

**ESSAIS DE STABILISATION PAR COMPOSTAGE DE SOLIDES DE
LISIERS DE PORCS PROVENANT D'UN SÉPARATEUR
CENTRIFUGE MOBILE**

SOMMAIRE

(N/D : 9999-2000-202)

Présenté à :

Association de gestion des engrais organiques (AGÉO) du bassin de la rivière Yamaska

3800, boul. Casavant
St-Hyacinthe (Québec)
J2S 8E3

Préparé par :

Éric Cormier, agr. M.Sc.
Jean Vigneux, agr. M.Sc.

GSI ENVIRONNEMENT INC.

855, rue Pépin
Sherbrooke (Québec)
J1L 2P8

Avril 2005

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIFS	1
3. CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DES SLP	2
4. ESSAIS DE COMPOSTAGE	4
5. RÉSULTATS.....	5
5.1 TEMPÉRATURE	5
5.2 SICCITÉ, MATIÈRE ORGANIQUE ET PH	5
5.3 ÉLÉMENTS FERTILISANTS	6
5.4 TENEURS EN CUIVRE ET ZINC.....	7
5.5 HYGINÉISATION ET MATURITÉ	9
6. CONCLUSION.....	11
7. RÉFÉRENCES	12

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3.1 CARACTÉRISATION DES SLP FRAIS À LEUR ARRIVÉE AU SITE DE COMPOSTAGE DE GSI.....	3
TABLEAU 5.1 CARACTÉRISATION DU COMPOST PRODUIT À BASE DE SLP ET D'ÉCORCES DE BOIS.....	6
TABLEAU 5.2 CRITÈRES DE QUALITÉ POUR LE CUIVRE ET LE ZINC	8
TABLEAU 5.3 CRITÈRES D'HYGIÉNISATION ET DE MATURITÉ	10

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 GRAPHIQUE 1 : SUIVI DES TEMPÉRATURES LORS DU COMPOSTAGE DES SLP	
--	--

1. INTRODUCTION

Des essais de compostage ont été réalisés par GSI Environnement Inc., dans le cadre d'un projet de séparation solide/liquide par centrifugeuse mobile de lisiers de porcs dont les partenaires sont l'Association de gestion des engrais organiques du bassin de la rivière Yamaska (AGÉO), Clamex Environnement Inc., GSI Environnement Inc. (GSI) et Ferme Gestion Lagaudreau Inc. L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) ainsi que le Centre de développement du porc du Québec (CDPQ) ont également été impliqués au niveau de l'évaluation de l'efficacité de la technologie de séparation des lisiers et des aspects sanitaires, respectivement. Ce projet, piloté par l'AGÉO, a reçu une aide financière du Centre pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ).

Ce rapport sommaire présente le résultat obtenu des essais de compostage des solides de lisiers de porcs (SLP) générés par la centrifugation en juin 2004, de lisiers de porcs d'une fosse à lisiers située à St-Valérien-de-Milton (Ferme Gestion Lagaudreau). Les essais de compostage ont été effectués de juin à novembre 2004 au centre de compostage de GSI à Bury, situé à environ à 40 km à l'Est de Sherbrooke.

2. OBJECTIFS

Les objectifs généraux des essais étaient les suivants :

- Déterminer le niveau de stabilisation biologique requis pour une utilisation sécuritaire des SLP comme amendement ou comme intrant dans la fabrication de produits à valeur ajoutée.
- Documenter le processus de compostage et l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de ce type de matériau organique pour différents procédés de compostage.
- Évaluer la qualité agronomique et environnementale du compost produit à base de SLP.

3. CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DES SLP

Le tableau 3.1 présente le résultat de l'analyse des SLP frais, effectuée pas GSI à partir de prélèvements d'échantillons à leur arrivée au site de compostage de GSI à Bury.

Les SLP obtenus par centrifugation ont une siccité de 34 % et sont riches en matière organique (72 %) et très riches en éléments fertilisants, en comparaison avec le lisier de porcs avant la centrifugation (caractérisation initiale du lisier non présentée).

En effet, les SLP ont une teneur initiale en azote total de 4,2 %¹ et de 3,5 % pour le phosphore total (P). La teneur en potassium est toutefois relativement faible avec 0,54 % de K.

Le pH_{eau} initial des SLP est également légèrement alcalin avec une valeur de 7,7.

En ce qui concerne les métaux, les deux éléments présentant un intérêt et qui ont fait l'objet d'un suivi dans le cadre du projet de compostage des SLP sont le cuivre et le zinc.

À leur arrivée au site de compostage, la teneur en cuivre et en zinc des SLP était de 455 mg/kg b.s. et de 1 200 mg/kg b.s., respectivement.

Le cuivre et le zinc sont communément ajoutés dans les formulations de moulées pour les porcs et se retrouvent en concentration relativement élevée dans le lisier brut. Toutefois leur teneur dans les engrais minéraux, les amendements agricoles ou horticoles et les composts est réglementée par différentes instances gouvernementales de façon à éviter une accumulation excessive de ces éléments dans les sols.

La présence de pathogènes dans les SLP a été évaluée en utilisant le dénombrement des E. Coli (méthode du MENV MA-700) comme indicateur. À leur arrivée au site de compostage, le nombre de E. Coli retrouvé dans les SLP était de 5 179 à 10 190 NPP/g² (base sèche), soit un dénombrement relativement faible. Il est vraisemblable que la teneur réelle soit plus élevée car les analyses sur des SLP mélangés ultérieurement à des agents structurants (telles que les écorces de bois) présentaient des teneurs plus élevées en E. Coli. (>30 000 NPP/g) en début de compostage (données détaillées non présentées).

¹ Toutes les teneurs sont présentées sur une base de poids sec.

² NPP : Nombre plus probable.

Tableau 3.1 Caractérisation des SLP frais à leur arrivée au site de compostage de GSI

PARAMÈTRES	UNITÉ	SLP*
Siccité	%	34
pH	--	7,7
Matière organique	% m.s.	71,5
Rapport C/N	--	8,5
Azote total (N)	mg/kg m.s.	42 000
Phosphore total (P)	mg/kg m.s.	35 000
Potassium total (K)	mg/kg m.s.	5 350
Cuivre total (Cu)	mg/kg m.s.	455
Zinc total (Zn)	mg/kg m.s.	1 200
E. Coli.	NPP/g m.s.	5 179 – 10 190
Taux d'assimilation de l'O ₂	mg O ₂ /kg m.o./h	2 219

* Note : Moyenne de deux résultats

La maturité des SLP et des composts à base de SLP a été évaluée en utilisant le paramètre généralement utilisé pour les composts, soit le taux d'assimilation de l'oxygène. Le taux d'assimilation de l'oxygène mesuré dans les SLP à leur arrivée au site et avant leur compostage était de 2 219 mg O₂/kg de matière organique/heure sur une base sèche (mg O₂/kg m.o./h b.s.) et davantage dans certains échantillons. Comme référence, la norme BNQ sur les composts (voir tableau 5.3) considère qu'un compost est suffisamment mature pour une utilisation générale lorsque son taux d'assimilation de l'oxygène est inférieur à 500 mg O₂/kg m.o./h b.s.

4. ESSAIS DE COMPOSTAGE

Les SLP ont été livrés au site de compostage de GSI Environnement Inc. à Bury le 15 juin 2004. Les SLP ont été laissés seuls (sans ajout d'agent structurant) du moment de leur génération par la centrifugeuse (semaine du 7 juin) jusqu'au 21 juillet 2004 (date de l'ajout des agents structurants et du début des essais de compostage). Le 21 juillet, les SLP ont été mélangés avec deux types d'agents structurants (début des essais de compostage).

Les mélanges et les retournements à intervalles réguliers ont été effectués à l'extérieur à l'aide d'une pelle mécanique ou d'un chargeur sur roues. Cinq retournements ont été effectués pendant la période d'essais. Au départ, le volume de chaque amas de mélange était d'environ 15 m³.

Un suivi de la température a été effectué régulièrement sur chacun des amas : amas de SLP seul (de l'arrivée des SLP jusqu'au mélange des SLP avec les agents structurants) et par la suite sur chacun des amas de SLP avec les agents structurants.

Les lectures de température ont été effectuées à l'aide d'un thermomètre à tige enfoncée dans l'amas à une profondeur d'environ 100 cm. La température moyenne a été calculée à partir de six lectures relevées à différents endroits dans l'amas.

Des campagnes d'échantillonnage ont été faites tout au long de la durée de la phase thermophile du compostage, jusqu'en novembre 2004, pour suivre l'évolution des principaux paramètres physico-chimiques des amas. Pour les paramètres E. Coli., siccité, pH et matière organique, trois échantillons composites constitués chacun de cinq prélèvements (sous-échantillons) ont été recueillis et analysés à chaque campagne d'échantillonnage. Pour les autres paramètres (taux d'assimilation de l'O₂, NTK, P_{total}, K_{total}, Cu, Zn), un seul échantillon composite, constitué chacun de cinq prélèvements également, était recueilli et analysé.

La durée du suivi et des essais a été de 26 jours pour l'amas de SLP seuls (7 juin au 2 juillet) et de 105 jours pour les amas de SLP en compostage (21 juillet au 28 novembre 2004).

5. RÉSULTATS

Dans ce rapport sommaire, seuls les résultats des lectures de températures relevées en cours du compostage ainsi que les résultats de la caractérisation physico-chimique et biologique du compost de SLP produit après 105 jours de compostage du mélange SLP-écorces de bois sont présentés et brièvement discutés. Les résultats de la caractérisation physico-chimique et biologique du compost de SLP produit avec le deuxième agent structurant à l'essai (mousse de sphaigne) ne sont pas présentés dans ce rapport sommaire.

5.1 TEMPÉRATURE

Quelques jours après leur réception au site de compostage, la température à l'intérieur de l'amas de SLP seuls (sans agents structurant) a graduellement augmentée à des températures de 39 à 48 °C (Graphique 1) pour une période de 14 jours. L'amas de SLP seuls dégageait toutefois des odeurs très nauséabondes, particulièrement lors des retournements. Ces odeurs se sont estompées très rapidement après la formation de nouveaux amas de SLP en mélange avec les agents structurants. L'amas de SLP en mélange avec les écorces de bois a maintenu une température de 40 à 51°C pendant une période de 87 jours, démontrant ainsi une activité biologique jugée suffisamment intense pour amorcer les processus de décomposition aérobie, de stabilisation et d'hygiénisation des matières organiques.

5.2 SICCITÉ, MATIÈRE ORGANIQUE ET pH

Le tableau 5.1 présente la caractérisation du compost produit à partir des SLP en mélange avec les écorces de bois après 105 jours de compostage.

La siccité résultante du compost produit est de 34 %, soit une siccité identique à la siccité des SLP à leur arrivée au site de compostage et avant l'ajout de l'agent structurant. Cette situation s'explique du fait qu'il y a perte d'eau lors du compostage pendant la période où les températures sont élevées (phase thermophile) mais que, comme le compostage a été effectué à l'extérieur et exposé aux intempéries, la siccité s'est abaissée suite aux périodes pluvieuses. Il y a donc eu peu ou pas de changement entre la siccité mesurée au départ sur les SLP seuls et la siccité mesurée à la fin de la période de compostage. La siccité maximale atteinte au cours de l'essai de compostage a été de 39 % (jour 42).

La teneur en matière organique des SLP seuls et avant leur compostage était au départ de 72 %. Celle du compost produit est un peu plus faible avec 62 %. Compte tenu de l'ajout d'écorces de bois pour améliorer la structure de l'amas de SLP en compostage (dont le taux de matière organique est élevé), la perte mesurée pendant le processus de compostage de 10 % de la matière organique est relativement importante. Une perte importante de volume et de masse a également été observée dans les amas mais n'a pu être quantifiée de façon précise.

Tableau 5.1 Caractérisation du compost produit à base du mélange SLP-Écorces de bois

PARAMÈTRES	UNITÉ	SLP	COMPOSTS SLP + ÉCORCES ⁽¹⁾
Siccité	%	34	34
PH	--	7,7	7,7
Matière organique	% m.s.	71,5	62
Rapport C/N	--	8,5	9,6
Azote total (N)	mg/kg m.s.	42 000	32 000
Phosphore total (P)	mg/kg m.s.	35 000	40 000
Potassium total (K)	mg/kg m.s.	5 350	5 600
Cuivre total (Cu)	mg/kg m.s.	455	400
Zinc total (Zn)	mg/kg m.s.	1 200	1 200
E. Coli.	NPP/g m.s.	5 179 – 10 190	445
Taux d'assimilation de l'O ₂	Mg O ₂ /kg m.o./h	2 219	908

(1) Caractéristiques du compost produit après 105 jours de compostage.

En ce qui concerne le pH des SLP frais et le pH du compost produit avec l'utilisation d'écorces de bois comme agent structurant, il n'y a pas de différence et celui-ci est demeuré à 7,7. On a cependant mesuré des pH de 6,7 à 7,3 dans la phase initiale du compostage.

5.3 ÉLÉMENTS FERTILISANTS

La teneur en azote total (N) est passée de 4.2 % dans les SLP frais à 3.2 % dans le compost produit par le mélange SLP-écorces de bois, soit une diminution de 1 %. Par contre, la teneur en phosphore total (P) s'est légèrement accrue au cours du processus passant de 3,5 % dans les SLP frais à 4,0 % dans le compost produit après 105 jours de compostage. Il est suggéré que, pendant le compostage, l'azote est perdue par volatilisation ou lessivage tandis que le phosphore a plutôt tendance à se concentrer du fait de la perte de matière organique (dégagement de CO₂). Un bilan de masse n'a toutefois pas été réalisé dans le cadre de ces essais.

La teneur en potassium du compost produit a également légèrement augmentée par rapport au niveau retrouvé dans les SLP frais.

5.4 TENEURS EN CUIVRE ET ZINC

Les teneurs en cuivre et en zinc des SLP frais sont similaires à celles du compost de SLP produit avec l'ajout d'écorces de bois (tableau 5.1). Ces teneurs sont assez élevées si on les compare aux critères de qualité du MENV pour les matières résiduelles fertilisantes (tableau 5.2). Le compost produit serait un compost de catégorie C2 si on appliquerait les critères du MDDEP pour la valorisation de MRF³ puisque la teneur en zinc du compost excède la teneur maximale applicable à une MRF de catégorie C1 pour cet élément qui est de 700 mg-Zn/kg. En ce qui concerne la teneur en cuivre du compost produit, la valeur obtenue (400 mg-Cu/kg) est à la limite de la teneur de maximale de 400 mg-Cu/kg applicable à une MRF de catégorie C1.

Une matière résiduelle fertilisante de catégorie C2 est soumise à des contraintes d'épandage, notamment à l'épandage d'une quantité maximale de 22 t b.s./ha/5 ans sur les sols agricoles. Toutefois, l'utilisation des SLP ne seraient pas soumis à ces restrictions si le volume de fumier transformé sur la ferme demeure inférieur à 500 m³ (Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes – MENV 2004).

En ce qui concerne la qualité du compost produit en comparaison avec les critères pour le cuivre et le zinc de la norme en vigueur sur les composts du Bureau de normalisation du Québec (Can/BNQ 0413-200/2005), celle-ci ne permet pas d'obtenir une certification du compost produit comme un compost de qualité A ou AA. En effet, un compost de qualité A ou AA doit avoir une teneur en cuivre et en zinc inférieure, respectivement, 700 mg/kg. Hors, la teneur en cuivre et en zinc du compost produit est, respectivement, de 400 et 1 200 mg/kg. Le compost produit rencontre toutefois les critères de la norme BNQ pour un compost de qualité B, en ce qui a trait aux teneurs en cuivre et en zinc.

En ce qui concerne la Loi fédérale sur les engrais, il n'y a pas de critère sur le cuivre et la seule teneur maximale indiquée pour le zinc est de 1 850 mg/kg (tableau 5.1).

³ MRF : Matière résiduelle fertilisante.

Tableau 5.2 Critères de qualité pour le cuivre et le zinc

GUIDE, NORME OU LOI	TENEUR MAXIMALE EN CUIVRE (mg/kg m.s.)	TENEUR MAXIMALE EN ZINC (mg/kg m.s.)
Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes (MRF) (MENV, 2004): <ul style="list-style-type: none"> - Catégorie C1 - Catégorie C2 - Terreaux horticoles 	400 1 000 100	700 1 850 200
Norme du Bureau de normalisation du Québec sur les composts (Can/BNQ 0413-200/2005): <ul style="list-style-type: none"> - Classes A et AA - Classe B 	400 aucun critère	700 1 850
Loi fédérale sur les engrais (ACIA, 1997)	Aucun critère	1 850

5.5 HYGINÉISATION ET MATURITÉ

Afin d'obtenir un produit de qualité en fonction d'un usage agricole, horticole ou pour une utilisation dans la fabrication de produits à valeur ajoutée, telle que la fabrication d'engrais granulaire organique (EO) ou d'engrais organo-minéraux (EOM), il est important de s'assurer de l'innocuité et de la maturité du compost produit à partir des SLP.

Le dénombrement des coliformes fécaux (E. Coli.) est un excellent indice qui permet de juger du niveau d'hygiénisation du compost tandis que le taux d'assimilation de l'oxygène (O_2) est un paramètre fréquemment utilisé pour évaluer le niveau de maturité d'un compost.

Le tableau 5.1 présente le résultat moyen du dénombrement de E. Coli à la fin de l'essai de compostage du mélange SLP-écorces de bois. Le résultat du dénombrement de E. Coli obtenu est de 445 NPP/g. On constate donc que, pour ce critère, les exigences les plus sévères du guide de valorisation des MRF (MENV, 2004) et de la norme BNQ sur les composts (Can/BNQ 0413-200/2005) sont rencontrées, soit moins de 1 000 NPP/g (tableau 5,3).

Le tableau 5.2 présente les critères de références à rencontrer applicables aux MRF et aux composts à base de MRF (Selon le Guide sur les MRF et selon la norme BNQ sur les composts, respectivement).

En ce qui concerne l'évolution de la maturité, pour qu'un compost soit considéré de très bonne qualité, le taux d'assimilation de l' O_2 exigé doit être inférieur à 400 mg (normes sur les composts du BNQ de classe A).

Le taux d'assimilation de l' O_2 mesuré à la fin de l'essai de compostage dans le compost produit à base de SLP-écorces de bois est de 536 mg O_2 /kg m.o./h b.s., ce qui démontre que le mélange ne peut, selon les critères ci-haut mentionnés, être considéré comme complètement stable puisque la valeur mesurée demeure supérieure au critère de la norme BNQ pour un compost de classe A et au critère du Guide sur le MRF pour une MRF de catégorie P1⁴. La valeur mesurée dans le compost produit rencontre toutefois le critère de 1 500 mg O_2 /kg m.o./h fixé pour un « compost de ferme » à base de MRF spécifié par le Guide sur les MRF (MENV, 2004).

⁴ Attention, d'autres critères s'appliquent pour rencontrer la norme de la Classe A des composts ou de la catégorie P1 sur le MRF, tel que le dénombrement des salmonelles, qui n'ont pas été suivis dans le cadre de ces essais.

Tableau 5.3 Critères d'hygiénisation⁵ et de maturité

GUIDE, NORME OU LOI	DÉNOMBREMENT EN E. COLI (NPP/g m.s.)	TAUX D'ASSIMILATION DE L'OXYGÈNE (mg O ₂ /kg m.o./h)
Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes (MRF): (MENV, 2004): <ul style="list-style-type: none"> - Catégorie P1 - Catégorie P2 - Terreaux horticoles - "Compost de ferme" 	<ul style="list-style-type: none"> < 1 000 < 2 X 10⁶ < 1 000 n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> n.d. < 1 500 < 400 < 1 500
Norme du Bureau de normalisation du Québec sur les composts (Can/BNQ 0413-200/2005): <ul style="list-style-type: none"> - Classes A - Classe B 	<ul style="list-style-type: none"> < 1 000 < 1 000 	<ul style="list-style-type: none"> < 400 < 400
Loi fédérale sur les engrais (ACIA, 1997)	n.d.	n.d.

⁵ D'autres critères peuvent également s'appliquer pour déterminer le niveau d'hygiénisation des composts, notamment la teneur en salmonelles qui doit être inférieure à 3 NNP/4g m.s. Ce paramètre n'a toutefois pas été suivi dans le cadre du présent essai.

6. CONCLUSION

- ◆ Les SLP générés par le séparateur centrifuge mobile de Clamex Environnement Inc., ont une siccité initiale élevée et une texture légère à leur arrivée au site de compostage de GSI.
- ◆ Toutefois, le compostage (ou stabilisation biologique) des SLP frais, sur une plate-forme extérieure, sans aération active et sans ajout d'agent structurant, effectuée pendant une période initiale de près de quatre semaines (26 jours) a rapidement résulté en des problèmes d'odeurs très nauséabondes, particulièrement lors des retournements mécaniques effectués.
- ◆ Le compostage à l'extérieur des SLP, avec retournement mécanique régulier des amas et ajout d'agent structurant, tel que les écorces de bois, a permis de contrôler complètement les problèmes d'odeurs et de favoriser la phase thermophile du compostage. Les températures se sont maintenues entre 40 et 51 °C pendant une période de 87 jours.
- ◆ L'apparence du mélange SLP-écorces de bois (couleur, odeur, texture) était excellente après seulement six semaines de compostage.
- ◆ À la fin de la période d'essais de compostage de 105 jours du mélange SLP-écorces de bois, la teneur en phosphore et en potassium dans le compost a augmenté significativement alors que la teneur en azote et le taux de matière organique ont diminué.
- ◆ Les teneurs finales en cuivre et en zinc du compost produit avec le mélange SLP-écorces de bois ne sont pas très différentes de celles mesurées dans les SLP frais.
- ◆ Toutefois, compte tenu des teneurs relativement élevées en Cu et en Zn des SLP frais, la qualité du compost produit avec le mélange SLP-écorces de bois (tel que réalisé dans le cadre des essais décrit ci-haut) ne permet pas de rencontrer les exigences de la norme BNQ pour un compost de classe « A » ou « AA » . Les exigences de la norme BNQ pour un compost de classe « B » sont toutefois rencontrées.
- ◆ Le compostage des SLP a permis de réduire significativement la présence des organismes pathogènes indicateurs (E. Coli.) à un niveau sécuritaire pour une utilisation dite « de ferme ». Après 105 jours de compostage, la présence de E. Coli a été réduite à un niveau inférieur au critère de la norme BNQ pour les composts d'utilisation générale et sans restrictions (Classe « A »).
- ◆ Il aura fallu entre 60 et 105 jours de compostage des SLP pour obtenir un niveau de maturité qui rencontre le critère proposé par le MENV pour les composts dit « de ferme » tel qu'estimé par la mesure du taux d'assimilation de l'oxygène.

7. RÉFÉRENCES

MENV. 2004. *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes (MRF)*. Ministère de l'Environnement du Québec (MENV). Février 2004.

BNQ. 2005. *Norme Nationale du Canada : amendements organiques – composts*. Can/BNQ 0413-200, 97-01-27 révisée le 8 mars 2005. Bureau de normalisation du Québec.

ANNEXE 1

Graphique 1 : Suivi des températures lors du compostage des SLP