de compost dans le substrat (cf. figure 3). Les résultats sont comparés à 2 témoins (sable, sable + fertilisation complémentaire).

L'appréciation de la phytotoxicité est effectuée par :

- la mesure des niveaux de germination du cresson,
- la mesure des niveaux de croissance de la laitue.

Ce matériel végétal (cresson, laitue) est utilisé car il présente de bonnes caractéristiques (répétabilité de l'essai, rapidité, sensibilité, adaptation), cf. tableau 2.

En outre, les doses d'utilisation à préconiser localement (et n'entraînant aucun risque de phytotoxicité) sont déterminées lors de l'essai.

Pour ce faire, le protocole est repris sur sol type, à des doses d'abord supérieures à l'usage pour évaluer l'effet

Tableau 2 : Caractéristiques du matériel végétal et adaptation aux tests

Paramètres du test	Propriétés du matériel végétal
Répétabilité	Grande homogénéité (phénotype, génotype)
Rapidité	Installation rapide des racines permettant une mise en contact aussi précoce que possible avec le substrat
Sensibilité	Sensibilité élevée vis-à-vis des micro-polluants métalliques et organiques et toutes autres formes de substances phytotoxiques
Facilité de mise en œuvre	Adaptation aux paramètres biologiques mesurés : mesure des taux de germination pour le cresson (rapidité de la germination), mesure de la croissance pour la laitue (facilité de repiquage).

« épurateur du sol » mais inférieures ou égales à la dose d'apparition de la phytotoxicité sur sable.

A terme, le bio-essai pourra être utilisé dans le cadre d'un suivi qualité des produits. Il est donc nécessaire de tester la répétabilité du bio-essai pour chacune des grandes familles de produits.

Essai d'efficacité

La valeur agronomique d'un produit dépendant de nombreux paramètres (matière première, procédé, type de produit, type d'utilisation...) l'évaluation exhaustive de cette efficacité doit être envisagée de façon spécifique à chaque produit.

L'essai utilisé en laboratoire permet de caractériser l'ac-

tion de la matière organique du compost sur la plante et sur le sol. L'évaluation de cette efficacité agronomique se détermine à l'aide de différents tests et d'après l'étude de :

- l'effet du compost sur le sol,
- l'effet du compost sur la plante.

Leur principe est de déterminer la stabilité de la matière organique des composts et leurs actions sur la nutrition des végétaux en conditions contrôlées de laboratoire (cf. tableau 3).

Tableau 3 : Dispositif expérimental

Matériel : pots à réserve d'eau.
Conditions de température : T° jour : 20-22°C, T° nuit : 13-15°C
Conditions d'hygrométrie : H° jour : 65-70 %, H° nuit : 75-80 %
Conditions de luminosité : 20000 lux à 30 cm
Photopériode : 16 heures d'éclairage, 8 heures sans éclairage
Condition d'humidité du substrat : 100 % de la capacité de rétention.

Le tableau 4 résume les tests menés.

Tableau 4 : Tests de l'essai d'efficacité

Effet sur le sol	Effet sur la plante
Test respirométrique comparé	Biodisponibilité du phosphore et du potassium (essais culturaux)
> Stabilité compost/fumier	> Comparaison matières fertilisantes minérales/organiques (compost ; fumier)
Caractérisation des différentes formes de carbone et d'azote	
> Évaluation du degré de stabilité des produits	
Devenir de l'azote organique	
> Taux de minéralisation compost/fumier	

Essais au champ

L'utilisation de compost *in situ*, sur parcelles agricoles, en parallèle avec des témoins et d'autres amendements organiques, permet de valider la Procédure de qualification agronomique développée dans la première partie. Valeur agronomique (efficacité) et innocuité (impacts environnementaux) des produits sont étudiés en parallèle.

Le dispositif expérimental, suivi par l'Inra, présente donc 2 objectifs :

- valider les modèles comportementaux testés en laboratoire (essais d'innocuité et d'efficacité) sur les mêmes produits, en conditions réelles ;
- compléter notre connaissance des propriétés agronomiques et environnementales des composts issus de produits résiduels.

Ainsi, la valeur agronomique est appréhendée par :

- la valeur fertilisante des produits (N, P, K),
- l'effet de la matière organique,
- l'effet sur la structure du sol (comportement hydrique, lutte contre l'érosion).

L'impact environnemental est évalué non plus globalement (bio-essai) mais par la mesure des causes potentielles :

- analyses et devenir des éléments traces métalliques,
- analyses et devenir des substances pathogènes,
- analyse des micropolluants organiques (HAP, PCB...).

La corrélation des résultats du bio-essai et des essais au champ, sur les différents types de produits, permettra à terme, de rendre plus systématique l'application du bio-essai sans passer nécessairement aux essais au champ.

RÉSULTATS - CONCLUSION

Le tableau 5 illustre l'interprétation statistique du premier volet de la procédure (garantie d'innocuité).

Les deux approches sur sable et sur sol type sont suffisamment discriminantes par rapport aux produits.

En effet, le test sur sable permet de connaître la dose maximum admissible au-delà de laquelle des risques de phytotoxicité peuvent apparaître. Le test sur sol type permet d'évaluer la dose à partir de laquelle des risques de phytotoxicité apparaissent dans les conditions d'utilisation réelles (sol type) et de préconiser la dose agronomiquement efficace et sans risques.

Les essais d'efficacité, en cours sur les 6 types de compost, permettent d'ajuster cette dose par mesure du comportement des composts sur le sol et la plante.

Tableau 5 : Résultats des essais d'innocuité

	Innocuité sur sable			Innocuité sol-type		
	Absence d'inhibition	Inhibition significative	Inhibition non significative	Absence d'inhibition	Inhibition significative	Inhibition non significative
Compost type 1	G	N	5N, 10N			5/4N, 5/2N, 5N
	C		5N, 10N	N	5/4N, 5/2N, 5N	
Compost type 2	G		10N	N, 5N	N/4, N/2	N
	C		N, 5N, 10N		N/2, N	N/4
Compost type 3	G	N	10N	5N	N/4, N	N/2
	C		N, 5N, 10N		N/4, N/2, N	
Compost type 4	G		10N, 5N	N		5/4N, 5/2N, 5N
	C	N, 5N	10N		5/4N, 5N	5/2N
Compost type 5	G	N		5N, 10N	-	-
	C	N, 5N, 10N			-	-
Compost type 6	G		5N, 10N	N	5/4N	5/2N, 5N
	C		5N, 10N	N	5/4N, 5/2N, 5N	

G : test de germination, C : test de croissance, N : dose d'apport de compost au substrat = dose agronomique

DÉCHETS

SCIENCES &
TECHNIQUES

APPEL À PUBLICATIONS

Nous souhaitons publier dans cette revue et nous espérons pouvoir ouvrir nos colonnes à tous les travaux relatifs aux différents aspects du problème des déchets :

- Collecte, tri, préparation, transfert, stockage,
- Valorisation énergétique : énergie, matière première, matériaux, agriculture,
- Analyse et caractérisation, tests de comportement, nomenclature, classification,
- Traitements thermiques,
- Traitements biologiques,
- Traitements chimiques et physico-chimiques,
- Stabilisation-solidification : procédés et comportement à long terme,
- Déchets, sol et sous-sol,
- Procédés propres,
- Déchets-santé,
- Droit et législation.

Présentation des articles

- 5 Pages incluant textes, figures et références soit l'équivalent de 15 000 signes au maximum.
- Les textes originaux doivent être expédiés sur disquette 3,5 pouces (Mac ou PC) accompagnés d'une version papier en 3 exemplaires pour le comité de lecture dont une version originale comportant tableaux, figures, ou photographies éventuels. Les fichiers de tableaux ou de figures existants doivent être joints sur la disquette avec originaux papier.
- Le nom du logiciel utilisé doit être spécifié.
- L'article doit impérativement comporter les éléments suivants si possible dans cet ordre :
 - titre,
 - nom, qualité et coordonnées de l'auteur,
 - résumé de 50 mots en français et en anglais,
 - introduction,
 - matériels et méthodes,
 - résultats,
 - discussion,
 - conclusion,
 - références.

Nous publions également les résumés de thèses qui nous sont envoyés ainsi que les résumés de mémoires de DEA ou de DESS lorsqu'ils sont accessibles, sur demande, aux lecteurs.

Envoi des articles

Alain Navarro, Laboratoire d'analyses environnementales des procédés et systèmes industriels (LAEPSI) - INSA bâtiment 404 - 20, avenue Albert Einstein - 69621 Villeurbanne cedex - Tél. : 72 43 84 30 - Fax : 72 43 87 17. Secrétariat : Norma Renard (Tél. : 72 43 87 72 - Fax : 72 43 80 84)

Ainsi, la dose optimale d'efficacité est définie, et ce pour une utilisation immédiate au champ.

Cette procédure de qualification agronomique, testée sur 6 types de composts représentatifs du contexte français, est applicable pour l'ensemble des produits résiduels.

Les essais de plein champ vont compléter notre connaissance de ces produits.

* Christian Carre,

CGEA - Parc des Fontaines - 169, avenue Georges Clémenceau - 92735 Nanterre cedex

** Eric Fiori,

Orval - Rue du Roux - BP 93 - 17004 La Rochelle

*** Séverine Opsomer,

Creed - Zone portuaire de Limay - 291, avenue Dreyfous Ducas - 78520 Limay

Bibliographie

Adas, 1992. *Bio-essais : croissance des plantes*. Grande Bretagne.

Afnor X 31-201, 1982. *Qualité des sols. Essai d'inhibition de germination de semences par une substance*. Afnor Ed.

Afnor X 31-202, 1986. *Qualité des sols. Essai d'inhibition de la croissance des végétaux par une substance*. Afnor Ed.

Afnor X 31-203, 1994. *Qualité du sol. Détermination des effets des polluants sur la flore du sol. Partie 1 : Méthode de mesurage de l'inhibition de la croissance des racines*. Afnor Ed.

Bourmeau E., Opsomer S., 1996-97 *Compte-rendu d'avancement n° 1, 2 et 3 Programme Procédure de qualification agronomique Documents internes* Creed.

Bradow J.M., Connick W.J., 1990. *Volatile seed germination inhibitors from plant residues*. J. Chem. Ecol. Vol 16, 645-666.

Juste C., Lineres M., Gomez A., 1978. *Étude du pouvoir complexant des métaux contenus dans les boues de station d'épuration vis-à-vis des oligo-éléments et éléments toxiques, et action de ces complexes sur les végétaux*. Min. de l'Env. Étude n° 75-23. Ed. 27p + 48 annexes.

Juste C., Solda P., Dureau P., 1980. *Mise au point de tests agronomiques légers permettant de déterminer simultanément la phytotoxicité globale des composts d'ordures ménagères et leur degré de maturation*. Min. de l'Env. et du Cad. de Vie, Ed. Étude n°776147, 19p.

Juste C., 1983. *Méthodes d'estimation de la toxicité éventuelle des boues, des composts et des sols*. Symposium Protection des sols et devenir des déchets. Anred Ed. La Rochelle.

Lineres M., Juste C., 1980. *Test agronomique permettant d'apprécier simultanément la phytotoxicité globale des boues de station d'épuration et la disponibilité pour les plantes des métaux qu'elles contiennent*. Convention d'étude n°77-145. Anred Ed.

McLaren N.W., 1993. *Effect of sugary disease exudates on germination, seedling development and predisposition to seedling diseases of sorghum*. J. Pl. Soil, Vol. 10, 12-16.

Somashekar R.K., Gorsuch J.W., 1990. *Use of plants for toxicity assessment of heavy metal rich industrial effluents*. Pl. Tox. Ass., Vol. 2, 376-382.

Verdonck O., Vleeschauwer D., Van Assche P., 1981. *Phytotoxicity of refuse compost*. Biocycle, January-February, 44-46.

Walsh G.E., Weber D.E., Simon T.L., 1991. *Toxicity tests of effluent with marsh plants in water and sediment*. Environ. Toxicol. Vol. 10, 517-525.

Zucconi F., Monaco A., Bertoldi M., 1981. *Evaluating toxicity of immature compost*. Biocycle, March-April, 54-57.

Zucconi F., Monaco A., Bertoldi M., 1981. *Biological evaluation of compost maturity*. Biocycle, July-August, 27-29.