

#97848 (H2)

DS 50.23

TD
769.5
.E88
1979



PÊCHES ET ENVIRONNEMENT CANADA

SERVICE DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

**ÉTUDE DE FAISABILITÉ DU COMPOSTAGE
DES DÉCHETS SOLIDES DOMESTIQUES**

RAPPORT FINAL



ROCHE
Associés ltée
Groupe conseil

• Joliette • Trois-Rivières • Sherbrooke • Edmundston

2535 boul. Laurier
Sainte-Foy Québec
G1V 4M3
(418) 653-9236
Telex QBC 051 3814

Décembre 1979



Sainte-Foy, 1979.12.10

Service de Protection de l'environnement
Pêches et Environnement Canada
1550 ouest, bd de Maisonneuve, suite 410
Montréal H3G 1N2

A l'attention de monsieur Fernand Leduc, ing.

OBJET: Etude de faisabilité du compostage des
déchets solides domestiques -
(N/Réf.: 03-137-00)

Monsieur,

Pour faire suite au mandat que vous nous avez confié concernant le projet précité, il nous fait plaisir de vous soumettre le rapport final que nous avons préparé.

Nous désirons ici remercier tous les organismes et centres de recherches, de même que les Services de protection de l'environnement du Canada et toute autre personne qui, de près ou de loin, ont collaboré à la réalisation de ce travail.

Nous espérons que ce document vous donnera satisfaction et nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

ROCHE ASSOCIES LTEE

Pierre Lacroix, ing., Ph.D.
Directeur
Division de la Gestion de l'environnement
PL/tc

Infra-structure
municipale
Environnement
Urbanisme
Aménagements
hydrauliques
Transport
Agriculture
Structure
Informatique
Mécanique
Electricité
Travaux
maritimes
Géotechnique
Gérance
de projet



Membre
de l'Association
des ingénieurs-conseils
du Canada

GROUPE-CONSEIL ROCHE ASSOCIES LTEE

DIRECTEUR DU PROJET:

Pierre LACROIX, ing., Ph.D.

CHARGE DE PROJET:

Jacques POULIN, ing., M. Sc.A.

EQUIPE DE TRAVAIL:

Thérèse CARDINAL, secrétaire

Angèle DESILETS, ing., agr., M.Sc.A.

Bertrand FOREST, agronome

Jacques LACASSE, technicien

Olivette LUCE, secrétaire

Marc ROOD, technicien

TABLE DES MATIERES

	PAGE
LETTRE DE PRESENTATION	
TABLE DES MATIERES	i
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vii
OBJECTIFS DE L'ETUDE	viii
SOMMAIRE ET CONCLUSIONS	x
SUMMARY AND CONCLUSIONS	xvii
I- INTRODUCTION	1
II- ETUDE DES MODES DE GESTION DES DECHETS ET PRATIQUE ACTUELLE	4
2.1 Enfouissement sanitaire	4
2.2 Récupération des ressources	5
2.3 Incinération et récupération énergétique	6
2.4 Procédé de compostage	8
III-HISTORIQUE DU PROCEDE DE COMPOSTAGE	10
IV- PROPRIETES DU COMPOST	14
4.1 Composition	14
4.2 Valeur du compost et limitations	17
4.2.1 Actions du compost	17
4.2.2 Présence de germes pathogènes	20
4.2.3 Présence de métaux lourds	23

V- DESCRIPTION DU PROCESSUS DE COMPOSTAGE	28
5.1 Aspects biologiques	28
5.1.1 Décomposition anaérobie et aérobie	29
5.1.2 Humidification	30
5.1.3 Rapport carbone/azote	31
5.1.4 Cycle d'évolution	32
5.1.5 Hygiène et contamination	32
5.2 Aspects techniques	35
5.2.1 Réception	36
5.2.2 Broyeur primaire	36
5.2.3 Séparateur magnétique	38
5.2.4 Broyeur secondaire	38
5.2.5 Mélangeur	39
5.2.6 Réacteur de digestion	39
5.2.7 Maturation	42
5.2.8 Tamisage	43
5.2.9 Séchage	43
5.2.10 Classificateur à l'air	44
5.2.11 Broyage	45
VI- ETUDE DES PROCÉDES DE COMPOSTAGE	46
6.1 Types de procédés	46
6.1.1 Compostage en tas avec retournement périodique	46
6.1.2 Procédés mécaniques avec retournement intermittent	49
6.1.3 Procédés mécaniques continus	52
6.2 Analyse comparée des procédés	57

VII-MARCHES OUVERTS AU COMPOST	59
7.1 Introduction	59
7.2 Situation du marché actuel	59
7.3 Marchés potentiels	61
7.3.1 Agriculture	62
7.3.2 Sylviculture	80
7.3.3 Horticulture	86
7.3.4 Aménagement	95
7.3.5 Autres utilisations potentielles	102
7.4 Synthèse générale des marchés potentiels	111
VIII-CRITERES DE MISE EN OEUVRE D'UNE USINE DE COMPOSTAGE	115
8.1 Marchés accessibles et contraintes de mise en marché	115
8.1.1 Critères généraux	115
8.1.2 Contraintes	118
8.1.3 Campagne de promotion	119
8.2 Production de déchets	123
8.2.1 Quantités de déchets	123
8.2.2 Nature et caractéristiques des déchets	124
8.2.3 Localisation	127
8.3 Marchés actuels des matériaux recyclables	128
8.3.1 Marché du fer secondaire	128
8.3.2 Marché du papier et du carton	130
8.3.3 Marché du verre	133
8.3.4 Autres produits recyclables	134

IX- REGION TYPE	136
9.1 Généralités	136
9.2 Description de la région	137
9.3 Etude du marché	137
9.3.1 Marché agricole et cultures maraîchères	138
9.3.2 Marché domestique	141
9.3.3 Secteur public	143
9.4 Implantation de l'usine	144
9.4.1 Critères de qualité du produit	144
9.4.2 Contraintes d'exploitation de l'usine	145
9.4.3 Type d'équipement et espace requis	147
9.4.4 Main-d'oeuvre	149
9.4.5 Etapes de mise en oeuvre de l'usine	150
9.5 Mode de mise en marché	152
9.6 Bilan de masse	153
9.7 Bilan énergétique	155
9.8 Bilan économique	155
9.9 Etude d'impacts	162
9.9.1 Impact socio-économique	162
9.9.2 Impact sur l'agriculture	162
9.9.3 Impact sur l'environnement	163
9.9.4 Impact sur la gestion des déchets	166
BIBLIOGRAPHIE	167

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Composition chimique d'échantillons de compost	15
Tableau 2:	Comparaison entre la composition du compost et celle du fumier	16
Tableau 3:	Composition moyenne du compost produit à Johnson City, Tennessee	18
Tableau 4:	Concentrations d'éléments chimiques dans les boues résiduaires	24
Tableau 5:	Teneurs acceptables de métaux dans les sols et les boues	27
Tableau 6:	Analyse comparée des procédés de compostage	58
Tableau 7:	Pourcentage d'éléments majeurs contenus dans le compost urbain, selon différents chercheurs	66
Tableau 7A:	Analyses comparées du compost, d'engrais commerciaux, de fumiers	67
Tableau 8:	Etude comparative des coûts d'utilisation d'un fertilisant commercial et d'un compost municipal	69
Tableau 8A:	Coût des différents engrais commerciaux	70
Tableau 9:	Demande prévue pour le compost non enrichi	72
Tableau 10:	Production de fumier de ferme	74
Tableau 11:	Demande prévue pour l'utilisation du compost urbain en agriculture générale	76
Tableau 12:	Analyse comparée d'une plantation d'épinettes blanches	81
Tableau 13:	Demande prévue de compost en sylviculture	83
Tableau 14:	Coût approximatif des milieux de culture fréquemment utilisés en serriculture	89
Tableau 14A:	Demande prévue de compost pour la serriculture, basée sur la superficie actuelle en serre	91

LISTE DES TABLEAUX (suite)

Tableau 15:	Demande de compost pour les potagers et pelouses, basée sur le marché actuel de la tourbe	94
Tableau 15A:	Demande prévue pour le compost dans l'aménagement des parcs	97
Tableau 16:	Demande annuelle prévue pour le compost dans l'aménagement des routes	
Tableau 17:	Comparaison des valeurs absorbantes	106
Tableau 18:	Marché des panneaux de particules agglomérées au Canada	109
Tableau 19:	Synthèse des marchés	112
Tableau 20:	Points de contrôle de qualité selon l'utilisation visée	121
Tableau 21:	Composition moyenne des déchets urbains au Canada	125
Tableau 22:	Composition chimique moyenne des déchets urbains au Canada	126
Tableau 23:	Répartition des superficies en culture dans la région-type	139
Tableau 24:	Equipe de base de l'usine	150
Tableau 25:	Consommation en énergie d'une usine de compostage par tonne de déchets bruts	156
Tableau 26:	Bilan pro forma (début de l'exploitation)	157
Tableau 27:	Bilan annuel (profits et pertes)	158

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Graphique de l'évolution de la température	33
Figure 2:	Procédé de compostage	37
Figure 3:	Procédés mécaniques de digestion	41
Figure 4:	Consommation canadienne d'engrais commerciaux par province	64
Figure 5:	Rapports canadiens de l'offre et de la demande d'engrais commerciaux	64
Figure 6:	Terre agricole	77
Figure 7:	Répartition de la population par division de recensement, Canada 1976	78
Figure 8:	Evolution de la serriculture au Canada	92
Figure 9:	Coûts unitaires d'une usine de compostage	161

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude sur les procédés de compostage des déchets urbains veut d'abord présenter la nature et les limitations des techniques de compostage disponibles et ensuite en démontrer les applications dans le cadre nord-américain, pour l'information de promoteurs éventuels de telles entreprises.

Les objectifs de la présente étude peuvent se résumer comme suit:

1. Etudier la documentation disponible sur les diverses techniques de compostage mises au point à ce jour, en mettant l'accent sur les causes de succès ou d'insuccès des expériences nord-américaines sur le procédé (chapitre III, IV et V).
2. Faire une évaluation comparative des diverses techniques utilisées jusqu'à aujourd'hui, en insistant sur les avantages et les limitations des procédés aux points de vue des produits finis, des contraintes opérationnelles et des bilans énergétique et économique (chapitre VI).
3. Etablir l'utilisation actuelle et potentielle des produits de compostage, en mettant en évidence les différentes applications du compost (terreau) (chapitre VII).
4. Etablir les critères de mise en oeuvre d'une usine de compostage, schématisant le milieu apte à se pourvoir d'une telle usine (chapitre VIII).

5. Etudier un secteur-type pour conclure sur la faisabilité d'un projet pilote et dégager les contraintes reliées au traitement des déchets urbains et à la mise en marché du compost et des autres sous-produits récupérables (chapitre IX).

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

A ce stade du progrès technique, où l'opinion populaire est de plus en plus concernée par la qualité de la vie, le respect des systèmes écologiques et la conservation des ressources, le mode de gestion des déchets urbains devient une préoccupation de première importance.

Une des formes de traitement des déchets domestiques qui permettent la récupération des ressources est le compostage. Ce procédé fut d'abord popularisé en Europe puis expérimenté en Amérique au cours des deux dernières décennies.

Ce processus naturel de décomposition transforme toute matière organique en humus stable sous l'activité des micro-organismes. Le procédé de compostage est le mode de gestion des déchets qui permet le plus haut taux de récupération des ressources qui y sont contenues. Le compost, produit éprouvé dans le conditionnement des sols pauvres, devient une matière recyclée, au même titre que le papier, les métaux et le verre, que l'on peut extraire des déchets. Il représente, en effet, un apport appréciable de matières organiques et d'éléments mineurs, conférant au sol des propriétés physiques, biologiques et chimiques favorables à la croissance de toute végétation.

Des techniques diverses de compostage des déchets urbains ont d'abord été développées en Europe vers 1930 et ont fait par la suite l'objet de plus de 25 nouvelles expériences, tentées dans des villes américaines entre les années 1956 et 1966.

Cette industrie semble conserver une certaine vitalité en Europe mais aux Etats-Unis, les échecs de plusieurs projets peuvent être attribués à l'appât du gain facile face à des marchés plutôt limités, à la piètre qualité du produit final et à l'importance excessive attachée à l'aspect technique au détriment d'une recherche avancée en biologie du compostage. A la lumière de ces expériences, il importe donc que l'échelle de l'entreprise soit soigneusement déterminée, afin de ne répondre qu'au marché assuré du produit.

Le processus biologique du compostage peut être accéléré dans un environnement contrôlé, sous des conditions données d'aération, d'humidification, de contrôle de la température et d'apport nutritif. On observe aussi des températures de plus de 70 degrés Celcius dans une première phase de décomposition qui, normalement, élimine les germes pathogènes.

Cependant, les procédés de compostage ne sont pas tous aussi efficaces pour produire un compost stable et de bonne qualité. Par exemple, on a souvent recours à une technique de décomposition à ciel ouvert où les déchets sont disposés en rangées et dont l'aération est assurée par un retournement périodique des déchets. Lorsque cette technique est soumise aux rigueurs du climat, elle s'avère peu efficace. L'usage d'un toit mobile avec insufflation d'air sous la masse représente cependant un compromis plus pratique dans le contexte nord-américain.

Plusieurs procédés intérieurs avec brassage mécanique continu ou intermittent ont, de plus, été expérimentés et

démontrent plusieurs avantages particuliers. Ces procédés s'avèrent cependant plus onéreux à l'achat.

Cette digestion aérobie des déchets s'opère généralement à la suite d'un broyage fin, d'une séparation magnétique des métaux ferreux et d'un ajustement des taux d'éléments nutritifs majeurs. Suite à la phase rapide de digestion, une période de maturation permet de hausser la qualité du produit, tout comme il est possible, au besoin, de le faire avec des opérations de tamisage, de séchage, de séparation à l'air des impuretés et de broyage final.

Il demeure toujours difficile d'évaluer l'ampleur du marché accessible pour le compost. Un inventaire des besoins a cependant été mené à l'échelle canadienne, mettant en évidence les différents secteurs où peut être écoulé le compost produit, de même que leur importance relative.

Ces marchés sont représentés par l'exploitation des terres agricoles, la sylviculture, tant en foresterie qu'en pépinière, les marchés horticoles, soit pour la culture en serres ou les besoins domestiques et, enfin, par tous les travaux d'aménagements de parcs publics, de construction routière ou d'aménagements post-miniers. De plus, l'utilisation du compost comme milieu filtrant, aliment pour bovins, matériau de construction et combustible, constitue des marchés secondaires possibles.

Il en ressort que le marché de l'agriculture bénéficie actuellement des avantages économiques qu'offrent les engrais commerciaux au niveau des coûts d'épandage et de la productivité des sols. Toutefois, il est bien connu qu'un apport d'amendement de qualité offre des bénéfices à long terme quant à la conservation de la qualité des sols, suite à leur surexploitation. Une sensibilisation des exploitants agricoles à ce point de vue peut ouvrir des débouchés importants au marché du compost, malgré sa faible valeur fertilisante.

Au même titre que l'exploitation des terres agricoles, l'exploitation des forêts, tout comme celles des pépinières, peut bénéficier d'un apport d'humus de haute qualité. Le reboisement des sols pauvres peut retirer des avantages certains de cette pratique. L'éloignement des centres urbains et les techniques d'épandage peu adéquates en forêt sont toutefois des contraintes majeures à ces applications.

L'horticulture présente les débouchés les plus intéressants pour le compost, étant donné la croissance actuelle de l'utilisation de milieux de cultures artificiels dans ce secteur. Ces ventes procurent de plus des bénéfices assurés, tant au niveau de la serriculture qu'au niveau des usages domestiques. Une forte concurrence doit cependant être surmontée.

Enfin, l'aménagement du territoire pour les parcs, routes, terrains de loisirs et l'aménagement des sites post-miniers présentent des ouvertures fort intéressantes mais requièrent l'appui de l'administration publique afin de représenter un marché à long terme dans ce secteur d'activité.

D'autres usages du compost tels que milieu filtrant ou absorbant, aliment pour bovins, matériaux de construction et combustible doivent faire l'objet de travaux de recherche et de développement plus avancés avant de constituer des débouchés intéressants.

Finalement, une analyse des critères de mise en oeuvre et une étude d'un cas-type d'implantation révèlent que l'implantation d'une usine de compostage doit être précédée d'une étude rigoureuse des marchés à long terme ouverts au compost. De plus, la capacité de l'usine ne devra répondre qu'à la demande assurée afin de ne pas accumuler le produit. Un inventaire des quantités de déchets disponibles doit aussi être préalablement produit. Enfin, l'usine doit être convenablement localisée dans un secteur industriel.

L'exploitation d'une usine de compostage doit, en outre, tenir compte des exigences de qualité quant aux marchés visés. Notons aussi le besoin d'un stockage étant donné la demande saisonnière du compost, à l'automne et au printemps.

Le bilan économique de l'exploitation d'une telle usine démontre aussi une plus grande sévérité pour les usines de petite capacité. En effet, pour une usine avec brassage mécanique, d'une capacité de 100 TM/jour, le coût de production sera de l'ordre de \$40./TM de déchets bruts (\$1980) et s'abaisse à \$22./TM pour une usine d'une capacité de 1000 TM/jour, où la totalité des investissements est amortie et selon des estimés relativement modestes. Rappelons qu'environ 50% de la masse initiale de déchets sera transformée en compost. On juge, par ailleurs, qu'un agriculteur ne devrait pas payer plus de \$5.16 la tonne de compost, considérant sa teneur en éléments fertilisants et le manque d'incitation actuel pour cette utilisation.

Soulignons toutefois que sur le marché de l'horticulture, on paie au moins \$150./TM pour un produit d'amendement de nature et de qualité similaires.

Les techniques de compostage en rangées ou sous un toit mobile s'avèrent moins coûteuses mais moins efficaces sous nos hivers rigoureux.

Il est aussi entendu que l'on ne pratiquera aucune récupération des matériaux recyclables à l'usine à l'exception des métaux ferreux, étant donné les exigences de qualité des marchés actuels et l'inefficacité relative des techniques mécaniques abordables de séparation des matériaux.

Enfin, le bilan de masse d'une telle usine démontre un taux de production de compost de l'ordre de 50% de la masse de déchets bruts, alors qu'un bilan énergétique révèle une efficacité de l'usine de l'ordre de 70%, sur la base du potentiel énergétique du compost produit.

Au terme de la présente étude, il est possible de dégager les principales conclusions suivantes:

- 1- Le compost représente un supplément de haute valeur face à l'appauvrissement des sols agricoles et au besoin de développement de nouvelles terres fertiles.
- 2- Les techniques actuelles de compostage permettent de produire en peu de temps un compost de bonne qualité et exempt de germes pathogènes.

- 3- Aux Etats-Unis, le marché restreint du compost, suite à une mauvaise orientation de la part des promoteurs, a provoqué une hausse des coûts de production et a précipité de nombreuses faillites d'usines de compostage. Il importe donc que l'échelle de la production de compost soit déterminée sur la base d'un marché assuré.
- 4- Les besoins actuels de produits d'amendement des sols sont très importants dans les domaines de l'agriculture, de la sylviculture, de l'horticulture et des aménagements divers. Ces besoins devront faire l'objet d'une étude locale de marchés avant la mise en oeuvre d'une usine de compostage.
- 5- Les coûts d'achat et d'épandage, face à la concurrence de produits fertilisants, demeurent les principales contraintes pour le développement d'usines de compostage produisant un compost de qualité à offrir au secteur agricole, où la plus grande partie du compost produit pourrait être écoulée.
- 6- Le procédé de compostage est avantageux quant à la mise en valeur des déchets organiques et à l'élimination des boues résiduelles des usines de traitement des eaux usées.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

At this stage of technological development when the public is becoming increasingly concerned with the quality of life, respecting the ecological systems and resource conservation, the way in which we dispose of municipal refuse is becoming a matter of primary importance.

One of the means of municipal refuse disposal which permit resource recovery is the composting process. This process first became popular in Europe and has subsequently been the subject of experiments in North America carried out during the last two decades.

In this natural decomposition process, all organic matter is transformed into stable humus through the activity of micro-organisms. The composting process is the mode of refuse management which permits the highest rate of recovery of those resources contained in the refuse. Compost, a product whose usefulness in the conditioning of poor soils has been proven, becomes a recycled material just like the paper, metal and glass, which can be extracted from refuse. Compost provides an appreciable input of organic matter and minor elements thus giving the soil physical, biological and chemical properties favourable to the growth of all vegetation.

Various processes for composting municipal refuse were developed in Europe around 1930, and were later experimented within more than 25 American cities between 1956 and 1966.

The industry seems to have maintained a certain amount of vitality in Europe but in the United States, the failure of many projects can be attributed to the lure of easy profits combined with rather limited markets for compost, the poor quality of the finished product and the excessive importance attributed to technical aspects to the detriment of advanced research on the biology of composting. These experiments have shown the importance of carefully determining the scale of operations so as to just meet the requirements of the assured market for the product.

The biological process of composting can be accelerated in a controlled environment, under precise conditions of aeration, humidification, temperature control and nutritive balance. Also, temperatures more than 70°C, normally high enough to eliminate all pathogenic germs, are observed in the first phase of decomposition.

However, composting processes are not all efficient in the production of a stable, good quality product. For example, exterior techniques have often been used, in which refuse is decomposed in rows and aeration is assured by periodic turning of the refuse. When this technique is used under harsh and variable climatic conditions, it is inefficient. However, the use of a portable roof with air blown under the refuse mass, represents a more practical compromise in the North American context.

Many interior processes, using mechanical agitators on a continual or intermittent basis, have also been tested and have been shown to offer many distinct advantages. However, these processes require a larger initial capital outlay.

The aerobic digestion of refuse is generally carried out after fine grinding of the mass, magnetic separation of ferrous metals and balancing of the concentrations of the major nutritive elements. Following the rapid phase of digestion, a period of maturation permits improving the quality of the product, which can be further enhanced, if necessary, by operations such as screening, drying, air separation of impurities and final grinding.

It is still difficult to estimate the size of accessible market for compost. However an inventory of the quantities needed has been done at the Canadian level. It indicates the different markets where compost could be used and their relative importance.

These markets are found in the sectors of agriculture, silviculture in forestry and nurseries, commercial and domestic horticulture and, finally, site preparation in public parks, road construction and mined out areas. In addition, the utilization of compost as a filtering medium, cattle fodder, construction material and fuel, could lead to the development possible secondary markets.

It is evident that the agricultural market is presently profiting from the economic advantages, in terms of low spreading costs and high soil productivity, offered by the commercial fertilizers. However, it is well known that the use of a quality amendment offers some long term benefits in terms of restoration of soil productivity after overexploitation. Making agriculturalists aware of this aspect could result in important new outlets for compost, in spite of its limited value as a fertilizer.

Like the exploitation of agricultural land, forest development and nurseries could profit from the use of high quality humus. This practice is especially beneficial in the reforestation of poor soils, but the long distances from urban centers and soil top dressing techniques inadequate for use in forest conditions are major limiting factors in these applications.

Horticulture constitutes the most promising market for compost taking into account the present trend towards the use of artificial culture media in this sector of activity. Good profits could be obtained by selling compost to both greenhouses and domestic users. However, a way must be found to meet the existing strong competition in this sector.

Finally, site preparation for parks, roads, recreational areas and mined out areas offers very attractive openings but the support of the public administration is necessary for the development of a long-term market in this sector.

Other applications such as the use of compost as a filtering or absorbant medium, cattle fodder, construction material or fuel, will require further research and development before they can be considered to be worthwhile outlets. An analysis of development criteria and a typical-case project study reveal that the establishment of a compost plant must be preceded by a rigorous study of long term compost markets. Also, plant capacity must just meet the assured demand for compost in order to avoid undue buildup of stocks. A preliminary local inventory of available refuse is also necessary. Finally, the plant should be suitably located in an industrial sector.

In the operation of a compost plant, the quality requirements of each of its markets must be taken into account. Also, it must be noted that certain quantities of compost will have to be stored because of seasonal demands in the autumn and the spring.

In terms of economics, an operation of this type also demonstrates a greater severity for small plants. On the basis of moderate estimates, it has been determined that, in a plant using mechanical agitators, for a capacity of 100 mt/day, the cost of production will be in the order of \$40./mt of refuse (\$1980). This figure drops to \$22./mt for a capacity of 1000 mt/day. Note that about 50% of the initial mass will be transformed in compost. Moreover, it appears that farmers should not be expected to pay more than \$5.16 for a ton of compost, considering its value as a fertilizer and the present lack of incentive to use it. However, it must be noted that on the horticulture market, an amendment product of similar quality and properties sells for at least \$150./mt.

The processes involving composting in rows or under a portable roof are less expensive but less effective in our harsh winter climate.

It is generally agreed that there will be nearly no in-plant recovery of recyclable materials with the exception of ferrous metals, because of the quality requirements of the actual markets and the relative inefficiency of the affordable mechanical material separation techniques presently available.

Finally, analysis shows that for a plant of this type, the mass of compost produced is equal to about 50% of the initial mass of refuse, and plant energy efficiency is in the order of 70% based on the energetic potential of the compost produced.

From the present study, it is possible to draw the following conclusions:

1. Compost constitutes a supplement of great value in the fight against depletion of agricultural soils, as well as in the attempt to meet the need for development of new fertile land.
2. The composting processes already developed permit the rapid production of a compost of good quality and free of pathogenic germs.
3. In the United States, the limited market for compost and improper development have led to a rise in production costs and, consequently, the bankruptcy of numerous plants. Thus, it is important that the scale of compost production be determined on the basis of the assured markets.
4. The present needs for soil amendment products are considerable in agriculture, silviculture, horticulture and various types of site preparation. These needs should be examined in local market studies, before a composting study is undertaken.
5. In the face of competition from fertilizers, the high price and spreading costs of compost remain the major obstacle in the development of compost plants capable of producing a quality product for the agricultural sector, a market which could absorb most of the compost produced.
6. The composting process is attractive in that it gives a value to any organic refuse and constitutes a good way to eliminate the sewage sludge, from water treatment plants.

I- INTRODUCTION

Le compostage des déchets solides urbains n'a pas été populaire jusqu'ici dans la plupart des villes de l'Amérique du Nord, à cause surtout des mauvaises odeurs que ce procédé dégageait, et aussi à cause de la mauvaise qualité du produit lui-même qui contenait des tessons et autres matières inacceptables. Les méthodes de compostage ont cependant été grandement améliorées au cours des années, et il en existe maintenant plusieurs qui fournissent un produit d'excellente qualité.

Les gouvernements, les industries et les organismes à but non lucratif sont de plus en plus intéressés à la recherche et à l'expérience accumulées sur le compostage comme moyen de disposer des déchets. De nombreux rapports ont été publiés et plusieurs conférences ont eu lieu sur le sujet.

Le présent document est le résultat d'une étude menée dans le but, premièrement, d'établir l'opportunité de construire une usine pilote de compostage au Canada, d'évaluer son rendement et aussi d'apprécier l'importance relative à donner à la technique de compostage au niveau national, dans le cadre de la gestion des déchets solides (voir les objectifs de l'étude).

Le rapport est divisé en dix chapitres, dont le premier est la présente introduction du document.

Les chapitres deux, trois, quatre et cinq traitent de la nature du procédé de compostage et en décrivent les aspects biologiques et techniques. Une revue de l'expérience accumulée en Amérique du Nord et ailleurs permet d'établir un bilan du potentiel qu'offre le compostage en tant que mode de récupération des ressources.

Le sixième chapitre reprend chacun des procédés pour en faire une analyse détaillée, suivie d'une étude comparative des techniques disponibles qui permet de juger objectivement du rendement de chacun des procédés et de leur éventuelle application au Canada.

Le septième chapitre présente la place que peut se réserver le compost sur le marché canadien des fertilisants et des amendements pour les sols. Il décrit ensuite le portrait des marchés ouverts aux matériaux récupérables (papier, verre, métaux), ce qui peut permettre à la fois de rentabiliser une usine de compostage et de coopérer à la sauvegarde de nos ressources naturelles.

Le huitième chapitre présente un bilan des critères de mise en oeuvre d'une usine de compostage. On y résume les exigences auxquelles doivent répondre les marchés accessibles, les contraintes majeures rencontrées dans les procédés et l'implantation d'une usine. Une critique du procédé de compostage suivra, en considération des autres techniques de transformation actuellement en progression dans les grands centres urbains. Les aspects énergétiques, conservation des ressources et respect de l'environnement seront traités en relation étroite avec le bilan économique.

Prenant appui sur les chapitres précédents, le chapitre neuf décrit globalement l'ensemble des facteurs majeurs qui favorisent l'utilisation d'un tel mode de gestion des déchets, appliqués à une région-type.

II- ETUDE DES MODES DE GESTION DES DECHETS ET PRATIQUE

ACTUELLE

La gestion des déchets est plus que jamais un domaine de grande préoccupation tant au point de vue économique que sur le plan conservation des ressources. Encore aujourd'hui, le seul mode d'élimination reconnu pour son efficacité et sa simplicité demeure l'enfouissement sanitaire. Plusieurs autres modes d'élimination ou de mise en valeur des déchets ont été expérimentés et développés depuis de nombreuses années, mais aucun de ces systèmes ne s'avère universellement applicable.

Afin de pouvoir mieux juger des avantages relatifs qu'offre le procédé de compostage, il sera d'abord utile de présenter chacune des alternatives et les critères favorisant une option plutôt qu'une autre, dans le cadre de différentes politiques de gestion. Les points de vue couramment retenus sont, par exemple, la recherche de la technique d'élimination la plus économique, le souci de la récupération et de la conservation des ressources, la minimisation des impacts sur l'environnement, ou la mise en valeur des déchets par transformation (énergie, engrais).

2.1 ENFOUISSEMENT SANITAIRE

Ce mode d'élimination des déchets, le plus répandu, consiste à enfouir les déchets sous terre, sur un site choisi à l'échelle régionale. Ce site aura été préalablement soumis à des études hydrogéologiques dans le but de déceler les risques de contamination des nappes d'eau souterraines.

Cette technique des plus universelles démontre des avantages certains sur les plans pratique et économique, par rapport aux autres modes de gestion mis de l'avant.

Parmi les principaux avantages reconnus, on retient le faible investissement requis par cette technique et le bon rendement économique en général. Rapidement mis sur pied, ce mode de gestion est aussi flexible quant à la compétence du personnel et universel au niveau des types de déchets, qui seront définitivement éliminés.

Les désavantages que l'on reconnaît à cette pratique se résument à l'opposition publique lorsque l'on veut implanter un nouveau site d'enfouissement et à l'éloignement des sites propices à l'enfouissement par rapport aux secteurs desservis.

Enfin, la consolidation subséquente du site, la diminution de la capacité portante du sol, la diffusion de méthane dans le sol et les risques de pollution des nappes d'eau environnantes sont les effets limitatifs, après la fermeture d'un site d'enfouissement, pour son utilisation éventuelle.

2.2 RECUPERATION DES RESSOURCES

La pratique de la récupération et de la vente des produits sur les marchés de recyclage est une activité bien établie (voir section 8.3). Ces commerces professionnels exploitent, par exemple, des sources de papier et de carton démontrant le plus souvent une qualité supérieure et en quantité suffisante. Le commerce de la ferraille est aussi des plus développés.

Au niveau des déchets domestiques, le tri à la source demeure pratiquement la seule option possible afin de garantir la qualité des matériaux récupérés (verre, papier, métaux ferreux). Ce genre d'activité se répand de plus en plus dans quelques centres urbains, mais nécessite la participation publique et bien souvent le concours de groupes volontaires.

Les procédés mécaniques de séparation de matériaux actuellement disponibles ne peuvent enfin produire des matériaux au degré de pureté exigé sur les marchés, sinon en investissant des sommes prohibitives.

2.3 INCINERATION ET RECUPERATION ENERGETIQUE

Les modes de récupération énergétique des déchets domestiques sont multiples. Le plus courant est assurément l'incinération avec production de vapeur pouvant générer de l'électricité ou comblant les besoins en vapeur d'une industrie voisine. Il est cependant à noter que dans certains cas, l'incinération peut ne représenter qu'une technique d'élimination des déchets sans récupération énergétique.

Parmi les avantages de l'incinération, on retient la réduction du volume de déchets qui ne requiert alors que peu d'espace au site d'enfouissement sanitaire. Ces résidus sont, de plus, stables et sans odeur. Enfin, un incinérateur peut être construit dans un secteur industriel urbain et intervenir par la producteur de vapeur, dans l'énergie d'appoint des industries voisines.

Ce procédé a toutefois des désavantages: on doit d'abord signaler les coûts élevés de construction et d'opération de l'usine, l'exigence d'un personnel qualifié, les coûts de maintenance élevés, les risques de pollution de l'air si les opérations sont inadéquates et enfin, la présence de cendres résiduelles de l'ordre de 20% en poids.

D'autres techniques de récupération énergétique des déchets domestiques ont été expérimentées et ont démontré certains avantages. Mentionnons d'abord les usines d'extraction de la fraction combustible des déchets, le "refuse derived fuel" (RDF), utilisable et également le bon rendement économique que ce procédé devrait démontrer dans les prochaines années.

D'autres procédés de récupération énergétique existent mais sont cependant moins populaires, étant donné leur coût élevé. On retrouve d'abord la récupération de ressources et de combustible en phase liquide (procédé Black Clawson) qui récupère, par séparation de densité, des fibres combustibles, en plus de fractions recyclables de verre et de métal. Enfin, les procédés de pyrolyse qui produisent des combustibles solides, liquides et gazeux par traitement thermique des déchets sont actuellement expérimentés.

2.4 PROCEDE DE COMPOSTAGE

Du point de vue technique, le compostage consiste en une dégradation biologique de la matière organique, sous des conditions contrôlées d'aération, de température et d'humidité. La décomposition aérobie des déchets est rapide et produit des températures élevées, offrant alors un produit final libre de germe pathogène, de larve d'insecte ou de graine de semence. Les techniques de compostage des déchets sont nombreuses.

Le compost produit ne peut remplacer les fertilisants actuels, mais offre des avantages dans l'agriculture comme produit d'amendement des sols, restituant au sol de bonnes propriétés physiques, chimiques et biologiques. Le compost fournit enfin un haut taux de matière organique au sol, ainsi qu'une gamme appréciable d'éléments mineurs.

Parmi les avantages des procédés de compostage, il faut d'abord signaler le haut niveau de récupération des ressources, où le compost produit représente près de 50% de la masse de déchets bruts.

Un désavantage marqué réside cependant dans les difficultés d'ouvrir des marchés à long terme pour le compost, étant donné la présence d'une foule de produits concurrentiels. Les techniques de compostage sont aussi limitées par le fait que divers types de déchets inertes ne peuvent être compostés et constituent parfois des impuretés apparentes dans le compost. Enfin, on doit avoir recours à un site d'enfouis-

sement sanitaire afin d'éliminer les résidus non compostables qui représentent plus de 30% de la masse de déchets bruts.

Diverses expériences de compostage ont été tentées depuis les vingt dernières années, ce qui a assurément contribué à une amélioration des procédés mécaniques et à une connaissance plus approfondie du processus de dégradation.

Malheureusement, la majorité de ces entreprises n'ont connu qu'un succès temporaire, principalement dû au marché limité dans la vente du compost et parfois à la pauvre qualité du produit face à la concurrence.

A long terme, toutefois, le compostage représente la solution définitive pour rétablir le cycle naturel des ressources organiques.

III HISTORIQUE DU PROCEDE

Le processus de stabilisation naturelle des matières organiques est exploité depuis fort longtemps. Au début, une pratique observée en Asie consistait à disposer des déchets de la ferme par enfouissement sous terre, permettant d'y récupérer un sol fertile au bout de plusieurs mois⁽¹⁹⁾.

La lenteur du processus anaérobie et le dégagement de mauvaises odeurs qu'il entraînait firent apparaître, dès le début du siècle, des expériences de compostage en tas, au contact de l'air, où la fermentation aérobie initiale s'avérait plus satisfaisante.

Sir Albert Howard énonça les premiers principes du compostage et développa aux Indes, dans l'Etat d'Indore, un procédé de mise en tas où alternaient des couches de paille ou de feuilles et des couches de matières organiques, favorisant ainsi l'aération de la masse (procédé "Indore")⁽¹⁹⁾. Au bout de quelques jours, 12 retournements des tas permettraient de poursuivre une dégradation rapide des déchets par voie aérobie, suivie, enfin, d'une cure de plusieurs mois. Cette pratique est d'ailleurs encore reconnue à l'heure actuelle.

Face à un besoin croissant de sol organique en Europe, on vit très tôt apparaître, dans plusieurs pays, des développements spectaculaires en matière de compostage. L'Italie, en particulier, devenait un centre d'innovation des techniques de transformation des déchets urbains. On y construisit, en effet, la première usine de compostage en 1922. Cette usine fut développée par le Dr Giovanni Beccari et subit par la suite de nombreuses modifications.

Plus au nord, les Pays-Bas et l'Allemagne virent apparaître des stations de compostage dès 1932, où diverses techniques furent mises à l'essai. On vit par la suite s'édifier des installations de fabrication de compost en d'autres pays, tels la France et la Suisse. Ces premières expériences tentaient de répondre à une demande croissante de matières organiques en vue de développer de nouvelles terres de culture. Des résultats positifs ont été obtenus, tant dans les grandes cultures que dans les cultures intensives, les arbres fruitiers, légumes, etc. Plusieurs exploitations répondaient, de plus, à une forte demande locale de matières organiques, par exemple dans la culture de la vigne. On prévenait ainsi l'érosion des sols en pente, tout en favorisant la rapidité de croissance des plants.

L'expérience européenne, qui semblait prometteuse dans la production du compost, semble aussi perdre de son élan pour les mêmes motifs d'ordre économique qu'en Amérique du Nord. On constate en effet dans plusieurs pays un intérêt croissant pour les engrais chimiques, une diminution des développements de nouvelles terres et un attrait croissant pour la récupération du potentiel énergétique des déchets domestiques.

Ainsi, en Allemagne, le procédé de compostage disposerait actuellement de moins de 1% de l'ensemble des déchets produits. En Hollande, où 17% des déchets sont compostés (37), on songerait plutôt à exploiter, de façon convenable, des sites d'enfouissement offrant les meilleures conditions physiques. On sait cependant que l'enfouissement sanitaire est

peu praticable en Hollande, étant donné l'élévation particulière des nappes d'eau souterraines et les risques de contamination, nécessitant la canalisation et le traitement des eaux de lixiviation. La valeur attachée à tous les terrains fertiles dans ce pays a, de plus, toujours maintenu les exploitations d'enfouissement impopulaires.

Dans le but de simplifier la présentation de chacune des expériences d'importance tentées aux Etats-Unis en matière de compostage, des fiches descriptives ont été remplies par type de procédés et tracent le profil général de chacun d'eux. Ce dossier peut être retrouvé en Annexes.

Aux Etats-Unis, on observera un intérêt croissant pour le compostage entre les années 1956 et 1966. Il en résultera une multiplication du nombre d'usines modernes de compostage avec recyclage dans les villes américaines dont la plupart, plus de 25, étaient encore en opération en 1970. A l'heure actuelle, il n'y aurait plus que deux usines de compostage des déchets urbains en fonctionnement aux Etats-Unis, soient Altoona FAM Inc., Altoona, Pennsylvanie et Ecology Inc., Brooklyn, New-York(20).

Dans l'ensemble, les échecs de plusieurs projets peuvent être attribués à l'appât du gain facile, à la pauvre qualité du produit final et à l'importance excessive attachée à l'aspect technique du compostage au détriment d'une recherche en biologie du compostage, où l'environnement physique mal établi a souvent causé de pauvres conditions hygiéniques (odeurs, vermines). L'échec économique de plusieurs usines

est directement lié à une mauvaise analyse des marchés locaux, à la fois pour le compost et les divers matériaux récupérés. L'échelle de l'entreprise doit être soigneusement déterminée, afin de ne répondre qu'au marché assuré des produits.

IV- PROPRIETES DU COMPOST

Le produit final du procédé de compostage est un terreau de couleur sombre, allant du brun au noir, selon les caractéristiques des déchets traités. Le compost ne dégage aucune odeur lorsque la stabilisation est à son stade terminal. Il a été démontré à maintes reprises que ce produit confère au sol des propriétés physiques, biologiques et chimiques favorisant la croissance de toute végétation. Son rôle en culture est donc directement associé au conditionnement des sols pauvres, à l'aménagement des sols dénudés et à son utilisation comme terreau de jardinage. Il est enfin éprouvé comme agent préventif de l'érosion.

4.1 COMPOSITION

La composition du compost est plutôt variable et dépend essentiellement de la composition des déchets traités. On observe que l'ensemble des composantes organiques biodégradables représente 72%, en moyenne, de la masse totale des déchets urbains.

Plusieurs auteurs ont également rapporté des résultats d'analyse relatifs à la composition du compost produit à partir des déchets domestiques. Scott⁽²³⁾ rapporte des valeurs pour cinq échantillons de compost, que l'on retrouve au tableau 1.

Balu⁽¹⁶⁾ compare, pour sa part, les teneurs des diverses composantes chimiques entre le compost et le fumier. Ces résultats, présentés au tableau 2, témoignent, d'un point de vue relatif, de la haute qualité du compost dans le conditionnement des sols.

TABLEAU 1: COMPOSITION CHIMIQUE D'ECHANTILLONS DE COMPOST
(1969)

<u>Composantes chimiques</u>	(%)
Cendre insoluble dans HCL	71.23
Cendre soluble dans HCL	<u>14.19</u>
	85.42
Azote (N)	0.60
Acide phosphorique (P_2O_5)	0.79
Potasse (K_2O)	0.45
Calcium (Ca)	1.23
Magnésium (Mg)	0.35
Sodium (Na)	0.27
Fer (Fe)	0.36
Manganèse (Mn)	0.81
Acidité (pH)	7.2

Source: référence no. 25

TABLEAU 2: COMPARAISON ENTRE LA COMPOSITION DU COMPOST ET
CELLE DU FUMIER (%)

<u>ELEMENTS</u>	<u>COMPOST</u> (Ville d'Agency, France)	<u>FUMIER</u>
Azote	0,78	0,58
Acide phosphorique	0,77	0,21
Chaux	4,10	0
Potasse	0,42	0,60
Humidité	30,50	71,8
Matières minérales	30,8	9,1
Matières organiques	32,5	16,1
Acides humiques	0,409	0,541

Source: référence no. 18

Enfin, au tableau 3, une analyse de la composition du compost produit à Johnson City (22) compare les composts produits avec et sans addition de boue d'usines d'épuration des eaux usées préalable au processus de digestion. On connaît le rôle essentiel des boues, en tant que supplément bénéfique d'azote, mais la composition finale du compost semble peu affectée par cet apport.

Quant à la proportion de matière organique, elle peut varier de 25 à 50% selon la nature des déchets.

Signalons enfin que le pouvoir calorifique du compost est élevé et se situe normalement entre 16,275 et 17,440 KJ/kg (7,000 - 7,500 BTU/lb). Toutefois, il est à noter que le procédé de compostage permet de conserver les 2/3 seulement du potentiel énergétique initial des déchets.

4.2 VALEUR DU COMPOST ET LIMITATIONS

4.2.1 Actions du compost

La valeur du compost est particulièrement reconnue pour son action à la fois physique, biologique et chimique sur les sols(18).

1. Action physique

- Il constitue un amendement vital de la constitution du sol.
- Sa grande capacité de retenir l'eau en fait un facteur essentiel à la croissance, surtout dans les périodes de sécheresse.
- Il favorise l'aération du sol.

TABLEAU 3: COMPOSITION MOYENNE DU COMPOST PRODUIT A JOHNSON CITY, TENNESSEE (%)

ELEMENTS	AVEC ADDITION DE BOUES (% base sèche)	SANS ADDITION DE BOUES (% base sèche)	VARIATIONS (TOUS LES ECHANTILLONS)
Carbone	33.07	32.89	26.23-37.53
Azote	0.94	0.91	0.85 - 1.07
Potassium	0.28	0.33	0.25 - 0.40
Sodium	0.42	0.41	0.36 - 0.51
Calcium	1.41	1.91	0.75 - 3.11
Phosphore	0.28	0.22	0.20 - 0.34
Magnésium	1.56	1.92	0.83 - 2.52
Fer	1.07	1.10	0.55 - 1.68
Aluminium	1.19	1.15	0.32 - 2.67
Cuivre	0.05	0.03	
Manganèse	0.05	0.05	
Nickel	0.01	0.01	
Zinc	0.005	0.005	
Bore	0.0005	0.0005	
Mercure	Non détectable	Non détectable	
Plomb	Non détectable	Non détectable	

Source: référence no. 22

- Sa couleur sombre favorisera l'échauffement plus hâtif du sol.
- Il empêche l'érosion par formation d'un support fibreux;
- Son dosage est facile sur le plan pratique, puisque le produit est non toxique.

2. _ Action chimique

- Le compost renferme tous les éléments naturels essentiels du sol. Par son emploi, on retourne au sol ce qu'on lui a enlevé par la culture.
- Il se décompose lentement, constituant ainsi un réservoir d'éléments nutritifs graduellement libérés pour le besoin de la plante.
- Il est exceptionnellement bien balancé en éléments mineurs.
- A cause de sa neutralité (pH de 7), il favorise la décomposition de la matière organique des sols acides (effet tampon).

3. _ Action biologique

- Le compost contient nombre de bactéries qui favorisent l'assimilation des éléments naturels du sol.
- Il augmente la qualité biologique des récoltes, favorisant ainsi la prolongation de l'entreposage, sans détérioration de la qualité physique et chimique des légumes, etc.
- Il favorise le taux de minéralisation de l'azote du sol en le rendant assimilable aux plantes.

4.2.2 Présence de germes pathogènes

On a mentionné antérieurement la présence de microbes pathogènes dans les boues d'égout. Il peut en exister également dans les ordures ménagères. Le compostage est cependant reconnu comme la seule méthode pouvant assurer la destruction des microbes pathogènes et la stabilisation des déchets, selon Burge et al(27).

Toutes les méthodes de compostage ne sont cependant pas aussi efficaces les unes que les autres pour détruire les microbes pathogènes. Aussi, Burge et al.(27) recommandent la méthode d'aération par l'air forcé durant le compostage.

L'utilisation de boues brutes ou d'un procédé de compostage peu efficace des déchets domestiques, additionnés de boues ou non, présente des risques de dissémination de germes pathogènes que l'on retrouvera dans les sols par infiltration, dans les eaux de ruissellement, sur les plantes s'il y a épandage de boues ou compost après la pousse et même dans les tissus végétaux.

Les organismes pathogènes les plus courants, retrouvés dans le compost additionné de boue d'égout, sont principalement représentés par divers types de parasites: des oeufs d'*Ascaris* et d'*Hymenolepsis*, des oeufs et larves d'helminthes, des Kystes d'*Entamoeba coli*, des larves de *Strongyloides*, des oeufs de *Trichuris trichiuria* et de *Taenia* et enfin des larves d'*Ankylostomes*(40).

De plus, des coliformes et streptocoques fécaux démontrent des chances de survie dans le compost, malgré la forte diminution de leur population sous les hautes températures rencontrées. Enfin, certains virus de maladies infectieuses ont fait l'objet d'étude avancée de survivance et démontrent des risques de survie dans un processus de compostage inefficace, dépendant de la durée du traitement (27)(28)(29).

Le risque de dissémination dans les eaux de ruissellement est probable dans le cas d'une utilisation de boues sur des pentes accentuées (2 à 6%) ou lorsqu'une grosse averse survient après leur application. Déposés sur les plantes et sur le sol, les germes pathogènes ne tarderont pas à mourir, cependant, sous un ensoleillement continu.

En pratique, l'application d'un amendement porteur de germes pathogènes aux cultures de fruits et légumes doit précéder cette culture de 6 mois, afin de s'assurer de la disparition des germes pathogènes et autres parasites. Dans les pâturages, on recommande 2 mois d'attente après l'application de tels amendements dans le cas du bétail d'élevage et 6 mois pour le mouton (susceptible, de plus, au cuivre et au molybdène) et le porc (qui mange les radines). On considère généralement que 2 mois d'ensoleillement sont suffisants pour éliminer tout germe exposé sur le sol ou les plantes(29). Ces considérations s'appliquent d'abord aux boues d'égout parfois utilisées en agriculture, mais leur addition dans le compost urbain, où le processus de décomposition est mal contrôlé, entraîne l'application de certaines mesures de sécurité.

Ellis et McCalla ont fait une revue bibliographique des travaux sur la survivance des microbes pathogènes d'origine animale dans les sols. Même si cette revue ne traite pas des microbes pathogènes d'origine humaine, les principes invoqués peuvent s'appliquer à la survivance de ces derniers dans le sol ou dans le compost. Il ressort de leur étude que la survie des microbes en dehors de l'hôte est possible seulement pour certains micro-organismes d'origine animale. Bien plus, les types qui survivent ne se multiplient généralement pas.

Parmi les facteurs autres que le milieu habituel, qui déterminent l'étendue du danger que comporte la présence de microbes pathogènes, il y a la virulence du microbe, le nombre nécessaire pour une dose infectieuse, la disponibilité des moyens de transmission du microbe à un nouvel hôte et la porte d'entrée dans cet hôte, aussi bien que sa susceptibilité.

Les facteurs environnants et le sol contrôlent aussi la survie des microbes dans les déchets et dans le sol lui-même. En résumé, Burge et al.(27) sont d'avis que, malgré le manque d'évidence épidémiologique de la maladie causée par l'application de déchets d'animaux dans le sol, par exemple, il faut prendre les précautions nécessaires lorsqu'on dispose de déchets de cette façon. Les dangers qui peuvent en résulter proviennent donc toujours d'un manque de précaution.

4.2.3 Présence de métaux lourds

Tout usage de boues d'égout comme apport d'azote dans le compostage des déchets domestiques, particulièrement l'application aux sols des boues séchées, compostées, ou à l'état liquide, présente un risque de contamination des sols par les métaux lourds. Bien que les boues soient très diluées lorsqu'elles sont additionnées aux déchets domestiques, l'utilisation non contrôlée du compost peut engendrer une accumulation de métaux dans les sols et dans les plantes.

L'accumulation de métaux lourds au sol et leur persistance durant plusieurs années peuvent causer une toxicité élevée à la fois pour les plantes et pour les animaux, pouvant causer une réduction de la croissance végétale.

Au tableau 4, on rapporte les concentrations des divers éléments normalement retrouvés dans les boues d'égout. Dans l'ensemble des métaux retrouvés, le cuivre (Cu), le molybdène (Mo) et le zinc (Zn) sont nécessaires dans les métabolismes des plantes et des animaux; le cobalt (Co), le chrome (Cr) et le sélénium (Se) le sont aussi dans la vie animale. Cependant, ces métaux, auxquels s'ajoutent As, Cd, Hg, Ni, Pb, peuvent être toxiques s'ils sont présents à certaines concentrations. Comme autres risques de toxicité, on retient finalement Ag, An, Be, Bi, Pt, Sb, Sn, Te et Ti s'ils sont présents à une teneur suffisante.

TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS D'ELEMENTS CHIMIQUES DANS LES
BOUES RESIDUAIRES*(DOWDY et AL., 1976)

Constituant	CONCENTRATION**		
	Minimale	Maximale	Médiane
	%	%	%
C organique	6.5	48.0	30.4
C minéral	0.3	54.3	1.4
N total	<0.1	17.6	3.3
N ammoniacal	<0.1	6.7	1.0
N nitrique	<0.1	0.5	<0.1
P total	<0.1	14.3	2.3
P minéral	<0.1	2.4	1.6
S total	0.6	1.5	1.1
Ca	0.10	25.0	3.9
Fe	0.10	15.3	1.1
Al	0.10	13.5	0.4
Na	0.01	3.1	0.2
K	0.02	2.6	0.3
Mg	0.03	2.0	0.4
	ppm	ppm	ppm
Zn	101	27,800	1,740
Cu	84	10,400	850
Ni	2	3,515	82
Cr	10	99,000	890
Mn	18	7,100	260
Cd	3	3,410	16
Pb	13	19,730	500
Hg	< 1	10,600	5
Co	1	18	4
Mo	5	39	30
Ba	21	8,980	162
As	6	230	10
B	4	757	33

* Plus de 200 échantillons prélevés dans huit états des EU

** D'après la masse mesurée à 1100C

De tous les métaux retrouvés dans les boues, les risques les plus inquiétants sont en général associés au cadmium (Cd), au zinc (Zn), au cuivre (Cu) et au nickel (Ni). Le cadmium constitue un élément extrêmement toxique qui s'accumule dans le foie et les reins de l'homme et des animaux; il ne démontre, en outre, aucune fonction biologique connue. Le cadmium est aussi responsable de divers troubles physiologiques, dont des troubles nerveux et des maladies cardiovasculaires. Les plantes sont, de plus, très sensibles au zinc, au cuivre et au nickel, qui causent un empoisonnement après absorption et répartition dans leurs tissus, dépendant de l'espèce et de la variété.

On ne peut cependant fixer de normes quant à la présence des métaux, étant donné les nombreux facteurs atténuant le risque. Ainsi, le taux d'absorption des métaux par les plantes dépendra du taux de croissance des plantes, du pH du sol, puisque les métaux sont plus solubles dans les sols acides, de la teneur en matière organique, de l'aération et de la concentration d'autres nutriments et métaux. De plus, les concentrations toxiques pour les plantes et les animaux sont assez mal définies.

Le compost produit à partir des déchets domestiques additionnés de boues ne présente généralement pas de danger, même à forte dose. Cependant, il est convenu d'établir les concentrations des matières toxiques, afin d'assurer la qualité du produit.

Dans le cas de boues séchées ou compostées, les quantités appliquées au sol sont basées sur leur teneur en azote assimilable par les végétaux (ammonium et nitrate), au taux maximum de 135 kg d'azote par hectare, à tous les 5 ans. Ce dosage permet de contrôler le taux d'accumulation de phosphore dans le sol et d'en permettre la diffusion tout comme pour les métaux. Cette mesure est alors sécuritaire face aux incertitudes persistantes dans l'usage des boues.

Sachant que les métaux dans le sol sont très lentement lessivés et que les plantes retirent à peine .34 kg/hectare/ an de chacun des métaux toxiques (29), on détermine une quantité maximum de chacun des métaux que l'on peut additionner au sol, sans dépasser la concentration maximale prescrite, tel que présenté au tableau 5.

Des concentrations maximales acceptables de métaux sont aussi suggérées au tableau 5, sur la base d'une teneur en azote de 5%. Suivant la variation de la teneur en azote, on doit corriger proportionnellement ces concentrations maximales pour conserver les mêmes rapports azote/métal acceptables. Cet usage se voit donc limité à un certain nombre d'applications des boues, où on aura rejoint la quantité maximale de métaux pouvant être additionnés au sol. Dans les années futures, une diminution des concentrations de métaux dans les boues, opérée à la source ou à l'usine de traitement, permettra une extension de cette pratique.

Ces considérations visent d'abord l'utilisation des boues séchées ou compostées, mais on doit démontrer une même prudence dans l'application de compost issu de déchets domestiques additionnés de boues d'égout, qui peut produire, à long terme, les mêmes conséquences.

TABLEAU 5

TENEURS ACCEPTABLES DE METAUX DANS LES SOLS ET LES BOUES

Métal	Teneurs moyennes de métaux dans les sols contaminés (Ontario) (PPM)	Teneurs maximales de métaux recommandées dans les sols (PPM)	Apport maximal de métaux au sol (kg/ha)	Concentrations maximales de métaux acceptables dans les boues et le compost* (basées sur 5% N ou moins)
Arsenic	6.5	13	15	32.5
Cadmium	0.7	1.4	1.6	3.5
Cobalt	4.5	18.0	30	67.5
Chrome	14.0	112	220	490
Cuivre	25.0	100	168	375
Mercure	0.08	0.5	0.9	2
Molybdène	1.7	3.4	3.8	8
Nickel	16.0	32	36	80
Plomb	14.0	56	94	210
Sélénium	0.4	1.6	2.7	6
Zinc	54.0	216	363	810

* Basé sur une application de 135 kg d'azote assimilable en 5 ans.

Source: Référence No 29

V- DESCRIPTION DU PROCESSUS DE COMPOSTAGE

5.1 ASPECTS BIOLOGIQUES

Le procédé de compostage est le processus naturel de dégradation biologique des matières organiques par la flore microscopique (bactéries, champignons). Ce processus entraîne la minéralisation des déchets organiques, dont la valeur nutritive et le contenu énergétique profitent aux micro-organismes. Ce dernier maillon de la chaîne alimentaire reconstitue l'humus, sol propice à l'expansion du règne végétal. En maintenant les déchets dans un environnement contrôlé, il est possible d'accélérer le processus et d'en récupérer le produit final sous la forme d'un terreau riche en matière organique stabilisée, dont les propriétés physiques et biologiques lui confèrent une valeur comme support à la croissance de toute végétation.

Le procédé de compostage est utilisé depuis le début du siècle pour éliminer divers déchets organiques et produire un amendement de qualité que l'on applique sur les sols pauvres. Plusieurs techniques de compostage ont ainsi été développées depuis plusieurs années, à la fois en Europe et aux Etats-Unis. Ces expériences ont permis d'établir les conditions optimales permettant de dégrader efficacement les matières organiques. Les principaux facteurs contrôlant la réaction au cours du processus seront d'abord discutés.

5.1.1 Décomposition anaérobie et aérobie

On distingue d'abord deux types de dégradation, suivant qu'elle se produit avec ou sans la présence d'oxygène. En absence d'oxygène, une fermentation dite anaérobie s'établit, où se multiplie une population de bactéries dont la survie ne dépend pas de la présence d'oxygène. Ce processus est relativement lent et présente comme principal inconvénient un dégagement d'odeurs nauséabondes, dues à la génération d'hydrogène sulfuré (H_2S), de méthane (CH_4) d'acides organiques et d'ammoniac (NH_3), comme produits de digestion par fermentation anaérobie. Compte tenu que cette réaction n'est que faiblement exothermique, il est alors nécessaire d'avoir un apport extérieur de chaleur afin d'accélérer la réaction, dont la température optimale est de l'ordre de $35^{\circ}C$.

A l'inverse, un apport continu d'oxygène favorisera la multiplication de bactéries aérobies, dont la survie repose sur un processus de respiration nécessitant la présence d'oxygène. Cette réaction est plus rapide et fortement exothermique, provoquant une élévation de température dont le niveau optimal se situe entre $80^{\circ}C$ et $90^{\circ}C$ (18).

La digestion aérobie n'engendre, comme produits de réaction, que de l'eau et du bioxyde de carbone (CO_2) et ne présente donc aucune prolifération d'odeurs sous un apport suffisant d'oxygène. La digestion aérobie est donc des plus profitables et devient, dans tous les cas, la réaction désirée.

Par expérience, il est démontré qu'il faut généralement de 0.6 à 2.2 mètres cubes d'air pour stabiliser un kilogramme de matières volatiles, selon la nature des déchets (18). Un surplus d'air est toutefois peu désirable car il provoque bien souvent un refroidissement de la masse.

5.1.2 Humidification

Afin de permettre la dispersion des bactéries et la diffusion des enzymes digestives sécrétées par ces organismes vers les molécules organiques, une certaine humidité, dont le niveau optimal se situe entre 40% et 50% (18), doit être maintenue dans le milieu. Si le taux d'humidité devient inférieur à 30%, la fermentation est paralysée. Par contre, une teneur dépassant 60% rendra la masse compacte et difficilement pénétrable par l'air, où l'oxygène essentiel sera alors mal réparti dans le milieu, favorisant ainsi une fermentation anaérobie et un dégagement d'odeurs de putréfaction.

Un apport en eau régulier doit suppléer à l'évaporation constante due à la haute température. Dans le cas des déchets domestiques, l'addition de boues liquides provenant du traitement des eaux usées et présentant une teneur en eau de l'ordre de 90% peut être conseillée, dans le but d'établir une humidité optimale. Cette pratique permet de plus de fournir un apport nutritif bénéfique, tout en permettant l'élimination de ces résidus très encombrants.

5.1.3 Rapport carbone/azote

Pour optimiser le processus de dégradation biologique, il importe d'établir un équilibre entre les principes nutritifs majeurs, le carbone et l'azote. Il est ainsi déterminé que les micro-organismes consomment 30 parties de carbone pour une partie d'azote, dans la synthèse protoplasmique des nouveaux micro-organismes (18). On rapporte qu'environ 1/3 seulement du carbone assimilé sera fixé par synthèse, alors que les 2/3 restants seront transformés en gaz carbonique (18).

En pratique, si le rapport C/N est plus grand que 30, il y a prolongation de la durée de la stabilisation. En effet, une fois tout l'azote fixé dans les protoplasmes, la charge organique résiduelle ne peut être assimilée que par les nouvelles générations de micro-organismes, l'azote protéique étant rendu disponible après la mort des congénères. Un délai est donc observé, suite à la saturation de la population bactérienne due à l'insuffisance d'azote. La température s'abaisse alors et la période de stabilisation s'allonge.

Généralement, la plus grande partie du carbone provient de la cellulose contenue dans les ordures ménagères, qui constitue de 40% à 45% du poids total des déchets générés. Il est aussi conseillé d'ajouter des boues d'égout aux ordures ménagères (apport majeur d'azote), afin d'établir un rapport C/N désirable. Un supplément d'azote peut également être apporté par du fumier de volaille (riche en azote), de l'urée ou du nitrate d'ammonium.

5.1.4 Cycle d'évolution

La fermentation aérobie s'effectue en deux phases principales: une première de fermentation rapide dite chaude, suivie d'une fermentation lente. La figure 1 illustre le cycle d'évolution d'une dégradation aérobie bien conditionnée.

La première phase présente une production intense de chaleur, pouvant parfois atteindre plus de 90°C. Durant cette première étape, toutes les conditions optimales doivent être rencontrées: éléments nutritifs en abondance, humidité suffisante, température optimale, ventilation maximale avec forte production de Co_2 .

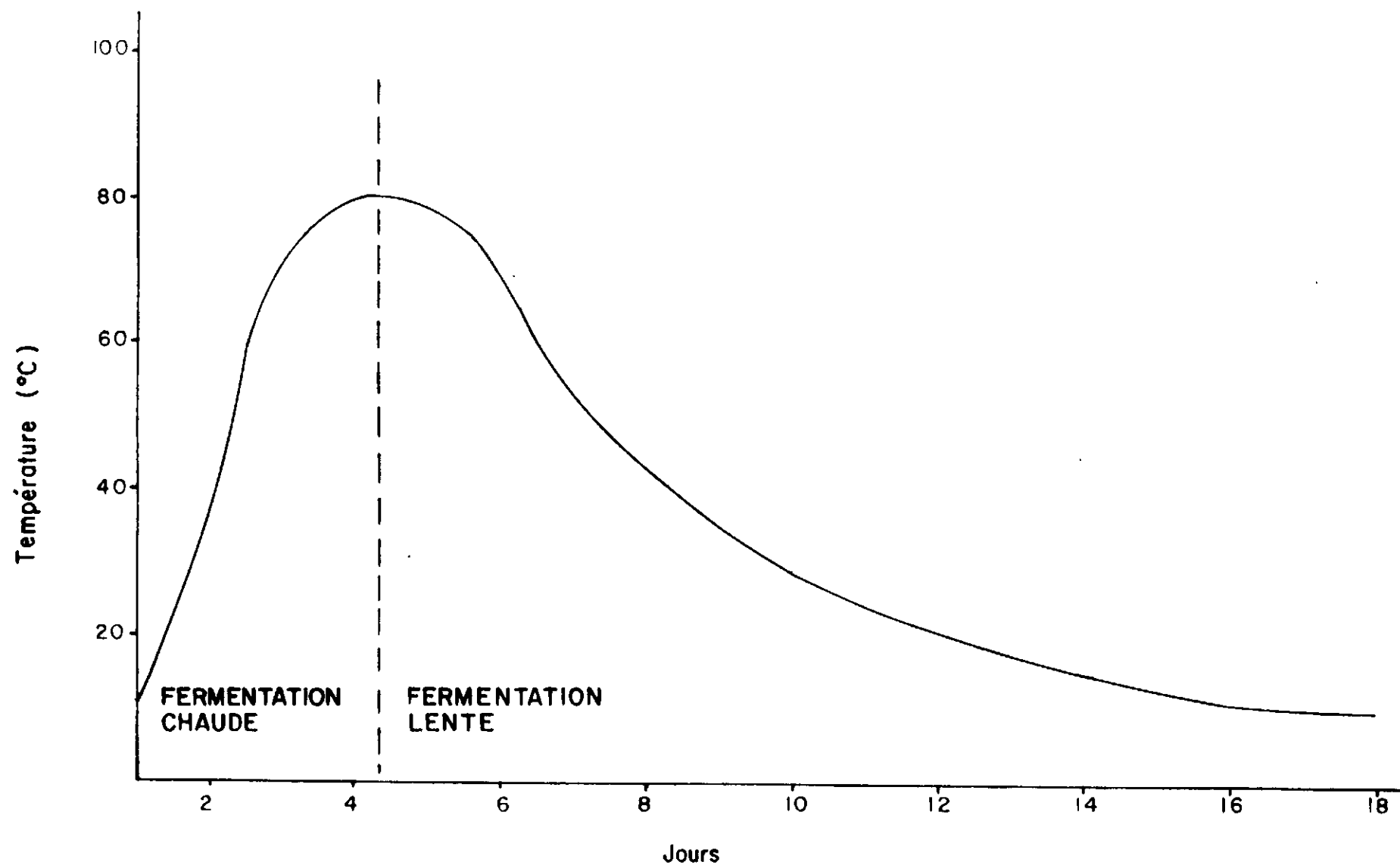
Suivant la technique de fermentation utilisée, le temps de fermentation chaude peut durer de 4 à 20 jours (18); toutefois ce processus peut être accéléré par l'addition d'un supplément azoté ou en équilibrant le pH à un optimum de 7 à 8 par l'emploi de la chaux. L'inoculation de bactéries dans la masse peut aussi être favorable. La température moyenne maximale est généralement atteinte après 3 ou 4 jours.

Au cours de la seconde phase, il se produit une fermentation lente avec peu de dégagement de chaleur, où se finalise la minéralisation complète de la masse. Cette phase s'étend normalement sur plusieurs mois.

5.1.5 Hygiène et contamination

La possibilité de survie d'organismes pathogènes présentant une menace pour l'utilisation constitue une objection majeure dans l'utilisation du compost en agriculture et en culture

Figure 1 : GRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE
(Dégradation aérobie)



Source : référence no. 18

On craint, de plus, la persistance de graines résistantes (tomates, melons, etc.) pouvant nuire à toute culture spécialisée.

Il est cependant reconnu que tous les germes pathogènes ou parasites meurent en quelques heures sous des températures de plus de 60°C (16), conditions que l'on rencontre généralement en tout point, à l'intérieur d'un digesteur mécanisé. Les graines et oeufs de parasites et d'insectes présents dans les déchets commencent par germer ou éclore dans les conditions d'humidité et de température initiales et évoluent ensuite vers des formes de vie plus vulnérables. Après cette phase, l'élévation marquée de la température assure l'extermination de toute forme de vie nuisible. Enfin, il est convenu que des substances antibiotiques provenant des champignons participent à l'extermination des bactéries pathogènes, en plus de l'effet de pasteurisation dû à l'élévation de la température.

Ces considérations sont de première importance dans le cas de l'addition de boues d'égout qui présentent généralement une multitude d'organismes pathogènes. Evidemment, on retrouve aussi de ces micro-organismes dans les déchets solides.

L'addition de boues d'égout au procédé de compostage nécessite, de plus, une attention particulière dans le choix des sources produisant ces boues. Toute eau usée originant d'une zone à caractère industriel (surtout les domaines de

la métallurgie et de la chimie) doit faire l'objet d'analyses et de contrôles rigoureux quant à la présence de métaux lourds ou de produits chimiques toxiques dans les effluents. Il est bien connu que ces substances peuvent gêner la fertilité des sols ou être assimilées par certaines plantes, après application du compost au sol. De plus, l'utilisation de boues d'égouts chargées de produits toxiques a déjà conduit à la neutralisation des micro-organismes aérobies dans certaines usines de compostage, amenant ainsi une fermentation anaérobie indésirable (19).

5.2 ASPECTS TECHNIQUES

Il existe actuellement plusieurs systèmes de compostage brevetés, d'origine européenne ou américaine. Ceux-ci sont disponibles sur le marché et chacun démontre des performances de rendement économique, d'efficacité ou de qualité du produit.

Depuis les premières expériences de compostage, les principaux développements des procédés ont consisté à augmenter l'efficacité du processus par des techniques appropriées. Il en est résulté, par exemple, l'aération forcée dans la masse à composter, souvent accompagnée d'un brassage mécanique vigoureux. L'expérimentation a, de plus, permis de mettre au point des broyeurs à haute efficacité, permettant de multiplier la surface offerte à la décomposition et accélérant de beaucoup la réaction. Plus récemment, de nouveaux développements techniques visant la récupération et la mise en marché des matières inertes, ont apporté un plus haut rendement économique à l'entreprise et rehaussé d'autant la qualité du compost produit.

A la figure 2, on présente un schéma général d'une usine de compostage. Les principales étapes de transformation des déchets sont décrites dans les paragraphes qui suivent.

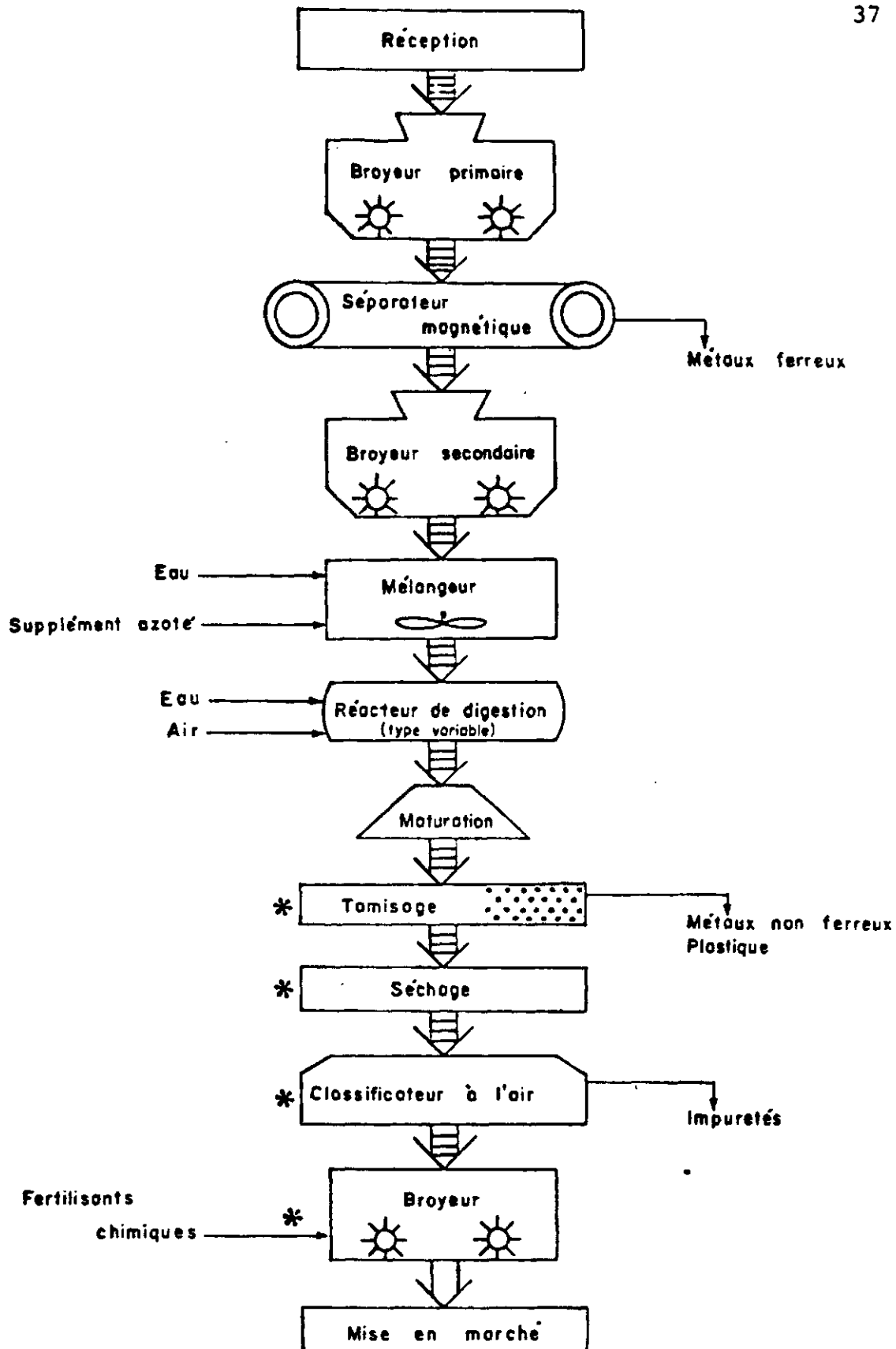
5.2.1 Réception

A l'entrée, les camions sont d'abord pesés, puis pénètrent dans une salle de réception où on procédera à l'enlèvement manuel des articles volumineux ne pouvant être dégradés biologiquement (cuisinières, réfrigérateurs, pièces métalliques ou de plastique, matelas, pneus, etc.). Du même coup, on diminue l'usure des marteaux du broyeur et on élimine d'autres inconvénients dans l'alimentation de ce dernier. La récupération du papier et du carton peut aussi être effectuée à ce niveau ou sur courroie. Cependant, il est préférable que le contact physique avec les déchets soit limité au strict minimum, étant donné le peu d'hygiène qu'un tel travail présente.

5.2.2 Broyeur primaire

A ce niveau, on effectue un premier broyage, généralement au moyen d'un déchiqueteur à marteaux, afin de libérer chacune des composantes des déchets. Un diamètre maximum des pièces de 10 à 13 centimètres (4 à 5 pouces) permet une récupération efficace des métaux ferreux par séparateur magnétique. Il est à noter qu'un broyage primaire trop fin provoquerait une usure excessive des marteaux du déchiqueteur, en présence d'une forte proportion de pièces métalliques.

Ce déchiqueteur peut être alimenté au moyen d'une courroie métallique dont la vitesse se règle automatiquement par rapport à l'effort que développe le moteur électrique du



broyeur (débit de courant électrique), évitant les pannes fréquentes sur d'autres systèmes. Cette pièce d'équipement consiste généralement en un système de marteaux rattachés à un arbre tournant à vive allure. Ces marteaux frôlent, dans leur parcours, une grille circulaire formée de lames métalliques rigides. Les déchets entraînés par le mouvement des marteaux sont broyés contre la grille, dont l'espacement entre les lames détermine la grosseur des particules. Ces systèmes peuvent être simples ou doubles (deux arbres à marteaux juxtaposés). Plusieurs autres types de broyeur sont cependant disponibles, mais moins populaires.

5.2.3 Séparateur magnétique

Cette composante d'équipement récupère, par attraction électromagnétique, les pièces métalliques ferreuses contenues dans les déchets. Ce système est utile pour prévenir l'usure excessive des marteaux du second broyeur qui découpera finement les particules. Cette récupération du métal ferreux s'avère, de plus, rentable étant donné qu'un marché demeure ouvert à ce produit.

5.2.4 Broyeur secondaire

Les déchets seront alors conduits dans un second broyeur, où un plus fin découpage des particules sera réalisé. L'équipement requis est similaire au broyeur primaire, la seule différence étant un espacement plus réduit entre les lames de la grille. L'augmentation de la surface de contact des matières organiques améliorera de beaucoup l'efficacité du processus de décomposition.

5.2.5 Mélangeur

Après cette étape, on réalise un premier conditionnement des déchets en ajustant la teneur en eau autour de 40 à 50%, comme nous l'avons vu précédemment. Cette opération s'effectue dans un mélangeur où il est aussi fort conseillé d'ajouter de la matière azotée, dans le but d'abaisser le rapport C/N généralement élevé dans les déchets. Cette addition d'azote est indispensable surtout si toutes les composantes de papier et de carton ont été laissées dans la masse, cette fraction des déchets représentant l'apport majeur de carbone.

L'addition d'azote peut s'effectuer soit par l'incorporation de boues d'égout, soit par l'usage de fumier de volailles, riche en matière azotée, ou encore par de l'urée ou du nitrate d'ammonium. Dans le cas de l'utilisation des boues d'égouts, celles-ci seront ajoutées au mélange sous forme liquide présentant environ 10% de matières sèches, ce qui facilitera le mélange et permettra en outre d'ajuster l'humidité optimale des déchets. Une masse homogène bien conditionnée sortira alors du mélangeur.

5.2.6 Réacteur de digestion

La digestion des déchets est finalement opérée à l'air libre ou dans un réacteur. Cette étape est l'élément majeur qui distingue tout procédé de compostage. D'une façon générale, on peut classer les procédés de compostage selon trois grandes catégories, quant à la technique de digestion pratiquée:

- 1- tas retournés à l'air libre,
- 2- procédé mécanique avec brassage intermittent,
- 3- procédé mécanique continu.

On retrouve un très grand nombre de procédés, dont plusieurs sont des variantes de systèmes plutôt conventionnels auxquels quelques modifications ont été apportées. La technique la plus simple consiste à placer les déchets en rangées de 2 à 3 mètres (6 à 10 pieds) de hauteur et de plus de 30 mètres (100 pieds) de longueur sur un espace extérieur ou intérieur. Un retournement périodique des tas, permettant l'aération et la dispersion des micro-organismes, et un maintien de l'humidité assureront des conditions optimales de décomposition. Cette technique requiert seulement un espace suffisant et un véhicule approprié pour le retournement des tas.

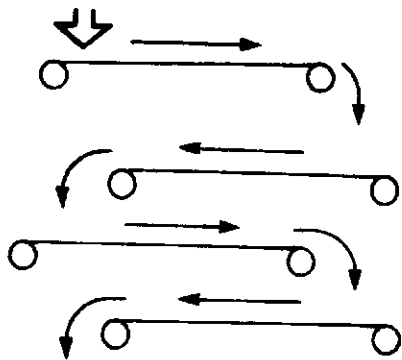
Du côté des procédés mécaniques, on retrouve à la figure 3 quelques types conventionnels de digesteurs aérobies. Dans les systèmes avec retournement intermittent, on identifie d'abord les silos composés de plusieurs niveaux, où les déchets évoluent de haut en bas, reposant successivement sur chaque plancher. Le retournement est assuré par la chute de la matière organique d'un palier à l'autre. Une humidité suffisante et une aération continue doivent être maintenues.

Un autre type de procédé avec retournement intermittent consiste à laisser fermenter les déchets dans un réservoir (digesteur) où l'on insuffle de l'air par le fond. Le retournement intermittent sera opéré par un système mécanique sur rail.

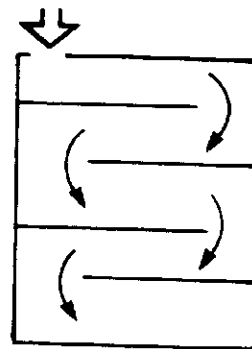
Les procédés continus sont d'abord représentés par deux types principaux de digesteurs, l'un horizontal, l'autre vertical. Le digesteur horizontal fait mouvoir les déchets par

Figure 3 : PROCEDES MECANQUES DE DIGESTION

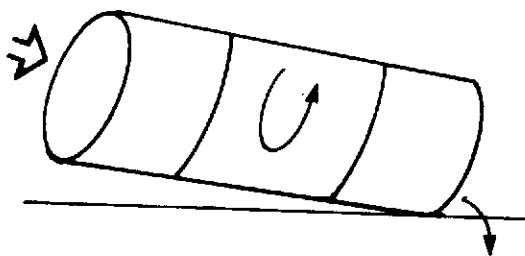
1. Digestion sur courroies :



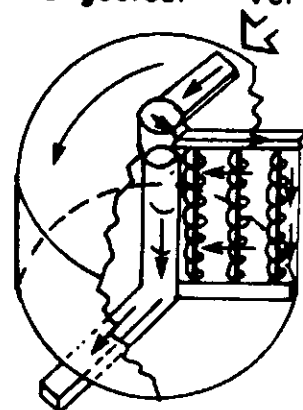
2. Digestion en silos :



3. Digesteur horizontal :



4. Digesteur vertical :



son mouvement continu de rotation sur lui-même. Le digesteur vertical opère, pour sa part, un brassage continu des déchets à l'aide de spirales métalliques rotatives rattachées au centre du bassin et qui circulent dans le digesteur.

Comme autres systèmes continus, on retrouve le système de courroies à mouvement continu, où le retournement s'opère lors du déversement des déchets d'une courroie à l'autre. Enfin, certains types de silos sont parfois munis de râteaux déplaçant continuellement la masse, avant sa chute à l'étage inférieur.

Globalement, signalons que cette étape de transformation où se produit la fermentation dite chaude avec stabilisation de la majeure partie des matières organiques prend généralement de 3 à 5 jours à se réaliser, selon le cas. C'est à ce niveau que les déchets subissent une forte élévation de température, lors de l'accroissement de l'activité bactérienne. Celle-ci doit être maintenue par un apport régulier d'eau et d'air, dispersés sous l'effet d'un brassage régulier.

5.2.7 Maturation

A la fin de cette première phase de décomposition rapide, le compost frais est acheminé sur une aire d'entreposage, où son mûrissement complet s'effectuera à l'air libre. Cette étape consiste à laisser le compost poursuivre une stabilisation plus avancée afin de mettre à profit toutes ses qualités, car son utilisation prématurée pourrait

appauvrir momentanément les sols en azote, s'il y a déficience de cet élément dans les déchets, avec dégagement possible d'odeurs de putréfaction. Cette fermentation dite froide est un processus relativement lent qui s'accomplit sur plusieurs mois et où l'apport d'oxygène est assurée par la simple diffusion de l'air dans la masse.

Le compost est maintenant prêt pour toute utilisation massive ne requérant aucun raffinage additionnel. L'application en forêt, l'aménagement de sites miniers ou la mise en réserve par enfouissement ne nécessiteraient, par exemple, aucun traitement supplémentaire. Cependant, si le compost produit vise un marché concurrentiel, divers procédés de raffinage s'imposent, tels le tamisage, le séchage, la classification à l'air et le broyage.

5.2.8 Tamisage

Il est d'abord suggéré d'enlever du compost toutes les impuretés apparentes, comme des pièces de métal, de plastique, de caoutchouc et autres matières inertes, sous forme de grosses particules non dégradées. Celles-ci peuvent être séparées par tamisage, par exemple, au moyen d'un cylindre rotatif perforé, au travers duquel s'écoulent les fines particules de matières organiques putréfiées et qui ne retient que les pièces de taille.

5.2.9 Séchage

Dans le but de prévenir toute fermentation anaérobie subséquente à la mise en sachets, en vue de la vente au détail, il est préférable de procéder au séchage, du moins partiel,

du produit final. Ce séchage pourra être accompli par chauffage de la masse en utilisant, par exemple, le compost lui-même comme combustible, puisqu'il démontre une chaleur de combustion de 16,275 à 17,440 KJ/kg (7,000 à 7,500 BTU/lb). Les cendres résultantes pourront être avantageusement introduites dans le compost.

Comme combustible, certains systèmes utiliseront, par ailleurs, la fraction légère des déchets bruts (papier, plastique) retirée par séparation à l'air, après le broyage primaire. Cette fraction démontre une chaleur de combustion de 12,800 à 14,000 KJ/kg (5,500 à 6,000 BTU/lb). Un système de dépoussiérage des gaz pourra alors être nécessaire.

Après ces étapes, la qualité du produit est améliorée et il pourrait servir, entre autres, à des fins de remise en valeur des terres à grandes cultures, de terrassement de lieux publics, etc. Cependant, pour les domaines où l'utilisateur aura un contact direct avec le terreau, il est recommandé de purifier davantage le produit.

5.2.10 Classificateur à l'air

Une dernière phase de purification consiste à éliminer du compost les fines particules inertes, telles les particules de verre retrouvées en grande quantité, les particules métalliques et les matières inertes. Cette opération s'effectue à l'aide d'un classificateur à l'air, où les particules les plus denses sont entraînées par gravité à l'encontre de la poussée d'air insufflé, permettant la séparation de la matière organique légère putréfiée, qui est récupérée au moyen d'un cyclone conventionnel. Une séparation balistique

peut également atteindre les mêmes fins. Il faut signaler l'importance d'un séchage préalable à cette opération, afin de diminuer la densité des particules de compost et d'en faciliter la récupération.

5.2.11 Broyage

Enfin, une homogénéisation souhaitable de la grosseur des particules sera faite par broyage du compost en particules fines et homogènes. A ce niveau et pour répondre à la demande, on rehaussera la valeur fertilisante du compost face aux autres produits sur les marchés concurrentiels, en ajoutant des engrais chimiques lors du broyage.

Exempt d'odeur et de contaminants, le produit fini démontre alors ses plus hautes qualités comme humus pour la culture de serre, le jardinage et l'utilisation domestique. Il pourra être vendu en vrac ou en sacs de différentes capacités, comme les autres matières organiques retrouvées sur le marché.

VI ETUDE DES PROCEDES DE COMPOSTAGE

Dans le chapitre précédent, le procédé de compostage a été décrit dans son ensemble et on y a présenté chacune des étapes de la transformation des déchets. Dans le présent chapitre, chaque type particulier de procédé sera étudié. On analysera de plus les avantages et désavantages que présente chacune des techniques de stabilisation des déchets domestiques. Une analyse comparée des diverses techniques disponibles pourra alors mettre en évidence les particularités et applications de certaines méthodes.

6.1 TYPES DE PROCEDES

Globalement et comme on l'a déjà vu, on regroupe souvent l'ensemble des méthodes de compostage selon trois classes principales: le compostage en tas retournés périodiquement, les procédés mécaniques avec retournement intermittent et enfin les procédés continus. Chacune des variantes de ces classes sera décrite et analysée en détail dans les sections qui suivent.

6.1.1 Compostage en tas avec retournement périodique

1. Compostage en rangée ("Windrows")

Une méthode de compostage des plus courantes par sa simplicité et son coût peu élevé est la méthode de compostage en rangée. C'est un procédé de digestion à l'air libre, dans un espace extérieur, où les déchets, une fois broyés et conditionnés, sont disposés en rangées de 2 à 3 mètres de hauteur et de plus de 30 mètres de longueur.

L'humidité doit y être constamment maintenue entre 40 et 60% et l'aération de la masse est effectuée par le retournement périodique des tas (2 à 3 fois au cours du processus). Initialement, la température à l'intérieur de la masse s'élèvera à près de 75°C dans les premiers jours, pour redescendre lentement par la suite, accompagnée d'une réduction marquée du volume des déchets, indiquant que la matière organique est en majeure partie stabilisée. Le retournement périodique des tas peut se faire à l'aide d'un tracteur ou d'un véhicule spécialement conçu à cet effet et disponible sur le marché américain (par exemple le "RotoShredder" fabriqué par Imco Corporation).

Ce procédé, opéré à l'extérieur, est, par le fait même, soumis aux conditions climatiques. D'abord, la température moyenne de la masse peut être relativement basse en période de froid. L'extérieur des tas, maintenu froid au contact de l'air, provoquera lors du retournement un refroidissement du centre de la masse où une haute température s'était développée. Le processus de stabilisation sera alors relativement lent à s'accomplir.

D'une façon générale, avec ce procédé, on ne peut garantir qu'une température suffisamment élevée et prolongée sera maintenue en tous points de la masse, de façon à éliminer tout parasite et germe pathogène. Il sera souvent nécessaire, en été, d'appliquer des mesures de prévention de la prolifération d'insectes.

Dans le cas de périodes de pluies abondantes ou de retournement peu efficace quant à l'aération, il est probable que se développe, en certains points, une fermentation anaérobie provoquant des émissions d'odeurs désagréables dans le secteur. Le temps de maturation est alors allongé. Ce procédé nécessite donc une attention particulière durant toutes les phases de la stabilisation. Dans des conditions normales, le procédé est simple et efficace et seuls quelques paramètres de contrôle (pH, température, humidité) assureront le succès de l'opération. Cependant, on caractérise ce procédé par la période de maturation qui est de près de six mois plus longue qu'avec les autres procédés.

Une façon d'accélérer le processus dans sa phase initiale consiste à placer sous les tas des canalisations ou boyaux qui permettront l'injection d'air possiblement chauffé sous la masse. Cette technique à l'air forcé a démontré une efficacité accrue et peut éviter le besoin des retournements périodiques.

D'autres techniques similaires portent des noms précis, notamment le procédé "Van Maanen" qui opère le compostage des déchets en tas retournés tous les mois, pendant 7 à 8 mois. Signalons également le procédé "Humboldt" où les déchets sont compostés en petits tas coniques.

2. _ Procédé "Bio-tank" ("Sitole")

Utilisant une technique semblable au procédé de compostage en rangées, le procédé "Bio-tank" opère la digestion des

déchets dans une fosse ou surface bétonnée circulaire. Ce procédé permet aux déchets de fermenter pendant 8 jours sous un silo mobile et pendant 12 jours à l'extérieur, avec insufflation d'air sous la masse.

Les déchets broyés et déferrés sont acheminés, par un transporteur à courroie recouvert d'un capot étanche, jusqu'au centre de la surface circulaire bétonnée. En ce point d'arrivée, ils tombent dans une trémie de répartition et sont repris par un tapis transporteur fixé sur une passerelle mobile, qui les conduit jusqu'au silo mobile.

Ce silo est constitué d'un toit reposant sur des rails de roulement suivant la courbure de la fosse ou surface bétonnée circulaire. L'étanchéité de ce silo est assurée en tous points de la partie basse du système, prévenant le refroidissement de la masse et assurant une protection contre les intempéries. Après le séjour dans le silo, le compost est soumis à 12 jours de stabilisation supplémentaire à l'air libre. Finalement, une piocheuse et un élévateur à bande permettront l'évacuation du compost du traitement final préalable à la mise en marché.

6.1.2 Procédés mécaniques avec retournement intermittent

1. Procédé "Metro-Waste"

Développé par la "Metropolitan Waste Conversion Corporation", ce procédé accomplit la stabilisation des déchets,

à l'intérieur de digesteurs rectangulaires, tels des réservoirs capables d'emmagasiner chacun 2 jours de production de déchets. Cette usine, construite à Houston, au Texas, comporte 4 unités de 170 mètres de longueur (360 pieds), 6.1 mètres de largeur (20 pieds) et 2.4 mètres de profondeur (8 pieds).

Le temps de station normal à l'intérieur d'un digesteur est de 6 jours. Comme système d'opération, on souffle de l'air forcé sous le plancher du réservoir au moyen de deux ventilateurs.

Les déchets sont répartis dans le réservoir au moyen d'un système mobile de distribution. Lorsque la moitié du réservoir est remplie, on place sur le lit de déchets des thermocouples qui enregistreront la température et l'aération est amorcée. Un équilibre doit cependant être maintenu entre une aération excessive refroidissant la masse et une aération insuffisante qui causerait une élévation extrême de la température, dû à la chaleur de métabolisme des micro-organismes.

A l'usine de Lone Star, aux Etats-Unis, on règle rigoureusement le débit d'air afin d'élever la température du milieu à 57°C (135°F) dans les premières 24 heures. A la fin de la période de digestion de 6 jours, on observe une température de 74°C à 77°C (165-170°F).

La particularité de ce procédé réside dans un système de retournement où un agitateur sur rail, traversant la longueur

du bassin, retourne la masse après la moitié de la période de stabilisation. Ce même dispositif sert, de plus, à vider le réservoir après la période de digestion de 6 jours et à acheminer le compost sur une courroie jusqu'au lieu du traitement final.

Au cours du processus, outre la température, on enregistre des données sur le débit d'air, l'humidité, les concentrations d'azote, phosphore et potassium, permettant de mener à bien le processus et d'établir la valeur du produit final.

On obtient, par ce procédé, un produit de haute qualité, ne nécessitant généralement pas de période de cure.

2. Procédé "Caspari-Brikollare"

Un procédé particulier de compostage, expérimenté en Allemagne, est le "Caspari-Brikollare". Les déchets broyés, dont on a enlevé le plus de matières inorganiques par une séparation balistique, sont mélangés avec des boues d'égout solides, puis comprimés sous forme de briquettes d'environ 38 cm x 23 cm x 15 cm (15 po x 9 po x 6 po). Ces briquettes sont empilées selon une géométrie particulière qui facilite la circulation d'air durant le compostage.

Une digestion aérobie s'amorce et la chaleur produite assèche progressivement la couche extérieure de chacune des briquettes. L'évaporation de l'eau permet à l'air de pénétrer par les pores et la stabilisation de la matière par voie aérobie peut alors se poursuivre en profondeur. Au cours du processus, l'humidité est fournie par transport capillaire de l'eau à l'intérieur des briquettes jusqu'à la surface active.

Par une détermination judicieuse de la pression exercée sur les briquettes, de leur dimension et du mode d'entreposage, il est apparemment possible d'obtenir un apport suffisant d'air et d'eau au sein de ces briquettes pour maintenir des conditions aérobies. Après un broyage des briquettes, le produit final est satisfaisant.

Il n'est cependant pas clairement établi que ce procédé s'avère des plus économiques. L'élimination de systèmes de traitement mécaniques fait place à l'achat d'une machine complexe pour la fabrication des briquettes, dont les frais de dépréciation peuvent facilement excéder les coûts d'entretien de systèmes mécaniques simples. Ce système encore mal connu est cependant des plus innovateurs en matière de compostage.

6.1.3 Procédés mécaniques continus

1. Procédé "Dano"

Le procédé "Dano" est le procédé mécanique le plus utilisé à travers le monde. D'origine européenne, il a été mis au point dans les années 1950 et a alors longuement contribué à populariser ce mode de disposition des déchets. Après le conditionnement préliminaire des déchets, qui est semblable à celui des autres procédés, les déchets sont introduits dans le digesteur.

L'équipement mécanique consiste en un cylindre horizontal, illustré à la figure 3, qui opère une rotation sur lui-même à la vitesse approximative d'un tour par minute. Le diamètre

du cylindre sera de 3.0 à 3.7 mètres et sa longueur, de plus de 30 mètres. Les déchets sont introduits par une extrémité et remplissent le digesteur aux trois quarts. Une légère inclinaison par rapport à l'horizontale permettra la progression des déchets vers l'autre extrémité, après un temps de station d'au moins 3 jours.

De l'air forcé et une humidité suffisante sont introduits régulièrement dans le cylindre et répartis dans la masse par le mouvement de rotation continu. Ce mouvement favorise de plus l'homogénéisation de la masse et la dispersion des micro-organismes. Une température de 50 à 55°C est maintenue dans le cylindre. Outre l'effet de brassage, le mouvement de rotation permet un déchiquetage des déchets, fort utile à l'efficacité de la digestion. On peut alors éliminer le broyeur secondaire conseillé pour les procédés sans brassage continu.

2. Procédé "Fairfield-Hardy"

Un autre mode de compostage avec brassage continu est le procédé "Fairfield-Hardy", qui est encore aujourd'hui en opération à Altoona, Pennsylvanie, et connaît beaucoup de succès. On a aussi adopté ce procédé à l'usine de démonstration de la récupération des ressources à Toronto.

Le schéma de ce procédé, présenté à la figure 3, indique le cheminement des déchets à travers le digesteur. Celui-ci consiste en un cylindre vertical dans lequel les déchets sont introduits en périphérie au moyen d'un pont pivotant rattaché au centre et muni d'une courroie sur sa partie supérieure. Ce pont déplace une série de mélangeurs verticaux

en spirale, dont la rotation produit un déplacement des déchets vers le centre. Après un temps de rétention d'environ 5 jours, les déchets stabilisés sortent du système par un tuyau situé dans l'axe central du cylindre. Signalons enfin que l'air nécessaire au processus est introduit depuis des ouvertures dans le plancher du bassin conçu à cet effet.

Ce système est très efficace, étant donné le brassage intense qu'il produit régulièrement dans toute la masse. Le produit final est très homogène et démontre d'excellentes propriétés physiques. Le désavantage d'un tel procédé est le coût élevé de l'entretien des mécanismes. Ceux-ci doivent être constamment entretenus et vérifiés, étant donné la complexité du système, en vue d'atteindre une efficacité maximale et d'éviter des bris contraignants.

Il faut enfin mentionner qu'un procédé américain bien connu portant le nom de "Hercules", n'est, en fait, que la juxtaposition de deux processus de récupération populaires, le compostage et la pyrolyse. Un digesteur du type "Fairfield-Hardy" traite biologiquement la matière organique et produit un compost, alors que le pyrolyseur dégrade chimiquement, en absence d'oxygène, les matériaux synthétiques inertes. On obtient ainsi des combustibles sous forme de charbon, goudron et gaz, qui pourront servir en partie aux besoins énergétiques de l'usine.

3. Procédés "Earp-Thomas" et "Varro"

Un autre type de procédé, appelé "Earp-Thomas", consiste en un silo de 8 étages, où les déchets évoluent de haut en bas successivement, sur chaque étage. Ce silo peut mesurer 6 mètres de diamètre sur une hauteur de plus de 10 mètres. Une distance de 1.2 à 1.8 mètre (4 à 6 pieds) sépare alors les plateaux de forme circulaire.

Les déchets introduits au dernier étage sont continuellement déplacés et retournés au moyen d'un râteau, sur chacun des plateaux pivotant autour de l'axe central. Des perforations sur les plateaux permettent alors au compost de tomber à l'étage inférieur. Il a cependant été démontré qu'une circulation des râteaux durant 8 heures par jour est tout aussi efficace. Le temps de station total sera finalement de 3 jours.

Pour appliquer le procédé, il est nécessaire de broyer suffisamment les déchets et d'opérer un tamisage primaire, afin que les particules aient moins de 2.5 centimètres (1 pouce) de diamètre. On augmente ainsi l'efficacité du processus, tout en minimisant l'usure des râteaux et les risques de blocage du système.

De l'air chaud est introduit par le bas et circule dans le silo en passant par les perforations. On obtient ainsi un contact efficace de l'air sur les particules. Le produit final est un compost de haute qualité qui ne requiert qu'une

brève période de cure, sinon aucune. L'utilisation de ce procédé est aussi généralisée en Europe. Certaines variantes en ont été expérimentées, mais les modifications sont mineures.

Le procédé "Varro" est similaire, à l'exception du fait que les déchets sont déplacés linéairement sur les étages, au moyen de râteaux se déplaçant alternativement dans une direction et dans l'autre sur les plateaux, tel que montré à la figure 3.

Mentionnons enfin que des techniques semblables, d'origine européenne, portent le nom de "Triga".

4- Procédé "Naturizer"

Dans le procédé "Naturizer", la digestion aérobie est accomplie sur une série de larges courroies dont la taille permet le traitement des déchets sur une durée de 5 jours. On y retrouve 5 courroies de 3 mètres de largeur dont la longueur permet à chacune d'accumuler une journée de production de déchets. Contenues en milieu clos, les courroies sont disposées de telle sorte que les déchets d'une courroie se déversent automatiquement au début de la courroie suivante, accomplissant ainsi un contact suffisant de l'air nécessaire à la digestion. Précisons que ces courroies ne circulent que de 8 à 10 heures par jour, cessant toute activité la nuit.

La température y est maintenue autour de 65°C. L'apport d'air et d'humidité est, de plus, automatiquement ajusté. Comme autre particularité, on ajoute au système un broyeur qui effectuera un déchiquetage supplémentaire des particules

après trois jours de traitement (au bout de la troisième courroie), multipliant la surface de la matière déjà partiellement stabilisée et augmentant l'efficacité du procédé.

A la fin du processus, le compost est entreposé en tas durant plusieurs semaines. Après cette période de cure, le compost peut servir à divers projets d'aménagement. Une partie de celui-ci sera raffinée et utilisée pour des applications domestiques.

6.2 ANALYSE COMPAREE DES PROCEDES

Dans l'ensemble, chacun des procédés expérimentés démontre des avantages particuliers, soit du point de vue économique, comme le procédé de compostage en rangées, soit du point de vue efficacité, facilité d'entretien et contrôle de la qualité, où plusieurs procédés mécaniques s'équivalent.

Afin de dégager les avantages et les inconvénients des différents procédés, un tableau comparatif a été dressé, où l'on retient plusieurs critères de sélection (voir tableau 6).

Ces principaux critères tiennent d'abord compte de l'efficacité de la digestion, du risque de survie de 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. Mentionnons que chacun des procédés permet de récupérer une masse de compost équivalente à près de la moitié de la masse initiale de déchets bruts. Toute récupération de matériaux recyclables nécessitera, de plus, un tri manuel préalable, étant donné l'inefficacité relative des techniques de séparation mécanique actuellement disponibles face aux exigences des marchés.

TABLEAU 6 : 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: Référence No. 37

VII- MARCHES OUVERTS AU COMPOST

7.1 INTRODUCTION

La présente section est une analyse de la situation actuelle de la mise en marché du compost et fait état de certaines considérations sur les perspectives, à court et à long terme, d'un tel marché. On y trouvera, en outre, une vue d'ensemble de la situation du marché actuel des produits concurrentiels existants et dont les fluctuations peuvent exercer une influence sur le marché du compost.

7.2 SITUATION DU MARCHE ACTUEL

La valorisation des ordures ménagères par le compostage est pratiquée dans plusieurs pays. En Europe, le marché du compost urbain est établi depuis de nombreuses années. Un relâchement de l'utilisation du compost pour l'agriculture générale a été compensé par une demande accrue des marchés spécialisés tels que les aménagements de toutes sortes, les aires de récréation, la production de fleurs à bulbes (60% de la production en Hollande), le contrôle de l'érosion en viticulture (70% de la production en Allemagne) (1).

En Amérique du Nord, cependant, la situation est différente. Bien qu'on ne mette pas en doute la valeur intrinsèque du compost, son écoulement reste souvent aléatoire et difficile. Plusieurs expériences, tant canadiennes qu'américaines, se sont soldées par une faillite totale. Les rares succès sont attribués à la fabrication d'un produit de haute

rare succès sont attribués à la fabrication d'un produit de haute qualité, alliée à un ajustement constant de la production en fonction du marché en vue d'assurer une distribution locale. Ainsi, sur une période de 20 ans, une compagnie californienne très progressive a vu son marché de compost de boues d'épuration des eaux destiné à l'agriculture générale passer de 100% à 2% de sa production totale. Seules une adaptation et une mise en marché extrêmement dynamique et infaillible ont pu assurer la survie de cette entreprise (2).

Les principaux marchés visés, au Canada, sont ceux de l'agriculture, de la sylviculture, de l'horticulture et de l'aménagement du territoire.

Comme l'industrie du compost ne constitue pas une entité statistique et comme la plupart des producteurs restent inconnus ou plus fortement impliqués dans d'autres activités, on ne peut obtenir de renseignements détaillés sur la situation de cette industrie au Canada. Ainsi, il n'existe aucune information pertinente sur les progressions, les régressions, la rentabilité et l'existence même de l'industrie canadienne du compost.

Considérant qu'actuellement, le marché canadien du compost est à peu près inexistant, cette étude s'attarde d'abord à rechercher les raisons de cette absence pour ensuite définir une possibilité de mise en marché du compost urbain. Le succès d'une telle entreprise semble relié, selon l'expérience des marchés étrangers, à l'élargissement du potentiel connu et traditionnel de ce marché.

Selon cette même expérience, la mévente du compost serait généralement attribuable aux facteurs suivants:

- qualité inconnue ou douteuse,
- utilisation exclusive pour l'agriculture générale,
- existence, sur le marché actuel, de produits de valeur semblable ou supérieure offerts à coût compétitif,
- saturation rapide des marchés locaux et à court terme auxquels il avait été destiné,
- consommation saisonnière du compost concentrée surtout au printemps et à l'automne, ce qui oblige à un entreposage important l'hiver, augmentant d'autant les coûts,
- moyens de commercialisation grandement déficients.

Tous ces facteurs sont applicables au Canada et expliquent déjà le peu de vitalité de cette industrie.

7.3 MARCHES POTENTIELS

Les principaux marchés susceptibles d'être accaparés par le compost, au Canada, relèvent généralement d'une culture spécialisée. D'autres avenues sont examinées et mériteraient certainement d'être explorées plus à fond; cependant, l'état actuel de la recherche ou du marché ne peut encore garantir une issue positive.

Dans les paragraphes qui suivent, la revue des marchés (agriculture, sylviculture, horticulture, aménagement du territoire et autres) suivra le profil suivant:

- étude par ordre d'importance traditionnel des marchés potentiels,
- identification du marché visé,
- situation de ce marché par rapport à la demande actuelle du produit le plus grandement utilisé,

- étude des problèmes et contraintes de la commercialisation du compost,
- détermination de la demande potentielle en compost.

7.3.1 Agriculture

Le compost a toutes les qualités d'un humus de choix et il peut être utilisé comme amendement revalorisant les sols pauvres en matière organique. Ce produit ne peut cependant concurrencer les produits fertilisants puisque la teneur des éléments fertilisants majeurs N-P-K y est très faible, en faisant ainsi un engrais de type 2-1-1. L'addition de fertilisants chimiques peut cependant être pratiquée et, de plus, des techniques ont été mises au point pour assurer une libération progressive des éléments fertilisants qui risquent généralement d'être lessivés à la première pluie abondante.

Outre son rôle de générateur d'humus, on sait que le compost restitue ou apporte au sol des éléments qui améliorent ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Maintes expériences prouvent que la plupart des cultures profitent de la présence de compost dans le sol.

Les principaux facteurs qui contribuent à exclure le compost du marché agricole concernent les sujets suivants:

- la consommation croissante des fertilisants commerciaux,
- le coût et les problèmes techniques occasionnés par l'expansion du compost,
- la méconnaissance des sols qui pourraient bénéficier à court et à long terme d'une addition de compost,

- le peu de connaissance sur les bénéfices économiques reliés à l'utilisation du compost,
- l'adoption accrue de façons culturales diverses et appropriées qui réduisent le besoin d'un apport supplémentaire en humus (enfouissement des résidus de récolte, culture en terrasses, rotation des cultures, etc.).

A) Fertilisant

Le rendement d'une culture est généralement conditionné par l'élément qui se trouve en plus faible quantité dans les parties du sol atteintes par les racines. Pour maintenir une bonne productivité, il est donc nécessaire de connaître la fertilité du sol en fonction de la culture envisagée et, au besoin de lui restituer les éléments enlevés par des récoltes antérieures ou par le phénomène de lessivage.

i) Situation actuelle

A cet effet, les agriculteurs canadiens utilisent largement les engrais commerciaux. On note une forte croissance de leur demande d'engrais de 1971 à 1974, quoique cette augmentation ait ralenti quelque peu depuis, comme le montre la figure 4.

Pour la période de 1976-77*, la consommation des trois éléments fertilisants primaires (azote, phosphore, potasse) a atteint 1.47 millions de tonnes (soit 2.8% de plus qu'en 1975-76) au Canada, alors qu'on en consommait 361,568 tm au Québec.

* C'est-à-dire du 1er juillet 1976 au 30 juin 1977.

FIGURE : 4

CONSUMMATION CANADIENNE D'ENGRAIS COMMERCIAUX (N, P_2O_5, K_2O)
PAR PROVINCES, (CAMPAGNE DE 1960-1961 À 1976-1977)

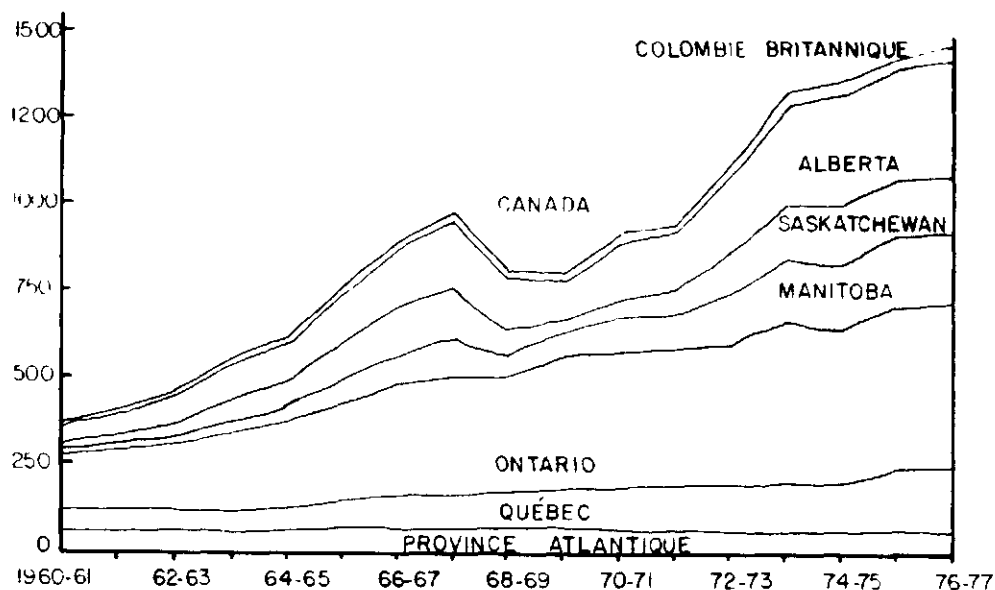
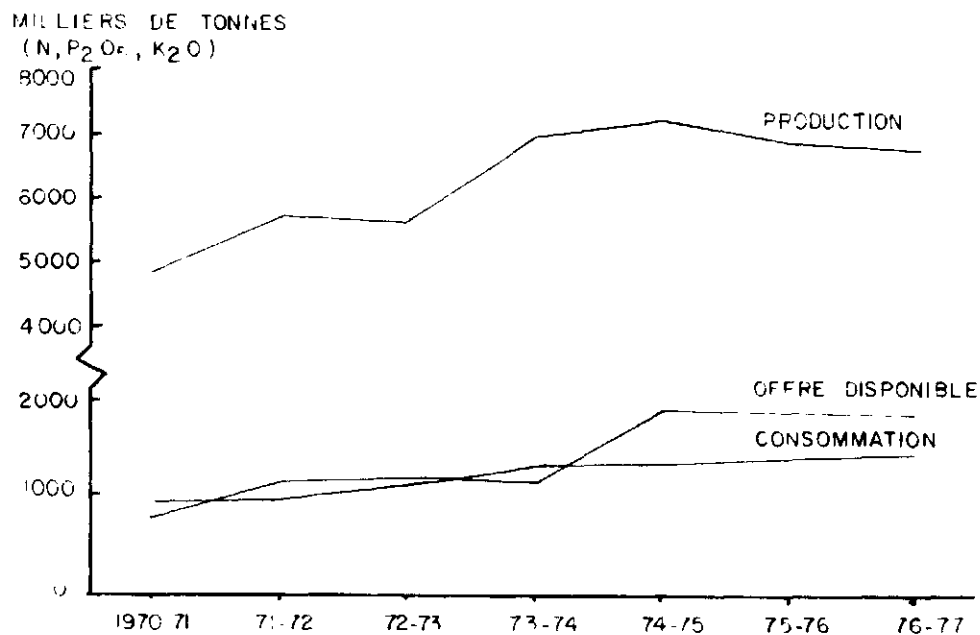


FIGURE : 5

RAPPORTS CANADIENS DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE D'ENGRAIS
COMMERCIAUX (CAMPAGNES DE 1970-1971 À 1976-1977)



La figure 5 présente des données statistiques sur la production canadienne d'engrais et démontre que cette production dépasse largement la consommation nationale. Ainsi, près de 90% des engrais produits au Canada seraient exportés.

ii) Contraintes

L'introduction du compost sur le marché des fertilisants reste difficile, étant donné les facteurs suivants:

- faible valeur fertilisante (2-1-1)* (le tableau 7 fait état de la teneur en éléments majeurs du compost, selon différents chercheurs);
- valeur fertilisante équivalente ou inférieure à celle des fumiers d'animaux, souvent disponibles sans frais sur place (tableau 7-A);
- présence d'engrais commerciaux offerts dans toute une gamme de dosages, pour répondre adéquatement aux exigences de sols et de cultures particuliers;
- forte production d'engrais commerciaux au Canada qui favorise des coûts compétitifs pour le marché potentiel de compost.

* Au cours de cette étude, un compost de haute qualité a été considéré, soit le compost produit selon le procédé Varro à Ecology Incorporated à Brooklyn New-York (10).

TABLEAU 7 - POURCENTAGE D'ELEMENTS MAJEURS CONTENUS DANS LE COMPOST URBAIN, SELON
DIFFERENTS CHERCHEURS*

	Tepe	Berryman	Ahrens	Fioramonti	De Groote	Garner	Varro ⁽¹⁰⁾
N	1.1-1.7	0.5-0.6	0.46-0.62	1.07	0.54-0.61	0.88	2
P ₂ O ₅	0.3-0.5	0.8		0.78	0.49-0.53	0.46-0.82	1
K ₂	0.2-0.5	0.2		0.45	0.27-0.28	0.37-0.42	1
CaO	1.6-3.3			4.78	2.79-3.26		

(11)
Tiré de Langlois, C.A.

TABLEAU 7-A : ANALYSES COMPAREES DU COMPOST*, D'ENGRAIS
COMMERCIAUX, DE FUMIERS**

	TENEUR (%)					
	EAU	MATIERE ORGANIQUE	MATIERE MINERALE	AZOTE	PHOSPHORE	POTASSE
Compost urbain	40	42	18	2.00	1.00	1.00
Engrais commerciaux	-	-	Dosés selon les besoins			
Fumier (bovins)	80	18	2	0.57	0.15	0.53
Fumier (porcs)	72	20	8	0.56	0.32	0.52
Fumier (volailles)	54	29	17	3.00	2.30	2.00
Fumier (moutons)	69	28	3	0.90	1.00	1.30

* Tiré de Langlois⁽¹¹⁾ et Herschel et Al⁽¹⁰⁾

** Tiré de Maclean et Hore⁽³⁾, de Scott⁽⁴⁾

iii) Demande potentielle

Il est bien connu qu'une substitution, en tout ou en partie, de l'engrais chimique par le terreau nécessiterait l'épandage d'une plus forte quantité de matériel pour obtenir une valeur fertilisante équivalente. Ceci entraînerait, à priori, des coûts de transport et d'épandage supérieurs ainsi qu'une perte de temps importante pour l'agriculteur. Dans cette optique, le compost remplacerait difficilement les engrais commerciaux. Le tableau 8 compare le coût de revient d'une tonne de fertilisants commerciaux à celui de son équivalent en compost, tandis que le tableau 8-A présente le coût actuel de certains engrais commerciaux.

On constate que l'agriculteur situé à 16 km (10 milles) du point d'approvisionnement ne doit pas déboursier au total plus de \$22.60* pour la tonne de compost. Attendu que les coûts de transport et d'épandage comptent pour une bonne partie des déboursés, la tonne de compost acquise à l'usine même ne devrait pas alors coûter plus de \$5.16, afin de garder son pouvoir concurrentiel avec les engrais commerciaux.

Cependant, vu l'augmentation constante du coût de l'énergie nécessaire à la fabrication des engrais, vu que le marché des fertilisants commerciaux est surtout orienté vers l'exportation et vu que la dépréciation actuelle du dollar canadien tend à accentuer la demande pour l'exportation, le

* Sauf indication contraire, les coûts indiqués dans cette section sont exprimés en dollars 1978.

TABLEAU 8: ETUDE COMPARATIVE DES COUTS D'UTILISATION D'UN
FERTILISANT COMMERCIAL ET D'UN COMPOST MUNICIPAL

FACTEURS DE COUT	FERTILISANT COMMERCIAL	COMPOST
	400 kg/ha (10-10-10)	3,000 kg/ha (2-1-1)
Transport à \$0.3125/km 16 km (10 milles)	\$ 2.00	\$ 7.50
Epandage à \$15.00/tm	\$ 6.00*	\$45.00**
Fertilisant	<u>\$62.00</u>	<u>\$15.50***</u>
TOTAL	\$68.00	\$68.00
Coût fertilisant/tm	\$170.00	\$22.66

* Un seul épandage, valeur moyenne de fertilisation

** Deux épandages, équivalent à 1.5 tm/ha

*** Prix compétitif maximum permis \$5.16/tm.

TABLEAU 8-A CÔUT DES DIFFERENTS ENGRAIS COMMERCIAUX
(Automne 1978)

N	P	K	\$/tm livrée en sacs
0	20	20	163
5	20	20	174
6	12	12	151
8	16	16	167
10	10	10	155
18	46	0	250
0	0	60	146
Urée (NH_2CONH_2)			233

Source: Les Engrais chimiques du Québec Inc.

jeu de l'offre et de la demande jumelé à une croissance des coûts de production pourrait provoquer une hausse des prix des engrais commerciaux et favoriser ainsi l'écoulement d'un substitut qui présenterait un avantage économique pour l'utilisateur et l'inciterait à changer ses habitudes.

Ainsi, le terreau peut s'avérer une solution de remplacement profitable pour l'agriculteur canadien. Dans ce contexte et à la lumière de la quantité d'engrais commerciaux vendue au Canada en 1976-77 et appliquée à raison de 400 kg/ha (10-10-10), le tableau 9 prévoit, selon diverses hypothèses de prise du marché par le compost (p. ex.: 1% à 40%), une consommation de celui-ci pouvant varier entre 100,000 et 4,500,000 tonnes par année.

Le potentiel offert par un tel marché est donc très intéressant et, par conséquent, doit être considéré à sa juste valeur.

B) Amendement au sol

Les composts sont utilisés et considérés comme d'excellents facteurs d'amélioration des sols (4) (17), surtout par leur apport humique. On reconnaît l'importance de la teneur en matière organique d'un sol en culture, qui devrait se situer entre 1% et 1.5% en sol argileux et entre 0.8% et 1% en sol sableux. A titre indicatif, un sol cultivé sur 20 cm de profondeur correspond à 2,500-3,000 tonnes de terre à l'hectare. Si ce sol contient 1% d'humus, ses réserves représentent environ 25 à 30 tm/ha. Il est évident que la perte par minéralisation ou tout simplement la déficience d'un sol pauvre doivent être compensées par un apport extérieur d'humus.

TABLEAU 9: DEMANDE PREVUE POUR LE COMPOST NON ENRICHI

DEMANDE PREVUE %	NOMBRE D'HECTARES FERTILISES*		QUANTITE DE COMPOST REQUIS		QUANTITE DE FERTILISANT COMMERCIAL REMPLACE	
	,000 ha		,000 tm**		,000 tm	
	CANADA	QUEBEC	CANADA	QUEBEC	CANADA	QUEBEC
1	37	9	111	27	15	3.6
2	74	18	222	54	30	7.2
5	185	45	555	135	75	18.0
10	370	90	1,125	270	150	36.0
15	555	135	1,690	405	225	54.0
20	740	181	2,250	540	300	72.0
40	1,480	362	4,500	1,080	600	144.0

* Basé sur la quantité d'engrais commerciaux vendue en 1976-77 et appliquée à raison de 400 kg/ha de 10-10-10 (3,685,000 ha au Canada et 903,920 ha au Québec).

** Rapport de fertilisation 7.5:1.0

Il est à noter toutefois qu'une teneur élevée de matière organique est difficile et coûteuse à maintenir, sans être toujours justifiée, à court terme. Egalement, il convient de ne jamais descendre au-dessous du niveau critique, car il est encore plus difficile de corriger ce nouvel équilibre humique inférieur.

i) Situation actuelle

En général, sur les fermes du Canada, on supplée à la perte de matière organique par un apport de fumier de ferme ou par l'adoption de techniques culturales appropriées. Ainsi, on restitue au sol une partie de la culture qui est enfouie ou on prévient la perte de matière organique sous l'action de l'érosion par la culture en bandes, en terrasses, etc. Actuellement, peu d'agriculteurs amendent directement leur sol par un supplément d'humus stable, tel le compost.

Au tableau 10, on note qu'au plus 545,000 tonnes de fumier seraient retournées annuellement au sol. Une analyse des caractéristiques des différents fumiers de ferme (tableau 7A) révèle qu'avec une teneur moyenne en eau de 69%, ces fumiers contiennent 24% de matière organique et 7% de matière minérale. Se basant sur ces proportions, on peut conclure qu'au plus 130,000 tonnes de matière organique seraient ainsi épandues annuellement.

TABLEAU 10: PRODUCTION DE FUMIER DE FERME

IDENTIFICATION	POPULATION*		PRODUCTION**	PRODUCTION	
	TOTALE		JOURNALIERE	TOTALE	
	(millions)		ANIMALE	ANNUELLE	
			(kg)	,000 tm	
	CANADA QUEBEC			CANADA QUEBEC	
Bovins	15.00	1.70	35.00	525.00	5.95
Porcs	5.80	1.60	1.60	9.30	2.56
Volailles	86.30	22.90	0.11	9.50	2.52
Moutons	0.56	0.05	1.50	0.84	0.08
			TOTAL	544.64	64.66

* Basé sur Statistique Canada 1976

** De Garner et Ritter(5)

ii) Contraintes

L'ouverture du marché du compost comme amendement tient à la conscientisation de l'agriculteur sur la nécessité de ne pas abuser de ses sols quant à leur teneur en matière organique. Les professionnels de l'agriculture et les fermiers progressifs, reconnaissant ce fait, prévoient les bénéfices à long terme d'une telle pratique sur la texture des sols fragiles du Canada. Toutefois, il est encore très difficile d'en démontrer la rentabilité à court terme. Compte tenu que l'épandage de matière organique ajoute un facteur difficilement justifiable au coût actuel de production, il en résulte donc que l'on rejette cette pratique d'emblée.

Les problèmes sous-jacents à l'épandage du compost demeurent entiers. Une solution serait de présenter le compost, soit sous forme de comprimés, soit sous forme de boue, au lieu de l'offrir tel quel, en vrac, de façon à permettre l'utilisation des machines déjà existantes pour l'épandage des engrais commerciaux.

Nonobstant l'épandage, si on allie l'apport de matière humique à l'apport de fertilisants, le compost offre une solution intéressante à l'agriculture moderne soucieuse de sauvegarder la productivité actuelle de ses sols.

iii) Demande potentielle

Considérant qu'un sol cultivé devrait, en moyenne, contenir entre 25 et 30 tm/ha de matière organique, considérant que

le compost urbain contient entre 40 et 50% d'humus et 4% de matière fertilisante, considérant également que l'application de fertilisants est généralement contrôlée par l'apport critique en azote, soit au maximum 200-400 N kg/ha, on propose une application de 10 tm/ha de compost urbain sur tout sol en culture. Cet amendement équivaut à un apport de 0.20% de matière organique et un apport de 400 kg/ha de fertilisants, soit 200 kg N/ha, 100 kg P/ha, 100 kg K/ha.

On constate alors que, si le compost utilisé est bien dosé à 2-1-1, la fertilisation de plusieurs cultures serait adéquate. Un apport complémentaire d'engrais commerciaux pourrait suppléer aux carences décelées localement.

Une percée de 1% sur ce marché potentiel assurerait une consommation d'au-delà de 2.4 millions de tm de compost au Canada et 470,000 tm au Québec. Quant aux sols pauvres, ils pourraient absorber le double de la dose proposée au tableau 11.

De plus, la figure 6 montre bien la concentration de fermes au Canada. La zone orientale coïncide avec une région densément peuplée telle qu'illustrée à la figure 7, où les cultures sont variées et où les distances ville-campagne sont relativement faibles. La zone occidentale reste marquée par de grandes étendues vouées principalement à la culture céréalière et où la population est plutôt disséminée. Il semble facile de conclure qu'entre autres, les habitudes de cultures et les coûts de transport différeront grandement d'une région à l'autre, ce qui influencera directement la vigueur du marché du compost dans son application locale.

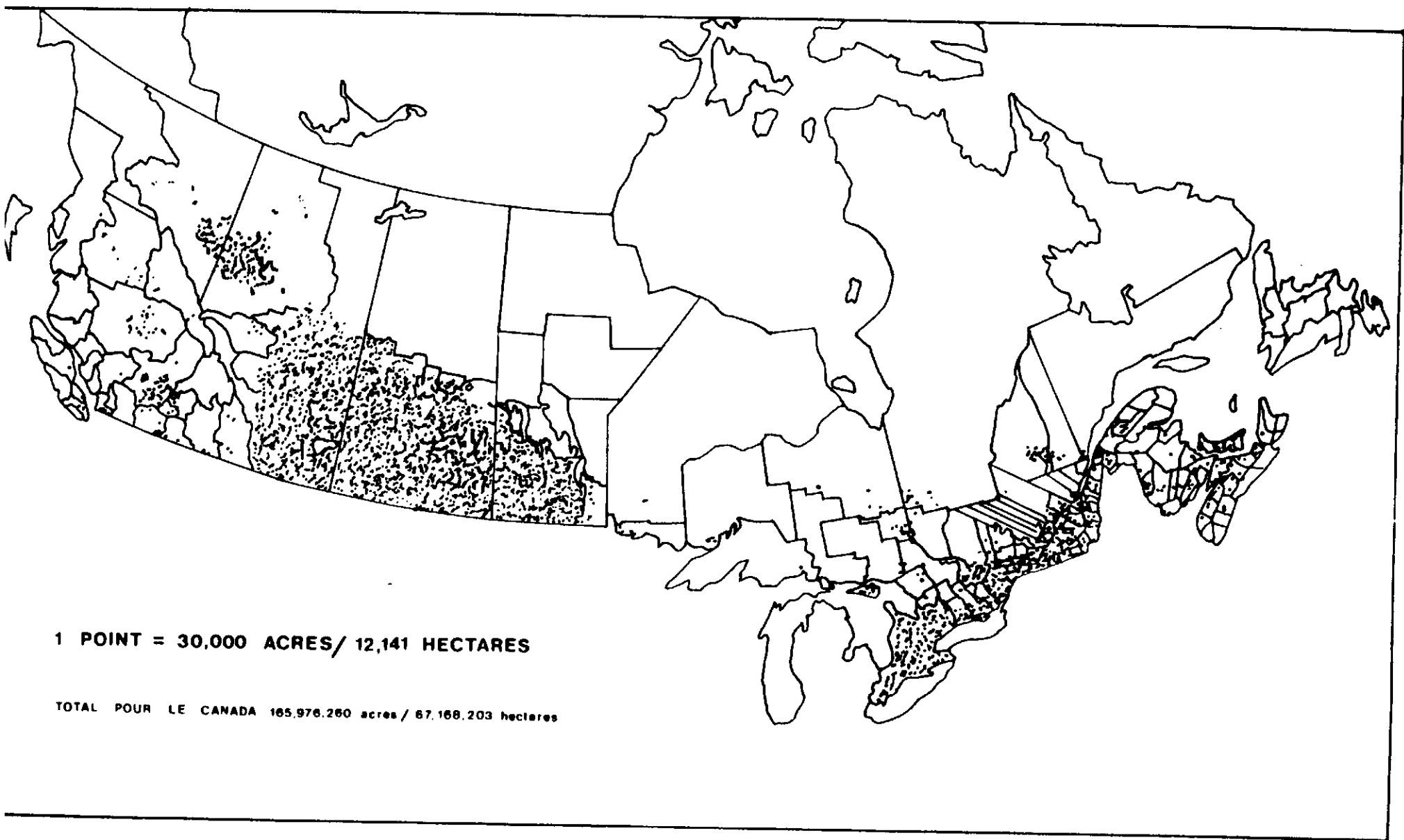
TABLEAU 11: DEMANDE PREVUE POUR L'UTILISATION DU COMPOST URBAIN
EN AGRICULTURE GENERALE*

		GRANDE CULTURE	PATURAGE	CULTURE MARAICHERE	TOTAL
Superficie**	CANADA	28	4	0.38	32.38
,000,000 ha	QUEBEC	4	0.57	0.08	4.65
Demande prévue					
(%)		(000,000 t)	(000,000 t)	(000,000 t)	(000,000 t)
CANADA					
1		2.8	0.4	0.04	2.44
2		5.6	0.8	0.08	4.88
5		14.0	2.0	0.19	12.19
10		28.0	4.0	0.38	24.38
15		42.0	6.0	0.56	36.56
20		56.0	8.0	0.75	48.75
40		112.0	16.0	1.50	97.50
QUEBEC					
1		0.4	0.06	0.01	0.47
2		0.8	0.11	0.02	0.93
5		2.0	0.29	0.04	2.33
10		4.0	0.57	0.08	4.65
15		6.0	0.86	0.12	6.98
20		8.0	1.14	0.16	9.30
40		16.0	2.28	0.32	18.60

* Dose proposée: 10 t/ha

** Statistique Canada 1976

FIGURE 6 TERRE AGRICOLE, 1976



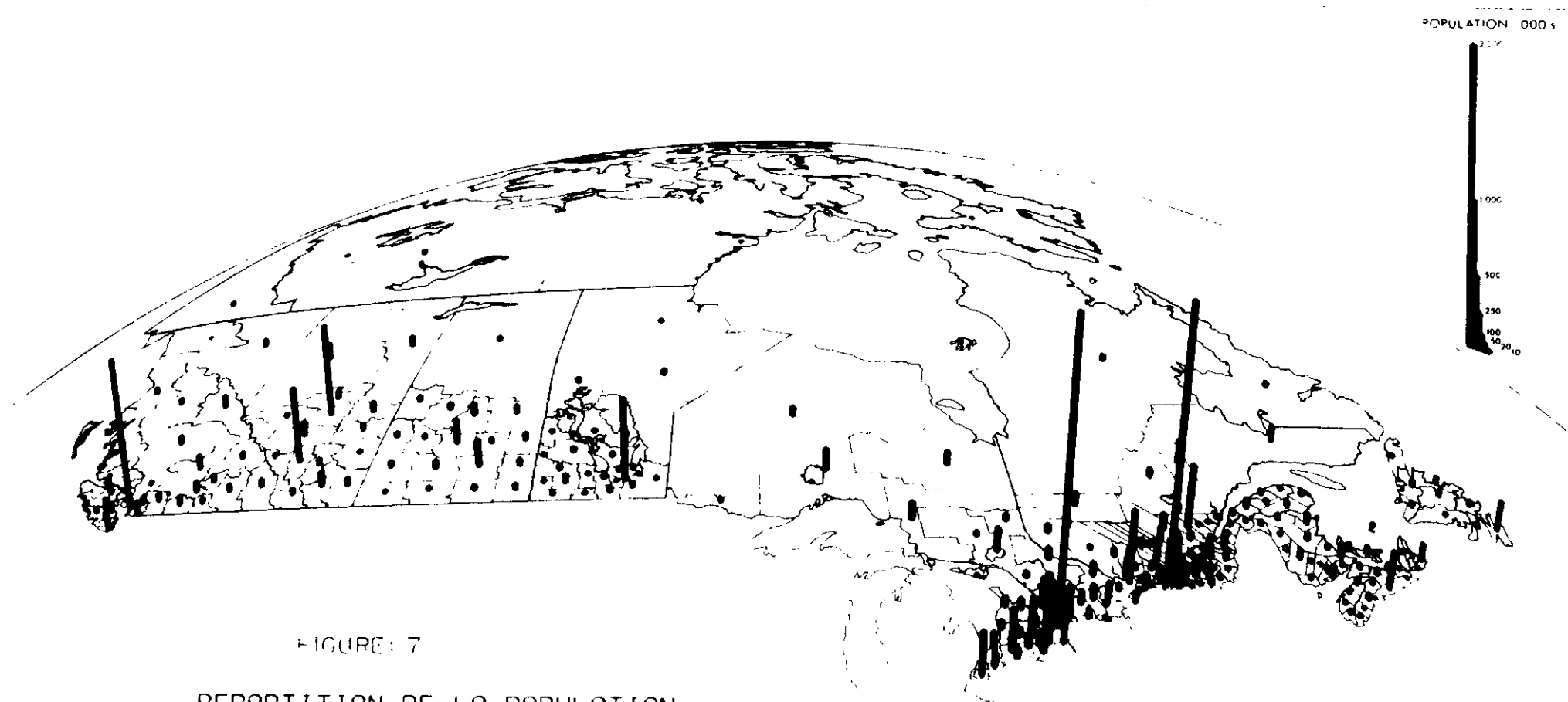


FIGURE: 7

REPARTITION DE LA POPULATION
PAR DIVISION DE RECENSEMENT, CANADA, 1976

Il est difficile d'évaluer le coût que pourrait payer l'agriculteur pour une tonne de compost utilisé comme amendement; il devrait être inférieur à \$5.16/tm étant donné le manque d'incitation actuel pour une telle utilisation et la disponibilité sur le marché du fumier de ferme souvent gratuit.

Aussi, faudrait-il penser à distribuer d'abord gratuitement le compost aux agriculteurs ou même défrayer en partie le transport et l'épandage en vue de s'accaparer un marché de premier plan. A cette fin, des octrois pourraient être accordés soit au producteur de compost, soit à l'utilisateur. Le jeu de l'offre et de la demande équilibrerait ultérieurement les octrois et les coûts.

Ce secteur du marché du compost bénéficie donc actuellement des engrais commerciaux riches en éléments fertilisants, dont les coûts d'épandage et la productivité semblent favorables par rapport à l'utilisation du compost. Cependant, l'usage de compost peut démontrer des avantages à long terme, malgré sa faible valeur fertilisante, par son apport de matière humique, restituant aux sols agricoles surexploités la matière indispensable à leur fertilité.

Les débouchés du compost ou de tout autre apport organique sur ce marché ne tient donc qu'à une sensibilisation des producteurs à la conservation de la productivité de leurs sols.

7.3.2 Sylviculture

A) Foresterie

La revalorisation de la forêt et le reboisement de certaines terres abandonnées font partie des préoccupations de plusieurs gouvernements au Canada. Le sol ainsi affecté est souvent peu fertile ou épuisé par des récoltes antérieures intensives et bénéficierait d'une adjonction de compost. Les pertes en matières fertilisantes (surtout l'azote), en terrain boisé, sont comparables à celles du terrain de toute autre culture.

Des expériences prouvent qu'au Canada comme à l'étranger, le taux de croissance des arbres augmente, suite à une application de compost (voir tableau 12). Alors, la coupe du bois y est plus hâtive, au profit de l'économie rurale et forestière.

i) Situation actuelle

Les forêts canadiennes sont soumises à peu de fertilisation actuellement, sous quelque forme que ce soit. Toutefois, il est difficile de croire que la forêt soit intarissable. Aussi songe-t-on à activer la production forestière. Dans ce contexte, l'application de compost s'avérerait souhaitable, de par son apport en matière organique et en fertilisant.

ii) Contraintes

La principale contrainte de mise en marché du compost dans le domaine forestier comporte trois volets:

TABLEAU 12 : ANALYSE COMPAREE D'UNE PLANTATION D'EPINETTES
BLANCHES (Grand-Mère)⁽⁷⁾

TRAITEMENT	HAUTEUR	HAUTEUR	CROISSANCE	GAIN/ TEMOIN
	MOYENNE EN 1968 (AGEES DE 8 ANS)	MOYENNE EN 1978 (AGEES DE 18 ANS)		
Témoins sans compost	7.47	15.25	104	12%
Avec compost (565 kg/ha), 1 fois	7.44	16.10	116	

- a) la reconnaissance des bénéfices propres à une telle pratique par les producteurs forestiers,
- b) l'épandage du compost en milieu forestier, qui présente des difficultés techniques,
- c) l'éloignement des sources d'approvisionnement en compost, qui reste un obstacle majeur en raison des coûts de transport qui s'y rattachent.

Considérant que nombre de professionnels de la forêt soutiennent que la fertilisation des terrains sous sylviculture serait avantageuse, il y aurait lieu de croire qu'une campagne de promotion appuyée d'une incitation financière pourrait convaincre les producteurs. Quant aux problèmes techniques soulevés par l'épandage du compost en forêt, ils ne semblent pas insurmontables. Une recherche exhaustive des moyens adaptables à une telle technique serait sûrement fructueuse. Une étude locale permettrait de mieux évaluer le volet: éloignement de la source et coûts de transport impliqués pour en définir la rentabilité.

iii) Demande potentielle

Il existe au Canada quelque 1,984,000 km² (766,000 mi²) de terres classées comme terres forestières productives dont environ 12% ne seraient pas actuellement boisées (240,000 km²) (92,660 mi²) mais pourraient l'être ultérieurement*. Au Québec, les forêts productrices s'étendent sur environ 375,000 km² (145,000 mi²).

Si on admet une application de compost à raison de 10 tm/ha sur 1% des terres canadiennes de production forestière, on obtient une demande de 20 x 10² tonnes de compost. Le tableau 13 présente d'autres estimés moins conservateurs de la demande possible de compost en milieu forestier.

* Statistique Canada 1976

TABLEAU 13: DEMANDE PREVUE DE COMPOST EN SYLVICULTURE

Superficie '000,000 ha	CANADA		QUEBEC	
	FORESTERIE*	PEPINIERE**	FORESTERIE*	PEPINIERE**
	198.4	0.021	37.5	0.004
Demande prévue (%)	,000,000 tm		,000,000 tm	
1	19.80	0.02	3.75	0.01
2	39.60	0.04	7.50	0.01
5	99.20	0.10	18.75	0.02
10	198.40	0.21	37.50	0.04
15	297.60	0.31	56.25	0.06
20	396.80	0.42	112.50	0.08
40	793.60	0.84	225.00	0.16

* Dose proposée 10 tm/ha

** Dose proposée 100 tm/ha

Enfin, il est à remarquer que les terres devant être soumises à un reboisement pourraient nécessiter un apport en compost au moins deux fois plus important que celui cité plus haut.

Il apparaît donc que le compost pourrait servir d'abord dans le reboisement des sols pauvres et on en reconnaît déjà les bénéfices à long terme. Une incitation financière au niveau de cette industrie serait possiblement nécessaire, compte tenu des bénéfices retirés en tout sol fertile par l'apport d'humus.

L'éloignement des centres fournisseurs d'amendements de qualité, les coûts et les difficultés techniques d'épandage de ces nouveaux apports sont enfin des facteurs limitatifs de cette pratique.

B) Pépinières

Les travaux d'aménagement du territoire, particulièrement le reboisement, contribuent à une consommation accrue d'arbres à planter, ce qui implique une amélioration continue de la fertilité des sols de pépinières en vue de répondre à la demande sans cesse croissante.

i) Situation actuelle

Actuellement, on ajoute de la tourbe comme amendement au sol des pépinières. On vise, en général, une teneur de 2 à 4% en matière organique. On doit aussi suppléer aux déficiences en matière fertilisante et les engrais commerciaux sont grandement utilisés à cette fin. Présentement, toutefois, cette culture se fait le plus souvent en sol naturel.

Des recherches en cours, en vue d'évaluer la culture en récipients (sous serres) des plants de pépinière, laissent présager le développement rapide d'une telle technique. Celle-ci offre les grands avantages suivants:

- 2 rotations culture, annuellement, comparativement à 1 rotation par 2-3 ans en sol naturel;
- taux de survie supérieur à celui des plants cultivés en sol naturel, lors de la transplantation.

Ce dernier point profite grandement aux plantations qui utilisent des plants en récipients, assurant en une seule transplantation une bonne densité d'arbres, sans devoir répéter l'opération.

ii) Contraintes

Le compost est l'amendement tout indiqué pour maintenir un bon niveau de fertilité des sols de pépinière (7). Même utilisé à l'excès, le compost ne s'avère pas toxique aux jeunes plants. De plus, la technique des plants en récipients s'avère un bon débouché pour un compost de bonne qualité. On en traitera davantage dans le sous-chapitre horticulture. Les contraintes pour ce marché facilement accessible se résument à la méconnaissance des qualités du compost par les éventuels utilisateurs et à la fixation d'un prix compétitif.

iii) Demande potentielle

En 1977, on dénombrait au Canada environ 20,888 ha de terre destinés aux pépinières, soit une augmentation de 6.4% com-

parativement à 1976. Au Québec, 3,450 ha sont consacrés comme terres de culture de pépinières. Les spécialistes considèrent qu'une application de compost aussi importante que 100 tm/ha serait profitable aux pépiniéristes.

On évalue donc un marché totalement accessible de 2,088,800 tm de compost pour les pépinières, soit un marché important, facile et renouvelable selon les rotations des cultures.

Considérant une demande accrue pour les arbres à planter ainsi qu'une augmentation du taux de croissance conséquent à l'application de compost, on prévoit un marché rentable dans ce domaine.

7.3.3 Horticulture

Plusieurs experts s'entendent pour qualifier ce marché de meilleure avenue pour le compost, étant donné les facteurs suivants:

- demande croissante de plantes en pots;
- expansion en serriculture jumelée à une nouvelle tendance des serriculteurs à faire des cultures en sol artificiel;
- intérêt accru des citoyens pour l'aménagement de leur terrain, de leur pelouse et de leur potager;
- développement de terrains de loisirs, de golf, de camping, de parcs, etc.

A) Serres

i) Situation actuelle

La production de légumes et de fleurs de serre a pris un

essor considérable partout dans le monde, au cours des dernières années. Le Canada ne rejoint certes pas la production de certains autres pays; néanmoins, la progression de l'industrie des serres est réelle et semble, ces dernières années, se situer à un taux de croissance d'environ 3%. Le caractère très intensif de cette culture exige des producteurs une amélioration continue de la composition chimique et physique du sol et une surveillance constante pour y enrayer toute trace nocive et pathogène. L'avènement de milieux artificiels à caractéristiques connues laisse entrevoir des avantages certains par rapport au sol en place. La tendance des serriculteurs à utiliser de tels milieux est croissante. Les principaux avantages reliés à l'utilisation de milieux artificiels sont les suivants:

- possibilité de culture sur des sols peu propices à certaines productions, mal drainés ou contaminés;
- possibilité de production dans des serres présentant une surface bétonnée ou gravelée;
- meilleur contrôle dans le développement des plants, résultant d'une bonne connaissance du milieu, conjuguée à une aération plus propice, un drainage plus efficace, une température plus constante, etc.

Bref, cette pratique permet de faciliter la régie interne pour le serriculteur.

i) Situation actuelle

Un milieu artificiel de qualité doit avoir un bon pouvoir de

rétenction d'eau tout en étant suffisamment aéré. Il doit être le plus inerte possible, physiquement et chimiquement uniforme, de faible densité et peu coûteux.

Présentement, beaucoup de serriculteurs utilisent la mousse de tourbe mélangée en parties égales avec du bran de scie et de la vermiculite. Cependant, ce milieu s'avère coûteux (\$0.48 le plant en 1974). Le tableau 14 fait état du coût de quelques milieux artificiels fréquemment utilisés en serriculture.

Comme le compost répond à tous les critères du bon milieu artificiel, on lui prévoit un marché de premier plan, dans ce domaine.

ii) Contraintes

Le milieu de croissance privilégié par le monde horticole converge actuellement vers la tourbe. On la trouve en abondance sur le marché canadien. Ainsi, la production de tourbe touchait les 400,000 tonnes en 1976, dont 85% étaient vouées à l'exportation.

Considérant que les serriculteurs sont toujours aux prises avec des coûts de production élevés, ceux-ci seraient sûrement disposés à modifier leurs habitudes si seulement le coût et la qualité du compost rencontraient leurs exigences.

TABLEAU 14: COUT APPROXIMATIF DES MILIEUX DE CULTURE FREQUEMMENT UTILISES EN SERRICULTURE⁽¹⁾

IDENTIFICATION	FORMULE GENERALE DE VENTE	DENSITE		PRIX UNITAIRE	
		kg/m ³	lb/pi ³	(en gros)	\$/tm net
Mousse de tourbe	Sac de 0.17 m ³ (6 pi ³)	320 ⁽²⁾	20	\$5.70/sac	95.50
Bran de scie	Camion de 14.15 m ³ (500 pi ³)	160-208 ⁽³⁾	10-13	\$50./camion	20.30
Paille	Balle de 0.14 m ³ (5 pi ³)	112-118 ⁽⁴⁾	7-8	\$0.50-1.00/balle	30.50
Vermiculite	Sac 0.06 m ³ (2 pi ³)	256	16	\$3.95/sac	250.00
Milorqanite	Sac de 20 kg.			\$5.30/sac	265.00
Compost Domfor	Sac de 10 kg	448.5	28	\$2.00/sac	200.00
	Sac de 20 kg			\$3.40/sac	170.00
Pro-mix (50% mousse, 50% vermiculite engrais)	Sac de 0.14 m ³ (5 pi ³)	288 ⁽⁵⁾	18	\$7.95-11/sac	2,000. à 4,000.00

(1) Dollars 1978

(2) Demelon, dynamique du sol. p. 188.

(3) Link Belt, Material Handling & Processing Equipment

(4) Formulaire utile en machinerie agricole. Agr. Qué.

iii) Demande potentielle

En se basant sur la superficie actuelle des serres qui couvrent quelque 360 ha au Canada, et considérant que l'on compte généralement 0.043 m^3 (1.5 pi^3) de sol par 0.372 m^2 (4 pi^2) de superficie soit 0.11 m d'épaisseur (9), on obtient un volume de $396,000 \text{ m}^3$ de sol utilisé pour les serres. En admettant une densité de 320 kg/m^3 (20 lb/pi^3) pour le compost, on trouve au total l'équivalent de 125,000 tonnes métriques de compost qui pourraient être destinées à cet usage au Canada.

On sait pertinemment qu'un certain nombre de serres sont cultivées sur sol naturel, donc non renouvelé, mais qu'une proportion de plus en plus grande de serriculteurs utilisent des milieux artificiels. Or, des recherches prouvent que ces milieux artificiels seraient avantageusement remplacés par le compost (1), soit dans des mélanges (1/3 compost, 1/3 vermiculite, 1/3 bran de scie, par exemple), soit en entier (100 % compost).

C'est ainsi qu'on arrive à un minimum de 400 tonnes et à un maximum de 48,000 tonnes destinées annuellement à la serriculture au Canada, comme l'illustre le tableau 14-A.

Si on tient compte du facteur de croissance de 3% par année, la demande annuelle prévue pour 1985 pourrait varier entre 525 et 60,000 tonnes. Compte tenu de ce qui précède, on peut prévoir que le compost pourrait se tailler une place de choix en serriculture.

TABLEAU 14-A: DEMANDE PREVUE DE COMPOST POUR LA
SERRICULTURE*, BASEE SUR LA SUPERFICIE
ACTUELLE EN SERRE**

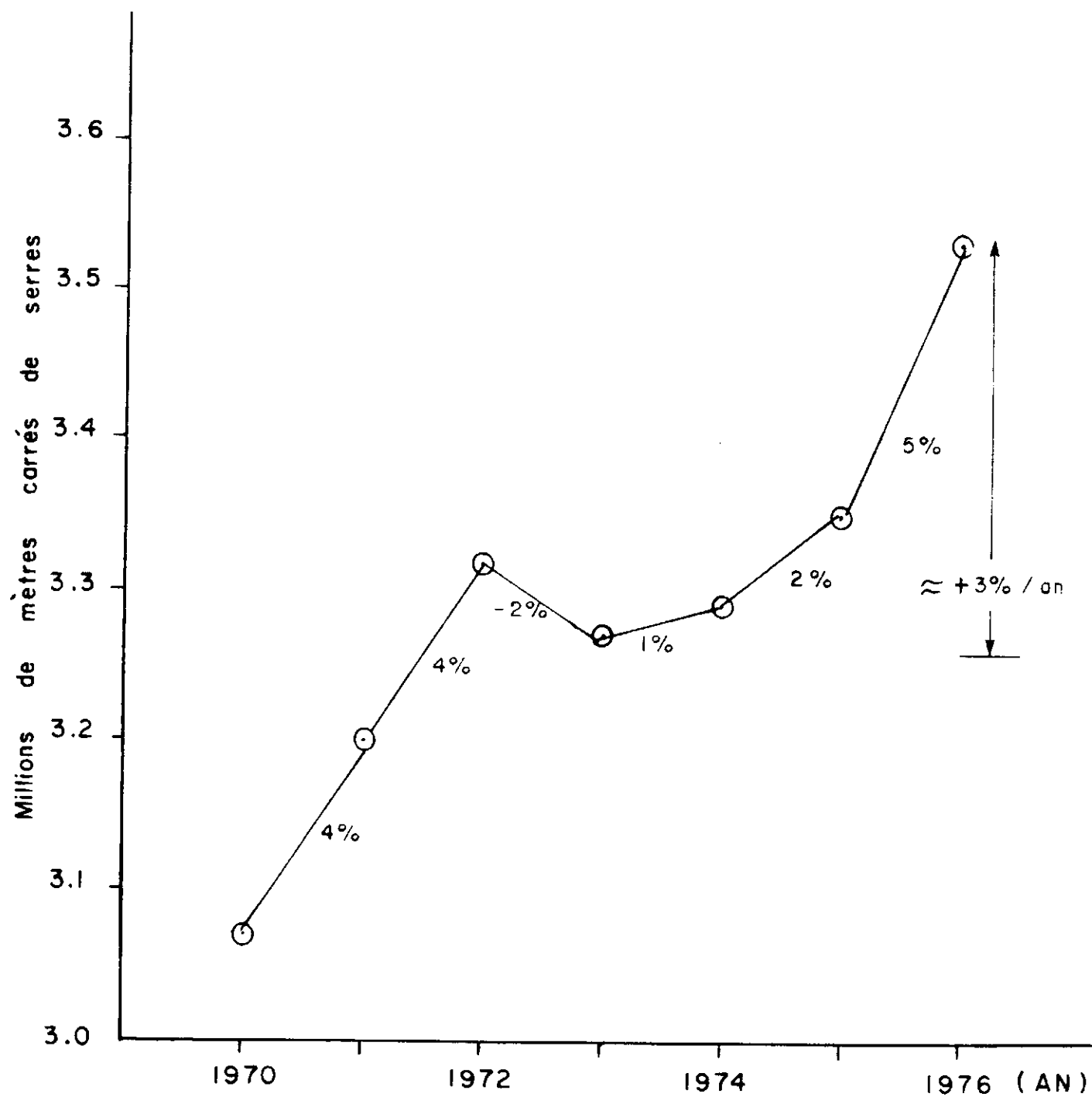
SUPERFICIE	CANADA		QUEBEC	
ha	360		30	
DEMANDE PREVUE %	MELANGE (1/3, 1/3, 1/3) ,000 tm	COMPOST (SEUL) ,000 tm	MELANGE (1/3, 1/3, 1/3) ,000 tm	COMPOST (SEUL) ,000 tm
1%	0.40	1.20	0.03	0.09
2%	0.80	2.40	0.05	0.15
5%	2.00	6.00	0.15	0.45
10%	4.00	12.00	0.30	0.90
15%	6.00	18.00	0.45	1.35
20%	8.00	24.00	0.60	1.80
40%	16.00	48.00	1.20	3.60

* Epandage de 0.11 m d'épaisseur

** Statistique Canada 1976

Figure : 8

EVOLUTION DE LA SERRICULTURE AU CANADA



B) Potagers et pelouses

L'intérêt croissant des citadins pour la culture de leurs propres légumes et fleurs pourrait ouvrir des débouchés intéressants au marché du compost. En effet, habituellement les unités de culture étant restreintes, le citadin achète plutôt un produit d'amendement au sol en petite quantité (sac 20 kg par exemple). Il en sera de même pour l'entretien annuel de sa pelouse.

i) Situation actuelle

En général, ce jardinier utilise de la tourbe pour amender son sol ou simplement du fumier séché.

ii) Contraintes

La seule contrainte à surmonter pour assurer ce marché consiste à concurrencer la qualité et le coût des produits déjà existants. Une campagne de promotion aiderait à convaincre les citadins des bénéfices qu'apporte le compost.

iii) Demande potentielle

La demande potentielle reste difficile à évaluer, étant donné la petite taille et la multiplicité de ces unités de culture. Cependant, en se basant sur le marché actuel de la tourbe qui est évidemment loin d'être orienté exclusivement vers cette utilisation, on peut projeter une demande annuelle atteignant les 24,000 tm comme en témoigne le tableau 15. On sait cependant que la serriculture reste un autre débouché important pour la tourbe.

TABLEAU 15: DEMANDE DE COMPOST POUR LES POTAGERS ET PELOUSES, BASEE SUR LE MARCHE ACTUEL DE LA TOURBE**

MARCHE ACTUEL	CANADA	QUEBEC
000 tm	60	25
DEMANDE		
PREVUE	,000 tm	,000 tm
%		
1	0.6	0.25
2	1.2	0.50
5	3.0	1.25
10	6.0	2.50
15	9.0	3.75
20	12.0	5.00
40	24.0	10.00

* Statistique Canada

Le secteur de l'horticulture manifeste donc un intérêt certain pour un amendement de qualité et avantageux sur le plan économique. L'augmentation de la demande pour les sols artificiels chez les serriculteurs, suivant un taux annuel de 3% et la tendance populaire à aménager leurs propriétés, ouvrent de bons débouchés pour un sol de qualité et compétitif par rapport à la tourbe généralement utilisée. Une campagne de promotion favorable à l'écoulement du compost peut, enfin, engendrer des bénéfices économiques intéressants étant donné le coût actuel des sols artificiels sur le marché au détail.

7.3.4 Aménagement

A) Parcs

Les parcs publics ouvrent un autre champ propice à l'utilisation du compost comme fertilisant et conditionneur de sol.

i) Situation actuelle

Le système des parcs nationaux du Canada couvre plus de 129,499 km² (50,000 mi²) de territoire et compte parmi les plus grands et les plus expansionnistes au monde. De plus, tous les gouvernements provinciaux ont également aménagé des parcs qui totalisent plus de 288,243 km² (112,595 mi²)*. Le Québec en compte à lui seul quelque 195,000 km² (75,000 mi²). Quelques-uns sont de vastes régions sauvages préservées; toutefois, la plupart sont de faible étendue, faciles d'accès et aménagés de façon à permettre la meilleure utilisation possible sur le plan récréatif. Ce sont des terrains de divertissement souvent dotés de services de camping, de pique-nique, de golf, etc.

On fait également face à un nombre toujours croissant de visiteurs dans ces parcs (7% par année de 1969 à 1971). Il serait donc urgent de veiller dès à présent à la bonne condition de ces sols, dont on exige beaucoup.

* Annuaire du Canada 1976-77

ii) Contraintes

Dans les grands espaces, on utilise peu de conditionneurs de sol, de même que dans les terrains de camping et de pique-nique en général. On porte évidemment plus d'attention aux espaces réservés à la pratique du golf.

Les gouvernements seraient les premiers bénéficiaires d'une politique de bonne régie des sols, à l'intérieur des parcs réservés. Le compost constitue un conditionneur d'appoint pour ces espaces voués à l'admiration et aux plaisirs de la nature. L'épandage demeure un problème dans les grands espaces couverts de forêts. Et tout comme dans le cas de la foresterie, l'éloignement des centres d'approvisionnement en compost pourrait constituer un obstacle de taille mais non insurmontable.

iii) Demande potentielle

N'escomptant qu'une application de 15 tm/ha de compost, on établit rapidement l'importance d'un tel débouché. Le tableau 15-A montre éloquemment l'importance de cette demande qui pourrait atteindre 168,000 tonnes de compost.

B) Routes

Un marché favorable au compost consiste en son utilisation comme couche de surface dans l'aménagement des routes et des parcs.

TABLEAU 15-A: DEMANDE PREVUE POUR LE COMPOST DANS
L'AMENAGEMENT DES PARCS*

SUPERFICIE ,000,000 ha	CANADA 42	QUEBEC 19.5
DEMANDE PREVUE %	,000 tm	,000 tm
1	4,200	1,950
2	8,400	3,900
5	21,000	9,750
10	42,000	19,500
15	63,000	29,250
20	84,000	39,000
40	168,000	78,000

* Dose proposée 10 tm/ha.

i) Situation actuelle

Au Canada, on compte environ 100,000 km* (62,000 mi) de routes à revêtement bitumineux, les plus susceptibles d'être bordées de talus verts. Si on applique un facteur de construction de 1%, on estime que 1,000 km (620 mi) de routes nouvelles seront construits ou refaits annuellement. On admet que 10% de ces dernières sont des autoroutes à plus de deux voies. Actuellement, les talus des routes sont généralement revêtus de couches de terre à jardinage.

Au Québec**, environ 160 km (100 mi) de routes sont construits ou réparés chaque année.

ii) Contraintes

Les contracteurs n'hésiteraient pas à utiliser le compost comme couche de surface s'il était possible pour eux d'en tirer un certain bénéfice. Nul doute que le prix de revient du compost sera l'élément décisionnel.

iii) Demande potentielle

Habituellement, les routes à deux voies sont bordées de talus recouverts en moyenne de 10 cm (4 po) de terre à jardinage, à raison de 6.7 mètres carrés (8 verges carrées) au 0.30 m (1 pi) linéaire de route, alors que les autoroutes nécessitent en moyenne 21 mètres carrés (25 verges carrées) au 0.30 m (1 pi) linéaire (8).

* Statistique Canada

** Normand J. (12).

TABLEAU 16: DEMANDE ANNUELLE PREVUE POUR LE COMPOST
DANS L'AMENAGEMENT DES ROUTES

Km de route/année	CANADA	QUEBEC
	1,000	160
DEMANDE PREVUE		
(%)	,000 tm	,000 tm
1	8.6	1.4
2	17.2	2.8
5	43.0	7.0
10	86.0	14.0
15	129.0	21.0
20	172.0	28.0
40	344.0	56.0

Ansi, on aurait besoin annuellement de 2.12×10^6 mètre³ de terre de surface pour couvrir les talus des 900 km (560 mi) de routes à deux voies, alors que les 100 km (60 mi) d'auto-routes en demanderaient 0.6×10^6 mètres³. d'ou un marché annuel de 2.7×10^6 mètres cubes de compost, si des mesures incitatives obligeaient les contracteurs à utiliser ce produit dans la construction des routes.

En admettant une densité de 320 kg/m³ (20 lb/pi³) pour le compost, la demande potentielle atteint 260,000 tm annuellement.

Il en coûte présentement quelque \$730 millions pour un tel recouvrement (\$2.75/m³) (\$2.10/v³), soit \$9.00 la tonne de sol de surface (8). Il est assez facile de croire que dans un tel contexte le compost pourrait être compétitif, voire même pourrait accaparer entièrement ce marché.

C) Réaménagements post-miniers

La mise en place d'une industrie dynamique, dans le cadre du développement des ressources minières, a parsemé le pays de cratères indésirables et improductifs, une fois les sites épuisés. Comme conséquence, on retrouve une transformation radicale du relief, de la structure égologique, de la qualité du sol, de la flore et la faune, ainsi que du rôle économique de la région ainsi subordonnée.

Il est possible d'agir autrement et de récupérer la majorité des surfaces dont les ressources naturelles et les minerais ont été exploités. Il s'agit alors de les remettre en culture, de les reboiser et de les utiliser au maximum, selon les intérêts humains et agricoles locaux.

Le compost urbain, selon des expériences américaines, semble un milieu de culture privilégié dans les projets d'aménagements post-miniers. On évalue de 35 à 100 tonnes à l'hectare ou même plus la quantité de compost vouée à cette fin. Le compost active la régénérescence de la végétation et en accroît le taux de croissance, qu'il s'agisse de fourrages, de céréales ou d'arbustes.

Sauf l'éloignement possible de la source d'approvisionnement, aucune contrainte ne semble se lever sur ce marché.

Comme on connaît mal la superficie des terrains offrant cette possibilité de réaménagement, il est difficile d'évaluer la demande potentielle à cet effet. Cependant, une étude régionale devrait fournir ces renseignements, dans le cas d'une éventuelle mise en oeuvre d'une usine de compostage.

Ce marché éventuel semble donc prometteur, compte tenu du support de l'administration publique dans l'utilisation du compost urbain.

D'abord, au niveau des parcs, on reconnaît les bénéfices que l'on pourrait tirer d'une meilleure gestion de ces superfi-

cies, considérant le taux de croissance de leur affectation, de l'ordre de 7%, bien que des difficultés techniques soient observées au niveau de l'épandage d'amendement en forêt.

Au niveau de l'aménagement des abords des routes en construction, une incitation de la part de l'administration publique permettrait d'augmenter avantageusement la demande de compost.

Enfin, l'aménagement des sites post-miniers présente une demande potentielle de grande importance et s'avère, à brève échéance, une nécessité du point de vue environnemental. L'éloignement des centres urbains demeure, dans plusieurs cas, une contrainte majeure.

7.3.5 Autres utilisations potentielles

A) Comme filtre

Des filtres de terre et de compost sont utilisés en Europe dans le contrôle des odeurs émanant d'usines de compostage ou d'usines de traitement des boues d'égout. On connaît peu d'expériences semblables en Amérique.

En fait, il s'agit d'une technique simple et facilement exploitable. On force le gaz contaminé à passer dans un tuyau perforé, enfoui dans un lit de compost-sol. Les gaz organiques (H_2S , SO_2 , NH_3) sont alors absorbés et oxydés. Comme ces filtres ne sont pas spécifiques, ils sont appropriés à une grande variété de contaminants. Ils s'appliquent aussi

bien à la purification de l'air issu d'usines de traitement des déchets que d'usines de traitement de produits agro-alimentaires, d'usines chimiques, de papeteries, etc.

L'avantage de traiter ainsi les gaz organiques vient du fait que ces filtres se régénèrent d'eux-mêmes par l'action de la microflore dans les médiums. En effet, le compost procure aux micro-organismes une bonne surface d'absorption, ainsi que les éléments nutritifs et l'eau nécessaires à leur développement et à leur croissance.

B) Comme absorbant

Les déversements accidentels de produits pétroliers posent toujours des problèmes cruciaux dûs aux risques écologiques qu'ils comportent. Il faut agir vite et bien. Maintes fois, on a constaté que la récupération du produit renversé était facilitée par l'utilisation d'un absorbant.

Comme le compost possède des propriétés oléophiles intéressantes, il devient évident que son utilisation comme absorbant puisse éventuellement s'accentuer au Canada, vu la forte consommation de produits pétroliers et un approvisionnement sans cesse grandissant par voie maritime. Une compagnie américaine se sert effectivement du compost pour minimiser les inconvénients de déversements accidentels d'huile ⁽¹³⁾. On ne connaît pas d'expérience semblable au Canada.

A cet effet, des réserves de compost pourront être créées à des endroits stratégiques; par exemple au Québec, les villes de Montréal, Trois-Rivières, Québec et Sept-Iles pourraient se constituer de telles réserves de compost face à d'éventuels déversements accidentels de produits pétroliers sur le fleuve Saint-Laurent.

Le tableau 17 compare le compost à d'autres absorbants utilisés lors de déversements accidentels de produits pétroliers dans l'eau. On remarque que la capacité d'absorption du compost est comparable à celle de la tourbe, bien que moindre que celle du bran de scie. Cependant, le compost étant hydrophobe, il flotte mieux sur l'eau que le bran de scie qui coule en deçà de 5 secondes, s'il n'est pas appliqué directement sur l'huile.

Le compost imbibé d'huile forme une masse spongieuse facilement récupérable. Cet agrégat peut être acheminé à une raffinerie pour être traité ou enfoui dans un site contrôlé. Laissé en suspension dans l'eau, il se dégradera biologiquement.

Il est à noter que le compost peut servir aussi bien à la récupération des produits pétroliers dans l'eau, que sur terre ou sur la glace.

Comme autres utilisations possibles, le compost peut être mis à la disposition des garagistes pour absorber les huiles usées. De plus, les laiteries pourraient l'utiliser pour recueillir les déchets laitiers. Les agriculteurs pourraient

aussi avoir recours au compost pour l'utiliser comme litière dans les élevages de bovins, de lapins, de visons, de volailles, en remplacement de la paille ou de la ripe de bois.

Enfin, les industries aux prises avec des sous-produits acides ou corrosifs pourraient l'adopter afin d'absorber ces polluants.

TABLEAU 17: COMPARAISON DES VALEURS ABSORBANTES^(*)
(Volume d'huile/masse de l'absorbant)

<u>Produits</u>	VALEUR ABSORBANTE (ml/g)
Compost	3.4
Bran de scie	7.3
Tourbe	3.2

(*) Tiré de W.G. Vaux, Weebs & Nalukas¹⁴.

C) Comme aliment pour les bovins

Les bovins, comme tous les ruminants, ont besoin d'un minimum de fourrages dans leur diète. Ordinairement, un apport

de matière fibreuse leur est fourni sous forme de foin. Selon les conditions de l'animal, celui-ci ingère en moyenne de 11 kg à 14 kg d'aliments pour s'assurer un gain journalier dépassant 1 kg, qu'il soit en parc d'engraissement ou au pâturage.

i) Situation actuelle

Plusieurs projets de recherches ont été entrepris en vue d'évaluer des substituts au foin, dans l'alimentation des bovins: les utilisations de fumier, de papier-journal et de compost ont été étudiées. Suite à ces expériences, on évalue que 15% à 20% de la quantité de foin requise peut être ainsi remplacé. L'utilisation du compost à cet effet serait avantageuse pour l'éleveur de bovins et créerait un marché enviable pour le producteur de compost.

ii) Les contraintes

Il est évident que d'autres recherches sur le sujet s'avèreraient nécessaires afin d'assurer la sécurité, l'efficacité et l'acceptabilité d'un tel produit pour les animaux. Il s'agirait, entre autres, de situer le niveau de tolérance des bovins pour les matières inertes telles que les particules de verre contenues dans le compost.

iii) Demande potentielle

Les problèmes découlant de la nature du compost semblent faciles à résoudre, à priori. En supposant que le coût du

compost soit inférieur à celui du foin et que la différence de coût incite l'éleveur à changer ses habitudes en faveur du compost, on peut évaluer le marché qui s'offre.

On a mené plus de 4.4 millions de bovins à l'abattoir en 1977*. Si on estime un hébergement de 210 jours et un apport en compost de 2 kg/j/animal, on réalise qu'un total de 1.85×10^2 tm/an serait requis pour satisfaire à la demande.

Le foin se vend actuellement entre \$20 à \$40/tm. On doit conclure que le compost devra se vendre moins cher afin de prendre une part du marché. On sait que le prix du foin fluctue selon les récoltes, ce qui influence directement l'offre et la demande. On devra donc ajuster le prix du compost en conséquence.

Un autre point important est que le compost peut être servi aux animaux comme supplément protéique. On estime que le tourteau de soya à 49% de teneur en protéines se vend \$285. la tonne. La valeur protéique du compost urbain se situe à environ 12.5% P.B. (protéines brutes), (2% N X 6.25). Si des essais de digestibilité étaient faits, on fixerait mieux la teneur en protéines facilement assimilables (P.F.A.) du compost et on évaluerait d'autant mieux ses chances de substitut comme supplément protéique. Même avec une teneur de 5% en P.F.A., le compost serait compétitif à \$28.00/tm.

* Revue des marchés des bestiaux. Ag. Canada.

D) Comme matériau de construction

On remarque qu'au Canada, le marché des panneaux de particules agglomérées (de ripe pressée, de bran de scie, etc.) connaît une expansion certaine, bien qu'inégale. De 1970 à 1976, comme le montre le tableau 18, on note une croissance de 68% avec une moyenne de 16.7% par année.

TABLEAU 18: MARCHE DES PANNEAUX DE PARTICULES AGGLOMERÉES
AU CANADA*

	<u>1976</u>	<u>1975</u>	<u>1974</u>	<u>1973</u>	<u>1972</u>	<u>1971</u>	<u>1970</u>
Quantité (,000 m ²)	48,956	34,310	31,692	32,806	29,282	24,302	15,731
coût/m ² :\$	1.57	1.48	1.69	1.41	1.22	1.00	1.09

Il semble, d'après des expériences américaines (10), que le compost, de par sa teneur en matière fibreuse et sa teneur en matière plastique (20-30%), offre des qualités remarquables dans la production de panneaux pressés ne nécessitant qu'un apport de moins de 5% de colle. On pourrait donc destiner le compost à la fabrication de panneaux isolants, de panneaux de construction, de panneaux cartonnés, etc.

* Statistique Canada

Cependant, des recherches plus intensives devront être conduites au Canada avant de considérer ce marché comme valable. Le code du bâtiment et la présence de matériaux hautement compétitifs pourraient s'avérer une entrave de taille pour ce marché. Le coût de tels panneaux devrait se situer autour de \$1.25 à \$1.50/m².

E) Comme combustible

L'utilisation du compost comme combustible reste marginale dans les conditions présentes.

Des expériences faites en vue d'évaluer la valeur calorifique du compost révèlent qu'il produit entre 16,300 et 17,400 J/g (7,000 - 7,500 BTU/lb). Les déchets urbains non transformés développent, pour leur part, environ 10,900 J/g (4,700 BTU/lb). On sait également que le compostage réduit de moitié le volume de déchets. Le compost n'offrirait donc que 75% de la valeur calorifique potentielle des déchets. Cependant, il présente une facilité supérieure de manutention et d'entreposage, dû à son homogénéité et à sa stabilité chimique et organique. Son utilisation éventuelle est cependant défavorisée par comparaison avec le charbon (27,900 J/g) (1,000 BTU/lb) et l'huile lourde (41,850 J/g) (18,000 BTU/lb).

Les coûts croissants de ces formes de combustible fossile pourraient cependant changer ces perspectives.

7.4 SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES MARCHÉS POTENTIELS

Cette étude confirme qu'au Canada, les marchés accessibles au compost urbain prennent une orientation semblable à celle des marchés de compost à l'étranger.

Les marchés ont d'abord été étudiés par ordre traditionnel d'utilisation soit l'agriculture générale, la sylviculture, l'horticulture, l'aménagement et les autres utilisations. L'analyse des contraintes, des chances de succès et de la demande prévue a bouleversé cet ordre et a permis d'établir de nouvelles perspectives de marché selon les données actuelles. Cet ordre de priorité s'établit maintenant ainsi: l'horticulture, la sylviculture, l'aménagement, l'agriculture et les autres utilisations.

La synthèse présentée au tableau 19 laisse voir que l'horticulture et la sylviculture deviennent les principaux débouchés pour le compost urbain, si les contraintes explicitées sont contournées. Entre autres, on devra veiller à la qualité supérieure du compost qu'exigent ces marchés.

L'aménagement et l'agriculture générale pourraient ensuite s'accaparer un marché viable si des mesures incitatives sont mises de l'avant par le gouvernement en vue de supporter ces marchés et d'en assurer la survie.

Les autres utilisations analysées dans cette étude présentent des avenues intéressantes pour le futur mais, dans l'optique actuelle, elles semblent demeurer marginales.

TABEAU 19: SYNTHESE DES MARCHES

TYPE DE MARCHE	CONTRAINTES	POTENTIEL (, 000 tm)*				CHANCE DE SUCCES		ORDRE DE PRIORITE
		NATIONAL		QUEBEC		COURT TERME	LONG TERME	
AGRICULTURE								
A) Fertilisant	. Faible valeur fertilisante du compost . Equivalence avec les fumiers d'animaux souvent offerts gracieusement . Présence d'engrais commerciaux disponibles dans toutes les gammes de dosage . Forte production d'engrais commerciaux au Canada.	111	4,500	27	1,080	faible	bonne	4
B) Amendement	. Méconnaissance du rôle de la matière organique dans le sol . Difficulté d'en démontrer la rentabilité . Epandage onéreux et souvent problématique . Manque d'incitation actuel . Qualité du compost	2,400	97,500	470	18,600	faible	bonne	
SYLVICULTURE								
A) Foresterie	. Méconnaissance des bénéfices propres à l'utilisation du compost par les producteurs forestiers . Epandage du compost en milieu forestier présentant des difficultés techniques . Eloignement des centres d'approvisionnement en compost	19,800	793,600	3,750	225,000	bonne	excellente	2
B) Pépinière	. Motivation des producteurs . Incitation financière . Qualité du compost	21	840	4	160	bonne	excellente	

TABLEAU 19: SYNTHÈSE DES MARCHES (suite)

TYPE DE MARCHÉ	CONTRAINTES	POTENTIEL (, 000 tm)*				CHANCE DE SUCCÈS		ORDRE DE PRIORITÉ
		NATIONAL		QUEBEC		COURT TERME	LONG TERME	
		1%	40%	1%	40%			
HORTICULTURE								
A) Serres	. Abondance de la tourbe à prix compétitifs sur le marché canadien . Présence de plusieurs milieux artificiels répondant, en gros, aux exigences des serriculteurs . Qualité du compost	1.20	48.00	0.09	3.60	bonne	excellente	1
B) Potagers et delouses	. Qualité et coût des produits concurrents existants . Méconnaissance du compost	0.60	24.00	0.25	10.00	bonne	excellente	
AMÉNAGEMENT								
A) Parcs	. Peu d'utilisation de conditionneurs de sol actuellement à cet effet . Éloignement des centres d'approvisionnement . Épandage présentant des difficultés	4,200	168,000	1.950	78,000	bonne	bonne	3
B) Routes	. Prix de revient du compost par rapport aux autres produits existants . Méconnaissance du compost	8.6	344	1.4	56	bonne	excellente	
C) Aménagement post-minier	. Éloignement de la source d'approvisionnement	-	-	-	-	bonne	excellente	

TABEAU 19: SYNTHESE DES MARCHES (Suite)

TYPE DE MARCHÉ	CONTRAINTES	POTENTIEL (, 000 t)*				CHANCE DE SUCCES		ORDRE DE PRIORITE
		NATIONAL		QUEBEC		COURT TERME	LONG TERME	
AUTRES UTILISATIONS		1%	40%	1%	40%			
A) Filtre	- Présence de plusieurs matériaux filtres sur le marché - Peu d'expériences connues en Amérique du Nord	-	-	-	-	?	?	5
B) Absorbant	- Présence de plusieurs matériaux absorbants sur le marché - Création de réserves - Peu utilisé au Canada	-	-	-	-	?	?	
C) Aliments pour les bovins	- Sécurité, efficacité et acceptabilité par les animaux - Présence de matières inertes (verres) - Méconnaissance de sa valeur protéique facilement assimilable - Présence de produits concurrentiels sûrs sur le marché - Recherches déficientes à ce sujet	-	-	-	-	?	?	
D) Matériaux de construction	- Présence de matériaux hautement compétitifs actuellement - Code du bâtiment - Recherches à venir	-	-	-	-	?	?	
E) Combustible	Concurrence présente des autres combustibles sur le marché	-	-	-	-	?	?	

* Le potentiel est exprimé en milliers de tonnes métriques selon deux hypothèses de prise du marché.

VIII CRITERES DE MISE EN OEUVRE D'UNE USINE DE COMPOSTAGE

8.1 MARCHES ACCESSIBLES ET CONTRAINTES DE MISE EN MARCHÉ

8.1.1 Critères généraux

La mise en oeuvre d'une usine de compostage devra être précédée d'une étude de marché potentiel local, à court et à long terme. Cette démarche prend généralement la forme d'une étude statistique du marché régional suivie d'une enquête auprès d'éventuels utilisateurs. On visera d'abord un marché local, c'est-à-dire inscrit dans un rayon de 40 à 50 milles de l'usine projetée. Ce critère est dicté par le coût du transport qui, en général, s'avère limitatif pour un marché viable.

8.1.1.1 Etude statistique

A la lumière des marchés potentiels proposés au chapitre 7, on évalue statistiquement les potentiels locaux d'utilisation. Par exemple, la révision statistique pourrait porter sur les thèmes suivants:

- . population desservie
- . cheptel animal
- . superficies consacrées à diverses cultures: grande culture, pâturage, culture maraîchère, serriculture, pépinières, jardinage, etc.
- . superficies destinées à la foresterie, aux parcs, aux terrains de loisir, de golf, de camping, etc.

- . superficies propices au réaménagement: carrières, sites miniers, sites d'enfouissement, lutte à l'érosion, reboisement, construction de routes, etc.
- . débouchés potentiels pour les autres utilisations: filtres absorbants, combustible, etc.
- . situation régionale des produits concurrentiels.

Cette première évaluation situe l'importance du marché local potentiel et s'avère un outil utile dans l'établissement des priorités. L'enquête auprès des utilisateurs éventuels permet de réajuster ce premier estimé aux intérêts et aux exigences propres à la région.

8.1.1.2 Enquête

a) Utilisateurs éventuels

Cette enquête est menée auprès d'organismes, de groupements, de commerces susceptibles de manifester un intérêt pour le compost. Citons, par exemple, les groupes suivants:

- . organismes gouvernementaux:
 - divers ministères (Agriculture, Richesses naturelles, Transport, Tourisme, Environnement...);
 - municipalités
- . regroupements d'agriculteurs:
 - horticulteurs
 - serriculteurs
 - producteurs de céréales
 - producteurs de cultures maraîchères

- . pépiniéristes
- . clubs horticoles, clubs de jardiniers, etc.
- . coopératives agricoles
- . contracteurs, entrepreneurs
- . groupements intéressés à la conservation, au recyclage, etc.

b) Objet de l'enquête

Par cette enquête, on pourrait recueillir les renseignements suivants:

- . degré de connaissance du compost et de ses propriétés;
- . degré de méfiance à l'égard du compost;
- . motivation à utiliser le compost;
- . utilisation projetée;
- . qualité exigée;
- . forme de présentation favorisée (poudre, comprimés, granules, etc.);
- . demande prévue;
- . prix à consentir;
- . format de vente privilégié (en sacs, en vrac);
- . causes du rejet du compost (s'il y a lieu);
- . mesures incitatives préconisées (s'il y a lieu);
- . autres contraintes.

c) Analyse des résultats

L'analyse des résultats de l'enquête, jumelée à l'étude statistique du marché, permet d'établir d'abord l'importance réelle du marché et d'ajuster les priorités localement. On sait, par exemple, qu'une région peut offrir de meilleurs débouchés en réaménagement de sites miniers, alors qu'une autre région ouvrira un marché enviable en horticulture. On doit tenir compte de cet état de fait. Aussi, il serait bon de considérer d'abord les marchés à long terme, car ils sont stables et offrent généralement de meilleures garanties de succès que les marchés à court terme.

De plus, l'enquête fait ressortir les principales contraintes locales de mise en marché du compost. Certaines peuvent s'avérer critiques voire insurmontables, selon les endroits. Une analyse de la situation locale s'impose dans tous les cas.

8.1.2 Contraintes

En général, on peut affirmer que les contraintes de mise en marché touchent les points suivants:

- . la méconnaissance du compost;
- . la méfiance à l'égard de la qualité du compost;
- . l'existence de produits substitués comparables, mieux connus, offerts à prix compétitifs;
- . les coûts reliés au compost souvent prohibitifs (coût du transport, coût de l'épandage, coût du produit, etc.).

Ces contraintes ne constituent pas toutes, cependant, des barrières infranchissables.

8.1.3 Campagne de promotion

On peut penser, par exemple, qu'une bonne campagne de promotion parrainée par des organismes gouvernementaux pourrait faire connaître le compost et ses effets bénéfiques, autant sur les différentes cultures que sur l'environnement.

a) Contrôle de qualité du compost

La méfiance à l'égard de la qualité du compost pourrait être levée si un contrôle de sa qualité était rendu obligatoire.

En effet, les marchés étudiés ne deviendront accessibles que si la qualité du compost rivalise avec celle des produits déjà en vente. En horticulture, par exemple, l'utilisateur voudra connaître la valeur exacte du compost et le comparer aux produits qu'il emploie avant de l'adopter. Un produit de mauvaise qualité peut signifier pour lui la perte de sa production. Par ailleurs, le compost destiné au réaménagement de carrières sera toléré malgré l'absence de certaines qualités.

Ainsi, on considère, entre autres, que les points suivants devraient faire l'objet d'un contrôle pour le compost horticole*:

* Tirée de Pos., J. ⁽¹⁵⁾ et de B.N.Q.-0413-300-74⁽¹⁶⁾

- . la granulométrie,
- . la couleur et l'odeur,
- . la teneur en matière organique,
- . la teneur en eau,
- . la capacité de rétention d'eau,
- . la teneur en azote,
- . la teneur en phosphore,
- . la teneur en potassium,
- . le pH,
- . la teneur en métaux lourds,
- . la teneur en agents pathogènes,
- . la teneur en verre.

Le tableau 20 propose les variantes acceptables selon le marché visé.

. La granulométrie

Le compost sera classé selon sa granulométrie:

- classe 1 - passant le tamis de 6 mm (1/4 po)
- classe 2 - passant le tamis de 13 mm (1/2 po)
- classe 3 - passant le tamis de 25 mm (1 po)

. La couleur et l'odeur

Apparence d'un terreau homogène brun foncé - noir sans odeur fétide.

. La teneur en matière organique sera supérieure à 20%.

. La teneur en eau variera entre 20 et 40%.

TABLEAU 20: POINTS DE CONTROLE DE QUALITE SELON L'UTILISATION VISEE

POINTS DE CONTROLE	Granulo- métrie	Couleur et odeur	% matière organique	% eau	% Capacité de réten- tion d'eau	% N	% P	% K	pH	Concentra- tion de métaux lourds	Agents patho- gènes tolérés	% verre de plus de 6,8 mm (1/4 po)
MARCHES												
AGRICULTURE												
- Fertilisant	Classe 1 ou 2	V*	N	faible	N	2	1	1	6 à 8	V	V	0.05
- Amendement	Classe 1 ou 2	V	30	40	150	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	0.05
SYLVICULTURE												
- Foresterie	Classe 3	N	20	N	N	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	1
- Pépinière	Classe 1	V	60	20	150	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	0.05
HORTICULTURE												
- Serres	Classe 1	V	60	20	150	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	0.05
- Potagers, pelouses	Classe 1	V	60	20	150	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	0.05
AMENAGEMENT												
- Parcs	Classe 2 ou 3	N	20	N	N	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	1
- Routes	Classe 3	N	20	N	N	0.5	0.3	0.3	6 à 8	V	V	1
- Sites miniers	Classe 3	N	N	N	N	-	-	-	-	V	V	V
AUTRES UTILISATIONS												
- Filtre	Classe 1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
- Absorbant	Classe 1 ou 2	N	N	N	N	N	N	N	N	O	V	N
- Aliments (bovins)	Classe 1	V	N	N	N	N	N	N	6 à 8	O	V	O
- Matériaux de construction	Classe 2 ou 3	V	N	N	N	N	N	N	N	V	V	N
- Combustibles	Classe 3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

* V: signifie qu'un contrôle doit être exercé selon les normes pour le compost horticole.
N: signifie qu'aucun contrôle n'est nécessaire.

- . La capacité de rétention d'eau sera supérieure à 150%.
- . La teneur en phosphore sera supérieure à 0.5%.
- . La teneur en potassium sera supérieure à 0.3%.
- . Le pH variera entre 6 et 8.
- . La teneur en métaux lourds restera en deça des concentrations tolérées (citées au tableau 5 du chapitre 2).
- . La teneur en agents pathogènes doit être nulle.
- . La teneur en verre sera inférieure à 0.05% pour le verre de plus de 6,8 mm.

Une campagne de promotion en faveur d'une qualité contrôlée pourrait certainement mieux faire face à la concurrence de produits existants. Le jeu de l'offre et de la demande subséquent à une telle démarche pourrait faire en sorte que le marché du compost devienne grandement rentable.

8.2 PRODUCTION DE DECHETS

8.2.1 Quantités de déchets

La capacité d'une usine de compostage peut varier considérablement, selon l'importance de la municipalité concernée ou la disponibilité des marchés. Dans le cas d'un marché favorable, les usines à haute capacité s'avéreront plus rentables, étant donné les facteurs d'échelle dans les coûts d'investissement et d'opération. Il faut cependant être assuré d'écouler la totalité des produits.

Sur la base d'une population donnée, on peut estimer la génération de déchets selon un taux unitaire de 0.75 à 0.90 kg (1.7 à 2.0 livres)/personne/jour au niveau des déchets domestiques, auquel s'ajoutent les déchets commerciaux produits selon un taux unitaire variable qui atteint généralement 0.70 kg (1.5 livre)/ personne/jour, en fonction du niveau d'urbanisation, totalisant un taux de production de près de 1.60 kg (3.5 livres)/personne/ jour. Une usine de compostage voulant traiter 45 m (50 tonnes)/jour de déchets, correspondant à une capacité relativement petite, nécessite donc un bassin de population de près de 30,000 personnes.

Les boues d'égout sont produites au taux de .085 kg (.19 livre)/personne/jour (20% de solides) et peuvent être entièrement ajoutées aux déchets domestiques, sur la base d'une même population. Elles portent alors le rapport C/N à 30 et le taux d'humidité à 50%.

8.2.2 Nature et caractéristiques des déchets

Les déchets domestiques démontrent une composition relativement stable à travers le Canada, bien que des variations s'observent en fonction du lieu et des saisons. Au tableau 21, on retrouve la composition moyenne des déchets urbains au Canada, à partir d'un inventaire et d'échantillonnages réalisés dans plusieurs grands centres. Cette composition démontre une proportion intéressante de matières organiques pouvant être transformées en compost.

La présence des matières inertes dans le produit final est peu désirable lors de la mise en marché. Des procédés d'extraction des impuretés (tamisage, séparation à l'air ou séparation balistique) seront donc nécessaires dans la production du compost. Au niveau du digesteur, ces matériaux inertes ne seront nullement un obstacle au processus, à l'exception du volume plus important à traiter, car leur présence favorisera la pénétration de l'air dans la masse, accélérant la dégradation.

Au tableau 22, on présente la composition chimique moyenne des déchets urbains au Canada. On y remarque la haute proportion de carbone que renferment les déchets, principalement fournie par la cellulose. Afin de corriger le rapport carbone/azote très élevé dans ce cas, on peut, soit extraire certaines composantes de papier pour le recyclage ou la récupération énergétique, soit suppléer la déficience en azote par l'addition de produits chimiques, de fumier ou de boues d'égout.

TABLEAU 21: COMPOSITION MOYENNE DES DECHETS URBAINS AU
CANADA (1977)

COMPOSITION	PROPORTIONS RELATIVES (%)
Déchets de cuisine	21.0
Résidus de jardin	5.3
Papier journal	10.0
Papier, carton	32.0
Plastique	5.5
Caoutchouc, cuir, textiles	4.6
Bois	4.1
Métaux ferreux	6.3
Aluminium	0.6
Autres métaux	0.05
Verre	6.7
Céramique	1.9
Cendres	<u>1.4</u>
	100
Humidité	24.4%
Matières organiques	72.0%

Source: référence no. 7

TABLEAU 22: COMPOSITION CHIMIQUE MOYENNE DES DECHETS URBAINS
AU CANADA (1977)

<u>COMPOSANTES CHIMIQUES</u>	<u>POURCENTAGE (BASE SECHE)</u>
	(%)
Cendres	22.2
Azote	0.66
Phosphore	0.09
Soufre	0.18
Chlore	0.63
Carbone	43.1

Rapport C/N	65
KJ/Kg	17,845
(BTU/lb)	(7,675)

Source: référence no. 7

Un apport extérieur de phosphore et de potassium est aussi conseillé, ces deux éléments étant indispensables à la survie des micro-organismes.

8.2.3 Localisation

Une des principales contraintes dans l'implantation d'une usine de compostage réside dans la superficie de plusieurs acres nécessaire à la cure du compost et à l'entreposage saisonnier.

Dans le cas d'une usine de grande capacité, celle-ci peut être construite en zone industrielle près d'un centre urbain, dans la mesure où le compost frais produit sera acheminé à l'extérieur pour être entreposé.

Construite en milieu urbain, une telle usine devra être localisée en conformité avec le plan de zonage établi. Une attention particulière devra être portée à l'endroit des commodités au niveau de la circulation et des horaires prévus afin de ne pas perturber le trafic local, étant donné le grand nombre de voyages de camion impliqués au niveau de la collecte et de l'expédition des produits et des résidus de l'usine. Cette usine a aussi avantage à être construite près du centre de gravité de la production de déchets, afin de minimiser les coûts de collecte.

8.3 MARCHES ACTUELS DES SOUS-PRODUITS RECUPERABLES

A cette époque, où l'on prône la conservation des ressources, il importe d'examiner le contenu des déchets selon ce point de vue. Le potentiel de récupération des matériaux dans les déchets domestiques vise d'abord le fer, le papier journal et le carton ondulé, dont les marchés sont bien établis. On discutera de plus des perspectives qu'offre le recyclage du verre et de métaux tels l'aluminium, le cuivre et l'étain.

8.3.1 Marché du fer secondaire

Le marché du fer secondaire est bien établi dans la production canadienne du fer. Les quantités de fer secondaire achetées par les aciéries et fonderies représentent environ 20% de la production totale (32), proportion relativement stable. Au Québec, plusieurs compagnies sont de grands utilisateurs de fer secondaire.

Les quantités de fer secondaire disponibles au Canada rejoignent à peine la demande canadienne. De ce fait, le Canada est un importateur de fer des Etats-Unis, ayant importé en 1978 près de 100,000 tonnes de fer secondaire dans l'ensemble de ses échanges avec l'extérieur (32). L'ensemble des achats canadiens de fer fut de 4.43×10^6 tonnes en 1978 (32).

On prévoit une évolution constante du taux de récupération dans cette industrie, considérant les progrès technologiques dans ce domaine, la montée des coûts de l'énergie et la sensibilisation à la conservation des ressources.

Un apport supplémentaire de fer pourrait bien provenir des déchets domestiques par séparation magnétique, mais présentement, peu d'industries sont disposées à utiliser cette source, étant donné les normes sévères de pureté imposées du point de vue technologie.

Les principaux contaminants retrouvés dans le fer issu des déchets domestiques sont l'étain, l'aluminium et le plomb, accordant généralement une pureté de 90% au fer récupéré. On conçoit alors le peu d'intérêt que l'on accorde à cette source.

A Hamilton, Ontario, la compagnie M & T Products of Canada opère une usine d'extraction de l'étain des boîtes de conserves, par procédé chimique. Ce traitement est rentable étant donné la teneur de 0.3 à 0.4% en étain que l'on y retrouve (33). Le fer résiduel démontre alors une pureté accrue et peut être mis en marché comme métal ferreux de catégorie no 2. Le chauffage est aussi un procédé de désétamage par fusion mais il s'avère moins efficace que le précédent.

Un autre marché ouvert aux boîtes de conserve se retrouve dans l'industrie du cuivre. On utilise en effet ces boîtes découpées en lamelles dans un procédé de précipitation du cuivre au niveau des concentrateurs, sur les sites miniers. Une seule mine utilise cependant ce procédé au Québec, soit la mine de la compagnie Gaspé Copper Mines à Murdochville.

Mais la quantité actuelle achetée à l'incinérateur de Montréal semble satisfaire leur besoin.

Les prix du fer secondaire sur le marché sont plutôt instables, mais on peut retenir un prix de vente de l'ordre de \$4.00/tonne au Québec pour ce genre de ferraille (34), alors que l'on accorde \$20.00/tonne à Hamilton pour les canettes bimétalliques (fer et étain), n'incluant pas les frais de transport. Les débouchés s'avèrent limités pour ce produit secondaire.

Le recyclage des métaux ferreux peut donc s'avérer rentable, d'où l'avantage de pourvoir une usine de compostage des déchets d'un séparateur magnétique, permettant en plus de minimiser l'usure accélérée du déchiqueteur secondaire.

8.3.2 Marché du papier et carton

Le recyclage du papier est un domaine bien exploité à l'heure actuelle. On retrouve de 15 à 20 catégories de papier provenant de secteurs commerciaux et résidentiels. Cet effort de standardisation permet de suivre l'évolution des prix et normalise la qualité de la fibre et son degré de purté.

Le prix du papier recyclé est plutôt fixe dans l'ensemble sauf en certaines époques économiquement instables. Les fluctuations ne sont généralement que de l'ordre de 15%.

La demande de papier par les industries des pâtes et papiers dépend globalement de la situation économique. En période de croissance économique, la demande s'accroît, étant donné la plus forte production. Mais, considérant le temps de réponse de l'offre, on observe une montée des prix. L'inverse se produit en période de récession.

La capacité des usines à utiliser des fibres recyclées est limitée par des contraintes au niveau de la qualité du produit. En effet, les fibres recyclées ne permettent pas d'obtenir un papier aussi uniforme qu'avec des fibres vierges; cependant, ce papier sera plus opaque, ce qui est désirable dans certains cas.

Du côté technique, le papier recyclé exige une surveillance et un contrôle accrus au niveau du procédé, en plus de contraintes telles le désencrage, les risques de contaminants ou d'approvisionnements irréguliers. Dans l'ensemble, les fibres recyclées représentent tout de même 6.7% de la production canadienne totale de papier (35), présentant un taux de recyclage de 22.4% au Canada, compte tenu des exportations.

Les principales sources d'approvisionnement sont les bureaux, compagnies et commerces et il est à noter que la récupération du carton prédomine généralement. Cette récupération s'effectue par un certain nombre de récupérateurs professionnels ou artisans et des groupes de volontaires, qui couvrent l'ensemble des régions. Ce papier est alors trié par catégorie et vendu, ou livré mélangé à bas prix, si le triage est trop laborieux. Le marché le plus important est cependant représenté par le papier de première classe.

Les utilisateurs de papier secondaire s'approvisionnent soit par l'entremise du récupérateur ou parfois directement à la source.

La récupération professionnelle est un domaine bien établi mais délicat en pratique. Etant donné les coûts élevés d'achat, de transport et de mise en valeur du produit, en plus des fluctuations de l'offre et la demande, il importe que l'équilibre de ce marché ne soit pas perturbé par des apports multiples et incontrôlés. Ce commerce pourra s'implanter davantage si on lui assure une plus grande crédibilité en offrant aux industries une qualité et une régularité des approvisionnements.

Ce domaine de récupération démontrera sans doute une croissance graduelle, songeant à la consommation croissante de papier et particulièrement de papier recyclé. Suite à la recherche et à la mise au point de nouveaux procédés dans la fabrication de pâtes de fibres recyclées, on peut s'attendre à une augmentation de la demande, particulièrement pour les nouveaux moulins à papier. Enfin, l'économie d'énergie, les coûts de main-d'oeuvre et l'éloignement des zones d'exploitation forestière favoriseront le recyclage des fibres.

Il apparaît qu'au niveau d'une usine telle que projetée, il est possible, par exemple, de récupérer manuellement à la réception près de 3% de papier-journal et 3% de carton ondulé sur l'ensemble des déchets reçus, sans perturber les activités de l'usine et en utilisant un minimum de main-d'oeuvre. Cette pratique visera d'abord les camions assignés aux déchets d'origine commerciale.

Les prix sont naturellement variables mais on peut s'attendre à obtenir plus de \$20.00/tonne dépendant de la qualité des matériaux. Notons cependant que, selon les bilans énergétiques, il est plus avantageux de brûler le papier plutôt que de le recycler car, au niveau des techniques de combustion disponibles, le taux de récupération énergétique est trois fois plus élevé que le taux économisé par recyclage (35).

Mentionnons enfin d'autres marchés, tels la fabrication de panneaux isolants ou de litières à partir du papier récupéré, qui offrent certaines ouvertures.

8.3.3 Marché du verre

Dans le cadre de ce projet, le recyclage du verre n'offre que peu d'intérêt. En effet, les équipements mécaniques de séparation appliquant des techniques de tamisage et de séparation à l'air pour concentrer la composante de verre, ne démontrent que peu d'efficacité au niveau de la qualité du produit.

Bien que le verre, en raison de ses propriétés physiques et chimiques, soit très facilement recyclable, le marché du verre recyclé est pour sa part très sévère quant au taux d'impureté dans le produit, et exige très souvent que ce verre soit trié par couleur.

Des techniques de séparation par densité et séparation électronique des couleurs font l'objet d'expérimentations très avancées, mais ne sont pas désirables dans le cadre de notre

projet. Cette récupération n'est actuellement applicable qu'en séparant le produit à la source et le marché actuel que représentent les fabricants de verre y est très favorable. Le prix payé est d'environ \$30.00 la tonne pour du verre lavé et débarrassé de ses impuretés et préférablement trié par couleur.

Notons enfin qu'une production de verre impur pourra certainement se voir offrir des ouvertures dans un proche avenir dans des domaines tels la fabrication de laine de verre, de panneaux céramiques et autres produits actuellement en phase d'expérimentation.

8.3.4 Autres produits recyclables

Les autres produits offrant un certain intérêt sont principalement les métaux non ferreux (Al, Cu, Sn, etc). Ces métaux ont un prix très élevé sur le marché de la récupération, mais se voient imposer des normes sévères de qualité.

Cependant, leur faible teneur dans les déchets et la complexité des techniques de séparation et de purification, permettent difficilement cette récupération. La faible teneur en étain des canettes, de l'ordre de 0.3% à 0.4%, peut aussi représenter une source d'étain exploitable, étant donné son prix élevé; cette récupération est pratiquée à Hamilton, Ontario.

Notons finalement que les plastiques n'offrent aucun potentiel de récupération, autre que leur chaleur de combustion relativement élevée, étant donné la variété des types de plastique et l'inexistence de techniques adéquates de séparation et de mise en valeur.

Les marchés actuels des matériaux recyclables sont donc limités dans le cadre de l'exploitation d'une usine de compostage, étant donné les normes sévères de qualité des matériaux. A la limite, seule la récupération du fer et du carton apparaît praticable.

IX. REGION TYPE

9.1 GENERALITES

Ce chapitre a pour but d'exposer d'une façon concrète les démarches à suivre dans l'implantation d'une usine de compostage. Par le terme région-type, on entend une région dont les caractéristiques démographiques, économiques, climatiques et agricoles sont représentatives des conditions généralement trouvées au pays.

Les principaux critères à respecter dans le choix d'une région propice à l'implantation d'une usine de compostage se résument ainsi:

- 1) la disponibilité de la matière première (quantité suffisante de déchets urbains, disponibilité de boues d'égout ou de fumier de volaille suppléant à un apport chimique d'azote);
- 2) la proximité des marchés (marché agricole, cultures maraîchères, arboriculture, marchés domestiques, aménagement du territoire, etc.);
- 3) la disponibilité de terrains avec les qualités environnementales requises;
- 4) l'impact de l'usine de compostage sur le système actuel de la gestion des déchets.

9.2 DESCRIPTION DE LA REGION

La région retenue en vue d'implanter une usine de compostage est une région à caractère agricole. Au coeur de cette région, un centre urbain de plus de 50,000 habitants contrôle l'économie régionale et représente une source intéressante de déchets domestiques. Par ailleurs, les régions les plus intéressantes sont celles qui présentent des problèmes limitant la gestion traditionnelle des déchets.

Suivant un taux de production de déchets domestiques et commerciaux dégradables de plus de 1.0 km/personne/jour, l'usine de compostage prévue aura une capacité minimale de 70 tm/jour de déchets bruts (75 tonnes courtes/jour), sur une base de 5 jours de travail par semaine. Elle pourra produire annuellement 9,100 tm (10,000 t courtes) de compost.

Si les coûts de transport le permettent, on peut envisager l'exploitation des déchets dans une localité voisine de plus grande importance où pourrait être implantée une usine de compostage de plus grande capacité, répondant amplement à la demande totale de compost de la région entière. L'importation de déchets de cette localité voisine peut aussi être envisagée avant l'accroissement saisonnier de la demande.

9.3 ETUDE DU MARCHE

Il est difficile d'évaluer la demande globale de compost. Les statistiques actuelles ne permettent pas d'évaluer l'écoulement de ce produit; nous savons cependant que sa consommation demeure minime. On a toutefois pu, au chapitre 7, évaluer ces besoins à long terme lors de l'analyse des divers secteurs d'activités, permettant l'écoulement du compost. Nous réviserons ici ces marchés prometteurs sur le plan régional.

9.3.1 Marché agricole et cultures maraîchères

Avant tout, il importe de s'assurer un marché suffisant par l'élaboration d'un inventaire de la demande potentielle de compost par type de culture. Une enquête auprès des utilisateurs éventuels est nécessaire, d'abord pour savoir si on peut surmonter les préjugés et pour connaître les coûts actuels des produits compétitifs et les standards de qualité exigés. On pourra de plus évaluer l'ampleur des marchés envahis par les produits d'amendement et les fertilisants concurrentiels, soit les fumiers et les engrais commerciaux.

Les données statistiques nous informent d'abord de l'ampleur des différentes cultures de la région, dans un rayon de l'ordre de 80 km (50 m). L'inventaire spécifiera les marchés ouverts au compost ainsi que les superficies visées.

Un exemple de données statistiques sur les superficies cultivées dans une région-type est présenté au tableau 23.

Suite à l'enquête menée auprès d'un certain nombre de clients potentiels, il apparaît que les engrais commerciaux représentent la presque totalité des achats, alors que le fumier, relativement rare dans la région, n'est utilisé que sur les fermes d'élevage qui en disposent.

En outre, de 5 à 10% des clients peuvent montrer un intérêt pour ce nouveau produit. Le prix de revient du compost demeure cependant le facteur principal qui favorisera cette

TABLEAU 23. REPARTITION DES SUPERFICIES EN CULTURE DANS LA REGION-TYPE (RAYON DE 80 KM)

	SUPERFICIES EN CULTURE (acres)	TAUX ANNUELS D'APPLICATION DE COMPOST	POURCENTAGE DE PARTICIPATION (%)	DEMANDE ANNUELLE (TM/AN)
<u>Population:</u> 500,000		0.7 tm/1000 habitants		350
<u>Production végétale</u> (acres)		4 tm/acre	5	
- orge :	1,400			280
- blé :	2,000			400
- foin :	76,000			---
- maïs fourrage :	9,000			1800
- maïs grain :	11,500			2300
- avoine :	22,000			4400
- pommes de terre :	320			64
<u>Fruits</u> (acres)		4 tm/acre	5	
- pommes :	200			40
- fraises :	130			26
- framboises :	30			6
<u>Légumes</u> (acres) :	6,500			1300
<u>Cultures industrielles</u> (acres)		4 tm/acre	5	
- lin :	200			40
- soya :	50			10
- betterave à sucre :	75			15
<u>Serres</u> (mètres carrés) :	1,250	35 kg/m ²	10	5
<u>Pépinières</u> (acres) :	100	4 tm/acre	5	20
TOTAL :	130,755			10,700

option. On songe, de plus, à ajouter des fertilisants chimiques au compost afin de rentabiliser les opérations d'épandage.

On reconnaît en effet que l'usage des fertilisants commerciaux est un facteur de productivité des sols, plus important que l'usage du compost et que les coûts et les difficultés techniques de l'épandage uniforme du compost limitent actuellement la généralisation de cette pratique.

Enfin, sur la base de la teneur du compost en éléments fertilisants primaires, l'achat d'une tonne de compost équivaut à \$5.16 de fertilisants commerciaux (voir tableau 8).

A la suite d'une campagne de promotion bien organisée, on peut s'assurer au moins 5 à 10% de coopération de la part des exploitants. Sur la base d'un dosage annuel de 4 tm/acre, tel que proposé à la section 7.3.1 et excluant l'application de compost sur les superficies importantes vouées à la production de foin, cette demande représente plus de 10,700 t m/an de compost.

Cependant, considérant les propriétés exceptionnelles du compost, modifiant profondément les qualités des sols, tel que vu, le prix de vente du compost au niveau du marché agricole sera porté à \$50.00/tm. Parmi les effets remarquables de l'application du compost, notons l'apport appréciable de matière organique et d'éléments mineurs bien balancés, l'amélioration de la structure des sols et de ses caractéristiques biologiques, la moindre susceptibilité des sols à la compaction, la limitation des effets de l'érosion, etc.

En conclusion, malgré les objections généralement présentées face à l'usage du compost sur les sols agricoles, étant donné les doutes persistants quant à la rentabilité de cette pratique, il demeure que ce secteur d'activités bénéficiera à court et à long terme des propriétés reconnues du compost. Le marché agricole représente, enfin, un débouché des plus intéressants par les quantités pouvant être demandées, estimées à 10,300 tm/an, en se basant seulement sur une participation de 5% des clients potentiels.

9.3.2 Marché domestique

Outre les diverses exploitations inventoriées, il faut aussi considérer le marché des utilisations domestiques de sols artificiels pour les plantes d'intérieur, le jardinage et l'entretien des pelouses.

La demande pour ces besoins domestiques est cependant difficile à évaluer, étant donné les facteurs imprévisibles tels que la méfiance des consommateurs à l'égard de ce nouveau produit, le degré de qualité de celui-ci et l'efficacité d'une campagne de promotion du produit, face à la concurrence.

En se basant sur les quantités de tourbe vendue au détail, seules données disponibles, et supposant un déplacement de 15% de ce marché en faveur du compost, on obtient une demande de .7 tm/1000 habitants, soit une quantité de 350 tm/an basée sur la population régionale. Ce marché est, de plus, en pleine croissance.

On prévoit enfin 5 tm/an pour la serriculture régionale, soit 10% de la demande annuelle de sols artificiels, à un taux d'utilisation de 35 kg/m².

Dans le cas de la vente au détail, on doit aussi considérer que les coûts de transport sur de grandes distances peuvent être absorbés par le prix de vente élevé. Ce marché de la vente au détail pourra donc écouler des quantités supplémentaires de compost à l'extérieur de la région. Cependant, il demeure difficile à évaluer. Rappelons que, même si les quantités inscrites dans la vente au détail sont relativement minimes, ce marché demeure important, étant donné le coût élevé des sols artificiels et fertilisants généralement offerts.

Il en ressort qu'une campagne de promotion bien menée sur le marché domestique sera avantageuse du point de vue économique, mais ne pourra permettre d'écouler qu'une quantité de l'ordre de 350 tm/an au niveau régional.

Considérant le prix unitaire minimum de l'ordre de \$150./tonne pour des produits de qualité similaire sur le marché de la vente au détail, ce prix de vente sera retenu pour les usages domestiques, pouvant écouler quelques 350 tm/an.

9.3.3 Secteur public

Enfin, le secteur public représentera un débouché de grande importance au niveau de l'aménagement et de l'entretien de lieux publics, tout comme divers projets d'aménagement exigeant de grandes quantités de sols fertiles (foresterie, sites miniers, etc.). Il est cependant difficile d'évaluer ces besoins mais on peut généralement compter sur l'appui des secteurs publics qui écoulent, selon leurs besoins, des quantités importantes de compost. On ne peut comptabiliser ces débouchés dans cette étude préliminaire, étant donné qu'aucune entente précise n'a été conclue et que ce marché ne se présente généralement que de façon sporadique.

Le marché disponible pour le compost apparaît donc tout à fait sécuritaire par rapport à la production de l'usine, 9100 tm/an de compost, sur une base annuelle, pour cette localité de 50,000 habitants. Il importe en effet que la demande excède la production pour s'assurer de l'écoulement du produit.

Il ressort de cette approche du marché potentiel qu'il faut prévoir de façon sécuritaire le taux de participation des clients potentiels et ajuster la production de l'usine à cette demande.

De multiples usages sont de plus ouverts au compost dans les secteurs de l'aménagement du territoire. Il importera donc, dans toute analyse particulière des marchés, de promouvoir l'utilisation du compost auprès des administrations publi-

ques. On sait que le compostage demeure une forme de recyclage des ressources et que l'écologie du milieu peut en tirer des bénéfices.

9.4 IMPLANTATION DE L'USINE

9.4.1 Critères de qualité du produit

Comme nous l'avons vu au chapitre VIII, la qualité du compost doit répondre à certaines normes. On peut ainsi classer 3 catégories de compost suivant les usages prévus, particulièrement du point de vue de la granulométrie et de la présence d'impuretés.

Un certain taux d'impuretés et une homogénéité moindre dans la texture du compost répondent aux besoins de la foresterie et de divers travaux d'aménagement. D'autre part, une qualité supérieure est requise pour la vente en vrac auprès des exploitants de terres de culture. On ne peut, en effet, tolérer un très haut taux d'impuretés dans le produit du fait qu'une bonne apparence d'un produit, dans sa nature tout comme dans son homogénéité, inspire confiance.

Enfin, pour la vente au détail vouée principalement à l'horticulture, à la serriculture et aux besoins domestiques, un compost de parfaite qualité est nécessaire, étant donné les exigences des règles d'hygiène et le besoin d'un produit de belle apparence dans ce type d'utilisation.

On doit donc produire une fine granulométrie et un minimum d'impuretés, particulièrement le verre, à cause du contact physique de l'utilisateur avec le produit. Un compost exempt d'odeur et de germes pathogènes, dont la composition est certifiée par un contrôle sévère, a de meilleures chances de succès.

9.4.2 Contraintes d'exploitation de l'usine

9.4.2.1 Climat et demande saisonnière

L'exploitation d'une usine de compostage sera conditionnée par différentes contraintes telles que la demande saisonnière, nécessitant des aires de stockage, en plus des contraintes climatiques qui défavorisent plusieurs types de procédés de compostage extérieur.

Le marché agricole demeure, dans le cas présent, le principal débouché de la production et ne permettra d'écouler le produit que durant deux périodes de l'année, soit vers le mois de mai, au printemps et durant les mois de septembre et octobre, à l'automne. La période d'automne nécessite généralement des quantités doubles par rapport aux besoins printaniers, dans le secteur agricole.

On peut alors concevoir une usine ne fonctionnant qu'à certaines périodes de l'année, par exemple, à deux reprises, durant les mois précédant les hausses saisonnières de la demande. Cependant, on aura recours à des silos d'entreposage par catégorie de compost après une période de maturation à l'extérieur, pour préserver le compost des intempéries.

Le rude climat de l'hiver canadien favorise, de plus, l'adoption d'un procédé de compostage intérieur avec brassage mécanique, afin de contrôler et d'accélérer le processus de décomposition et d'assurer la qualité du produit fini.

On sait que les techniques de compostage extérieur, en rangées, peuvent facilement créer, en été, des problèmes d'odeurs et de vermines, alors que l'hiver, les basses températures causeront un refroidissement marqué de la masse, surtout lors des retournements périodiques. On ne peut donc garantir la destruction de tout germe pathogène et le maintien d'un processus de décomposition suffisamment efficace.

La période de cure assez courte pourra cependant être effectuée à l'extérieur, à l'air libre, favorisant ainsi un séchage partiel du produit fini.

9.4.2.2 Hygiène industrielle

Selon un autre point de vue, l'exploitation de cette usine doit répondre à des normes rigoureuses de sécurité et de salubrité pour les ouvriers. Les risques d'incendie ou d'explosion à l'intérieur du broyeur primaire seront minimisés par un contrôle visuel des déchets reçus, par l'addition d'une structure protectrice sur le broyeur pouvant contenir une explosion éventuelle et par l'installation d'un système de gicleurs en cas d'incendie, au niveau du broyage et des aires d'entreposage des déchets ou du compost.

La salubrité des lieux sera assurée par un contact minimal de ouvriers avec les déchets reçus, par une aération suffisante sur l'aire de réception et à l'intérieur de l'usine et par le confinement et l'aspiration des poussières en tout point de génération de celles-ci, entre autres aux points de déchargement des courroies.

Une addition d'eau aux déchets dès leur réception pourra cependant minimiser de tels problèmes tout en réduisant les risques d'incendie.

9.4.3 Types d'équipement et espaces requis

L'équipement requis a déjà été présenté à la figure 2. L'aire de réception sera une plate-forme intérieure bétonnée évitant la diffusion de poussières et de déchets à l'extérieur. Suffisamment spacieuse, cette aire permettra la circulation des camions de collecte et l'accumulation d'une certaine quantité de déchets. Le tri manuel des déchets ne vise que les objets métalliques volumineux et autres matériaux pouvant endommager le broyeur (cuisinières, fils de fer, matelas, etc.), et les substances très inflammables ou explosives. On ne peut faire, à ce niveau, un tri des matières inertes et compostables pour des raisons d'hygiène et d'efficacité du système.

Un tracteur déverse ensuite les déchets sur la courroie d'alimentation du broyeur primaire, dont la capacité minimale sera de 15 tm/heure. Suivent alors les opérations standard de séparation magnétique, de broyage secondaire, d'addition

d'eau et de supplément azoté, de digestion contrôlée et de maturation à l'extérieur. Le processus de digestion s'opérera à l'intérieur et le choix du procédé portera, pour sa part, sur des critères d'économie, d'efficacité et de qualité du produit, tel que discuté à la section 6.2. Un équipement de séchage des boues d'égout peut s'avérer nécessaire.

Pour rehausser la qualité finale du produit, on pratique généralement sur le compost un tamisage et une séparation à l'air retirant les impuretés, suivis au besoin d'un séchage d'un broyage et d'un contrôle en laboratoire de la qualité du produit. Ce traitement complet est requis pour la vente au détail d'un compost de qualité concurrentielle, alors qu'un simple tamisage retirant quelques matériaux inertes (métaux, plastiques, etc.) pourra suffire pour une utilisation en foresterie, recouvrement de sols dénudés, etc. On doit aussi signaler qu'à la fin du traitement, l'addition de fertilisant chimique est généralement désirée pour les usages en agriculture.

Deux tracteurs et deux camions complètent enfin l'équipement de base.

Les espaces requis seront essentiellement conditionnés par la quantité de compost en maturation ou en entreposage. Un secteur industriel serait désirable comme site d'implantation.

Enfin, des tests de contrôle du degré de maturation et de la composition du produit fini sont essentiels à la crédibilité des utilisateurs et au maintien de standard de qualité.

9.4.4 Main-d'oeuvre

La main-d'oeuvre requise pour l'usine projetée est présentée au tableau 24. On y retrouve d'abord un administrateur s'occupant de la gérance de l'usine et un assistant. Un contremaître dirige les opérations qui requièrent, dépendamment du processus, au moins 6 opérateurs que l'on retrouve sur l'aire de réception, au poste de pesage des camions, au poste de contrôle des équipements, à l'opération de la chaîne de traitement, aux travaux de nettoyage et d'entretien et à l'emballage du compost. On peut aussi avoir recours aux services d'un mécanicien et d'un électricien sur une base permanente, pour les travaux de maintenance des équipements et du matériel roulant.

On retient enfin les services de 3 chauffeurs, soit sur l'aire de réception, pour le transport des résidus au site d'enfouissement, pour le transport du compost sur l'aire de maturation et d'entreposage et, finalement, pour d'éventuelles livraisons de compost en vrac ou au détail.

L'équipe de base, à l'usine, sera donc constituée d'un minimum de 14 membres. On pourra lui adjoindre un expert de formation scientifique au niveau du contrôle de la qualité du produit.

TABLEAU 24: EQUIPE DE BASE DE L'USINE⁽²³⁾

<u>POSTES</u>	<u>NOMBRE DE MEMBRES*</u>
Administration	2
Contremaître	1
Opérations	2
Maintenance	2
Main-d'oeuvre	4
Transport	3
Contrôle de la qualité	1
TOTAL (hommes-années)	15

* Cédule de 8 heures/jour.

9.4.5 Etapas de mise en oeuvre de l'usine

Comme nous l'avons vu, un tel projet nécessitera une étude régionale et une enquête permettant d'évaluer le marché accessible pour écouler la totalité du compost produit. Un inventaire des déchets à l'échelle régionale s'avère aussi des plus utiles afin de s'assurer de la quantité des déchets bruts disponibles et de leur composition. On détermine ainsi la capacité de l'usine à partir du marché disponible au compost.

Le projet de construire une usine de compostage des déchets domestiques et de mettre en marché le produit devra d'abord être soumis à l'approbation des responsables gouvernementaux, étant donné l'impact du projet à plusieurs niveaux du secteur public (agriculture, environnement, gestion des déchets).

Une étude d'impact suivra et un débat public sera dirigé par les promoteurs du projet, afin de s'assurer d'aucune opposition et de l'appui du public en général.

Suivra ensuite l'achat des terrains requis après révision des règlements de zonage. On peut ici songer à des délais de conception des équipements et installations requis s'échelonnant sur près d'un an. Des appels d'offres seront faits auprès des entrepreneurs en construction et des fournisseurs d'équipement.

On procédera par la suite à la fabrication ou à l'achat des équipements industriels requis, parallèlement à la construction de l'usine.

Après une période de calibrage et d'essais des équipements durant quelques mois, l'usine pourra fonctionner sur une base commerciale.

Il est entendu que l'usine de traitement sera construite à proximité du principal centre de production de déchets, dans un secteur industriel, afin de minimiser les coûts de collecte des déchets.

9.5 MODE DE MISE EN MARCHÉ

L'arrivée sur le marché d'un nouveau produit nécessite une publicité exposant les avantages de l'utilisation de ce produit et les caractéristiques qui lui sont propres.

Dans une première phase de la mise en marché, une campagne de promotion bien montée permettra de faire connaître le produit. Durant la campagne, on favorisera l'adaptation de l'utilisateur à ce nouveau produit à l'aide de toute l'information désirée sur ses avantages et ses caractéristiques en regard de tout produit concurrentiel, de même que sur les techniques d'usage préconisées.

La promotion du produit pourra s'effectuer, d'une part, grâce à la coopération d'associations d'horticulteurs, de centres du jardin, de coopératives agricoles et d'autres organismes publics oeuvrant dans le secteur. La distribution gratuite du compost à tous les intéressés favorisera, d'autre part, la diffusion de la publicité et l'adaptation au nouveau produit.

Cette campagne de promotion devra se dérouler aussi longtemps qu'un marché sûr et à long terme ne sera pas établi.

Par la suite, des prix fixes seront adoptés en fonction de la catégorie de qualité désirée, prix qui seront en tout temps compétitifs avec les autres produits équivalents sur le marché.

La majeure partie du compost produit sera livrée en vrac chez les cultivateurs, le horticulteurs et arboriculteurs et, éventuellement, sur des aires d'aménagement de sites publics ou privés. Les plus gros volumes seront livrés au printemps et à l'automne.

Une partie négligeable de la production, de l'ordre de 5%, sera emballée en sacs de 10 à 20 kg et distribuée dans tous les centres du jardin des agglomérations urbaines de la région. De nouveaux marchés extérieurs pourront, de plus, être progressivement exploités.

Dans ce secteur de la vente au détail, il importe que la présentation soit des plus soignées et qu'un certificat public joint à l'emballage atteste le degré de qualité du produit, afin de convaincre les plus méfiants.

9.6 BILAN DE MASSE

Suite aux expériences antérieures, il a été démontré que la quantité de compost produit représente 45 à 50% de la quantité de déchets bruts traités, pour un compost à 30% d'humidité. Les rejets totaliseront, pour leur part, de 30 à 40% de la quantité de déchets bruts, après raffinage d'un compost de qualité. Ces résidus seront alors acheminés au site d'enfouissement local. Il est cependant à prévoir que ces quantités de résidus seront généralement moindres, dépendamment de la qualité exigée.

L'addition de boues d'égout aux déchets représente un apport désirable d'azote à la masse compostable, malgré les risques

delà présence de germes pathogènes indésirables. Considérant, par exemple, un taux de production de boues de l'ordre de .055 kg/ personne/jour⁽²³⁾ (base sèche) et une génération déchets compostables d'au plus .75 kg/personne/jour (base sèche), l'apport de boue constitue donc 7% de la masse à composter, sur la base d'une même population. Ces boues, dont la teneur en azote est d'environ 3%, comparativement aux déchets démontrant moins de 1% d'azote, seront généralement utilisées en totalité. Cet apport abaissera sensiblement le rapport carbone/azote de la masse près du niveau désirable de l'ordre de 30.

On pourra cependant substituer aux boues du fumier de volaille, à haute teneur en azote ou encore un supplément chimique, dans des proportions déterminées.

Il est, en outre, à prévoir que des marchés intéressants sont susceptibles de s'ouvrir pour les métaux ferreux extraits par séparation magnétique sur la chaîne de traitement et représentant environ 6% de la quantité de déchets bruts.

Certains ballots de papier et carton non souillés et faciles à extraire manuellement de la masse de déchets, à la réception, peuvent représenter plus de 5% de la quantité de déchets bruts. Cette récupération peut être rentable sur les marchés de recyclage, tout en abaissant le rapport carbone/azote généralement élevé dans les déchets, dû au plus haut taux de carbone dans la matière ligneuse.

Cette pratique de récupération n'est réalisable que dans la mesure où les conditions d'hygiène sont respectées et qu'il n'y a pas de ralentissement des opérations.

9.7 BILAN ENERGETIQUE

Certaines données sont disponibles pour établir un bilan énergétique d'une usine de compostage. Au tableau 25, on présente la consommation unitaire en énergie des principales composantes de la production de compost.

Sur la base de ces chiffres il nous est possible d'établir un bilan énergétique de cette production, retenant une chaleur de combustion de 17,000 KJ/kg (7,300 BTU/lb) pour le compost produit. Considérant la dépense énergétique de 2.3 GJ/tm dans le traitement des déchets bruts et la production équivalente de .5 tm de compost, on obtient une efficacité de 70%.

9.8 BILAN ECONOMIQUE

L'analyse économique de l'usine de compostage projetée est en partie fonction du type de procédé retenu, parmi les systèmes avec brassage mécanique disponibles, et du degré d'automatisation des systèmes de contrôle du processus (température, humidité, oxygénation, etc.). Basée sur un certain nombre de données économiques américaines, l'analyse des coûts, présentée aux tableaux 26 et 27, est représentative des coûts moyens de l'exploitation d'une usine d'une capacité de 100 tm/jour.

TABLEAU 25: CONSOMMATION EN ENERGIE AU NIVEAU D'UNE USINE
DE COMPOSTAGE, PAR TONNE DE DECHETS BRUTS

ITEM	Consommation d'énergie	
	(kW-h/TM)	(GJ/TM)*
Traitement (puissance installée: 900 HP)	40	0.45
Eclairage		0.03
Chauffage		0.32
Maintenance (4.9 kW-h/\$1980)	21	0.23
Transport (30 km)		0.07
Capital (4.9 kW-h/\$1980)	107	1.18
	—	—
TOTAL	--	2.30

* Taux de production de chaleur: .0111 GJ/kW-h

SOURCE: Référence No. 36

TABLEAU 26: BILAN PRO FORMA
(Début de l'exploitation)

ACTIF:

(\$1980)

Immobilisation:

- Terrain	\$ 30,000.
- Bâtiment	\$3,025,000.
- Machinerie	<u>\$2,145,000.</u>
	\$5,200,000.

Financement:

- Financement (40%)	\$2,080,000.
- Subventions gouvernementales (50%)	\$2,600,000.
- Mise de fond (10%)	<u>520,000.</u>
	\$5,200,000.

TABLEAU 27: BILAN ANNUEL
(profits et pertes)

Coûts d'exploitation d'une usine de compostage avec brassage mécanique

- Capacité: 100 tm/jour
- Quantité de déchets traités: 18,250 tm/an
(Population: 50,000 habitants)

Investissements en capitaux

Terrain	\$ 30,000.	
Construction	\$2,620,000.	
Silos de stockage	\$ 130,000.	
Équipement	\$1,750,000.	
Matériel roulant	\$ 200,000.	
Contingement	\$ 470,000.	
Investissement total:		\$5,200,000.

Coûts annuels

Financement ¹	\$ 244,300.	
Salaires		
Administration	\$ 52,000.	
Opération & entretien	\$ 235,200.	
Transport	\$ 66,000.	
Services & électricité	\$ 36,000.	
Pièces - entretien (2% du capital)	\$ 35,000.	
Coût annuel total		\$ 669,100.

Revenus annuels

Contributions municipales:		
Épargne des coûts d'élimination des déchets ² (3.60/TM)	\$ 39,400.	
Épargne des coûts d'élimination des boues ³ (\$30.00/TM sèche)	\$ 30,100.	
Vente du compost		
Vente au détail (\$150./TM)	\$ 52,500.	
Vente aux agriculteurs (\$50./TM)	\$517,500.	
Vente de la ferraille ⁴ (\$4./TM)	\$ 4,380.	
		\$ 643,880.
Déficit:		\$ 25,200.

- (1) 40% du capital, amorti sur 20 ans à 10% d'intérêt.
- (2) Les résidus représentent moins de 40% de la masse de déchets initiale.
- (3) Taux de production de .055 kg sec/personne/jour.
- (4) La ferraille représente environ 6% de la masse initiale.

L'opération d'une usine de compostage ne peut cependant tirer profit de plus d'une cédule de travail par jour au niveau de la production, étant donné la période de digestion fixe de quelques jours indispensable au processus de digestion. Le taux de production ne relève donc que de la capacité de l'usine.

Les coûts suggérés comprennent la construction de l'usine et des silos, l'achat des équipements de traitement et de digestion des déchets, de même que les coûts annuels d'opération.

Les revenus perçus par l'entreprise consistent d'abord en une contribution de la municipalité étant donné la diminution des frais d'élimination des déchets et des boues résiduelles, selon les taux généralement admis. Puis s'ajoutent les revenus de la vente du compost sur le marché au détail et dans le secteur agricole, selon les prix retenus à la section 9.3. Enfin, la vente de la ferraille peut éventuellement représenter un revenu supplémentaire.

Il sera enfin possible de rentabiliser davantage une telle usine en opérant intensivement l'usine durant les périodes précédant les pointes saisonnières de la demande. On évite ainsi les exigences et les frais d'un long entreposage.

Durant ces périodes, on pourra étendre davantage la région d'exploitation de déchets afin d'atteindre la capacité ultime de l'usine. Celle-ci a été déterminée dans notre cas à 100 tm/jour, alors qu'on ne produit que 70 tm/jour de déchets.

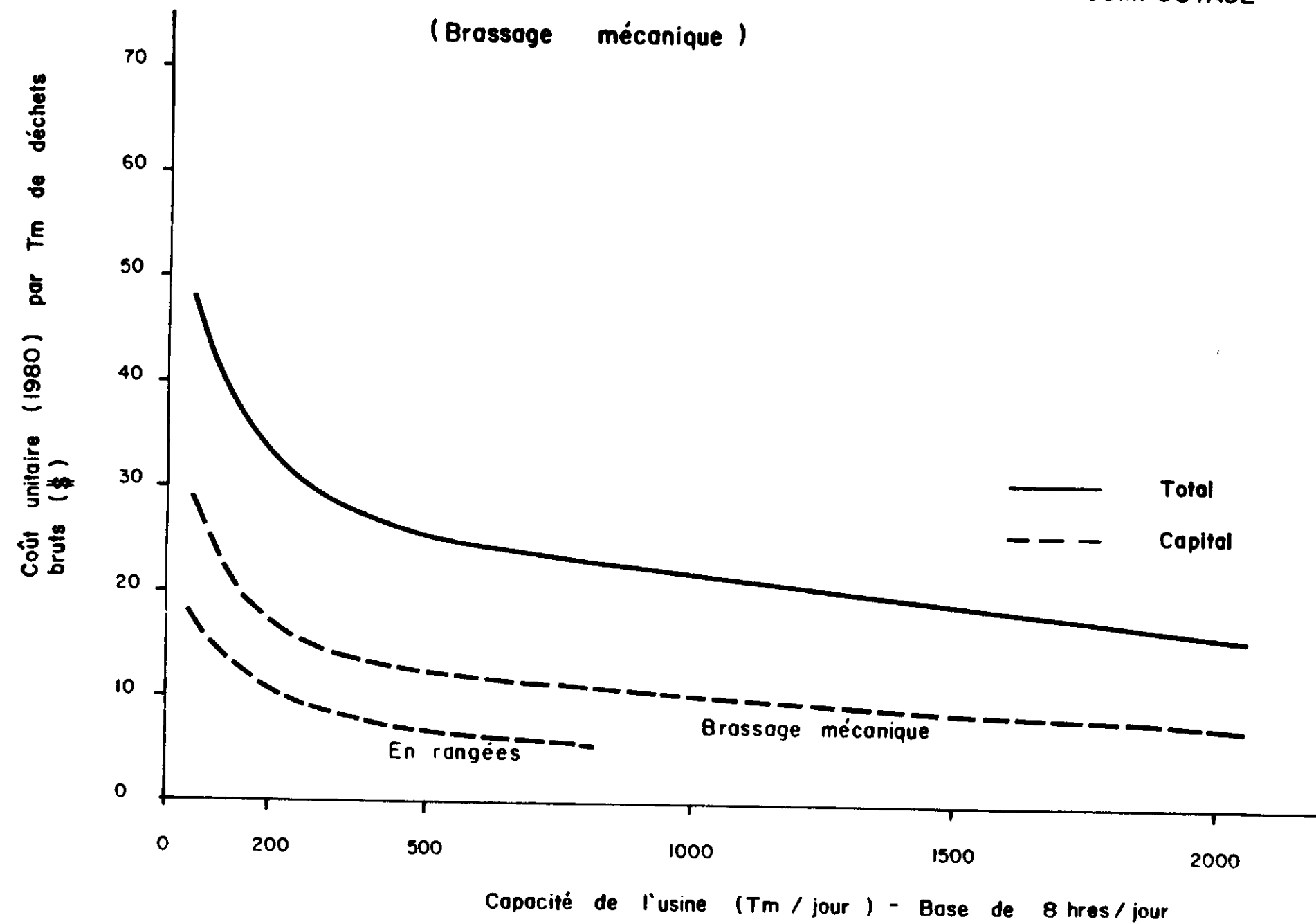
Le coût unitaire d'exploitation d'une usine de compostage est aussi grandement conditionné par la capacité de l'usine, tel que présenté à la figure 9. On y retrouve le coût unitaire moyen en capitaux, dans ce cas totalement amortis sur 20 ans à 10% d'intérêt, et le coût total d'exploitation d'une usine avec brassage mécanique, fonctionnant à pleine capacité.

Pour fins de comparaison, le coût unitaire d'une usine de compostage en rangées a été établi sur la base de quelques données disponibles, mais ce système est difficilement applicable en climat rigoureux, tel que nous l'avons vu. Selon ce point de vue, rappelons que le procédé "Bio-tank", avec utilisation d'un toit mobile, représente un compromis qu'il faudrait analyser de plus près, étant donné ses coûts avantageux.

Cette étude économique n'est cependant que préliminaire, compte tenu des mesures d'incitation fiscale disponibles et variées dans plusieurs secteurs de l'administration publique. Dans l'établissement du bilan, on a toutefois songé à des subventions gouvernementales de l'ordre de 50% des capitaux nécessaires, ainsi qu'à une participation financière des municipalités impliquées, dont les dépenses pour la gestion des déchets et possiblement des boues d'égout se verront amoindries.

Enfin, ces coûts peuvent être modifiés par l'exploitation variable et saisonnière d'une usine de compostage, tel que vu, en fonction de la demande, accélérant l'entrée des profits suite aux frais d'opération.

FIGURE 9 COÛTS UNITAIRES D'UNE USINE DE COMPOSTAGE
(Brassage mécanique)



9.9 ETUDE D'IMPACTS

9.9.1 Impact socio-économique

La construction d'une usine de compostage ouvrira la voie à de nouveaux projets dans le domaine de la récupération et de la conservation des ressources. L'opinion populaire milite, de plus, en faveur d'une société soucieuse d'une utilisation rationnelle des ressources et de la protection du milieu naturel.

Il est aussi important de signaler qu'une telle usine de traitement générera plusieurs nouveaux emplois, créant ainsi une stimulation de l'économie locale.

Suite à l'analyse économique effectuée, il apparaît que le nouveau mode de gestion proposé peut être rentable et profitable à l'agriculture locale. Celle-ci se verra attribuer une ressource de valeur dont l'approvisionnement et la stabilité du prix d'achat sont assurés pour de nombreuses années.

9.9.2 Impact sur l'agriculture

L'agriculture locale bénéficiera de l'application de compost aux sols par une augmentation de la productivité des terres en culture. Le compost conditionne, en effet, les sols en leur procurant de la matière organique, en rehaussant leurs qualités physiques et biologiques et en représentant un apport appréciable d'éléments mineurs. Un sol en culture ne

ment, de toute façon, subir indéfiniment une exploitation intensive sans un rétablissement périodique de la qualité et de la composition de ce milieu, où les fertilisants chimiques ne jouent qu'un rôle partiel.

Les seuls dangers inhérents au compost et dont on est méfiant, sont le risque de contamination des sols par les métaux lourds issus de boues d'égout à caractère industriel et par la présence éventuelle de germes pathogènes, larves d'insectes ou graines de semence. Cependant, l'application de normes sévères sur les concentrations de métaux dans les boues utilisées permettra de respecter largement les exigences rapportées au tableau 5, au niveau des sols. La disponibilité des boues d'égout n'est cependant pas assurée et les concentrations de métaux sont généralement négligeables dans les déchets.

Enfin, les risques de diffusion de germes pathogènes (introduits surtout par des boues d'égout) et de la persistance de graines de semence seront minimisés en contrôlant efficacement les paramètres variables dans le processus de digestion, produisant une élévation prolongée de la température, létale pour ces formes de vie, comme l'ont démontré les expériences passées.

9.9.3 Impact sur l'environnement

Les principaux problèmes d'environnement liés à une usine de compostage sont (1) les poussières, (2) les odeurs, (3) le bruit et (4) la pollution des eaux.

1. Les poussières

Au niveau de l'usine, des problèmes de génération de poussières sont rencontrés principalement à l'aire de réception des déchets, près du broyeur et à tous les points de déversement des déchets d'une courroie à l'autre. Ces problèmes sont résolus par un confinement des secteurs générateurs de poussières, par des systèmes de ventilation adéquats et par l'établissement d'une pression négative dans l'usine, empêchant l'émission de poussières et d'odeurs à l'extérieur. Rappelons cependant que les poussières peuvent être efficacement contrôlées par une addition d'eau aux déchets à leur réception.

2. Les odeurs

Les émanations d'odeurs sont inévitables, selon le type de déchets traités, par exemple à la réception et au cours de la préparation de la matière à composter. Les problèmes d'odeurs sont particulièrement à surveiller dans le procédé de compostage lui-même, dans le cas où un manque de vigilance dans le contrôle des paramètres essentiels au processus aboutit à une fermentation anaérobie avec dégagement de sulfure d'hydrogène, de méthane et d'ammoniaque. Cette situation est à éviter à tout prix, non seulement à cause du dégagement d'odeurs mais aussi à cause de l'inefficacité du processus qui en résulte. Il est cependant facile de mener une dégradation aérobie inodore en introduisant suffisamment d'air dans la masse et en évitant une saturation d'eau.

Au niveau de l'aire de la cure finale et de l'entreposage, on ne rencontre généralement aucun problème si le processus accéléré de compostage a été mené assez longtemps et dans un environnement optimal. Le compost frais est alors suffisamment stabilisé, de sorte qu'une digestion aérobie des matières plus résistantes se poursuit par simple diffusion de l'air dans la masse entreposée.

3. Le bruit

Des problèmes de bruit se rencontrent en quelques points dans l'usine, surtout près du broyeur. Cependant, il a été vérifié qu'aucun employé n'est généralement assez près de celui-ci ou assez longtemps pour en faire l'objet de mesures spéciales.

Etant donné la circulation de trafic lourd encombrant et bruyant qui se situera dans le secteur de l'usine de traitement il importe qu'il existe des voies d'accès de première classe près du site de l'usine. Le bruit pourra ainsi être moindre et les risques d'embouteillage, minimisés. Le secteur choisi sera également à caractère industriel.

4. Pollution de l'eau

Les problèmes de pollution de l'eau peuvent se rencontrer dans les procédés de compostage en rangées, à l'extérieur, par exemple après une pluie intense où s'écouleront des eaux de lessivage. Celles-ci devront généralement être canalisées et traitées de façon adéquate. Dans le cas de l'entreposage du compost mûr, ces problèmes sont le plus souvent négligeables, étant donné la stabilité des matières putréfiées.

9.9.4 Impact sur la gestion actuelle des déchets

L'implantation d'une telle usine diminuera de beaucoup les quantités de déchets acheminés aux sites locaux d'enfouissement sanitaire. En plus, les résidus de l'usine représentent environ 30% de la masse de déchets bruts et seront dirigés au site d'enfouissement, en plus de plusieurs types de déchets industriels ou inertes ne correspondant pas aux besoins de l'usine. Les investissements effectués dans les sites d'enfouissement seront donc moins profitables à l'exploitant mais, par ailleurs, le temps de vie du site sera allongé.

Les municipalités concernées pourront possiblement réduire les coûts de collecte et de transport, étant donné la proximité de l'usine de l'agglomération principale, comme il est souhaité, à cette fin. Des subsides de ces municipalités peuvent, ainsi, être envisagées pour l'opération de l'usine.

Enfin, l'élimination des boues d'égout qui sont produites dans les usines d'épuration des eaux usées, demeure un problème accaparant dans de nombreuses municipalités nord-américaines, étant donné les difficultés d'ordre environnemental de les éliminer par enfouissement. Le procédé de compostage bénéficie par contre de l'azote qu'elles apportent, tout en humidifiant les déchets à composter.

Cette pratique s'avère donc très efficace, dans la mesure où on contrôle efficacement l'élimination des germes pathogènes au cours du processus et que l'on prévient la dissémination des métaux lourds, issus des effluents industriels.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- Sievert, R.C. 1973. C.S. Nov. Déc. 1973. Using Composted Wastes in the Greenhouse.
- 2- Kellogg, Clay. 1975. C.S. May-June. The Business of Processing and Marketing Wastes as Fertilizer and Soil Conditioner.
- 3- MacLean and Hore. 1975. Fumiers et composts. Agriculture Canada. Publication no 868.
- 4- Scott, Auguste. 1968. Les sols. Beauchemin.
- 5- Garner and Ritter. 1977. Soils for Management of Organic Wastes and Waste Water. American Society of Agronomy.
- 6- Hardy, M. 1979. Communication personnelle. Les engrais chimiques du Québec.
- 7- Gagnon, D. 1979. Communication personnelle. Centre de Recherches forestières des Laurentides.
- 8- Caron, R. 1979. Communication personnelle. Roche Associés.
- 9- Belzile G. 1979. Communication personnelle. Ministère de l'Agriculture.

- 10- Herschel S. Hosteck Ass. 1972. An Overview of Potential Markets for Municipal Compost NTIS.
- 11- Langlois. C.A. 1969. Recherche d'une méthode rapide d'évaluation de maturité du compost d'ordures ménagères. Thèse de maîtrise. Université Laval.
- 12- Normand, J. 1979. Communication personnelle. Ministère des Transports du Québec.
- 13- Sittig, M. 1974. Oil Spill Prevention and Removal Handbook. Noyes Data Corporation.
- 14- Vaux, W.B. Weebs and Nalubas. 1972. C.S. Mars-Avril 1972.
- 15- Pos, J. 1977. Composting. Technical Report 126-37. University of Guelph.
- 16- Normes pour le compost d'ordures ménagères du Bureau de Normalisation du ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec (BNQ - 0413-300-74)
17. Anstett, A. 1978. Points de vue de l'agronome quant à l'utilisation de déchets des centres urbains et de l'industrie en agriculture. Génie Rural, no 11 spécial "Déchets" nov. 1978. ISSN 0395-8663.

- 18- Balu, A., 1978, Traitement des ordures ménagères par compostage, Bibliothèque Nationale du Canada, Ottawa.
- 19- Bodman, Samuel W. and al, 1972, The Treatment and Management of Urban Solid Waste, edited by David Gordon Wilson, Technomic Publishing Co. Inc., Westport, Conn., USA.
- 20- Franklin, W.E. and al. 1973, Resource Recovery: The State of Technology, Midwest Research Institute, prepared for the Council on Environmental Quality, NTIS PB-214 149.
- 21- Franklin, W.E. and al, 1973, Resource Recovery: Catalogue of Processes, Midwest Research Institute prepared for the Council on Environmental Quality, NTIS PB-214 148.
- 22- International Research and Technology Corporation, 1973, Problems and Opportunities in Management of Combustible Solid Waste, prepared for the Environmental Protection Agency, Washington, NTIS PB-222 467.
- 23- Gordon, E.S. and al, 1971, Composting at Johnson City: Final Report on Joint USEPA-TVA Composting Project with Operational Data, 1967 to 1971. Vol I-II., Environmental Protection Agency, Washington, NTIS PB-261 047.

- 24- Bird and Hale Ltd, 1978, Municipal Refuse Statistics for Canadian Communities of over 100,000 (76-77), Pêche et Environnement Canada - Services de Protection de l'Environnement, Ottawa.
- 25- Scott, A., 1969, Les composts, Agriculture, Vol. XXVI, No. 2: 8-12.
- 26- Alarie, A., 1959, Essais sur les composts du type Frazer-Eweson. Rapport au Ministre de l'Agriculture, Québec (non publié).
- 27- Burge, W.D. and al, 1978, Destruction of Pathogens in Sewage Sludge by Composting, Transactions of the A.S.A.E., 21 (3): 510-514.
- 28- Ellis, J.R. and al, 1978, Fate of Pathogens in Soils Receiving Animal Wastes - A Review, Transaction of the A.S.A.E., 21 (2): 309-319.
- 29- Ministry of the Environment, Ontario, 1978, Guidelines for Sewage Sludge Utilization on Agricultural Lands prepared by Ad Hoc Committee of Ontario Ministry of Agriculture and Food, Ontario.
- 30- Webber, M.D. et al., 1978, Epandage des effluents et des boues résiduaires, présenté à l'Assemblée générale du Conseil des productions végétales du Québec.
- 31- Culp, Wesner, Culp, - Clean Water Consultants, Eldorado Hills, Ca., 1977, User Acceptance of Wastewater Sludge Compost, prepared for Municipal Environmental Research Lab, Cincinnati, Ohio. NTIS PB-272 095.

- 32- Robert Shnay and Associates Ltd, 1979. The Utilisation of Ferrous Scrap in Canada, Environmental Impact Control Directorate.
- 33- Recycling in Eastern Ontario, 1975. Pollution Probe - Ottawa.
- 34- S.P.E.Q., La récupération et le recyclage du verre et du métal.
- 35- S.P.E.Q., 1978, La récupération et le recyclage du papier au Québec, C. Tremblay et al., S.P.E.Q.
- 36- Ontario Research Foundation, 1976, Energy Analysis of Resource Recovery Option, The Ministry of the Environment, Ontario.
- 37- U.S. Environmental Protection Agency, 1971, Composting of Municipal Solid Wastes in the United States, U.S. Government Printing Office, Washington.
- 38- Environmental Protection Agency, 1973, Resource Recovery through Composting at Ecology, Inc., New-York, NTIS-PB-230-140.
- 39- Public Health Service, 1969, Gaines ville Compost Plant An Interim Report, U.S. Department of Health, Education and Welfare.
- 40- Peterson, M.L., 1971, Parasitological Examination of Compost; U.S. Environmental Protection Agency.

A N N E X E I

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE FAIRFIELD HARDY

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE FAIRFIELD-HARDY

NOM ET LIEU	ANNEES D'EXPLOITATION	STAGE DE DEVELOPPEMENT	CAPACITE DE L'USINE
Resource Recovery, Toronto, Ontario	1977 (en opération)	Usine pilote	100 T/jour
San Juan, Puerto Rico	1969 - 1972	Commercial	300 T/jour
F.A.M. Inc., Altoona, Penn.	1951 (en opération)	Commercial	25 T/jour (triés à la source)

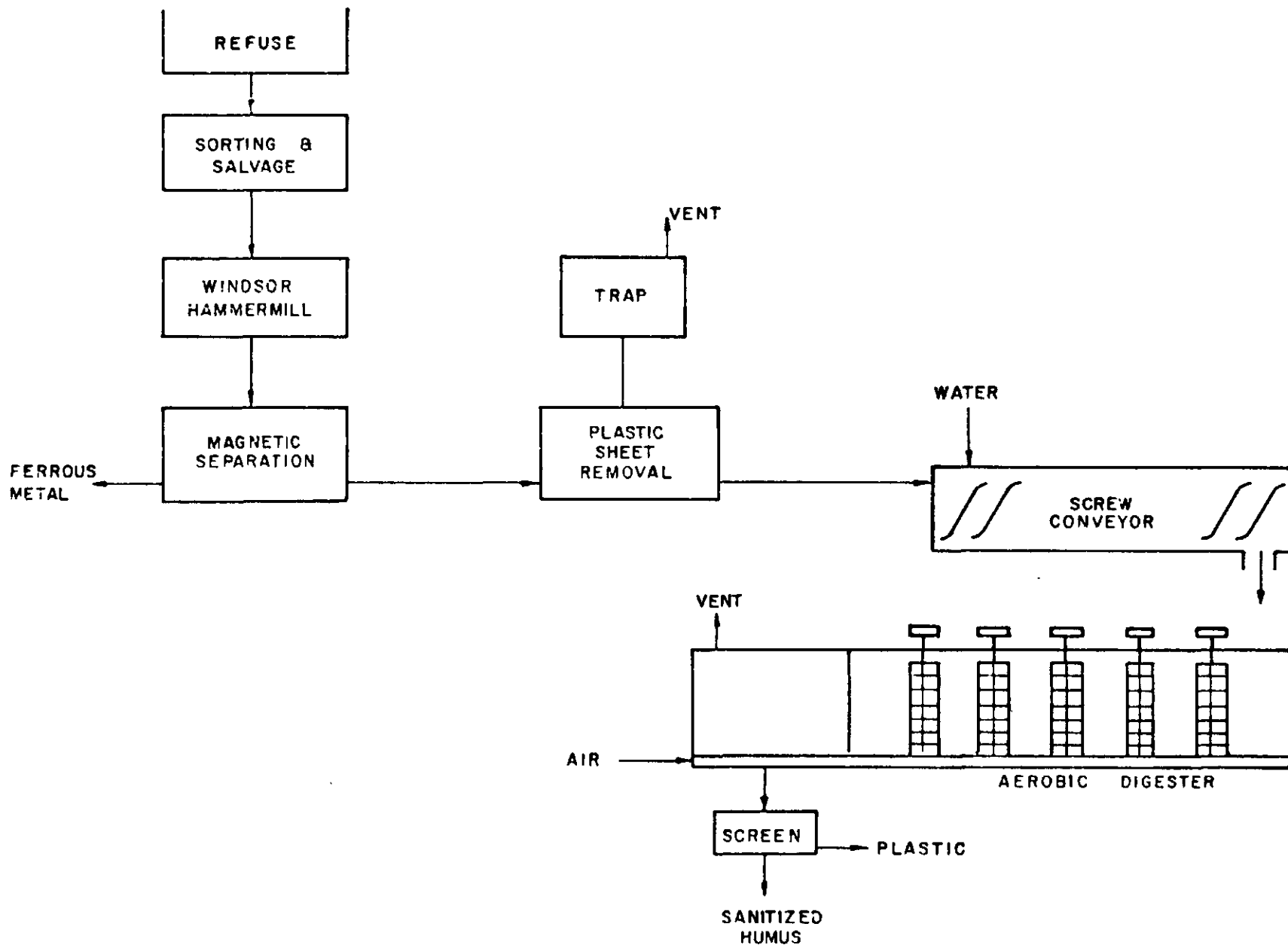
DESCRIPTION DU PROCEDE

L'usine d'Altoona, Penn., décrite ici est l'exemple type de ce procédé. De capacité modeste (25 T/jour), cette exploitation est cependant reconnue pour la qualité de son produit final. Le traitement des déchets est, en fait, avantage par le fait que la population locale participe à la séparation à la source des matériaux, retirant en majeure partie le métal et le verre des déchets organiques.

A la figure suivante, on présente un schéma de l'usine. Les déchets triés sont d'abord acheminés dans un broyeur, puis déferrés par séparation magnétique. Les composantes de plastique sont alors retirées par séparation à l'air et les déchets sont acheminés par un système à vis jusque dans le digesteur.

Ce digesteur du type Fairfield-Hardy est un digesteur vertical avec brassage mécanique continu à haut rendement fait au moyen d'agitateurs circulant dans le bassin, lesquels sont suspendus sous un pont pivotant rattaché au centre du bassin circulaire. L'apport d'air est ainsi assuré par des tuyaux perforés, sous le plancher du digesteur. Le temps de rétention des déchets dans ce digesteur est de 5 jours, sous une température de 60°C à 70°C (140°F à 160°F). A la suite d'une période de cure, le produit final est tamisé pour éliminer quelques impuretés et vendu en gros à une usine locale de fertilisants.

Cette usine connaît donc un succès remarquable depuis de nombreuses années, dû en partie à la collaboration des citoyens et à la promotion du produit par l'usine de fertilisants.



FAIRFIELD HARDY - COMPOST PROCESS - ALTOONA PENN.

A N N E X E II

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE HERCULES

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE HERCULES

<u>NOM ET LIEU</u>	<u>ANNEES D'EXPLOITATION</u>	<u>STAGE DE DEVELOPPEMENT</u>	<u>CAPACITE DE L'USINE</u>
Hercules Inc. Wilmington, Del.	1970	Commercial	500 T/jour

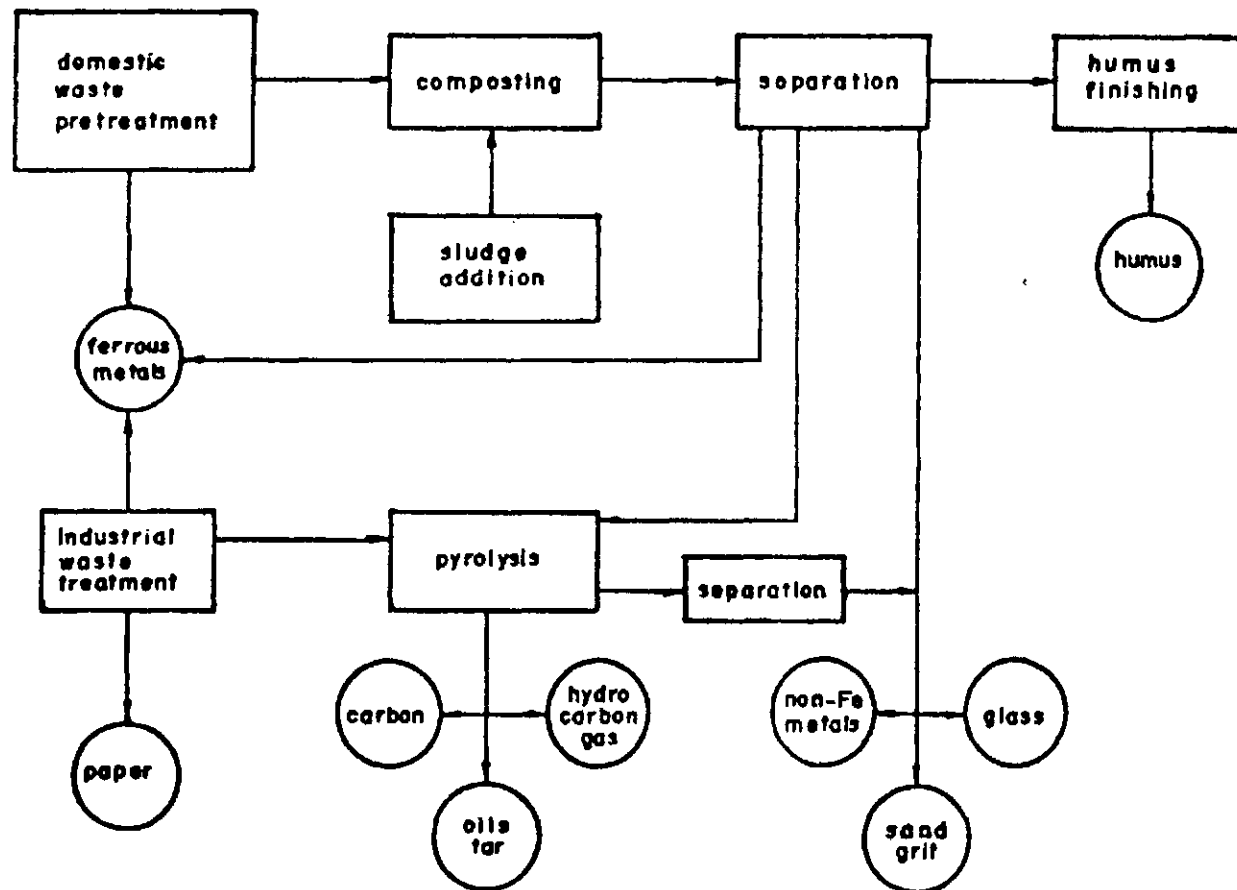
DESCRIPTION DU PROCEDE:

L'usine de compostage de Wilmington, Delaware utilise le système "Hercules" constitué d'éléments et d'équipements déjà utilisés dans d'autres procédés. Ce système est essentiellement constitué d'un digesteur du type "Fairfield-Hardy" et d'un pyrolyseur pouvant traiter les matières synthétiques non compostables.

Les déchets parviennent à l'usine depuis deux aires de réception: une pour les déchets domestiques et l'autre pour les déchets commerciaux et industriels. Les déchets domestiques sont d'abord traités par séparateur magnétique, puis broyés et mélangés à des boues d'égout, résultant en un mélange à 50% d'humidité. Une fois acheminés au digesteur de type "Fairfield-Hardy", vertical et à brassage mécanique, les déchets sont digérés sous des conditions de température et d'oxygénation automatiquement contrôlées. Après quelques jours, le compost sera soumis à une longue période de cure avant sa mise en marché.

Le pyrolyseur acceptera pour sa part les matériaux, non décomposables biologiquement, mais chimiquement sous l'effet d'une haute température, en absence d'oxygène. Ainsi, les pneus, matériaux de plastique et autres pourront être transformés par pyrolyse en charbon de bonne qualité et en gaz à haute teneur d'hydrogène pouvant, de plus, servir aux besoins énergétiques internes de l'usine.

Tous les résidus inorganiques (verre, métaux) pourront être retirés par tamisage, tables de gravité et autres techniques disponibles.



HERCULES RECLAMATION PROCESS

A N N E X E I I I

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE METRO-WASTE

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE METRO-WASTE

<u>NOM ET LIEU</u>	<u>ANNEES D'EXPLOITATION</u>	<u>STAGE DE DEVELOPPEMENT</u>	<u>CAPACITE DE L'USINE</u>
Peninsular Organics Inc., Largo, Flo.	1963-1967	Usine pilote	50 T/jour
Lone Star Organics, Houston, Texas	1966-1970	Commercial	350 T/jour
Gainesville, Flo.	1968-1971	Expérimental	150 T/jour

DESCRIPTION DU PROCEDE:

L'usine de Houston sera décrite ici. Telle que présentée sur le schéma, cette usine comprend d'abord un poste de triage manuel des matériaux non compostables et récupérables. Suit alors le broyage primaire des déchets, facilitant l'étape suivante, où est retirée la partie légère des déchets (papier, plastique) à l'aide d'un séparateur à l'air. Cette fraction servira de combustible, additionné au gaz utilisé ($10^6 \text{ pi}^3/\text{j}$) pour le séchage final du compost.

Un séparateur magnétique retire en outre la fraction des métaux ferreux.

On retrouve ensuite le broyeur secondaire, puis le mélangeur à vis, où sont ajoutées les boues d'égouts solides.

Peu après le début des opérations, on a dû cependant abandonner l'utilisation des boues d'égout comme apport d'azote. En effet, la digestion aérobie était rendue difficile à maintenir à cause de substances chimiques toxiques contenues dans les eaux d'égout originant d'industries locales.

Les 4 digesteurs du type Metro-Waste précipitent la décomposition des déchets par un brassage intermittent et l'introduction d'air forcé par le fond du digesteur, portant la température à 75°C (165°F) vers la fin du cycle de 4 jours.

Au bout de cette période de digestion, le compost est retiré mécaniquement des digesteurs, puis broyé, séché et emballé. Une période de cure de 8 semaines environ est cependant préférable.

Toutes ces opérations se déroulent sous la surveillance d'opérateurs, qui disposent d'un système de télévision en circuit fermé, assurant une coordination des activités. Notons finalement que la consommation globale d'électricité est de 200,000 kWh/mois et que le séchage du compost nécessite $10^6 \text{ pi}^3/\text{jour}$ de gaz.

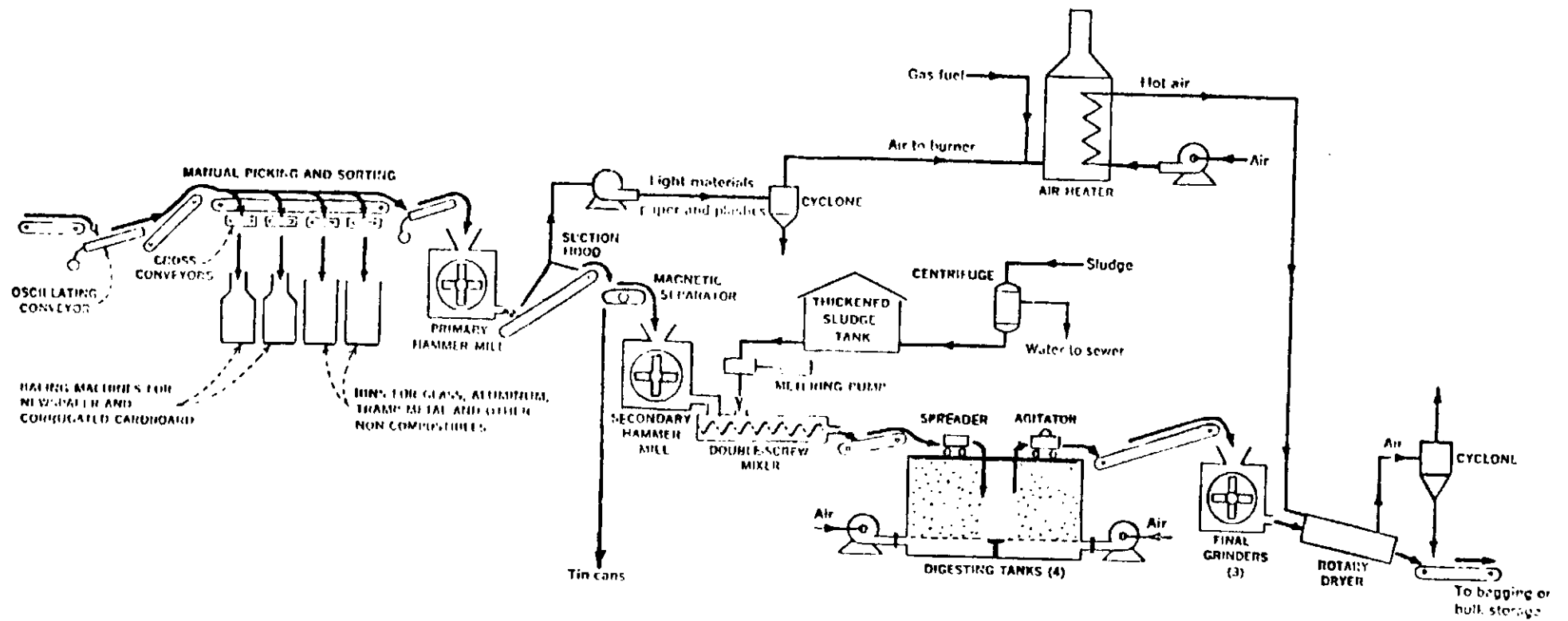


Diagram of the Metropolitan Waste-Conversion Corporation compost and salvage process

A N N E X E IV

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE DANO

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE DANO

NOM ET LIEU	ANNEES D'EXPLOITATION	STAGE DE DEVELOPPEMENT	CAPACITE DE L'USINE
Sacramento, Calif.	1956-1963	Commercial	40 T/jour
Phoenix, Arizona	1963-1965	Commercial	300 T/jour

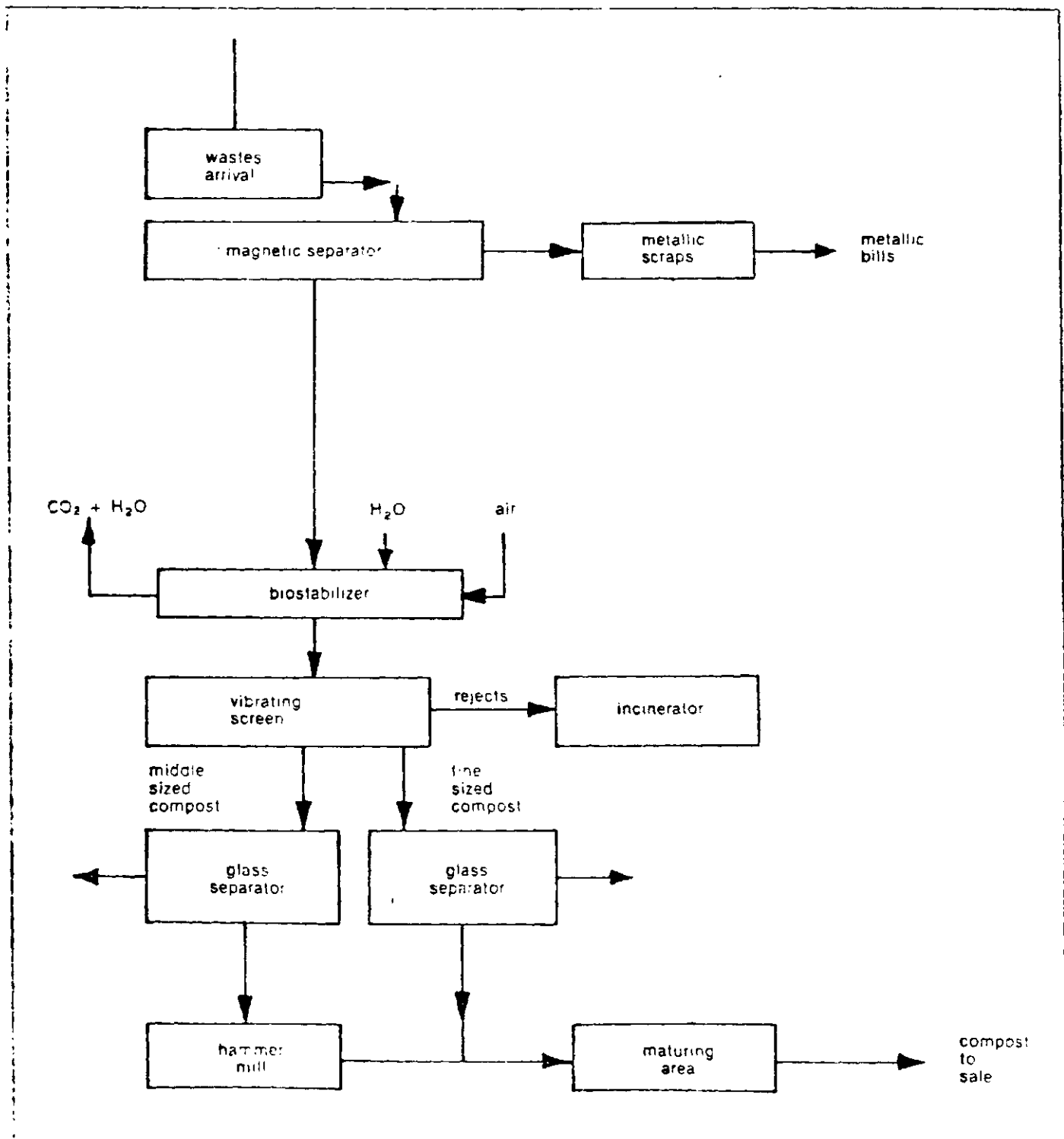
DESCRIPTION DU PROCEDE

Le procédé "Dano" est le procédé mécanique le plus utilisé à travers le monde. D'origine européenne, il a été mis au point dans les années 1950 et a alors longuement contribué à populariser ce mode de disposition des déchets. Après le conditionnement préliminaire des déchets, qui est semblable à celui des autres procédés, ceux-ci sont introduits dans le digesteur.

L'équipement mécanique consiste en un cylindre horizontal, tel que vu à la figure 3, lequel opère une rotation sur lui-même à la vitesse approximative d'un tour par minute. Le diamètre du cylindre sera de 3.0 à 3.7 mètres et sa longueur, de plus de 30 mètres. Les déchets sont introduits par une extrémité et remplissent aux trois quarts le digesteur. Une légère inclinaison par rapport à l'horizontale permettra la progression des déchets vers l'autre extrémité, après un temps de rétention d'au moins 3 jours.

De l'air forcé et une humidité suffisante sont introduits régulièrement dans le cylindre et répartis dans la masse par le mouvement de rotation continu. Ce mouvement favorise de plus l'homogénéisation de la masse et la dispersion des micro-organismes. Une température de 50 à 55°C est maintenue dans le cylindre. Outre l'effet de brassage, le mouvement de rotation permet un déchiquetage des déchets, fort utile à l'efficacité de la digestion. On peut alors éliminer le broyeur secondaire conseillé pour les procédés sans brassage continu.

**The disposal of solid municipal wastes
Dano system
Process**



A N N E X E V

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE NATURIZER

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE NATURIZER

NOM ET LIEU	ANNEES D'EXPLOITATION	STAGE DE DEVELOPPEMENT	CAPACITE DE L'USINE
San Fernando, Calif.	1963-1964	Commercial	150 T/jour
St-Petersburg, Flo.	1966-1971	Commercial	100 T/jour
St-Peterburg, Flo.	1972	Commercial	300 T/jour
Norman, Okla	1959-1964	Commercial	40 T/jour

DESCRIPTION DU PROCEDE:

Le schéma suivant présente les étapes principales du procédé "Naturizer" implanté en 1966 à Saint-Petersburg. Les étapes initiales du traitement, soit la réception, le broyage, le triage manuel et la séparation magnétique, sont semblables à celles des autres procédés.

La digestion s'effectue dans 5 cellules successives isolées, constituées de courroies d'environ 3 mètres (10 pieds) de largeur par 45 mètres (150 pieds) de longueur. Chaque courroie peut emmagasiner une journée de production de déchets, après triage, soit 80 à 90 tonnes, permettant un temps de tention total de 5 jours. Ces courroies avancent lentement durant les heures de travail, soit 8 à 10 heures par jour et déchargent leur produit au début de la courroie suivante, favorisant l'aération.

L'humidité, le débit d'air et la température de l'ordre de 65°C (150°F) sont, pour leur part, automatiquement contrôlés, dans chacune des cellules. Après trois jours de digestion, les déchets seront broyés de nouveau, multipliant la surface de contact et accélérant la stabilisation.

A la fin du traitement, le compost est entreposé en tas pour la période de cure, qui stabilisera complètement la masse après plusieurs semaines. Un traitement final de broyage et tamisage permettra au compost d'envahir les marchés pour des applications en serre et le jardinage domestique.

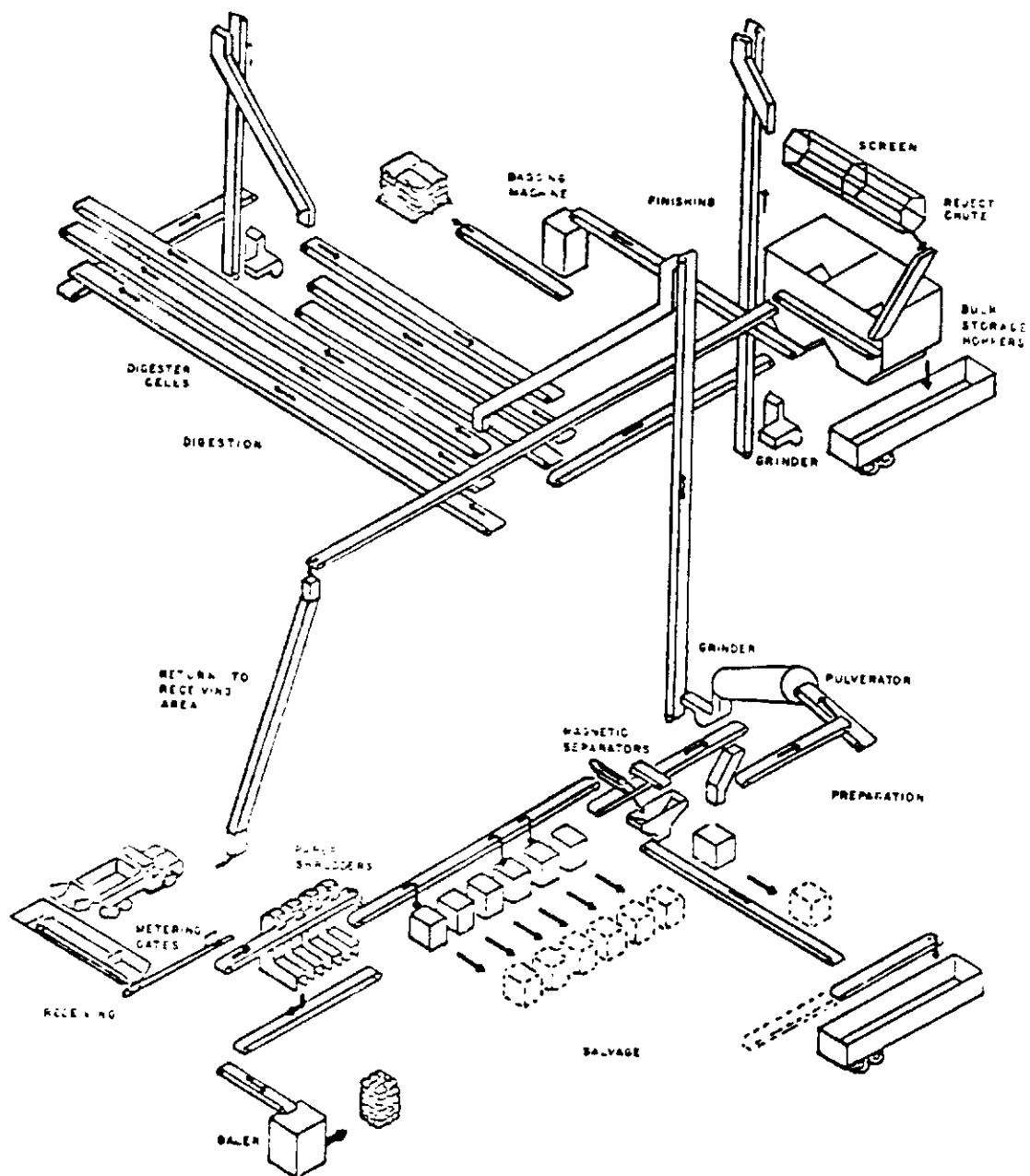


Diagram of the naturizer system.

A N N E X E VI

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE EARP-THOMAS

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

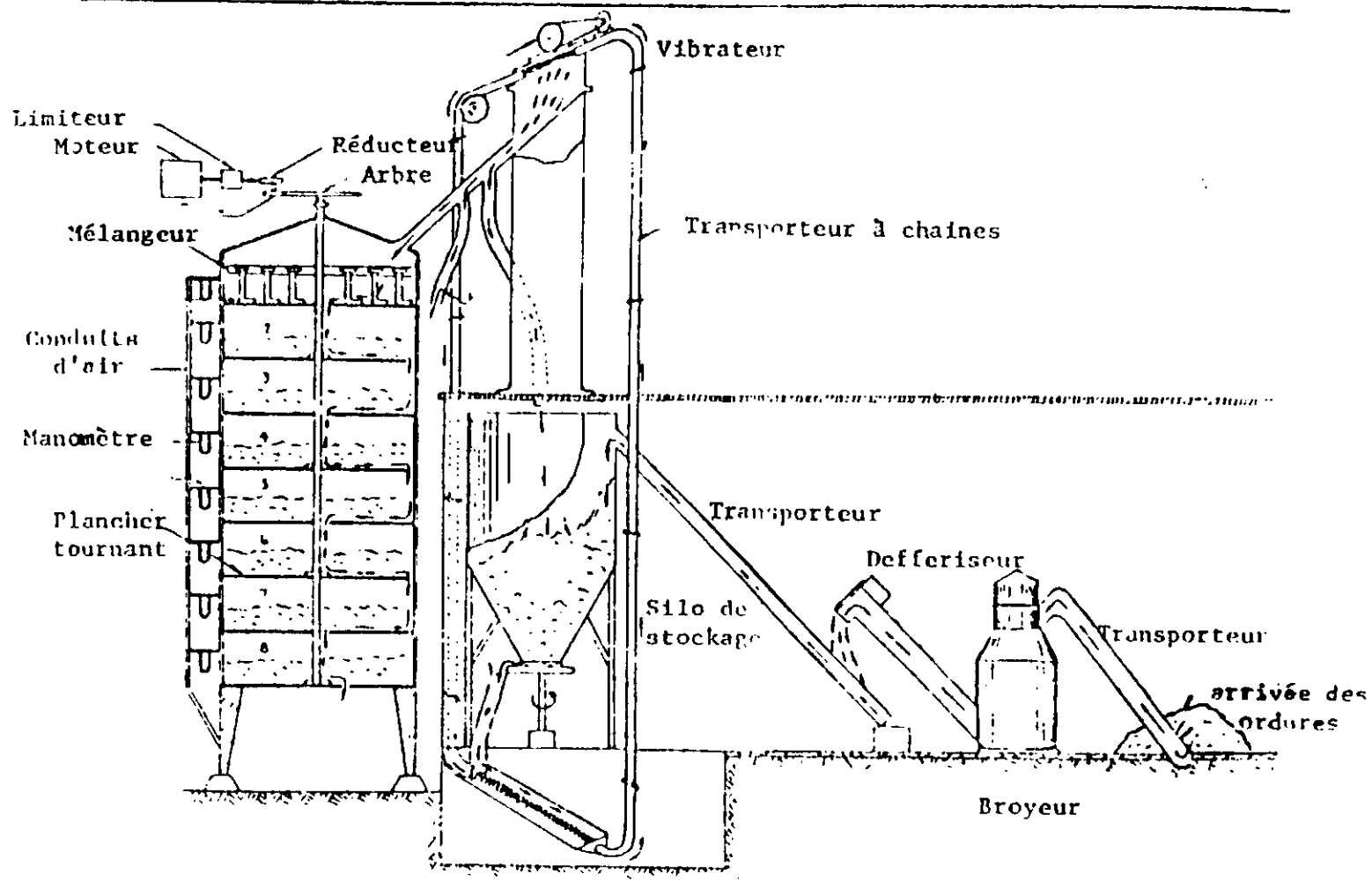
PROCEDE EARP-THOMAS

NOM ET LIEU	ANNEES D'EXPLOITATION	STAGE DE DEVELOPPEMENT	CAPACITE DE L'USINE
Williamston, Michigan	1955-1962	Expérimental	4 T/jour

DESCRIPTON DU PROCEDE:

Depuis l'aire de réception, les déchets sont acheminés dans un broyeur, puis dans un séparateur magnétique et sont enfin déversés dans un silo de stockage. Les déchets à composter sont ensuite acheminés par transporteur à chaînes, au sommet d'un silo de digestion, où un mélangeur opérera une homogénéisation de la masse. Les déchets évolueront alors pendant quelques jours sur des paliers successifs dans le digesteur.

Ce type de procédé est formé de 8 plateaux superposés, de forme circulaire, soutenus par un arbre central rotatif, qui impose à l'ensemble des planchers un mouvement de rotation. Ce mouvement permet la chute des déchets d'un palier à l'autre, par des ouvertures pratiquées à chaque étage, alternativement près du centre et sur la périphérie des plateaux. Ce système mécanique produit ainsi un retournement intermittent des déchets. Des conditions optimales d'humidité et d'aération forcée doivent être maintenues durant tout ce cycle de décomposition.



USINE EXPERIMENTALE DE COMPOSTAGE
 "UNIVERSITE DE L'ETAT DU MICHIGAN"

A N N E X E VII

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE VARRO

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE VARRO

<u>NOM ET LIEU</u>	<u>ANNEES D'EXPLOITATION</u>	<u>STAGE DE DEVELOPPEMENT</u>	<u>CAPACITE DE L'USINE</u>
Ecology Inc. Brooklyn, New-York	1971 (En opération)	Commercial	150 T/jour

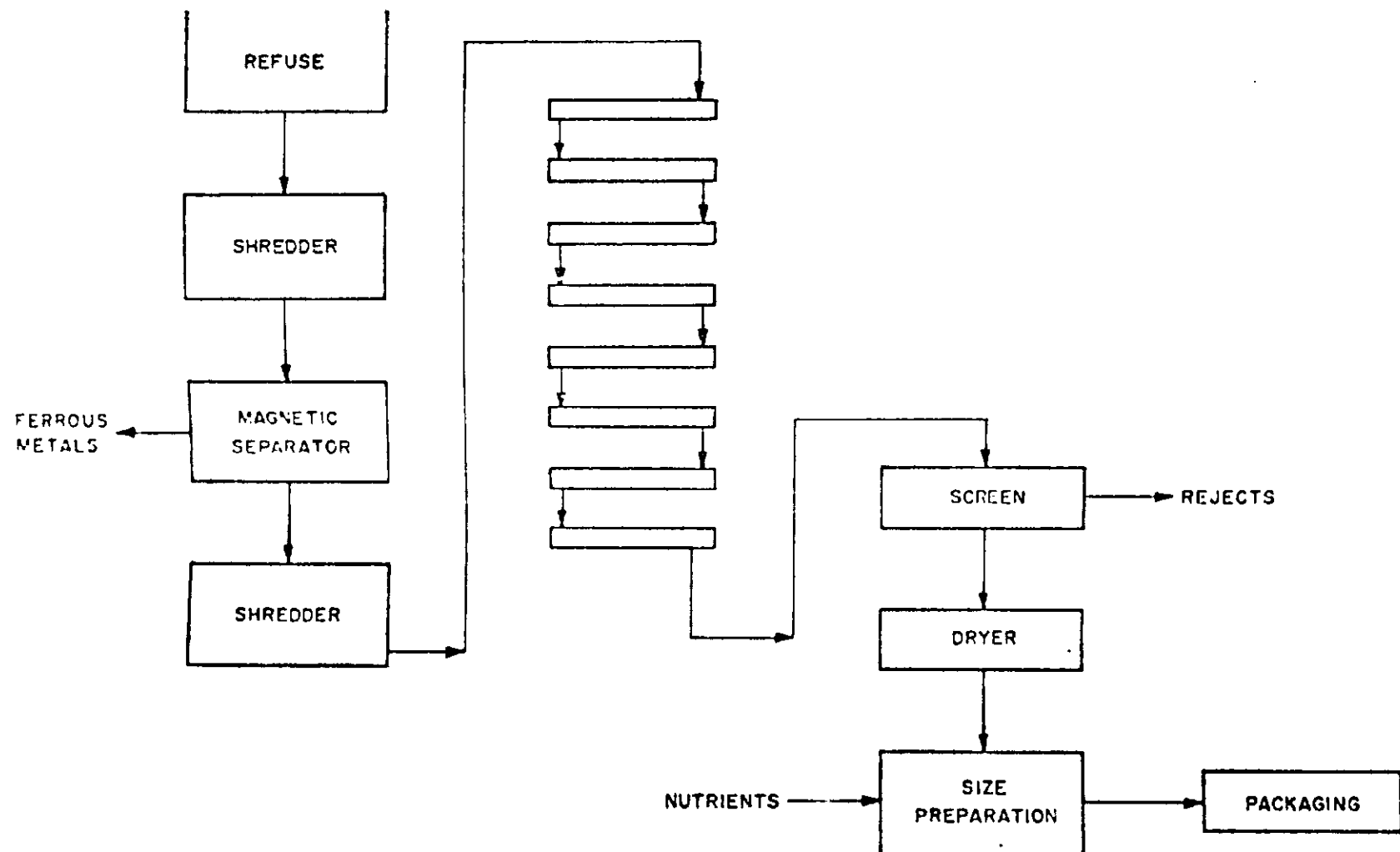
DESCRIPTION DU PROCEDE

A la page suivante, on présente un schéma de l'usine qui précise chacune des étapes du traitement. Depuis une aire de réception et de stockage, les déchets sont dirigés dans un broyeur primaire qui les découpe grossièrement. Cette première opération facilite alors la séparation des métaux ferreux par séparation magnétique, suivie d'un second broyage plus fin, multipliant la surface active totale des matières organiques. Les déchets sont ensuite acheminés dans le digesteur de type "Varro".

Ce système est un silo comportant huit niveaux, où les déchets évolueront de haut en bas, sur les étages successifs. Au préalable, on aura additionné à la masse des nutriments liquides azotés afin d'accélérer la réaction. Cet apport d'azote permet d'équilibrer le rapport C/N et on affirme pouvoir traiter des déchets contenant jusqu'à 90% de papier. A l'intérieur du digesteur, chacun des huit plateaux stationnaires mesure 55 mètres (180 pieds) de longueur par 3.6 mètres (12 pieds), sur lesquels les déchets sont transportés au moyen de râteaux à vitesse variable et dans des directions alternatives d'étage en étage. Il faudra de 48 à 60 heures pour que les déchets parcourent les 402 mètres (.25 mille) de plancher.

A chaque étage, un système électrique de chauffage à l'air maintient une température constante, et des dispositifs de contrôle de l'humidité localisés en divers points signalent à l'opérateur où et quand rétablir le taux d'humidité, par

des jets d'eau préalablement chauffée. Le compost est finalement tamisé et séché puis additionné de fertilisants chimiques pour rehausser sa valeur commerciale. Le verre et le plastique demeurés dans le compost sont finalement rendus indiscernables par un broyage final qui uniformise le produit.



VARRO COMPOSTING PROCESS

A N N E X E VIII

FICHES TECHNIQUES DES USINES
DE COMPOSTAGE NORD-AMERICAINES
DE DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE EN RANGEES

LISTE DES USINES NORD-AMERICAINES DE COMPOSTAGE
DES DECHETS DOMESTIQUES

PROCEDE EN RANGEES

<u>NOM ET LIEU</u>	<u>ANNEES D'EXPLOITATION</u>	<u>STAGE DE DEVELOPPEMENT</u>	<u>CAPACITE DE L'USINE</u>
Wilmington, Ohio	1963-1965	Usine pilote	20 T/jour
New-Castle, Del.	1972	Commercial	1250 T/jour
Mobile, Alabama	1966-1971	Commercial	300 T/jour
Mc Keesport, Pa	1956-1957	Commercial	100 T/jour
Johnson City, Tenn.	1967-1970	Expérimental	60 T/jour
Boulder, Colorado	1965-1971	Commercial	100 T/jour

DESCRIPTION DU PROCEDE:

L'usine de compostage de Johnson City a servi de station expérimentale où furent réalisés divers essais de mélanges de déchets organiques (déchets domestiques, boues d'égout, déchets de ferme et d'abattoir).

Les opérations consistent d'abord à retirer manuellement des déchets les objets volumineux et non décomposables biologiquement (matelas, sommiers, bicyclettes, broches, etc.). Notons tout de suite que les déchets d'origine industrielle et hospitalière seront pour leur part dirigés à l'enfouissement sanitaire.

Après le broyage des déchets, ceux-ci seront disposés en rangées de 2.7 mètres (9 pieds) de largeur, par 1.2 à 1.4 mètre (4.0 à 4.5 pieds) de hauteur et 70 mètres (230 pieds) de longueur. La décomposition des matières organiques sera complétée en majeure partie au bout de 35 à 44 jours. Durant cette période, on suggère deux retournements par semaine de la masse de déchets. Après trois semaines, un seul retournement est cependant suffisant, totalisant 8 retournements durant toute la période de stabilisation.

Au cours du premier mois, on maintient généralement une humidité de 50% à 60% dans ces rangées par arrosage régulier. En cas de pluies intenses, il sera nécessaire de retourner plus souvent les tas pour assécher l'excès d'eau.

La cure finale permettra de stabiliser complètement les déchets, d'assécher partiellement le compost, tout en servant d'entreposage. Dans le cas de Johnson City, la cure est accomplie dans un hangar à l'abri des intempéries, qui mesure 60 mètres (200 pieds) de longueur et 18 mètres (60 pieds) de largeur. Cette étape est normalement complétée après deux semaines.

On procède alors aux opérations de tamisage et de broyage du compost. Un séchage supplémentaire, à l'extérieur par beau temps, permet alors au besoin d'abaisser le pourcentage d'humidité à 25% ou 35%.