

TD
899
F47
R61
EX. A

3600403D

AMELIORATION ET DEMONSTRATION
DU PROCEDE DE COMPOSTAGE
DU LISIER DE PORCS

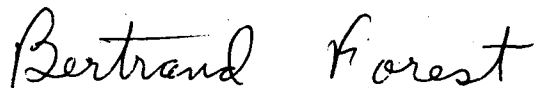


DATE: MARS 1984

ROCHE ENVIRONNEMENT
associés ltée
Groupe-conseil

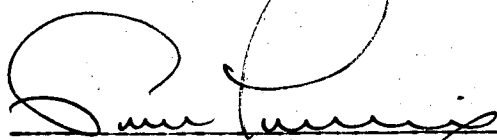
EQUIPE DE TRAVAIL

Thérèse Cardinal	secrétaire
Geoffroy Côté	économiste
Joëlle Croteau	secrétaire
Richard Cyr	technicien
Michel Fortin	technicien
Michel Lachance	économiste
Norbert Lafond	graphiste
Denise Montigny	secrétaire
Rénald Pelletier	technicien
Marielle Pesant	graphiste
Marc Rood	technicien
Henriot Sabourin	ingénieur rural
Diane Samson	opératrice en traitement de texte
Pierre Simard	biologiste
Michel St-Denis	ingénieur rural
Lise Tremblay	technicienne
Luc Tremblay	ingénieur
Micheline Vallerand	opératrice en traitement de texte
Clément Villeneuve	ingénieur rural



Bertrand Forest, agr., Ph. D.

Chargé de projet



Pierre Lacroix, ing., Ph. D.

Directeur de projet

RESUME

Le présent travail de recherche et de démonstration avait pour but de développer et de mettre au point un procédé efficace de compostage du lisier de porcs, de démontrer son fonctionnement et de préciser les modalités d'utilisation de la méthode de compostage en tas individuels ou en andains.

Il visait à répondre aux problèmes des éleveurs de porcs qui n'ont pas de terres agricoles propices à l'épandage du lisier de leur élevage porcin, ou de capacités d'entreposage suffisantes.

Les essais avec différentes matières organiques agricoles et forestières, susceptibles de servir de matériaux carbonés de support, devaient conduire au choix de celles qui favoriseraient la production d'un compost répondant aux caractéristiques d'un bon substrat horticole. Les résultats de ces travaux devaient permettre la préparation d'un guide sur l'application du procédé de compostage comme moyen sanitaire d'élimination du lisier de porcs.

Dans le présent rapport, on considère les différentes techniques de compostage, les quantités de déchets agricoles et forestiers, et de tourbe disponibles au Québec, leurs caractéristiques physico-chimiques, la gestion actuelle de ces matières organiques, leur valeur monétaire et les perspectives de leur utilisation.

On consacre un chapitre à la description des techniques utilisées dans nos travaux, et aux résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des échantillons prélevés au cours de la période de compostage. A partir des résultats obtenus durant nos travaux, on étudie dans un dernier chapitre les perspectives d'utilisation du compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois, par un éleveur moyen dans une région type, ainsi que le marché potentiel du compost obtenu.

Enfin nous terminons ce rapport par une synthèse et des recommandations jugées appropriées au terme de ces travaux sur le compostage du lisier de porcs avec des matières carbonées de support acceptables.

Le procédé de compostage du lisier de porcs est économique et apparaît plus convenable, pour un éleveur de porcs, que tout autre traitement sophistiqué visant à produire de l'énergie ou à purifier le lisier. Il contribue à la fois au recyclage du lisier de porcs et de matières organiques agricoles et forestières considérées comme déchets.

On peut facilement fabriquer du compost avec du lisier de porcs et de la sciure de bois dans une ferme d'élevage de porcs en utilisant les instruments aratoires et la main-d'oeuvre disponibles. Il existe un marché pour un tel substrat horticole ou amendement des sols. Le marché se développera dans la mesure où on offrira un produit de qualité à un prix compétitif.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
EQUIPE DE TRAVAIL	i
RESUME	ii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	x
 1.0 INTRODUCTION	 1
1.1 Problématique et cadre de l'étude	1
1.2 But et objectifs de l'étude	7
 2.0 CONSIDERATIONS TECHNIQUES SUR LE COMPOSTAGE	 10
2.1 Processus de compostage	10
2.2 Méthodes de compostage	11
2.2.1 Compostage en tas ou rangées avec retournements	12
2.2.2 Compostage en tas statiques	13
2.2.3 Compostage par réacteur	14
2.2.4 Analyse comparée des systèmes	14
2.3 Facteurs déterminants dans le compostage	15
2.3.1 Teneur en eau	17
2.3.2 Rapport carbone/azote	18
2.3.3 Grosseur et texture des particules	19
2.3.4 Aération du compost	20
2.3.5 Température du compostage	20
2.3.6 Mélange et brassage du compost	21
2.3.7 Eléments minéraux	21
2.3.8 Dimension de la masse de compost	22
2.3.9 Acidité	22
2.3.10 Flore microbienne	22
2.4 Caractéristiques d'un compost de qualité	24

	<u>PAGE</u>
3.0 QUANTITES DE DECHETS DISPONIBLES AU QUEBEC	27
3.1 Production annuelle de lisier de porcs	27
3.2 Déchets cellullosiques agricoles	30
3.2.1 Paille	30
3.2.2 Déchets de maïs-grain	38
3.2.3 Autres déchets agricoles	39
3.3 Déchets cellullosiques forestiers	40
3.3.1 Ecorce	42
3.3.2 Sciures et copeaux de rabotage	42
3.4 Tourbe de sphaignes	44
4.0 GESTION ACTUELLE DES DECHETS AGRICOLES ET FO- RESTIERS ET DE LA TOURBE	46
4.1 Gestion du lisier de porcs	46
4.1.1 Coûts relatifs à la disposition du lisier	46
4.1.2 Valeur monétaire du lisier	47
4.1.3 Perspectives d'utilisation du lisier	51
4.2 Gestion des déchets cellullosiques agricoles	52
4.2.1 Coûts relatifs à la disposition des déchets	52
4.2.2 Valeur monétaire des déchets	52
4.2.3 Perspectives d'utilisation	52
4.3 Gestion des déchets cellullosiques fores- tiers	53
4.3.1 Coûts relatifs à la disposition de ces déchets	53
4.3.2 Valeur monétaire des déchets	53
4.3.3 Perspectives d'utilisation	55
4.4 Gestion et valeur de la tourbe horticole	56

	<u>PAGE</u>
5.0 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE DECHETS AGRICOLES ET FORESTIERS, ET DE LA TOURBE	57
5.1 Lisier de porcs	57
5.1.1 Propriétés physico-chimiques	57
5.2 Déchets cellulósiques agricoles	58
5.2.1 Paille	58
5.2.2 Déchets de maïs-grain	61
5.3 Déchets cellulósiques forestiers	64
5.3.1 Sciure de bois	64
5.3.2 Ecorce de bois	66
5.4 Tourbe de sphaignes	72
6.0 TECHNIQUES EXPERIMENTALES DE COMPOSTAGE DE LISIER DE PORCS	75
6.1 Plan de l'infrastructure expérimentale	76
6.2 Choix et caractéristiques des matières utilisées	77
6.2.1 Lisier de porcs	79
6.2.2 Paille	82
6.2.3 Ensilage de maïs	85
6.2.4 Sciure de bois franc	85
6.2.5 Ecorce de bois franc	86
6.2.6 Tourbe de sphaignes décomposée	87
6.3 Fabrication et description des tas de compost	88
6.3.1 Fabrication des tas de compost	88
6.3.2 Description des tas de compost	92
6.3.3 Main-d'oeuvre nécessaire aux opérations de compostage	97

	<u>PAGE</u>
6.4 Evolution du compostage	98
6.4.1 Température	99
6.4.2 Acidité	107
6.4.3 Teneur en eau	111
6.4.4 Rapport carbone/azote	114
6.4.5 Eléments minéraux	119
6.4.6 Aération des tas de compost	122
6.4.7 Essais pilotes de culture en serre	124
6.4.8 Flore microbienne	128
7.0 PERSPECTIVES D'UTILISATION DU COMPOSTAGE	142
7.1 Modalités d'utilisation du procédé	143
7.1.1 Infrastructure de compostage	143
7.1.2 Equipement et main-d'oeuvre nécessaires	145
7.1.3 Choix et proportion des matériaux de support	147
7.1.4 Masse critique des tas et andains	150
7.2 Surveillance de l'évolution du compostage	151
7.2.1 Aération des tas de compost	152
7.2.2 Fréquence d'apport de lisier	152
7.2.3 Evaluation de la maturité du compost	153
7.2.4 Rendement potentiel en compost stabilisé	154
7.2.5 Période de compostage et de maturation	155
7.3 Possibilité de compostage dans une région type	157
7.3.1 Description de la région	157
7.3.2 Sols, cultures et élevages	159
7.3.3 Epandage du fumier sur les terres agricoles	162
7.3.4 Elevages de porcs dans la région et lisier produit	164

	<u>PAGE</u>
7.3.5 Analyse économique de la disposition du lisier de porcs par l'épandage	167
7.3.6 Analyse économique du compostage du lisier	173
7.3.7 Avantages du compostage du lisier	178
7.3.8 Entreprises de compostage dans la région	179
7.4 Marché potentiel de compost	181
7.4.1 Marché à potentiel élevé	183
7.4.2 Marché à potentiel moyen	187
7.4.3 Marché à potentiel total	191
7.4.4 Conditions de mise en marché	192
7.4.5 Valeur monétaire du compost à base de lisier de porcs	195
7.4.6 Part de marché des fertilisants naturels	198
8.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	199
BIBLIOGRAPHIE	205
ANNEXE I : Méthodologie analytique - Analyses physico-chimiques	
ANNEXE II : Méthodologie analytique Analyses bactériologiques	
ANNEXE III : Tableaux des températures des tas de compost Tableaux des teneurs en matière organique et en azote total	
ANNEXE IV : Dossier photographique	

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
FIGURE 1: Les régions agricoles du Québec	31
FIGURE 2: Unités de gestion de forêt publique - Le Québec	41
FIGURE 3: Plan-clé de l'infrastructure expérimentale	78
FIGURE 4: Evolution de la température dans les tas de compost	103
FIGURE 5: Evolution de la température dans les tas de compost	104
FIGURE 6: Evolution du rapport carbone/azote dans les tas à base de sciure de bois franc	116
FIGURE 7: Evolution du rapport carbone/azote dans les tas à base de différents matériaux	117
FIGURE 8: Courbes des numérations bactériennes	134
FIGURE 9: Modèle de vis sans fin pour mélanger le lisier de porcs et la sciure de bois	146

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
TABLEAU 1 : Analyse comparée des procédés de compostage	16
TABLEAU 2 : Production de fumier et éléments fertilisants selon l'espèce animale	28
TABLEAU 3 : Nombre de porcs élevés par région agricole et évaluation de la production annuelle de lisier frais	29
TABLEAU 4 : Répartition des superficies et des rendements des cultures de céréales et de maïs-grain par région agricole pour le Québec (1980)	34
TABLEAU 5 : Quantités de résidus de paille produites annuellement dans chacune des régions agricoles du Québec (1980, '000 T.M.)	35
TABLEAU 6 : Besoin en litière pour les animaux pour chacune des régions agricoles du Québec en 1980 ('000 T.M.)	36
TABLEAU 7 : Quantités de paille disponibles pour du compostage avec du lisier de porcs ('000 T.M.)	37
TABLEAU 8 : Production, consommation et disponibilité d'écorce pour les années 1980 et 1985 pour chacune des neuf régions forestières du Québec (tonnes métriques anhydres)	43
TABLEAU 9 : Production, consommation et disponibilité de sciures et de copeaux de rabotage pour les années 1980 et 85 pour chacune des 9 régions forestières du Québec (tonnes métriques anhydres)	45

PAGE

TABLERAU 10 :	Coût annuel de manutention et d'entreposage du lisier suivant différents systèmes et différents niveaux de production pour les porcs d'engrais et les truies d'élevage, Québec, 1982	48
TABLERAU 11 :	Coût du transport du lisier de porcs par véhicule-citerne	49
TABLERAU 12 :	Valeur fertilisante et monétaire de différents fumiers au moment de l'épandage	50
TABLERAU 13 :	Coûts de transport des déchets forestiers en fonction de la distance et de leur degré d'humidité	54
TABLERAU 14 :	Caractéristiques physico-chimiques et biologiques du lisier de porcs	59
TABLERAU 15 :	Valeur moyenne des principaux constituants du lisier de porcs	60
TABLERAU 16 :	Composition chimique de l'ensilage et des rafles de maïs	62
TABLERAU 17 :	Composantes chimiques des principales essences de bois au Canada	65
TABLERAU 18 :	Influence de la durée d'entreposage sur la composition chimique de la sciure du sapin	66
TABLERAU 19 :	Composition chimique de l'écorce des principales essences forestières canadiennes	68
TABLERAU 20 :	Influence de l'âge de l'arbre et des dimensions des particules sur la composition chimique de l'écorce de sapin	69
TABLERAU 21 :	Composition chimique d'écorce de feuillus, de résineux et de tourbe acide	70

	<u>PAGE</u>
TABLERAU 22 : Propriétés physico-chimiques de tourbes de différentes sources	73
TABLERAU 23 : Caractéristiques physico-chimiques et biologiques du lisier de porcs	80
TABLERAU 24 : Caractéristiques physico-chimiques du lixiviat recueilli dans les fossés	81
TABLERAU 25 : Composition chimique des matériaux organiques utilisés comme support	84
TABLERAU 26 : Matériaux carbonés de support et traitements lors de la fabrication des tas	93
TABLERAU 27 : Traitements lors de la fabrication et des retournements mensuels suivants	94
TABLERAU 28 : Variations des températures des tas de compost du 24 juin 1983 au 27 février 1984 (°C)	102
TABLERAU 29 : Evolution du pH des matériaux au cours du compostage	109
TABLERAU 30 : Variation de la teneur en eau des matériaux au cours du compostage en pourcentage et quantités de lisier ajoutées	112
TABLERAU 31 : Evolution du rapport carbone/azote durant le compostage	115
TABLERAU 32 : Teneur initiale et finale des différents mélanges en éléments minéraux totaux (mg/kg)	121
TABLERAU 33 : Vigueur des plants de tomates produits dans différents composts	125
TABLERAU 34 : Microorganismes pathogènes présents	130

	<u>PAGE</u>
TABLERAU 35 : Présence dans le compost d'entérobactéries	132
TABLERAU 36 : Numérations bactériennes	135
TABLERAU 37 : Microorganismes pathogènes présents dans les tas	137
TABLERAU 38 : Répartition des superficies consacrées aux productions végétales dans la région de la Beauce	160
TABLERAU 39 : Bétail et volailles dans la région de la Beauce	161
TABLERAU 40 : Répartition du nombre de porcs dans la région de la Beauce	163
TABLERAU 41 : Lisier produit et superficie nécessaire à son épandage pour chaque catégorie d'éleveurs	165
TABLERAU 42 : Données économiques de manutention du lisier de porcs	168
TABLERAU 43 : Coût du transport de lisier par camion-citerne	169
TABLERAU 44 : Coût du matériel et des travaux de compostage	174
TABLERAU 45 : Coût du compostage	177
TABLERAU 46 : Caractéristiques de dix-neuf composts groupés en six types différents vendus au Québec	194

1.0 INTRODUCTION

1.1 PROBLEMATIQUE ET CADRE DE L'ETUDE

L'augmentation de la taille des élevages de porcs et leur concentration régionale au Québec posent des problèmes de stockage, de manutention et de disposition du lisier. Ces élevages peuvent aussi constituer une source de problèmes graves pour l'environnement, si on n'utilise pas des méthodes de gestion adéquates de ce lisier. Il est donc important de trouver des moyens appropriés et efficaces, que les éleveurs peuvent adopter facilement dans leur exploitation afin de disposer du lisier, et qui permettraient de conserver sa valeur fertilisante et de diminuer les risques de pollution de l'environnement.

L'épandage direct sur les terres agricoles est la méthode de disposition courante du lisier de porcs. Les éleveurs sont cependant confrontés à des quantités importantes de lisier à disposer et à la réduction de la disponibilité des terres agricoles propices à l'épandage dans les régions spécialisées en élevage porcin. A cela s'ajoute une réglementation de plus en plus sévère sur l'épandage du lisier de porcs.

L'épandage sur le sol gelé ou dans un terrain humide est absolument à proscrire. Il en résulte une nécessité d'aménager des systèmes d'entreposage de taille suffisante pour stocker le lisier durant des périodes de 200 jours de production en moyenne au Québec, alors que la capacité de rétention du sol n'est pas propice à l'épandage. De plus, l'épandage du lisier sur des sols dont la pente est accentuée peut engendrer des conséquences graves sur le milieu environnant.

Lorsqu'il est agité dans la fosse à purin et récupéré par pompage dans des citernes d'épandage, le lisier de porcs a des effets bénéfiques sur les cultures à des doses raisonnables. Il peut entraîner cependant des conséquences désastreuses pour le sol, les plantes, les animaux et l'environnement à des doses trop élevées. Si l'on veut que l'épandage du lisier de porcs sur le sol soit profitable, il faut que la dose réponde aux exigences des plantes dans les limites raisonnables, sans conséquence défavorable pour le sol, les plantes elles-mêmes, les animaux et l'environnement.

On peut regrouper en trois catégories les contaminants contenus dans le lisier de porcs, à savoir:

1. les éléments minéraux (N, P, K, Ca, Mg et oligo-éléments);
2. les bactéries pathogènes pour l'homme dont:
 - les salmonelles (Salmonella sp.);
 - les staphylocoques de l'anthrax ou charbon, (Bacillus Anthracis);
 - les bacilles de la brucellose (Brucellus);
 - les streptocoques de l'érysipèle (Erysipelothrix);
 - les colibacilles (Colibacillus);
 - les infections dues à Camphylobacter, Yersinia ou Clostridium.

3. la matière organique

Il y a donc lieu de rechercher une méthode de gestion rationnelle du lisier de porcs et une utilisation compatible avec les exigences des plantes et du milieu, qui pourraient s'appliquer facilement dans les régions d'élevage plus ou moins intensif de porcs.

Aucune des méthodes savantes proposées à ce jour, à savoir: la méthanisation et l'ultrafiltration, ne peut disposer à la fois du liquide et des solides contenus dans le lisier. Elles exigent des investissements dispendieux et n'ont pas encore prouvé leur rentabilité sous nos conditions. Les résultats des travaux effectués au Québec et ailleurs ne permettent pas de recommander ces procédés comme moyen de disposer du lisier de porcs.

Par ailleurs, le compostage est à la portée de tout éleveur qui possède les instruments aratoires ordinaires ou qui peut se les procurer facilement. Le procédé, qui consiste en une fermentation en présence d'air, d'azote et de matière carbonée, constitue un excellent moyen de recycler le lisier de porcs sans effet néfaste pour l'environnement, et de mettre en valeur des matières organiques agricoles et forestières riches en carbone. Il se prête particulièrement bien à la transformation de tels déchets organiques homogènes.

La fabrication d'un compost à base de lisier de porcs apparaît comme une des solutions possibles au problème de la disposition de ce lisier dans les élevages porcins. Contrai-

rement à la méthanisation ou à l'ultrafiltration, le procédé de compostage peut facilement s'effectuer dans à peu près tous les types d'exploitation agricole.

Les nombreux travaux de recherche sur le compostage ont démontré l'efficacité de ce procédé comme moyen de détruire les germes pathogènes, les parasites et les graines de mauvaises herbes contenus dans les déchets organiques tels que les fumiers, les ordures ménagères et les boues d'égout. Lorsque le compostage est effectué sous des conditions contrôlées, il est en fait pratiquement une garantie que le produit obtenu sera exempt de microorganismes pathogènes. La température élevée (40 - 80°C) contribue à la dégradation de la cellulose et à la destruction des microorganismes responsables de maladies chez l'homme et les animaux. Savage et al. (1973) signalent qu'avec seulement 5% de paille, une bonne aération permet d'atteindre une température de 60°C en 3 jours, provoquant l'élimination des bactéries coliformes et des salmonelles. Dans une étude sur le compostage du fumier solide de porcs, la numération des colibacilles et streptocoques fécaux a révélé que dans ces composts, avec ou sans écorce de bois mou, la mortalité de ces organismes indicatifs était satisfaisante (Vanstaen et al., 1980).

Selon Gotaas (1959), il n'y a pas de doute que les germes pathogènes sont rapidement détruits lorsque les parties d'un tas de compost sont soumises à des températures de 60°C environ puisque ces organismes ne résistent pas à des températures de 55 à 60°C pendant plus de 30 à 60 minutes.

Il y a cependant très peu de renseignements intéressants disponibles actuellement sur le compostage du lisier de porcs en mélange avec diverses matières organiques solides agricoles et forestières.

Singley et al. (1975) au New-Jersey ont utilisé des ordures ménagères avec du lisier de porcs lors de leurs expériences, et ont rencontré les principaux problèmes suivants:

1. la mauvaise qualité de la matière première;
2. les mauvaises odeurs lors du procédé;
3. la présence de bactéries pathogènes.

McNaughton et Cunningham (1980) au Canada ont utilisé un mélange de fumier de bovins et de lisier de porcs avec de la sciure de bois pour faire du compost, mais la méthode utilisée n'a pas été jugée satisfaisante. Les premiers travaux de recherche réalisés au Québec avec seulement du lisier de porcs et de la sciure de bois sont ceux de Belzile (1981). Ce dernier a utilisé à cette fin l'équipement disponible dans une ferme type sous nos conditions, en y ajoutant un mélangeur artisanal de lisier et de sciure de bois.

Les essais d'utilisation du compost produit par la méthode de Belzile (1981) effectués avec différentes espèces de plantes, en serre et en plein champ, ont révélé que certains facteurs méritent une attention particulière lors du compostage, soit l'aération, la proportion sciure de bois/lisier, la qualité des matériaux de support utilisés, le rapport carbone/azote et le degré de maturation du compost (Forest, 1982).

Sur une période de deux ans, Choinière et Gangbazo (1982) ont poursuivi des essais à petite, moyenne et grande échelle sur le compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois mou et de bois franc et des planures de bois mou. Ils recommandent de faire de gros tas de compost afin de prolonger la durée de la fermentation chaude et de réduire ainsi la teneur finale en carbone du compost. Ils recommandent également de favoriser la maturation du compost en le laissant vieillir le plus longtemps possible.

La technique de production actuelle, bien qu'intéressante, n'est pas encore au point. On ignore la proportion idéale de lisier et de sciure de bois. La fréquence nécessaire des retournements demeure imprécise. On ne connaît pas l'évolution physico-chimique et bactériologique de la masse, de sorte qu'aucune amélioration du procédé ne peut être apportée pour modifier les caractéristiques physico-chimiques du produit final et la vitesse de fermentation. On ne possède pas de renseignements sur la qualité chimique du lixiviat résultant de la percolation du lisier dans la sciure de bois. On ne peut donc pas se prononcer sur la possibilité de recirculer le liquide ou sur son élimination. A première vue, la recirculation du lixiviat semblerait avantageuse.

Dans un autre ordre d'idée, le matériel de support utilisé, la sciure de bois, bien que parfois localement abondante, pourrait ne pas l'être à l'avenir. D'autres déchets agricoles ou forestiers, tels que le foin de qualité inférieure, la paille, les tiges de maïs, l'écorce de bois et la tourbe, pourraient peut-être servir avantageusement de matériel car-

boné de support. Il faut aussi tenir compte des quantités de ces résidus disponibles et potentiellement utilisables au Québec pour une production de compost. Voilà autant d'interrogations auxquelles il faut répondre afin de produire un compost stabilisé idéal comme substrat horticole ou comme amendement des sols.

1.2 BUT ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le travail de recherche avait pour but de développer et de mettre au point un procédé efficace de compostage du lisier de porcs, de démontrer son fonctionnement et de préciser les modalités d'utilisation de la méthode de compostage en tas individuels. Il visait à répondre aux problèmes des éleveurs de porcs aux prises avec des coûts élevés d'élimination du lisier de porcs ou avec une disponibilité insuffisante de terres agricoles propices à son épandage.

Le projet avait pour objectifs généraux de déterminer les matières organiques agricoles et forestières susceptibles de servir de matériaux carbonés de support, leur proportion dans le mélange, le mode de contrôle de l'évolution du compostage, l'infrastructure et l'équipement nécessaires ainsi que la qualité du compost produit. Les résultats de ce travail devaient permettre la préparation d'un guide sur les conditions d'application du procédé de compostage comme méthode sanitaire d'élimination du lisier de porcs, faisant ressortir les avantages et les inconvénients reliés à son utilisation. Le guide devait fournir les critères associés au design et à l'opération du système de compostage à privilégier en fonc-

tion des quantités de lisier à éliminer et au choix de l'équipement de ferme qui pourrait servir dans les opérations de compostage.

Suivant la main-d'oeuvre, les matériaux et l'équipement normalement disponibles ou facilement accessibles dans une ferme, on a accordé une attention particulière à la situation des petits éleveurs de porcs et à l'aspect économique d'une production de compost pour de telles exploitations. Compte tenu des études antérieures et en cours sur l'utilisation d'un tel compost, ce sujet n'est pas traité dans le cadre du présent projet. On a procédé également à des essais et vérifications de la sécurité du compost obtenu pour la croissance de jeunes plants.

Finalement, le projet devait établir la perspective d'utilisation du procédé de compostage pour les divers types d'éleveurs de porcs et voir l'intérêt que le procédé pouvait présenter pour une région type de la province de Québec.

Le travail avait donc pour objectifs spécifiques:

1. Améliorer la technique de compostage du lisier de porcs en tas statiques;
2. Connaître l'évolution physico-chimique et bactériologique d'un compost avec addition de lisier ou de refus (lixiviât);
3. Déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de ruissellement du site de fermentation;

4. Comparer différentes matières organiques carbonées de support;
5. Analyser l'aspect économique d'une production de compost par un petit éleveur;
6. Démontrer l'application du procédé de compostage;
7. Produire un guide démontrant l'applicabilité et les avantages du procédé de compostage dans des exploitations types.

2.0 CONSIDERATIONS TECHNIQUES SUR LE COMPOSTAGE

Les nombreux travaux sur le compostage, comme moyen de disposer de différents types de déchets organiques agricoles et forestiers, ont démontré que c'était un excellent moyen de mise en valeur et de recyclage des matières organiques contenant de la cellulose. Il permet de les transformer en amendements organiques des sols et en substrats pour les cultures en serre et en pépinière, si on établit et maintient les conditions nécessaires dans le tas de compost.

Parmi les déchets organiques agricoles et forestiers qui peuvent servir à fabriquer du compost, il y a le foin, la paille, les rafles de maïs, les fumiers, la sciure et les écorces de bois et la tourbe. Le compost ou substrat obtenu par le compostage d'un mélange de ces diverses matières organiques doit permettre une végétation normale et ne pas soulever de problèmes techniques.

2.1 PROCESSUS DE COMPOSTAGE

Le compostage est une méthode de traitement des déchets solides sous des conditions contrôlées qui entraînent la décomposition biologique de leur fraction organique (Golueke, 1977). Le procédé de transformation utilisé, quels que soient les déchets organiques à traiter, doit activer la fermentation aérobie pour empêcher le dégagement de mauvaises odeurs, favoriser la décomposition de la matière organique et la formation d'un compost stabilisé, inodore et sans germe pathogène. La qualité du compost obtenu doit justifier son utilisation en agriculture et ailleurs pour l'amendement et la fertilisation des sols, ou comme substrat horticole.

Le compostage proprement dit s'effectue durant le stage de la fermentation. Les bactéries et les champignons, en milieu aérobie ou anaérobie, digèrent les déchets organiques, les stabilisent et produisent suffisamment de chaleur pour détruire les germes ou microbes pathogènes.

Durant le compostage, il y a dégagement de CO_2 et de chaleur et augmentation de la teneur en azote. La perte de carbone peut s'élever à 40 ou 60% selon la nature de la matière organique. Il se produit alors un changement correspondant dans la nature physico-chimique de la matière organique brute utilisée. La teneur en matière sèche des déchets solides de porcs augmente et leur volume diminue, rapporte Vanstaen et al. (1980), selon une expérience sur le compostage de ces déchets.

2.2 METHODES DE COMPOSTAGE

Il existe de nombreuses méthodes de compostage qui permettent de transformer des matières organiques en un produit stabilisé d'excellent qualité pour fins agricoles. Elles vont du simple entassement manuel ou mécanique des matériaux jusqu'au traitement en vase clos dans des installations hautement mécanisées, qui permettent de séparer et de conditionner les éléments utiles et de recycler ainsi la plus forte partie des matières organiques. Chacune de ces méthodes comporte des techniques particulières qui exigent une connaissance approfondie du processus de compostage et du procédé utilisé.

Dans une revue des opérations de compostage aux Etats-Unis (EPA 1971), on énumère plus de trente systèmes différents de compostage, et on mentionne seize différents procédés de compostage en usage. Plusieurs de ces procédés ne sont pas applicables au compostage du lisier de porcs conjointement avec diverses matières organiques de support.

La majorité des procédés biologiques utilisés pour traiter les déchets organiques solides et les résidus de l'industrie de la transformation des aliments sont aérobies.

Trois systèmes ont cette caractéristique, soit: celui des rangées ou tas avec retournements périodiques, celui des tas statiques avec aération forcée et enfin le système en vase clos.

Afin de faire un choix judicieux du système de compostage, on a étudié chacun de ces trois systèmes pour préciser leurs avantages et leurs désavantages et pour choisir celui qui est le mieux adapté aux conditions d'un élevage de porcs au Québec.

2.2.1 Compostage en tas ou rangées avec retournements

La technique de la décomposition à ciel ouvert (windrow composting) est très utilisée en Europe et aux Etats-Unis. Les développements récents apportés à ce procédé de compostage à l'air libre avec retournement tous les mois ou plus souvent, selon les matériaux, comportent une mécanisation complète du traitement. Les tas peuvent être individuels ou constitués de rangées en forme de prisme ou de pyramide.

Ce système a l'avantage d'être peu exigeant au point de vue des structures, de l'équipement et de la consommation d'énergie extérieure. Il a été utilisé au Québec dans un essai de compostage de lisier de porcs et de sciure de bois (Belzile 1981). Sous un climat rigoureux, il va sans dire qu'il serait difficile et non recommandable de procéder au retournement des tas ou rangées que nécessiterait un compostage durant la période hivernale.

2.2.2 Compostage en tas statiques

Sous nos conditions climatiques rigoureuses, le système des tas statiques ventilés avec ou non un brassage occasionnel est une alternative au système en tas ou rangées retournés périodiquement.

Ce système nécessite un toit ou un abri sur la masse en aération. La construction de cellules avec conduits d'aération et compresseur d'air doit permettre à l'air de pénétrer dans toute la masse en fermentation. Les besoins en main-d'oeuvre sont réduits. Toutefois, le système exige une consommation énergétique élevée et des structures spéciales. La rentabilité d'un tel procédé demeure imprécise puisqu'elle est liée à l'importance des structures, à la taille de l'entreprise et aux besoins de l'éleveur.

2.2.3 Compostage par réacteur

Il existe des systèmes intérieurs de compostage avec brassage mécanique continu ou intermittent qui possèdent plusieurs avantages. Ces unités coûtent chers et leur opération est dispendieuse. Il s'agit d'un procédé de compostage hautement mécanisé qui permet la fermentation sous des conditions contrôlées d'aération et de température. Le processus de fermentation est accéléré grâce au digesteur ou bioréacteur. Il y a plusieurs variations de ce procédé, plus ou moins mécanisées selon le cas, mais utilisant toujours l'air et un faible gradient de température pour accélérer la fermentation.

Ces procédés mécaniques incluent notamment le procédé Dano qui retient les déchets organiques durant trois à cinq jours dans un baril rotatif avec soufflerie et sorties d'air.

Dans un feuillet publicitaire de Ciba-Geigy Canada Ltd (1974), au sujet d'un de ces procédés (Bio-Reactor or Kneer System), on mentionne que l'on peut ajouter à des boues d'égouts concentrées contenant de 20 à 25% de matières solides, du poisson ou toute autre matière organique en plus d'autre matériel de base acceptable comme source de carbone.

2.2.4 Analyse comparée des systèmes

Tous ces procédés, bien qu'opérant avec plus ou moins de rapidité, favorisent le même type de changements chimiques dans la matière traitée. Les méthodes et les périodes de fermentation varient avec les systèmes. Chacun a des avantages particuliers, tant au point de vue économique que technique.

Le tableau 1 retient plusieurs critères de sélection afin de dégager les avantages et les inconvénients des différents procédés. Ces critères tiennent compte de l'efficacité de la digestion, du risque de survie des germes pathogènes, de la qualité du produit, des particularités d'opération et d'entretien de chaque procédé, des coûts d'exploitation et, enfin, de leur distribution en Europe et en Amérique du Nord.

Les bioréacteurs sont mieux adaptés au compostage de déchets municipaux et ne répondent pas aux besoins des éleveurs de porcs. La rentabilité du procédé de compostage en tas statiques ventilés demeure imprécise, à cause de l'importance des structures nécessaires. Quant au procédé de compostage en rangées, il apparaît nettement désavantageux à moins de posséder l'équipement spécial nécessaire pour le retournement de la masse de compost. Le compostage en tas individuels demeure la solution la plus simple et la plus économique pour un éleveur de porcs.

L'usage de tas individuels de dimension raisonnable (80 m^3) avec une aération périodique par un brassage de la masse est à notre point de vue plus rationnel. Dans le contexte du présent travail de recherche, c'est la seule méthode d'ailleurs qui permettait une étude comparative de différents matériaux et des facteurs déterminants dans le compostage.

2.3 FACTEURS DETERMINANTS DANS LE COMPOSTAGE

Les principaux facteurs responsables de la dégradation de la matière organique et qui influencent le processus du compostage sont:

TABLEAU 1: ANALYSE COMPAREE DES PROCEDES DE COMPOSTAGE

CRITERES	EN RANGEES	BIO-TANK	METRO-WASTE	CASPARI-BRIKOLARE	DANO	FAIRFIELD-HARDY	EARP-THOMAS (VARRO)	NATURIZER
Temps de digestion	35 à 45 j	8 jours	4 à 6 jours	---	3 à 4 jours	5 jours	3 jours	5 jours
Température (max.)	65°C	65°C	75°C	Basse	55 - 60°C	70°C	70°C	65°C
Temps de maturation	Plus de 8 mois	Plusieurs semaines	8 semaines	Plusieurs mois	Plusieurs semaines	Plusieurs semaines	Quelques semaines	Plusieurs semaines
Organismes pathogènes	Risque élevé	Risque modéré	Risque faible	Risque modéré à élevé	Risque modéré	Risque faible	Risque faible	Risque faible
Contrôle de qualité et uniformité du compost	Bon	Bon	Très bon	Bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon
Consommation énergétique	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée à élevée	Modérée à élevée	Modérée	Modérée
Contraintes d'opération	Contraintes climatiques	Contraintes climatiques moindres	Opération complexe	Opération complexe	Système continu	Opération complexe	Etages multiples et difficulté d'accès	Grande surface de plancher
Contraintes d'entretien	Risques d'odeur	Equipement extérieur	Entretien coûteux	Efficacité peu démontrée	Equipement lourd	Entretien coûteux	Entretien des systèmes mécaniques	Entretien des systèmes mécaniques
Coûts en capitaux	Faible	Faible	Modéré à élevé	Modéré à élevé	Elevé	Elevé	Elevé	Modéré à élevé
Coûts d'opération	Modéré à élevé	Modéré à élevé	Modéré à élevé	Modéré	Modéré	Modéré à élevé	Modéré	Modéré
Popularité:								
Europe	28	--	--	1	43	1	6	--
Amérique du Nord (nombre d'usines)	7	--	3	--	3	4	3	4

SOURCE: Roche Associés Ltée, 1979

1. la teneur en eau;
2. le rapport carbone-azote;
3. la grosseur des particules du matériel et sa texture;
4. l'aération;
5. la température;
6. l'homogénéité du mélange;
7. les éléments minéraux;
8. la dimension de la masse du compost;
9. l'acidité ou pH;
10. la flore microbienne.

2.3.1 Teneur en eau

L'eau est essentielle aux échanges d'éléments solubles et affecte en ce sens les réactions chimiques. Elle sert aussi à absorber la chaleur produite dans le processus du compostage et à réduire le dessèchement qui cause l'arrêt de l'activité microbienne. Un excès d'humidité peut augmenter la compacité et réduire la porosité du mélange au point que l'air est exclus. Il y a alors décomposition anaérobie avec dégagement de mauvaises odeurs.

La teneur en eau dans un tas de compost joue donc un rôle important dans la vitesse de décomposition des matières organiques solides. Cette décomposition génère une grande quantité de chaleur, et il faut maintenir un degré suffisant d'humidité dans le mélange de matériaux pour éviter le dessèchement et favoriser les activités chimiques et microbiennes.

Une teneur en eau inadéquate peut résulter de la nature ou des mauvaises conditions physiques des matériaux. Certaines matières organiques comme le foin, la paille, la sciure de bois et la tourbe absorbent l'eau difficilement. Lorsque cela dépend de la grosseur des particules, on résout le problème par la mouture du matériel avant son compostage. Le processus de compostage se produit le plus efficacement en général lorsque la teneur en eau du mélange se situe entre 40 et 60 pour cent.

2.3.2 Rapport carbone/azote

Les microorganismes qui décomposent les résidus organiques ont besoin d'azote pour se développer et poursuivre leur activité. Smith et Thornton (1945) ont signalé que la quantité d'azote nécessaire par unité de matière organique varie avec le type d'organisme concerné dans le processus de compostage. Les moisissures par exemple, qui sont très actives dans ce processus, ont besoin d'une partie d'azote pour trente parties de carbone. On admet généralement maintenant que ce rapport détermine la vitesse de décomposition de la matière organique.

Un rapport C/N initial trop élevé affecte le processus de décomposition de la matière organique. A cause de l'insuffisance d'azote, l'activité microbienne est ralentie, la température de la masse s'abaisse et la période de compostage se prolonge. Un rapport inférieur à 30 occasionne par ailleurs des pertes d'azote sous forme de gaz ammoniacaux qui sont en excès par suite de l'ammonification.

On ne peut pas cependant établir un rapport C/N idéal unique pour toutes les matières organiques. Bien qu'un rapport élevé retarde la décomposition, un rapport plus faible ne la favorise pas nécessairement parce que la structure chimique de l'azote détermine sa disponibilité. Ainsi l'humus avec un rapport C/N de 10, et d'autres matières organiques avec un rapport de 15 se décomposent très lentement parce que l'azote est sous forme décomposable très lentement. D'un autre côté, la lignine et la cellulose sont décomposées plus lentement et exigent moins d'azote de la part des microorganismes.

2.3.3 Grosseur et texture des particules

L'activité biologique est concentrée à la surface des particules de matières organiques dans la masse de compost. Le taux de décomposition est donc plus grand en théorie lorsque les particules sont fines. Lorsqu'elles sont trop fines cependant, l'échange d'oxygène et de gaz carbonique entre les surfaces des particules et l'air environnant est réduit à cause de la résistance plus grande au mouvement de l'air.

Avec un matériel de base aqueux ou à texture fine, il faut utiliser conjointement un matériel de support à texture plus grossière comme source de carbone. La sciure de bois répond à ce critère.

2.3.4 Aération du compost

L'oxygène est essentiel dans un procédé de compostage aérobie. En son absence, le processus devient anaérobie et la vitesse de décomposition diminue avec production d'odeurs désagréables. Le taux d'oxygène nécessaire varie avec le type de matériel composté et la température dans la masse de compost.

La relation entre l'oxygène et la température est importante dans le compostage. Si l'air n'est pas suffisant, il faut en insuffler dans la masse. Le mélange mécanique seul ne fournit pas l'aération adéquate dans certains cas, surtout lorsque les particules sont très fines. Dans les systèmes de compostage en tas statiques ou en vase clos, il faut nécessairement fournir de l'oxygène supplémentaire à l'aide d'une soufflerie.

2.3.5 Température de compostage

Lors de la décomposition de la matière organique, l'énergie nécessaire provient de l'oxydation biologique. Une partie de cette énergie est utilisée dans le processus métabolique, le reste est perdu en chaleur. La température du tas de compost s'élève rapidement au début pour atteindre 55 à 60°C en quelques jours parfois. On obtient les meilleurs résultats à une température supérieure à 70°C.

La production de chaleur, comme mesure du degré ou du taux de compostage, n'est pas cependant une mesure fiable. Elle dépend trop de la présence ou de l'absence d'oxygène, des microorganismes présents, du pourcentage d'humidité, du temps et de la température ambiante. Tous les composts se réchauffent jusqu'à un certain point, à l'exception des vieux composts. Poursuivre le compostage jusqu'à un niveau de production maximum de chaleur serait trop dispendieux et, de plus, non pratique (APWA 1970).

2.3.6 Mélange et brassage du compost

Lorsque l'activité biologique se poursuit dans la masse de compost, elle tend à se localiser à différents endroits. Il est donc nécessaire de brasser le tas de compost, dans le cas du compostage en rangée ou en tas individuels, afin de redistribuer les microorganismes uniformément dans le compost et d'assurer un mélange optimum des composés ou matériaux utilisés. Ce brassage ou déplacement mécanique peut se faire toutes les semaines ou moins souvent selon l'évolution du compostage.

2.3.7 Éléments minéraux

Les éléments minéraux sont nécessaires dans le processus de compostage, car ils font partie du protoplasme microbien, le phosphore en particulier. La teneur en phosphore dans la masse en fermentation doit être maintenue. Heureusement la plupart des matières organiques agricoles et forestières contiennent suffisamment d'azote, de phosphore, de calcium et d'autres éléments minéraux, sans qu'il soit nécessaire d'en ajouter pour le compostage.

2.3.8 Dimension de la masse de compost

Dans le compostage en rangées, il est important de ne pas faire des tas dont la dimension excéderait 2 à 3 mètres en hauteur et en largeur, afin d'assurer une bonne réaction aérobie. Lorsqu'on utilise une soufflerie, dans le système des tas statiques par exemple, il est recommandable de ne pas excéder 1,5 m de hauteur pour permettre une diffusion uniforme de l'air dans toute la masse de compost.

2.3.9 Acidité

L'acidité est un facteur important pour le développement des microorganismes durant le compostage. Bien qu'on affirme communément que le compostage se produit entre des limites de pH de 5 à 9, il ne serait pas réaliste d'affirmer que n'importe quel pH assurera le compostage. Généralement, on n'intervient pas cependant pour contrôler le pH à moins qu'il soit très acide. Dans ce cas, on peut ajouter de la chaux pour l'ajuster.

2.3.10 Flore microbienne

Les microorganismes responsables de la décomposition des matières organiques se développent rapidement au début du processus du compostage, et entreprennent une phase active de métabolisme qui amène un changement physique du matériel. Ils prolifèrent plus rapidement à des températures élevées qu'à des basses températures.

Ces microorganismes se développent à la surface des particules des matières organiques et ont besoin d'oxygène. Cet oxygène doit pénétrer le site de l'activité microbienne. Les brassages ou retournements périodiques des tas de compost fournissent l'oxygène nécessaire aux microorganismes pour une décomposition aérobie.

Trois types de microorganismes concourent à la décomposition de la matière organique durant le compostage: les bactéries, les champignons et les actinomycètes. Un tas de compost est un écosystème microbiologique dont la principale caractéristique est la libération de chaleur due à l'activité microbienne aux dépens de la matière organique. L'accumulation de cette chaleur dans la masse est responsable de l'élévation de la température. L'intensité et la durée du maintien des températures chaudes sont les principaux facteurs qui conditionnent la destruction des germes pathogènes et des parasites les plus courants.

Galler et Davey (1971) ont fait des expériences sur le compostage du fumier de poulets de grill avec de la sciure de bois, comme source d'hydrates de carbone, pour produire un compost de qualité. Ils ont étudié entre autres les changements physiques et chimiques durant la période de fermentation lente, aussi appelée froide ou période de maturation, alors que la température est inférieure à 40°C.

Ils ont constaté au cours de cette période une résistance de la lignine et des hémicelluloses aux attaques des bactéries, mais les champignons se développaient rapidement pour décomposer la cellulose. L'étude a aussi démontré une amélioration sensible des rendements de certaines cultures horticoles avec l'application de ce compost.

2.4 CARACTERISTIQUES D'UN COMPOST DE QUALITE

Un compost stabilisé devrait posséder les caractéristiques suivantes, selon Toth (1973):

1. La couleur doit être brun foncé à noir, et il doit y avoir très peu de particules du matériel organique original.
2. La teneur en matière organique doit être de 80 pour cent au moins sur une base sèche.
3. Le pourcentage d'eau doit varier entre 10 et 20.
4. Le compost doit avoir une capacité de rétention d'eau de 150 à 200 pour cent.
5. La teneur en cendres doit varier entre 10 et 20 pour cent.
6. La teneur en azote total doit être de 2,5 à 3,5 pour cent.

7. La teneur en P_2O_5 doit être de 1 à 1,5 pour cent.
8. La teneur en K_2O doit être de 1 à 1,5 pour cent.
9. La capacité d'échange cationique doit se situer entre 75 et 100 me par 100 g.
10. Le pH doit varier entre 5,5 et 6,5.
11. La quantité d'azote assimilable doit se situer entre 50 et 70 pour cent de celle du sulfate d'ammoniaque.
12. Le compost doit avoir une légère odeur de moisi.

Il va sans dire que tous les composts ne répondent pas à ces caractéristiques d'un compost idéal, mais on doit viser à s'en rapprocher. Les critères se rapportant à la teneur en azote et en carbone sont les plus importants. Le rapport carbone/azote d'un compost stabilisé devrait se situer entre 25 et 30, et une teneur en azote de 1,2 à 1,5% est considérée nécessaire pour éviter des effets défavorables sur les plantes, d'après Fuller et Bosma (1965). L'addition d'azote ne favorise pas toujours une accélération du compostage de certaines matières organiques, mais peut être recommandable et favoriser l'obtention d'un rapport carbone/azote final satisfaisant.

La qualité d'un compost idéal dépend d'un grand nombre de facteurs qu'on ne retrouve pas tous nécessairement dans un bon compost qui peut convenir à une grande variété de plan-

tes. La nature physico-chimique du matériel original, la grosseur des particules, la concentration en différents éléments nutritifs sont autant de facteurs qui ont une influence sur les propriétés d'un compost. Les variations des propriétés physico-chimiques ont une incidence sur l'alimentation hydrique et sur les réactions au niveau des racines des plantes qui, dans le cas des cultures en pots, caissettes ou conteneurs, doivent explorer un volume limité de sol à leur disposition.

En général, un bon compost doit contenir des quantités relativement faibles d'éléments minéraux solubles dans l'eau, et avoir une teneur en eau inférieure à 40%. Quant au rapport C/N, il est difficile à déterminer, et il importe peu si le compost est bien décomposé. Ce rapport n'est qu'un guide.

3.0 QUANTITES DE DECHETS DISPONIBLES AU QUEBEC

3.1 PRODUCTION ANNUELLE DE LISIER DE PORCS

Les quantités de lisier de porcs produites ont été déterminées par la méthode de Taïganides et Stroshine (1971) qui associe la production de fumier au poids vif de l'animal. Les paramètres utilisés par Taïganides pour les différentes espèces animales sont présentés au tableau 2. On y trouve également les proportions des principaux constituants des fumiers frais.

Il est donc possible, connaissant le cheptel et les caractéristiques des différentes espèces animales (poids, période de production de fumier récupérable), de déterminer les quantités annuelles de fumier frais produites.

La production annuelle de lisier de porcs au Québec serait de 3 060 300 tonnes métriques, considérant le nombre de porcs élevés par région agricole (tableau 3). Il faut cependant souligner que ces quantités de lisier ne tiennent pas compte de la litière utilisée pour le bien-être des animaux, ni des quantités d'eau accumulées dans les fosses durant la période d'élevage. Selon le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, les volumes d'eau résultant d'un gaspillage à l'intérieur de la porcherie et d'une accumulation provenant des précipitations peuvent accroître de 40% les quantités de lisier à épandre. Si on considère ce facteur de dilution, les quantités de lisier de porcs à disposer annuellement au Québec seraient de l'ordre de 4 300 000 tonnes métriques (1981).

TABLEAU 2: PRODUCTION DE FUMIER ET ELEMENTS FERTILISANTS SELON L'ESPECE ANIMALE

PARAMETRES	UNITE DE MESURE	PORC	VOLAILLE	BOVIN DE BOUCHERIE	VACHE LAITIERE	MOUTON
Fumier frais produit par jour	% du poids vif	5,1	6,6	4,6	9,4	3,6
Solides totaux	% matière sèche	13,5	25,3	17,2	9,3	29,7
	% du poids vif	0,69	1,68	0,79	0,89	1,07
Azote (N)	% des solides totaux	5,6	5,9	7,8	4,0	4,0
Phosphore (P ₂ O ₅)	% des solides totaux	2,5	4,6	1,2	1,1	1,4
Potassium	% des solides totaux	1,4	2,1	1,8	1,7	2,9

Source: TAIGANIDES, E.P. et STROSHINE, R.L., 1971, Impact of farm animal production and processing on the total environment. In Livestock waste management and pollution abatement, OHIO State University A.S.A.E., Publication Proc. 271: 95-98.

TABLEAU 3: NOMBRE DE PORCS ELEVES PAR REGION AGRICOLE ET EVALUATION DE LA PRODUCTION ANNUELLE DE LISIER FRAIS

REGION AGRICOLE*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Le Québec
<u>NOMBRE DE PORCS '000 TETES</u>														
Porcs pour reproduction														
6 mois et plus	130	8,6	51,5	60,8	35,5	37,1	64,1	9,5	5,1	0,3	50,8	13,5	3,2	340,0
Porcs pour le marché	70	9,4	172,9	295,5	75,3	52,3	205,2	19,7	5,0	0,2	110,0	30,0	4,5	980,0
Porcs pour le marché	40	17,1	203,2	130,6	84,6	128,5	236,7	21,7	5,4	0,6	190,9	85,0	5,7	1 110,0
Porcs pour le marché	10	11,1	150,9	99,5	60,3	100,3	158,8	25,4	9,9	2,4	76,4	21,7	3,3	720,0
<u>PRODUCTION ANNUELLE DE LISIER ('000 T.M.)</u>														
Porcs pour reproduction														
6 mois et plus	130	20,8	124,7	147,2	85,9	89,8	155,1	23,0	12,3	0,70	122,9	32,7	7,7	822,8
Porcs pour le marché (70)	70	12,2	225,4	385,1	98,1	68,1	267,4	25,7	6,5	0,20	143,3	39,1	5,9	1 277,0
Porcs pour le marché (40)	40	12,7	151,4	97,2	63,0	95,7	176,3	16,1	4,0	0,40	142,2	63,3	4,2	826,5
Porcs pour le marché (10)	10	2,1	28,1	18,5	11,2	18,7	29,7	4,7	1,8	0,40	14,2	4,0	0,6	134,0
SOUS-TOTAL		47,8	529,6	648,0	258,2	272,3	628,5	69,5	24,6	1,70	422,6	139,1	18,4	3 060,3

Source: Bureau de la Statistique du Québec, 1981

* Voir figure 1 pour la délimitation de ces régions

Le territoire agricole du Québec est divisé en 12 régions distinctes et utilisées lors du recensement. Ces régions sont les suivantes (figure 1):

1. Bas Saint-Laurent
2. Québec
3. Beauce
4. Nicolet
5. Cantons-de-l'Est
6. Richelieu
7. Sud-Ouest de Montréal
8. Outaouais
9. Nord-Ouest Québécois
10. Nord de Montréal
11. Mauricie
2. Saguenay - Lac Saint-Jean

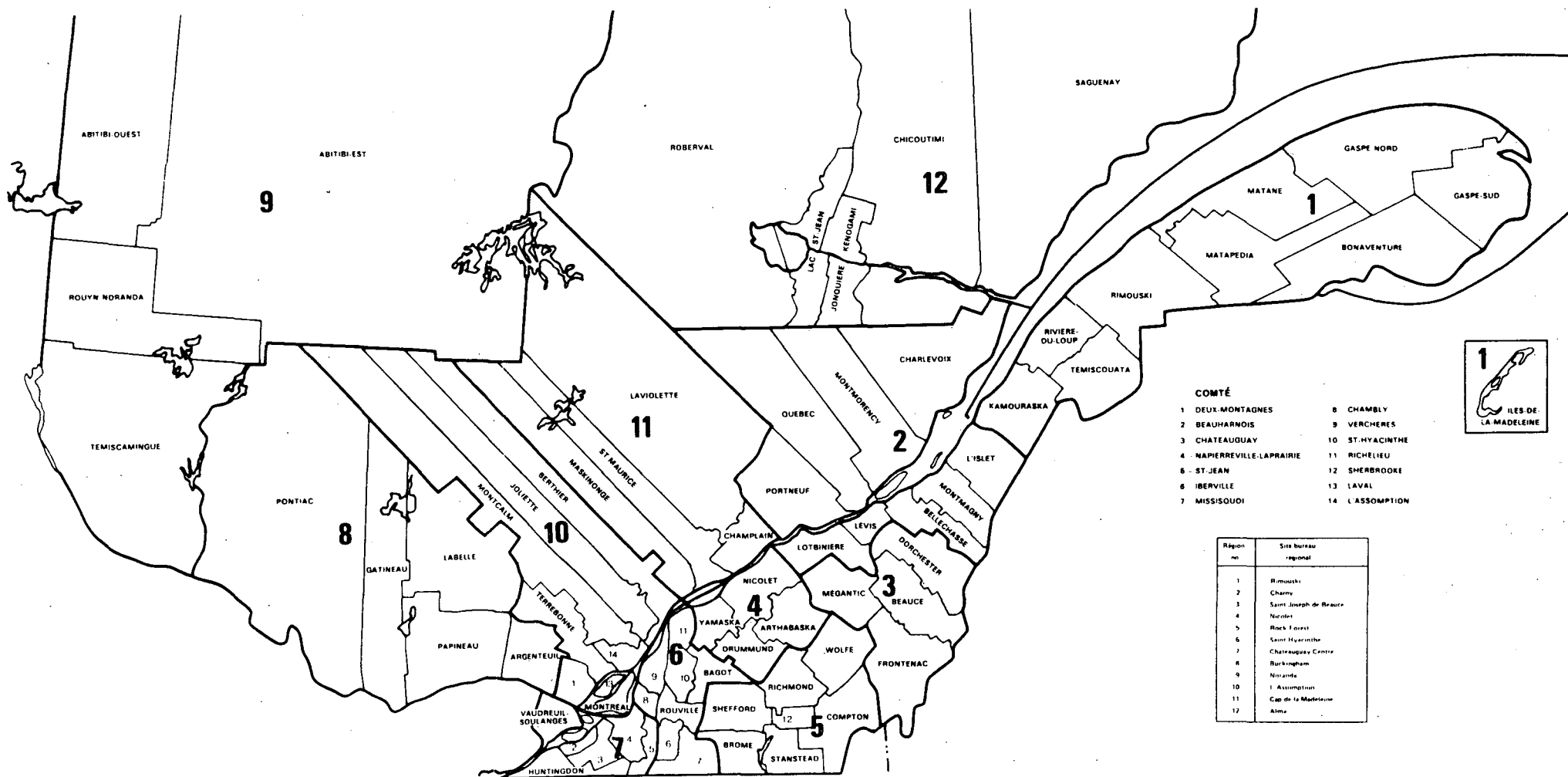
Il faut souligner que les élevages des régions de la Beauce (3) et de Richelieu (6) produiraient plus de 40% de la production annuelle totale de lisier de porcs au Québec.

3.2 DECHETS CELLULOSIQUES AGRICOLES

3.2.1 Paille

Les quantités de paille disponibles pour une éventuelle production de compost sont équivalentes aux quantités totales de paille produites par les cultures de céréales moins celles utilisées pour les litières.

FIGURE 1 LES RÉGIONS AGRICOLES DU QUÉBEC



On peut évaluer la production de paille d'une culture céréalière à l'aide de l'indice de récolte. Cet indice est le rapport entre le poids des grains et le poids de la partie aérienne de la plante.

$$I.R. = \frac{W_g}{W_a}$$

I.R. = Indice de récolte

W_g = Poids des grains en tonnes métriques à l'hectare

W_a = Poids de la partie aérienne de la plante en tonnes métriques

La Station de recherches du ministère de l'Agriculture du Canada à Sainte-Foy, Québec, a déjà évalué les indices de récolte de l'avoine, de l'orge et du blé. Ces recherches ont été effectuées sur dix variétés de chacune de ces espèces. Ces indices sont:

Avoine : 0,44

Orge : 0,52

Blé : 0,41

Il est possible de déterminer la quantité totale de paille produite par les céréales, lorsqu'on connaît les superficies des principales céréales cultivées annuellement au Québec et les rendements en grains obtenus dans chacune des 12 régions agricoles. La formule suivante sert à cette fin:

$$Q_p = S \times W_g \times (I.R.^{-1} - 1)$$

Qp = Quantité de paille produite en tonnes métriques
S = Superficies des cultures en hectare
Wg = Rendement en grains en tonnes métriques à l'hectare
I.R. = Indice de récolte

Les superficies des principales cultures de céréales au Québec en 1980 ainsi que les rendements en grains en tonnes métriques à l'hectare apparaissent dans le tableau 4. Les quantités de paille produites régionalement par les cultures de céréales sont présentées au tableau 5.

Si on considère qu'il faut environ 600 kg de paille par vache laitière ou de boucherie et 300 kg par génisse laitière et par bouvillon de boucherie en élevage, les quantités de paille nécessaires à l'hivernement du bétail seraient d'environ 700 000 tonnes métriques. On trouvera dans le tableau 6 la répartition de ces besoins en litière par région agricole au Québec.

Les quantités de paille disponibles pour le compostage avec du lisier de porcs seraient de 354 200 tonnes environ par année, considérant que les déficits régionaux ne sont pas comblés par un apport extérieur de paille d'une région voisine. Les quantités par région apparaissent dans le tableau 7.

Les régions de Richelieu (6) et du Sud-Ouest de Montréal (7) produisent la grande majorité de la paille au Québec, soit plus de 75%.

TABLEAU 4: REPARTITION DES SUPERFICIES ET DES RENDEMENTS DES CULTURES DE CEREALES ET DE MAIS-GRAIN PAR REGION AGRICOLE POUR LE QUEBEC (1980)

REGION AGRICOLE*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Le Québec
TYPE DE CULTURE													
AVOINE													
Superficie (000 ha)	35,7	21,7	12,9	21,4	11,6	28,4	20,2	14,3	8,1	14,5	8,0	16,2	213,0
Rendement (t.m./ha)	1,51	1,79	1,58	1,60	1,45	2,20	2,05	1,60	1,36	1,62	1,81	1,48	1,70
ORGE													
Superficie (000 ha)	6,9	7,3	2,6	2,7	2,4	7,4	4,3	1,2	2,9	5,2	2,2	2,4	48,0
Rendement (t.m./ha)	2,36	2,80	2,47	2,51	2,27	3,43	3,20	2,46	1,92	2,53	2,83	2,34	2,60
BLE													
Superficie (000 ha)	2,2	1,9	0,6	3,2	1,7	22,1	14,2	1,0	0,9	3,2	1,4	0,4	52,8
Rendement (t.m./ha)	2,30	2,61	2,38	2,35	2,23	3,28	3,10	2,32	1,96	2,51	2,72	2,35	2,91
CEREALES MELANGEES													
Superficie (000 ha)	8,6	3,4	1,5	4,6	2,3	9,3	8,0	2,2	2,5	4,3	1,0	2,3	50,0
Rendement (t.m./ha)	2,13	2,39	1,70	2,23	3,08	3,08	2,92	2,51	1,41	2,93	2,67	1,59	2,53
MAIS-GRAIN													
Superficie (000 ha)				5,6	3,0	44,4	25,5	1,9		9,5			89,9
Rendement (t.m./ha)				3,95	5,26	6,09	6,02	5,71		4,87			5,77

Source: Bureau de la Statistique du Québec, 1980.

* Voir figure 1 pour la délimitation de ces régions

TABEAU 5: QUANTITES DE RESIDUS DE PAILLE PRODUITES ANNUELLEMENT DANS CHACUNE DES REGIONS AGRICOLES DU QUEBEC
(1980, 000 T.M.)

REGION* CULTURE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
AVOINE	68,6	49,4	26,0	43,6	21,4	79,4	52,8	29,2	13,0	29,8	18,4	30,6	462,2
ORGE	15,0	18,8	6,0	6,2	5,0	25,0	12,8	2,8	5,2	12,0	5,8	5,2	119,8
BLE	7,2	7,2	2,0	10,8	5,4	104,2	63,4	3,4	2,6	11,6	5,4	1,4	224,6
CEREALE MELANGEE	21,8	9,6	3,0	12,2	8,4	34,0	27,8	6,6	4,2	15,0	3,2	4,4	150,2
TOTAL	113,6	85,0	37,0	72,8	40,2	242,6	156,8	42,0	25,0	68,4	32,8	41,6	956,8

Source: Adapté de l'étude de Roche Associés, 1982. Evaluation du potentiel pour un approvisionnement énergétique de soutien du système alimentaire et agricole.

* Voir figure 1 pour la délimitation de ces régions

TABLEAU 6: BESOIN EN LITIERE POUR LES ANIMAUX POUR CHACUNE DES REGIONS AGRICOLES DU QUEBEC
EN 1980 ('000 T.M.)

REGION* BETAIL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
VACHES LAITIERES	40,6	50,9	48,4	60,0	45,9	51,4	32,6	15,6	12,8	26,5	20,6	27,4	438,1
VACHES DE BOUCHERIE	13,5	13,5	15,8	12,3	13,7	9,7	10,6	14,7	10,1	5,4	6,8	5,7	131,8
GENISSES LAITIERES	7,9	9,7	7,6	11,8	9,0	9,4	6,9	3,1	2,1	4,0	3,3	4,6	79,4
BOUVILLONS DE BOUCHERIE	4,3	6,4	7,9	4,9	5,0	3,6	4,0	4,6	3,9	1,6	2,4	2,2	50,8
TOTAL	71,7	80,5	79,7	89,0	73,6	74,1	54,1	38,0	28,9	37,5	33,1	39,9	700,1

* Voir figure 1 pour la délimitation de ces régions

TABLEAU 7: QUANTITES DE PAILLE DISPONIBLES POUR DU COMPOSTAGE AVEC DU LISIER DE PORCS ('000 T.M.)

REGION AGRICOLE*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	LE QUEBEC
PRODUCTION TOTALE DE PAILLE	113,6	85,0	37,0	72,8	40,2	242,6	156,8	42,0	25,0	68,4	32,8	41,6	956,8
BESOIN EN LITIERE	71,7	80,5	79,7	89,0	73,6	74,1	54,1	38,0	28,9	37,5	33,1	39,9	700,1
DISPONIBILITE NETTE	41,9	5,4	-	-	-	168,5	102,7	4,0	-	30,9	-	1,7	354,2

* Voir figure 1 pour la délimitation de ces régions

3.2.2 Déchets de maïs-grain

Les déchets cellulósiques résultant d'une culture de maïs-grain sont constitués des feuilles, des spathes, des rafles et des tiges des plantes. Selon les spécialistes, la quantité de matière sèche des résidus produits est équivalente à la masse de grain (Daynard et Hunter, 1975). Cependant, il semble difficile, d'après les travaux effectués dans ce domaine, de penser récolter plus de 70% de ces résidus compte tenu des pertes occasionnées par le battage mécanique. Les feuilles et les spathes sont difficilement récupérables après le passage de la batteuse.

Les quantités de déchets de maïs-grain que l'on pourrait récupérer peuvent être évaluées à l'aide de la formule suivante:

$$Q_m = W_g \times 0,7 \times 5$$

Q_m = Quantité de déchets en tonnes métriques

W_g = Rendement en grain en tonnes métriques à l'hectare

S = Superficie en culture en hectares

Pour le Québec, selon les superficies en culture et les rendements en grain obtenus, il y aurait environ 363 000 tonnes métriques de résidus de maïs-grain disponibles pour une éventuelle utilisation dans le procédé de compostage. Plus de 50% de ces résidus seraient produits dans la région de Richelieu. On peut répartir ces résidus de la façon suivante:

Région de Nicolet (4)	15 400 tonnes métriques
Région des Cantons de l'Est (5)	11 000 tonnes métriques
Région de Richelieu (6)	189 200 tonnes métriques
Région du Sud-Ouest de Montréal (7)	107 400 tonnes métriques
Région de l'Outaouais (8)	7 600 tonnes métriques
Région du Nord de Montréal (9)	<u>32 400</u> tonnes métriques
TOTAL	363 000 tonnes métriques

3.2.3 Autres déchets agricoles

Le foin a déjà été utilisé comme matériel de support pour faire du compost avec du lisier de porcs (Belzile, 1981). Cependant, son faible pouvoir d'absorption et de rétention de lisier n'a pas permis de recommander son utilisation à des fins de compostage. Il faut d'ailleurs souligner que même si les résultats des travaux avaient été favorables, il ne serait pas opportun de concurrencer ainsi l'utilisation actuelle du foin pour l'alimentation animale. Le foin de bonne qualité demeure un matériel de support coûteux et un aliment recherché pour le bétail au Québec.

Il serait plus réaliste de penser utiliser pour le compostage la végétation naturelle que l'on retrouve dans des terres abandonnées ou mal cultivées.

3.3 DECHETS CELLULOSIQUES FORESTIERS

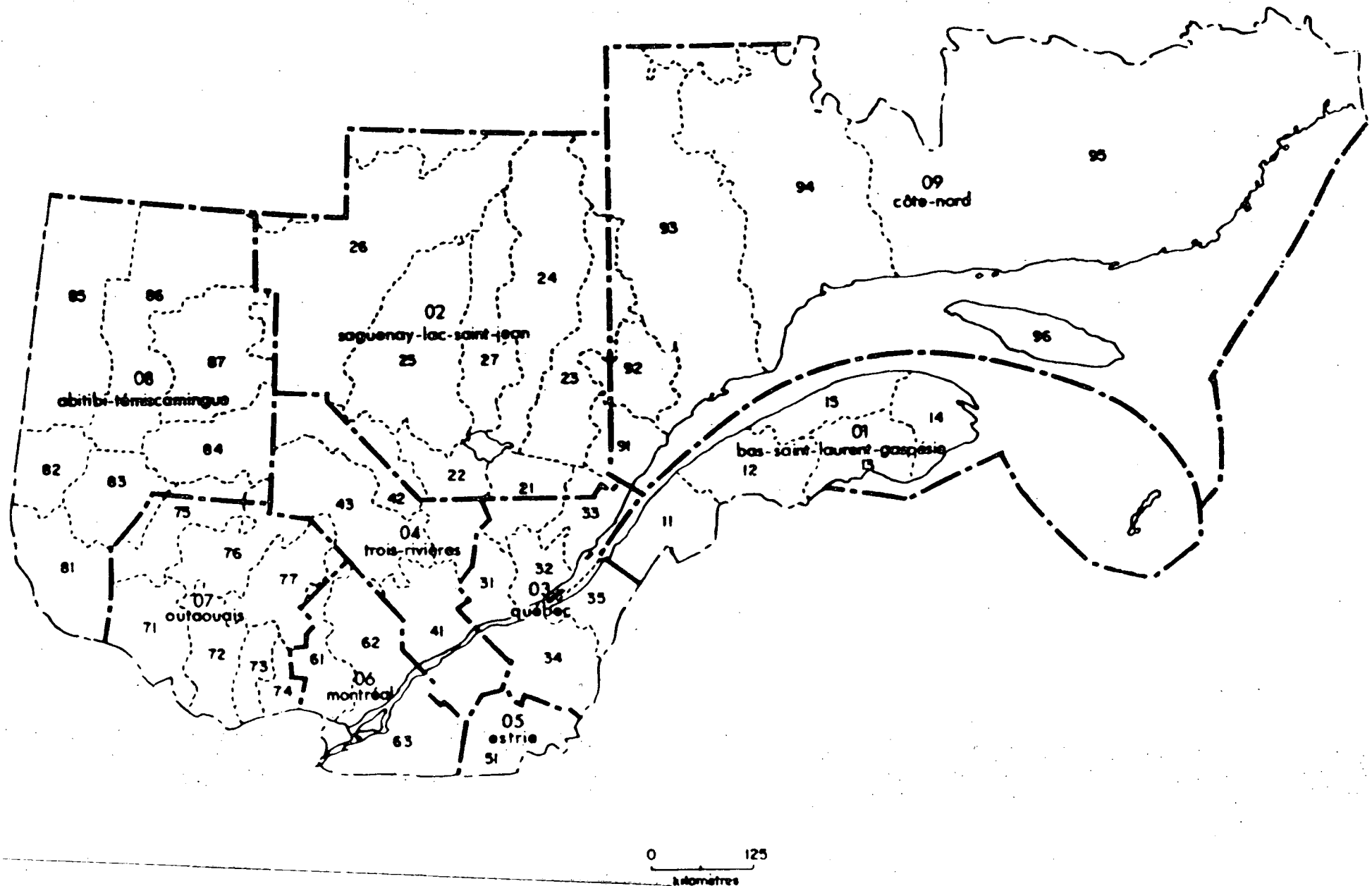
Les travaux de Lussier et Maranda (1981) sur la disponibilité de la biomasse forestière permettent d'estimer les quantités d'écorces de sciure de bois et de copeaux de rabotage disponibles actuellement au Québec pour une utilisation à des fins de compostage. Le territoire forestier du Québec est divisé en neuf régions administratives distinctes (figure 2).

1. Bas Saint-Laurent - Gaspésie
2. Saguenay - Lac Saint-Jean
3. Québec
4. Trois-Rivières
5. Cantons de l'Est
6. Montréal
7. Outaouais
8. Nord-Ouest du Québec
9. Côte-Nord

Lussier et Maranda (1981) ont évalué les quantités de résidus disponibles en 1980 et celles de la période 1980-1990. Ils ont fait leur enquête auprès de toutes les industries de pâtes et papiers du Québec et de toutes les scieries importantes produisant annuellement plus de 15 millions de pmp de bois. Ces auteurs ont extrapolé leurs résultats afin d'englober la production de déchets des petites scieries.

FIGURE 2

Unités de gestion de forêt publique Le Québec



3.3.1 Ecorce

Les industries de pâtes et papiers et les scieries sont les principaux producteurs d'écorce. Pour l'année 1980, la production annuelle d'écorces a été de 1 652 100 tonnes anhydres. Les industries, principalement les papeteries, utilisent environ 60% de la production d'énergie. Il reste environ 692 800 tonnes anhydres qui ne sont pas utilisées et seraient disponibles pour des fins de compostage.

La répartition de ces quantités d'écorces disponibles pour 1980 dans chacune des neuf régions forestières du Québec est présentée au tableau 8. Ce tableau nous donne également un aperçu de la disponibilité de l'écorce pour l'année 1985. On remarque que si la demande actuelle de ce produit se maintient, il n'y aura plus d'écorces disponibles en 1985. La totalité de la production d'écorces sera utilisée pour des fins énergétiques.

3.3.2 Sciures et copeaux de rabotage

La demande pour la sciure de bois et les copeaux de rabotage a augmenté fortement au cours des dernières années au Québec. Il est possible de prévoir à court terme que la majeure partie des sciures et des planures produites sera utilisée.

En 1980, il y avait 336 000 tonnes métriques anhydres de ces sous-produits disponibles au Québec, soit environ le quart des quantités produites. Si la demande se maintient pour les prochaines années, cette disponibilité nette sera de 69 500 tonnes en 1985, soit environ 5% de la production annuelle estimée, selon Lussier et Maranda (1981).

TABLEAU 8: PRODUCTION, CONSOMMATION ET DISPONIBILITE D'ECORCE POUR LES ANNEES 1980 ET 1985 POUR CHACUNE DES NEUF REGIONS FORESTIERES DU QUEBEC (TONNES METRIQUES ANHYDRES)

REGION *	ECORCE 1980					ECORCE 1985				
	PRODUCTION			CONSOM- MATION	DISPONI- BILITE	PRODUCTION			CONSOM- MATION	DISPONI- BILITE
	PATES ET PAPIERS	SCIAGE ET AUTRES	TOTAL			PATES ET PAPIERS	SCIAGE ET AUTRES	TOTAL		
1	71 100	110 000	181 100	137 300	43 800	116 100	110 000	226 100	336 000	-109 900
2	81 100	284 500	365 600	179 700	185 900	85 100	284 500	369 600	279 900	89 700
3	102 300	97 300	199 600	88 600	111 000	109 100	97 300	206 400	181 000	25 400
4	156 300	28 200	184 500	137 600	46 900	156 300	28 200	184 500	341 100	-156 600
5	36 300	30 000	66 300	85 100	(18 800)	45 400	30 000	75 400	112 800	-156 600
6	5 500	20 900	26 400	3 000	23 400	5 500	20 900	26 400	8 500	17 900
7	125 800	64 500	190 300	136 700	53 600	222 900	64 500	287 400	247 500	39 900
8	41 300	337 400	378 700	150 500	228 200	41 300	364 400	405 700	284 500	121 200
9	27 200	32 400	59 600	40 800	18 800	27 200	44 400	71 600	63 500	8 100
TOTAL	646 900	1 005 200	1 652 100	959 300	692 800	808 900	1 044 200	1 853 100	1 854 800	-1 700

SOURCE: Lussier et Maranda, 1981.

* Voir figure 2 pour la délimitation de ces régions

Les quantités de sciures et de copeaux de rabotage produites et leur utilisation pour les années 1980 et 1985 sont présentées dans le tableau 9.

3.4 TOURBE DE SPHAIGNES

La tourbe résulte de la décomposition des plantes qui constituaient anciennement la végétation des tourbières. Le taux de production de matière organique dépasse celui de la décomposition, et donne ainsi lieu à une accumulation de la tourbe.

Compte tenu de l'intérêt relativement nouveau que l'on porte à la tourbe pour fins horticoles et de l'éloignement de certains sites étendus de tourbières, il est difficile d'évaluer précisément les stocks disponibles.

Au Québec, la superficie des tourbières est estimée à 1,3 millions d'hectares ou 13 000 kilomètres carrés. Les quantités de tourbe disponibles totaliseraient 2,5 milliards de tonnes (Delisle et al., 1979). L'inventaire des tourbières du Québec, publié par le ministère de l'Energie et des Ressources (Anonyme, 1980), fait ressortir qu'il y avait en 1979 environ 639 millions de tonnes de tourbe disponibles dans les tourbières exploitées présentement et localisées dans les régions du Lac Saint-Jean, du Bas Saint-Laurent et dans le sud du Québec. Une quarantaine de producteurs y sont présentement installés.

On retrouve également des tourbières importantes dans le nord du Québec et dans la région de l'Abitibi, mais elles sont moins bien délimitées et moins bien définies.

TABLEAU 9: PRODUCTION, CONSOMMATION ET DISPONIBILITE DE SCIURES ET DE COPEAUX DE RABOTAGE POUR LES ANNEES 1980 ET 1985 POUR CHACUNE DES 9 REGIONS FORESTIERES DU QUEBEC. (TONNES METRIQUES ANHYDRES)

REGION FORESTIERE*	SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE (1980)				SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE (1985)			
	PRODUCTION	CONSOMMATION		DISPONI- BILITE	PRODUCTION	CONSOMMATION		DISPONI- BILITE
		INDUS- TRIELLE	ENER- GETIQUE			INDUS- TRIELLE	ENER- GETIQUE	
1	145 500	84 600	33 000	27 900	145 500	84 600	75 200	(14,300)
2	336 600	24 300	80 900	231 400	336 600	24 300	141 400	170 900
3	178 000	50 600	42 200	85 200	178 000	50 600	81 300	46 100
4	50 900	253 700	10 800	-213 600	50 900	253 700	65 800	-268 600
5	49 800	32 200	28 100	-10 500	49 800	32 200	35 300	-17 700
6	34 700	3 800	13 000	17 900	34 700	3 800	13 000	17 900
7	98 600	119 600	48 500	-69 500	108 600	119 600	67 600	-78 600
8	433 800	100 000	84 500	249 300	437 800	140 000	89 400	208 400
9	40 600	-	22 700	17 900	60 700	-	55 300	5 400
TOTAL	1 368 500	668 800	363 700	336 000	1 402 600	708 800	624 300	69 500

SOURCE: Lussier et Maranda, 1981

* Voir figure 2 pour la délimitation de ces régions

4.0 GESTION ACTUELLE DES DECHETS AGRICOLES ET FORESTIERS ET DE LA TOURBE

4.1 GESTION DU LISIER DE PORCS

Le lisier de porcs est généralement entreposé et accumulé dans des citernes étanches afin d'éviter la contamination de la nappe phréatique et des cours d'eau. Les propriétaires sont confrontés à de sérieux problèmes relatifs à sa disposition. En effet, ces éleveurs ne possèdent pas toujours les surfaces de terre suffisantes pour l'épandage du lisier, et les périodes où il leur est possible d'en disposer sont généralement très courtes au Québec.

4.1.1 Coûts relatifs à la disposition du lisier

Le problème de la dilution du fumier de porcs se reflète sur un accroissement des coûts d'entreposage, de transport et d'épandage. Selon le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, les coûts relatifs à la disposition du purin pourrait être grandement diminués si on effectuait une bonne gestion de l'eau à l'intérieur de la porcherie et si on utilisait des fosses étanches et couvertes.

Selon les données contenues dans le "Manuel de gestion agricole" (1983) du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, le coût total relatif à la maintenance du lisier, soit l'entreposage et l'épandage, pour une porcherie d'engraissement d'une capacité de 2 000 porcs

sur un plancher partiellement latté, serait de 5,77 \$ par porc vendu au marché. Les coûts de la disposition du lisier sont fortement influencés par le nombre de porcs à l'engraissement, le type d'élevage et la structure du plancher. On trouvera dans le tableau 10 le coût annuel de reprise et d'épandage ainsi que le coût total de manutention et d'entreposage du lisier suivant différents systèmes d'élevage et différents niveaux de production pour les porcs d'engraissement et les truies d'élevage au Québec.

Joint au coût d'entreposage et de manutention du lisier, le coût relatif au transport peut engendrer des dépenses considérables pour certaines exploitations où les superficies de sol disponibles pour l'épandage sont éloignées des sites d'élevage. Ces coûts de transport pour différentes distances et différentes capacités de citerne apparaissent au tableau 11.

4.1.2 Valeur monétaire du lisier

La valeur monétaire ou marchande des fumiers est généralement déterminée en fonction de leur teneur en éléments fertilisants et du prix du marché de ces éléments. La valeur monétaire correspondant à la valeur fertilisante du lisier de porcs serait de 6,42 \$ la tonne, soit la plus faible valeur marchande de tous les fumiers (tableau 12).

TABLEAU 10: COUT ANNUEL DE MANUTENTION ET D'ENTREPOSAGE DU LISIER SUIVANT DIFFERENTS SYSTEMES ET DIFFERENTS NIVEAUX DE PRODUCTION POUR LES PORCS D'ENGRAIS ET LES TRUIES D'ELEVAGE, QUEBEC, 1982

NIVEAU DE PRODUCTION	COUT DE REPRISE ET D'EPANDAGE (par porc vendu ou truie d'élevage) (plancher partiellement latté)	COUT TOTAL DE MANUTENTION ET D'ENTREPOSAGE (par porc vendu ou truie d'élevage)		
		TYPE DE PLANCHER		
		Plein avec _rigoles_	Partiellement _latté_	Complètement _latté_
<u>PORCS D'ENGRAISSEMENT</u>				
500 porcs	3,76\$	6,96\$	7,61\$	7,54\$
1000 porcs	3,66\$	6,42\$	6,90\$	7,44\$
2000 porcs	2,99\$	5,36\$	5,77\$	6,73\$
<u>TRUIES D'ELEVAGE</u>				
75 truies	35,40\$	81,53\$	81,07\$	90,16\$
150 truies	21,04\$	61,75\$	62,41\$	75,80\$
300 truies	19,34\$	51,36\$	58,03\$	74,10\$
600 truies	13,79\$	51,81\$	51,98\$	68,55\$

SOURCE: M.A.P.A.Q. Manuel de gestion agricole des fumiers, 1983

TABLEAU 11: COUT DU TRANSPORT DU LISIER DE PORCS PAR VEHICULE-CITERNE

DISTANCE DU LIEU DE CHARGEMENT EN KILOMETRES	VOLUME EN TONNES METRIQUES DES CITERNES			
	13,6	18	22	45
	COUT EN \$ PAR TONNE METRIQUE			
5	0,88	0,80	0,85	0,70
10	1,26	1,11	1,15	0,88
15	1,65	1,42	1,48	1,06
25	2,53	2,13	2,12	1,46
50	4,57	3,78	3,69	2,39
75	6,67	5,47	5,30	3,35
100	8,71	7,10	6,87	4,28
150	12,85	10,45	10,05	6,17
200	16,98	13,78	13,24	8,06

SOURCE: Manuel de gestion agricole des fumiers. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 1983.

TABLEAU 12: VALEUR FERTILISANTE ET MONETAIRE DE DIFFERENTS
FUMIERS AU MOMENT DE L'EPANDAGE

ESPECE ANIMALE	VALEUR FERTILISANTE DU FUMIER %			VALEUR MONETAIRE* \$/1982
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	\$/TONNE METRIQUE
Porc et truie	3	2	2	6,42
Bovin laitier	5	2	5	10,40
Bovin de boucherie	5	3	6	12,11
Cheval	7	3	5	13,45
Mouton et agneau	7	8	11	22,66
Pondeuse	14	11	6	29,51
Poulet à rôti	17	18	13	44,48
Dinde	17	18	13	44,48

* Ces valeurs sont basées sur un prix de 1,00 \$/kg pour l'azote (N), 1,05 \$/kg pour le phosphore (P₂O₅), et 0,66 \$/kg pour le potassium (K₂O).

SOURCE: Manuel de gestion agricole des fumiers
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 1983.

4.1.3 Perspectives d'utilisation du lisier

Le problème aigu de la disposition du lisier de porcs suscite beaucoup d'intérêt. Plusieurs organismes gouvernementaux, scientifiques et autres spécialistes étudient des solutions applicables à ce problème.

Les principaux thèmes de ces recherches portent sur:

- la gestion rationnelle de l'eau dans les porcheries;
- la digestion anaérobie du lisier pour une production énergétique;
- la digestion aérobie du lisier;
- le recyclage du lisier pour fins d'alimentation animale;
- la séparation et la purification de la partie liquide (ultrafiltration).

Ces thèmes varient rapidement, compte tenu de l'importance des problèmes engendrés par la disposition du lisier de porcs. Les différentes solutions proposées pour éliminer ces problèmes se résument toutes à une seule alternative, selon Bernier et Bruneau (1983): "La valorisation par le retour au sol ou le traitement des fumiers".

4.2 GESTION DES DECHETS CELLULOSIQUES AGRICOLES

4.2.1 Coûts relatifs à la disposition des déchets

Exception faite de la paille dont 75% sont utilisés comme litière, les déchets cellulosiques agricoles sont généralement enfouis dans le sol après la récolte. Les coûts relatifs à leur disposition sont négligeables, étant donné que cet enfouissement est effectué lors de la préparation du sol pour la prochaine culture. Cette pratique a pour avantage de maintenir ou d'accroître la quantité de matière organique dans les sols soumis à une culture intensive.

4.2.2 Valeur monétaire des déchets

La paille disponible sur le marché est généralement vendue 40 \$ la tonne métrique (1982). Ce montant couvre globalement les dépenses encourues pour le ramassage et l'entreposage de la paille. Les frais engendrés par la récupération des déchets de maïs-grain seraient équivalents à ceux de la paille.

4.2.3 Perspectives d'utilisation

L'utilisation de ces déchets agricoles pour des fins de compostage compétitionnerait leur utilisation pour des fins énergétiques dont ils font l'objet de recherches. Plusieurs travaux sont en cours afin d'étudier leur utilisation à des fins énergétiques soit par combustion directe, gazéification, pyrolyse ou par méthanisation.

Une utilisation à grande échelle et non planifiée de ces résidus à des fins énergétiques peut engendrer un problème sérieux pour l'amendement des sols agricoles en matière organique.

4.3 GESTION DES DECHETS CELLULOSIQUES FORESTIERS

4.3.1 Coûts relatifs à la disposition des déchets

Il est difficile d'évaluer les coûts engendrés par la disposition des écorces ou des sciures de bois. Lorsque ces résidus ne sont pas utilisés pour des fins énergétiques ou industrielles, ils sont généralement amoncelés ou simplement brûlés dans les sites mêmes de leur production. Selon l'Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec (Florent Milot, verbatim), ces coûts sont difficilement évaluable, compte tenu du nombre de paramètres qui peuvent les influencer.

4.3.2 Valeur des déchets forestiers

Selon les données de l'Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec, la valeur moyenne des écorces et des sciures varierait de 6 à 70 \$ la tonne métrique au Québec (35-40% d'humidité). Il est évident que pour certains sites de production, ces prix peuvent varier sensiblement surtout en ce qui a trait aux sciures de bois et aux planures, à cause du vif intérêt que l'on porte à ces sous-produits depuis quelques temps.

Le transport de ces déchets ou sous-produits peut également influencer leur prix. Le tableau 13 présente les coûts de transport des résidus forestiers en fonction de la distance à parcourir et du degré d'humidité qu'ils contiennent.

TABLEAU 13: COUTS DE TRANSPORT DES DECHETS FORESTIERS EN
FONCTION DE LA DISTANCE ET DE LEUR DEGRE
D'HUMIDITE

DISTANCE EN KILOMETRES	COUT PAR TONNE ANHYDRE HUMIDITE DES DECHETS (%)		
	0	10	40
10	2,51	2,79	4,18
40	4,88	5,42	8,13
100	9,14	10,15	15,23

SOURCE: Roche Associés Ltée, 1982

4.3.3 Perspectives d'utilisation

Les compagnies forestières, les organismes gouvernementaux, les universités et les centres de recherches effectuent présentement de nombreuses recherches sur les utilisations possibles ou le recyclage des sous-produits forestiers.

Ces recherches touchent principalement les domaines agricole, industriel et sanitaire.

AGRICOLE

- Utilisation pour la nutrition animale;
- Utilisation pour des paillis horticoles;
- Protection contre l'érosion;
- Amendement des sols en matière organique.

INDUSTRIEL

- Utilisation à des fins énergétiques;
- Utilisation des sous-produits d'extraction de l'écorce;
- Utilisation pour une production d'alcool;
- Utilisation pour une production de panneaux agglomérés;
- Utilisation comme isolant.

SANITAIRE

- Utilisation pour la rétention des huiles;
- Utilisation comme filtre d'odeur ou de gaz nocifs;
- Utilisation comme filtre des effluents des industries.

4.4 GESTION ET VALEUR DE LA TOURBE HORTICOLE

La tourbe horticole est connue et commercialisée sous le nom de tourbe de sphaignes (peatmoss), et correspond à la partie la moins décomposée des tourbières. Elle est utilisée comme substrat de culture par les horticulteurs, les pépiniéristes et les fleuristes.

Dans le domaine du compostage, on a fait des essais en mélangeant de la tourbe avec du purin de porcs à l'Université du Québec à Montréal. On utilisait alors le procédé "Fuchs" et la tourbe était employée pour filtrer les éléments polluant du lisier de porcs.

La tourbe se vend en vrac ou en sac et vaut entre 7,00 et 8,00 \$ le mètre cube de tourbe sèche. Ces prix sont valables pour la région environnante de la ville de Québec. Ils peuvent également varier sensiblement selon l'importance des quantités achetées. Ce prix de vente n'inclut pas les coûts relatifs au transport de la tourbe de la carrière aux sites d'utilisation.

En plus de son utilisation horticole, la tourbe peut aussi servir à des fins énergétiques ou pour la protection de l'environnement, bien que ces dernières utilisations soient encore marginales.

5.0 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES DECHETS AGRICOLES ET FORESTIERS ET DE LA TOURBE

5.1 LISIER DE PORCS

Plusieurs chercheurs ont, dans le passé, déterminé les propriétés physico-chimiques du lisier de porcs. Elles sont influencées par le type d'élevage, les aliments, le mode d'alimentation et les conditions environnantes prévalant dans la porcherie.

5.1.1 Propriétés physico-chimiques

Le lisier de porcs contient environ 93% d'eau, 3,15% d'azote et 48% de carbone sur une base sèche. Le rapport carbone/azote est de l'ordre de 15 selon Choinière et Gangbazo (1982).

La densité du lisier de porcs est donc voisine de celle de l'eau. Les résultats de recherches ont démontré que la densité de l'urine de porcs est de $1\ 016\ \text{kg/m}^3$ et que celle des fèces est de $1\ 130\ \text{kg/m}^3$.

La valeur calorifique du lisier serait de 17,9 mégajoules par kilogramme alors que la viscosité de l'urine serait voisine de celle de l'eau.

Les propriétés chimiques du lisier de porcs sont influencées par la ration, en particulier le pourcentage de protéines et les suppléments minéraux ajoutés, la quantité d'eau servie et l'eau de lavage.

Plusieurs spécialistes ont publié des données relatives aux caractéristiques du lisier de porcs. On remarque des écarts appréciables dans la plupart des résultats d'analyse. C'est compréhensible à cause des variations entre les exploitations qui sont influencées par de nombreux facteurs.

Le sommaire de quelques résultats est présenté dans les tableaux 14 et 15. Il faut souligner que 40% du lisier frais est de l'urine et que les fèces représentent environ 60% du volume total du lisier.

On donne plus loin dans ce rapport (tableau 23) les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques du lisier de porcs utilisé au cours de nos travaux.

5.2 DECHETS CELLULOSIQUES AGRICOLES

5.2.1 Paille

La paille se caractérise par sa teneur élevée en cellulose et en lignine. Sa composition chimique peut varier selon la maturité de la plante, la fertilisation, la variété et l'espèce de céréale. Bollen et Glennie (1961) ont publié les données suivantes sur la composition chimique de la paille de blé:

TABLEAU 14: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DU LISIER DE PORCS

PARAMETRES	VALEURS		DUBE(2)
	MASSE ET VALLEE(1)		
pH	-		7,6
DBO ₅	20 000 - 68 000	ppm	-
Solides totaux	70 000	ppm	-
Solides totaux volatils	61 000	ppm	-
Solides en suspension	25 000	ppm	-
Solides en suspension volatils	15 000	ppm	-
H ₂ O	94 - 96%		-
Matière sèche	-		2,01%
Matière sèche (hydromètre)	-		2,63%
Azote total	6 000	ppm	2,63 kg/m ³
Phosphore total	1 400	ppm	-
P ₂ O ₅	-		0,96 kg/m ³
Potassium	2 200	ppm	-
K ₂ O	-		1,26 kg/m ³
Calcium	-		0,91 kg/m ³
Magnésium	-		0,18 kg/m ³
Manganèse	-		0,22 mg/l
Cuivre	-		0,13 mg/l
Bore	-		1,20 mg/l

SOURCE: (1) MASSE, J. et P. VALLEE. L'environnement pourquoi et comment le protéger. Rapport du Colloque sur les fumiers. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Agdex 538, 1982: 78-83.

(2) DUBE, A. Méthode rapide de détermination de la valeur fertilisante des lisiers de porcs à la ferme. Agriculture, Vol. 39, no 1: 32-35, 1982.

TABLEAU 15: VALEUR MOYENNE DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DU LISIER DE PORCS

PARAMETRES	UNITES	VALEURS
pH	-	7,85
DCO	mg/L	155 104
DBO (5 jours)	mg/L	59 528
DBO (ultime)	mg/L	120 457
K (valeur) B.O.D	Base	0,14
Humidité	mg/L	89,5
Solides totaux, S.T.	mg/L	104 602
Solides totaux volatils (S.T.V.)	mg/L	84 998
S.V. par S.T.	Pourcentage	81,3
Solides en suspension	mg/L	84 509
Solides volatils en suspension	mg/L	72 439
Solides minéraux en suspension	mg/L	12 070
S.V.S. par S.S.	Pourcentage	85,6
S.V.S. par T.S.	Pourcentage	81,1
Azote total	Pourcent ST en N	3,35
Phosphore	Pourcent ST en P	2,16
Potassium	Pourcent ST en K	1,39

* Converse et al. (1971) Proceeding International Symposium on Livestock Wastes.

Cendres	Cellulose	Lignine	Protéines brutes	Azote total	Carbone total	Rapport C/N
%	%	%	%	%	%	
8,5	62,9	13,5	0,8	0,12	44,7	373

Il y a peu de renseignements additionnels actuellement disponibles sur la composition chimique de la paille de différentes espèces de céréales.

On donne plus loin dans ce rapport (tableau 25) la composition chimique de la paille utilisée dans nos travaux sur le compostage.

La composition chimique du foin ressemblerait à celle de la paille et sa forte teneur en cellulose et en lignine le caractérise également. La teneur en protéines brutes serait cependant de 12,3% avant la floraison et de 8,3% à la fin de la floraison, sur une base de matière sèche, selon Grant et Burgess (1978).

5.2.2 Déchets de maïs-grain

Les déchets de maïs-grain, principalement les tiges et les rafles, ont rarement été analysés. Les recherches effectuées sur ces résidus datent de plusieurs années. Selon Bollen et Glennie (1961), qui ont étudié la composition chimique de déchets agricoles et forestiers, les rafles de maïs se caractérisent par une teneur élevée en cellulose et en lignine.

Bien que l'ensilage de maïs de qualité ne soit pas un déchet agricole, nous donnons ici les résultats d'études sur sa composition parce que nous l'avons utilisé dans nos travaux. On verra plus loin dans ce rapport (tableau 25) le résultat de nos propres analyses.

Christensen et Hopper (1938) ont étudié la composition chimique de l'ensilage de maïs. On trouvera les données de ces analyses ainsi que celles de Bollen et Glennie (1961) sur les rafles de maïs, au tableau 16.

TABLEAU 16: COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ENSILAGE ET DES RAFLES DE MAIS

PRODUITS	CENDRES	CARBONE TOTAL	AZOTE TOTAL	RAPPORT C/N	CALCIUM %	PHOSPHORE %
	%	%	%			
Ensilage de maïs	1,4	22,5	0,38	59,2	0,08	0,06
Rafles de maïs	1,58	46,87	0,45	108	N.D.	N.D.

SOURCES: Adaptation des résultats de Bollen et Glennie (1961) et de Christensen et Hopper (1938).

Grant et Burgess (1978), dans leur bulletin sur la fléole, mentionnent que l'ensilage de maïs a une teneur en protéines brutes de 8,4% sur une base de matière sèche, ce qui donnerait une teneur en azote total de 1,34% et un rapport C/N de 16,8 en se basant sur les travaux de Christensen et Hopper (1938). Dans une étude de la relation entre le stade de maturité du maïs et sa composition chimique, St-Laurent et al. (1971) donnent une teneur en azote (P.B. 6,25) de 1,70% pour l'ensilage de maïs au stade pâteux. Ceci donnerait un rapport C/N de 13,2, selon les données de Christensen et Hopper (1938).

D'après Demarquilly (1979), la teneur en azote des tiges de maïs ensilées à la maturité du grain est en moyenne de 7% alors que celle des cannes ensilées au stade vitreux du grain est de 6,7%. La teneur en cellulose brute des tiges ensilées à la maturité du grain est de 33,5%, ce qui donne un rapport C/N de 4,8, comparativement à une teneur en cellulose brute de 32,7% et un rapport C/N de 4,9 pour les cannes de maïs ensilées au stade vitreux du grain. La différence est donc très minime entre ces deux stades de maturité. On doit cependant considérer ces valeurs comme des moyennes parce qu'il peut exister des différences appréciables entre les variétés, la date de la récolte et la fumure.

Selon Hopkins et Ripley (1951), l'ensilage de maïs est pauvre en protéines mais riche en hydrates de carbone. Le pH d'un bon ensilage de maïs est de 3,7.

5.3 DECHETS CELLULOSIQUES FORESTIERS

5.3.1 Sciure

La composition chimique de la sciure est similaire à celle du bois. Celle-ci peut être influencée par de nombreux facteurs dont les principaux sont: l'essence de l'arbre, l'âge et les caractéristiques de la sciure elle-même (densité, dimension physique, source, etc.). Selon la source d'approvisionnement, on peut ainsi disposer d'un matériel de support fort différent pour le procédé de compostage. Les composantes chimiques des principales essences de bois canadien sont présentées au tableau 17.

Le rapport carbone/azote de la sciure fraîche varie selon les essences, entre 700 et 1 000. Les rapports ont déjà été calculés pour certaines essences forestières de l'ouest du pays. Il est également important de souligner que ce paramètre est grandement influencé par l'âge de la sciure, comme on peut le constater dans le tableau 18.

Nous donnons plus loin dans ce rapport (tableau 25) la composition chimique de la sciure fraîche de bois franc utilisée dans le présent projet.

TABLEAU 17: COMPOSANTES CHIMIQUES DES PRINCIPALES ESSENCES DE BOIS AU CANADA

ESSENCES	COMPOSITION BRUTE			
	CENDRE %	CELLULOSE %	HEMICELLULOSES %	LIGNINE %
Peuplier faux-tremble	0,2	53	31	16
Orme blanc	0,3	49	27	24
Hêtre	0,4	42	36	22
Bouleau à papier	0,2	41	40	19
Bouleau jaune	0,3	40	39	21
Erable rouge	0,2	41	35	24
Erable à sucre	0,3	-	-	-
Bois feuillus, moyenne		45	34	21
Sapin baumier	0,2	44	27	29
Thuya occidental	0,2	44	25	31
Pruche du Canada	0,2	42	26	33
Pin gris	0,2	41	30	29
Epinette blanche	0,3	44	29	27
Mélèze laricin	0,2	43	28	29
Bois résineux, moyenne	0,2	43	28	29

SOURCE: Mullins, E. et McKnight, T. 1981. Les bois du Canada.

TABLEAU 18: INFLUENCE DE LA DUREE D'ENTREPOSAGE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA SCIURE DU SAPIN

DUREE D'ENTREPOSAGE	COMPOSITION CHIMIQUE %			
	CENDRES	CARBONE TOTAL	AZOTE TOTAL	RAPPORT C/N
Sciure fraîche	1,48	51,00	0,07	728
Sciure de 2 mois	1,61	49,98	0,08	625
Sciure de 3 mois	7,99	47,01	0,33	142

SOURCE : Bollen et Glennie, 1961

5.3.2 Ecorce de bois

La composition chimique de l'écorce est beaucoup plus hétérogène que celle du bois. La cellulose et la lignine qu'elle contient sont difficiles à isoler en fragments déterminés et il est ainsi difficile d'en définir la composition.

L'écorce de bois franc tel que le hêtre, le bouleau jaune ou merisier, et l'érable a généralement une forte proportion de cellulose et se décompose assez rapidement. En revanche, l'écorce de bois mou, qui contient des résines, se décompose moins rapidement. Pour cette écorce, il est souvent nécessaire d'ajouter de l'azote si on veut hâter sa décomposition par le compostage.

La composition chimique de l'écorce des principales essences canadiennes est présentée au tableau 19. Nous donnerons plus loin (tableau 25) la composition de l'écorce de bois franc utilisée dans nos travaux. La composition de l'écorce peut être influencée par l'âge de l'arbre et les dimensions des particules, comme on peut le constater dans le tableau 20.

Juste et Solda (1971) ont analysé l'écorce de feuillus et de résineux et la tourbe acide susceptibles éventuellement de faire l'objet d'une utilisation agricole comme amendement organique ou comme substrat de culture en France quand on les incorpore en quantités massives à des sols de natures très différentes. Les principales caractéristiques de ces substances figurent dans le tableau 21.

Ces auteurs ont démontré que si les écorces de pin maritime étaient susceptibles, dans certaines conditions, d'être utilisées comme amendement organique, les écorces de feuillus pouvaient donner lieu à un blocage important et durable de l'azote minéral du sol et exercer ainsi un effet dépressif sur la nutrition azotée et sur la croissance des plantes. Cet effet dépressif s'accompagnait en effet de l'extériorisation de symptômes de carence aiguë en azote.

Par ailleurs, l'écorce de feuillus se décomposait beaucoup plus rapidement que celle des résineux qui entraînait une acidification des sols traités.

TABLEAU 19: COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ECORCE DES PRINCIPALES ESSENCES FORESTIERES CANADIENNES

Essence forestière	Valeur calorifique (Kcal/kg)	Composition chimique %			
		Carbone	Hydrogène	Oxygène	Cendre
Sapin Douglas	5 611	53	6	39	2
Sapin baumier	5 265	53	6	39	2
Pruche de l'est	5 213	53	5	40	2
Pruche de l'ouest	5 444	51	5	40	4
Pin gris	5 211	53	6	39	2
Epinette noire	4 899	52	6	40	2
Mélèze	5 006	55	6	35	4
Hêtre	4 244	47	5	39	8
Bouleau jaune	5 319	54	6	37	3
Erable rouge	4 500	50	6	41	3
Orme	4 121	47	5	40	8

Source: Mullins, E. et McKnight, T. 1981, Les bois du Canada.

TABLEAU 20: INFLUENCE DE L'AGE DE L'ARBRE ET DES DIMENSIONS DES PARTICULES SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ECORCE DE SAPIN

CARACTERISTIQUES DE L'ECORCE	COMPOSITION CHIMIQUE %			
	CENDRES	CARBONE TOTAL	AZOTE TOTAL	RAPPORT C/N
Ecorce jeune	0,69	51,66	0,17	304
Ecorce vieille	0,57	58,56	0,20	293
Ecorce grossière (20 mailles)	0,41	59,32	0,13	456
Ecorce fine (80-100 mailles)	0,70	54,08	0,12	451

SOURCE: Bollen et Glennie, 1961

TABLEAU 21 : COMPOSITION CHIMIQUE D'ECORCE DE FEUILLUS, DE RESINEUX
ET DE TOURBE ACIDE

		FUMIER DE FERME	ECORCE DE PIN MARITIME	ECORCE DE FEUILLUS	TOURBE ACIDE
pH		7,9	4,5	5,4	4,3
Carbone	% M.S.	34,6	49,7	48,8	47,5
Azote	% M.S.	2,39	0,24	0,55	0,87
C/N	% M.S.	14,5	207	88,7	54,6
Potassium	% M.S.	26,09	1,06	2,10	0,40
Calcium	% M.S.	7,59	2,74	20,51	1,50
Magnésium	% M.S.	5,10	0,48	0,67	1,50
Acide phosphorique	% M.S.	17,03	0,26	0,46	0,31

SOURCE: Juste, C. et P. Solda. Comptes rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France No 7: 493-502, 1971.

L'écorce de pin en particulier a un pH plus élevé que celui de la tourbe alors que son pouvoir-tampon est plus faible. Elle a une forte porosité totale, assure une bonne aération mais retient un faible volume d'eau. L'écorce de bois franc a une teneur élevée en cellulose, qui est une forme de carbone rapidement décomposable. L'écorce de bois mou a aussi une teneur élevée en cellulose, mais elle exige 1 kg N/m^3 d'azote et $0,3 \text{ kg/m}^3$ de P_2O_5 pour le compostage, selon Hoitink et Poole (1980).

Les écorces compostées pures conviennent à la plupart des plantes ornementales, d'après Verdure (1978). Avec un substrat à base d'écorces, il faut cependant arroser plus souvent en apportant à chaque fois moins d'eau qu'avec les substrats à base de tourbe. Selon le même auteur, l'utilisation des écorces fraîches a donné de mauvais résultats par manque d'azote et à cause de la phytotoxicité due aux tannins, aux phénols et aux résines.

L'écorce utilisée comme substrat horticole peut provenir de différentes sources, selon Grandmaison (1982), soit de résineux ou de bois franc. L'écorce de pin peut être utilisée fraîche ou semi-compostée. Quant à l'écorce de bois franc, elle doit être compostée si on veut éviter de graves problèmes de contrôle de la disponibilité en azote et une carence temporaire en cet élément nutritif essentiel aux plantes.

5.4 TOURBE DE SPHAIGNES

La tourbe est une substance pauvre en éléments nutritifs. Elle possède cependant une capacité d'absorption ou de rétention de l'eau très élevée. Cette capacité de rétention peut aller jusqu'à 10 fois l'équivalent de son poids sec. Selon Caron (1980), une tonne de tourbe est nécessaire pour traiter une masse équivalente de purin.

La tourbe est très acide, pH de 3,2 à 4,5, et sa densité qui est faible varie de 45 à 100 kg/m³ selon le degré de décomposition de nul à faible. A cause de cette variation de sa densité apparente, il faudrait parler de sa capacité de rétention d'eau en volume plutôt qu'en poids.

Contrairement à la croyance populaire, la tourbe est généralement dans un état d'humification peu avancé. Ainsi, comparativement à l'humus forestier, son rapport carbone/azote est deux fois plus élevé, selon Gonzalez (1981).

On trouvera dans le tableau 22 les principales propriétés physico-chimiques de la tourbe provenant de différentes sources. Nous donnerons plus loin dans ce rapport (tableau 25) la composition de la tourbe utilisée dans nos travaux.

A cause de l'acidité de la tourbe, on assume généralement que les microorganismes responsables de la décomposition de la matière organique peuvent difficilement se développer sous ces conditions, ce qui aurait pour effet de limiter la décomposition de la tourbe. La tourbe reste inerte lorsqu'elle

TABLEAU 22: PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DE TOURBES DE DIFFERENTES SOURCES

PARAMETRES	GONZALEZ(1)	JUSTE ET SOLDA(2)	BOLLEN ET GLENNIE(3)
pH	4,4	4,3	-
Carbone	53,4%	47,5%	48,29%
Azote total	0,91%	0,87%	0,83%
Phosphore	300 ppm	0,31%	-
Potassium	510 ppm	0,40%	-
Calcium	1 500 ppm	1,50%	-
Magnésium	900 ppm	1,50%	-
Fer	800 ppm	-	-
Aluminium	0 ppm	-	-
Manganèse	115 ppm	-	-
C/N	59	54,6	58

- SOURCES:
1. GONZALEZ, A. Centre Rech. forestières des Laurentides, 1981
 2. JUSTE, C. et P. SOLDA. Comptes rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France. Mars 1971.
 3. BOLLEN, W.B. et D. GLENNIE. Forest Product Journal. Vol. II, 1961.

est mise en compostage avec d'autres matières organiques. L'incorporation de substances neutralisantes et de débris organiques pourrait créer par ailleurs un milieu de fermentation brisant cette résistance de la tourbe à l'attaque microbienne.

Dans un essai, ou après addition de carbonate de chaux, une tourbe de sphaignes blonde avait été ensemencée avec du purin et mise à l'étuve pendant deux mois, Barbier et Boischaut (1943) n'ont toutefois constaté aucune transformation.

L'idée est donc venue que les tourbes pouvaient exercer un effet toxique sur les microorganismes et sur les plantes. L'action antibiotique et toxique des tourbes ne serait pas forcément conjuguée à l'acidité, selon Pétré (1933).

D'après Barbier (1943), les acides humiques de la tourbe sont des humus vieillis et fossilisés se comportant comme une matière à peu près inerte aussi bien du point de vue biologique que du point de vue colloïdal. Ce qui empêcherait l'utilisation de la tourbe pour fins de compostage serait donc l'existence de substances hostiles à la vie, qui se sont formées au cours de la fossilisation et qui agissent comme stérilisants ou désinfectants empêchant toute dégradation biologique de la tourbe. Ces substances seraient en général des composés cycliques, notamment des phénols ou leurs dérivés.

6.0 TECHNIQUES EXPERIMENTALES DE COMPOSTAGE DE LISIER DE PORCS

Le présent travail de recherche et de développement d'un procédé de compostage de lisier de porcs a été réalisé à partir d'essais-pilotes effectués sur un site expérimental aménagé sur la ferme d'élevage de porcs Buteau et Tremblay, à Saint-Henri de Lévis. Il avait pour but de résoudre plusieurs problèmes de production d'un compost stabilisé acceptable comme substrat horticole, et de préparer un guide d'application du procédé de compostage.

M. Roch Buteau a entrepris en 1979 la fabrication d'un compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois. Sur la base des essais effectués à ce jour par monsieur Buteau, il semblerait préférable, pour des raisons économiques, de procéder au compostage du mélange dans des tas de $1\ 000\ m^3$ plutôt qu'en andains, mais de nombreux aspects resteraient à préciser relativement à la technique optimale à adopter.

Pour les fins et les exigences expérimentales, nous avons adopté le procédé de compostage en tas individuels ou pyramides de $18,3\ m^3$ à $23\ m^3$, selon le matériel utilisé, avec retournement mensuel et nouvel apport à chaque fois de lisier de porcs ou de lixiviat dans les matières carbonées utilisées comme support.

On a tenu compte des essais effectués dans ce domaine au Québec et chez monsieur Buteau en particulier, des matériaux de base disponibles qui pouvaient être utilisés comme subs-

tances organiques de support, de l'équipement le plus économique que l'on peut facilement trouver dans une ferme et du minimum de main-d'oeuvre nécessaire pour les diverses opérations de compostage.

Les travaux d'aménagement du site expérimental ont débuté le 3 juin 1983, tandis que la fabrication des premiers tas de compost a commencé le 22 juin 1983.

6.1 PLAN DE L'INFRASTRUCTURE EXPERIMENTALE

Afin de procéder aux essais comparatifs de compostage du lisier de porcs en mélange avec différents matériaux carbonés de support, on a construit une plate-forme en béton bitumineux. Cette plate-forme avait 6,09 x 91,4 m (20 x 300 pi) pour l'aire de compostage et permettait le compostage de neuf tas de 16 à 24 m³ environ (20 à 30 v³). Un dixième emplacement avait été prévu et conservé libre. Il servait lors des retournements pour fins d'aération et d'injection de lisier.

L'expérimentation s'est donc faite à une grande échelle afin de pouvoir faire des recommandations appropriées à des opérations à échelle nature.

Un muret de 12,7 cm (5 po) de hauteur le long de la plate-forme permettait de retenir le refus ou lixiviat qui s'écoulait de chaque tas de compost vers des fosses individuelles situées vis-à-vis chacun des tas à l'extérieur de la plate-forme. On pouvait ainsi recueillir le lixiviat et le réin-

jecter dans les tas de compost qui servaient à cette fin, au lieu d'y incorporer du lisier frais lors de chaque retournement au cours de la période de compostage. Les cinq plus grandes fosses vis-à-vis des tas de sciure de bois franc pouvaient contenir 2 545 litres (560 g) de lixiviat et les petites, vis-à-vis des autres tas, environ 1 500 litres (330 g).

On trouvera à la figure 3 le plan de base de l'infrastructure expérimentale.

6.2 CHOIX ET CARACTERISTIQUES DES MATIERES UTILISEES

Le lisier de porcs a une teneur élevée en eau, et les conditions de fermentation naturelle sont anaérobies. Afin d'avoir une structure grossière et friable pour une bonne fermentation aérobie durant le compostage, il faut l'incorporer dans un matériel organique absorbant riche en carbone qui sert de support. Il est d'ailleurs impensable de faire du compost avec du lisier de porcs seul.

Le choix d'un matériel carboné de support approprié dépend de la disponibilité et de la situation géographique des entreprises concernées. C'est pourquoi nous avons choisi, pour cette étude sur le compostage du lisier de porcs, cinq matières organiques différentes, riches en carbone et disponibles dans la région: la sciure de bois franc, l'écorce de bois franc, la tourbe de sphaignes décomposée, la paille et l'ensilage de maïs. Ces divers matériaux de base se prêtent bien à l'absorption du lisier de porcs, moyennant certaines

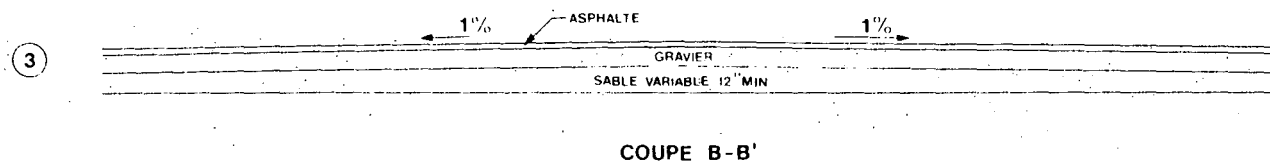
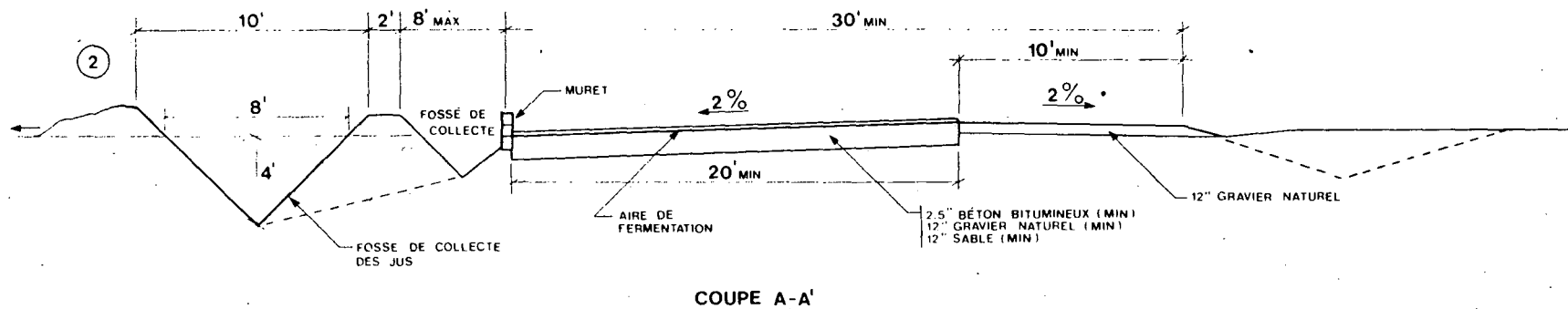
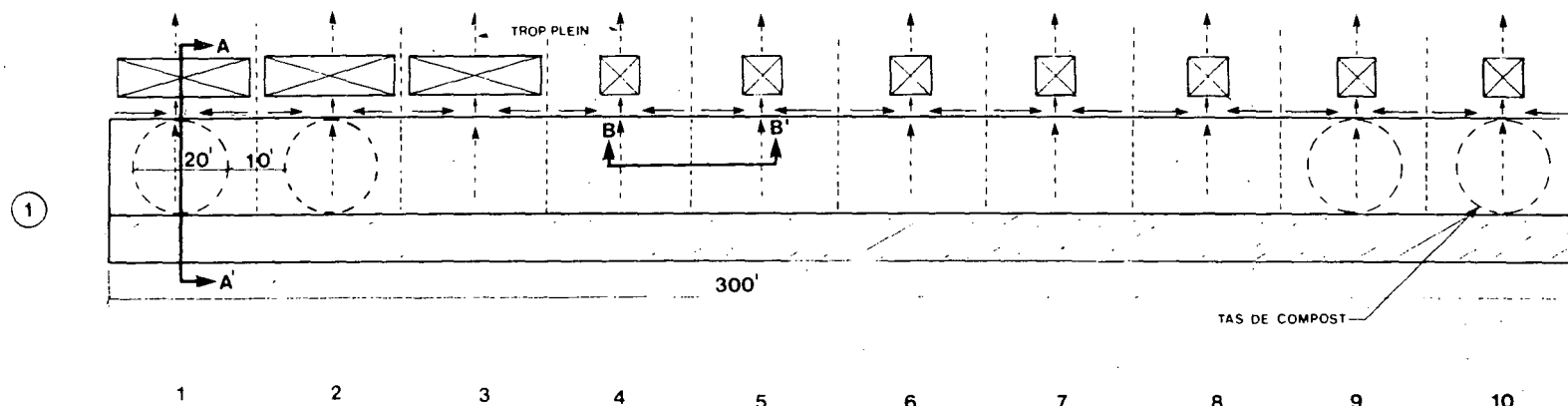


FIGURE 3

ECHELLE:

- 1 1:305 (VUE EN PLAN)
- 2 1:61 (VUE EN COUPE)
- 3 SANS ECHELLE (VUE EN COUPE)

PLAN CLE

ROCHE
associés inc.
Groupe conseil

2535, boul. Laurier,
Sainte-Foy, Québec,
G1V 4M3 Canada
(418) 871 9600
Telex: OBC 051 3814

précautions ou conditionnement préalable selon le cas. Elles empêchent l'émanation de mauvaises odeurs et favorisent une longue période thermophile de fermentation aérobie qui détruit les germes pathogènes.

On n'a pas utilisé de foin compte tenu qu'il serait très difficile de concurrencer l'utilisation actuelle de ce matériel. On a utilisé de l'ensilage de maïs au lieu de rafles parce qu'il n'y en avait pas de disponibles au début de l'été. Enfin, on a choisi une tourbe décomposée sachant qu'une tourbe blonde horticole ou tourbe de sphaignes non décomposée est inerte et prend des années à se transformer.

6.2.1 Lisier de porcs

A chaque opération de compostage, on a prélevé des échantillons de lisier de porcs et de lixiviat afin de déterminer leurs propriétés physico-chimiques. On a analysé en tout 13 échantillons de lisier et 7 échantillons de lixiviat dont les propriétés apparaissent dans les tableaux 23 et 24 respectivement.

TABLEAU 23: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DU LISIER DE PORCS

PARAMETRES	VALEUR EXTREMES mg/l	MOYENNE mg/l
DCO	12 400 - 32 000	17 127
DBO ₅	7 000 - 16 500	9 104
N total	2 460 - 13 800	4 126
N ammoniacal	1 820 - 4 540	2 549
P total	126 - 500	236
K total	1 173 - 2 200	1 666
Ca total	49 - 263	122
Mg total	19 - 204	55

TABLEAU 24: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU LIXIVIAT
RECUEILLI DANS LES FOSSES

PARAMETRES	VALEURS EXTREMES mg/l	MOYENNE mg/l
DCO	1 000 - 19 900	7 894
DBO ₅	150 - 8 200	2 926
N total	78 - 2 530	1 043
N ammoniacal	26 - 2 170	615
P total	3 - 94	31
K total	58 - 2 000	985
Ca total	8 - 132	76
Mg total	7 - 80	43

On a constaté au cours de la saison un appauvrissement très prononcé en éléments minéraux du lixiviat contenu dans les fosses, ainsi qu'une diminution de la demande chimique (DCO) et de la demande biochimique (DBO₅) en oxygène. Quant au lixivier lui-même, les variations sont considérables pour les différents paramètres comme il faut s'y attendre, compte tenu des nombreux facteurs affectant ses propriétés.

La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure un peu plus objective que la demande biochimique en oxygène (DBO) mais elle s'avère toutefois plus difficile à interpréter.

Nous n'avons pas revu les données contenues dans la littérature sur la teneur en DBO des lisiers et autres effluents de traitements aérobies. Nous avons déterminé les deux paramètres pour fin de comparaison avec les analyses de quelques chercheurs seulement.

La demande biochimique en oxygène (DBO) est un paramètre utilisé assez couramment. Il importe de préciser que cette mesure n'est pas absolue, et qu'elle est seulement un indicateur de la charge polluante d'un effluent donné. La mesure de ce paramètre est soumise à de nombreuses sources d'erreur dont les principales sont: la nature de l'inoculum employé, le degré de dilution utilisé et la présence de substances toxiques ou inhibitrices dans l'échantillon à analyser. On doit ajouter que l'aération ou l'agitation en présence d'air favorise l'oxydation de la matière organique en solution ou en suspension et contribue ainsi à réduire la demande biochimique en oxygène (DBO) du matériel.

6.2.2 Paille

La paille constitue l'essentiel des sous-produits des cultures de céréales. Elle occupe une place importante parmi les résidus de culture, tant par son tonnage que par les utilisations variées qu'on peut en faire.

C'est une source non négligeable de carbone organique qui peut contribuer au compostage du lisier de porcs. A l'état brut, la paille n'est pas fragmentée et a une faible capacité de rétention en eau. Il a donc fallu la broyer à l'aide d'une fourragère afin qu'elle puisse absorber le lisier de porcs. Ainsi traitée, elle constitue un matériel carboné de support capable d'absorber du lisier pour fins de compostage. Elle est riche en carbone et par conséquent possède un rapport C/N élevé.

Les principales caractéristiques de la paille et des autres matières carbonées de support utilisées dans ce travail figurent au tableau 25.

On remarque en particulier l'acidité de la tourbe de sphaignes décomposée et de l'écorce de bois franc, comparativement à la sciure de bois franc, à la paille et à l'ensilage de maïs. Il faut également souligner que la paille a une très faible teneur en humidité, et que seuls l'ensilage de maïs et la tourbe de sphaignes décomposée contenaient plus de 50% d'eau.

La teneur en matière organique, et par conséquent en carbone, est élevée dans tous ces matériaux, à l'exception de l'ensilage de maïs. Mais comme la teneur en azote total est faible dans la sciure de bois franc, son rapport C/N est élevé comparativement aux autres matériaux. La teneur en azote total est plus élevée dans la paille et l'ensilage de maïs que dans les autres matériaux utilisés.

TABLEAU 25: COMPOSITION CHIMIQUE DES MATERIAUX ORGANIQUES UTILISES COMME SUP-
PORT

PARAMETRES	SCIURE DE BOIS FRANC	SCIURE ET 10% COMPOST	PAILLE HACHEE	ECORCE DE BOIS FRANC	ENSILAGE DE MAIS	TOURBE DE SPHAIGNES DECOMPOSEE
H ₂ O %	30,1	45,6	4,2	26,2	67,2	54,3
Matière organique %	98,7	96,5	94,3	88,4	46,6	94,5
pH	6,1	6,4	6,6	5,1	6,1	4,1
P - assim. mg/kg	17	350	210	35	970	36
P - total mg/kg	70	640	1 130	400	1 500	250
Ca - assim. mg/kg	1 480	750	1 350	870	360	2 720
Ca - total mg/kg	1 550	1 100	1 370	2 600	670	2 750
Mg - assim. mg/kg	220	400	440	98	910	440
Mg - total mg/kg	280	407	590	470	1 090	560
K - assim. mg/kg	650	1 100	8 700	340	6 780	107
K - total mg/kg	1 040	1 450	12 800	1 590	7 950	680
N - total mg/kg	1 200	2 600	7 900	5 200	7 700	6 600
C/N	477	215	69	98	35	83

6.2.3 Ensilage de maïs

Les tiges, feuilles et spathes de maïs n'étaient pas disponibles au printemps pour l'étude comparative de différents matériaux carbonés de support. On disposait cependant d'un surplus d'ensilage de maïs qu'on a utilisé pour les fins du compostage avec du lisier de porcs. La valorisation des résidus de maïs est souhaitable pour l'amélioration de la production du maïs-grain.

L'ensilage de maïs était presque aussi riche en azote que la paille de céréales mais sa teneur en matière organique était plus faible, à cause d'un début de décomposition, et par conséquent son rapport C/N était plus faible. La paille de céréales utilisée contenait 55% de carbone environ, alors que l'ensilage de maïs en contenait environ 27%.

La composition chimique de l'ensilage de maïs utilisé apparaît dans le tableau 25.

6.2.4 Sciure de bois franc

La sciure de bois a un rapport carbone/azote très élevé, soit 130 à 1 000 environ selon les espèces. Elle s'incorpore très bien à d'autres produits solides ou liquides tels que le fumier et le lisier. Des travaux avec du lisier de porcs (Belzile, 1981) ont démontré que la sciure de bois se mélangeait mieux que la paille et le foin avec le lisier de porcs et qu'elle favorisait une meilleure fermentation aérobie. Elle donnait un compost semblable à un humus forestier,

d'agréable odeur et exempt de germes pathogènes. C'est un matériel très recommandable comme source de carbone pour favoriser une fermentation aérobie dans un compost de matières organiques riches en azote. C'est le matériel idéal pour le compostage de résidus organiques aqueux.

Pour les fins de la présente étude, on a utilisé de la sciure de bois franc. A l'exception des sciures de noyer et de cèdre, il semble que la sciure et l'écorce fraîches ne contiennent pas de substances toxiques pour la croissance des plantes, selon Lunt et Clark (1959).

On trouvera dans le tableau 25 la composition chimique de la sciure de bois franc utilisée. Elle est très pauvre en azote et a un rapport carbone/azote très élevé, soit 477, le plus élevé de tous les matériaux utilisés dans ce travail.

6.2.5 Ecorce de bois franc

L'idée d'utiliser les écorces de bois comme amendement organique des sols ou comme substrat de culture sous serre ou en pépinière a fait l'objet de plusieurs travaux réalisés dans différents pays (Verdure, 1978). La plupart des travaux ont montré que les écorces, à l'état brut ou compostées, pouvaient faire l'objet d'une utilisation agricole moyennant le respect de certains impératifs comme par exemple l'addition d'azote minéral destiné à modifier leur rapport carbone/azote.

Dans notre travail, l'écorce de bois franc utilisée avait une teneur en azote total plus élevée que celle de la sciure de bois et une teneur en carbone plus faible, d'où un rapport carbone/azote plus faible que celui de la sciure de bois franc, soit 98 comparativement à 477 pour la sciure. Les particules étaient cependant trop grossières, et l'écorce devrait être broyée plus finement pour donner un produit acceptable pour fins de compostage et d'utilisation comme substrat horticole.

6.2.6 Tourbe de sphaignes décomposée

La tourbe de sphaignes est très utilisée pour fabriquer des substrats horticoles artificiels. Sa capacité de fournir des éléments nutritifs est assez faible. C'est relatif de dire qu'elle a une bonne capacité d'échange. En effet, sa capacité d'échange cationique est plus élevée que celle du sable ou d'une terre sableuse, mais plus faible que celle de la sciure de bois et d'une terre argileuse.

Toutes les tourbes de sphaignes ne donnent pas une bonne aération. Trop souvent, elles ont une mauvaise perméabilité parce que les fibres de sphaignes sont trop fines ou que la tourbe a été trop broyée.

La tourbe a le défaut de se mouiller difficilement à moins de lui incorporer un agent mouillant. Sa ré-humectation après une dessiccation un peu trop poussée s'avère difficile et longue. Dans un milieu aqueux, elle flotte et se mélange très difficilement. Il faut procéder graduellement, par petites quantités à la fois de liquide et de tourbe, comme dans la fabrication d'un mélange de béton.

La tourbe blonde horticole est très fibreuse et se décompose trop lentement pour les fins du présent travail. Nous avons donc utilisé une tourbe brune plus décomposée. Sa composition chimique est donnée au tableau 25. Elle est très acide (pH 4,1), très riche en calcium, mais pauvre en phosphore et en potassium. Elle est plus riche en azote que la sciure ou l'écorce de bois et possède un rapport carbone/azote plus faible que ces deux matériaux, soit 83.

6.3 FABRICATION ET DESCRIPTION DES TAS DE COMPOST

6.3.1 Fabrication des tas de compost

L'équipement utilisé pour fabriquer les tas de compost se résumait aux instruments aratoires disponibles dans la ferme d'élevage de porcs de Buteau et Tremblay Inc., soit une pompe à lisier, un tracteur muni d'un chargeur frontal et une remorque à fourrage.

Pour le mélange du lisier avec de la sciure de bois, on a utilisé une vis sans fin de 9 mètres de longueur (30 pieds), munie d'une trémie ou entonnoir à la base, et dont la sortie est située à 3,6 mètres de terre environ (12 pieds). Le lisier était pompé dans un baril de 204,5 litres (45 gallons), la sciure de bois était amenée près de la trémie dans une remorque à fourrage, et le mélange s'effectuait de façon continue dans la trémie puis il était acheminé sur le tas par la vis sans fin. Cet appareil consomme peu d'énergie. De plus, il assure un bon mélange du lisier et de la sciure de bois et permet de construire seul les tas. Il existe évidemment d'autres méthodes ou équipements qui peuvent aussi bien convenir.

Cet équipement donne d'excellents résultats avec de la sciure de bois mais ne convient pas pour les matériaux suivants:

- a) l'écorce de bois qui était trop grossière;
- b) l'ensilage de maïs peu friable;
- c) la paille hachée et,
- d) la tourbe de sphaignes.

Pour ces matériaux, on a dû construire les tas et y incorporer le lisier graduellement en pratiquant une dépression sur le dessus et en arrosant uniformément les tas sur le dessus et à l'extérieur, au fur et à mesure de leur confection.

La tourbe se mouille difficilement. Elle n'absorbe l'eau que par petites quantités à la fois lorsqu'elle est sèche. Il a fallu procéder par étapes, à deux reprises durant la même journée pour y incorporer la quantité de lisier requise.

La paille à l'état brut n'est pas fragmentée et a une faible capacité de rétention en eau. Il a donc fallu la broyer à l'aide d'un hache-fourrage afin qu'elle puisse absorber le lisier de porcs. On y a incorporé les deux tiers seulement du lisier requis la première fois à cause de perte, et l'autre tiers fut ajouté dans le tas la semaine suivante.

La teneur en eau de l'ensilage étant élevée (67%), il a fallu réduire la quantité de lisier pour éviter une trop grande perte. Le tas était déjà en état de fermentation. La température intérieure était de 50°C à un mètre de profondeur.

L'écorce de bois franc disponible était plutôt grossière avec de gros fragments, mais à cause de particules plus fines qui se déposaient à l'intérieur des tas, il a été possible d'y incorporer sans perte tout le lisier requis en une seule fois. Au moment de l'injection du lisier dans la masse, la température intérieure du tas à un mètre était déjà de 60°C.

Nous avons considéré la possibilité de procéder au mélange du lisier de porcs avec les différents matériaux de support utilisés par l'immersion directe dans la fosse à lisier. Cette pratique s'est avérée impossible dans une fosse intérieure. Quant à l'immersion dans une fosse extérieure, le problème de la récupération complète du matériel ainsi immergé est considérable sinon insurmontable pour certains de ces matériaux, voire dégoûtant.

Il faudrait dans ce cas une pompe spéciale capable d'aspirer un matériel de nature grossière et gorgé d'eau. Or, on a été incapable de faire passer dans une vis sans fin de 30 cm de diamètre l'écorce de bois franc, l'ensilage de maïs, la tourbe de sphaignes décomposée et la paille. Seul un convoyeur à palettes pourrait peut-être convenir à cette fin, mais cela occasionnerait une somme immense de travail.

Devant l'incapacité de récupérer tout le matériel immergé avec les instruments disponibles nous avons dû renoncer à ce mode de mélange qui n'est pas recommandable. Il contribuerait à polluer la fosse à lisier qu'il faudrait vider complètement pour en retirer le matériel ainsi immergé. De plus, ce matériel gorgé de liquide constituerait un milieu favorable à une fermentation anaérobie.

Nous avons également considéré la digestion ou compostage complet dans une fosse ouverte. Comme son nom l'indique, le compostage s'effectue alors dans une fosse de lisier dans laquelle on ajoute les matériaux de support à composter.

Il faut dans ce cas un équipement spécial pour agiter ou aérer le mélange dans la fosse, si on veut prévenir une fermentation anaérobie. A l'aide de cet équipement, on devrait aérer le mélange une fois par jour dans la fosse. Il serait difficile de déterminer l'évolution du processus de compostage, et de connaître le moment où il faudrait retirer le matériel de la fosse.

Les problèmes de récupération mentionnés antérieurement se posent à ce moment dans toute leur ampleur de nouveau, sans qu'on soit certain de la qualité du compost obtenu, qui de toute façon ne pourrait être stabilisé à ce stade.

6.3.2 Description des tas de compost

Les tas de compost avaient tous 6 mètres (20 pieds) de diamètre à la base. Ceux composés de sciure de bois franc avaient 2,13 mètres (7 pieds) de hauteur, et les autres n'avaient que 1,5 mètre (5 pieds) de hauteur environ. On trouvera dans le tableau 26 une description détaillée des matériaux utilisés et des traitements lors de la fabrication des tas de compost, le 22 juin 1983. Une description des traitements subis lors de la fabrication des tas de compost, et à chaque retournement mensuel pour fin d'aération au cours de la saison, apparaît dans le tableau 27.

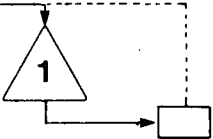
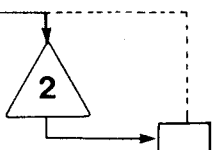
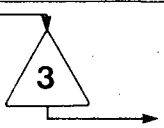
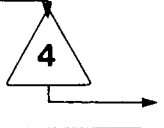
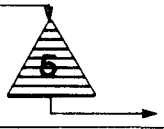
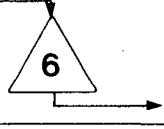
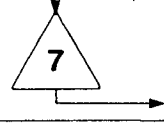
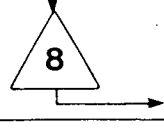
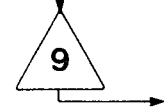
On constate dans le tableau 27 que la sciure de bois franc a une bonne capacité de rétention du lisier de porcs, de même que l'écorce de bois franc qui était plutôt grossière. On a pris soin d'ajouter à tous les matériaux de support utilisés, au fur et à mesure de la période de compostage, la quantité de lisier que chacun pouvait absorber sans perte ou écoulement appréciable sur le champ. Les pertes de lisier ou lixiviat ont été très minimes, au point que les quantités recueillies n'ont pas été suffisantes parfois pour ajouter les quantités nécessaires dans les tas prévus à cette fin. On a décrit antérieurement (6.2.1) les caractéristiques physico-chimiques du lixiviat recueilli dans les fosses.

La sciure de bois franc et l'écorce de bois franc ont absorbé jusqu'à 46 et 42 pour cent de lisier en volume au cours de la période de compostage.

TABLEAU 26 : MATERIAUX CARBONES DE SUPPORT ET TRAITEMENTS LORS DE LA FABRICATION DES TAS

No.	MATERIEL	QUANTITE m	LITRES DE LISIER DE PORCS	% DE LISIER
1.	Sciure de bois franc	18,3	1 635 L	9%
2.	Sciure de bois franc	18,3	1 635 L	9%
3.	Sciure de bois franc	18,3	1 635 L	9%
4.	Sciure de bois franc	18,3	1 818 L	10%
5.	Sciure de bois franc et compost d'un an	18,3 2,0	1 635 L	9%
6.	Ecorce de bois franc	23,0	2 045 L	10%
7.	Ensilage de maïs	13,7	1 923 L	7%
8.	Tourbe de sphai- gnes décomposée	20,6	2 045 L	10%
9.	Paille hachée	23,0	1 635 L	7%

TABLEAU 27: TRAITEMENTS LORS DE LA FABRICATION ET DES RETOURNEMENTS MENSUELS SUIVANTS

MATÉRIEL		LITRES DE LISIER OU DE LIXIVIAT								
			JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	TOTAL	POURCENTAGE
	SCIURE DE BOIS	Lisier Lixiviat	1635 --	-- 500	-- 1705	-- 1818	-- VC*	-- --	1635 <u>4023</u> 5658	31
	SCIURE DE BOIS	Lisier Lixiviat	1635 --	-- 818	-- 1705	-- 1705	-- 1705	-- --	1635 <u>5933</u> 7588	41
	SCIURE DE BOIS	Lisier	1635	818	1818	682	1500	2045	8498	46
	SCIURE DE BOIS	Lisier	1818	818	2045	682	--	--	5363	29
	SCIURE DE BOIS ET VC*	Lisier	1635	818	1068	682	--	--	4203	21
	ÉCORCE DE BOIS	Lisier	2045	1818	2182	1592	2045	--	9682	42
	ENSILAGE DE MAÏS	Lisier	1023	500	1410	340	--	--	3273	24
	TOURBE DÉCOMPOSÉE	Lisier	2045	1023	1205	727	VC*	--	5000	24
	PAILLE	Lisier	1635	818	1818	455	--	--	4726	20

* VC = 10% de vieux compost

La tourbe de sphaignes décomposée est difficile à mouiller. Elle n'accepte pas plus de 10 pour cent de lisier en volume la première fois, ni plus de 5 pour cent lors des retournements mensuels suivants pour un total d'environ 25 pour cent au cours du compostage.

L'ensilage de maïs se comporte comme la paille, qui absorbe très peu de lisier la première fois, soit environ 7% en volume, pour un total de 20 à 24% durant la période de compostage. Ces deux matériaux deviennent trop compacts et peu friables pour un substrat horticole acceptable.

L'écorce de bois franc, la tourbe de sphaignes décomposée, l'ensilage de maïs et la paille s'avèrent inacceptables pour le compostage avec le lisier de porcs, soit à cause de leur mauvaise capacité d'absorption ou de rétention du lisier, la texture du matériel ou la nature du compost obtenu.

Seule la sciure de bois franc qui a reçu successivement un apport de lisier de 10, 4,5, 11 et 3,5 pour cent en volume lors de la fabrication et des retournements successifs, pour un total de 29 pour cent en volume, a donné un produit homogène, friable et bien décomposé. Il a aussi donné d'excellents résultats dans des essais de culture de plants de tomates en serre après cinq mois et demi seulement de compostage.

La façon dont on a procédé pour ajouter le lisier au cours des retournements mensuels semble indiquer que c'est la meilleure façon de favoriser les conditions nécessaires à la fermentation en vue d'une décomposition optimale de la matière organique.

L'utilisation du lixiviat au lieu du lisier lors des retournements mensuels ne s'est pas avérée efficace, lorsqu'on a ajouté 22 ou 32 pour cent de lixiviat au volume initial de lisier, pour une quantité totale de lisier et de lixiviat de 31 et 41 pour cent. Le lixiviat est pauvre en éléments de toutes sortes, dilué par l'eau de pluie, et possède une faible valeur pour favoriser une décomposition rapide de la matière organique contrairement au lisier de porcs seul.

Comme dans tout procédé biologique, le compostage a besoin d'une souche de microorganismes pour bien démarrer. Les déchets contiennent naturellement des microorganismes et si on a besoin de souches particulières, on peut toujours inoculer les tas avec des fumiers ou encore du compost mûri.

Dans notre étude, il est certain que le lisier de porcs contient une foule de microorganismes qui peuvent assurer une bonne fermentation dès le début du compostage. Cependant, afin de vérifier l'influence d'un ensemencement avec du compost déjà en période de fermentation, on a inclus dans l'étude un tas de sciure de bois franc, auquel on a ajouté 10% d'un compost en fermentation (tas no 5).

Deux tas de compost (nos 1 et 2) avec de la sciure de bois franc ont servi au recyclage du lixiviat ou jus qui s'écoulait des tas de compost. Les deux autres tas de sciure de bois (nos 3 et 4) ont été traités avec du lisier de porcs seulement provenant de la fosse d'entreposage du lisier.

6.3.3 Main-d'oeuvre nécessaire aux opérations de compostage

La fabrication expérimentale du compost a nécessité l'aide de trois hommes: un opérateur de tracteur avec chargeur frontal, un préposé au boyau d'arrosage et un autre pour amorcer et arrêter la pompe dans la citerne distante de deux cents pieds du site expérimental.

Dans des conditions normales d'un élevage de porcs avec fabrication de compost à base de lisier et de sciure de bois, alors que les matériaux seraient disponibles à proximité, deux hommes suffiraient à la tâche. Ils pourraient aussi bien effectuer ce travail en utilisant l'une ou l'autre méthode décrite précédemment, soit une vis sans fin munie d'une trémie ou entonnoir à la base et une remorque à fourrage afin d'effectuer le mélange de façon continue dans la trémie, soit encore un tracteur avec chargeur frontal pour confectionner graduellement le tas de compost en l'arrosant de lisier au fur et à mesure de sa confection. En l'absence d'une remorque à fourrage, le tracteur pourrait déverser la sciure de bois directement dans la trémie de la vis sans fin si on possède cet équipement.

Le retournement mensuel d'un tas de compost à l'aide d'un tracteur muni d'un chargeur frontal et l'injection simultanée de lisier nécessiteraient également deux hommes. Ils peuvent facilement fabriquer 40 m^3 à l'heure de compost avec l'une ou l'autre méthode ou procéder au retournement des tas de compost avec un tracteur muni d'un chargeur frontal.

6.4 EVOLUTION DU COMPOSTAGE

Tous les facteurs déterminants doivent agir dans des conditions environnantes optimales pour initier, favoriser et réaliser le processus complet de compostage. Il faut donc surveiller attentivement le processus en déterminant les principaux paramètres permettant de connaître l'évolution des caractéristiques principales du mélange et d'intervenir au moment opportun.

Parmi ces paramètres techniques nécessairement variables et différents selon les matériaux utilisés pour le compostage, il y a: la température, l'acidité, l'humidité, la matière organique, les éléments minéraux et la flore microbienne.

On a donc surveillé le processus de fermentation du compost en mesurant ces différents paramètres et on est intervenu régulièrement pour aérer les mélanges et ajouter de nouveau du lisier. Il a fallu procéder à l'aération des tas de compost par retournement et à l'addition de lisier tous les mois. Lors de ces opérations, on prélevait des échantillons pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des différents mélanges.

La température et l'humidité en particulier sont les deux principaux points de référence quant au besoin en oxygène de la vie microbienne dans le processus de compostage aérobie. Elles sont assez intimement liées et déterminent les aérations nécessaires au cours de la période active de fermentation.

On peut exprimer de la façon suivante la réaction chimique ou biochimique durant le compostage aérobie:

Matière organique + microorganismes + oxygène

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{microorganismes}$

Cette simplification ignore cependant la contribution de facteurs aussi importants que: la nature du substrat organique, la présence d'inhibiteurs microbiens, l'ampleur de la demande en oxygène, la température, le pH du milieu, et la flore microbienne. L'importance de ces facteurs est capitale et déterminante dans toute fermentation et par conséquent dans l'évolution du processus de compostage aérobie.

6.4.1 Température

Dans toute réaction chimique ou biochimique, la température exerce une influence déterminante sur le taux de transformation des substances en solution. On observe cet effet cinétique dans la plupart des fermentations aérobies.

La production de chaleur ne serait pas cependant une mesure fiable du degré ou du taux de compostage (APWA, 1970, cited by Hays, 1973). Elle dépend d'autres facteurs tels que: l'oxygène disponible, l'évolution du tas de compost, la présence de microorganismes actifs, le pourcentage d'eau, le pH et la température ambiante.

Elle a des effets connus sur les microorganismes qui prolifèrent plus rapidement en entreprenant leur phase active de métabolisme à des températures élevées. Elle peut aussi avoir certains autres effets. Les microorganismes ont des températures optimales de fonctionnement, à cause des enzymes qu'ils contiennent, et peuvent subir des dommages irréversibles exposés à des températures au-delà de leur seuil de résistance.

Il existe toutefois certains groupes de microorganismes dits "thermophiles" qui peuvent se multiplier à des températures plus que deux fois supérieures aux températures ambiantes, et même de l'ordre de 60° à 70°C. Des températures de compostage de 45° à 65°C seraient le minimum nécessaire à la destruction des virus (50° à 60°C). D'après Finstein (1980), des températures supérieures à 60°C environ sont nécessairement associées à une performance sous-maximale. Les microorganismes responsables du compostage et de l'élévation de température observée sont composés d'un groupe spécial adapté à des températures élevées et que l'on appelle "thermophiles".

Dans le présent travail, la température a été enregistrée tous les jours à l'aide d'un thermomètre bimétallique muni d'une tige de un mètre de longueur, durant les mois de juin à novembre 1983 inclusivement, et deux fois par semaine durant les mois de l'hiver 1983-84.

Elle a atteint 70°C et ne l'a dépassé qu'une seule fois (71°C) dans un tas de sciure de bois. Il n'a donc pas été nécessaire de la contrôler par l'addition de lisier ou par un

retournement prématuré du mélange. D'une façon générale, elle s'est maintenue entre 55° et 70° la majeure partie du temps, durant la période active de fermentation où il y a prolifération de microorganismes responsables de la décomposition de la matière organique. Dans le mélange à base de tourbe de sphaignes décomposée cependant, la température n'a jamais dépassé 45°C. Après chaque opération de retournement avec addition de lisier, la température s'élevait de nouveau rapidement dans les jours suivants.

La température dans les tas de sciure de bois franc a toujours été supérieure à celles des autres matériaux, à l'exception de celle de l'écorce de bois où, au cours des mois d'octobre et de novembre, à la fin de la saison, elle a atteint un niveau supérieur.

On trouvera à l'annexe III les températures enregistrées dans chacun des mélanges au cours de la saison. Un résumé de l'évolution de ces températures apparaît dans le tableau 28, ainsi que dans les figures 4 et 5 qui suivent.

La température dans le tas no 4 n'a jamais dépassé 66°C, et elle s'est refroidie davantage à la fin de la saison. C'est le mélange qui avait la meilleure apparence et qui a donné les meilleurs résultats dans les essais de culture en serre durant le mois de décembre 1983 et janvier 1984. Ce tas n'a reçu que quatre apports de lisier pour une quantité totale inférieure à celle des trois premiers, mais supérieure à celle du cinquième. Il avait cependant reçu de fortes doses les trois premières fois.

TABLEAU 28: VARIATIONS DES TEMPERATURES DES TAS DE COMPOST DU 24 JUIN 1983
AU 27 FEVRIER 1984 (°C)

NO DE JOURS	DATE	TAS DE COMPOST (1)									DATE DE RETOURNEMENT DES TAS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	24 juin	50	30	30	27	35	60	50	26	42	
10	3 juillet	68	65	68	41	60	58	55	42	60	
20	13 juillet	69	67	70	53	53	57	55	45	63	19 juillet
30	23 juillet	60	57	56	60	56	55	63	40	66	
40	2 août	64	64	70	65	64	40	63	40	66	
50	12 août	59	62	65	59	65	36	56	34	63	
60	22 août	59	61	63	61	64	35	56	29	61	25 août
70	1 septembre	63	63	60	53	56	54	51	34	53	
80	11 septembre	58	63	63	59	58	59	51	33	54	
90	21 septembre	52	59	63	61	62	45	38	30	45	23 septembre
100	1 octobre	51	39	51	47	46	66	33	27	42	
110	11 octobre	58	56	54	48	60	53	30	25	36	
120	21 octobre	57	56	53	47	61	53	29	21	21	
130	31 octobre	55	33	30	41	59	62	15	11	12	27 octobre
140	10 novembre	48	49	53	52	62	52	16	8	14	
150	20 novembre	48	47	52	51	63	45	-	-	-	
160	30 novembre	42	34	43	28	34	-	-	-	-	29 novembre
170	10 décembre	51	52	60	44	53	-	-	-	-	
180	20 décembre	47	51	59	42	52	-	-	-	-	
190	30 décembre	42	51	57	38	55	-	-	-	-	
200	9 janvier	38	46	54	33	49	-	-	-	-	
210	19 janvier	36	43	53	23	44	-	-	-	-	
220	29 janvier	38	43	50	17	39	-	-	-	-	
230	8 février						-	-	-	-	
240	18 février						-	-	-	-	
250	28 février						-	-	-	-	

- (1) 1. Sciure de bois franc, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost
 2. Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (4)
 3. Sciure de bois franc et lisier (6)
 4. Sciure de bois franc et lisier (4)
 5. Sciure de bois franc, lisier (4) et 10% de vieux compost
 6. Ecorce de bois franc et lisier (5)
 7. Ensilage de maïs et lisier (4)
 8. Tourbe décomposée, lisier (4) et 10% de vieux compost
 9. Paille hachée et lisier (4)

FIGURE 4 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DANS LES TAS DE COMPOST

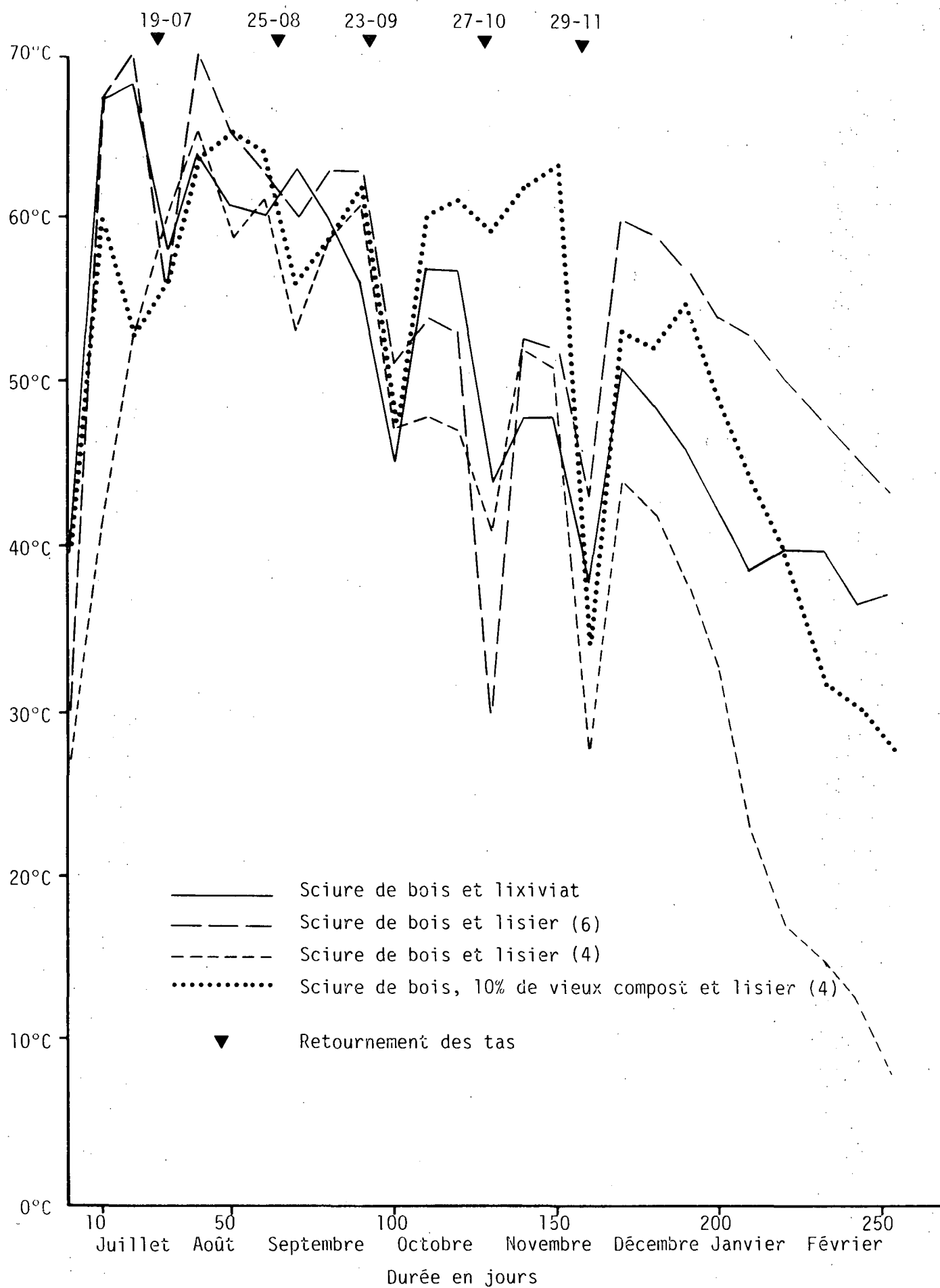
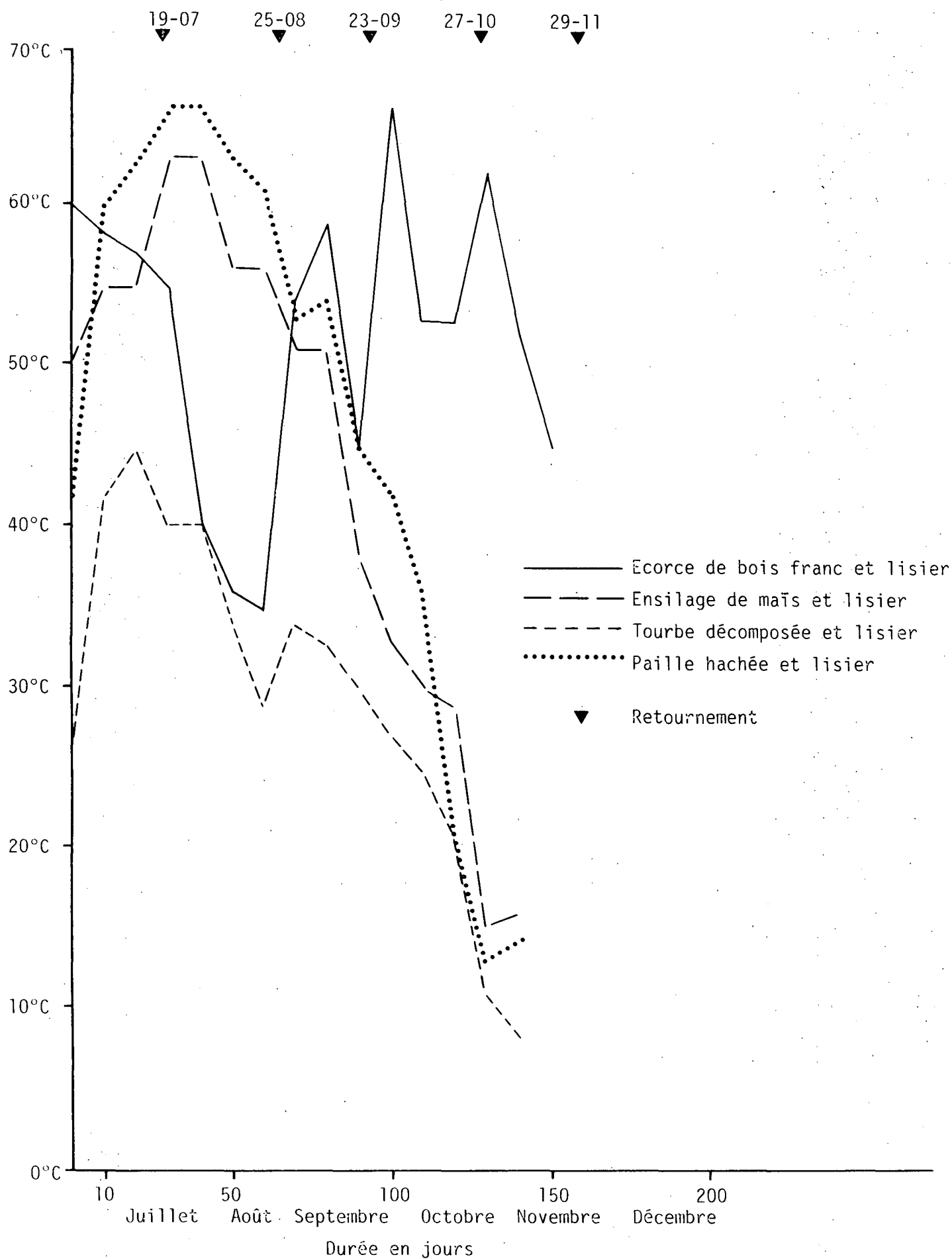


FIGURE 5 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DANS LES TAS DE COMPOST ¹⁰⁴



Au cours de l'hiver, malgré des températures extérieures inférieures à -20°C , la température à un mètre de profondeur à l'intérieur des tas variait de 25°C à 60°C en décembre 1983, de 17°C à 57°C en janvier 1984, et de 8°C à 50°C en février 1984. Il était toujours facile de prélever des échantillons pour fin d'analyse en brisant la croûte congelée de 2,5 cm d'épaisseur à la surface des tas. Dans certains tas, il n'y avait même pas de croûte gelée et la neige fondait à la surface des tas.

On constate en général un abaissement graduel de la température dans tous les tas de compost au cours de la période de compostage, malgré une élévation de plusieurs degrés à la suite de chaque retournement mensuel avec un nouvel apport de lisier de porcs à chaque fois.

Le tas de compost à base d'écorce de bois franc s'est toutefois comporté différemment. La fermentation a été lente à démarrer et s'est effectuée plus tardivement que dans les autres mélanges si on en juge par l'évolution de la température interne.

La chute graduelle de la température au cours de la période de compostage correspond à une baisse de l'activité microbienne à la suite de la diminution des substances faciles à décomposer et rapidement utilisables par les microorganismes. La décomposition terminale subséquente est plus lente et correspond à la période de maturation du compost.

La température maximale de compostage de 70°C ne correspondrait pas nécessairement à un optimum, et pourrait même être préjudiciable à la plupart des microorganismes actifs dans la décomposition de la matière organique. Le taux de compostage dans le tas de sciure de bois franc no 4, dans nos travaux, semble le démontrer. En effet, la température interne a toujours été inférieure à celle des autres tas. Elle a été plus lente à s'élever, n'a pas dépassé 65°C, et a été plus rapide à s'abaisser. C'est le tas de compost qui avait la meilleure apparence et qui a donné les meilleurs résultats dans les essais de culture en serre.

Pour la destruction des microorganismes pathogènes toutefois, les températures les plus élevées sont les plus désirables, selon Golueke (1976). Mais à de hautes températures, seules certaines bactéries peuvent prendre une part active à la décomposition de la matière organique (Bågstam, 1979). Le niveau léthal minimum pour les organismes pathogènes se situerait aux environs de 50 à 60°C.

Les températures optimales pour le compostage se situeraient dans le bas de l'échelle thermophile. Certains auteurs (Cappaert et al., 1976; Bågstam, 1979) suggèrent des températures entre 40 et 47°C. Pour la décomposition de la cellulose, l'optimum serait de 50°C selon Mote et Griffis (1978). Hoitink et Poole (1979) sont d'avis que pour atteindre de telles températures aussi près que possible de la surface d'un tas de compost, le centre doit être entre 55 et 70°C.

Les données recueillies sur l'évolution de la température à trois mètres à l'intérieur des tas de compost, durant nos travaux, semblent démontrer que la température interne devrait se situer entre 55 et 65°C.

Les variations de la température constatées n'indiquent pas d'effet spécial ou particulier du lixiviat ou de l'ensemencement avec du vieux compost sur la vitesse de la fermentation, comparativement au lisier seul. Le lixiviat contribue à la production d'un compost d'aucune valeur comme substrat horticole après six mois de fermentation.

Quant à l'ensemencement avec 10 pour cent d'un vieux compost, il n'accélère pas la vitesse de décomposition et produit un substrat de qualité inférieure au lisier seul. Il s'agit d'une opération supplémentaire inutile dans le compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois. Le lisier seul constitue un excellent ferment ou milieu de culture microbienne. L'addition de lisier après cinq mois de compostage contribue à maintenir une température élevée plus longtemps et à retarder la maturation du compost.

6.4.2 Acidité

Il semble que le pH est un moyen simple d'apprécier d'évolution d'un compost. D'une manière générale, le pH s'abaisse au début du compostage et s'élève ensuite graduellement pour se stabiliser après plusieurs semaines (EPA, 1979).

Lorsque les microorganismes commencent à se développer sur les hydrates de carbone disponibles, le pH s'abaisse rapidement à cause de leur décomposition, qui résulte en production d'acides organiques. Quand à leur tour les acides sont décomposés, le pH s'élève de nouveau, peut-être aussi à cause de la décomposition des protéines et de la libération de l'azote sous forme ammoniacale.

Lors de la phase expérimentale, on a déterminé d'abord le pH de chacun des matériaux organiques carbonés utilisés pour les fins du compostage, et ensuite il a été mesuré dans les tas de compost tous les mois. On s'est limité à observer les variations de pH sans déterminer son influence possible sur le compostage ou chercher à le contrôler. Les résultats de ces observations sont contenues dans le tableau 29.

On remarque que les variations du pH des tas de compost au cours de la période de compostage ont été fonction des matériaux organiques carbonés utilisés à cette fin. Les changements observés sont donc différents pour chacun des matériaux de support.

Les variations notées au cours du compostage semblent démontrer cette tendance du pH à s'abaisser au début, lors du compostage de la sciure de bois; par la suite le pH s'élève de nouveau dans la plupart des matériaux après 5 à 6 mois de compostage, à l'exception de l'ensilage où il était demeuré plus bas après 5 mois, et de la tourbe où il s'est élevé dès le début pour demeurer stationnaire par la suite. Le pH de la paille s'est élevé constamment dès le début et durant les quatre premiers mois de compostage. Quant au pH de l'écorce de bois franc, il a peu varié au début, mais il s'est abaissé durant le quatrième mois de compostage et s'est élevé de nouveau par la suite.

L'influence du pH dans le traitement aérobie de la matière organique a été étudié par certains auteurs en relation avec les pertes d'azote, au cours du processus de fermentation.

TABLEAU 29: EVOLUTION DU pH DES MATERIAUX AU COURS DU COMPOSTAGE

DATE	TAS DE COMPOST								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
83-06-22 Matériel de base	6,1	6,1	6,1	6,1	6,4	5,1	6,1	4,1	6,6
83-07-19	6,1	6,5	6,5	6,8	6,7	6,3	7,3	5,3	7,1
83-08-25	5,8	5,8	5,7	6,5	6,2	6,5	6,5	4,9	7,1
83-09-23	5,7	6,1	6,1	6,3	6,2	6,4	6,4	5,2	7,3
83-10-27	5,7	5,9	5,7	6,5	5,9	5,9	6,5	5,3	7,5
83-11-29	5,7	5,9	5,7	5,9	6,3	6,9	6,4	5,0	6,8
83-12-30	6,3	6,3	6,2	6,5	6,7	-	-	-	-
84-01-30	5,4	5,5	5,9	6,3	6,4	-	-	-	-
84-02-28	6,1	6,3	6,4	6,5	6,4	-	-	-	-

1. Sciure de bois, 1 fois de lisier, 3 fois de lixiviat et 10% de vieux compost
2. Sciure de bois, 1 fois de lisier et 4 fois de lixiviat
3. Sciure de bois et 6 fois de lisier
4. Sciure de bois et 4 fois de lisier
5. Sciure de bois, 4 fois de lisier et 10% de vieux compost
6. Ecorce de bois franc et 5 fois de lisier
7. Ensilage de maïs et 4 fois de lisier
8. Tourbe décomposée, 4 fois de lisier et 10% de vieux compost
9. Paille hachée et 4 fois de lisier

Peu de travaux antérieurs ont porté sur une étude systématique de l'effet du pH sur l'efficacité du traitement, même si dans quelques expériences on a contrôlé le pH (Barbier et Boischaut, 1943). On peut modifier le pH par l'addition de lisier dont le pH est en moyenne de 6,3, selon Choinière et Gangbazo (1982). Il semble que dans la plupart des cas il n'y a pas lieu d'utiliser le contrôle du pH comme moyen de diriger le compostage. Il n'est pas recommandable de l'ajuster à l'aide d'agents chimiques.

Les microorganismes et particulièrement les bactéries fonctionnent généralement à un pH dont le niveau optimum se situe près de la neutralité. Il y a toutefois des bactéries qui se développent sous presque toutes les conditions de pH, comme on pourra le constater dans la section de ce rapport qui traite de la flore microbienne des différents mélanges. Leur sensibilité aux conditions acides peut cependant influencer leur croissance.

Un pH relativement élevé favoriserait les activités minéralisatrices et humifiantes des microflore où dominent les bactéries, alors que les champignons tolèrent mieux l'acidité et dominant en conditions très acides. Les bactéries croissent habituellement plus vite que les champignons et transforment une plus grande proportion de matière organique en CO_2 et NH_4 .

6.4.3 Teneur en eau

On a déterminé la teneur en eau de chacun des éléments des mélanges et celle des tas de compost tous les mois. Lorsque l'on a rajouté du lisier, on a tenu compte de la capacité de rétention en eau du matériel, afin de ne pas risquer une trop grande perte de lisier. La quantité de lisier ajoutée a varié de 5 à 10% selon le matériel de support utilisé et le moment de l'addition de lisier au cours de la période de compostage.

Les variations de la teneur en eau des matériaux utilisés et celles des tas de compost au cours de la période de compostage apparaissent dans le tableau 30.

La teneur en eau a augmenté régulièrement dans tous les tas de compost. Elle était d'environ 75% dans la plupart des tas, vers la fin de la période de compostage, à l'exception de trois tas, à savoir: la paille (82%), l'écorce (64%), et le tas numéro 4 de sciure de bois (60%) qui avait meilleure apparence et qui a de plus donné les meilleurs résultats dans les essais de culture en serre (section 6.4.7). La teneur en eau de ce tas (no 4) a toujours été inférieure à celle des autres tas et cette condition semble avoir favorisé une meilleure activité microbienne. La teneur en eau qui se situait dans tous les tas entre 46 et 78% en général a assuré de bonnes conditions de compostage.

TABLEAU 30: VARIATION DE LA TENEUR EN EAU DES MATERIAUX AU COURS DU COMPOSTAGE EN POURCENTAGE ET QUANTITES DE LISIER AJOUTEES

DATE	1	2	3	4	TAS DE COMPOST		7	8	9	% H ₂ O ET LITRES DE LISIER
83-06-22	30,1	30,1	30,1	30,1	45,6	26,2	67,2	54,3	4,2	Eau
Matériel de base	1 635	1 635	1 635	1 818	1 635	2 045	1 023	2 045	1 635	Lisier
83-07-19	50,2	47,8	45,8	26,9	62,2	34,2	74,7	66,2	61,7	Eau
	500	818	818	818	818	1 818	500	1 023	818	Lisier
83-08-25	64,5	60,1	61,2	27,0	59,2	46,4	50,8	67,7	73,4	Eau
	1 705	1 705	1 818	2 045	1 068	2 182	1 410	1 205	1 818	Lisier
83-09-23	67,0	69,4	59,5	51,1	74,7	54,0	77,6	75,5	74,0	Eau
	1 818	1 705	682	682	682	1 592	340	727	455	Lisier
83-10-27	71,6	72,5	53,7	40,4	72,1	61,0	69,7	73,4	60,8	Eau
	-	1 705	1 500	-	-	2 045	-	-	-	Lisier
83-11-29	72,6	79,3	77,9	52,5	76,2	64,5	75,1	74,8	82,4	Eau
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lisier
83-12-30	76,0	77,7	77,4	59,8	76,5	-	-	-	-	Eau
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lisier
84-01-30	80,5	82,6	79,2	53,4	77,0	-	-	-	-	Eau
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lisier
84-02-28	80,4	78,3	79,2	63,2	78,0	-	-	-	-	Eau
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lisier

1. Sciure de bois, 1 fois de lisier, 3 fois de lixiviat et 10% de vieux compost
2. Sciure de bois, 1 fois de lisier et 4 fois de lixiviat
3. Sciure de bois et 6 fois de lisier
4. Sciure de bois et 4 fois de lisier
5. Sciure de bois, 4 fois de lisier et 10% de vieux compost
6. Ecorce de bois franc et 5 fois de lisier
7. Ensilage de maïs et 4 fois de lisier
8. Tourbe décomposée, 4 fois de lisier et 10% de vieux compost
9. Paille hachée et 4 fois de lisier

On reconnaît cependant qu'une teneur en humidité variant de 50 à 65% par rapport à la matière sèche favorise une élévation de la température, et qu'on doit s'efforcer de maintenir le taux d'humidité à 60% environ.

L'humidité affecte l'activité microbienne de deux façons. L'eau est un des principaux constituants du protoplasme et doit être présente en quantité suffisante pour assurer la croissance d'organismes vivants. Par contre, un excès d'eau est nuisible parce qu'il diminue la quantité d'oxygène disponible. L'optimum pour la croissance des bactéries semble se situer entre 50 et 70% d'humidité.

La sécheresse affecte plus les bactéries que les champignons qui sont capables de traverser des poches d'air et de se déplacer à travers un matériel sec (Wilson et Griffin, 1975), alors que les bactéries ont besoin de la présence d'un film d'eau continu sur les particules pour se déplacer.

Les champignons ont des formes résistantes à la sécheresse, mais nécessitent pour croître et surtout pour sporuler une humidité minimum (Pochon et De Barjac, 1958). Une augmentation de l'humidité favorise les champignons jusqu'à un niveau optimum au-delà duquel c'est le contraire qui survient (Alexander, 1977). Les actinomycètes peuvent se développer à une humidité relative plus faible ou inférieure à celle des autres champignons.

Les conditions optimales varient selon les substances organiques à dégrader. Les matériaux utilisés dans nos travaux avaient des pouvoirs absorbants très différents qui ont influencé les quantités de lisier absorbées ou retenues, et par le fait même la température du compost, comme on a pu s'en rendre compte. Lorsque l'humidité est trop basse ou trop élevée, la température ne s'élève pas assez. Toutefois, au-dessus d'un certain minimum, le pourcentage d'humidité ne serait pas un facteur critique de compostage. Les substances organiques utilisées auraient une grande importance, tant par leur composition chimique et leur texture, que par leur capacité de rétention en eau ou pouvoir absorbant.

6.4.4 Rapport carbone/azote

On a déterminé les teneurs en carbone organique et en azote total de chacun des matériaux de support utilisés, ainsi que celle des tas de compost tous les mois au cours de la période de compostage. Cette détermination de la teneur en carbone a été effectuée indirectement par la mesure de la matière organique à laquelle on a appliqué le facteur de conversion de 1,724. La détermination du carbone total et de l'azote total a permis de suivre l'évolution du rapport carbone/azote.

On trouvera dans le tableau 31 et les figures 6 et 7, le rapport carbone/azote du matériel original et l'évolution de ce rapport dans chacun des tas au cours de la période de la présente étude. Les données sur la teneur en matière organique et en azote total apparaissent à l'annexe III, dans les tableaux X à XVIII pour cette même période.

TABLEAU 31: EVOLUTION DU RAPPORT CARBONE/AZOTE DURANT LE COMPOSTAGE

DATE	TAS DE COMPOST								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
83-06-22									
Matériel de base	477	477	477	477	215	98	35	83	69
83-07-19	303	187	243	81	150	235	12	46	66
83-08-25	74	98	77	37	57	85	14	42	14
83-09-23	77	76	40	14	29	40	12	24	13
83-10-27	83	78	28	14	49	60	11	49	15
83-11-29	51	57	22	9	24	36	14	29	11
83-12-30	104	44	22	20	45	--	--	--	--
84-01-30	68	44	33	26	37				
84-02-28	51	29	29	13	34				

- 1- Sciure de bois, 1 fois de lisier, 3 fois de lixiviat et 10% de vieux compost
- 2- Sciure de bois, 1 fois de lisier et 4 fois de lixiviat
- 3- Sciure de bois et 6 fois de lisier
- 4- Sciure de bois et 4 fois de lisier
- 5- Sciure de bois, 4 fois de lisier et 10% de vieux compost
- 6- Ecorce de bois franc et 5 fois de lisier
- 7- Ensilage de maïs et 4 fois de lisier
- 8- Tourbe décomposée, 4 fois de lisier et 10% de vieux compost
- 9- Paille hachée et 4 fois de lisier

FIGURE 6 : EVOLUTION DU RAPPORT CARBONE/AZOTE DANS LES TAS
A BASE DE SCIURE DE BOIS FRANC

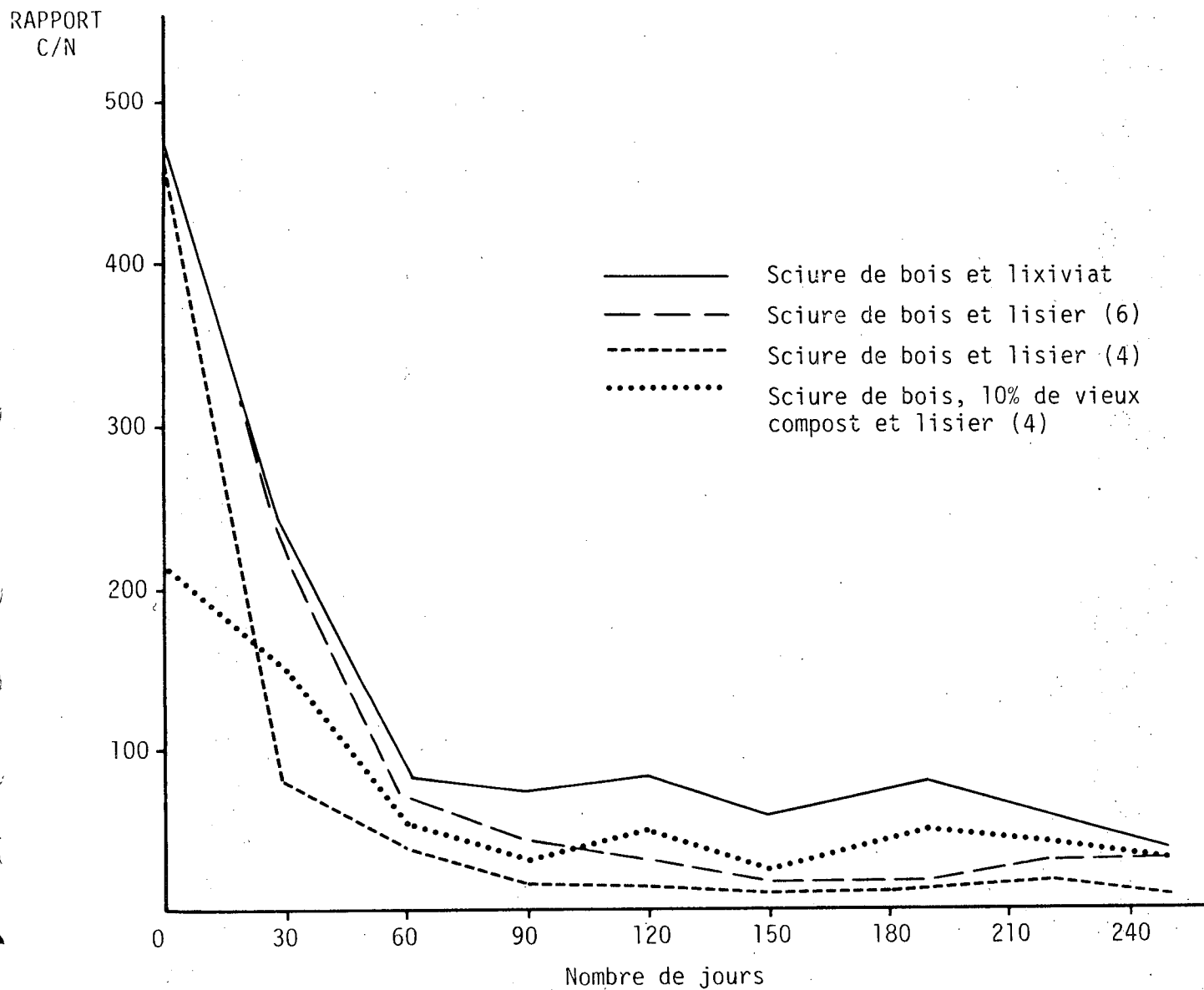
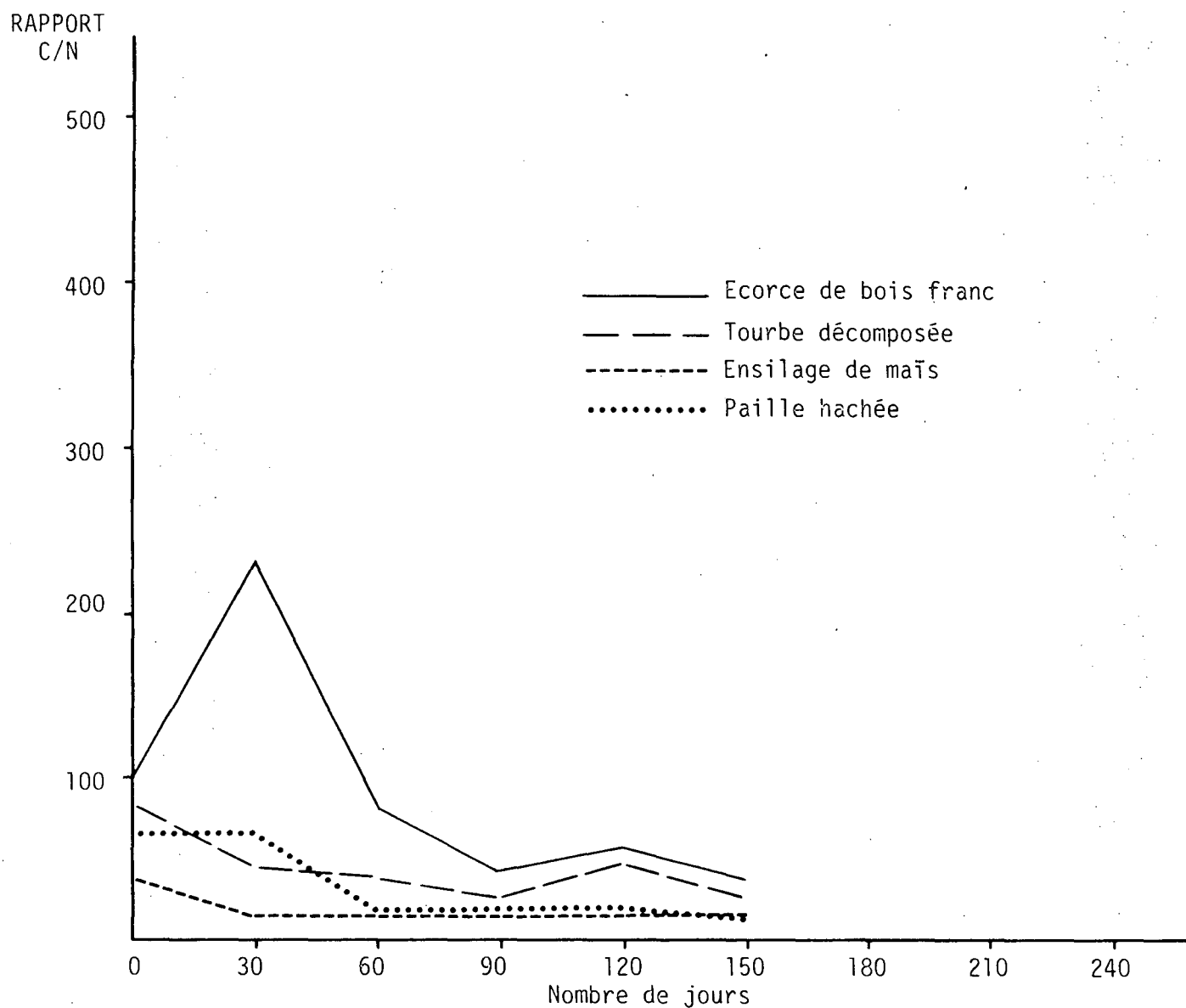


FIGURE 7 : EVOLUTION DU RAPPORT CARBONE/AZOTE DANS LES TAS
A BASE DE DIFFERENTS MATERIAUX



On constate un abaissement constant du rapport carbone/azote avec le progrès du compostage. Cet abaissement est très prononcé durant les deux premiers mois pour tous les matériaux, mais en particulier pour la sciure de bois franc. Il se stabilise ensuite et varie légèrement pour atteindre un niveau acceptable dans cinq des traitements où en effet il est inférieur à 30 après cinq mois de compostage. Le compost provenant de l'un de ces traitements (no 4) était satisfaisant et a donné d'excellents résultats dans des essais de production de plants de tomates en serre, au cours des mois de décembre 1983 et janvier 1984.

L'abaissement du rapport carbone/azote est dû en partie à une diminution importante de la matière organique dans tous les tas de compost, à l'exception de ceux qui avaient reçu du lixiviat, mais aussi à une augmentation considérable de l'azote total dans tous les traitements.

Au cours du processus de compostage, une partie du carbone de la matière organique est utilisée par les microorganismes, tandis que le reste fournit l'énergie nécessaire et est converti en CO_2 et est ensuite libéré. Durant ce processus, l'azote est immobilisé et entreposé par les microorganismes. Si la teneur en azote est faible, les microorganismes doivent le recycler à travers plusieurs générations pour la décomposition des hydrates de carbone. Ceci se produit lorsque le rapport C/N est plus grand que 30. Lorsque le rapport C/N décroît par suite de l'évolution du CO_2 , on arrive à un moment où l'azote n'est plus nécessaire aux microorganismes; c'est la situation où la minéralisation excède l'immobilisation. L'excès d'azote peut alors être libéré sous forme d'ammoniaque, lorsque ce rapport est inférieur à 25.

Le maximum de décomposition de la matière organique se produit lorsque le rapport C/N se situe entre 25 et 30. Sous ces conditions, il n'y a pas de libération immédiate d'azote minéral (Allison, 1973). L'azote disponible est assimilé et fixé dans des complexes organiques (Alexander, 1977). Lorsque le rapport C/N est supérieur à 30, la microflore se développe en fonction de l'azote disponible.

Un compost ou amendement dont le rapport C/N est élevé peut par ailleurs aider à contrôler certaines pourritures des racines des plantes, d'après Forbes (1974), parce que les microorganismes soustraient l'azote aux champignons pathogènes.

Le rapport entre le carbone organique et l'azote total des matériaux de support utilisés dans nos travaux était très supérieur à 30, à l'exception de celui de l'ensilage de maïs, ce qui est considéré généralement par les auteurs comme idéal pour un compostage rapide et efficace.

Ce rapport s'est toutefois abaissé à un niveau plus favorable pour le compostage après deux mois, dans tous les mélanges, à l'exception des deux tas de sciure de bois franc qui recevaient du lixiviat.

6.4.5 Eléments minéraux

Les microorganismes ont besoin d'éléments nutritifs comme les plantes pour se développer, et il doit y avoir au moins une présence minimale d'éléments minéraux essentiels pour rendre possibles les transformations microbiennes de la matière organique.

On a donc déterminé pour chacun des matériaux de support la teneur en phosphore, en calcium, en magnésium, en potassium et en azote, ainsi que celle des différents tas de compost au cours de la période de compostage afin de s'assurer de leur richesse en éléments nutritifs essentiels aux organismes vivants.

La composition chimique initiale des matériaux de base en éléments minéraux totaux, et celle des tas de compost après cinq mois de compostage avec addition de lisier et/ou de lixiviat apparaissent au tableau 32. On trouvera dans les tableaux X à XVIII en annexe la composition chimique mensuelle de chacun des tas de compost pour la période de compostage à l'étude.

On remarque une augmentation considérable en éléments minéraux dans tous les tas de compost. La plus forte augmentation enregistrée est celle de l'azote, bien que celle des autres éléments soit aussi importante. Le tas de compost no 4 a cependant une teneur moins élevée en calcium, potassium et azote que les autres composts à base de sciure de bois franc, mais supérieure en phosphore et en magnésium. C'est aussi ce compost qui a donné les meilleurs résultats dans des essais de culture en serre. Il avait reçu plus de lisier de porcs que le tas numéro 5, mais moins que tous les autres composts à base de sciure de bois franc.

Il est clair que l'apport mensuel supplémentaire de lisier de porcs a contribué à une augmentation graduelle de la teneur en éléments minéraux, qui sont demeurés dans les matériaux

TABLEAU 32 : TENEUR INITIALE ET FINALE DES DIFFERENTS MELANGES EN ELEMENTS MINERAUX TOTAUX (mg/kg)

Paramètres	IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P initial	70	70	70	70	640	400	1 500	250	1 130
5 mois	1 630	2 200	2 350	3 120	2 910	3 025	5 610	1 980	8 400
Ca initial	1 550	1 550	1 550	1 550	1 100	2 600	670	2 750	1 370
5 mois	5 750	7 800	6 050	3 320	9 600	3 400	8 930	7 860	3 456
Mg initial	280	280	280	280	407	470	1 090	560	590
5 mois	890	1 420	1 500	2 220	1 930	1 300	3 260	1 250	6 900
K initial	1 040	1 040	1 040	1 040	1 450	1 590	7 950	680	12 800
5 mois	3 890	4 890	5 830	3 600	5 750	4 920	9 980	4 320	19 490
N initial	1 200	1 200	1 200	1 200	2 600	5 200	7 700	6 600	7 900
5 mois	10 000	8 490	19 410	7 060	18 240	14 120	28 240	17 600	40 000

- 1- Sciure de bois, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost
- 2- Sciure de bois, lisier (1) et lixiviat (4)
- 3- Sciure de bois et lisier (6)
- 4- Sciure de bois et lisier (4)
- 5- Sciure de bois, lisier (4) et 10% de vieux compost
- 6- Ecorce de bois franc et lisier (5)
- 7- Ensilage de maïs et lisier (4)
- 8- Tourbe décomposée, lisier (4) et 10% de vieux compost
- 9- Paille hachée et lisier (4)

soumis au compostage. On fait généralement exception pour l'azote qui est libéré sous forme d'ammoniaque lorsqu'il est en excès.

Selon Peperzak (1959), l'azote disparaissant lors du compostage, il y a concentration du phosphore et le rapport azote/phosphore varie. De 2,5% dans le fumier frais, l'azote diminue avec le temps, parallèlement à l'augmentation des concentrations en sodium et calcium.

Il semble qu'il n'y a pas eu de libération d'azote dans nos travaux et que l'azote a été fixé dans les complexes organiques.

Le potassium serait aussi plus facilement emporté par lessivage que l'azote ou le phosphore. Encore là, dans des conditions de compostage en tas pyramidaux, il semble qu'il n'y a pas eu de lessivage de potassium important.

6.4.6 Aération des tas de compost

La plupart des bactéries hétérotrophes sont aérobies, et l'oxygène a donc une influence directe sur l'intensité de leurs activités biologiques. Les champignons sont des aérobies stricts à part quelques exceptions.

On a procédé à l'aération des tas de compost avec un tracteur muni d'un chargeur frontal, tous les 30 jours au cours de la période de fermentation, pour un total de cinq retournements. Les tas n'ont pas tous reçu le même traitement au lisier; le

nombre d'applications et la quantité de lisier ont varié. Par exemple, la quantité de lisier a varié de 5 à 10% en volume, selon la nature et la capacité de rétention du substrat.

Pour effectuer l'aération ou retournement des tas, le chargeur frontal du tracteur était rempli de compost qui était étendu en couches minces successives à quelques mètres du tas. On ajoutait le lisier ou le lixiviat au fur et à mesure et l'on reconstituait le nouveau tas en forme de pyramide.

L'aération forcée des tas de compost nécessiterait d'autres équipements et installations qui augmenteraient considérablement le coût de fabrication du compost dans une ferme d'élevage porcin type au Québec. De plus il serait beaucoup plus compliqué d'y incorporer du lisier au besoin.

Lors de chaque aération mensuelle, ou retournement des tas de compost, comme lors de leur fabrication, on s'est assuré que la masse était bien aérée. On a procédé à l'incorporation de lisier ou de lixiviat en prenant soin d'éviter tout excès qui aurait entraîné un écoulement ou refus de la part du substrat.

On a pu constater après chaque aération, par une élévation rapide de la température à l'intérieur des tas, que la masse avait été bien aérée et que le processus de fermentation avait repris le cours normal quelques jours seulement après le retournement des tas.

6.4.7 Essais pilotes de culture en serre

La technique du compostage doit permettre la production rapide et économique d'un compost ou substrat stabilisé acceptable pour la production de plantes horticoles, ou pour amendement organique des sols.

Les critères observés au cours de la période de compostage ne sont pas suffisants pour permettre d'évaluer le degré de maturité et la sécurité d'un compost. La réponse précise ne peut être fournie en définitive que par les plantes elles-mêmes.

Afin d'évaluer et de vérifier la maturité et la sécurité des cinq composts ou substrats fabriqués avec de la sciure de bois franc et du lisier de porcs, après cinq mois de compostage, on a procédé à des essais de production de plants de tomates en serre. Ces substrats à base de sciure de bois franc étaient, selon les mesures de suivi réalisées, les seuls acceptables à cette fin. On les a comparé à des composts de un an et de deux ans de même nature, qui avaient été fabriqués par "Les Composts du Québec Inc.", dans la ferme de Buteau et Tremblay Inc. de Saint-Henri-de-Lévis (tableau 33).

Les semis ont été effectués le 6 décembre 1983 et les plants ont commencé à lever le 27 décembre. Une évaluation de l'apparence et de la vigueur des plants à la fin de janvier 1984 a démontré que deux de ces composts, soit ceux provenant des tas numéro 4 et numéro 5, donnaient de bons résultats. Le compost qui provenait du tas numéro 4 était supérieur à tous

TABLEAU 33: VIGUEUR DES PLANTS DE TOMATES PRODUITS DANS
DIFFERENTS COMPOSTS

DESCRIPTION DES MELANGES	VIGUEUR DES PLANTS*
1- Sciure de bois, lisier ⁽¹⁾ , lixiviat ⁽³⁾ et vieux compost (10%) sciure 70% et lisier 30%	1
2- Sciure de bois, lisier ⁽¹⁾ et lixiviat ⁽⁴⁾ sciure 60% et lisier 40%	1
3- Sciure de bois et lisier ⁽⁶⁾ Sciure 55% et lisier 45%	2
4- Sciure de bois et lisier ⁽⁴⁾ sciure 70% et lisier 30%	5
5- Sciure de bois, vieux compost (10%) et lisier ⁽⁴⁾ Sciure 80% et lisier 20%	4
6- Compost âgé d'un an	5
7- Compost âgé de deux ans	3

* Echelle de 1 à 5

les autres au point de vue de l'apparence du compost lui-même et de celle des plants. Les plants étaient vigoureux. La coloration du feuillage et l'apparence des plants indiquaient que ce compost était acceptable pour la production de plants de tomates.

Les plants produits dans les composts numéros 1 et 2 étaient très faibles et avaient une apparence chétive avec une mauvaise coloration du feuillage. Ces composts n'étaient pas à point et le lixiviat utilisé ne convenait pas pour assurer une bonne fermentation et une décomposition adéquate de la sciure de bois. Il en était de même pour le compost numéro 3, dont les plants étaient faibles avec une coloration très pâle. Ce compost n'était pas stabilisé et pas assez décomposé d'après son apparence. Il avait pourtant reçu 45% de lisier en volume durant la période de compostage.

Les plants produits dans le compost numéro 5 manquaient un peu de vigueur et avaient moins belle apparence que ceux du compost numéro 4.

Quant aux composts d'un an et de deux ans de même nature et fabriqués par "Les Composts du Québec Inc.", le premier était supérieur au deuxième et les plants dans ce compost avaient une vigueur et une apparence équivalentes à ceux du compost numéro 4.

Les différences observées entre les plants de tomates produits dans ces différents composts démontrent que si on ajoute 10% de lisier de porcs en volume à de la sciure de bois

franc lors du mélange initial, que l'on a soin d'aérer les tas de compost en les retournant tous les mois au moins et en y ajoutant à trois étapes par tranche de 5 à 10% de lisier pour un total de 30% en volume, on peut produire un compost horticole acceptable en cinq à six mois.

L'ensemencement du mélange par l'addition de 10% d'un vieux compost lors de la fabrication, ou plus tard au cours de la période de compostage, occasionne des manipulations supplémentaires qui n'améliorent pas le processus de compostage ni la qualité du produit final. Le lisier de porcs contient les microorganismes nécessaires pour assurer un départ rapide de la fermentation.

D'après Choinière et Gangbazo (1982), le mélange de compost doit contenir 40% de lisier de porcs et 60% de sciure de bois en volume. Les résultats de nos travaux démontrent par ailleurs qu'il suffit d'ajouter 10% de lisier de porcs en volume à la sciure de bois, lors de la fabrication du compost, et de 5 à 10% chaque fois en trois autres étapes lors des retournements suivants, selon l'état d'humidité ou la capacité de rétention du mélange, pour un total de 30% seulement de lisier en volume. Un apport total de 20% de lisier en volume ne serait pas suffisant, alors qu'un apport de 45% serait trop considérable.

Quant au compost produit avec un apport de lisier de 9 à 10% en volume, lors du mélange initial, et la réinjection du lixiviat à 3 ou 4 reprises par la suite pour un total de 30 à 40% en volume, il n'est pas assez décomposé et est inaccepta-

ble. Le lixiviat qui est dilué par l'eau de pluie est trop pauvre en éléments de toutes sortes pour favoriser la décomposition de la sciure de bois aussi rapidement que cela se produit lorsqu'on utilise seulement du lisier.

6.4.8 Flore microbienne

Le processus du compostage est soumis à des facteurs aussi différents que les conditions climatiques, le pH et la température du milieu, la présence d'inhibiteurs, la fréquence de l'aération, ainsi que la teneur en microorganismes aérobies qui jouent un rôle prépondérant.

Il est reconnu que les populations microbiennes sont abondantes dans le lisier de porcs, comme on peut l'imaginer facilement, et le constater par les résultats des analyses bactériologiques effectuées au cours de nos travaux. Les bactéries de toutes sortes sont présentes en quantités considérables dans le lisier de porcs, et prédominent et prolifèrent dans le milieu en voie de fermentation. Elles sont responsables de l'élévation subite de la température dans les premiers stades du compostage, ou dans les jours qui suivent l'aération d'un compost, et par la suite les champignons et les actinomycètes se développent sur la matière organique en décomposition.

Dans la littérature, il y a peu de renseignements sur les caractéristiques microbiologiques du fumier frais de porcs. On sait qu'il y a des bactéries, des champignons, des actinomycètes et des protozoaires. On s'est donc attardé à vérifier la qualité de la flore microbienne du lisier de porcs conservé dans une citerne à lisier attenante à une porcherie.

L'intensité et la durée du maintien des températures élevées dans le compost sont les principaux facteurs responsables de la destruction des germes pathogènes et des parasites les plus courants. Il n'y a pas cependant unanimité des chercheurs sur la survie possible d'organismes pathogènes au cours du compostage.

6.4.8.1 Survie des pathogènes

Dans notre expérience, certains microorganismes pathogènes ont survécu aux hautes températures de compostage (tableau 34). Les microorganismes anaérobies du genre Clostridium, entre autres, sont reconnus pour leur tolérance à des températures élevées.

Ces bactéries se protègent en modifiant leur forme végétative, la forme qui se multiplie et, lorsque les conditions sont défavorables, forment des spores c'est-à-dire des formes cellulaires résistantes. Certains de ces spores peuvent en effet résister à des températures supérieures à 100°C.

Les bactéries aérobies du genre Bacillus sont dotées du même moyen de protection. Leur forme sporulée est aussi résistante que celle des Clostridium.

Quant aux autres espèces présentes, leur présence ne peut s'expliquer par ce phénomène intrinsèque de résistance. Leur grand nombre au départ dans le lisier de porcs permet à une minorité de bactéries de survivre au compostage et de persister dans ce milieu. Il est probable que si des températures

supérieures à 70°C étaient maintenues pour une plus longue période, leur présence serait plus restreinte. Mais la maturation du compost s'effectuant entre 40°C - 50°C, ces souches bactériennes, bien que n'étant pas à des conditions optimales de température, demeurent toutefois actives dans le milieu.

6.4.8.2 Pathogénicité des microorganismes présents

Les microorganismes du genre Clostridium demeurent probablement les agents infectieux les plus craints pour les manipulateurs de compost. Etant responsable des gangrènes gazeuses, une infection très sérieuse chez l'homme, leur présence peut présenter des inconvénients majeurs. Cependant, il faut noter que ces microbes sont retrouvés très souvent dans le sol et à plusieurs autres endroits dans l'environnement.

Les entérobactéries (tableau 35) sont souvent responsables de plusieurs maladies chez l'homme: infections urinaires, fièvre, pneumonie, pyélonéphrite et plusieurs autres. Leur présence est abondante dans les excréments des animaux à sang chaud et leur présence dans le compost s'explique par le lisier de porcs, un constituant majeur de ce compost.

Les bactéries du genre Pseudomonas sont également des agents infectieux chez l'homme. On les retrouve principalement dans les infections urinaires, dans les plaies et parfois des septicémies. Ils sont cependant très abondants dans les sols et leur présence dans le compost est très importante puisqu'ils sont responsables de la minéralisation de la matière organique. Certaines de ces souches peuvent utiliser plus de 100 sources de carbone, les métaboliser et en tirer de l'énergie.

TABLEAU 35: PRESENCE DANS LE COMPOST D'ENTEROBACTERIES

ENTEROBACTERIES	PRESENCE DANS LE COMPOST
-----------------	--------------------------

GROUPE I :	- Escherechia	Oui
	- Edwardsiella	Non
	- Citrobacter	Non
	- Salmonella	Oui
	- Shyella	Non
GROUPE II :	- Klebsiella	Oui
	- Enterobacter	Oui
	- Hafnia	Non
GROUPE III:	- Proteus	Oui
GROUPE IV :	- Yersinia	Non

6.4.8.3 Numérations bactériennes

L'expérience n'ayant pas été concluante pour les tas nos 6, 7, 8 et 9, nous nous limiterons donc aux courbes des numérations des tas nos 1 à 5.

Nous pouvons constater à la figure 8 et au tableau 36 que les quatre premières courbes suivent un même modèle tandis que la courbe V se démarque par des valeurs supérieures. Généralement, on remarque que pendant les mois de juin et juillet, les numérations bactériennes sont faibles par rapport aux mois suivants. Les tas ayant été formés en juin, il demeure pertinent que les microorganismes n'ayant pas bénéficié de conditions favorables ne font que survivre sans se développer dans ce milieu.

A partir du mois d'août, les valeurs numériques augmentent. Puis, elles diminuent d'une façon importante en janvier. Nous pouvons donc conclure que le compostage a atteint la phase de maturation en janvier et ce, même si les tas ont reçu du lisier en quantité différente. Sans l'apport de lisier mensuel, il semble que le processus de maturation s'échelonne entre 3 et 4 mois, du moins sous l'aspect microbiologique. La température des tas se situe à près de 35°C en janvier et février, ce qui constitue des conditions propices au développement des microorganismes. Les froides températures de l'hiver n'ont pas diminué leur activité.

FIGURE 8 : COURBES DES NUMERATIONS BACTERIENNES

Bactéries/mg

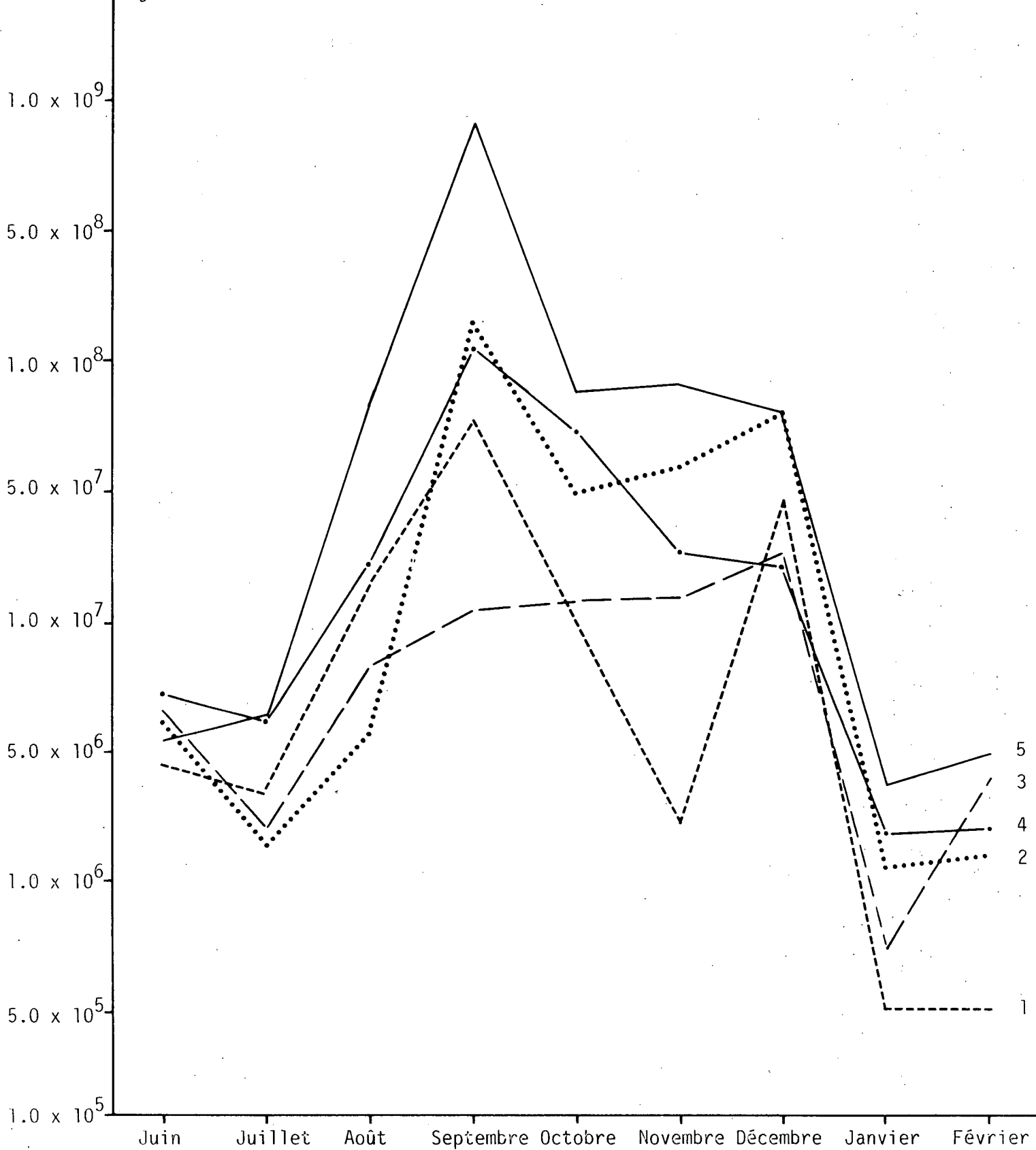


TABLEAU 36: NUMERATIONS BACTERIENNES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Juin	4.5×10^6	6.1×10^6	6.5×10^6	7.1×10^6	5.6×10^6	4.9×10^6	7.1×10^6	8.4×10^6	5.7×10^6
Juillet	3.2×10^6	2.4×10^6	3.0×10^6	6.1×10^6	6.2×10^6	5.1×10^6	5.7×10^6	7.8×10^6	6.2×10^6
Août	2.5×10^7	5.6×10^7	8.4×10^6	3.2×10^7	8.4×10^7	4.2×10^7	5.1×10^7	4.1×10^7	4.9×10^7
Septembre	7.7×10^7	2.5×10^8	1.5×10^7	1.6×10^8	9.2×10^8	3.7×10^8	4.9×10^8	1.3×10^8	5.6×10^8
Octobre	1.2×10^7	5.0×10^7	1.8×10^7	7.2×10^7	8.9×10^7	8.1×10^7	4.0×10^7	3.8×10^7	6.0×10^7
Novembre	3.5×10^6	6.0×10^7	2.0×10^7	3.9×10^7	9.2×10^7	5.2×10^7	7.8×10^7	8.0×10^7	7.1×10^7
Décembre	4.7×10^7	8.2×10^7	3.9×10^7	3.5×10^7	8.2×10^7				
Janvier	5.2×10^5	1.6×10^6	7.2×10^5	2.9×10^6	3.8×10^6				
Février	5.1×10^5	2.0×10^6	4.0×10^6	3.1×10^6	5.0×10^6				

D'après les courbes, les tas nos 1, 2 et 3 nous donnent les numérations les plus faibles pour l'ensemble de l'expérimentation. Le tas no 4 a fourni des résultats légèrement supérieurs. Le seul qui se démarque d'une façon particulière est le tas no 5.

Ce tas avait été au départensemencé à l'aide de vieux compost. Si l'on compare les courbes, en février, il existe un facteur 10 entre le tas no 1 et le no 5. En soi, le procédé d'ensemencement demeure un atout de plus dans la fabrication d'un compost. Même si cet ensemencement n'a été effectué qu'une seule fois au début de la phase expérimentale, les numérations bactériennes sont demeurées les plus élevées pendant toute la durée de l'expérience. De plus, il reste le tas où l'élimination des microorganismes pathogènes s'est avéré la plus complète (tableau 37). Il possède après 6 mois les caractéristiques microbiologiques d'un compost de 2 ans. En effet, dans un compost de 2 ans, nous n'avons décelé comme microorganismes pathogènes que des souches de Enterobacter cloacae, ce que nous retrouvons exclusivement dans le tas no 5 au sixième mois de la phase expérimentale. Il semble donc profitable d'ensemencer à l'aide de vieux compost. Cependant, ce procédé pourrait être amélioré pour augmenter la valeur du compost comme amendement organique.

Le tas no 4 s'est par ailleurs révélé le meilleur compost pour les cultures en serres. Considérant l'apport considérable en lisier que ce tas a absorbé, il est normal que sa maturité sur le plan microbien soit plus tardive que celle du tas no 5. Il aurait été intéressant de poursuivre l'expérimentation pour confirmer cette possibilité.

TABLEAU 37: MICROORGANISMES PATHOGENES PRESENTS DANS LES IAS

	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5
Juin	P.-E.-S.	P.-E.C.- E.-S.	P.-E.C.-A.	E.C.-A.-E.	P.-S.-A.
Juillet	P.-E.-S. Ps	E.C.-E.S.- A.-	P.-E.C. A.	E.C-A.- E.	S.-A.-Ps-E.
Août	P.-E.-Ps	E.C.-E.- A.	P.-E.C. A.	E.C.-A.- E.	S.Ps-E.
Septembre	E.-Ps-S.	E.C.-E.A.	E.C.-A.	E.C.-A.-E	S.Ps
Octobre	Cl.-E.C.-E.	Cl.-E.C-E.	E.-	Cl-E.	E.-Cl.
Novembre	A.-Cl.	A.	Ps.-E.	E.	E.
Décembre	E-Cl.	A-E-Cl.	Ps.-E	E.Cl.	E.
Janvier	E.-Cl.-Ps	E.-Cl-B.	E.-B	E.-E.C.-Cl.	E.
Février	Cl.-Ps	B.E-	B.E	Cl.-E.	E.

E.C.: Escherechia coliS. : SalmonellaK. : KlebsiellaE. : EnterobacterP. : ProteusPs : PseudomonasCl : Clostridium perfringensB. : BacillusA. : Acinetobacter calcoaceticus var.
lwoffii

6.4.8.4 Facteurs influençant la flore microbienne

6.4.8.4.1 La température

Les hautes températures de fermentation atteintes lors du compostage favorisent une sélection naturelle des microorganismes. En effet, la plupart des microbes sont éliminés ou du moins inactivés par des températures excédant 50°C. Cependant, tel que nous l'avons déjà vu, les Clostridium et les Bacillus ont des moyens physiologiques de se protéger. Les autres bactéries ne survivent que par leur nombre important dans le lisier. Nous ne pouvons donc pas nous fier uniquement aux températures pour débarrasser le compost de tous les germes pathogènes, du moins dans l'expérience ci-contre. Il serait intéressant de connaître l'effet de la température si on la maintenait à des niveaux supérieurs à 70°C pendant une période plus longue que celle rencontrée ici. Il est probable que la presque totalité des germes pathogènes serait éliminée rapidement.

6.4.8.4.2 Le pH

La majorité des microorganismes sont inaptes à croître à des pH inférieurs à 6 ou, du moins, très peu actifs. Il est intéressant de constater que les tas nos 4 et 5 ont pour l'ensemble de l'expérience les valeurs de pH les plus élevées. En effet, ces deux tas ont conservé des valeurs de pH supérieures à 5,9. Le pH demeure donc un autre indice confirmant que l'activité microbienne peut être plus forte dans ces deux tas.

6.4.8.4.3 La teneur en eau

Sur le plan microbien, une teneur en eau supérieure à 60% favorise la croissance microbienne. Nous pouvons constater au tableau 30 que les tas 1, 2, 3 et 5 ont à partir du mois d'août des valeurs supérieures ou égales à 60% alors que le tas no 4 avait une teneur en eau de 59,8% en décembre mais qu'il est ensuite descendu à 53,4% en janvier comparativement à 77% pour le tas no 5.

D'après ces résultats, le tas no 5 serait favorisé et démontrerait une meilleure activité microbienne.

6.4.8.4.4 Oxygène

Le procédé de compostage s'effectuant en présence d'air, les retournements des tas s'avéraient donc un élément important de la phase expérimentale.

On a constaté une élévation rapide de la température des tas après chaque aération. C'est donc ainsi que la majorité des microorganismes pathogènes ont été éliminés. Il pourrait s'avérer intéressant et avantageux de favoriser l'élévation de la température par des retournements plus fréquents dans le but d'éliminer le plus rapidement possible les microorganismes pathogènes.

6.4.8.4.5 L'ensemencement

L'hypothèse de favoriser le compostage à l'aide de vieux compost semble concluante, du moins pour le tas no 5 qui a été ensemencé au début de l'expérimentation. En effet, sous l'aspect microbiologique, ce tas a donné les meilleurs résultats.

Il semble avoir atteint sa maturité dès le 6^e mois de la phase expérimentale et peut dès ce moment se comparer à des composts plus âgés. Associé à un apport considérable de lisier tel qu'ajouté au tas no 4, il serait intéressant de suivre le développement d'un tel compost.

6.4.8.5 Conclusions et recommandations microbiologiques

Il est bien évident que sous l'aspect microbiologique, cette étude s'avère importante. En effet, il apparaît ici, pour la première fois sous notre climat, que l'ensemencement d'un tel compost peut s'avérer un facteur important voire primordial pour le procédé.

Il est trop tôt pour en évaluer les mérites, mais cet essai préliminaire laisse présager un avenir prometteur pour l'ensemencement. Malgré quelques lacunes, dont le rapport carbone/azote très élevé, ce procédé est intéressant. Il serait certainement possible d'en améliorer le rendement.

Un autre élément important que fait ressortir notre étude est le rendement exceptionnel d'un tas arrosé avec 30% de lisier. En effet, le tas no 4 a donné des résultats surprenants et s'avère un autre élément important pour l'amélioration de ce procédé de compostage.

Il serait possible, d'après les résultats obtenus, d'améliorer encore ce procédé. En effet, connaissant les points faibles de chacun des tas, si on applique en plus une meilleure technique d'ensemencement et un contrôle plus rapproché des paramètres, nous croyons qu'il serait possible de fabriquer sous notre climat un compost de très bonne qualité et exempt de microorganismes pathogènes dans un délai court, soit d'environ 6 mois.

Notre étude révèle des aspects du compostage qui sont très intéressants et qui pourraient s'avérer des éléments très importants dans la gestion du lisier de porcs.

7.0 PERSPECTIVES D'UTILISATION DU COMPOSTAGE

Le compostage est un procédé aérobie de décomposition biologique de la matière organique sous des conditions contrôlées (Bell et al., 1973; Hoitink, 1980). Il conserve et valorise l'énergie et les éléments divers contenus dans les déchets organiques agricoles, forestiers et autres en les recyclant sous forme de composés réassimilables par les plantes.

Le procédé de compostage est simple et présente l'avantage de ne pas dégager de mauvaises odeurs comparativement à d'autres procédés ou méthodes de manutention et de disposition des fumiers. Il constitue une des solutions au problème de la pollution par le lisier de porcs. Il permet en plus de réduire la capacité des réservoirs ou fosses d'entreposage du lisier, puisqu'on peut fabriquer du compost du début d'avril au début de décembre environ.

Demmel (1980) affirme que le compostage aérobie est très apprécié par les éleveurs du Nébraska, et qu'il est une alternative à la digestion anaérobie des fumiers à l'échelle de la ferme. La production de méthane pourrait être réalisable économiquement pour disposer de quantités considérables de fumiers dans de très grosses exploitations d'élevage, mais non pas dans une ferme moyenne d'élevage. Sous les conditions d'élevage de porcs dans une ferme type au Québec, cette assertion s'avère des plus réalistes.

7.1 MODALITES D'UTILISATION DU PROCEDE DE COMPOSTAGE

Un compost est un écosystème microbiologique dont la principale caractéristique est la production de chaleur par l'activité microbienne au dépens de la matière organique. Cette chaleur s'accumule dans la masse et cause une élévation de la température.

Pour obtenir un produit stabilisé, friable, sans mauvaise odeur, virtuellement exempt d'organismes pathogènes et acceptable comme substrat horticole ou amendement organique des sols, il faut, en plus du choix des matériaux adéquats, assurer les meilleures conditions possibles à cette activité microbienne. Il faut à cette fin surveiller certains facteurs importants comme l'humidité et l'aération du mélange, qui conditionnent la fermentation aérobie.

En général, pour le compostage du lisier de porcs dans une ferme type d'élevage, il suffit d'avoir une infrastructure simple, des instruments aratoires ordinaires, ou que l'on peut se procurer et adapter facilement, de choisir des matériaux de support appropriés et de surveiller l'évolution du processus de compostage afin d'intervenir au moment opportun.

7.1.1 Infrastructure de compostage

La construction d'une plate-forme pavée pour le compostage est souhaitable pour faciliter les travaux, mais elle n'est pas essentielle dans une petite exploitation. La surface du sol doit cependant être unie, et exempte de pierres et de débris. Le sol doit avoir un taux d'infiltration inférieur à 10^{-6} cm/s.

Il faut prendre les moyens pour conserver le refus ou lixiviat sous la masse de compost en donnant au terrain une légère pente vers l'intérieur du tas. Sinon, on doit récupérer ce refus dans une fosse étanche à proximité de la masse afin de le réutiliser en mélange avec du lisier frais pour fins d'épandage ou de compostage.

Seul, le refus n'a aucune valeur pour le compostage. Son efficacité sur la décomposition de la matière organique est très limitée. La quantité provenant de la masse de compost est très faible, si on a soin d'éviter tout surplus en ajoutant seulement la proportion de lisier que le matériel utilisé peut absorber facilement lors de la fabrication du compost ou des retournements de la masse.

Ce refus ou jus qui s'écoule de la masse de compost en fermentation est pauvre en éléments minéraux et sa demande biochimique en oxygène (DBO_5) équivaut au tiers environ de celle du lisier frais. Lorsque la pente ou la nature du terrain draine le sol environnant, il est fortement dilué par l'eau de pluie. Il ne peut cependant pas être déversé dans l'environnement.

Il faut aussi éviter de mêler de la terre au compost lors des retournements du compost pour fin d'aération de la masse. Ce problème peut se poser lorsque l'on fait du compost sur le sol battu.

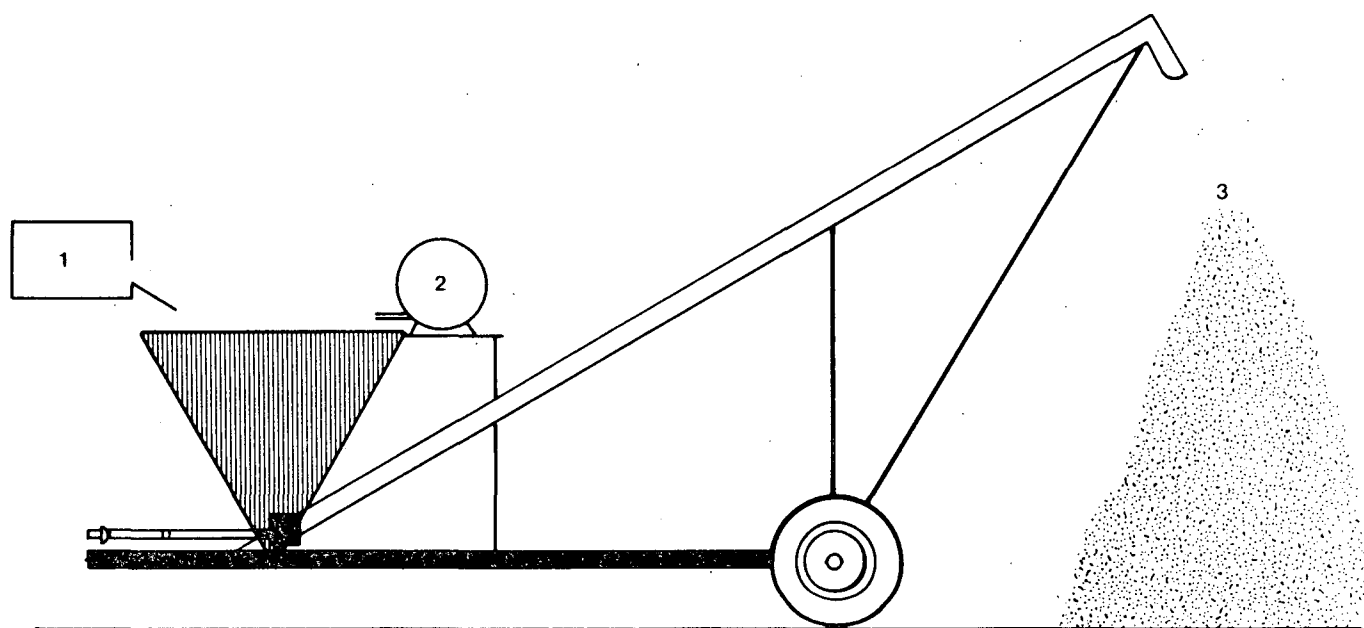
La plate-forme en béton bitumineux utilisée dans nos travaux de compostage a bien résisté à la circulation avec de la machinerie lourde, et est préférable à une plate-forme en ciment qui est plus dispendieuse. C'est toutefois un investissement important que peuvent se permettre ceux qui prévoient fabriquer du compost pour la vente, et qu'un producteur moyen devrait considérer.

7.1.2 Équipement et main-d'oeuvre nécessaires

Il existe sur le marché de la machinerie spéciale pour les opérations de compostage de diverses matières organiques (Spohn, 1977; Anonyme, 1979; Demmel, 1980). Un tracteur de ferme muni d'un chargeur frontal, une remorque à fourrage ou un wagon de ferme, et une pompe à lisier avec boyau suffisent pour ces opérations dans les conditions d'une ferme type d'élevage porcin au Québec.

Nous avons utilisé cet équipement avec efficacité dans nos travaux, avec en plus une vis sans fin de fabrication locale pour le mélange du lisier de porcs avec de la sciure de bois seulement. On peut voir un schéma de cette vis sans fin à la figure 9. Le tuyau et la vis sans fin ont 9 mètres de longueur, et la sortie est située à 3,6 mètres de terre environ. Il y a une trémie ou entonnoir à la base, et un réservoir à lisier. Le mélange s'effectue directement dans la trémie et est acheminé sur le tas par la vis sans fin. Cet appareil ne convient qu'au mélange de lisier de porcs avec de la sciure de bois. Un convoyeur à palettes pourrait aussi convenir.

FIGURE 9 : MODELE DE VIS SANS FIN POUR MELANGER LE LISIER DE PORCS ET LA SCIURE DE BOIS



- 1 Sciure de bois
- 2 Réservoir de lisier
- 3 Lisier et sciure de bois mélangés

On trouvera en annexe des photographies de l'équipement en opération lors de nos travaux, et qui peut à la rigueur se limiter au tracteur avec chargeur frontal et à la pompe à lisier, si le matériel utilisé est à proximité.

Avec cet équipement réduit, deux hommes peuvent fabriquer 40 mètres cubes de compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois à l'heure. Le même temps est nécessaire pour le retournement d'une telle masse avec addition de lisier. Il va sans dire que le simple retournement de cette masse sans apport de lisier prend beaucoup moins de temps.

7.1.3 Choix et proportion des matériaux de support

Le compostage du lisier de porcs exige un matériel de support riche en carbone, qui absorbe facilement le lisier, possède un bon pouvoir de rétention, ne se tasse pas et ne s'agglomère pas en mottes.

La sciure de bois demeure le matériel idéal pour le compostage du lisier de porcs si on veut utiliser comme substrat horticole le compost obtenu après une période de fermentation suffisante. Elle constitue un excellent matériel absorbant qui favorise une bonne aération de la masse et par conséquent le processus de compostage. Elle absorbe facilement 11% de lisier de porcs en volume en une seule fois. Pour obtenir un bon compost, il faut ajouter 30% de lisier de porcs au total en quatre applications au cours de la période de compostage.

La sciure de bois franc convient très bien, à l'exception de celle du noyer, alors que la sciure de résineux est plus lente à se décomposer. La sciure de cèdre ne conviendrait pas parce qu'elle contient des substances toxiques pour la croissance des plantes, comme celle du noyer (Lunt et Clark, 1959).

L'écorce de bois franc peut servir au compostage du lisier de porcs. Elle doit cependant être plus déchiquetée que celle utilisée dans nos travaux. Il faut la réduire en particules fines comparables à celles de la sciure de bois afin d'éliminer les morceaux grossiers d'écorce ou de bois qu'on y trouve ordinairement. Un prototype de déchiqueteuse à cette fin est actuellement à l'essai.

Toutefois l'écorce présente certaines contraintes. Si elle est moulue trop finement, il y a réduction de l'aération dans le mélange; si elle est trop grossière, la réaction est lente. Selon Vanstaen et al. (1980), l'écorce de résineux peut masquer l'odeur du lisier, mais elle réduit le métabolisme microbien, ce qui résulte en un délai du développement de la fermentation. C'est ce qui s'est produit dans nos travaux, alors que la température s'est élevée lentement et n'a atteint 69°C qu'après trois mois de compostage. L'écorce peut absorber 10 à 12% de lisier de porcs en volume chaque fois, mais il y a perte par la suite.

L'utilisation de la tourbe de sphaignes décomposée comme source d'hydrates de carbone est l'alternative la plus dispendieuse. Elle n'emmagasine pas les éléments nutritifs et

c'est très relatif d'affirmer qu'elle a une bonne capacité d'échange. Elle reste froide ($< 45^{\circ}\text{C}$), et se mouille ou absorbe difficilement le lisier. Il faut procéder par étape en ajoutant de petites quantités de lisier à la fois. Une tonne de tourbe (peat moss) est nécessaire pour traiter une masse équivalente de purin selon Caron (1980). Dans nos travaux, on a réussi difficilement à faire absorber 10% de lisier de porcs en volume à la tourbe de sphaignes décomposée utilisée, et il a fallu procéder en deux fois au cours de la même journée.

Les tiges de maïs contiennent 50 à 60% d'humidité et parfois davantage. Elles fermentent rapidement. L'ensilage qu'il a fallu utiliser en juin pour les besoins de nos travaux contenait 67% d'eau. Ce matériel n'a absorbé que 7% de lisier lors de la confection du mélange, pour un total de 25% de lisier en volume au cours de la période de compostage.

La récolte des tiges de maïs-grain après la récolte des épis, leur transport et la manutention exigée rendent l'utilisation de cette source de matière organique pour fin de compostage très problématique et peu intéressante. Ces tiges sont ordinairement laissées sur le champ, après la récolte des épis, pour être enfouies par le labour par la suite. Quant aux rafles, elles peuvent servir à d'autres fins mieux adaptées à leur texture que le compostage pour en faire un substrat horticole acceptable. L'ensilage de mauvaise qualité pourrait servir au compostage, mais il donne un compost très peu friable et aggloméré en mottes ou en pain comme le fumier de bovins auquel il ressemble.

La paille absorbe peu de lisier à la fois à moins d'être hachée, et encore elle laisse à désirer. Elle n'a absorbé que 5% de lisier en volume lors du mélange, et il a fallu attendre une semaine pour qu'elle puisse absorber 2% de lisier additionnel. Au cours de la période de compostage, elle n'a absorbé que 20% de lisier de porcs en volume. Elle donne un compost semblable à celui de l'ensilage de maïs. C'est une masse compacte solide, peu friable et inacceptable comme substrat horticole. Elle contribue à favoriser le processus du compostage et la réduction de la perte d'azote. Elle se décompose rapidement, mais elle dégage une mauvaise odeur au cours des premiers mois de fermentation.

7.1.4 Masse critique des tas ou andains

Le compostage aérobie de la matière organique en tas ou andains n'est pas un processus aussi naturel qu'on veut le laisser croire, malgré tous ses attributs. C'est même loin d'un processus naturel. En effet, où trouver dans la nature une masse volumineuse de matière organique en décomposition? Les feuilles des arbres tombent uniformément sur le sol et forment une mince litière dans les bois. Elles se décomposent comme l'herbe des champs et des pelouses qui forme un tapis sous la neige. Le fumier et l'urine des animaux en pâturage sont épandus à la grandeur du champ.

En général, la masse de compost ne devrait pas excéder 6 mètres à la base sur 2 mètres de hauteur. La longueur du tas ou andain peut varier pour convenir aux conditions et exigen-

ces locales. Une hauteur plus considérable favorise des conditions anaérobies avec dégagement de mauvaises odeurs. Un tas inférieur à 1,5 mètre à la base sur 1,5 mètre de hauteur offre trop de surface par rapport à la masse et reste plus froid.

7.2 SURVEILLANCE DE L'EVOLUTION DU COMPOSTAGE

Le processus de compostage aérobie exige une surveillance adéquate de son évolution afin d'intervenir au moment opportun.

Comme on l'a précisé précédemment, la décomposition aérobie de la matière organique en tas ou andains repose sur certaines exigences naturelles essentielles. La chaleur produite par l'activité des organismes responsables de cette décomposition s'accumule dans la masse critique du mélange. Elle peut atteindre 65°C à 70°C ou davantage à un mètre à l'intérieur du tas, alors qu'elle est beaucoup moins élevée à la surface, ou à la base du tas qui est forcément soumise à des conditions anaérobies.

La température est conditionnée par l'oxygène ou l'aération de la masse, la teneur en humidité, la grosseur des particules, la compacité et le rapport carbone/azote du mélange.

7.2.1 Aération des tas de compost

L'aération d'un mélange de matières organiques en décomposition fournit l'oxygène nécessaire aux microorganismes et, avec la teneur en humidité, a un effet direct sur la température interne de fermentation du mélange en conditions aérobies.

La fréquence de retournement d'un tas de compost, qui a pour but d'exposer toutes les particules à des conditions identiques, jusqu'à leur décomposition, est reliée à la teneur en humidité du mélange, mais aussi à l'évolution de la température interne, à la nature et à la grosseur des particules des matériaux utilisés.

En général, il faut laisser fermenter un tas de compost pendant environ un mois avant de procéder à un retournement pour fin d'aération et ceci, jusqu'à la maturité du compost.

7.2.2 Fréquence d'apport de lisier

Lors de la confection d'un mélange de lisier de porcs et de sciure de bois pour fin de compostage, il faut ajouter 10% de lisier en volume à la sciure de bois. Lors des trois retournements mensuels suivants, il faut de nouveau ajouter au mélange de 5 à 10% de lisier en volume chaque fois, selon l'état d'humidité du compost, pour un total de 30% de lisier en volume depuis la confection du mélange.

Par la suite, le mélange doit être retourné encore une fois par mois, mais sans apport de lisier jusqu'à sa maturité.

7.2.3 Evaluation de la maturité d'un compost

La technologie du compostage permet d'affiner un mélange de matières organiques diverses pour en faire un compost ou substrat horticole qui réponde aux fins auxquelles on le destine. Normalement on devrait pouvoir obtenir un compost acceptable après 6 mois de compostage.

Il existe des méthodes plus ou moins sophistiquées (Spohn, 1969, 1978) pour vérifier la maturité et la sécurité d'un compost. La réponse la plus directe et la plus simple est obtenue par les plantes elles-mêmes. Certaines espèces se développent cependant lentement. Le résultat le plus rapide est obtenu avec du cresson ou du radis que l'on sème en caissettes et qui se développent en une semaine. Bien que les plants de tomates croissent plus lentement que ceux de cresson ou de radis, cette espèce est une excellente indicatrice de la maturité et de la sécurité d'un compost.

Il faut réaliser qu'il s'agit d'un test plutôt draconien car on utilise rarement un compost seul comme substrat horticole. On le mélange ordinairement avec de la tourbe horticole, du sable ou de la vermiculite. Parfois même on procède à une stérilisation à la vapeur qui a une influence sur la qualité du compost.

7.2.4 Rendement potentiel en compost stabilisé

Selon la nature de la matière première utilisée comme support pour le compostage du lisier de porcs, il peut survenir des pertes importantes de poids. Wilson (1971) mentionne des pertes de poids de 47 à 80% dans une étude sur le compostage du fumier de vaches. Il attribue une partie de cette perte à la déshydratation qui se produit au cours du compostage et l'autre, à la dégradation des solides volatils.

Dans le compostage du lisier de porcs, il ne peut se produire de déshydratation puisqu'on ajoute du lisier de quatre à six fois, selon la nature du matériel de support utilisé, au cours de la période de compostage. La déshydratation ne peut et ne doit se produire que durant la phase de maturation.

Demmel et al. (1979) mentionnent également des pertes de poids variant de 75 à 80% dans le compostage du fumier de vaches. Toth et Gold (1971) affirment que la réduction du poids peut varier de 40 à 60% selon la nature du matériel de base.

La réduction du volume du matériel organique utilisé est beaucoup plus apparente. Son importance varie selon la nature du matériel. Dans nos travaux, elle a été de 7% avec la sciure de bois, l'écorce de bois et la tourbe de sphaignes décomposée, et de 50% et 70% respectivement avec la paille et l'ensilage de maïs.

Wilson (1971) a obtenu des réductions de volume aussi faibles que 9% et aussi élevées que 44% dans son expérience de compostage de fumier de vaches. Besley et al. (1971) ont aussi obtenu des réductions de volume de cet ordre, soit de 23% à 43%, pour des composts d'ordures ménagères, de paille et de lisier de porcs. Une grande partie de la réduction du volume de compost au cours de la période de compostage résulte du tassement du matériel, le tas s'affaissant considérablement selon la nature du matériel de support.

7.2.5 Périodes de compostage et de maturation

Un compost est parvenu à maturité lorsque la température à l'intérieur de la masse a atteint la température extérieure et qu'elle n'augmente plus à la suite d'aérations subséquentes. Si on entrepose un tel compost en grande quantité pendant longtemps, il n'y a pas d'échauffement à l'intérieur de la masse ni de décomposition anaérobie.

Une baisse significative et prolongée de la température à l'intérieur d'un tas de compost peut nous guider sur l'évolution du processus de compostage et la fin de la période active de fermentation. Cette baisse de température n'est qu'un indice et non un critère absolu. Elle pourrait aussi être due à un manque d'azote, à une aération insuffisante, ou à une teneur en eau trop élevée. C'est pourquoi d'autres critères que la baisse de température doivent aussi servir à déterminer l'évolution du compostage et son degré de maturité.

Certains critères comme la couleur brun foncé à noir, l'odeur d'humus forestier et la texture friable et granulaire du matériel sont subjectifs ou empiriques. Les critères basés sur les caractéristiques chimiques du compost lui-même et les critères biologiques basés sur la réaction des plantes dans un tel substrat sont plus réalistes.

Nous avons décrit antérieurement (7.2.3) une méthode simple et facile de vérifier la maturité d'un compost en utilisant un semis de tomates.

Il faut souligner que si nous avons obtenu un compost acceptable pour y faire un semis de tomates après cinq mois et demi de compostage, cela ne signifie pas nécessairement qu'il avait atteint un degré de maturité complète et qu'il était stabilisé.

La durée de la période de compostage dépend de plusieurs facteurs et peut varier de six à douze mois dans le cas d'un matériel grossier comme l'écorce de bois franc, de la réutilisation du lixiviat seul, ou d'une température ambiante froide qui ralentit la fermentation.

Après la période de compostage ou de fermentation intensive, qui peut durer de six à douze mois selon le cas, quelques aérations peuvent suffire jusqu'à la maturité complète du compost. Un compost ne peut être considéré comme stabilisé avant un an. Il faut éviter d'aérer un tas de compost lorsque la température extérieure est très froide.

Après un an de compostage et de maturation, un compost stabilisé peut être ensaché et entreposé. Il devrait posséder les caractéristiques énumérées antérieurement (2.4). Sa teneur en humidité devrait être inférieure à 40%, et le rapport carbone/azote, inférieur à 30. Ce dernier rapport n'est qu'un guide, et il importe peu si le compost est bien décomposé et stabilisé.

7.3 POSSIBILITES DE COMPOSTAGE DANS UNE REGION TYPE

Nous avons choisi, pour l'étude des possibilités d'utilisation du procédé de compostage du lisier de porcs, la région agricole numéro 3, ou région de la Beauce, qui comprend les comtés de Beauce, Dorchester, Mégantic et Frontenac.

Il y avait dans cette région agricole en 1983, selon une étude du bureau agricole régional, 942 244 porcs. C'est la deuxième plus grande région d'élevage de porcs au Québec, après la région du Richelieu (no 6). Cet élevage constitue une source de revenus intéressante pour les producteurs agricoles de cette région.

7.3.1 Description de la région

Les quatre comtés municipaux de la région agricole du sud de Québec, ou région de la Beauce, regroupent une centaine de paroisses. La région est limitée au sud et à l'est par les Etats-Unis, et particulièrement par l'état du Maine; au nord par les comtés de Lévis et de Bellechasse, et à l'ouest-sud-ouest, par ceux de Lotbinière, de Nicolet, d'Arthabaska, de Wolfe et de Compton.

La superficie totale de la région est de 1 029 038 hectares, mais les fermes n'en occupent que 487 902 hectares, à cause des caractéristiques physiques et climatiques de la région. La superficie des terres améliorées est de 196 278 hectares et la superficie en culture, de 151 798 hectares, selon le Bureau de la statistique du Québec (1980).

Le climat devient de plus en plus rigoureux à mesure que l'on descend vers le sud, à cause de l'altitude élevée du plateau. La température moyenne de la région est de 3,8°C, variant de -11,5°C en janvier à 18,2°C en juillet. La durée moyenne de la saison sans gel (0°C) est de 96 jours et le nombre moyen de degrés-jours de croissance est de 2 700. La période de végétation est de 180 jours.

Située en grande partie dans la zone des Appalaches, la région se présente sous l'aspect d'un vaste plateau incliné du sud-est vers le nord-ouest. De nombreuses vallées et des collines résiduelles jalonnent cette région irriguée par la rivière Chaudière aux crues printanières. Cette rivière est un des cours d'eau les plus étendus du Québec. Elle prend sa source véritable dans les hautes terres qui séparent le Vermont et le Maine de la Beauce.

La rivière Chaudière baigne 170 kilomètres de pays et draine de 600 000 à 750 000 hectares de terre. Elle traverse une partie du comté de Dorchester, toute la Beauce et vient se précipiter dans le fleuve Saint-Laurent près du pont de Québec. Une cinquantaine de rivières et une vingtaine de lacs alimentent la rivière Chaudière qui est sujette aux crues

printanières, et souvent inattendues en hiver. Elle est aussi sujette à la pollution de toute sorte. Des mesures ont dû être prises au cours des dernières années par suite du déversement inconsidéré de lisier de porcs dans cette rivière.

7.3.2 Sols, cultures et élevages

La région de la Beauce ne comporte pas de sols classés "1" dans le système de classement de l'Inventaire des terres du Canada. Les sols de la région ne favorisent pas une productivité élevée, à part quelques îlots de sols classés "2" dans les environs de Plessisville, de Sainte-Marie, de Saint-Léon-de-Standon, de Saint-Isidore et de Saint-Anselme.

La région tire la plus grande partie de ses revenus des productions animales. Les productions végétales destinées à l'alimentation animale, principalement les fourrages et les pâturages, occupent une superficie importante. On trouvera dans le tableau 38 les superficies consacrées à chacune des productions végétales dans la région et, dans le tableau 39, la population animale.

TABLEAU 38: REPARTITION DES SUPERFICIES CONSACREES AUX PRO-
DUCTIONS VEGETALES DANS LA REGION DE LA BEAUCE

CULTURE	SUPERFICIE EN HECTARES (1982)
Avoine	9 200
Grains mélangés	800
Foin cultivé	103 900
Pâturage	49 700
Pommes de terre	300
Légumes	180
TOTAL	164 080

SOURCE: Statistiques de l'Agriculture, des Pêches et de
l'Alimentation. Ministère de l'Agriculture, des
Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 1983

TABLEAU 39: BETAAIL ET VOLAILLES DANS LA REGION DE LA BEAUCE

ESPECE ET CATEGORIE	NOMBRE
Taureaux	8 200
Bouvillons	9 300
Veaux	46 300
Vaches de boucherie	26 300
Génisses de boucherie	8 800
Vaches laitières	80 600
Génisses laitières	25 200
Porcs*	942 244
Moutons et agneaux	18 200
Poussins pour la ponte	823 300
Poussins pour la chair	9 107 500
Dindonneaux pour la chair	279 800

SOURCES: Bureau de la Statistique du Québec

* Nombre de porcs élevés dans une année (1983) selon une étude du Bureau agricole régional.

7.3.3 Épandage du fumier sur les terres agricoles

On sait que l'épandage des fumiers et des lisiers doit être conforme à des directives agronomiques et est soumis à une réglementation gouvernementale.

Dans la publication du gouvernement du Québec intitulée "Nourrir le Québec" (1981), on mentionne que la population bovine occupe environ 190 000 hectares de terre dans la Beauce, ce qui correspond à 1,07 hectare par unité animale (1 u.a. = 1 bovin adulte). Si on considère qu'il y a environ 196 000 hectares de terres améliorées, dont 152 000 hectares de terres en culture, on se rend compte qu'il y a suffisamment de terres agricoles pour l'épandage du fumier de bovins. En effet, la norme du ministère de l'Environnement du Québec pour l'épandage des fumiers est de 0,3 hectare par unité animale.

L'aviculture compte environ 45 650 u.a. qui produisent 462 400 tonnes métriques de fumier dans la région. Considérant la norme de 0,3 ha par unité animale, il suffirait de 14 000 hectares environ pour l'épandage du fumier de volailles. On doit ajouter qu'une partie de ce fumier est recyclée et utilisée dans l'alimentation des bovins de boucherie. Les fumiers provenant de l'élevage des bovins et des volailles ne causent pas de problème à l'environnement dans la Beauce.

Il resterait normalement assez de terres agricoles dans la Beauce pour l'épandage du lisier produit par les 942 244 porcs. Mais cet élevage pose des problèmes d'entreposage et d'épandage. Il est très intensif et plus concentré dans cer-

taines municipalités et secteurs de la région que dans d'autres, comme on peut le constater dans le tableau 40. On évalue à 1 328 564 m³ le lisier produit dans cette région, en se basant sur la norme de 1,41 m³ de lisier par porc utilisée pour calculer les capacités d'entreposage nécessaires.

TABLEAU 40: REPARTITION DU NOMBRE DE PORCS DANS LA REGION DE LA BEAUCE

SECTEUR	NOMBRE
Lac-Etchemin	162 512
Lac-Mégantic	18 018
Plessisville	113 950
Saint-Georges	42 919
Saint-Isidore	364 551
Thetford-Mines	40 348
Saint-Joseph	199 946
TOTAL	942 244

Source: Bureau agricole régional

Nombre de porcs élevés dans une année (1983) dans différents secteurs de la région

7.3.4 Elevages de porcs dans la région et lisier produit

Il y avait 1 112 éleveurs de porcs dans la région de la Beauce en 1983, selon l'étude du Bureau agricole régional mentionnée antérieurement. Ces éleveurs appartenaient à trois catégories différentes d'entreprises d'élevage porcin:

1. Entreprise porcine de naisseur;
2. Entreprise porcine d'engraisreur;
3. Entreprise d'élevage mixte (naisseur et engraisseur).

Les exigences au point de vue besoins d'entreposage du lisier et de superficie pour son épandage ne sont pas les mêmes pour ces trois catégories d'éleveurs (tableau 41).

Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec a déterminé le nombre de truies ou de porcs que possède un éleveur moyen de chacune de ces catégories d'entreprises dans la région agricole de la Beauce:

1. Naisseur	100 truies
2. Engraisseur	1 500 porcs (vendus 3 300)
3. Naisseur et engraisseur	85 truies
	1 150 porcs (vendus 2 530)

La superficie agricole nécessaire à un éleveur moyen de chacune de ces catégories pour l'épandage de son lisier est difficile à déterminer à priori. Il faut envisager à cette fin trois hypothèses possibles, compte tenu du genre d'élevage et

TABLEAU 41: LISIER PRODUIT ET SUPERFICIE NECESSAIRE A SON EPANDAGE POUR
CHAQUE CATEGORIE D'ELEVEURS

Catégorie d'éleveurs	Population constante		Porcs vendus annuellement	Lisier produit m ³	Superficie pour épandage ha.
	Truies	Porcs			
Naisseur	100	--	--	616	8
Engraisseur	--	1500	3300	4620	90
Naisseur et Engraisseur	85	1150	2530	4066	76

Données techniques sur l'élevage de porcs:

4 truies = 1 unité animale

5 porcs = 1 unité animale

1 porc engraisé produit 1,4 m³ de lisier

1 truie équivaut à 4,4 porcs engraisés

Nombre moyen d'élevages par année = 1,95

volume de lisier à entreposer:

Porc engraisé = 0,4 pi³/animal/jour

Truie = 0,56 pi³/animal/jour

Jours d'occupation par année = 365 jours

Période d'entreposage entre le dégel du printemps

et le gel d'automne = 200 jours (7 mois)

Superficie nécessaire pour l'épandage = 0,3 ha par
unité animale

de la superficie de terre disponible, si on veut comparer le compostage du lisier de porcs à l'épandage.

Hypothèse 1:

L'éleveur n'a aucune terre agricole pour fin d'épandage du lisier.

Hypothèse 2:

L'éleveur a assez de terre agricole pour épandre la moitié du lisier provenant de son élevage.

Hypothèse 3:

L'éleveur a assez de terre agricole pour épandre tout le lisier provenant de son élevage.

On peut, pour chaque catégorie d'éleveur moyen de la région concernée, déterminer approximativement la quantité de lisier de porcs produite et la superficie de terre agricole nécessaire dans son exploitation ou ailleurs pour l'épandage. La norme de 0,3 hectare par unité animale nous permet de déterminer les besoins de chaque catégorie d'éleveurs pour la disposition du lisier.

7.3.5. Analyse économique de la disposition du lisier de porcs par l'épandage

L'épandage du lisier de porcs sur les cultures est la méthode la plus économique d'en disposer actuellement. Lorsque l'éleveur n'a pas les superficies nécessaires pour l'épandage du lisier dans son exploitation, il doit trouver à proximité autant que possible les superficies dont il a besoin pour en disposer.

On trouvera dans le tableau 42 un aperçu des coûts d'opération annuels pour la reprise et l'épandage du lisier, ainsi que le coût total de manutention et d'entreposage pour l'éleveur moyen de la région concernée.

La vidange des fosses à lisier est la responsabilité de l'éleveur qui doit transporter le lisier jusqu'aux sites d'épandage. Plusieurs éleveurs le font avec des camions. Le prix demandé par les entrepreneurs à forfait varie en fonction de l'équipement fourni et de la distance à parcourir. Dans le tableau 43, on donne le coût de transport pour chaque mètre cube de lisier de porcs en fonction de la distance parcourue.

Ces deux tableaux nous permettent d'évaluer le coût imputé à la disposition du lisier de porcs dans la ferme de l'éleveur ou à l'extérieur de son exploitation. On peut alors préciser le coût de la disposition du lisier par la méthode de l'épandage en fonction des trois hypothèses énoncées antérieurement.

TABLEAU 42: DONNEES ECONOMIQUES DE MANUTENTION DU LISIER DE PORCS

CATEGORIE D'ELEVEURS	COUT DE REPRISE ET D'EPANDAGE \$	COUT DE MANUTENTION ET D'ENTREPOSAGE		
		TYPE DE PLANCHER		
		RIGOLLES	PARTIELLEMENT LATTE	COMPLETEMENT LATTE
		\$	\$	\$
Naisseur	29,00/truie	68,00	68,00	80,00
Engraisseur	3,42/porc	5,90	6,25	7,15
Naisseur et Engraisseur	37,15	81,85	82,25	95,45

Source: Manuel de gestion agricole des fumiers
MAPAQ, 1983

TABLEAU 43: COUT DU TRANSPORT DU LISIER PAR CAMION-CITERNE

DISTANCE DU LIEU DE CHARGEMENT EN KILOMETRES	VOLUME EN TONNES METRIQUES			
	13	18	22	45
	COUT PAR TONNE METRIQUE OU METRE CUBE			
	\$	\$	\$	\$
5	1,08	0,80	0,85	0,70
10	1,43	1,11	1,15	0,88
15	1,87	1,42	1,48	1,06
25	2,87	2,13	2,12	1,46
50	5,18	3,78	3,69	2,39
75	7,56	5,47	5,30	3,35
100	9,86	7,10	6,87	4,28
150	14,56	10,45	10,05	6,17
175	19,25	13,78	13,24	8,06

Source: Coût du transport par camion P.E. Julien, agronome
 Dans: manuel de Gestion agricole des fumiers
 MAPAQ, 1983.

HYPOTHESE 1: L'ELEVEUR N'A AUCUNE TERRE AGRICOLE POUR FIN D'EPANDAGE. IL DOIT TRANSPORTER OU FAIRE TRANSPORTER A FORFAIT LE LISIER.

CATEGORIE D'ELEVEURS	LISIER A DISPOSER ANNUELLEMENT m ³	DISTANCE A PARCOURIR km	COUT POUR TRANSPORT ET EPANDAGE PAR m ³
Naisseur (100 truies)	616	5	5,41 \$
		10	5,59
		15	5,77
		25	6,17
		50	7,10
Engraisseur 1 500 porcs	4620	5	3,14
		10	3,32
		15	3,50
		25	3,90
		50	4,83
Naisseur et engraisseur 85 truies + 1 150 porcs	4066	5	3,43
		10	3,61
		15	3,79
		25	4,19
		50	5,12

Note: Pour minimiser les coûts de transport, l'éleveur utilise un camion-citerne d'une capacité de 45 m³.

HYPOTHESE 2: L'ELEVEUR A ASSEZ DE TERRE AGRICOLE POUR EPANDRE LA MOITIE SEULEMENT DU LISIER PROVENANT DE SON ELEVAGE

CATEGORIE D'EVEVEURS	LISIER A TRANSPORTER POUR EPAN- DAGE m ³	DISTANCE A PARCOURIR km	COUT POUR TRANSPORT ET EPAN- DAGE PAR m ³	LISIER A EPANDRE m ³	COUT PAR m ³	COUT TOTAL PAR m ³ POUR LA DISPOSITION DU LISIER
Naisseur	308	5	5,41 \$	308	4,71 \$	5,06 \$
		10	5,59 \$			5,15 \$
		15	5,77 \$			5,24 \$
		25	6,17 \$			5,44 \$
		50	7,10 \$			5,91 \$
Engraisseur	2 310	5	3,14 \$	2 310	2,44 \$	2,79 \$
		10	3,32 \$			2,88 \$
		15	3,50 \$			2,97 \$
		25	3,90 \$			3,17 \$
		50	4,83 \$			3,64 \$
Naisseur et engraisneur	2 033	5	3,43 \$	2 033	2,73 \$	3,08 \$
		10	3,61 \$			3,17 \$
		15	3,79 \$			3,26 \$
		25	4,19 \$			3,46 \$
		50	5,12 \$			3,93 \$

HYPOTHESE 3: L'ELEVEUR A ASSEZ DE TERRE AGRICOLE POUR EPANDRE
TOUT LE LISIER PROVENANT DE SON ELEVAGE

CATEGORIE D'ELEVEURS	LISIER A ₃ EPANDRE m ³	COUT PAR m ³ DE LISIER \$
Naisseur	616	4,71
Engraisseur	4 620	2,44
Naisseur et engraisseur	4 066	2,73

En pratique, l'utilisateur défraie les coûts de transport du lisier jusqu'à l'équivalent de la moitié de sa valeur en éléments fertilisants N, P, K, soit: 1,00 \$/kg N; 1,05 \$/kg P_2O_5 ; 0,66 \$/kg K_2O .

7.3.6 Analyse économique du compostage du lisier

Nous devons nous baser sur les travaux réalisés lors du projet d'expérimentation et de démonstration du procédé de compostage du lisier de porcs pour l'analyse économique du compostage du lisier dans un élevage porcin. Il faut cependant souligner que certaines dépenses encourues ne sont pas obligatoires pour le compostage dans les conditions ordinaires d'une entreprise d'élevage de porcs (tableau 44).

La plate-forme de 6,09 m x 91,4 m en béton bitumineux était nécessaire pour faciliter les travaux et la récupération du lixiviat, mais elle n'est pas essentielle pour le compostage. La surface du sol doit être cependant unie, et exempte de pierres et de débris. Le sol doit avoir un taux d'infiltration inférieur à 10^{-6} cm/s. Il faut aussi prendre les moyens de récupérer le refus ou lixiviat dans une fosse étanche pour le retourner dans le réservoir ou fosse d'entreposage. Une fosse d'une capacité de 2 000 litres environ par 20 m³ de matériel à composter est amplement suffisante.

Le coût de la disposition de ce lixiviat n'est pas intégré au coût de production du compost, car il s'agit d'une infime portion non utilisée du lisier de porcs dont on devrait disposer, de toute façon.

TABLEAU 44: COUT DU MATERIEL ET DES TRAVAUX DE COMPOSTAGE

MATERIEL ET EQUIPEMENT	INFRASTRUCTURE	MAIN-D'OEUVRE	COUT \$	NECESSITE
--	Plate-forme et fosses	--	14 500	Non
Vis sans fin de 30 cm par 9 m de longueur			4 000	Non
Convoyeur à palettes de 60 cm par 5 m de longueur			7 800	Non
Remorque à fourrage			4 500	Non
Tracteur (80 hp) avec chargeur frontal			30 000	Oui
Pompe à lisier (5 cm, 220 v, 1/2 hp)			582	Oui
Boyau (5 cm, 45 kg, 60 m)			600	Oui
Sciure de bois		0,95 à 3,80 \$/m ³		Oui
	Pour la fabrication	8\$/heure 0,5/m ³		Oui
	Pour les retournements	8\$/heure 2,5/m ³		Oui

Pour mélanger le lisier de porcs avec la sciure de bois, on a utilisé une vis sans fin, de construction artisanale, et une remorque à fourrage. Le mélange était effectué de façon continue dans la trémie de la vis sans fin et acheminé directement sur le tas de compost. Un convoyeur à palettes pourrait remplacer la vis sans fin, mais le coût d'achat est supérieur à celui de la vis sans fin utilisée qui était très efficace cependant.

On peut très bien se dispenser de cet équipement et faire les travaux avec un tracteur muni d'un chargeur frontal en arrosant régulièrement le tas avec du lisier au fur et à mesure de sa confection. Cette méthode utilisée lors des retournements des tas de compost s'est avérée rapide et économique.

Pour évaluer le coût global du procédé de compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois, il faut considérer certaines conditions préalables:

1. L'éleveur utilise la machinerie disponible dans son exploitation et tient compte du coût d'utilisation du tracteur (15 \$/h) et de celui de la main-d'oeuvre (2 hommes/ 8 \$/h/chacun).
2. L'éleveur ne construit pas d'infrastructure spéciale et fait le compostage directement sur un sol qui répond aux normes énoncées antérieurement (taux d'infiltration $< 10^{-6}$ cm/s).

3. La superficie maximale nécessaire pour fabriquer du compost avec 5 000 m³ de lisier est d'environ 8 100 m² pour le compostage en andains ou en tas de 6 x 6 x 2 mètres.
4. Le compostage de 5 000 m³ de lisier nécessiterait 16 000 m³ de sciure de bois (30% de lisier en volume).
5. Deux hommes fabriquent 40 m³ de compost à l'heure et retournent la même quantité dans le même temps.
6. Il y a une réduction de 10% en volume en compost stabilisé.

Il y aurait dans la région agricole de la Beauce et le territoire avoisinant environ 85 000 m³ de sciure de bois, selon le "Répertoire des usines de transformation primaire de bois" publié par le ministère de l'Energie et des Ressources (Maurice Roy, 1983). D'après Lussier et Maranda (1981), il y aurait dans ce même territoire environ 85 200 tonnes métriques anhydres de sciure et de copeaux de rabotage disponibles.

Il va sans dire que si tous les éleveurs de la région utilisaient le procédé de compostage, il n'y aurait pas suffisamment de sciure de bois disponible dans le territoire concerné. Il faut souligner que le problème ne se pose pas avec la même gravité dans tous les élevages et toutes les municipalités de la région. Les élevages sont plus concentrés dans certaines municipalités que dans d'autres, et plusieurs éleveurs peuvent disposer de leur lisier dans leur exploitation ou à proximité.

Si on tient compte des conditions préalables établies antérieurement et du prix de la sciure de bois variant de 2,50 \$ à 10,00 \$ la tonne métrique, on peut évaluer le coût de production du compost à base de sciure de bois et de lisier de porcs. Un éleveur moyen, qui doit disposer des 5 000 m³ de lisier de son élevage, aurait besoin à cette fin de 16 000 m³ de sciure de bois ou 6 000 tonnes métriques environ.

TABLEAU 45: COUT DU COMPOSTAGE

DEPENSES	COUT UNITAIRE \$	TOTAL \$
<u>MATERIEL</u>		
Sciure de bois	0,95 \$/m ³	15 200
16 000 m ³	1,90 \$/m ³	30 400
(6 000 t.m.)	3,80 \$/m ³	60 800
<u>MACHINERIE</u>		
Tracteur		
Fabrication 40 m ³ /h	15 \$/h	6 000
5 retournements 40 m ³ /h	15 \$/h	30 000
<u>MAIN-D'OEUVRE</u> (2 hommes)		
Fabrication 40 m ³ /h	16 \$/h	6 400
5 retournements 40 m ³ /h	16 \$/h	32 000

Considérant une diminution de 10% en volume pour le compost stabilisé, il y aurait environ 14 000 m³ de compost produit avec le matériel utilisé. Le coût varierait de 89 600 \$ à 135 200 \$ ou de 6,40 \$ à 9,65 \$ le mètre cube de compost stabilisé. Actuellement un tel compost se vend au détail 3,00 \$ le sac de 30 litres ou 30 dm³. Un mètre cube de compost stabilisé vaudrait environ 100 \$ à ce prix.

7.3.7 Avantage du compostage du lisier

Le compostage du lisier de porcs permet de raccourcir la période d'entreposage, qui est en moyenne de 200 jours au Québec, et par le fait même de réduire la capacité des systèmes d'entreposage.

Il est interdit d'épandre du lisier sur un sol gelé. De plus, il faut tenir compte du temps où il est impossible de se rendre sur le terrain pour faire l'épandage, et de la régie de l'exploitation. Cette régie ne permet pas toujours d'épandre le lisier dès que la période de gel est terminée et que le sol est suffisamment ressuyé. Lorsque le lisier est épandu sur des prairies après la première coupe de foin, vers le 15 juillet et à l'automne avant le 15 novembre, le producteur doit avoir une capacité d'entreposage minimale de 250 jours approximativement.

Il pourrait faire du compost à partir de la fin d'avril jusqu'à la fin de novembre et ainsi réduire la capacité de son système d'entreposage en procédant à la vidange d'une partie de ses fosses à lisier.

Dans l'analyse économique du compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois, on n'a pas tenu compte de la valeur monétaire attachée au lisier utilisé pour la fabrication du compost. En pratique, dans la disposition du lisier par l'épandage sur les cultures, l'utilisateur défraie les coûts du transport jusqu'à l'équivalent de la moitié de la valeur du lisier en éléments fertilisants N, P, K, soit: 1,00 \$/kg N; 1,05 \$/kg P_2O_5 ; et 0,66 \$/kg K_2O . Si on tient compte de cette valeur ajoutée à celle de la sciure de bois, l'écart entre le prix de revient et le prix de vente actuel de ce compost est encore considérable.

On pourrait aussi mentionner les avantages reliés à la manutention du lisier et à l'équipement, sans oublier l'élimination des risques de pollution et des mauvaises odeurs par l'utilisation d'un tel compost pour fin d'amendement des sols ou comme substrat horticole.

7.3.8 Entreprises de compostage dans la région

Une seule entreprise de compostage de lisier de porcs avec de la sciure de bois, située dans la région agricole voisine de la Beauce, "Les Composts du Québec Inc." de Saint-Henri (Lévis), mérite notre attention.

Cette firme, qui utilise le lisier de son propre élevage, avait fait des essais de compostage en 1979. Ces essais avaient démontré la possibilité de faire un tel compost et permis d'adapter une méthode de fabrication pratique pour un

éleveur moyen. Il restait cependant à résoudre certains problèmes afin d'obtenir facilement et rapidement un compost stabilisé acceptable comme substrat horticole ou comme amendement organique des sols.

Depuis 1981, la firme produit du compost par la méthode d'immenses tas carrés de 3,5 mètres de hauteur sur 30 mètres de longueur et de largeur, soit 3 000 m³ de sciure de bois. Les tas sont aérés tous les mois, sauf durant les mois de janvier, février et mars, à l'aide d'un chargeur à gravier muni d'une pelle de 3 m³. La firme possède 500 truies d'élevage et pratique la méthode d'élevage All-in-All-out de la mise bas à l'abattoir. Il s'agit donc d'un élevage de la catégorie "Naisseur et Engraisseeur".

Une autre entreprise de la région de la Beauce, qui semblait à première vue avoir de l'importance, ne s'est pas matérialisée, faute de l'infrastructure et des matériaux nécessaires. Le projet renfermait des données trop empiriques pour être réalisable. Enfin un producteur agricole de la Beauce a entrepris l'an dernier de faire du compost avec de l'écorce de bois seule, qu'il laisse fermenter sans apport d'autres matériaux organiques ou de lisier. Comme il était à prévoir, les résultats ont été plutôt décevants et il fait maintenant du compost à base de ripes, de paille et de lisier provenant de l'extérieur de son exploitation.

Il semble, à la lumière des résultats obtenus dans nos travaux et par la firme "Les Composts du Québec Inc.", que le compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois est possible et réalisable.

Le marché du compost, qui est concentré chez les jardiniers amateurs, les producteurs de légumes et de fleurs en serre, et les pépiniéristes, peut se développer à cause des qualités intrinsèques de ce compost comme substrat horticole.

Son utilisation pour les grandes cultures est plus problématique, malgré les résultats fort encourageants obtenus à la suite d'expériences en plein champ avec des cultures légumières en 1983 et 1984.

On peut faire du compost avec du lisier de porcs et de la sciure de bois, à petite ou à grande échelle. Il existe un marché pour un tel compost qui se développera dans la mesure où on offrira un produit de qualité à un prix compétitif.

7.4 MARCHE POTENTIEL DU COMPOST

L'évaluation du marché potentiel pour le compost de lisier de porcs produit dans la région agricole 03 (comtés de Beauce, Dorchester, Frontenac et Mégantic) a été effectuée pour cette même région et pour la région administrative de Québec, laquelle représente un important bassin potentiel situé à proximité. Les raisons motivant une telle définition concise de la zone d'étude et excluant le marché extérieur possible sont les suivantes:

- le compost de lisier de porcs considéré dans cette étude est produit à une échelle réduite par les éleveurs de porcs eux-mêmes comme moyen d'écouler le lisier, lorsqu'ils n'ont pas de terres agricoles propices à l'épandage ou pas de capacités suffisantes d'entreposage;

- les coûts de transport constituent une contrainte importante pour l'écoulement de ce lisier de porcs;
- la concurrence sur le marché du commerce des fertilisants naturels est très forte et elle s'avérerait d'autant plus vive pour les éleveurs de porcs dont l'activité principale n'est pas la production de compost commercial.

Le marché local pour le compost de lisier de porcs produit dans la région agricole 03 a été déterminé en évaluant les besoins futurs totaux en produits d'amendement du sol de la région. Cette demande se compose de trois marchés distincts:

- . le marché agricole
- . le marché horticole et maraîcher
- . le marché des aménagements privés ou publics.

La pratique actuelle chez les agriculteurs, qui sont les plus importants utilisateurs de fertilisants, se limite aux engrais chimiques dont les qualités fertilisantes sont généralement supérieures à celles des engrais naturels, alors que d'autres utilisateurs emploient déjà des fertilisants naturels. Ils utilisent aussi du fumier quand ils en ont à leur disposition.

Puisque le marché agricole est presque exclusivement occupé par les engrais chimiques, le rapport qualité/prix avantageant nettement ce type de fertilisant, l'évaluation des marchés possibles repose dans un premier temps sur les avenues offrant un potentiel élevé pour le compost de lisier de porcs, soit le marché occupé présentement par les utilisateurs de fertilisants naturels.

Par la suite, des hypothèses sur l'utilisation de compost de lisier de porc mélangé aux volumes d'engrais chimiques actuellement consommés dans la région agricole 03 conduisent à l'élaboration de scénarios sur le marché à potentiel moyen.

7.4.1 Marché à potentiel élevé

Ce marché relève de cinq catégories d'utilisateurs qui se servent actuellement de terreau, de mousse de tourbe et de compost. Ces industries sont les suivantes:

1. Les serriculteurs;
2. Les terrains de golf;
3. Les pépiniéristes;
4. Les détaillants de fertilisants naturels (magasins, centres-jardins, etc.);
5. Les constructeurs et entreprises de terrassement et entretien des parterres.

Grâce aux sources d'information disponibles, le marché potentiel pour chacune de ces catégories d'utilisateurs a été évalué comme suit:

1. Les serriculteurs

Ceux-ci utilisent actuellement presque exclusivement du terreau qui se définit comme étant un mélange de terre végétale et de produits de décomposition. Selon le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, les superficies de serres recensées en 1981 sont de 23 147 mètres

carrés dans la région 03 et de 52 521 mètres carrés dans la région de Québec soit un total de 75 668 mètres carrés dans la zone d'étude. De plus, la quantité de terreau utilisée pour chaque mètre carré de culture en serre est en moyenne de 0,20 mètre cube.

Il s'ensuit un potentiel de l'ordre de 15 150 mètres cubes de fertilisants naturels pour cette catégorie d'utilisateurs, soit 10 800 tonnes métriques⁽¹⁾.

2. Les terrains de golf

L'utilisation de compost non mélangé comme fertilisant et pour l'amendement des pelouses est ici très répandue mais elle se résume aux "verts" dont les surfaces sont limitées; pour le reste du terrain, on utilise des engrais chimiques.

On dénombre dans la région de Québec 25 terrains de golf différents qui consomment en moyenne chacun cent sacs de fertilisants naturels de 0,085 mètres cubes annuellement (3 pieds cubes).

Il en résulte un potentiel de l'ordre de 215 mètres cubes ou 150 tonnes métriques pour les fertilisants naturels.

(1) Le facteur de conversion est de 0,714 tonne métrique par mètre cube

3. Les pépiniéristes

Les superficies de pépinières inventoriées en 1981 sont de 13 935 mètres carrés dans la région de Québec et de 24 934 mètres carrés dans la région agricole 03, soit au total 38 869 mètres carrés.

Selon le MAPAQ, la quantité moyenne de terreau à utiliser est de 0,15 mètre cube par mètre carré de surface à couvrir.

La quantité de fertilisant naturel utilisé est donc cette fois de 5 830 mètres cubes soit environ 4 160 tonnes métriques.

4. Les détaillants de fertilisants naturels (magasins, centres-jardins, etc.)

Comme hypothèse de travail, on suppose que chaque ménage se procure en moyenne un sac de 20 litres (20 dm^3) de terreau pour ses plantes d'intérieur. De plus, la pratique de cette culture exige des changements de terreau assez fréquents et pour cette raison, ce besoin se renouvelle tous les ans.

Etant donné qu'il existait en 1981, selon le recensement, pas moins de 216 150 unités de logement dans la zone d'étude (région de Québec et région agricole 03), les besoins en fertilisants naturels sont donc de 4 325 mètres cubes ou 3 090 tonnes métriques, d'après cette hypothèse.

5. Les constructeurs et entreprises de terrassement et entretien de parterres

D'après des enquêtes menées auprès d'intervenants du milieu, dans le secteur de la construction domiciliaire et institutionnelle, environ 5% des coûts totaux encourus sont affectés à l'aménagement paysager. L'achat de terreau représente environ 8% des sommes consacrées à l'aménagement paysager.

La valeur des constructions domiciliaires et institutionnelles dans la zone d'étude ayant été, en 1981, de l'ordre de 241 600 000 \$ selon les permis de construction émis, il s'est dépensé en terreau environ 966 000 \$ cette année-là pour l'aménagement paysager. Comme le terreau se vendait alors approximativement 4 \$ le mètre cube, la quantité utilisée est donc d'environ 241 500 mètres cubes ou 172 430 tonnes métriques.

Marché total à potentiel élevé

En faisant la somme des demandes potentielles de fertilisants naturels des cinq catégories d'utilisateurs, le marché à potentiel élevé s'établit à environ 267 000 mètres cubes (190 600 tonnes métriques).

Comme l'évaluation porte sur l'ensemble des substrats, le marché du compost de lisier de porcs serait évidemment inférieur à ce chiffre, d'autres types de fertilisant naturel étant déjà bien implantés sur le marché et la concurrence en matière de prix et de caractéristiques étant forte.

Il reste qu'il existe à proximité de la région agricole 03 un marché à potentiel élevé intéressant. Considérant que la région agricole 03 produit annuellement 907 500 mètres cubes de lisier de porcs, une partie de ce volume pourrait être transformée en compost et écoulee sur le marché environnant.

7.4.2 Marché à potentiel moyen

a) Marché agricole

Une utilisation à examiner est celle d'ajouter du compost de lisier de porcs aux engrais chimiques dont se servent intensivement les agriculteurs.

Les volumes d'engrais chimiques utilisés dans la province de Québec au cours de l'année 1982-83 ont été de 433 140 tonnes métriques. Environ 6% de ces volumes, ou plus précisément 24 220 tonnes métriques, ont été utilisées dans la région 03 pendant la même période.

En supposant qu'une quantité variable de fertilisant naturel est ajoutée aux engrais chimiques utilisés, de manière à améliorer les rendements du fertilisant et particulièrement le degré de rétention d'humidité du sol, un autre marché pourrait se développer pour le compost de lisier de porcs.

Dans cet ordre d'idée, voici trois scénarios dans lesquels des volumes de fertilisant naturel équivalant à 25%, 50% et 100% du volume d'engrais chimique utilisé sont ajoutés à ce dernier.

SCENARIO I (25% de fertilisant naturel ajouté)

Volume d'engrais chimique	24 220 T.M.
Volume de fertilisant naturel	6 055 T.M.
Volume total	30 275 T.M.

SCENARIO II (50% de fertilisant naturel ajouté)

Volume d'engrais chimique	24 220 T.M.
Volume de fertilisant naturel	12 110 T.M.
Volume total	36 330 T.M.

SCENARIO III (100% de fertilisant naturel ajouté)

Volume d'engrais chimique	24 220 T.M.
Volume de fertilisant naturel	24 220 T.M.
Volume total	48 440 T.M.

Comme les chiffres l'indiquent, les besoins en compost de li-sier de porcs générés éventuellement par cette pratique sont relativement peu élevés. De plus, après consultation auprès de gens du milieu, il semble utopique de croire qu'un tel système d'engrais mélangé puisse se développer facilement. Il existe en fait d'importantes quantités de fumier d'animaux dans la région agricole 03, de telle sorte qu'un agriculteur désirant fertiliser ses terres d'engrais naturels n'a très souvent à déboursier que le coût de transport et d'épandage du fumier.

Les fertilisants naturels étant surtout recherchés pour leurs propriétés organiques, le fumier sous sa forme initiale convient habituellement. L'inconvénient du fumier comme fertilisant est son odeur et son apparence. Si, pour certains types d'utilisation, cet inconvénient est majeur et que le fumier doit être transformé en compost pour être utilisable (serres, pépinières, marché domestique), pour d'autres (marché agricole), il ne s'agit aucunement d'un obstacle et l'épandage du fumier présente une solution très avantageuse à l'enrichissement organique du sol, étant donné son faible coût.

Ces facteurs font que le marché agricole peut difficilement être retenu comme étant un marché à potentiel élevé et il ne devrait pas être pris en considération dans l'évaluation de la demande potentielle totale.

b) Marché représenté par le ministère des Transports

Afin d'entretenir les bordures d'autoroutes, le ministère des Transports fait chaque année usage de plusieurs milliers de tonnes d'engrais chimiques au Québec. Il serait possible, à condition que les propriétés fertilisantes du produit soient intéressantes, de remplacer en partie ou en totalité les engrais chimiques utilisés par un fertilisant naturel tel que le compost de lisier de porcs.

En fait, le fertilisant employé est destiné uniquement aux pelouses bordant les routes, qui sont soumises à des conditions difficiles étant donné les contraintes provoquées par la circulation. Le calcium dont on se sert pour déglacer le pavé en hiver et l'émission de gaz nocifs pour la végétation par les véhicules sont les deux principaux inconvénients auxquels la pelouse est soumise et pour lesquels des fertilisants sont nécessaires.

Les composts sont intensivement employés pour l'amendement des sols recouverts de pelouses spéciales (verts) comme les terrains de golf. La teneur élevée en matières organiques favorables pour cette végétation avantage nettement ce type de fertilisant, comparé aux engrais chimiques.

A titre indicatif, voici un bref calcul permettant de quantifier un marché potentiel pour le compost de lisier de porcs produit dans la région agricole 03: l'autoroute de la Beauce (autoroute 73), lorsqu'elle sera complétée, aura une longueur approximative de 90 kilomètres. En supposant qu'une épaisseur de 6 centimètres de compost est épandu sur cinq mètres de chaque côté de chacune des deux voies de circulation, le volume de compost à prévoir serait de 108 000 mètres cubes, soit 1 200 mètres cubes par kilomètre d'autoroute (ou 857 tonnes métriques). La seule contrainte est évidemment le coût total engendré par un tel scénario. Le prix du compost serait, de toute évidence, le facteur déterminant de décision.

7.4.3 Marché potentiel total (élevé et moyen)

Si pour l'évaluation du marché potentiel total, le marché agricole ne peut être retenu pour les raisons évoquées précédemment, il n'en va pas de même du marché que représentent les besoins en fertilisant du ministère des Transports.

L'autoroute 73 est actuellement complétée sur une longueur de 40 kilomètres et, sur la base du critère de 1 200 mètres cubes par kilomètre d'autoroute, l'épandage de compost de lisier de porcs sur cette distance exigerait un volume de 48 000 mètres cubes, soit environ 34 000 tonnes métriques de ce fertilisant. Etant donné, d'une part, les fortes pressions exercées pour trouver des modes d'utilisation des rebuts tels les sciures de bois et, d'autre part, les problèmes environnementaux causés par le lisier de porcs, il serait raisonnable pour le gouvernement du Québec d'utiliser du compost de lisier de porcs pour fertiliser les bordures de l'autoroute 73, d'autant plus que cette voie traverse une des régions qui produit les plus importantes quantités de lisier de porcs.

Selon cette optique, le marché potentiel total, composé du marché à potentiel élevé et des besoins actuels pour les bordures de l'autoroute 73, s'établit à 315 000 mètres carrés ou 225 000 tonnes métriques.

7.4.4 Conditions de mise en marché

Tel que spécifié précédemment, certains types d'utilisation exigent l'usage de fertilisants chimiques dont l'action est plus rapide, pour une quantité à l'hectare nettement plus faible, que les fertilisants naturels. Pour cette raison, les conditions de mise en marché sont étudiées uniquement pour les fertilisants naturels et, plus précisément, les types de compost présentant une alternative pour l'enrichissement du sol.

En général, la qualité du compost doit répondre à certaines normes physiques pour être acceptable. Suivant les usages prévus, la granulométrie et la présence d'impuretés, les composts sont classifiés en trois catégories différentes.

Une première catégorie admet un certain taux d'impuretés et une homogénéité moindre dans la texture. Il s'agit le plus souvent des composts utilisés dans le domaine de la foresterie et pour divers travaux d'aménagement.

Une deuxième catégorie est celle d'un compost de qualité supérieure, c'est-à-dire d'un taux d'impureté moindre et d'une meilleure apparence que celui de la première catégorie. Cette qualité est importante pour la vente en vrac auprès des exploitants de terres de culture.

Enfin, un compost de fine granulométrie contenant un minimum d'impuretés constitue la troisième catégorie, destinée surtout à la vente au détail pour fins d'horticulture, de ser-

riculture ou pour usage domestique. Etant donné sa texture, le compost de lisier de porcs peut être classé dans cette catégorie.

En plus de ces caractéristiques physiques, les propriétés chimiques d'un compost conditionnent son potentiel de mise en marché. Une analyse en laboratoire permet d'en connaître les contenus en azote (N), potasse (K_2O), acide phosphorique (P_2O_5), calcium (Ca) et magnésium (Mg). Règle générale, plus le pourcentage est élevé et, s'il n'y a pas trop d'écart d'un élément à l'autre, meilleur est le produit.

Le tableau 46 qui suit présente, pour six types de compost différents étiquetés sous 19 marques de commerce, le contenu moyen en pourcentage de certaines caractéristiques importantes, la valeur argent en N-P-K et le prix moyen de détail par sac de 20 kilos.

Les teneurs en carbone et en azote du compost à base de lisier de porcs donnent un rapport carbone/azote acceptable. Ce compost est très riche en phosphore assimilable, mais plus pauvre que la moyenne en potassium assimilable, en calcium total et en magnésium total.

Il faut souligner que l'emploi d'un compost à base de lisier de porcs n'élimine pas la fertilisation chimique, pas plus que celui d'autres composts, mais en diminue les doses d'application et constitue un excellent amendement organique des sols. Plusieurs composts sur le marché actuellement ont d'ailleurs été bonifiés par l'addition d'engrais chimiques.

TABLEAU 46: CARACTERISTIQUES DE DIX-NEUF COMPOSTS GROUPEES EN SIX TYPES DIFFERENTS VENDUS AU QUEBEC.

PARAMETRES	TYPES DE COMPOSTS A BASE DE FUMIERS						MOYENNE
	FUMIER DE VACHES	FUMIER DE MOUTONS	FUMIER DE VOLAILLES	FUMIER MELANGE	FUMIER DE PORCS	ECORCES D'ARBRES	
H ₂ O %	48,8	45	44,5	48	60	58	48
pH	6,78	7,22	6,71	7,31	6,5	7,1	7,0
Matières organiques %	44,2	37,7	63	29	46	80,5	47
Carbone %	25	22	37	17	26	46	27
N total %	1,41	1,26	2,88	0,82	1,02	1,18	1,43
Rapport: carbone azote	18,4	17,2	13	22	25	40	20
P ₂ O ₅ assim. %	0,65	0,48	1,37	0,10	0,93	0,03	0,67
K ₂ O assim. %	1,25	1,42	1,98	0,54	0,17	0,35	1,38
Ca total %	4,80	4,53	7,80	3,35	2,0	3,13	4,54
Mg total %	0,98	0,86	0,73	0,43	0,48	0,15	0,78
Valeur argent en N-P-K \$/ par 20 kg	0,18	0,17	0,41	0,08	0,10	0,08	0,18
Prix moyen de détail \$/sac de 20 kg	5,34	5,27	6,83	6,29	6,23	5,64	5,58

SOURCE: Etude sur le compostage à base de lisier de porcs. Partie C: Enquête sur les composts vendus au Québec. Choinière et Gangbazo; 1982.

Il semble que le principal avantage comparatif du compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois en particulier réside dans la valeur monétaire.

7.4.5 Valeur monétaire du compost de lisier de porcs

Afin d'évaluer le plus objectivement possible la valeur monétaire du compost à base de lisier de porcs, trois facteurs importants doivent être pris en considération:

1. Plusieurs producteurs de porcs de la région agricole 03 possèdent, étant donné la taille de leur élevage, une superficie de terre nettement inférieure à la superficie nécessaire selon les normes environnementales d'épandage de lisier de porcs. Ils éliminent donc leur surplus en l'épandant sur des terres agricoles voisines, suivant certaines conditions.
2. Le montant versé au producteur de porcs pour le lisier épandu sur des terres autres que la sienne correspond à 50% de la valeur des éléments minéraux contenus dans ce lisier, soit respectivement 1 \$, 1,05 \$ et 0,66 \$ pour chaque kilogramme d'azote, de potasse et d'acide phosphorique. Puisqu'en moyenne un mètre cube de lisier contient pour 8,80 \$ de ces éléments minéraux, il en découle une perte nette de 4,40 \$ du mètre cube pour le producteur de porcs.

3. Au total, étant donné que les coûts de transport et d'épandage sont généralement encourus par le producteur de porcs et qu'ils sont en moyenne équivalents au produit de la vente du fumier, le producteur de porcs ne réalise pratiquement aucun revenu avec son lisier qui contient pourtant des éléments minéraux de valeur.

A partir de ces trois facteurs, la valeur monétaire d'une tonne métrique de compost de lisier de porcs peut être estimée comme suit:

- a) Valeur de base en éléments minéraux ($N-P_2O_5-K_2O$) d'une tonne métrique de compost⁽¹⁾:

5,00 \$

- b) Plus: Coût évité au producteur de porcs pour chaque tonne métrique de lisier, étant donné qu'il transforme ce dernier en compost plutôt que de l'épandre (coût équivalent à la tonne de compost pour transport et épandage du lisier moins coût à la tonne pour fabriquer le compost)⁽²⁾:

6,65 \$

- c) Moins: Valeur en éléments minéraux ($N-P_2O_5-K_2O$) d'une quantité de lisier de porcs équivalente à la quantité requise pour fabriquer une tonne de compost de lisier de porcs⁽³⁾:

2,65 \$

Note (1) Source: Etude sur le compostage à base de lisier de porcs. partie C : Enquête sur les composts vendus en sac au Québec, Choinière et Gangbazo, 1982

$$(2) \quad \left(\frac{4,40 \text{ \$ / T.M.}}{30\%} \right) - 8,02 \$ = 6,65 \$$$

$$(3) \quad 8,80 \$ \times 30 \% = 2,65 \$$$

d) Donc, la valeur monétaire d'une tonne métrique de compost de lisier de porcs égale⁽¹⁾:

9,00 \$

Une comparaison de cette valeur monétaire estimée avec les valeurs obtenues pour d'autres types de compost (Choinière et Gangbazo) permet de mieux situer le compost de lisier de porcs par rapport aux autres types couramment utilisés.

TYPE DE COMPOST

VALEUR MONETAIRE A LA
TONNE METRIQUE

Fumier de porcs (1 marque)	9,00 \$
Fumier de vaches (moyenne de 5 marques)	9,20 \$
Fumier de moutons (moyenne de 8 marques)	8,50 \$
Fumier de volaille (2 marques)	20,50 \$
Fumier mélangé (1 marque)	4,00 \$
Ecorces d'arbres (2 marques)	4,00 \$

La valeur monétaire estimée du compost à base de lisier de porcs permet de considérer que ce type de compost fournit un rapport prix/ quantité (valeur monétaire unitaire) du même ordre que celui des composts de fumiers de moutons et de vaches.

Note (1) $5,00 \$ + 6,65 \$ - 2,65 \$ = 9,00 \$$

Sur cette base, la part du marché des fertilisants naturels éventuellement possible pour le compost de lisier de porcs devrait vraisemblablement être voisine de celle de ces autres types de compost.

7.4.6 Part du marché des fertilisants naturels

L'évaluation du marché potentiel des fertilisants naturels nous a indiqué, à la section 7.4.3, un besoin de haute probabilité pour 267 000 mètres cubes annuellement (marché à potentiel élevé) et une demande hypothétique de 48 000 mètres cubes (autoroute de la Beauce).

Toutes choses étant égales par ailleurs, en supposant que les parts relatives du marché à potentiel élevé (par type de fertilisant naturel) sont proportionnelles au rapport valeur monétaire/tonne métrique, le compost de lisier de porcs accaparerait 16% du marché des fertilisants naturels de la zone d'étude, soit 43 000 mètres cubes (30 700 tonnes métriques).

De plus, en posant l'hypothèse que le gouvernement du Québec utilise 48 000 mètres cubes de compost de lisier de porcs pour traiter les bordures de l'autoroute 73, le marché total pour ce compost dans la seule zone d'étude serait de 91 000 mètres cubes (ou 65 000 tonnes métriques).

8.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats des travaux de compostage du lisier de porcs avec différentes matières organiques agricoles et forestières, et de la tourbe décomposée, ont démontré qu'on peut faire en moins de six mois un compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois franc acceptable comme substrat horticole. Un compost à base de lisier et de paille hachée ou d'ensilage de maïs peut servir d'amendement organique des sols après une telle période, mais ne convient pas comme substrat horticole. La tourbe décomposée et l'écorce de bois franc n'ont pas donné satisfaction.

Des essais de production de plants de tomates en serre avec un compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois franc fabriqué au cours de ces travaux de compostage ont donné d'excellents résultats.

Dans nos travaux, nous avons tâché de garder un équilibre entre le côté scientifique de l'expérience et les exigences d'ordre pratique dans une ferme d'élevage de porcs.

La quantité et la qualité du lisier comparativement au lixiviat provenant des tas de compost, de même que la nature de la matière organique de support utilisée au cours de ces travaux sur le compostage, ont exercé une influence marquée sur le processus du compostage.

Les conditions environnantes ne semblent pas avoir affecté le processus de compostage durant la période active de fermentation. Vers la fin de la période de compostage, la température à un mètre à l'intérieur des tas s'est abaissée graduellement pour laisser supposer la fin de la période active de fermentation avant la saison froide.

Le compostage d'un mélange de lisier de porcs et de sciure de bois franc est facile et économique. Avec les ressources en équipement et en main-d'oeuvre disponibles dans une ferme d'élevage de porcs, on a réussi à produire un compost acceptable comme substrat horticole au coût de 6,40 \$ le mètre cube lorsque la sciure de bois coûtait 0,95 \$ le mètre cube, et de 9,65 \$ le mètre cube lorsque la sciure coûtait 3,80 \$ le mètre cube.

Le compostage est plus convenable pour un éleveur de porcs que tout autre traitement sophistiqué visant à produire de l'énergie ou à purifier le lisier. Il peut fabriquer un compost avec les instruments aratoires et la main-d'oeuvre disponibles dans sa ferme.

De nombreux avantages militent en faveur du compostage du lisier de porcs avec certaines matières organiques agricoles et forestières, telles que la sciure et l'écorce de bois, la paille hachée et les déchets de maïs. On peut souligner les avantages suivants:

1. La dégradation de ces matières organiques est plus rapide et plus poussée;

2. Les mauvaises odeurs sont éliminées par suite d'une oxydation plus complète de la matière organique;
3. La teneur en azote du lisier de porcs est stabilisée;
4. Le compost obtenu peut servir de substrat horticole ou d'amendement organique des sols selon la matière de support utilisée;
5. On peut fabriquer du compost avec du lisier lorsque les conditions ne permettent pas l'épandage sur les terres agricoles;
6. La possibilité de fabriquer du compost dès le début d'avril et jusqu'au début de décembre environ permet de réduire la capacité du système d'entreposage du lisier;
7. Le compostage conserve et valorise les déchets organiques agricoles et forestiers en les recyclant sous forme de composés réassimilables par les plantes;
8. Les opérations de compostage en tas ou andains sont simples et faciles à réaliser dans une ferme d'élevage de porcs.

Pour obtenir un compost stabilisé, friable, sans mauvaise odeur, virtuellement exempt d'organismes pathogènes et acceptable comme substrat horticole ou amendement organique des sols, il faut utiliser les matériaux adéquats et maintenir

dans la masse les conditions les plus favorables à l'activité microbienne. Ces conditions exigent un bon degré d'humidité et l'oxygène nécessaire à cette activité..

On peut résumer les opérations nécessaires à cette fin pour le compostage du lisier de porcs avec de la sciure de bois franc, qui demeure le matériel de support idéal pour la production d'un substrat horticole:

1. Il faut ajouter environ 10% de lisier de porcs en volume à la sciure de bois lors du mélange, et 20% au cours de la période de compostage, pour un total de 30%. On profite des trois premiers retournements pour ajouter la quantité nécessaire de lisier.
2. Il faut procéder au retournement de la masse de compost tous les mois pour fin d'aération, et jusqu'à la stabilisation du compost, à l'exception des mois d'hiver.
3. On doit respecter certaines exigences minimales lors de la confection des tas ou andains qui ne devraient pas excéder 6 mètres à la base et 2 mètres de hauteur. La longueur du tas ou andain peut varier pour convenir aux conditions et exigences locales.
4. La vérification la plus simple et la plus directe de la maturité et de la sécurité d'un compost est obtenue par un semis de plantes en caissettes. Le résultat le plus rapide est obtenu avec des radis ou du cresson, mais les plants de tomates constituent un excellent indicateur.

5. On peut prévoir une réduction en volume de 10% environ pour un compost stabilisé à base de lisier de porcs et de sciure de bois franc.
6. La durée du compostage peut varier de 6 à 12 mois, et on ne doit pas considérer qu'un compost est stabilisé avant un an.
7. La teneur en humidité d'un compost stabilisé devrait être inférieure à 40% et le rapport carbone/azote inférieur à 30. Ce dernier rapport n'est qu'un guide, et il importe peu si le compost est bien décomposé et stabilisé.

Le compostage contribue à la valorisation à la fois du lisier de porcs et de la sciure de bois en particulier et à la protection de la qualité de l'environnement. Seule la disponibilité de la sciure de bois pourrait limiter la production d'un compost acceptable comme substrat horticole. Il est une alternative à la digestion anaérobie ou méthanisation des fumiers à l'échelle de la ferme sous nos conditions.

Malgré le manque d'évidence épidémiologique de maladies causées par l'application de déchets d'animaux dans les sols, leur compostage, ou l'utilisation d'un compost à base de ces déchets, il faut prendre les précautions nécessaires lorsqu'on dispose de déchets de cette nature. Les dangers qui peuvent en résulter proviennent toujours d'un manque d'hygiène et de précautions élémentaires.

Il existe un marché pour un compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois franc, comme en font preuve les essais et les ventes effectuées au cours des dernières années avec un tel substrat horticole. Son avantage et son utilité ont été démontrés dans les pépinières, la production de plants de légumes et de fleurs en serre, les terrains de golf, les pelouses et les jardins. Ce marché se développera dans la mesure où on offrira un compost de qualité à un prix compétitif.

Les résultats de nos travaux devraient servir de guide pour l'obtention d'un tel compost.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER, M., 1977. Introduction to soil microbiology. Second Ed. John Wiley & Sons, New York, 467 p.
- ALLISON, F.E., 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier Scientific Publishing Company. New-York. 637 p.
- ANONYME, 1979. Directory of composting systems. Compost Science/Land Utilization. Vol. 20, No 1: 22-25.
- ANONYME, 1980. Inventaire des tourbières du Québec au 1er janvier 1979. Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec. DPV no 718, 8 p.
- APWA, 1970. Municipal refuse disposal. 3rd ed., American Public Works Association, Public Administration Service, Chicago, Ill. Cited by J.T. Hays. Composting of Municipal Refuse In Symposium: Processing agricultural and municipal wastes. Avi. Pub. pp. 205-215, 1973. GE Inglett ed.
- BÄGSTAM, G., 1979. Population changes in microorganisms during composting spruce bark. II. Mesophilic and thermophilic microorganisms during controlled composting. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotech. 6: 279-288.

BARBIER, G., 1943. Observations sur les produits humiques à base de tourbe et de lignine. Annales agronomiques no 1, 1943.

BARBIER, G. et P. BOISCHAUT, 1943. La tourbe a-t-elle une valeur fertilisante? C.R.A.A. 1943. p. 501.

BELL, R.G., J. POS et R.L. LYON, 1973. Production of composts from soft wood lumber mill wastes. Compost Science/Land Utilization. Vol. 14, no 2: 5.

BELZILE, M., 1981. Essais de fabrication commerciale d'un compost de lisier de porcs et de sciure de bois. Agriculture. Vol. 37, no 4: 7-15.

BERNIER, P.J. et Y. BRUNEAU, 1983. Manuel de gestion agricole des fumiers. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. pp. 159-165.

BESLEY, H.E. et al., 1971. Rapid controlled composting of organic wastes. Biological Dept. and Agricultural Dept. The New Jersey State University. N.J. 82 p.

BOLLEN, W.B. and D.W. GLENNIE, 1961. Sawdust, bark and other wood wastes for soil conditioning and mulching. Forest Product J. Vol. II: 38-46.

CAPPAERT, I., O. VERDONCK et M. DE BOODT, 1976. Composting of bark from pulp mills and the use of bark compost as a substrate for plant breeding. Compost Science, Vol. 17, no 4: 6 et Vol. 17, no 5: 18.

CARON, H., 1980. La tourbe: techniques modernes d'exploitation et utilisations à travers le monde. Société d'ingénierie Cartier Ltée. Préparé pour la Direction générale de l'industrie, ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec.

CHOINIERE, J.-A et G. GANGBAZO, 1982. Etude sur le compostage à base de lisiers de porcs. Département de Génie Rural, Université Laval, Québec.

CHRISTENSEN, F.W. and T.H. HOPPER, 1938. Digestible nutrients and metabolizable energy in certain silages, hays and mixed rations. Jour. Agr. Research 57: 477-512.

CIBA-GEIGY CANADA LTD., 1974. Changing waste into value. Environment Services. Ciba-Geigy Canada Ltd. Montréal. Communication personnelle.

CONVERSE, J.C., D.L. DAY, J.T. PFEFER and B.A. JONES Jr., 1971. Aeration with ORP control to suppress odors emitted from liquid swine manure systems. In: Proc. Int. Symp. on Livestock Wastes: 267-271. ASAE, Publ. Proc. 271, St. Joseph, Mich. 49085.

DAYNARD, T. and R.B. HUNTER, 1975. Relationship between whole plant moisture, grain moisture, dry matter yield and quality of whole plant corn silage. Canadian Journal of Plant Science, No 55: 77-84.

DELISLE, A., 1979. La biomasse, l'énergie naturelle aux mille facettes. Direction des énergies nouvelles. Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec. 32 p.

DEMARQUILLY, C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des sous-produits de la culture du maïs. Bul. Tech. Inf. no 343-344: 411-419.

DEMME, D., 1980. Farm-scale composting: An option to anaerobic digestion. Compost Science/Land Utilization. Vol. 21, no 1: 42-44.

DEMME, D. et al., 1979. Composting of farm manure. Small Farm Energy Project. Newsletter. Nebraska, no 17, March 1979.

DUBE, A., 1982. Méthode rapide de détermination de la valeur fertilisante des lisiers de porcs à la ferme. Agriculture, Vol. 39, no 1: 32-35.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1971. Composting of municipal solid wastes in the United States. Publ. SW-47R, Supt. of Documents, U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.

- FINSTEIN, M.S., 1980. Composting microbial ecosystem: Implications for process design and control. Compost Science/Land Utilization. Vol. 21, no 4, 1980: 25-27.
- FOREST, B., 1982. Utilisation horticole d'un compost à base de lisier de porc et de sciure de bois. Roche Associés Ltée, Québec.
- FULLER, W.H. and S. BOSMA, 1965. The nitrogen requirements of some municipal composts. Compost Sci. Summer 1965: 26-32.
- GALLER, W.S., and C.B. DAVEY, 1971. High rate poultry manure composting with sawdust. In American Society of Agr. Engineers Livestock Waste Management and Pollution Abatement. Michigan, 1971, 360 p.
- GOLUEKE, C.G., 1976. Composting: a review of rationale, principles and public health. Compost Science, Vol. 17, no 3: 11-15.
- GOLUEKE, C.G., 1977. Biological reclamation of solid wastes. Rodale Press Inc., EMMAUS.
- GONZALEZ, A., 1981. Bref aperçu des propriétés chimiques et physico-chimiques de la tourbe utilisée dans les conteneurs du Québec (CRIQ). Rapport d'information LAU-X-48. Centre Rech. forestières des Laurentides, Ste-Foy, Québec.

GOTAAS, H.B., 1959. Compostage et assainissement. Organisation Mondiale de la Santé, Palais des Nations, Genève, 1959, 106 p. Cité par Gangbazo, 1982.

GRANDMAISON, J., 1982. La culture en container pour plantes ligneuses ornementales. Québec Vert, Vol. 4, no 5: 36-37.

GRANT, E.A. et P.L. BURGESS, 1978. La fléole. Agriculture Canada, Ottawa, Publ. 1640.

HAYS, J.T., 1973. Composting of municipal refuse In Symposium: Processing agricultural and municipal wastes. Avi. Pub. pp. 205-215. G.E. Inglett ed.

HOITINK, H.A.J. et H.A. POOLE, 1979. Factors that effect bark composting. Amer. Nurseryman, Vol. 150, no 2: 23.

HOITINK, H.A.J., 1980. Composted bark, a lightweight growth medium with fungicidal properties. Plant Dis. Vol. 64, no 2: 142-147.

HOITINK, H.A.J. and H.A. POOLE, 1980. Bark compost use in container media. Compost Science/Land Utilization, Vol. 21, no 3, 38-41.

HOPKINS, E.S. et P.O. RIPLEY, 1951. L'ensilage. Publ. 525. Min. de l'Agriculture, Ottawa.

- JUSTE, C. et P. SOLDA, 1971. Influence d'amendements organiques constitués d'écorces brutes de feuillus ou de résineux sur une culture de raygrass d'Italie et sur quelques caractéristiques des sols. Comptes rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France, no 7: 493-502, 31 mars 1971.
- LUNT, O.R. and B. CLARR, 1959. Horticultural applications for bark and wood fragments. Forest Prod. J. 9: 39A-42A.
- LUSSIER, L.J. et J. MARANDA, 1981. Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière au Québec. Préparé pour le projet ENFOR, ministère de l'Approvisionnement et des Services, gouv. du Canada, 54 p.
- MASSE, J. et P. VALLEE, 1982. L'environnement pourquoi et comment le protéger. Rapport du Colloque sur les fumiers. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Agdex 538: 78-83.
- McNAUGHTON, A. and J.D. CUNNINGHAM, 1980. The biological transformation of waste forest biomass to humus for use as an agricultural soil amendment. Proceedings of the Second Bioenergy R and D Seminar. Pub. CNRC no 18273: 163-167.
- MOTE, C.R. et C.L. GRIFFIS, 1978. Changes occurring in cotton gin trash during the windrow composting process. Arkansas Farm Res. Vol. 27, no 6: 4.

MULLINS, E.J. et T.S. McKNIGHT, 1981. Les bois du Canada, leurs propriétés et leurs usages. Ed. Du Pélican.

PEPERZAK, P., A.G. CALDWELL, R.R. HUNZIKER et C.A. BLACK, 1959. Phosphorus fractions in manures Soil Sa., 87: 283.

PETRE, J., 1955. Fabrication d'un amendement humique à partir de la tourbe. Agriculture, no. 169: 167-179. 1955.

POCHON, J. et H. DE BARJAC, 1958. Traité de microbiologie des sols. Applications agronomiques. Dunod, Paris, 685 p.

SAVAGE, J., T. CHASE and J.D. McMILLAN, 1973. Population changes in enteric bacteria and other microorganisms during aerobic thermophilic windrow composting. J. Applied Microbiology, Vol. 26, no 6: 969-974.

SINGLEY, M.E. et al., 1975. Composting of swine waste. Proceedings of the 3rd International Symposium on Livestock Wastes. Univ. of Illinois, Urbana. ASAE, 1975: 492-496.

SMITH, F.B. and G.D. THORNTON, 1945. Production of artificial manures. Bul. 415, Florida Agr. Expt. Sta.

SPOHN, E., 1969. How ripe is compost? Compost Science Vol. 10, no 3: 24-26.

SPOHN, E., 1977. Recent developments in composting of municipal wastes in Germany. Compost Science. Vol. 18, No 2: 25-32.

SPOHN, E., 1978. Determination of compost maturity. Compost Science/Land Utilization. Vol. 19, no 3: 26-27.

ST-LAURENT, R., N. FAUST et P. GERVAIS, 1971. Relation entre le stade de maturité du maïs et sa composition chimique. Rapport mimeographié. Ministère de l'Agriculture du Québec.

TAIGANIDES, E.P. and R.L. STROSHINE, 1971. Impact of farm animal production and processing on the total environment. In Livestock Waste Management and Pollution Abatement. Proc. Internat. Symp. on Livestock Wastes. Ohio State University. ASAE Publ. Proc. 271: 95-98.

TOTH, S.J., 1973. Composting agricultural and industrial organic wastes. In Symposium: Processing agricultural and municipal wastes. Avi. Publ. p. 172-182. G.E. Inglett ed.

TOTH, S.J. et B. GOLD, 1971. Composting. Cornell University Conference on Agricultural Waste Management. Agricultural Wastes Principles and Guidelines for Practical Solution, New York, 172 p.

VANSTAEN, H., G. NEUKERMANS, M. DEBRUYCKERE an W. VERSTRAETE, 1980. Composting of solids from pig and poultry liquid manure. Compost Science/Land Utilization. Vol. 21, no. 1: 46-49.

VERDURE, M., 1978. Culture sous serre dans la tourbe ou dans d'autres substrats. P.-H.-M.- Revue Horticole no 187: 55-60.

WILSON, G.B., 1971. Composting of dairy cow wastes. American Society of Agricultural Engineers. Livestock Waste Management and Pollution Abatement. Michigan. 360 p.

WILSON, J.M. et D.M. GRIFFIN, 1975. Water potential and the respiration of microorganisms in the soil. Soil Biol. Biochem. 7: 199-204.

ANNEXE I

MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE
ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

METHODOLOGIE ANALYTIQUE

PARAMETRE	METHODE	REFERENCES
% H ₂ O	Sécher à 110°C; gravimétrie	1
Matière organique	Calcination à 550°C-gravimétrie	1
pH	Extraction dans l'eau (rapport 1:5) pH mètre	1
Calcium assimilable Magnésium assimilable Potassium assimilable	Extraction avec tampons d'acétate d'ammonium à pH 7,0; analyse par absorption atomique	1
Calcium total Magnésium total Potassium total	Calcination à 550°C; solubilisation HNO ₃ , analyse par absorption atomique	2
Phosphore assimilable	Extraction avec HCl - NH ₄ F; analyse colorimétrique avec acide ascorbique	1 et 3
Phosphore total	Calcination à 550°C; solubilisa- tion avec HNO ₃ ; analyse colorimé- trique avec acide ascorbique	2 et 3
Azote total kjeldahl	Digestion avec H ₂ SO ₄ + K ₂ SO ₄ + Se; Entraînement de l'ammoniac par distillation; analyse colorimétrique par Nesslérisation	1

REFERENCES

AUDESSE, PIERRE 1982. Principes et techniques d'analyses de sol, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

ISAAC, R.A. et W. JOHNSON, 1975. Collaborative study of wet and dry ashing techniques for the elemental analysis of plant tissue by atomic absorption spectrophotometry, AOAC, Washington DC, p. 436-440.

APHA, 1980. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 15^e ed., p. 420.

ANNEXE II

MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE
ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES

TECHNIQUES UTILISEES

Numération bactérienne par dilution (Pour plate)

Méthodologie: Il faut peser 0,1 g ou prendre 0,1 ml de l'échantillon que l'on met dans un milieu appelé TSB (Trypticose Soy Broth). On prend des aliquotes de ce bouillon que l'on dilue dans un milieu solide TSA (Trypticon Soy Agar). Le mélange est fait par une rotation du Pétri. On le laisse par la suite se solidifier. On incube ensuite les plats de Pétri pendant 24 heures à une température de $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. La numération des plaques ayant de 30 à 300 colonies est faite le lendemain.

Détection des microorganismes pathogènes

Shyella sp. et Salmonella sp.:

Il faut peser 0,1 g de l'échantillon ou prendre 0,1 ml que l'on place dans un bouillon Sélénite, un milieu d'enrichissement pour ces deux espèces. L'incubation se fait pendant 16 à 24 heures à $39,5^{\circ}\text{C}$. Une aliquote de ce bouillon est ensuite étalé sur des milieux sélectifs tels Salmonella-Shyella (SS), Agar et McConkey agar. Les plats de Pétri sont incubés à 37°C de 24 à 48 heures. L'identification complète se termine par l'ensemencement des colonies caractéristiques sur une galerie de tests biochimiques API 20E.

Autres entérobactéries:

Un bouillon TSB est d'abord ensemencé avec l'échantillon. Après une incubation à 37°C pendant 24 heures, une aliquote de ce bouillon et une aliquote du bouillon Sélénite sont étalés sur une gélose McConkey et subissent une incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures. L'identification est complétée sur API 20E.

Microorganismes anaérobies:

L'échantillon est ensemencé sur un bouillon thioglysolate, préalablement porté à ébullition dans l'eau pendant 10 minutes pour éliminer toute trace d'oxygène. L'incubation anaérobie se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. Par la suite, les colonies caractéristiques sont ensemencées sur des géloses à 5% de sang de mouton et incubées sous des conditions aérobies et anaérobies. L'identification subséquente se complète par des tests biochimiques caractéristiques.

Staphylocoques:

Un aliquote de l'échantillon est ensemencé sur un milieu Staph 110 et incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les colonies caractéristiques sont par la suite vérifiées, quant à leur activité enzymatique de coagulase.

RÉFÉRENCES

- BUCHANAN, R.E., et N.E. GIBBONS, 1974. Bergey's Manual of determinative bacteriology, 8th edition.
- STANIER, R.Y., M. DOUDOROFF et E.A. ADELBURG, 1970. The microbial world. 3rd edition, Prentice Hall.
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 1978. Annual waste composting with carbonaceous material. North Carolina State University, PB 288 236.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1980. A survey of pathogen survival during municipal solid waste and manure treatment processes. Municipal Research Laboratory of Cincinnati, PB 81-17760-2.

ANNEXE III

TABLEAUX DES TEMPERATURES DES TAS DE COMPOST

TABLEAUX DES TENEURS EN MATIERE ORGANIQUE ET
EN AZOTE TOTAL

TABLEAU I: TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

MATERIEL DE SUPPORT	LISIER DE PORCS	JUIN 1983				
		24	25	27	28	30
1. Sciure de bois franc	9%	50	56	68	68	69
2. Sciure de bois franc	9%	30	42	60	64	66
3. Sciure de bois franc	9%	30	43	66	68	69
4. Sciure de bois franc	10%	27	30	35	38	39
5. Sciure de bois franc et 10% de compost	9%	-	-	-	-	35
6. Ecorce de bois franc	10%	-	-	-	60	60
7. Ensilage de maïs	7%	-	-	-	50	53
8. Tourbe de sphaignes décomposée	10%	-	-	-	26	32
9. Paille hachée	7%	42	50	56	57	57

TABLEAU II : TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

JUILLET

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)

1983	1	2	3	4	5	6	7	8	9	REMARQUES
01	68	66	68	38	45	59	54	35	57	
03	68	65	68	41	60	58	55	42	60	
04	69	68	67	43	59	58	55	42	59	
05	69	69	67	43	59	58	56	42	60	Pluie 0,06 po
07	70	69	70	45	57	58	56	45	60	Pluie 0,38 po
08	68	69	66	46	55	58	56	45	60	
10	66	67	65	46	53	57	54	43	58	
11	67	68	66	46	51	58	57	45	59	Pluie 0,17 po
12	68	69	70	46	52	56	52	45	63	
13	69	67	70	53	53	57	55	45	63	
15	65	65	67	48	50	56	55	45	62	Pluie 0,15 po
17	63	69	66	58	50	56	54	44	62	
18	69	71	69	58	50	56	55	43	61	Retournement
19	--	--	43	54	39	43	58	38	63	Retournement
22	59	55	50	44	55	56	64	39	66	Pluie 0,87 po
23	60	57	56	60	56	55	63	40	66	
24	60	57	57	60	58	55	63	41	67	
26	68	64	61	62	60	53	63	41	68	Pluie 0,06 po
27	68	64	61	62	63	52	64	41	68	
28	67	65	61	62	63	50	59	41	67	Pluie 0,23 po
29	67	65	66	62	63	47	64	41	67	

- (1) 1 à 4 inclus Sciure de bois franc
5 Sciure de bois franc et vieux compost
6 Ecorce de bois franc
7 Ensilage de maïs
8 Tourbe décomposée
9 Paille hachée

TABLEAU III: TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

AOUT 1983		IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST(1)									REMARQUES
DATE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
01		66	64	70	65	64	41	64	40	66	Pluie 0,57 po
02		64	64	70	65	64	40	63	40	66	Pluie 0,71 po
03		62	64	69	64	63	40	62	40	65	Pluie 0,33 po
04		62	64	70	65	64	40	62	39	67	
05		62	64	70	65	64	40	62	38	67	
08		61	63	69	66	63	44	61	37	67	
09		60	63	69	66	63	42	60	36	64	Pluie 0,21 po
10		60	63	69	66	63	41	58	33	63	
11		60	62	68	64	62	42	57	32	63	
12		59	62	65	59	65	36	56	34	63	
15		59	62	64	59	64	35	54	34	63	
16		59	62	64	59	63	35	54	33	62	
17		59	62	64	60	63	35	55	33	62	
18		59	62	64	60	63	36	55	31	62	
19		59	62	64	60	63	36	55	32	61	
22		59	61	63	61	64	35	56	29	61	
23		58	60	62	61	63	35	55	29	61	
24		59	60	62	61	63	35	55	29	61	
25		58	60	-	-	-	-	-	-	-	Retournement
26		-	-	35	47	38	30	36	23	38	Retournement
29		56	51	44	48	37	40	50	30	50	Pluie 0,20 po
30		61	58	50	51	43	41	51	33	52	Pluie 0,03 po
31		63	63	54	53	50	41	51	33	53	Pluie 0,13 po

- (1) 1 à 4 inc. Sciure de bois franc
5 Sciure de bois franc et vieux compost
6 Ecorce de bois franc
7 Ensilage de maïs
8 Tourbe décomposée
9 Paille hachée

TABLEAU IV: TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

Septembre 1983		Identification des tas de compost (1)								Remarques
Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
01	63	63	60	53	56	54	51	34	53	Précipitation 0,20 po
02	63	62	60	53	62	66	51	34	53	
05	62	62	60	58	56	69	57	35	54	
06	61	63	61	58	56	69	55	35	54	Précipitation 0,08 po
07	60	63	62	58	57	68	57	33	54	précipitation 0,25 po
08	60	63	62	58	57	68	57	33	54	
09	60	63	63	59	58	62	53	33	54	
12	58	63	63	59	58	59	51	33	54	Précipitation 0,23 po
13	57	63	63	60	58	58	47	32	53	
14	57	62	63	60	58	57	45	32	53	
15	57	62	63	60	58	56	43	32	52	
16	56	61	63	60	58	56	42	32	52	
19	52	60	63	61	62	45	33	31	46	Précipitation 1,49 po
20	52	60	63	61	62	45	38	31	45	
21	52	59	63	61	62	45	38	30	45	
22	52	58	63	60	61	47	43	30	46	Précipitation 0,83 po
23			34	45	34	44	28	23	40	Retournement
26			41	45	35	59	30	26	39	Précipitation 0,15 po
27			45	45	37	63	31	27	40	
28			46	45	39	66	34	28	42	Précipitation 0,03 po
29			47	45	40	66	34	28	42	
30			48	45	42	66	34	28	42	

- (1) 1 et 2 Sciure de bois franc et lixiviat
 3 et 4 Sciure de bois franc et lisier de porcs
 5 Sciure de bois franc, vieux compost et lisier de porcs
 6 Ecorce de bois franc et lisier de porcs
 7 Ensilage de maïs et lisier de porcs
 8 Tourbe décomposée et lisier de porcs
 9 Paille hachée et lisier de porcs.

TABLEAU V: TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

OCTOBRE 1983		IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST(1)									REMARQUES
DATE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
03		51	39	51	47	46	66	33	27	42	
04		54	43	52	47	50	66	34	26	42	
05		57	55	57	48	61	63	34	27	43	
06		59	56	59	49	63	52	34	27	43	Précipitation 2,4po
07		62	56	58	48	61	52	34	27	41	Précipitation 0,06 po
10		59	56	55	48	60	53	30	26	37	
11		58	56	54	48	60	53	30	25	36	
12		59	56	54	48	60	53	30	25	35	
13		59	56	52	48	60	53	30	25	35	
14		58	56	53	48	61	53	30	24	34	
16		59	56	54	48	61	53	30	22	24	
17		58	56	54	48	61	53	30	22	24	Précipitation 1,17po
18		58	56	54	47	61	53	30	21	23	
19		58	56	53	47	61	53	30	21	23	
20		58	56	53	47	61	53	30	21	22	Précipitation 0,04 po
21		57	56	53	47	61	53	29	21	21	
24		56	56	52	47	61	54	22	20	20	
25		56	56	55	47	61	52	22	20	19	
26		56	56	56	47	61	50	25	19	19	
27		56	56	56	49	62	49	25	19	19	Retournement
28		48	30	23	39	54	46	15	12	10	
31		55	33	30	41	59	62	15	11	12	

- (1)
- 1 et 2 Sciure de bois franc et lixiviat
 - 3 et 4 Sciure de bois franc et lisier de porcs
 - 5 Sciure de bois franc, vieux compost et lisier de porcs
 - 6 Ecorce de bois franc et lisier de porcs
 - 7 Ensilage de maïs et lisier de porcs
 - 8 Tourbe décomposée et lisier de porcs
 - 9 Paille hachée et lisier de porcs

TABLEAU VI: TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

1983										
Novembre										
Identification des tas de compost (1)										
Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Remarques
01	55	35	35	43	60	63	16	11	13	
02	55	36	35	45	60	64	16	11	13	
03	55	37	36	45	60	64	16	10	13	
07	47	54	58	55	62	45	16	9	14	
08	48	52	56	54	62	42	16	8	14	
09	48	50	54	53	62	49	16	8	14	
10	48	49	53	52	62	52	16	8	14	
14	47	50	54	52	63	44	10	8	8	
15	47	50	54	53	63	44	10	8	9	
16										Tempête de neige
17	46	50	54	54	63	43	12	8	11	
21	48	47	52	51	63	45	-	-	-	
24	48	45	50	49	62	47	-	-	-	
28	50	43	47	46	62	48	-	-	-	température ext. 0°C
29	Retournement des tas de compost									

- (1)
- 1 et 2 Sciure de bois franc et lixiviat
 - 3 et 4 Sciure de bois franc et lisier de porcs
 - 5 Sciure de bois franc, vieux compost et lisier de porcs
 - 6 Ecorce de bois franc et lisier de porcs
 - 7 Ensilage de maïs et lisier de porcs
 - 8 Tourbe décomposée et lisier de porcs
 - 9 Paille hachée et lisier de porcs.

TABLEAU VII: TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

DECEMBRE 1983	IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST(1)					REMARQUES
DATE	1	2	3	4	5	
01	42	34	43	28	34	Temp. ext. -2°C
02	42	36	43	29	35	
05	42	41	51	39	45	
15	51	52	60	44	53	Temp. ext. -12°C
19	47	51	59	42	52	
22	46	50	58	41	52	
27	45	52	58	40	54	
29	42	51	57	38	55	

- (1)
1. Sciure de bois franc, lixiviât et 10% de vieux compost
 2. Sciure de bois franc et lixiviât
 3. Sciure de bois franc et lisier de porcs (6)
 4. Sciure de bois franc et lisier de porcs (4)
 5. Sciure de bois franc, lisier de porcs (4) et 10% de vieux compost

Au début du mois de décembre, après le dernier retournement du 29 novembre, la température des tas de compost à un mètre de la surface a augmenté durant 15 jours. Elle a atteint un maximum le 15 décembre alors que la température extérieure était bien inférieure au point de congélation. Le 19 décembre, malgré une température extérieure de -12°C, la température des tas de compost était toujours près des maximums atteints antérieurement, et elle s'y est maintenue jusqu'à la fin du mois.

TABLEAU VIII: TEMPÉRATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

JANVIER 1984	IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST(1)					REMARQUES
DATE	1	2	3	4	5	
03	42	51	57	38	55	Temp. ext. -8°C
05	38	48	55	34	51	
09	38	46	54	33	49	
12	37	45	55	29	47	
16	38	45	54	26	45	
19	36	43	53	23	44	Temp. ext. -12°C
23	37	43	50	20	42	Temp. ext. -15°C
26	39	43	50	18	41	
27	39	43	50	18	41	Temp. ext. -15°C
30	38	43	50	17	38	Temp. ext. -10°C

- (1)
1. Sciure de bois franc, lixiviat et 10% de vieux compost
 2. Sciure de bois franc et lixiviat
 3. Sciure de bois franc et lisier de porcs (6)
 4. Sciure de bois franc et lisier de porcs (4)
 5. Sciure de bois franc, lisier de porcs (4) et 10% de vieux compost

La température des tas de compost à un mètre de la surface a baissé d'une façon régulière durant le mois de janvier. Elle était encore de 50°C dans un des tas (3) qui avait reçu un apport de lisier lors du dernier retournement, alors que les autres avaient été simplement retournés, le 29 novembre 1983. Malgré une température extérieure de -15°C, le minimum atteint dans un des tas était de 20°C. On pouvait facilement prélever des échantillons en brisant la croûte congelée de 2,5 cm à la surface des tas.

TABLEAU IX : TEMPERATURE (°C) DES TAS DE COMPOST

FÉVRIER 1984 DATE	IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)				
	1	2	3	4	5
02	38	43	50	15	36
06	39	40	50	14	35
09	40	40	48	13	32
13	38	38	46	11	31
16	38	36	46	11	31
20	39	35	46	9	28
23	38	34	45	9	28
27	42	35	44	8	28

- (1)
1. Sciure de bois franc, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost
 2. Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (4)
 3. Sciure de bois franc et lisier (6)
 4. Sciure de bois franc et lisier (4)
 5. Sciure de bois franc, 10% de vieux compost et lisier (4)

Le tas n° 3, dont la température a été plus élevée que celle des autres tas de compost en février, avait reçu 11% de lisier en volume une dernière fois à la fin de novembre 1983, alors que les autres tas n'en avaient pas reçu.

TABLEAU X : COMPOSITION CHIMIQUE DES MATERIAUX ORGANIQUES DE SUPPORT

PARAMETRES	SCIURE	SCIURE ET COMPOST	PAILLE	ECORCE	ENSILAGE	TOURBE
H ₂ O %	30,1	45,6	4,2	26,2	67,2	54,3
Matière organique %	98,7	96,5	94,3	88,4	46,6	94,5
pH	6,1	6,4	6,6	5,1	6,1	4,1
P - assim. mg/kg	17	350	210	35	970	36
P - total mg/kg	70	640	1 130	400	1 500	250
Ca - assim. mg/kg	1 480	750	1 350	870	360	2 720
Ca - total mg/kg	1 550	1 100	1 370	2 600	670	2 750
Mg - assim. mg/kg	220	400	440	98	910	440
Mg - total mg/kg	280	407	590	470	1 090	560
K - assim. mg/kg	650	1 100	8 700	340	6 780	107
K - total mg/kg	1 040	1 450	12 800	1 590	7 950	680
N - total mg/kg	1 200	2 600	7 900	5 200	7 700	6 600
C/N	477	215	69	98	35	83

TABLEAU XI: COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST LORS DU PREMIER RETOURNEMENT, LE 19 JUILLET 1983

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST										
PARAMETRES		1	2	3	4	5	6	7	8	9
H ₂ O	%	50,2	47,8	45,8	26,9	62,2	34,2	74,7	66,2	61,7
Matière organique	%	99,2	96,6	94,2	37,5	91,1	91,4	84,2	89,6	76,4
pH		6,1	6,5	6,5	6,8	6,7	6,3	7,3	5,3	7,1
P assim.	mg/kg	330	350	290	700	1 450	74	4 750	800	1 400
P total	mg/kg	710	710	490	1 320	1 600	360	9 600	875	3 357
Ca assim.	mg/kg	1 990	1 120	1 500	1 280	3 250	2 350	1 720	3 320	1 630
Ca total	mg/kg	2 180	2 240	2 100	2 980	4 950	8 470	3 670	4 100	2 510
Mg assim.	mg/kg	420	300	370	640	1 100	400	1 170	810	2 360
Mg total	mg/kg	460	460	660	1 950	1 200	680	3 130	1 130	9 470
K assim.	mg/kg	2 390	1 720	1 020	1 200	2 750	1 050	1 280	1 530	19 200
K total	mg/kg	3 240	1 890	1 610	3 780	3 370	1 410	1 440	2 260	20 400
N total	mg/kg	1 900	3 000	2 250	2 700	3 500	2 250	42 500	11 250	6 750
C/N		303	187	243	81	150	235	12	46	66

- (1) 1 et 2: Sciure de bois franc et lisier (1)
 3 et 4: Sciure de bois franc et lisier (1)
 5: Sciure de bois franc, 10% de vieux compost et lisier (1)
 6: Ecorce de bois franc et lisier (1)
 7: Ensilage de maïs et lisier (1)
 8: Tourbe décomposée et lisier (1)
 9: Paille hachée et lisier (1)

TABLEAU XII : COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST LORS DU DEUXIEME RETOURNEMENT LE 25 AOÛT 1983

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)										
PARAMETRES		1	2	3	4	5	6	7	8	9
H ₂ O	%	64,5	60,1	61,2	27,0	59,2	46,4	50,8	67,7	73,4
Mât. org.	%	95,1	90,9	87,6	57,4	87,0	92,0	83,6	93,2	88,4
pH		5,8	5,8	5,7	6,5	6,2	6,5	6,5	4,9	7,1
P assim.	mg/kg	320	290	320	680	730	135	1 860	460	4 000
P total	mg/kg	800	1 040	750	3 000	1 860	590	4 300	910	7 100
Ca assim.	mg/kg	2 250	1 970	1 120	1 203	2 430	2 410	2 240	2 330	3 620
Ca total	mg/kg	3 000	3 000	4 300	4 400	3 600	11 000	4 800	2 500	9 600
Mg assim.	mg/kg	422	437	455	993	600	266	1 420	489	2 790
Mg total	mg/kg	526	717	835	2 180	791	746	3 260	800	5 040
K assim.	mg/kg	3 440	2 880	3 030	1 820	2 920	1 370	9 700	840	10 950
K total	mg/kg	3 710	4 040	3 120	2 070	3 600	2 940	11 550	2 400	15 120
N total	mg/kg	7 500	5 400	6 600	8 900	8 900	6 300	33 600	12 900	36 500
G/N		74	98	77	37	57	85	14	42	14

- (1) 1 et 2 Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (1)
 3 et 4 Sciure de bois franc et lisier (2)
 5 Sciure de bois franc, vieux compost et lisier (2)
 6 Ecorce de bois franc et lisier (2)
 7 Ensilage de maïs et lisier (2)
 8 Tourbe décomposée et lisier (2)
 9 Paille hachée et lisier (2)

TABLEAU XIII: COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST LORS DU TROISIEME RETOURNEMENT LE 23 SEPTEMBRE 1983

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)											
PARAMETRES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H ₂ O	%	67,0	69,4	59,5	51,1	74,7	54,0	77,6	75,5	74,0	73,8
Mât. org.	%	90,3	89,5	60,9	30,4	64,7	88,8	60,2	90,7	80,6	86,0
pH		5,7	6,1	6,1	6,3	6,2	6,4	6,4	5,2	7,3	6,4
P assim.	mg/kg	280	530	380	1 300	1 990	420	2 850	1 380	4 050	2 090
P total	mg/kg	810	1 350	1 170	2 910	3 910	1 240	6 210	2 120	11 430	3 620
Ca assim.	mg/kg	2 260	2 290	1 870	1 410	3 180	1 940	1 310	2 700	1 690	2 260
Ca total	mg/kg	3 340	3 290	2 650	4 380	5 830	9 840	5 970	4 550	13 840	7 440
Mg assim.	mg/kg	490	780	590	1 040	1 890	430	1 630	1 060	1 430	1 080
Mg total	mg/kg	650	950	1 050	2 190	2 040	1 190	4 960	1 530	7 840	2 560
K assim.	mg/kg	2 110	1 940	2 650	2 030	6 020	1 440	8 490	2 250	19 100	2 120
K total	mg/kg	3 900	3 900	3 300	4 600	6 500	4 400	10 600	4 100	20 200	4 700
N total	mg/kg	6 800	6 800	8 900	12 600	13 100	12 800	30 200	22 000	36 200	8 400
C/N		77	76	40	14	29	40	12	24	13	59

- (1) 1 et 2 Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (2)
 3 et 4 Sciure de bois franc et lisier (3)
 5 Sciure de bois franc, vieux compost et lisier (3)
 6 Ecorce de bois franc et lisier (3)
 7 Ensilage de maïs et lisier (3)
 8 Tourbe décomposée et lisier (3)
 9 Paille hachée et lisier (3)
 10 Compost de 2 ans (ferme Buteau)

TABLEAU XIV: COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST LORS DU QUATRIEME RETOURNEMENT LE 27 OCTOBRE 1983

Identification des tas de compost (1)											
Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H ₂ O	72	73	53	40	72	61	70	74	61	73	76
Mét. org. %	90,4	89,0	54,1	22,0	72,0	87,3	57,0	92,0	80,4	83,0	79,5
pH	5,7	5,9	5,7	6,5	5,9	5,9	6,5	5,3	7,5	6,5	6,7
P assim. mg/kg	420	310	280	1350	1530	880	935	630	8880	2090	2630
P total	775	1204	1132	2193	2936	1882	5964	764	16572	2550	3693
Ca assim.	2150	1970	1750	1040	2590	3980	2190	1990	2850	1710	3450
Ca total	3190	3700	3470	5180	10260	11830	7220	3010	5910	5990	8970
Mg assim.	463	652	539	818	1176	650	5250	585	6210	936	3750
Mg total	579	828	1243	2431	2670	871	7390	714	10880	2070	4780
K assim.	4370	3960	4940	4490	7180	5020	8950	2830	11350	4010	4060
K total	5340	4830	5920	5370	8230	6400	9270	3270	12305	5370	5410
N total	6300	6600	11300	8900	8500	8400	29900	10900	30200	5400	8800
C/N	83	78	28	14	49	60	11	49	15	89	52

- (1)
- 1 et 2 Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (3)
 - 3 et 4 Sciure de bois franc et lisier de porcs (4)
 - 5 Sciure de bois franc, vieux compost et lisier (4)
 - 6 Ecorce de bois franc et lisier (4)
 - 7 Ensilage de maïs et lisier (4)
 - 8 Tourbe décomposée et lisier (4)
 - 9 Paille hachée et lisier (4)
 - 10 Compost vieilli d'un an
 - 11 Compost vieilli de deux ans

TABLEAU XV : COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST LORS DU CINQUIEME RETOURNEMENT LE 29 NOVEMBRE 1983

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)									
PARAMETRES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H ₂ O %	72,6	79,3	77,9	52,5	76,2	64,5	75,1	74,8	82,4
Mât. org. %	87,9	83,0	73,6	29,4	75,0	87,1	67,8	87,1	73,9
pH	5,7	5,9	5,7	5,9	6,3	6,9	6,4	5,0	6,8
P assim. mg/kg	630	310	670	1 830	1 170	700	2 000	1 420	6 200
P total	1 630	2 200	2 350	3 120	2 910	3 025	5 610	1 980	8 400
Ca assim.	2 610	2 030	2 470	2 280	2 650	3 210	2 060	3 030	2 670
Ca total	5 750	7 800	6 050	3 320	9 600	3 400	8 930	7 860	3 456
Mg assim.	610	720	720	1 430	1 050	480	1 270	750	1 370
Mg total	890	1 420	1 500	2 220	1 930	1 300	3 260	1 250	6 900
K assim.	2 780	3 270	4 370	2 500	4 140	3 450	8 360	2 740	19 170
K total	3 890	4 890	5 830	3 600	5 750	4 920	9 980	4 320	19 490
N total	10 000	8 490	19 410	7 060	18 240	14 120	28 240	17 650	40 000
G/N	51	57	22	17	24	36	14	29	11

- (1) 1. Sciure de bois franc, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost en octobre
2. Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (4)
3. Sciure de bois franc et lisier de porcs (5)
4. Sciure de bois franc et lisier de porcs (4)
5. Sciure de bois franc, 10% de vieux compost et lisier de porcs (4)
6. Ecorce de bois franc et lisier de porcs (5)
7. Ensilage de maïs et lisier de porcs (4)
8. Tourbe décomposée, lisier de porcs (4) et 10% de vieux compost en octobre
9. Paille hachée et lisier de porcs (4)

TABLEAU XVI: COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST LE 30
DECEMBRE 1983

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST (1)					
PARAMETRES	1	2	3	4	5
H ₂ O %	76,0	77,7	77,4	59,8	76,5
Mat. org. %	84,5	85,0	58,7	44,3	72,5
pH	6,3	6,3	6,2	6,5	6,7
P assim. mg/kg	500	380	600	1 800	1 060
P total mg/kg	2 050	1 980	1 910	2 290	2 690
Ca assim. mg/kg	3 540	3 040	3 560	2 870	4 280
Ca total mg/kg	7 240	6 260	7 670	5 900	11 030
Mg assim. mg/kg	690	820	750	940	1 010
Mg total mg/kg	1 580	1 330	1 100	1 570	1 690
K assim. mg/kg	3 610	2 830	2 910	2 680	3 150
K total mg/kg	4 820	4 160	4 020	3 910	5 310
N total mg/kg	4 710	11 180	15 290	12 940	9 410
C/N	104	44	22	20	45

- (1)
1. Sciure de bois franc, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost
 2. Sciure de bois franc, lisier (1) et lixiviat (4)
 3. Sciure de bois franc et lisier (6)
 4. Sciure de bois franc et lisier (4)
 5. Sciure de bois franc, 10% de vieux compost et lisier (4)

TABLEAU XVII: COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST, LE 30 JANVIER 1984

IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST						
PARAMETRES		1	2	3	4	5
H ₂ O	%	80,5	82,6	79,2	53,4	77,0
Matière organique	%	93,7	91,2	65,6	38,8	86,4
pH		5,4	5,5	5,9	6,3	6,4
P assim.	mg/kg	490	630	490	1 385	1 170
P total	mg/kg	760	2 400	2 400	4 675	3 980
Ca assim.	mg/kg	2 680	2 720	2 190	1 285	3 150
Ca total	mg/kg	4 750	6 500	4 760	6 880	8 480
Mg assim.	mg/kg	460	990	670	970	1 030
Mg total	mg/kg	630	1 310	1 310	2 640	1 760
K assim.	mg/kg	2 350	2 350	3 060	2 135	2 970
K total	mg/kg	3 180	3 550	6 300	4 570	6 980
N total	mg/kg	8 000	12 000	11 500	8 750	13 500
C/N		68	44	33	26	37

1. Sciure de bois franc, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost
2. Sciure de bois franc, lisier (1) et liviviat (4)
3. Sciure de bois franc et lisier (6)
4. Sciure de bois franc et lisier (4)
5. Sciure de bois franc, 10% de vieux compost et lisier (4)

TABLEAU XVIII : COMPOSITION CHIMIQUE DES TAS DE COMPOST, LE 27 FEVRIER 1984

		IDENTIFICATION DES TAS DE COMPOST(1)				
PARAMETRES		1	2	3	4	5
H ₂ O	%	80,4	78,3	79,2	63,2	78,0
Matière organique	%	91,9	90,7	65,6	41,2	76,5
pH		6,1	6,3	6,4	6,5	6,4
P assim.	mg/kg	260	170	310	800	630
P total	mg/kg	620	930	1840	2910	2840
Ca assim.	mg/kg	2950	2490	2270	1610	2900
Ca total	mg/kg	4850	5140	6280	6760	12 480
Mg assim.	mg/kg	680	820	690	850	910
Mg total	mg/kg	960	1240	1640	2240	2030
K assim.	mg/kg	1840	2250	3100	1620	3290
K total	mg/kg	1970	2380	3710	1890	3490
N total		10 460	18 180	13 180	18 640	13 180
C/N		51	29	29	13	34

1. Sciure de bois franc, lisier (1), lixiviat (3) et 10% de vieux compost
2. Sciure de bois franc, lisier (1) et liviviat (4)
3. Sciure de bois franc et lisier (6)
4. Sciure de bois franc et lisier (4)
5. Sciure de bois franc, 10% de vieux compost et lisier (4)

ANNEXE IV

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE



PHOTO 1 - Entrée de la firme Les Composts du Québec Inc.,
Chemin Plaisance, St-Henri (Lévis)



PHOTO 2 - Construction d'une plate-forme en béton bitumineux
pour les fins de l'expérimentation



PHOTO 3 - Vue générale de la plate-forme, du muret et des fosses individuelles vis-à-vis chaque tas de compost

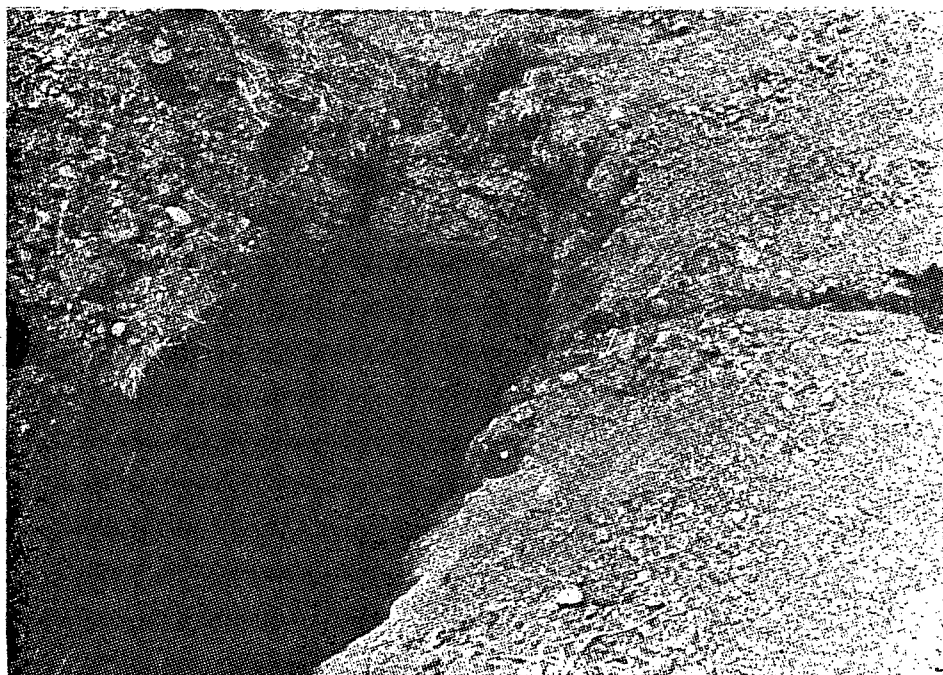


PHOTO 4 - Fosse contenant le lixiviat d'un tas de compost



PHOTO 5 - Les quatre premiers tas sont à base de sciure de bois franc et de lisier de porcs



PHOTO 6 - Tas de sciure de bois et de lisier de porcs contenant 10% de compost âgé d'un an

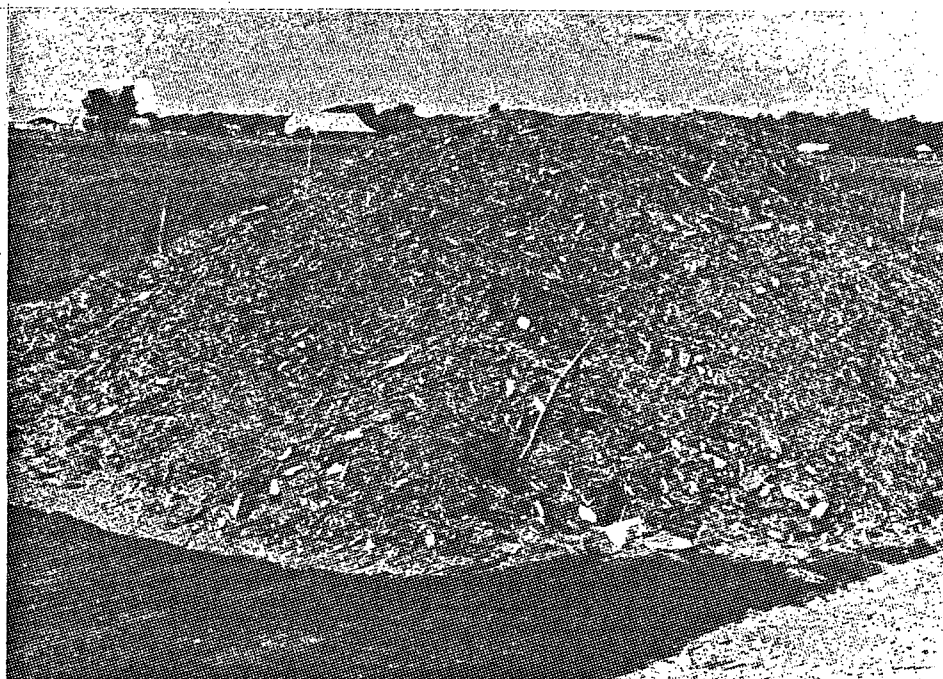


PHOTO 7 - Écorce de bois franc et lisier de porcs



PHOTO 8 - Ensilage de maïs et lisier de porcs



PHOTO 9 - Tourbe décomposée et lisier de porcs



PHOTO 10 - Paille hachée et lisier de porcs

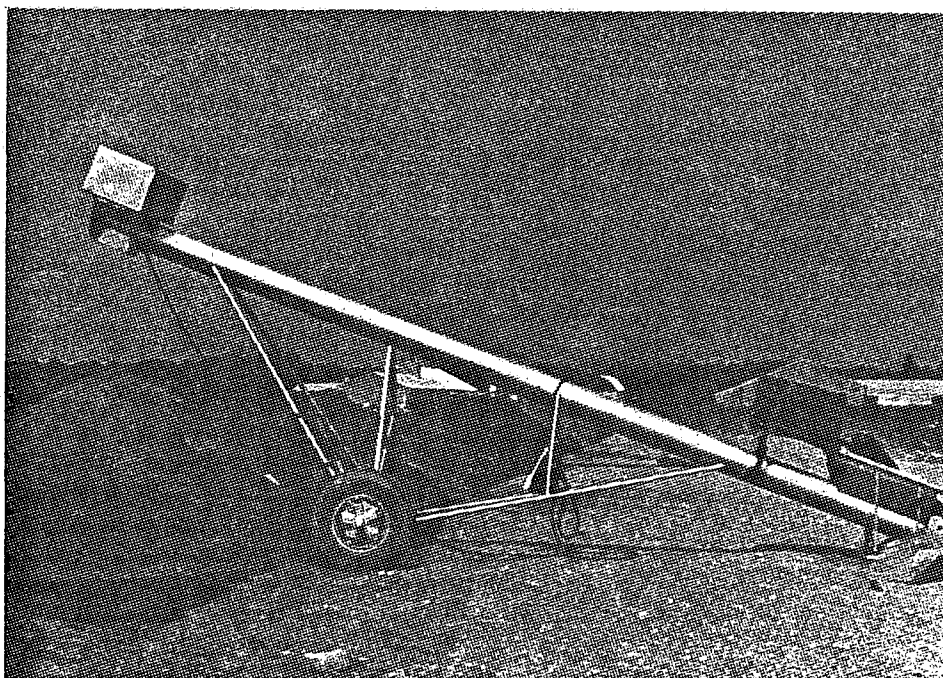


PHOTO 11 - Vis sans fin ayant servi au mélange du lisier de porcs et de la sciure de bois



PHOTO 12 - Thermomètre servant à enregistrer la température en °C à 0,9 mètre



PHOTO 13 - Tas de compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois âgé d'un an

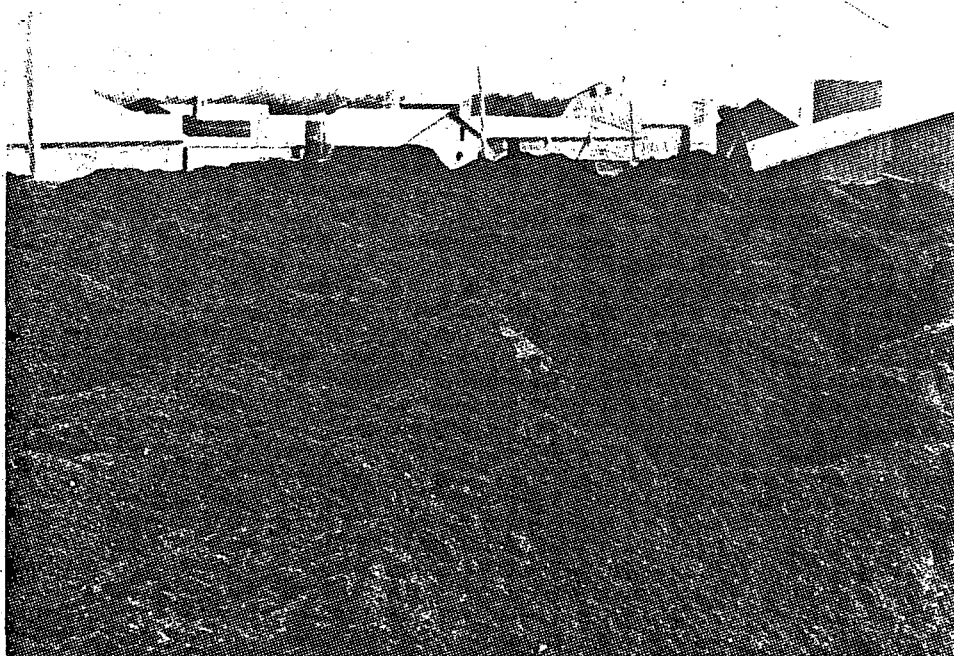


PHOTO 14 - Tas de compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois en voie de fabrication en 1983



PHOTO 15 - Tas de compost à base de lisier de porcs et de fumier de chevaux en voie de fabrication

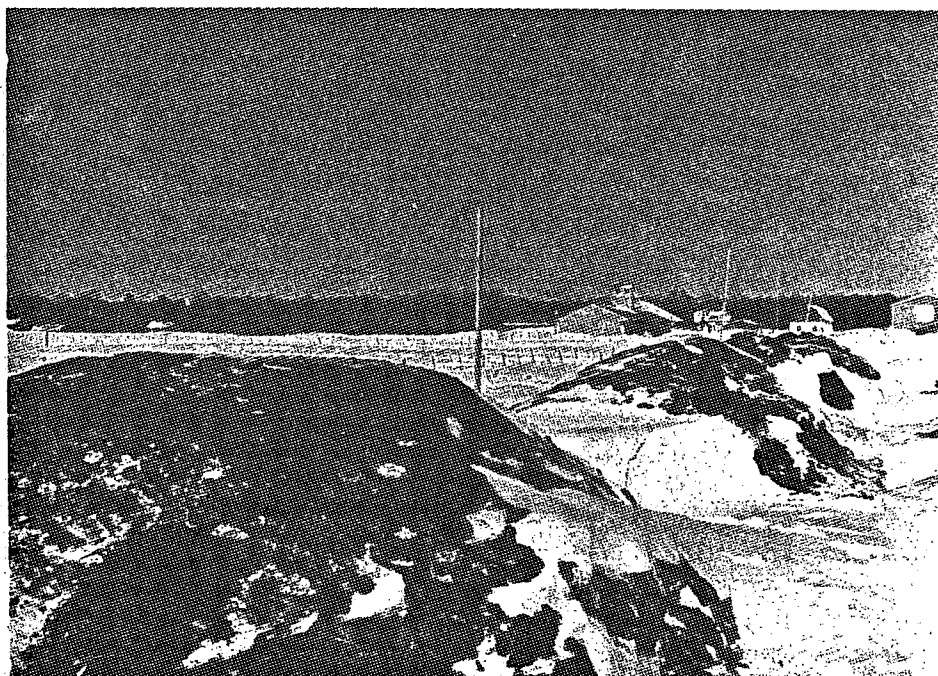


PHOTO 16 - Aspect des tas de compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois en février 1984



PHOTO 17 - Prélèvement d'échantillon dans un tas où la température à 1 m. est de 44°C. Surface gelée de 2,5 cm

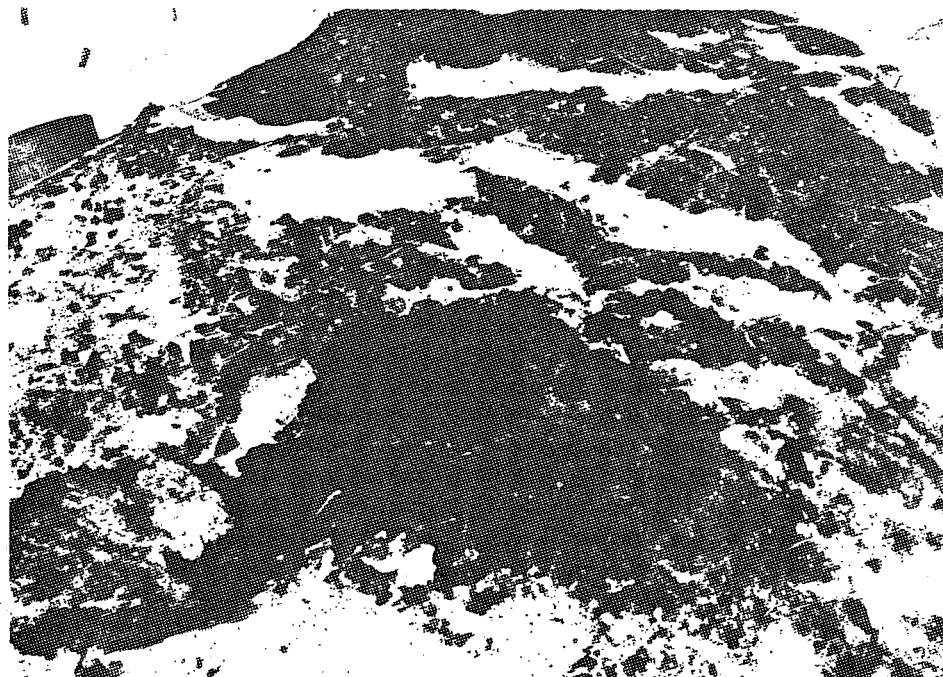


PHOTO 18 - Prélèvement d'échantillon dans un tas où la température à 1 m est de 8°C. Surface gelée supérieure à 2,5 cm. On voit en bas, à gauche, la surface congelée enlevée.

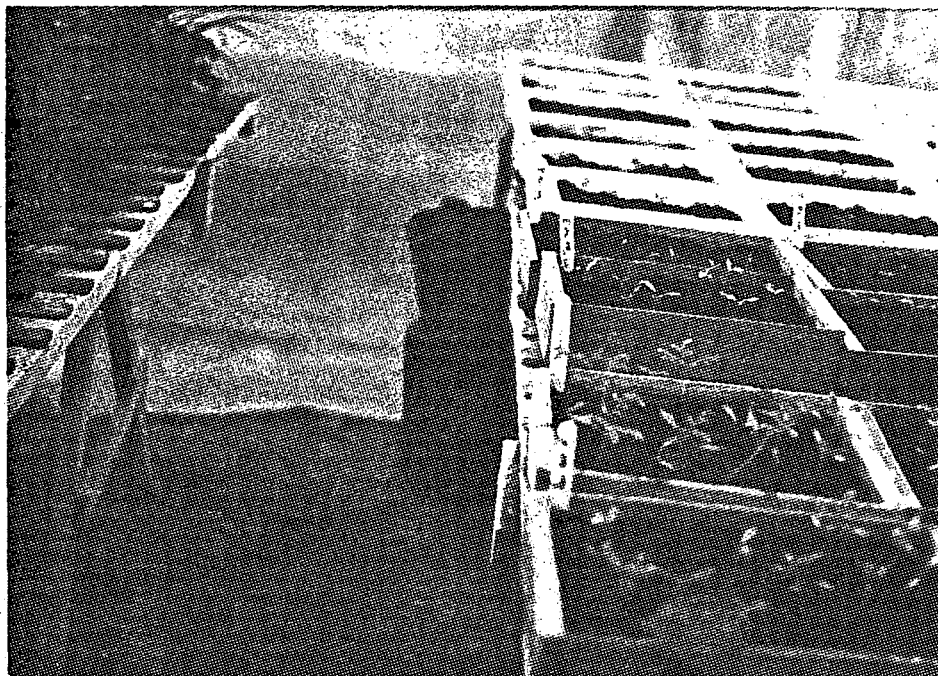


PHOTO 19 - Plants de tomates dans les cinq composts fabriqués. Dans l'ordre: nos 5, 4, 3, 2 et 1 à la droite

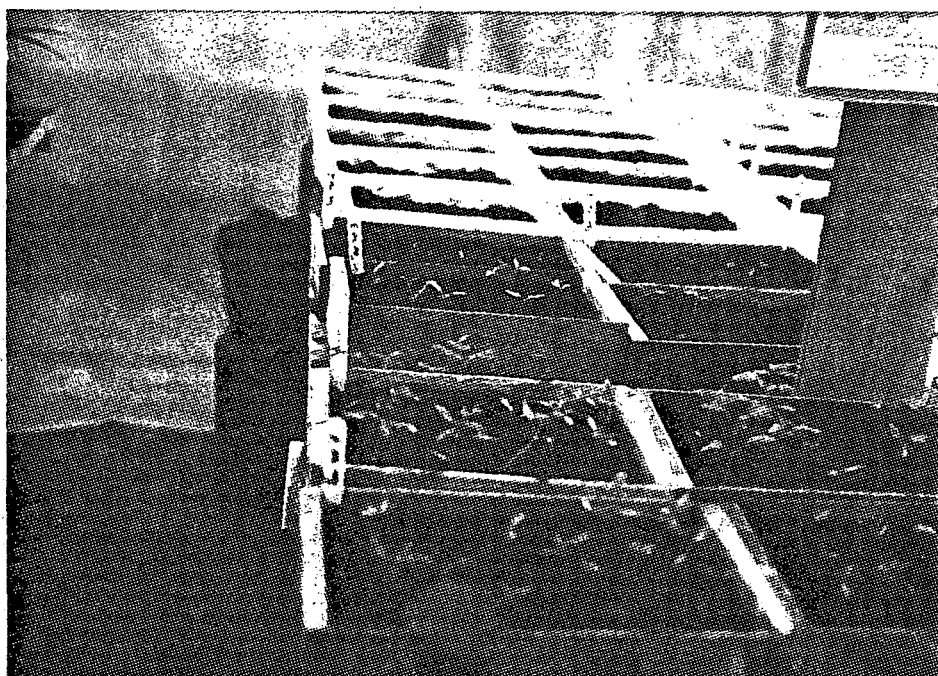


PHOTO 20 - Plants de tomates dans les cinq composts fabriqués. Dans l'ordre: nos 5, 4, 3, 2 et 1 à la droite. A droite du n° 5: compost de 2 ans; à droite du n° 4: compost d'un an.

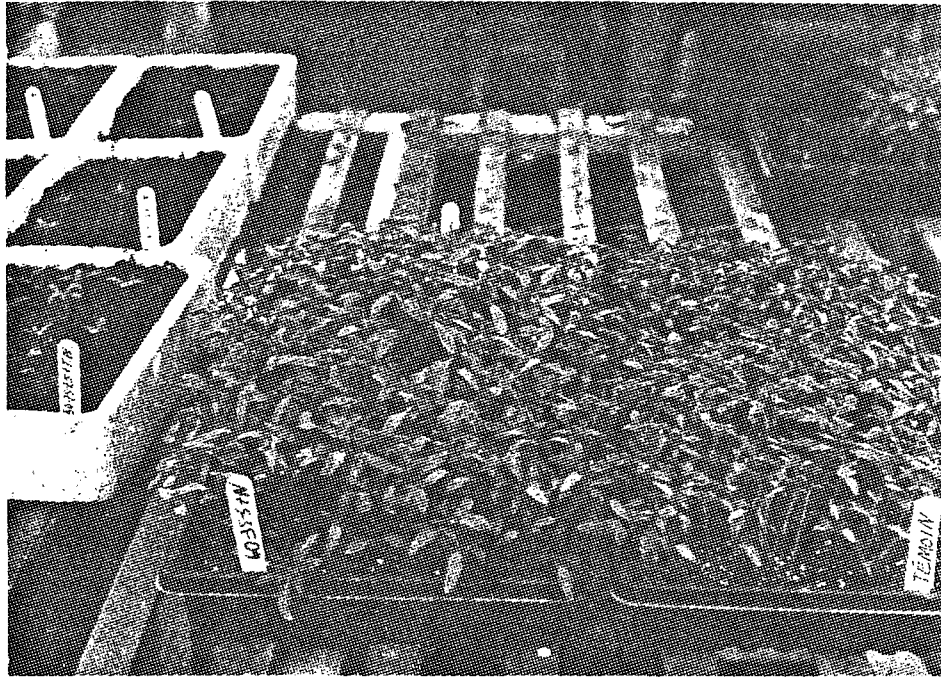


PHOTO 21 - Plants de tomates dans un mélange de 60% de compost à base de lisier de porcs et de sciure de bois, 35% de tourbe, 5% de perlite et addition d'azote.