

1EX

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Génie Sanitaire

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE ET AMELIORATION DU
PROCESSUS DE TRAITEMENT
DES ORDURES MENAGERES
PAR COMPOSTAGE CAS
DE L'USINE D'ALGER

Proposé par : M^r J. GIRARDET

Etudié par :

Dirigé par :

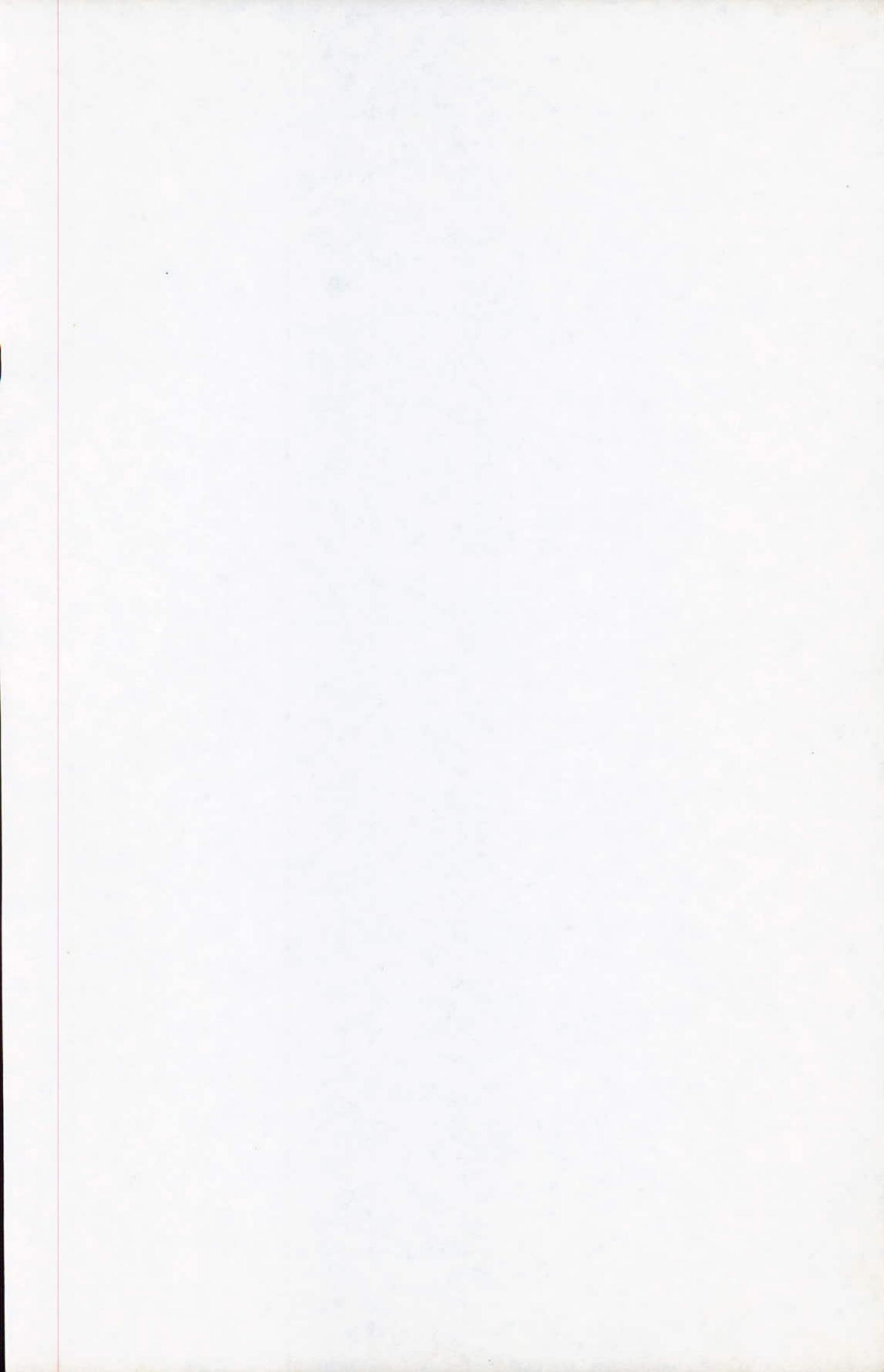
M^r M. ABDELGHAFOUR

M^r J. GIRARDET

M^r K. BENCHAALAL



PROMOTION : juin 84



REMERCIEMENTS

C'est un très grand plaisir pour moi de pouvoir exprimer mes remerciements et toute ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidé ne serait ce que par la pensée à la réalisation de ce modeste travail

- Mes remerciements vont tout particulièrement à :
- Mr J. GIRARDET Ingénieur E.M.A. Expert-Consultant à l'O.M.S pour avoir proposé et suivi ce travail, pour ses précieux conseils et pour sa gentillesse.
 - Mr K. BENCHALAL maître assistant à l'I.N.A pour avoir dirigé la partie expérimentale, pour sa collaboration, ses conseils et sa gentillesse.
 - Mr A. NAAMANE Chef de département de Genie Sanitaire pour sa coopération.
 - Mme G. NEZZAL maître de conférence pour l'intérêt certain qu'elle a manifesté pour le suivi de ce travail.

Mr SNOUSSI directeur de l'unité de compostage d'Alger pour m'avoir permis et facilité le travail au sein de son unité.

--Melles KOSSAIRI et MAHTOUT pour l'aide matériel

Mes remerciements vont également aux membres du jury qui ont bien voulu m'honorer de leur présence et accepter la critique de ce travail.

 EDICACES

A ceux que j'aime
A ceux qui aiment sans jamais hair
A "TOI"

PLAN DE TRAVAIL

	<u>Page</u>
Introduction	1
Chapitre I - La méthode du compostage face aux problèmes de l'élimination des ordures ménagères et face aux besoins de l'agriculture	2
I.1 - Les ordures ménagères	2
I.1.1 - Définitions	2
I.1.2 - Qualités des ordures produites	3
I.1.3 - Evaluation de la qualité d'ordures ménagères	4
I.1.4 - Quantité d'ordures produites	4
I.1.5 - Evolution quantitative et qualitative des ordures ménagères	5
I.2 - Intérêts à faire du compost	5
I.3 - Objectifs du compostage	6
I.4 - Utilisation du compost à l'étranger	6
I.5 - Choix d'un procédé d'élimination	7
Chapitre II - Mode de production du compost urbain	8
II.1 - Compostage des ordures ménagères	8
II.1.1 - Traitement physique	8
II.1.1.1 - Triage	8
II.1.1.1.1 - Tri manuel	8
II.1.1.1.2 - Tri magnétique	8
II.1.1.1.3 - Les détecteurs de métaux non ferreux	10
II.1.1.1.4 - Tri balistique	10
II.1.1.1.5 - Tri par séparation à air	10
II.1.1.1.6 - Tri par crible ou trommel	13
II.1.1.2 - Broyage	13
II.1.1.2.1 - Les broyeurs	14
II.1.1.2.2 - Refus des broyeurs	20
II.1.1.2.3 - Les râpes	21
II.1.1.2.4 - Les trommels	21

	Page
II.1.1.3 - Le tamisage	22
II.1.1.3.1 - Les tamis	23
II.1.2 - Traitement biologique	24
II.1.2.1 - Mécanisme biochimique du compostage aérobie	24
II.1.2.1.1 - Définitions	24
II.1.2.1.2 - Spécifications diverses	24
II.1.2.1.3 - Remarque	25
II.1.2.1.4 - Principe de la fermentation aérobie	25
II.1.2.1.5 - Conditions nécessaires à l'instauration d'une fer- mentation aérobie	29
II.1.2.1.6 - Evolution des principaux paramètres durant le pro- cessus de compostage lent (naturel)	30
II.1.2.2 - Description du compostage	37
II.1.2.2.1 - Mode de fermentation	37
II.1.2.2.2 - Compostage lent	40
II.1.2.2.3 - Compostage accéléré	41
II.1.2.3 - Affinage	41
II.2 - Compostage conjoint de différents déchets	43
II.3 - ASPECTS SANITAIRES ET RECOMMANDATIONS RELATIVES A L'HYGIENE DE L'ENVIRONNEMENT	44
II.4 - RECOMMANDATIONS D'HYGIENE POUR UNE USINE DE TRAITEMENT	45
II.5 - Choix de l'emplacement de l'usine	46
II.6 - Choix du procédé de compostage	46
II.7 - Description d'un procédé de compostage lent des ordures ménagères	47
CHAPITRE III - Les différents besoins de qualités en fonction des utilisateurs	50
III.1 - Principaux critères	50
III.1.1 - Aspects extérieurs	50
III.2 - Qualités physiques	52
III.2.1 - Ennuis technologiques au niveau de la culture	52
III.2.2 - Ennuis technologiques au niveau des la industries de transformation agricole	53
III.2.3 - Ennuis psychologiques et autre considérations générales	53

	Page
III.3 - Cas des cultures spéciales	53
III.31 - Viticulture et arboriculture	53
III.32 - Culture de champignons	53
III.33 - Maraîchage, horticulture, pépiniéristes	54
III.34 - Couches chaudes	54
III.35 - Plantes à parfum et plantes aromatiques	55
III.36 - Sylviculture	55
III.4 - Valeur agricole du compost	55
 CHAPITRE IV - COMMERCIALISATION	 59
IV.1 - Introduction	59
IV.2 - Les différents critères de qualité	59
IV.21 - Critères économiques	59
IV.22 - Critères hygiéniques	59
IV.23 - Critères agronomiques	60
IV.24 - Critères pratiques	60
IV.25 - Critères esthétiques	60
IV.3 - Valeurs du compost	61
IV.31 - Valeur technique comparée	61
IV.32 - Valeur agronomique	61
IV.33 - Valeur intrinsèque	61
IV.4 - Marché du compost	63
IV.5 - Une approche économique	66
 Chapitre V - Partie expérimentale	 70
V.1 - Introduction	70
V.2 - Objectifs de l'étude	70

	Page
V.3 - Matériels et méthodes	73
V.31 - Matériels de traitement	73
a - Matériel pour traitement physique	74
b - Matériel pour traitement biologique	74
c - Matériel pour traitement d'affinage	74
V.32 - Méthodes de traitement	74
V.321 - Traitement physique	74
V.322 - Traitement biologique	75
A - Cas de l'usine	75
B - Cas expérimental	76
a - température	76
b - humidité	76
c - ph	77
d - conductivité élec- trique	77
e - test de germination	77
f - évolution du rapport C/N	77
V.323 - Affinage	
V.4 - Résultats et discussion	78
V.41 - Traitement physique	78
V.42 - Traitement biologique	80
V.43 - Affinage	86
V.44 - Proposition d'un procédé de traitement des ordures ménagères de la Ville d'Alger	86
Conclusion	94
CONCLUSION GENERALE	95

SCHEMA :

- 1 - Séparateur balistique utilisant les différences de densités
- 1' - Séparateur utilisant les différences d'élasticité des composants
- 2 - Séparateur balistique à air
- 3 - Broyeur à marteaux à axe horizontal
- 4 - Broyeur à deux rotors à axe horizontal en cascade
- 5 - Broyeur à deux rotors à axe horizontal
- 6 - Broyeur déchiqueteur à percussion
- 6bis- Broyeur monorotor à axe vertical
- 7 - Cycle de l'azote et du carbone dans la décomposition en aérobiose
- 8 - Schéma de divers filière de compostage
- 9 - Synthèse de l'humus dans le sol
- 10 - Machine de retournement et d'aération
- 11 - Ruban extracteur à lames
- 13 - Schéma de la chaîne de traitement de la Ville d'Alger
- 14 - Schéma du procédé de compostage proposé

FIGURE :

- 1 - Mécanisme biochimique du compostage aérobie
- 2 - Variation de la température
- 3 - Variation de l'humidité
- 4 - Evolution de la conductivité électrique
- 5 - Evolution du pH

TABLEAU :

- 1 - Analyse de compost à différent stade de fermentation
- 2 - Critères physiques de qualité des composts urbains en fonction des utilisations
- 3 - Caractéristiques habituelles du compost urbain
- 4 - Quantités d'ordures ménagères de la Ville d'Alger traitées par l'usine de compostage d'Alger, quantités de compost vendues et le prix de vente
- 5 - Températures et temps d'exposition nécessaires à la destruction de certains agents pathogènes et parasites courants
- 6 - Biologie de la fermentation aérobie des ordures ménagères
- 7 - Résultats des tests de germination
- 8 - Evolution du rapport C/N

INTRODUCTION

Dans les petites agglomérations et notamment dans les grandes villes existe le problème d'hygiène. Chaque individu rejette ses déchets de consommation, nettoie son intérieur et évacue le tout devant sa porte. L'APC s'occupe de la collecte de ces ordures ménagères et de leur évacuation hors de la ville. Si chaque individu rejette seulement 500 g/j de déchets, dans le cas d'Alger, où on compte 2.000.000 d'habitants, elle se retrouvera avec 1.000 tonnes à évacuer chaque jour. Le problème du devenir de ces quantités gigantesques d'ordures ménagères, se pose sérieusement pour toutes les grandes villes. En général, la mise en décharge de ces déchets demande une surface sans cesse croissante, qui n'est pas souvent disponible.

D'autre part le cheptel, principale source de matière organique pour les sols agricoles, se fait de plus en plus rare. Les agriculteurs apportent donc de moins en moins de fumier pour leurs sols. Comme conséquence, le stock d'humus de ces sols s'appauvrit de plus en plus entraînant des problèmes de lessivage des engrais ce qui augmente le risque de pollution des nappes souterraines (problème des nitrates).

Le compostage des ordures ménagères est une solution commune à ces deux problèmes cités ci-dessus. Il permet à la fois l'élimination et la stabilisation hygiénique des ordures ménagères et la production d'un amendement humique utilisable dans l'agriculture.

CHAPITRE I

LA METHODE DU COMPOSTAGE FACE AUX PROBLEME DE
L'ELIMINATION DES ORDURES MENAGERES ET FACES AUX
BESOINS DE L'AGRICULTURE.

I.1 - LES ORDURES MENAGERES -

I.1.1 - Définitions (Source -19-)

En général, on appelle ordures ménagères tout ce que l'on trouve dans une poubelle.

Néanmoins, on a classé celles-ci dans un ensemble comprenant :

a - les détritrus de toutes natures comprenant notamment : cendres, machefers, débris de vaisselle, feuilles, balayures et résidus de toutes sortes déposés même indument aux heures de la collecte dans des récipients individuels ou collectifs, placés devant les immeubles ou à l'entrée de voies inaccessibles aux camions.

b - Les déchets provenant des établissements industriels et commerciaux, bureaux, administration, cours et jardins privés, déposés dans des récipients dans les mêmes conditions que les ordures ménagères avec l'agrément de l'administration dans certaines limites.

c - Les crottins, fumiers, feuilles mortes, boues et d'une façon générale tous les produits provenant du nettoyage des voies publiques, voies privées, jardins publics, parcs, cimetières et de leurs dépendances rassemblés en vue de leur évacuation.

d - Les résidus en provenance des écoles, casernes, hopitaux, hospices, prisons et tous les bâtiments publics, groupés dans des emplacements et dans les récipients règlementaires.

A l'exception des produits souillés et des issues d'abattoirs.

e - Le cas échéant, tous objets abandonnés sur la voie publique ainsi que les cadres de petits animaux.

Ne sont pas compris dans la dénomination d'ordures ménagères :

- 1 - Les déblais, gravas, décombres et débris provenant des travaux publics et particuliers ;
- 2 - les cendres et mafehers d'usines et en général tous les résidus provenant d'un commerce ou d'une industrie quelconque ainsi que les cours et jardins privés (sauf l'exception prévue dans le paragraphe (b) ci-dessus), les déchets anatomiques ou infectieux provenant des hopitaux ou cliniques ainsi que les déchets et issues d'abattoirs ;
- 3 - les objets visés par le paragraphe (b) ci-dessus qui par leurs dimensions, leur poids et leur nature, ne pourraient être chargés sur les camions.

I.1.2 - Qualités des ordures produites :

Bien que présentant un indiscutable "air de famille" d'une région à l'autre, la composition des ordures n'est pas identique d'un lieu à un autre et varie dans le temps.

Par exemple les cendres et mafehers encore très fréquents il y a une dizaine d'années ont presque disparu à l'inverse des papiers et plastiques qui sont abondant de nos jours (sacs de lait, sacs de collecte, etc...) et qui n'existaient pas il y a une dizaine d'années.

Voici la composition qualitative moyenne des ordures ménagères algériennes en % du poids de la matière sèche :
(valeur moyenne sur plusieurs villes en 1983 ; par Mr. J. Girardet)

- Matières organiques	77,86 %
- Papiers et cartons	0,12 %
- Plastiques	2,60 %
- Métaux	2,83 %
- Chiffons	2,02 %
- Verres	1,01 %
- Cuirs, chaussures, bois	1,35 %
- Pierres	1,60 %
- Os, déchets d'animaux	1,60 %
- Fines	1,01 %

I.1.3 - Evaluation de la qualité d'ordures ménagères :

Il faut savoir vers quels traitements vont aboutir les ordures ménagères avant de faire une évaluation qualitative :

a - si on veut mettre les ordures en décharge seuls importeront le poids et le volume,

b - si l'on désire transformer les ordures en terreau utilisable par l'agriculture (c'est le compostage) on en partage généralement les composants en deux classes :

- . les déchets fermentescibles
 - .. papiers et cartons
 - .. chiffons et textiles
 - .. matières organiques animale et végétale que l'on pourra sous-classifier à leur tour suivant leur granulométrie ; entre : ϕ inférieur à 10 mm - 10 mm $\leq \phi \leq$ 20 mm - ϕ supérieur à 20 mm
- . les déchets "non fermentescibles" qui ne se décomposent que très lentement ou pas du tout
 - .. métaux
 - .. verre, porcelaine, faïence, divers inertes
 - .. plastiques, cuirs et caoutchoucs

I.1.4 - Quantité d'ordures produites :

La quantité d'ordures produite par habitant et par jour ou par an varie dans le temps suivant :

- le niveau de vie et les habitudes de la population
- les conditions climatiques et saisonnières
- le mode de conditionnement des denrées et marchandises

dans le cas d'une ville, la quantité produite augmente avec le niveau de vie, ainsi la quantité produite par habitant et par jour dans les pays développés est nettement supérieur que dans les pays sous-développés. Elle augmente aussi avec la croissance démographique et varie avec les mouvements de la population.

Pour Alger, dont tous les facteurs cités ci-dessus ont contribué largement, l'évolution est vertigineuse.

Voici quelques chiffres comparatifs des collectes :

1960	-	850.000 h	-	230 t/j	-	0,262 kg/hab/j
1962	-	950.000 h	-	326 t/j	-	0,350 kg/hab/j
1981	-	2.500.000 h	-	950 t/j	-	0,400 kg/hab/j

On constate que le tonnage collecté annuellement entre 1960 et 1981 a augmenté d'environ 320 % et durant la même période la production par habitant et par jour passe de 0,262 kg à 0,400 kg (Source usine de compostage).

I.1.5 - Evolution quantitative et qualitative des ordures ménagères :

La qualité des ordures ménagères collectée croît annuellement ce qui est dû à l'accroissement démographique de la population, à l'amélioration régulière du niveau de vie et de la consommation des habitants en réalité, la production d'ordures ménagères augmente un peu en poids et beaucoup plus en volume. Ce qui est dû à l'augmentation de papiers et plastiques qui proviennent des journaux et des emballages. Ceci entraîne une diminution de la densité.

Ce n'est peut-être pas vrai pour Alger mais il faut en tenir compte pour l'avenir.

I.2 - Intérêts à faire du compost :

Composter les ordures ménagères présente un double intérêt :

1 - le compostage est un moyen d'élimination des ordures ménagères et d'assainissement des villes et agglomérations d'où l'intérêt certain pour les collectivités locales, il demande une surface nettement inférieure à celle d'une décharge sans cesse croissante, qui peut causer la pollution des nappes souterraines et qui cause un problème d'avenir ;

2 - le compostage procure au sol de la matière humique, lui apporte une vie microbienne indispensable à la conservation des sols et l'enrichit en produits fertilisants d'où l'intérêt de l'utilisation du compost d'ordures ménagères dans l'agriculture.

I.3 - Objectifs du compostage :

Bien qu'il existe de nombreux procédés, les objectifs recherchés sont les mêmes :

- faciliter l'emploi du compost,
- éliminer les objets inertes de tailles suffisantes pour pouvoir gêner l'emploi du matériel agricole,
- éliminer les objets inertes pouvant créer une pollution esthétique tels que les inertes de couleurs vives;
- éliminer les objets tranchants ou piquants surtout si le compost est destiné à un sol manipulé à la main (cultures de champignons),
- détruire les éléments biologiques indésirables existant ou pouvant exister dans les ordures ménagères tels que :
 - . les microorganismes pathogènes
 - . les parasites de l'homme, des animaux et des végétaux
 - . les semences végétales ayant conservé leur capacité germinatives,
- biodégrader les matières organiques facilement fermentescibles pour apporter aux sols une matière organique stable évoluant lentement pour ne pas causer d'effets dépressif sur les cultures,
- éliminer les ordures ménagères,
- récupérer les différents produits recyclables tels que les papiers et cartons, la ferraille, le bois, ...
- recycler la matière organique dans le cycle naturel.

I.4 - Utilisation du compost à l'étranger : (source - 2 -)

En France, le compost est en grande majorité utilisé pour des cultures spéciales telles que vignes et champignons qui consomment respectivement 60 et 15 %.

En Hollande, 60 % environ du compost est utilisé pour la constitution d'aires de loisirs, la production de bulbes floraux et les opérations de recolonisation par la végétation.

En Allemagne, 70 % du compost est utilisé pour la lutte contre l'érosion des sols de vignoble.

En Suisse, on utilise du compost dans l'aménagement des parcs et terrains de sports et pour l'élevage de porcelets.

I.5 - Choix d'un procédé d'élimination :

Pour le choix d'un procédé d'élimination d'ordures ménagères on devra tenir compte des facteurs suivants :

- Conditions climatiques ;
- Conditions d'existence des habitants (niveau de vie, souci d'hygiène, souci d'esthétique) ;
- Situation géographique de la ville ou de l'agglomération ;
- Conditions économiques ;
- Possibilités industrielles ;
- Possibilités agricoles ;
- Conditions géologiques ;
- Rapidité des progrès de la technique ;
- Moyens de transport ;
- Salaires des ouvriers ;
- Possibilité d'obtenir de la main-d'oeuvre.

CHAPITRE II

MODE DE PRODUCTION DU COMPOST URBAIN

II.1 - COMPOSTAGE DES ORDURES MENAGERES -

II.1.1 - Traitement physique :

On appelle traitement physique l'ensemble des opérations qui consiste à préparer les ordures ménagères pour une bonne fermentation.

II.1.1.1 - Triage :

Le triage sert à éliminer les matières non compostables, verre, plastique, cuir (souliers), pierre, céramique et la ferraille. Cette dernière plus le bois et les papiers cartons peuvent être récupérés dans un but d'une recirculation si un marché existe.

Les tris avant traitement sont effectués différemment suivant les procédés et suivant qu'on le fasse dans le but d'une récupération ou pas. Dans certains procédés les tris s'effectuent après traitement.

II.1.1.1.1 - Tri manuel :

Les tris manuels sont souvent les plus efficaces mais ils doivent être abandonnés pour des raisons d'hygiène bien qu'il n'ait pas encore été signalé de cas de maladies se rapportant à ce travail. Le tri consiste à faire passer les ordures ménagères sur une bande transporteuse, un ou plusieurs ouvriers guetteraient le passage de monstres, de métaux non ferreux et dans le cas d'un recyclage ils pourraient extraire aussi les papiers, les cartons, les bouteilles, etc...

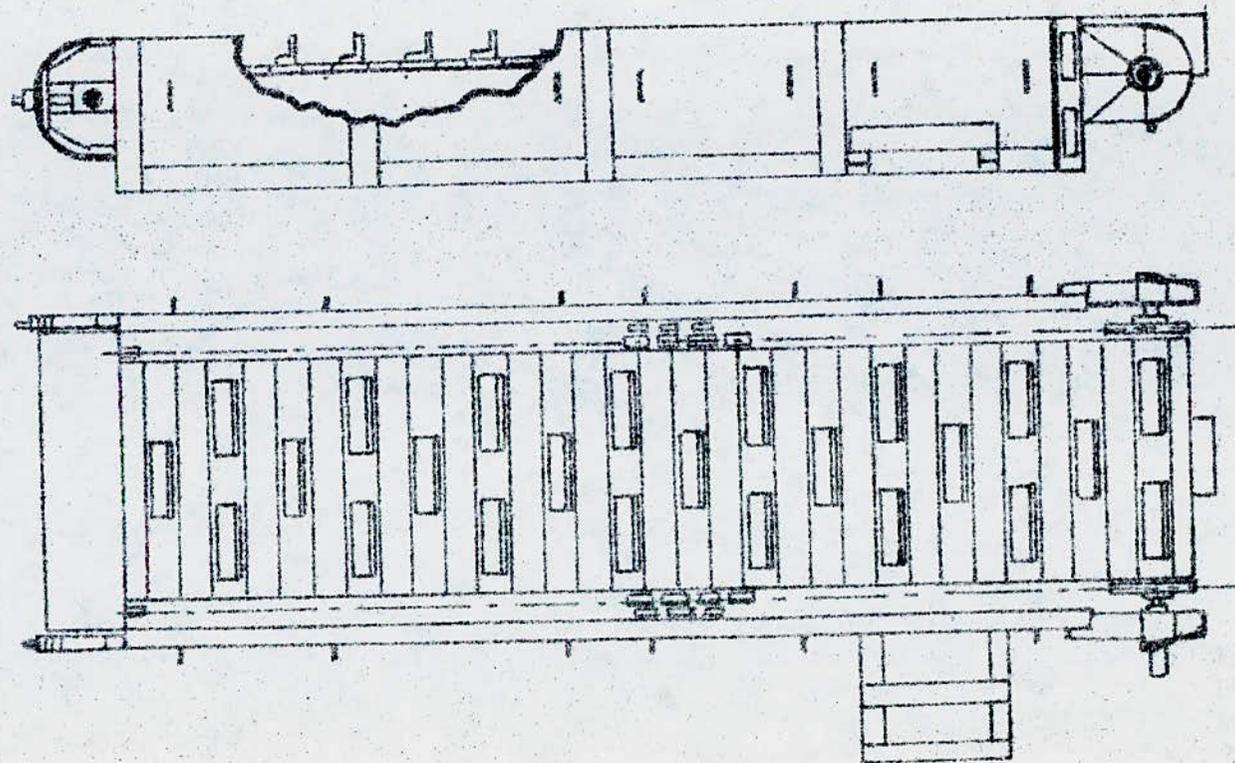
II.1.1.1.2 - Tri magnétique :

Les ordures passent soit sur une bande transporteuse qui au bout contient un électroaimant ou un aimant naturel. Les autres produits tomberaient en fin de course alors que les métaux ferreux resteraient collés sur la bande, ils seront détachés un peu plus loin du champ magnétique pour tomber dans une goulotte qui les mènera vers un presse ferraille pour réduire leur volume. L'élément qui contient l'électroaimant peut se trouver au-dessus de la bande transporteuse à une distance réglable suivant le pourcentage qu'on veut extraire et suivant la granulométrie des ordures à traiter. Il faudra noter que le degré de

./...

Schema - 11 -

Ruban extracteur à lames



salissure de la ferraille extraite est proportionnelle au pourcentage extrait. Il serait intéressant dans le cas d'une récupération de placer plusieurs électroaimants. La ferraille récupérée par les électroaimants les plus éloigné de la bande, sera propre et commercialisable.

II.1.1.1.3 - Les détecteurs de métaux non ferreux :

Dans certains procédés on utilise un détecteur à haute fréquence. Celui-ci arrête le transporteur lors d'un passage d'un objet métallique important et un ouvrier l'élimine, néanmoins ce système est peu pratique surtout qu'il est semi-manuel. On lui préfère le triage manuel surtout lorsque ces métaux non ferreux sont récupérés ou encore on utilise le trommel qui est un tamis circulaire à très grosses mailles de 100 mm fortement incliné destiné à éliminer les éléments de dimensions supérieures à celles des mailles.

II.1.1.1.4 - Tri balistique :

Ce triage a pour but de séparer les produits suivants leur densité. Il sépare du compost les capsules de plastiques et des morceaux de verre. La méthode la plus simple consiste à laisser tomber les produits sur une bande d'un convoyeur fonctionnant à grande vitesse et légèrement inclinée. Les produits les plus denses seront projetés plus loin que les produits ordinaires dont est composé le compost.

On utilise aussi une autre méthode qui consiste à laisser tomber les produits d'une hauteur assez élevée sur une bande à caoutchouc fortement inclinée circulant de bas en haut. Les éléments lourds rebondissent jusqu'au pied de la bande tandis que le compost est entraîné vers le haut.

Dans un autre système les produits sont projetés par une pièce métallique tournante. Ils tombent à des distances plus ou moins éloignées suivants leur densité.

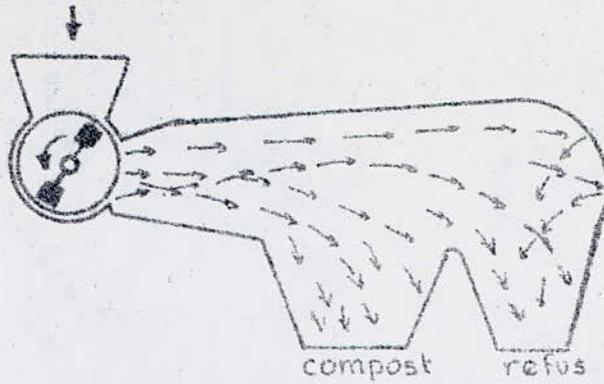
Le pouvoir de séparation de ces différents dispositifs à effets balistique est assez faible ils ne sont utilisés que pour l'affinage.

II.1.1.1.5 - Tri par séparation à air :

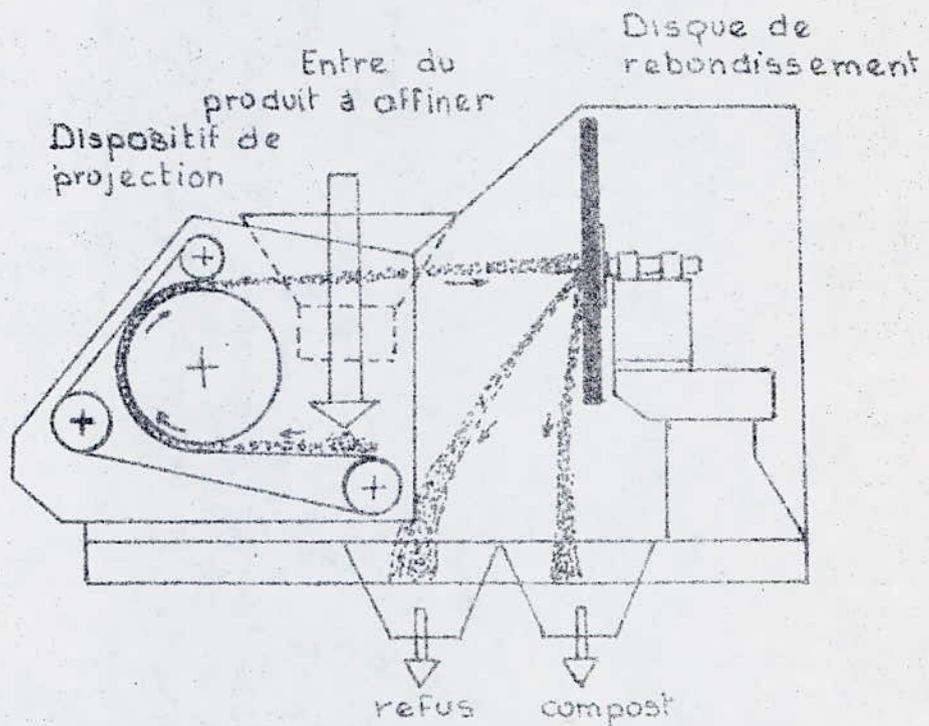
- Les séparateurs à air.

Les produits à traiter arrivent sur une bande transporteuse dans une chambre de détente. La bande passe à proximité de l'orifice d'aspiration d'air. Les produits les moins denses sont recueillis au bas de la chambre de détente alors que les produits lourds tombent dans le bûche d'aspiration.

Compost criblé
à affiner

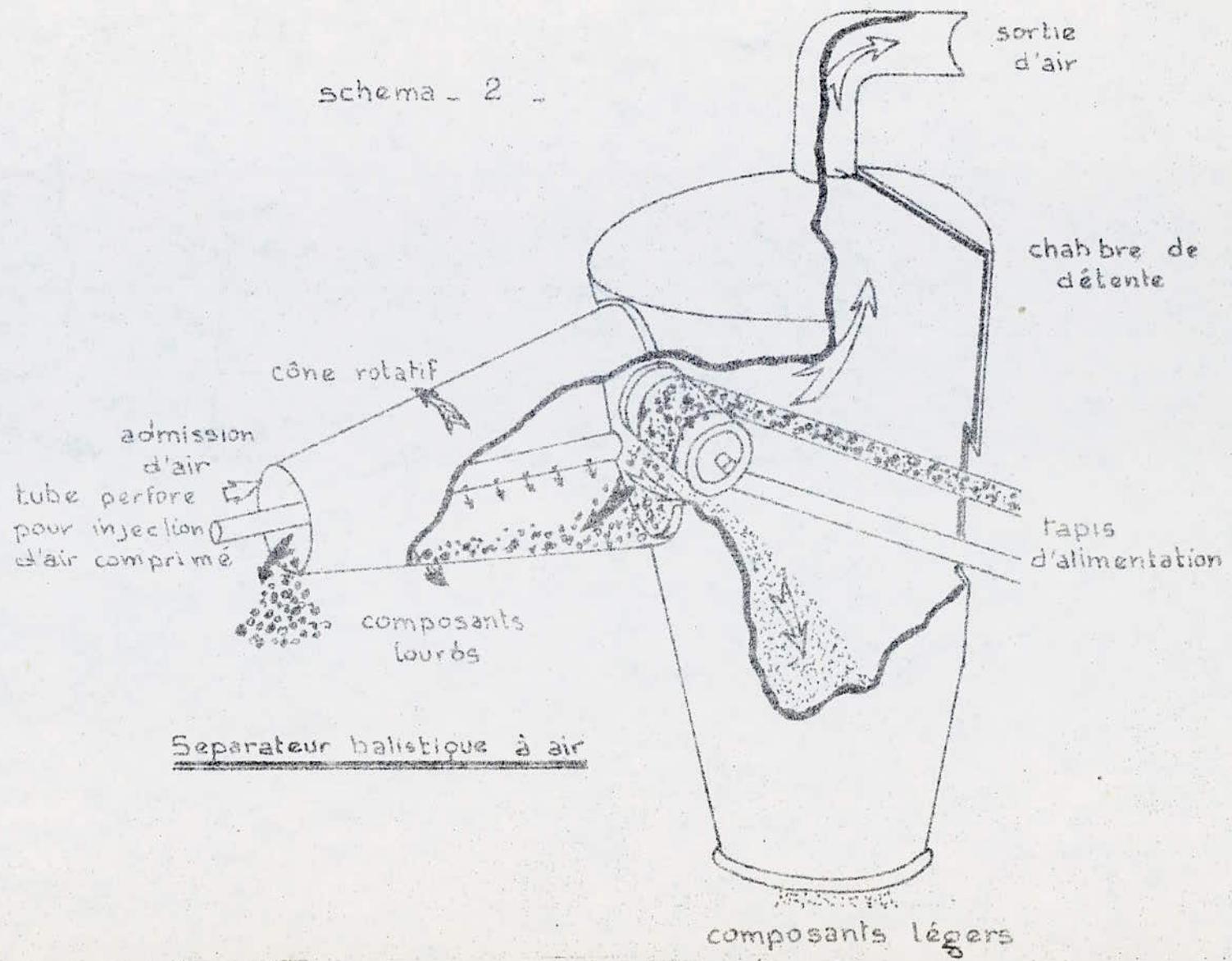


SEPARATEUR BALISTIQUE utilisant les
différences de densités



Schema (1) d'un séparateur utilisant les
différences d'élasticité des composants

schema - 2



tion inclinée rotative. L'air comprimé est distribué par un tubulaire perforé coïncidant avec l'axe de rotation de la tuyère.

- Les épierreurs à sec.

Un épierreur à sec est constitué d'un tamis oscillant incliné, traversé de bas en haut par un courant d'air. Le produit arrive dessus par gravité, il se forme en une couche tourbillonnaire portée par un coussin d'air. Elle passe successivement d'une section de triage préliminaire à une section de travail normal, puis à une section complémentaire avant de gagner la sortie. Les impuretés qui atteignent la section de triage complémentaire, c'est-à-dire de reprise, sont soumises à un contre courant d'air d'intensité réglable, puis elles sont collectées par une sortie. Les produits les plus denses tombent, ricochent sur le tamis et remontent le long du plan incliné sous l'effet de son mouvement alternatif. Le débit d'air ainsi que l'inclinaison de la table sont réglables en vue d'obtenir le degré de triage désiré.

II.1.1.1.6 - Tri par crible ou trommel :

Les tris par cribles ou trommels servent à extraire les objets divers dépassant une certaine dimension (ils ont l'inconvénient de ne pas être sélectifs). Ils sont généralement utilisés après un broyeur qui va déchiqueter les produits compostables tels que la matière organique et les papiers cartons etc., ils servent dans ce cas à extraire les plastics, textiles et chaussures. Ce procédé consiste à faire passer les ordures ménagères à travers une toile perforée suivant des diamètres appropriés. La dimension des perforations est variable suivant les opérations qui précèdent le tri et suivant le fait qu'il y ait eu un tri manuel ou pas.

Ils sont utilisés aussi pour le tamisage des fines et cendres si celles-ci existent en quantité non négligeable. On élimine les fines et les cendres avant le broyage pour éviter le phénomène d'abrasion dans les broyeurs car en effet elles accélèrent considérablement l'usure du matériel. On recueille les fines et les cendres sur un tapis qui les réintègre dans les matières qui partent en préfermentation.

II.1.1.2 - Broyage :

Le broyage a pour but de diviser en petits morceaux, de déchiqueter les matières contenues dans les ordures ménagères afin d'augmenter la surface d'attaque entre la biomasse et la matière organique et favoriser ainsi la fermentation.

En général, un broyage grossier avant la fermentation, il n'est pas nécessaire de faire un broyage poussé car cela réduira les vides existant entre les déchets ce qui risque de nuire au traitement biologique.

Le broyage permet d'avoir les conséquences suivantes :

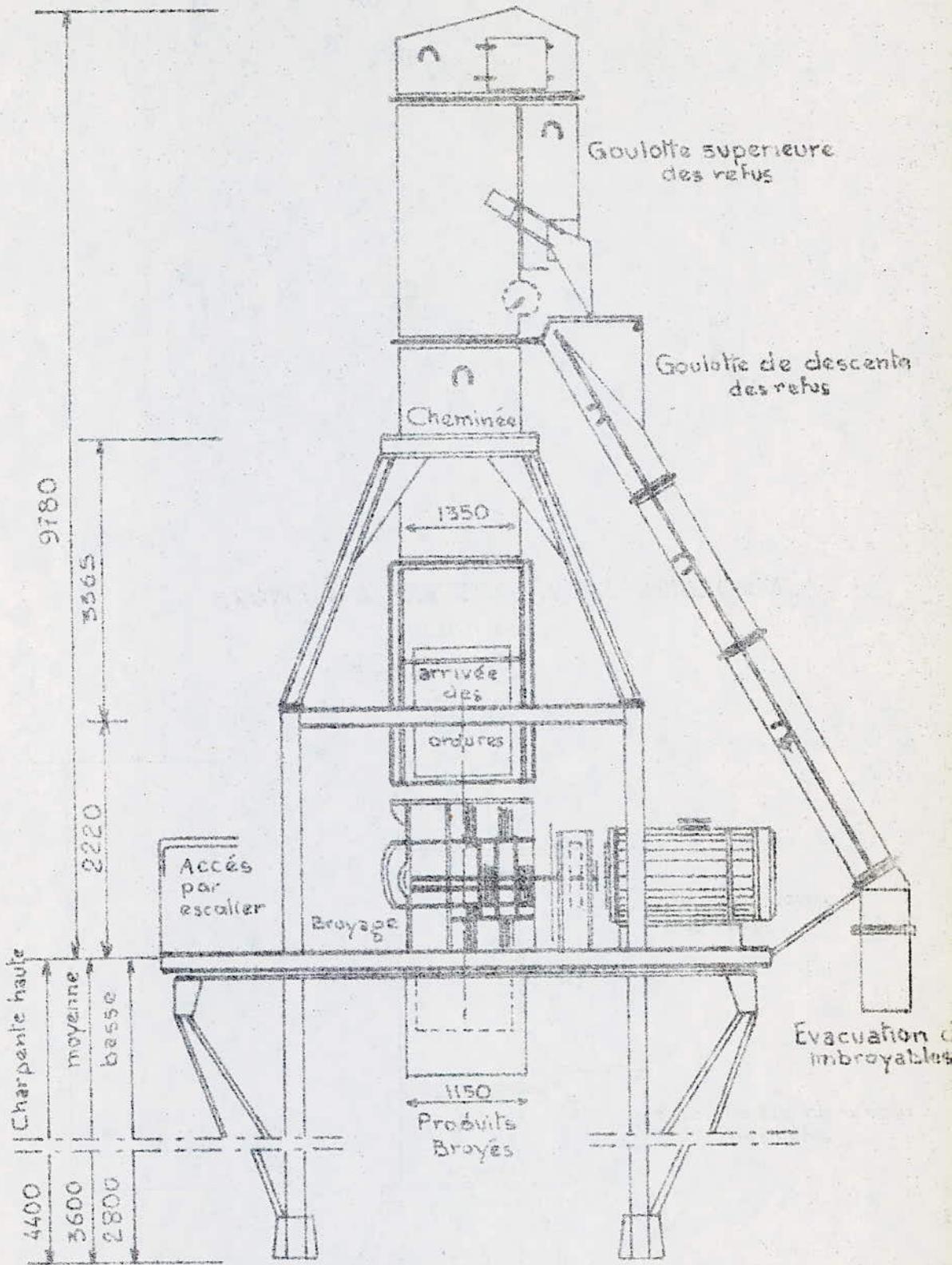
- les déchets alimentaires sont détruits et n'attirent plus les rongeurs et insectes,
- le broyage produit une aération facilitant l'oxydation des matières décomposables,
- l'homogénéité qualitative est nettement plus grande,
- la fermentation démarre très rapidement avec un fort dégagement de chaleur,
- la minéralisation est plus rapide,
- la densité est multipliée par 2 environ,
- le taux d'humidité est plus homogène, notamment pour les papiers et cartons, qui deviennent plus denses.

II.1.1.2.1 - Les broyeurs.

Une grande variété de broyeurs existe sur le marché. Pour les ordures ménagères on emploie presque exclusivement des broyeurs à marteaux. Un broyeur se compose schématiquement d'un rotor cylindrique muni de couteaux et de marteaux fixes ou mobiles montés de manière équilibrée, tournant à grande vitesse dans un carter blindés qui peut être doté au non de périgones, d'écrans, de grilles ou autres dispositifs participant au broyage. Les marteaux suivant leur forme et leur disposition par rapport aux bati du broyeur travaillent par chocs ou par percussions. Le fonctionnement a pour conséquence l'usure rapide des marteaux et des couteaux. Un bourrage ou un blocage par des éléments durs peut être craint dans ces machines.

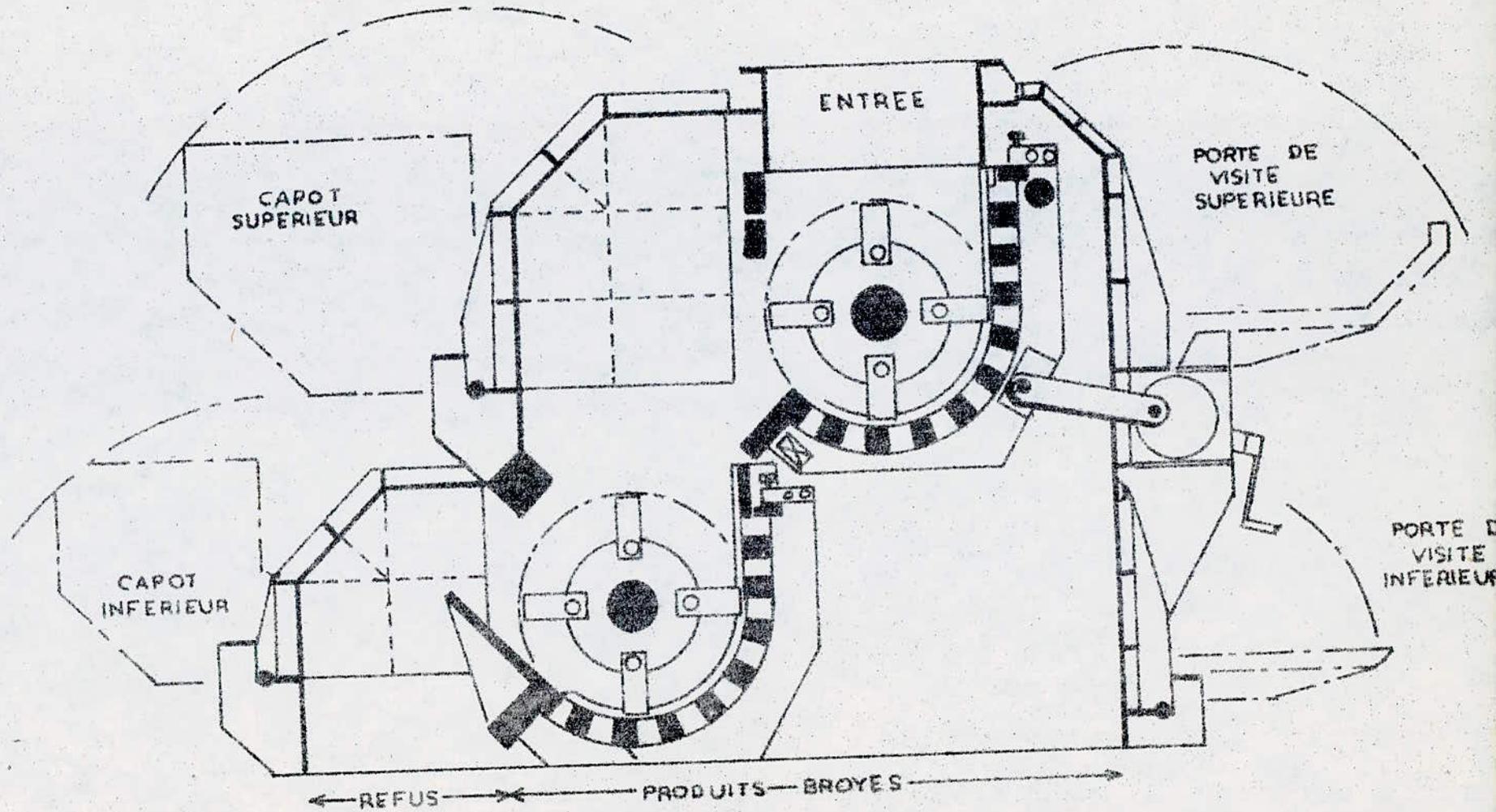
Par sécurité chaque constructeur a dû imaginer un dispositif tel que couteaux mobiles, chambre de décompression, tri balistique etc... pour assurer l'éjection de ces produits hors du broyeur.

./...



BROYEUR A 2 ROTORS

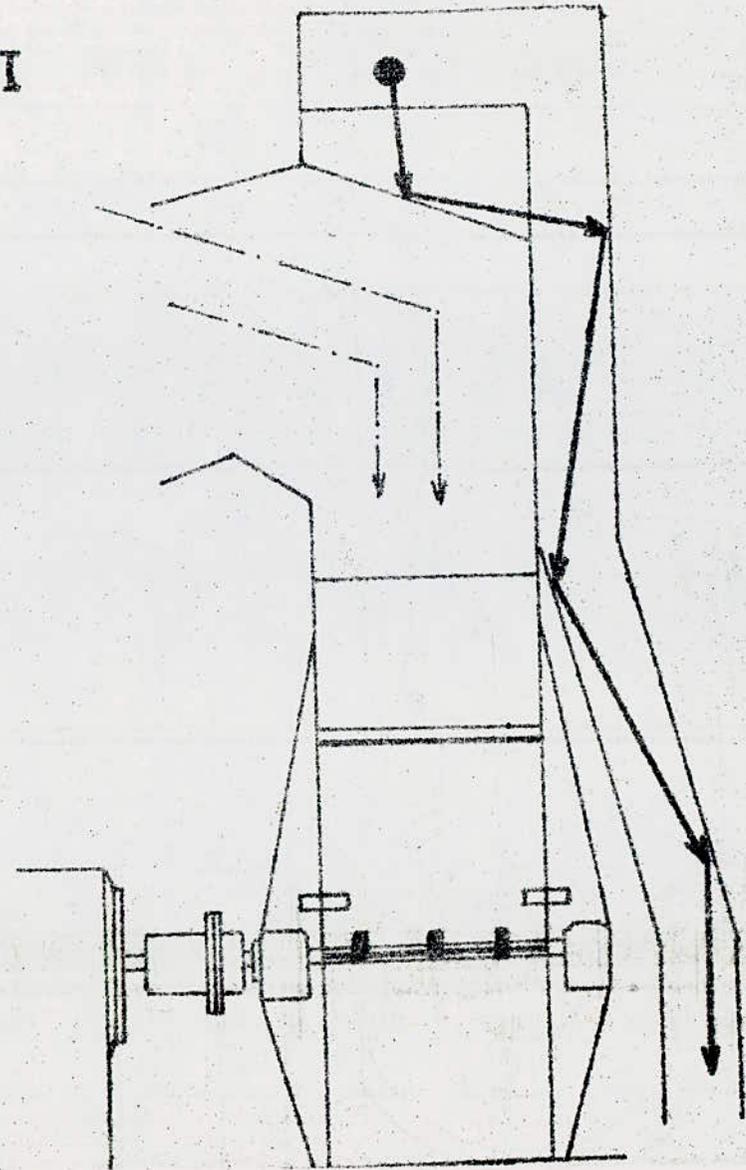
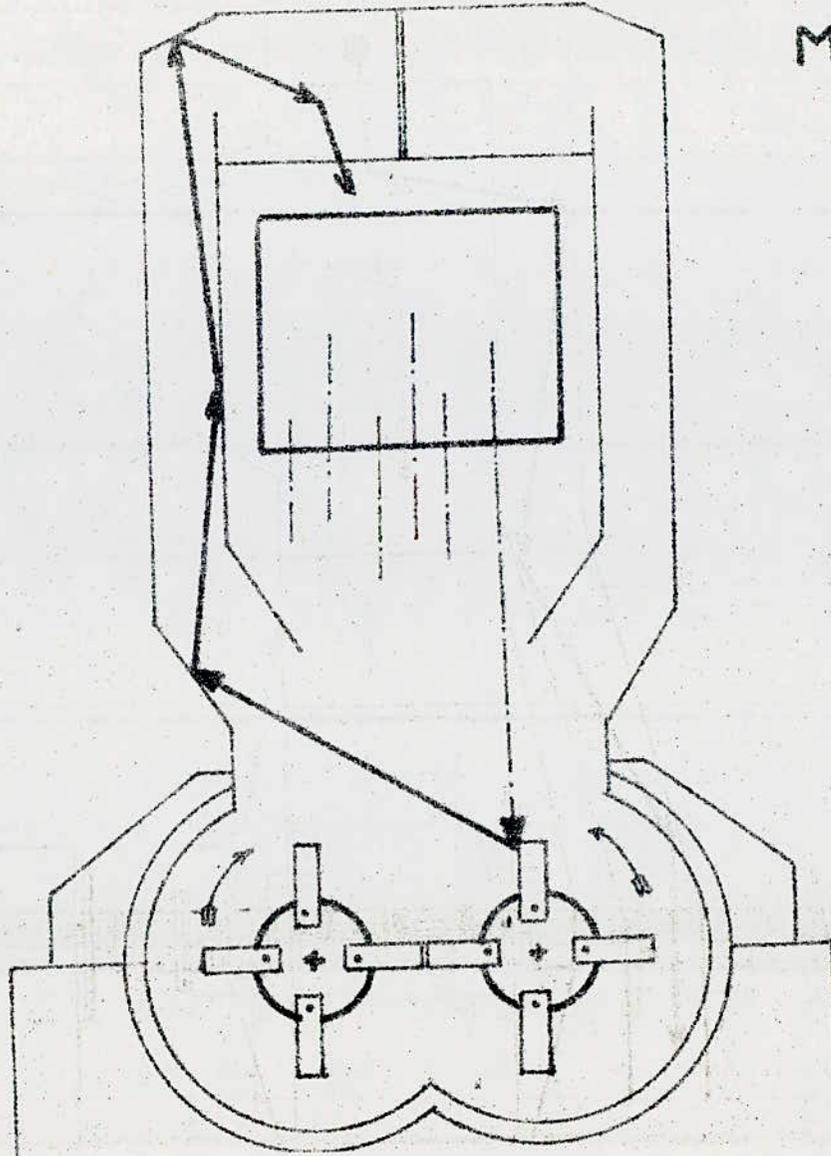
Schema - 4 -



BROYEUR A 2 ROTORS

(Schema - 5)

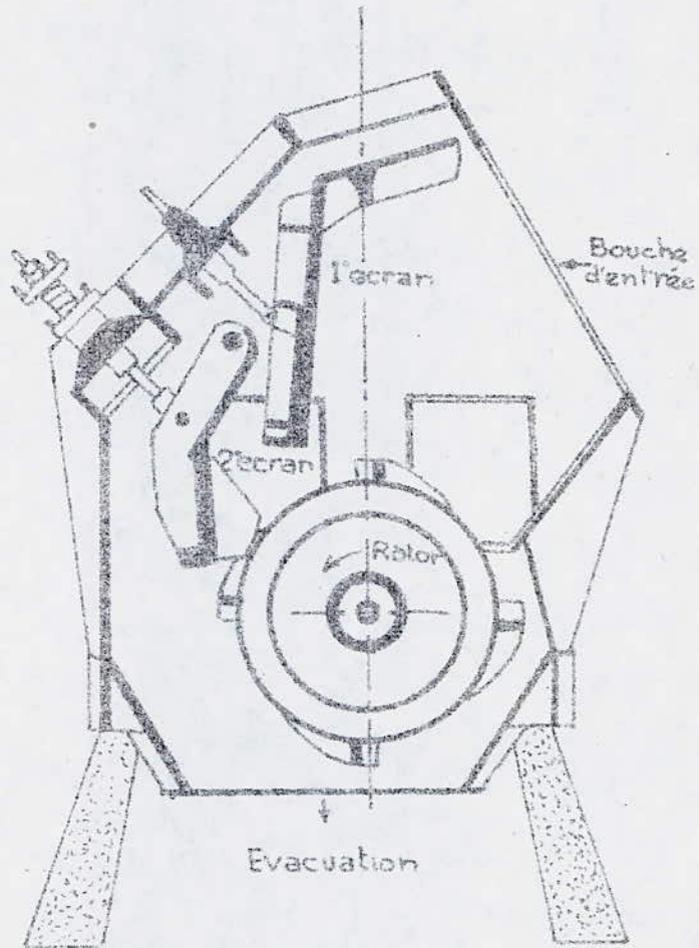
MPI



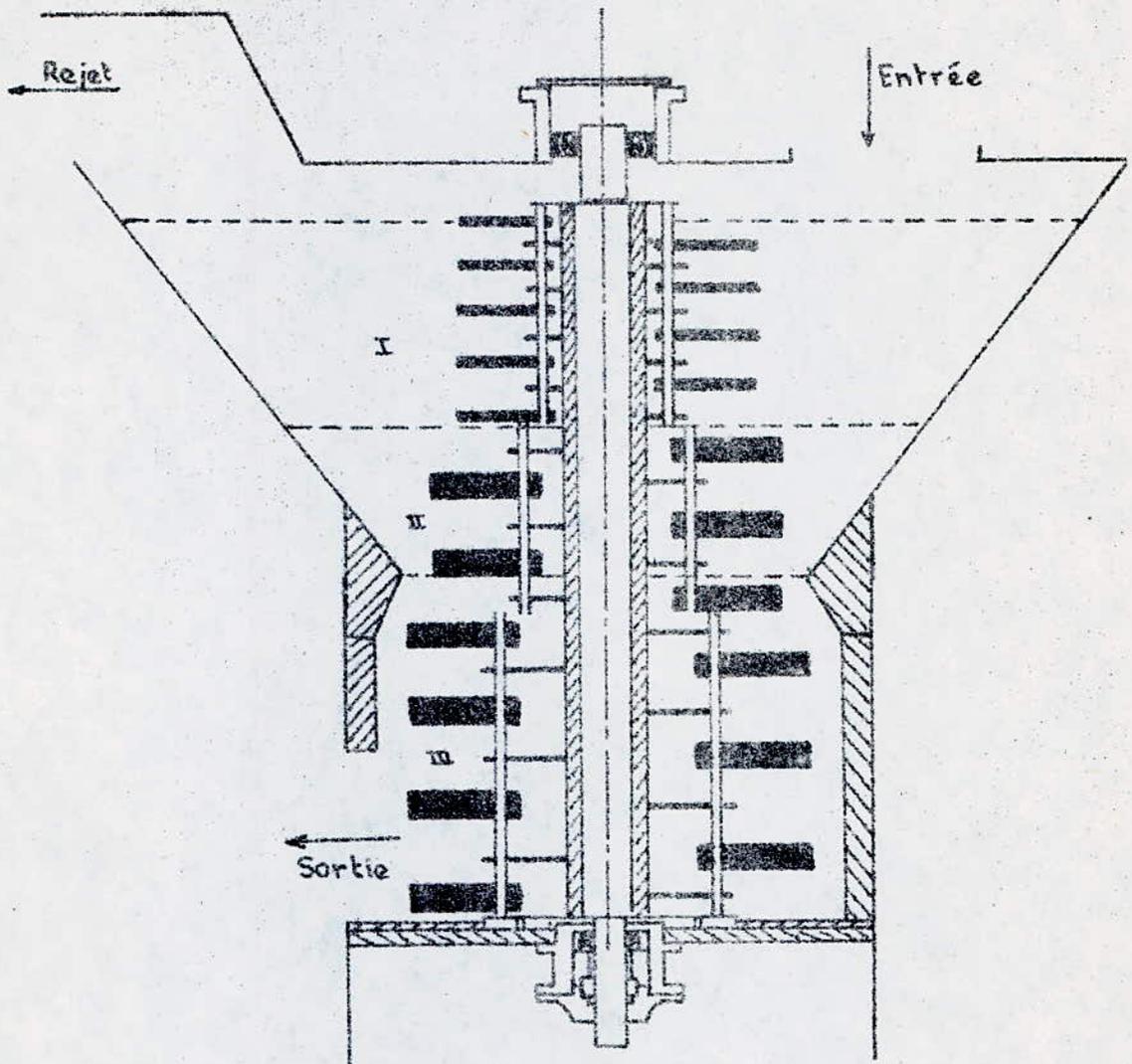
Schema - 6 -

Broyeur déchiqueteur à percussion

HAZEMAG



Broyeur - TOLLEMACHE , Rotor a axe vertical



I/ Section supérieure cônica de prébroyage

II/ Section de séparation balistique

III/ Section de broyage

Source - AGHTM -

Dans tous les cas un broyeur d'ordures ménagères doit répondre aux exigences ci-après :

- une bouche d'entrée largement dimensionnée de façon à éviter le risque d'obstruction de l'appareil,
- une alimentation régulière à partir d'une trémie intermédiaire munie d'un ruban extracteur qui en constitue le fond étanche et qui alimente le broyeur car il est très dangereux d'alimenter un broyeur en déversant les ordures directement dans sa bouche d'entrée le ruban extracteur est muni d'un moteur variateur asservi à celui du moteur du broyeur qui en commande la marche ou l'arrêt de façon à ce que l'alimentation soit stoppée lorsqu'il y a commencement d'engorgement et redémarre une fois que le surplus est absorbé,
- beaucoup de pièces dans un broyeur autres que les marteaux nécessitent des remplacements périodiques pour cela ils doivent être parfaitement accessibles et aisément remplaçable,
- des éléments particulièrement durs peuvent se trouver accidentellement dans les ordures ce qui nécessite des broyeurs robustes et résistants.

Les broyeurs peuvent être classés d'une part suivant l'outil de broyage :

- dents, couteaux, marteaux fixés agissant par percussion, marteaux mobiles agissant par chocs,
- systèmes mixtes, outils mobiles et fixes,
- le nombre de rotors,

d'autre part suivant l'orientation du rotor, horizontal ou vertical.

II.1.1.2.2 -- Refus des broyeurs.

Les refus varient en quantité et qualité avec les procédés suivant le fait qu'il y ait :

- un broyage avant ou après fermentation,
- une collecte sélective,
- un tri préalable dans le but d'une récupération de verre, papiers, cartons, bois, ferrailles, etc...,
- la dimension des mailles de sortie du compost

(celles-ci sont fonction des marchés de compost existant dans la région). Les refus suivant leur nature peuvent être mis en décharge ou incinérés, quelques fois ils sont rebroyés et réintégrés dans le processus du compostage.

Ils représentent 15 à 35 % du volume total des ordures traitées.

II.1.1.2.3 - Les râpes.

La râpe opère par cisaillement, frottement et déchiquetage à l'aide de plaques perforées et de plaques d'entées disposées alternativement ainsi que de bras animés d'une rotation qui broient les ordures jusqu'à ce qu'elle passent au travers des trous.

Les particules non dilacérables telles que plastiques, chiffons, chaussures sont périodiquement évacués par une trappe située dans le plancher de rapage. Les ordures pendant leur passage sont humidifiées dans le cas des ordures peu humides.

Ces machines ont le petit avantage de pouvoir broyer même les ordures très humides ce qui n'est pas le cas des broyeurs à marteaux ces machines ont aussi l'inconvénient majeur d'avoir un taux de refus très élevé en effet les refus d'une râpe sont en général égaux à la moitié des refus totaux tout en variant avec les maille de sortie.

II.1.1.2.4 - Les trommels.

Un trommel est essentiellement constitué d'un tambour rotatif à axe horizontal reposant sur un bâti en béton, séparé par un mécanisme de roulement, avec couronne d'entraînement et couronnes de glissements, posés sur deux jeux de galets. A l'intérieur sont montés des dispositifs permettant de réduire, d'homogénéiser, et de faire avancer en avant les produits traités.

Le but essentiel d'un trommel est la dilacération des produits par usure, en parallèle se fait l'homogénéisation des produits et de l'humidité. Les trommels sont répartis en deux grandes classes, les trommels à temps de séjour court et les trommels à temps de séjour long.

a - trommels à séjour court.

Ces appareils sont assez voisins des rapas hormis que leur axe est horizontal. Ils effectuent une dilacération par usure des produits et en même temps il y a homogénéisation et réduction de volume des produits. Des dispositifs d'humidification et des dispositifs pour mélanger les boues d'épuration peuvent être incorporés à ces appareils. Les trommels peuvent être utilisés seuls ou faire suite à un broyeur à marteaux, il permettent de :

- mélanger les ordures avec les boues d'épuration ou de l'eau pendant une durée déterminée,
- réduire le volume de la fraction biodégradable,

- transformer les ordures traitées en C/N: mélange pouvant être criblé,
- séparer les refus de la partie compostable.

Ce genre de trommels peuvent être aussi équipés de plusieurs éléments de cribles aux perforations différentes et de deux bras de dilacération différents, tournant à des vitesses différentes. Une séparation des éléments broyés s'opère suivant leur impact, leur compression et l'effet de cisaillement qui s'exerce sur eux. On sépare ainsi successivement :

- les éléments lourds et en particulier la matière organique biodégradable qui pourra être transformée en compost,
- le papier qui aura été rendu moins résistant par humidification,
- les matières plastiques.

b - Les trommels à séjour long.

Ces appareils sont gigantesques de 20 à 30 m de longueur, ils sont dotés des mêmes dispositifs que les précédents qui permettent de réduire, avancer et homogénéiser des produits. Leur grande dimension est justifiée par le fait qu'ils servent en même temps à la biodégradation et l'hygiénisation des produits qui doivent rester un minimum de temps prescrit à l'avance.

II.1.1.3 - Le tamisage :

Le rôle du tamisage est d'obtenir un compost de granulométrie bien défini, inférieur ou égale à une dimension déterminée et à éliminer les matières indésirables restantes encore dans le compost tels les plastiques, les de bouteilles, etc...

Le compost ne peut recevoir sa dénomination que si 90 % passe à la maille de 40 mm pour le compost grossier, à la maille 25 mm pour le compost moyen et de 15 mm pour le compost fin.

Le tamisage, suivant les différents procédés de compostage est effectué soit avant, soit après le traitement biologique. En général, il est effectué avant dans les procédés de compostage lent et après dans les procédés de compostage accéléré.

- Le tamisage avant fermentation entraîne une forte proportion de papiers dans les refus, ce qui a pour conséquence une diminution de la matière organique décomposable dans les déchets et une augmentation du volume des refus.
- Le tamisage effectué après fermentation permet d'éliminer seulement les matières non compostables car les autres matières tels les papiers seront

décomposés et déchiquetés en petits morceaux. Le volume des plastiques sera réduit par la chaleur de la fermentation. Ce qui nous donne un taux de refus beaucoup plus réduit.

II.1.1.3.1. - Les tamis.

a - Les tamis vibrants.

Le tamis est monté par l'intermédiaire de ressort et d'amortisseurs sur un bâti fixe, il est entraîné par un système à excentrique et à balourd, la surface du tamis est constituée soit d'un treillis métallique, dont l'avantage est que la surface creuse est maximale et dont l'inconvénient est de retenir les ficelles, chiffons et fils de fer, soit d'une tôle perforée à trous ronds ou carrés, celle-ci n'a pas l'inconvénient précédent ce qui donne l'avantage de pouvoir être utilisé en continu mais elle présente une surface creuse réduite.

L'alimentation du tamis se fait en continu d'une manière régulière la surface de tamisage doit être largement calculée car si celle-ci est faible il y aura une épaisseur d'ordures importante ce qui permettra d'entraîner les produits du dessus dans les refus.

En général, les tamis sont à un seul plateau de tamisage. Quelquefois dans le but de récupérer différents produits, un compost fin, un compost moyen et les refus, on utilise deux surfaces de tamisage ou on divise la surface de tamisage en deux tamis à mailles différentes.

b - Les tamis à raisonnance.

La surface de tamisage horizontale se colmate moins rapidement que celles des cribles vibrants. L'impulsion donnée aux produits à cribler { chocs sur des tampons amortisseurs en fin de course } est amplifiée grâce à un système de ressorts sur lequel est monté le bâti et qui lui permet de se déplacer en sens inverse du tamis.

c - Les trommels (tamis rotatif).

Les trommels sont constitués d'une surface de tamisage circulaire, entraînée par une couronne à engrenage, comportant 2 couronnes lisses de roulement, dont chacune s'appuie sur des galets. La nappe de l'élément de criblage est perforée de trous circulaires, de diamètre approprié, variant suivant les produits à tamiser et suivant la granulométrie qu'on veut obtenir. Le produit nettoyé est recueilli au-dessous de l'appareil, par exemple par un système de vis d'Archimède et les refus sont recueillis à l'extrémité de sortie du trommel.

Le rendement de tamisage sera d'autant plus satisfaisant que le produit tamisé est moins humide.

II.1.2 - Traitement biologique :

II.1.2.1 - Mécanisme biochimique du compostage aérobie :

II.1.2.1.1 - Définition.

D'après la norme française homologuée AFNOR U44.051 "Amendements organiques - Dénomination et spécifications", le compost urbain est défini comme suit : "mélange de déchets solides d'origine principalement domestique ayant subi au cours de sa fabrication un échauffement naturel de la masse à une température de 60°C en plus pendant une durée au moins égale à quatre jours et précédé ou suivi de certaines opérations mécaniques (trilage, broyage, dilacération, déferailage, tamisage, etc...).

La norme en décrit les principales caractéristiques :

a - Etat de maturité.

- compost urbain frais : compost urbain ayant seulement subi la fermentation de quatre jours minimum ;
- compost urbain demi-mûr : compost ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation incomplète ;
- composte urbain mûr : compost ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation complète.

b - Classification granulométriques.

Il existe quatre types de compost urbain classés en fonction de leur granulométrie :

- compost urbain très fin : 99 % du compost passe à la maille carrée de 6,3 mm ;
- compost urbain fin : 99 % du compost passe à la maille carrée de 12,5 mm ;
- compost urbain moyen : 99 % du compost passe à la maille carrée de 25 mm ;
- compost urbain grossier : 99 % du compost passe à la maille carrée de 40 mm.

II.1.2.1.2 - Spécifications diverses.

Les composts urbains doivent contenir le minimum de corps ou de matériaux coupants et/ou piquants. Ceux-ci doivent obligatoirement passer à la passoire à trous ronds de :

- 5 mm pour les composts urbains grossiers et moyens,
- 2 mm pour les composts urbains fins et très fins.

Les composts urbains doivent avoir une teneur en matière organique au moins égale à 20 % (en % du produit brut).

Le rapport matière organique/azotée doit être au maximum de :

- 60 pour le compost urbain demi-mûr,
- 50 pour le compost urbain mûr.

La teneur en azote est au minimum de 2 % exprimée en % de la matière sèche.

II.1.2.1.3 - Remarque.

La constitution de cette norme est déjà un pas en avant dans l'histoire du compost mais cependant son examen critique conduit à formuler les remarques suivantes :

- les seuils définis pour les teneurs des composts en matière organique et en azote total sont larges et ne peuvent disqualifier aucune des productions actuelles. Toutefois, la limite supérieure choisie pour la teneur en azote total pourrait dans une certaine mesure, décourager la fabrication d'un compost urbain enrichi en azote ;
- Cette norme définit la taille maximale des éléments inertes que peut contenir un compost urbain mais elle n'indique aucune limite supérieure relative à la présence de ces impuretés, qui est souvent la principale cause de la mévente de certains composts urbains.

II.1.2.1.4 - Principe de la fermentation aérobie.

Le compostage, c'est une fermentation naturelle des déchets en milieu aérobie. Dans chaque gramme d'ordures ménagères fraîches vivent plusieurs milliards de germes. Le compostage consiste à inhiber le développement des espèces anaérobies et à favoriser la prolifération des bactéries aérobies en leur offrant les conditions de vie les meilleurs. Ce but est atteint en agissant sur les facteurs fondamentaux qui sont : l'aération, la température et l'humidité.

Durant ce processus il se dégage une grande quantité de chaleur ce qui fait que la température est une bonne indication qui permet de contrôler le processus biochimique de la fermentation.

On préfère la fermentation en aérobie car celle-ci provoque un échauffement assez important qui agit comme un mécanisme de pasteurisation par lequel les agents pathogènes sont détruits. L'accroissement de la température provoque tout d'abord l'éclosion des oeufs, facilite le développement des larves et la germination des graines qui s'y trouvent mais la température continue de

TABLEAU

TEMPERATURES ET TEMPS D'EXPOSITION NECESSAIRE A LA
DESTRUCTION
DE CERTAINS AGENTS PATHOGENES ET PARASITES COURANTS
(Cité par COTAAS)

ORGANISME	REMARQUES
<i>Salmonella typhosa</i>	Aucun développement au-dessus de 46°C mort en 30 minutes à 55-60°C et en 20 minutes à 60° C ; détruite rapidement dans le compost
<i>Salmonella sp.</i>	Mort en une heure à 55°C et en 15 à 20 minutes à 60°C.
<i>Shigella sp.</i>	Mort en une heure à 55°C
<i>Escherichia coli</i>	Pour la plupart, mort en une heure à 55°C et en 15 à 20 minutes à 60°C
<i>Entamoeba histolytica</i> (kystes)	Mort en quelques minutes à 45°C et en quelques secondes à 55°C
<i>Taenia saginata</i>	Mort en quelques minutes à 55°C
<i>Trichinella spiralis</i> (larves)	Tuées rapidement à 55°C ; instantanément à 60°C
<i>Brucella abortus</i> ou <i>Br. suis</i>	Mort en 3 minutes à 62-63°C et en une heure à 55°C
<i>Micrococcus pyogènes</i> var. <i>aureus</i>	Mort en 10 minutes à 50°C
<i>Streptococcus pyogènes</i>	Mort en 10 minutes à 54°C
<i>Mycobactérium tuberculosis</i> var. <i>hominis</i>	Mort en 15 à 20 minutes à 66°C ou en quelques instants à 67°C
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Mort en 45 minutes à 55°C
<i>Nector americanus</i>	Mort en 50 minutes à 45°C
<i>Ascaris lumbricoides</i> (oeufs)	Morts en moins d'une heure aux températures dépassant 50°C

s'accroître et cause la destruction des larves, des bourgeons et des germes pathogènes. L'oxydation du carbone, qui se trouve dans les ordures ménagères en abondance par des microorganismes aérobies, libère de l'anhydride carbonique qui n'est ni inflammable ni polluant d'une part et qui permet de réduire le rapport C/N d'autre part. La fermentation en aérobiose se fait aussi sans dégagement d'odeurs et elle présente l'avantage de diminuer la solubilité de nombreux métaux lourds et oligo-éléments (Source 2), p. 1 :

Le mécanisme de cette fermentation doit être soigneusement contrôlé à l'aide de thermomètres plongeant dans la masse d'ordures. En général, pour faciliter la fermentation on veillera :

- à maintenir les conditions d'aérobiose en assurant une aération énergétique en vue de faciliter la pénétration de l'air frais à l'intérieur de la masse en fermentation et d'éliminer l'air vicié ;
- à homogénéiser les déchets broyés par des moyens mécaniques afin de faciliter la prolifération bactérienne et de multiplier le contact entre les microorganismes et toutes les particules de déchets broyés.

Il est essentiel que les familles des micro-organismes spécifiques soient prédominantes au moment où elles auront un rôle à jouer donc il est important de mener la fermentation de sorte que les bactéries puissent se développer librement. Ceci fait la fermentation se déroule en 3 phases :

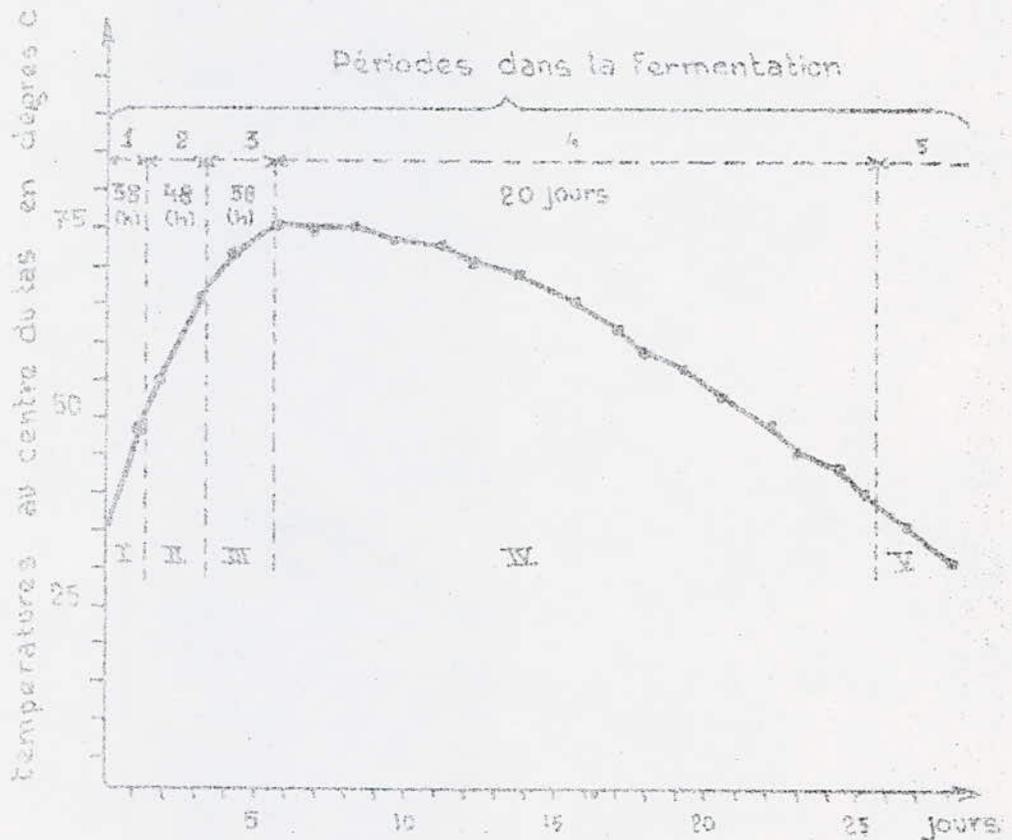
- phase 1 : destruction et consommation des protéines et matières azotées à une température moyenne de 40 à 50° ;
- phase 2 : destruction des hydrocarbures, cellulose et matière grasse, cette phase est accompagnée par un dégagement de chaleur intense et un fort dégagement de gaz carbonique et de vapeurs d'eau. La température atteint 65° et peut atteindre 75° ;
- phase 3 : phase de murissement. Le processus de compostage se prolonge par une longue phase de maturation au cours de laquelle la température baisse progressivement pour se stabiliser au niveau de la température ambiante et en parallèle les bactéries spécifiques cèdent la place aux espèces plus communes. La maturation dure tout le long du stockage.

./...

Fig - 1 -

Mécanisme biochimique du compostage aérobie

(d'après L. Kahren et J. Vaillant)



- I/ Maximum de micro-organismes, éclosions des œufs
- II/ Champignons thermophiles, sécrétions d'antibiotiques, mort des insectes et des œufs
- III/ Bactéries thermophiles, destruction des bactéries pathogènes
- IV/ Minimum de micro-organismes, bactéries thermophiles, destruction totale des bactéries pathogènes
- V/ Retour des champignons - actinomycètes et quelques espèces de bactéries mésophiles

II.1.2.1.5 - Conditions nécessaires à l'ins-
tauration d'une fermentation
aérobie.

a - L'humidité.

Les microorganismes reçoivent les substances nutritives et énergétiques à travers leurs membranes cellulaires ce qui nécessite un certain taux d'humidité si celui-ci est faible l'activité métabolique des microorganismes est ralentie ainsi que leurs multiplications si par contre il est trop élevé, il y a risque de passage de certaines zones à l'anaérobiose avec des conséquences néfastes sur le bon déroulement du compostage et d'autre part la vitesse de montée de la température ainsi que la température maximale atteinte seront inférieurs à celles atteintes pour une humidité optimale qui se situe selon les auteurs entre 45 % et 55 % (BELL 1973, CILLIE 1971) mais le procédé peut se faire de 25 % à 75 % (BELL 1973) (Source -2-).

Sachant que l'humidité diminue au fur et à mesure que le processus se déroule. Il s'avère nécessaire de mouiller les ordures ménagères si la teneur initiale en eau est inférieure à 50 %. La perte d'eau au cours de la fermentation est considérable pour des ordures ménagères de teneur initiale égale à 60 % (c'est le cas des ordures ménagères d'Alger) la teneur en eau en fin d'opération s'abaissera normalement jusqu'à 30-32 %. (Source -22-)

b - L'aération.

La fermentation étant en oxybiose, les ordures ménagères doivent être suffisamment aérées, d'une façon homogène, pour maintenir les conditions d'aérobiose et pour maintenir une teneur en oxygène supérieure à 10 % (Source -2-).

Dans le cas du compostage sur aire, l'aération est faite par retournement des ordures ménagères. Dans le cas du compostage accéléré, elle est faite par insufflation, aspiration, par alternation de l'insufflation et l'aspiration (cette dernière est intéressante car elle permet de maintenir une homogénéité de la température et de l'humidité dans la masse d'ordures).

Elle se fait aussi par rotation de la masse d'ordures.

c - Carbone et azote - rapport C/N.

Le carbone constitue la principale source énergétique. Durant la fermentation 1/3 environ du carbone contenu dans les ordures ménagères est brûlé et s'échappe sous forme d'anhydride carbonique. Un autre tiers participe à la synthèse de la biomasse dans l'aboutissement et la production de protéines à partir de l'azote et des autres éléments disponibles. On estime que pour la production protéique, une partie d'azote est nécessaire pour trente parties de carbone ce qui donne que le rapport optimum de départ pour le compost est de $C/N = 30$.

Un grand nombre de générations de microorganismes se développent puis meurent au sein de cette fermentation. L'azote utilisé par les premières générations est réutilisé par les suivantes après leur mort. Or le carbone oxydé sous forme d'anhydride carbonique est perdu et c'est ainsi que l'excédent de carbone est consommé progressivement et c'est ainsi que baisse parallèlement le rapport C/N. Le rapport C/N des ordures ménagères fraîches est en général bon pour le compostage, il est compris entre 30 et 40 et il n'est pas nécessaire de le contrôler en permanence. Par contre il faudrait le faire dans le cas où on mélange des produits industriels.

Le compostage peut se faire pour un rapport C/N allant de 15 à 100 (Source -2-). Si celui-ci est faible la minéralisation sera rapide. Il y aura risque de dégagement d'ammoniac s'il est trop faible et s'il est élevé les microorganismes risquent de manquer d'azote ce qui entravera leur croissance, et la minéralisation sera plus lente.

II.1.2.1.6 - Evolution des principaux paramètres durant le processus de compostage lent (ou naturel).

a - Evolution de la température.

En pratique les déchets grossièrement broyés sont disposés en meules ayant 3,50 à 4 m à la base et une hauteur correspondant à la pente du talus naturel, soit 2,5 à 2,8 m. Les meules sont en général rectilignes. En contrôlant, à l'aide de sondes thermométriques appropriées, la température, on constate les phases suivantes :

(d'après les données de la littérature spécialisée citées par L. Kehren et J. Vaillant)

	Durée de chaque phase	Tempé- ratures	Millions de germes par gr. matière	Répartition en mil- lions par gramme		Evolution des espèces vivantes pendant la fermentation aérobie
				Mésophiles	Thermophiles	
Ordures fraîches	Pas plus d'un jour	Ambiante 20°	8 000	8 000	0,1	Insectes - vers et oeufs - protozoaires - graines parasitaires - bactéries - champignons - germes pathogènes
Phase mésophile	15 heures	de 20° à 50°	5 000 à 6 000	5 000	0,2	Éclosion forcée (chaleur et humidité) des oeufs, évolution des larves - fuite des insectes. Bactéries mésophiles nombreuses - Bactéries thermophiles peu nombreuses. Champignons mésophiles.
1° phase thermophile	56 heures	de 50° à 65°	40 à 50	5	45	Destruction oeufs et larves d'insectes, d'oeufs de ténia, d'anguilules et leurs oeufs, d'ankylostomes, des graines. Début destruction des bactéries patho- gènes. Champignons thermophiles. Apparition des substances antibiotiques
2° phase thermophile	12 jours	de 65° à 75°	10 à 15	1	12	Destruction des bactéries pathogènes : paratyphus - Salmonella - Bacilles intes- tinaux - Fièvre charbonneuse .etc... Disparition des champignons thermophiles. Bactéries thermophiles.
Phase thermophile finale	15 jours	de 75° à 45°	8 à 10	0,5	8	Destruction finale des bactéries patho- gènes, y compris les espèces sporogènes. Bactéries thermophiles. Actinomycètes. Quelques espèces de champignons thermophiles.
Stockage : période de "muri- sse- ment"	20 jours	de 45 à 20°	10 à 20	15	5	Disparition des bactéries thermophiles. Actinomycètes. Champignons mésophiles. Bactéries mésophiles. Présence de substances antibiotiques (?). Produit dépourvu de germes pathogènes.

- une phase mésophile de durée allant de 36 à 48 heures. L'élévation de la température est due à l'activité des microorganismes. La fermentation début par des microorganismes mésophiles, leurs activités métaboliques engendrent une élévation de température jusqu'à environ 45-55°C dans le centre des meules qui inhibe leurs activités ;
- une phase thermophile basse de 2 à 3 jours. La précédente température favorise le développement des microorganismes thermophiles dont l'activité provoque une élévation de température vers 70°C. Cette phase thermophile se termine vers 75°C où l'activité de ces microorganismes est aussi inhibée ;
- une phase thermophile haute allant jusqu'à 3 jours. La chaleur dégagée précédemment persiste et inhibe toute activité biologique. Des processus chimiques et éventuellement enzymatiques se font en parallèle des processus biologiques. Au cours de cette phase thermophile haute ils sont seuls responsables des transformations ;
- une troisième phase thermophile qui commence après 9 à 10 jours et durant laquelle la température commence à décroître très lentement et qui permet le redémarrage de la microflore thermophile et ensuite de microflore mésophile.

Etant donné qu'il y a suffisamment d'oxygène à l'intérieur des meules durant les premiers jours après un retournement, il serait intéressant de ne pas perturber la microflore avant qu'une phase ne soit achevée et que l'autre soit démarrée c'est-à-dire un retournement lorsque la température aura atteint 65°C ce qui correspond à l'achèvement de la phase mésophile et le plein démarrage de la phase thermophile basse. A ce moment un retournement efficace et complet suffira pour remplacer par de l'air frais le gaz carbonique libéré durant la phase précédente et permettre le redémarrage de la phase thermophile basse.

Et ainsi de suite on retournera les meules une nouvelle fois lorsque la température aura atteint 70-72°C donc vers le 5ème jour et enfin une dernière fois vers le 9ème jour lorsque la température sera stabilisée aux environs de 75°C. Ce dernier retournement correspond au transfert du compost du hangar de préfermentation à l'aire de maturation. (Source -2-)

L'évolution de la température permettra d'intercaler d'autres retournements au cas où la température stagne ou décroît avant d'atteindre les températures indiquées ci-dessus.

Les températures et leurs variations diffèrent suivant les saisons et la nature des ordures ménagères. Par exemple, les ordures d'été montent plus vite et atteignent des températures plus élevées.

b - Evolution du pH.

Le pH des ordures ménagères fraîches est en général proche de la neutralité et sa vérification n'offre pas d'importance. Mais lors de la fermentation le pH devient une variable importante qui peut nous permettre de savoir si la fermentation est toujours en oxybiose.

Le pH des ordures ménagères devient acides (pH5) durant les deux ou trois premiers jours puis redevient légèrement basique (pH 7,5 à 8,5).

Et si des conditions d'amoxybiose devaient s'instaurer le pH descendra jusqu'aux environs de 4,5.

c - Evolution du carbone et substances carbonnées.

La microflore utilise les substances carbonnées à plusieurs fins :

- 1 - Respiration, transformation, oxydation d'une fraction des substances carbonnées ou gaz carbonique pour production d'énergie nécessaire à la synthèse cellulaire ;
- 2 - Une deuxième fraction sera transformée en réserves endocellulaires donc restera intégrée aux corps bactériens ;
- 3 - Une autre partie sera utilisée comme matériau dans la synthèse cellulaire et restera aussi intégrée aux corps bactériens ;
- 4 - Et enfin durant toutes ses opérations une partie sera rejetée comme résidus du métabolisme.

On remarque que mis à part la fraction transformée en gaz carbonique les autres restent sous forme de substance carbonnées qui seront réutilisées par les générations suivantes de microorganismes. La partie utilisée pour les respirations et d'environ 37 % pendant la phase de croissance et seulement de 16 à 21 % s'il n'y a pas de croissance (Source -2-). Il y a donc une diminution continue du taux de carbone durant le compostage.

Analyses de composts a differents stades de fermentation

(Valeurs moyennes, en% de la matiere seche)

(Station agronomique de Seine et Marne, in A.G.H.T.M., 1975)

	Age du compost					
	ordures menageres fraiches	10 Jours	1 mois	6 mois	1 an	Superieur à un an
Matieres organiques totales	47,9	41,6	40,3	38,8	31,5	29,8
Carbone	18,9	14,9	13,7	12,7	7,8	7,9
Azote	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6
Rapport $\frac{C}{N}$. . .	23,2	20,6	20,3	16,5	13,4	11,9

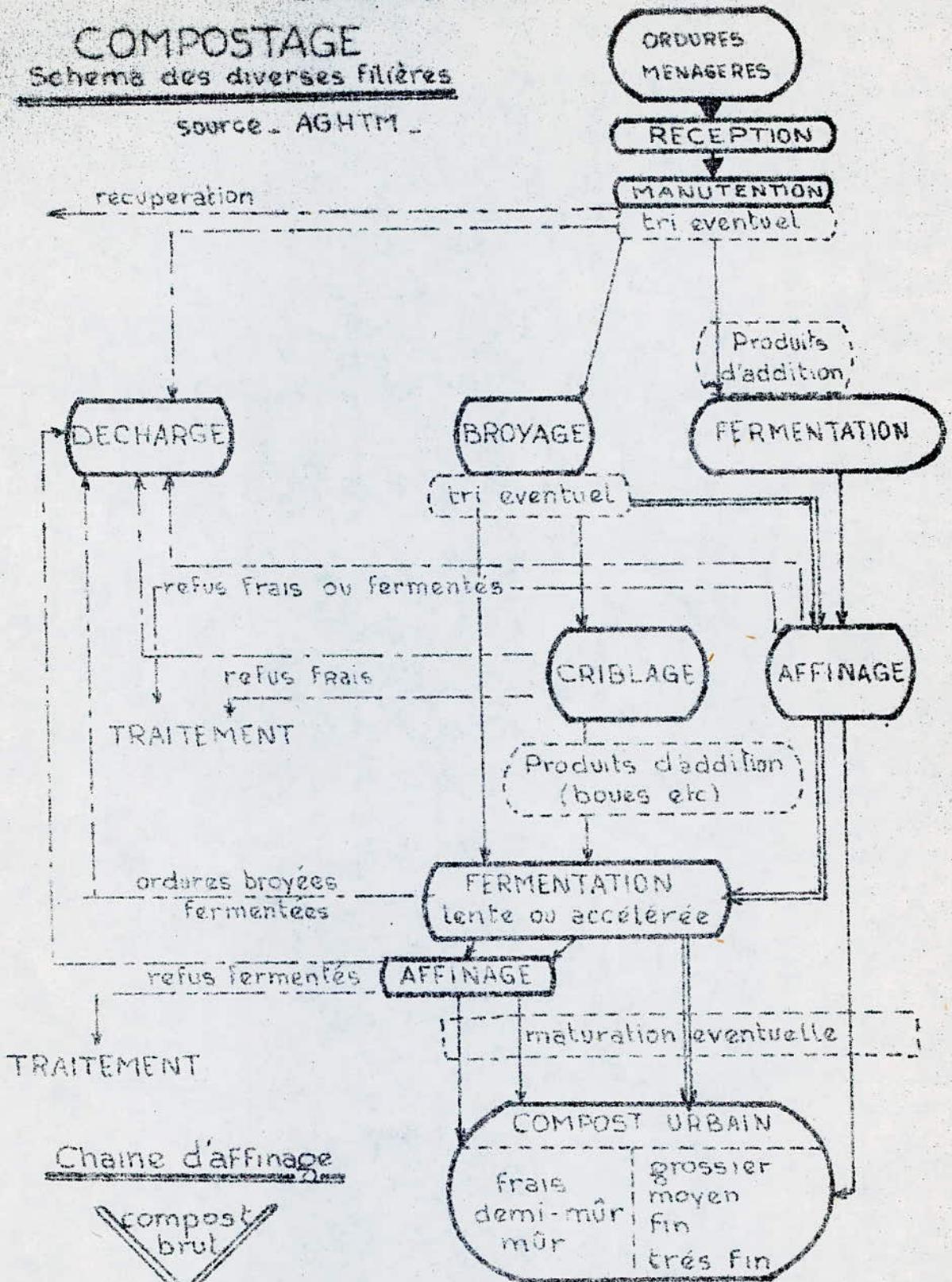
(Source ... 2)

— Tableau - N° 1 —

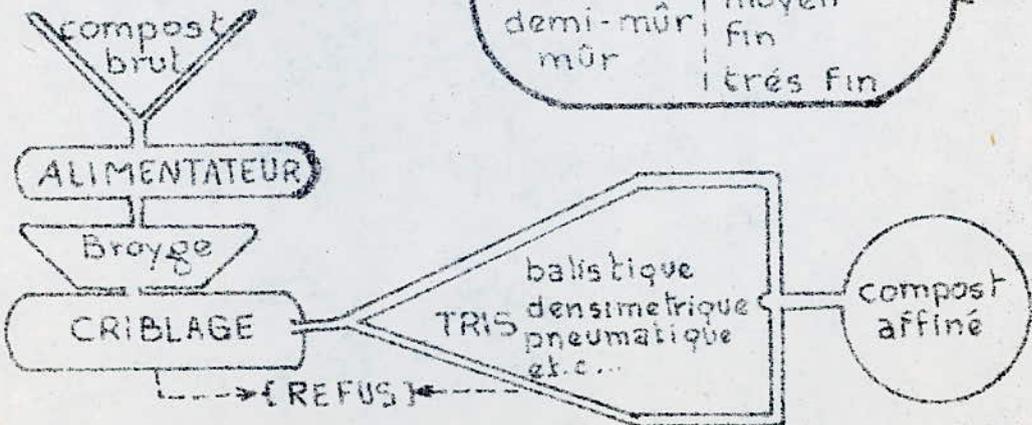
COMPOSTAGE

Schema des diverses filières

source : AGHTM



Chaine d'affinage



L'oxydation des substances carbonées en gaz carbonique et en eau engendrent des pertes en poids variant de 23 à 51 % (Source -2- d'après FARKASDI 1961) suivant l'humidité la saison est le fait que le compostage passe par des températures élevées ou non.

d -- Evolution de l'azote et des substances azotées.

Les germes de la protéolyse, de l'ammonification et de la nitrification transforment les substances azotées, ainsi une partie de l'ammoniac et des nitrates produites est utilisée pour la synthèse cellulaires et sera minéralisée après la lyse des germes, la volatilisation de l'ammoniaque entraîne une perte d'azote très faible relativement au carbone, voir tableau 1.

Il a été montré que la teneur en nitrate ne change pas pendant les quatre à cinq premiers jours mais à long terme au bout du 130ème au 140ème jour elle devient plusieurs fois supérieure à la teneur initiale. La nitrification commence entre la 5ème et la 15ème semaine.

II.1.2.2 - Description du compostage :

II.1.2.2.1 - Mode de fermentation.

Le compostage peut se faire par deux procédés différents le premier dit "compostage lent" et le second dit "compostage accéléré".

Le traitement par compostage comporte plusieurs étapes tri, broyage, dilacération, fermentation, criblage et affinage. Chacune de ces étapes peut être subdivisée en 2 ou 3 sous étapes. L'ordre dans les étapes varie suivant le but que l'on veut atteindre et suivant les constructeurs. La différence entre ces deux procédés se situe au niveau d'une seule étape "la fermentation".

Dans le premier procédé qui est très ancien le "compostage lent ou sur aire" comme son nom l'indique, on laisse fermenter les ordures sur une aire bétonnée après les avoir mises en tas, l'aération est assurée par des retournements périodiques des ordures.

Dans le deuxième procédé "compostage accéléré" la fermentation débute dans une enceinte fermée où l'aération est artificielle, les produits sont manipulés et où l'humidité et la température sont contrôlées. Après une période de 4 à 6 jours et parfois jusqu'à 20 jours les ordures sont mises en andains ou en meules sur une aire bétonnée pour poursuivre leur fermentation ce qui prend quelques mois.

Les différentes opérations que comporte le compostage ne sont pas sans effet sur la fermentation.

Les gaz diffusent mieux à travers les produits de granulométrie grossière. Donc un broyage et un criblage fin préalable à la fermentation risquent de freiner la pénétration de l'air à l'intérieur de la masse des ordures et auraient pour conséquence de nécessiter une aération forcée.

Inversement le broyage brise les cuticules protectrices des matières végétales et augmente la surface de substrat au contact avec la flore microbienne et accroît donc les possibilités d'attaques microbiennes.

Avantages et inconvénients des différentes filières de compostage

39.

	Avantages	Inconvénients
<p>1. Fermentation directe du broyat Affinage différé</p>	<p>On peut choisir le moment optimum pour procéder à l'affinage Quantité de refus minimum Refus ayant subi le traitement et donc "assaini" Décharge de bonne qualité</p>	<p>*Pour la fermentation lente</p> <ul style="list-style-type: none"> • tas peu esthétiques • envol de papiers et plastiques en surface pendant les retournements • Surfaces nécessaires plus importantes que dans les <p>* autres cas *Pour la fermentation accélérée Dimensionnement des appareils plus important</p>
<p>2. Criblage probable grossier du broyat Affinage final</p>	<p>Réduction du volume qui va en fermentation Disparition des éléments les plus gros par esthétique</p>	<p>Les refus du premier crible sont légers, non traités, et rendent la mise en décharge délicate</p>
<p>3. Affinage du broyat avant fermentation</p>	<p>Coût minimum à l'installation qu'à l'exploitation Dimensionnement minimum des aires ou appareils de fermentation</p>	<p>Quantité de refus maximum Pertes de substances organiques intéressantes dans le refus Refus non traités légers Manipulation délicate pour mise en décharge</p>

Par ailleurs le tamisage s'il se fait avant la fermentation élimine une partie des ordures fermentescibles comme les papiers, cartons qui peuvent être subdivisés par la fermentation et échapper au tamisage s'il est fait après.

Le déroulement de la fermentation est donc dépendant de la succession des opérations intervenant dans un procédé de compostage et peut avoir des répercussions sur la quantité et la qualité du compost produit.

Il n'y a pas encore eu d'étude donnant les meilleures successions des différentes opérations et les connaissances actuelles semblent être insuffisantes pour favoriser un enchaînement déterminé voici par exemple la succession des trois procédés les plus répandus en France.

O.T.V. : broyage, criblage, fermentation, criblage final

DANO : séparation magnétique, fermentation, criblage

TRIGA : broyage, fermentation, séparation magnétique, criblage

II.1.2.2.2 - Compostage lent.

Les ordures sont entassées sous forme d'andains ou de meules sur une aire bétonnée. La hauteur généralement inférieure à 3 m est déterminée pour que les ordures ne soient pas trop comprimées ce qui risquerait de chasser l'air existant entre les ordures et de faire passer la fermentation à l'anaérobiose. L'aération des ordures se fait par retournements périodiques des tas. Les retournements sont plus fréquents durant les 2 à 3 premières semaines qui correspondent à un maximum de vie microbienne donc à un maximum de demande en oxygène. La croissance microbienne est proportionnelle au dégagement de chaleur soit à l'élévation de température. Ainsi nous pouvons suivre l'évolution de la croissance grâce à la température. La nécessité d'un retournement survient lorsque on constate une légère baisse de température ce qui est dû à un arrêt de la croissance et aussi à un manque d'un élément essentiel qui ne peut être dans ce cas que de l'oxygène. Les retournements permettent en même temps de rédmédier quelque peu à l'hétérogénéité de l'humidité et de la température qui s'établie entre l'intérieur et la surface du tas.

La durée de la fermentation varie de 4 à 12 mois selon la nature et la texture du produit et le degré de maturité requis elle dépend aussi des conditions climatiques dans le cas du compostage sur aire non couverte. En zone pluvieuse l'humidité augmente fortement.

II.1.2.2.3 - Compostage accéléré.

Les différents procédés de compostage accélérés des ordures ménagères qui existent dans le monde repose sur un principe commun qui est basé sur un temps de passage ou un temps de séjour des ordures ménagères dans des appareils appelés "digesteur, biostabilisateur, hygiénisateur, etc..." à l'intérieur desquels on peut contrôler les paramètres essentiels pour une fermentation thermophile en aérobiose qui sont :

- la température ; l'humidité ; l'aération.

Le temps de passage ou de séjour est défini par le constructeur suivant les dimensions de l'appareil. La vitesse de passage et la maturité exigée en fin de cette phase de préfermentation. Durant cette phase les ordures ménagères sont l'objet d'un brassage continu ou intermittent.

Beaucoup de ces digesteurs se sont constitués essentiellement par des cellules disposées en séries. Le produit passe d'une cellule à une autre suivant un programme régulier assuré par un système de transporteurs appropriés ou tout simplement par gravité.

II.1.2.3 - L'affinage :

L'affinage c'est l'ensemble des opérations effectuées sur un compost, mûr ou en stade de maturation qui servent à éliminer les inertes gênantes ou inesthétiques, le verre, les pierres, la céramiques et les bouts de plastiques restants encore dans le compost et essentiellement la mise en sacs si celle-ci existe. L'affinage sert à préparer le compost à la vente donc à le rendre plus commercialisable. L'affinage comporte :

- un broyage fin ou très fin. Celui-ci se fait en général par des broyeurs à plusieurs rotors, ne possédant pas de cheminée ou de dispositifs pour éliminer les imbroyats ;
- criblage : on fait un ou plusieurs criblages. On reparti le compost en fin, très fin et moyen et on élimine en même temps les plastiques ;

- triage : on utilise les triages avant ou après broyage ; pour éliminer les éléments lourds, on utilise les séparateurs balistiques (par différences de densités ou par différences d'élasticité) et les séparateur à air.

Durant cette étape on n'a pas de refus aux broyeurs, les refus de criblage sont renvoyés aux fosses de réceptions car l'élimination des plastiques se fait en même temps que beaucoup de matières organiques. Les refus de triage sont envoyé en décharge.

II.2 - COMPOSTAGE CONJOINT DE DIFFERENTS DECHETS -

Les techniques de compostage à l'échelle industrielle ont été adaptée pour des mélanges d'ordures ménagères et un certain nombre de déchets solides tels que : les algues marines, feuilles, écorces ou copeaux de bois, vignasses, résidus d'abattoir, matière de vidange, lisiers, boues de stations d'épuration urbaines.

Le compostage se fait aussi pour des produits autre que les ordures ménagères notamment aux mélanges de boues résiduaires et marc de raisin, et aux boues résiduaires et sciure de bois.

Le mélange des boues de stations d'épuration s'est répandu en Suisse, en Allemagne de l'Ouest, en Grande-Bretagne et dernièrement en France.

Les conditions favorables au compostage conjoint d'ordures ménagères et de boues de station d'épuration ont été étudiées et résumées en :

- le mélange doit avoir une humidité de 50 à 55 %
- on obtient un mélange homogène, soit en rajoutant des boues à plus de 70 % d'humidité, ce qui est fort intéressant dans le cas où une station d'épuration existe dans le voisinage immédiat de l'usine et dans le cas où on peut faire arriver les boues liquides par gravitation. Les boues liquides sont utilisées dans le cas où l'humidité des ordures ménagères est faible ce qui n'est pas le cas des ordures ménagères algériennes, soit en rajoutant des boues pulvérulantes à moins de 50 % d'humidité et apporter au besoin l'humidité nécessaire par arrosage. Ce dernier cas serait très intéressant pour l'Algérie, après un mélange d'ordures ménagères et de boues pulvérulantes. On fait un broyage avant de rajouter si nécessaire l'eau manquante. Ceci facilite la tâche du broyeur surtout dans le cas des ordures d'été qui sont très humides et permet d'obtenir un broyat non pateux.

Les boues de 50 à 70 % d'humidité se mélangent difficilement aux ordures ménagères, l'eau restant liée à la boue qui se forme en petites boules, le passage au broyeur, ou dans un malaxeur permet d'arriver à un mélange homogène :

- pour que l'aération reste convenable il faut que la proportion de boues reste inférieure à 25 % de la matière sèche du mélange,
- il faut utiliser des boues non contaminées par des effluents industriels (Source -22-).

II.3 - ASPECTS SANITAIRES ET RECOMMANDATIONS RELATIVES A L'HYGIENE DE L'ENVIRONNEMENT -

Un compost fait dans de bonnes conditions et le respect des règles concernant le contrôle de la fermentation n'engendre normalement pas de problème d'hygiène et conduit à un produit sain.

Le compostage est un moyen efficace de destruction des germes pathogènes. En effet, il suffit de maintenir la température entre 65 et 70°C durant un laps de temps relativement court pour neutraliser ou détruire complètement les germes pathogènes (voir tableau n° 5).

Le compost peut contenir des éléments toxiques c'est le cas des métaux lourds :

- le mercure qui provient essentiellement des batteries de calculatrices, des piles de caméras, etc.. ainsi que des colorants, teintures et déchets d'hôpitaux ;
- le zinc provenant de la protection des métaux et des ateliers de galvanoplastie ;
- le cadmium, utilisé dans les peintures, plastiques et protection des métaux ;
- le cuivre, etc...
- les borates utilisés comme adhésifs dans l'industrie du carton.

Les sels solubles sont entraînés par ruissellement ou par percolation. Toutefois certains sels peuvent s'accumuler dans les sols et atteindre le seuil de toxicité après quelques années. Cependant, il convient de ne pas exagérer les risques de toxicités, d'une part certains métaux lourds qui sont toxiques au-dessus de leur seuil de toxicité sont bénéfiques au-dessous et jouent un rôle d'oligo-éléments, d'autre part certains

sels sont volatils tel que le mercure et se retrouve dans l'air par évaporation lors de la fermentation. Quelques autres substances toxiques se retrouvent dans l'air à l'état de poussières en proportion bien plus élevées que dans le compost.

En conclusion, tout en restant vigilant aux risques de contaminations, en faisant par exemple des analyses régulières sur les sols recevant un apport considérable de compost, on considèrera que le compost est un produit biologiquement sain, qu'il peut être utilisé dans l'agriculture avec succès et pratiquement sans risque.

II.4 - RECOMMANDATIONS D'HYGIENE POUR UNE USINE DE TRAITEMENT --

Le bon fonctionnement d'une usine de traitement des ordures ménagères par compostage est lié à la commercialisation de ses produits. Un produit est d'autant plus demandé qu'il est bon au yeux de l'acheteur, qui lui est fortement influençable par l'esthétique du produit et aussi de l'usine. En voici quelques recommandations nécessaires à l'exploitation d'une usine de traitement par compostage :

- évacuer les eaux usées ;
- traiter les jus acides coulants à la base des tas d'ordures ménagères ainsi que les eaux pluviales des aires de stockage à l'air libre ;
- maintenir l'usine dans un état de propreté, cela agit psychologiquement sur les acheteurs ;
- évacuer régulièrement les refus à la décharge ;
- éviter que la fermentation passe à l'anaérobiose, phénomène engendrant de mauvaises odeurs ;
- maintenir la température élevée afin de détruire les germes pathogènes par retournement aux moments opportuns ;
- les aires de préfermentation doivent être inclinées et comporter des caniveaux avec grilles et regard en vue d'un bon drainage des jus ;
- on évitera la pululation des mouches sur les boîtes de conserves ou laissant celles-ci subir la préfermentation. Leurs souillures subiront ainsi le traitement de pasteurisation ;
- éviter d'étaler les ordures ménagères à l'entrée de l'usine ;
- clôturer l'établissement, son entrée sera prohibée à toute personne étrangère.

II.5 -- CHOIX DE L'EMPLACEMENT DE L'USINE --

L'usine sera située dans un endroit qui devrait répondre aux maximum des critères suivants (vu qu'une usine de compostage est par nature un établissement incommode et insalubre).

- la proximité des nappes d'eau ;
- la direction des vents dominants ;
- la distance des agglomérations ;
- la distance de la décharge ;
- la proximité des domaines agricoles ;
- si le lieu est facilement accessible aux bennes de collecte ;
- tenir compte de la circulation ;
- possibilité d'obtenir de la main d'oeuvre ;
- moyen de transport.

II.6 - CHOIX DU PROCÉDE DE COMPOSTAGE -

Tous les procédés de compostage existants conduisent à peu près au même résultats néanmoins dans le cas des pays à climat tempéré on peut conseiller les procédés de compostage dits lents (sous réserve de pouvoir disposer d'une surface importante surtout pour les gros tonnages à traiter). Car en effet le temps gagné par une hypothétique accélération du processus ne sera pas très appréciable surtout si le terrain est à bon marché. Il faut tenir compte aussi que le matériel nécessaire à un procédé de compostage provient de l'étranger (relativement à notre pays) et que les différences de température entre les saisons et entre nuits et jours ne sont pas très importantes { comparativement aux pays froids }. Les ordures ménagères algériennes sont aussi riches en matières organiques facilement décomposables ce qui favorise aussi la préfermentation. Les ordures algériennes ont aussi un rapport C/N pas très élevé et il sera abaissé en conséquence à la fin du processus.

Par contre il est important que les différentes opérations s'effectuent rationnellement et dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

II.7 - DESCRIPTION D'UN COMPOSTAGE LENT DES ORDURES MENAGERES -

A l'entrée de l'usine on rencontre un pont-basculé où sont pesées les bennes et les camions de collecte des ordures ménagères les chargements sont notés et vérifiés. Un espace suffisant aux camions pour qu'ils puissent tourner et en cas d'arrivée simultanée de deux ou trois camions {il devrait y avoir un excédant pour que les autres camions puissent stationner}, sépare le pont-basculé d'une fosse de stockage qui peut être métallique ou en béton armé. La fosse, pour répandre à une éventualité de panne doit suffire à contenir la collecte de deux jours. Elle doit être équipée d'un ou deux ponts roulants dotés de grappins ou bennes preneuses, pour permettre d'homogénéiser les produits et alimenter la trémie d'alimentation.

Une trémie d'alimentation est en général trapézoïdale à fond rectangulaire constitué par un ruban extracteur à lames qui homogénéise et alimente soit directement la goulotte d'entrée du broyeur, soit une bande transporteuse horizontale où pourra se faire un tri manuel et qui alimentera la goulotte du broyeur d'une manière régulière. On peut aussi intercaler un tamis à grosses mailles carrées pour éliminer les objets volumineux tels les papiers, cartons et plastiques. Ce tamisage n'est nécessaire que s'il est fait dans le but d'une récupération de papiers cartons. On fait un premier broyage grossier pour déchiqueter les matières compostables et augmenter ainsi la surface de contact entre la microflore et la matière organique et en parallèle on homogénéise l'ensemble des ordures et humidifie les produits secs compostables tels les papiers cartons.

Le broyat est récolté par une bande transporteuse et transmis vers un premier crible aux perforations larges (100 mm) pour un tamisage grossier. Les refus de tamisage ainsi que les imbroyats sont évacués. Les parties tamisées sont dirigées par une bande transporteuse vers le hangar de préfermentation.

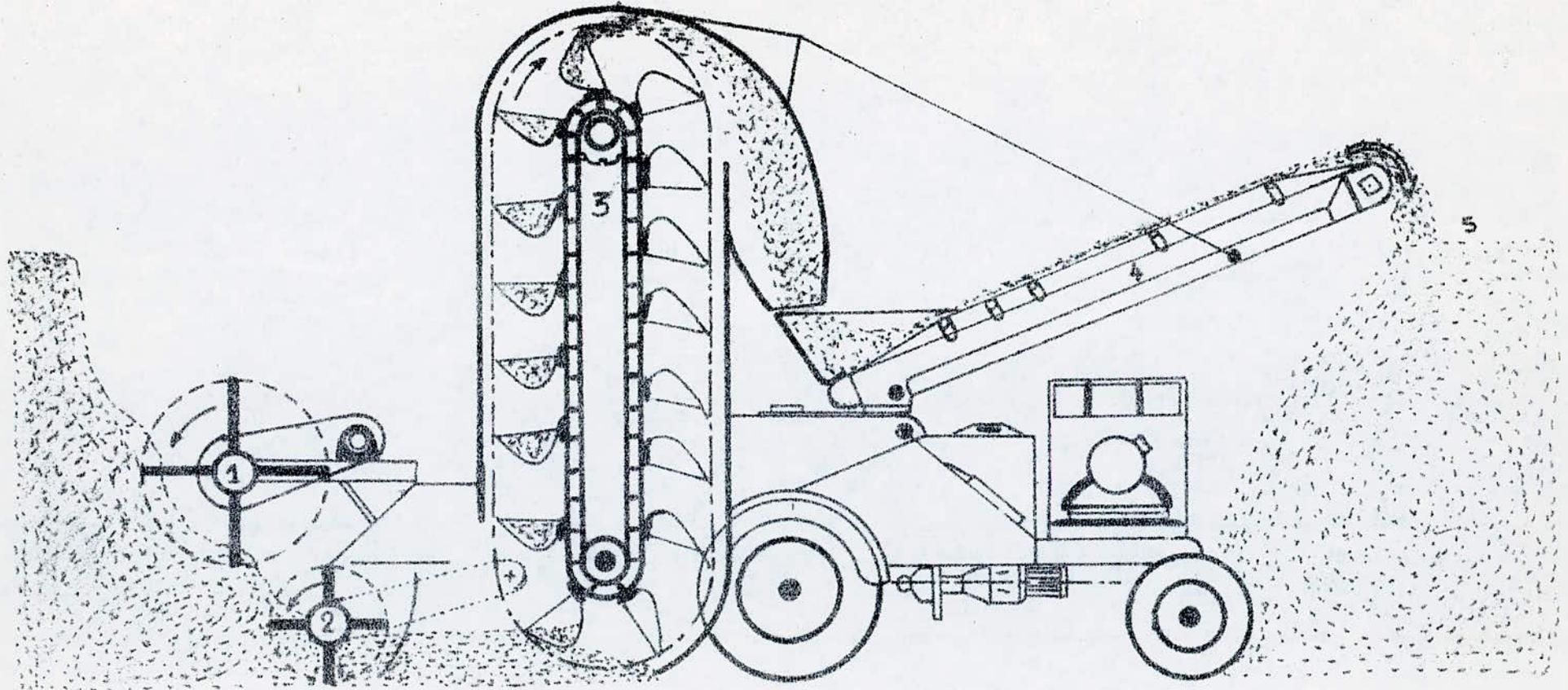
Dans le hangar de préfermentation la confection et l'aération de tas peuvent être effectués par des tracto-chargeurs ou chargeurs à godets (chouleurs). L'aération est faite en laissant choir les produits de la hauteur du godet. Il est préférable d'effectuer la mise en tas automatiquement à l'aide d'un système de transporteurs. L'aération des tas est également faite par une machine "retourneuse d'andains" comprenant une

vis émotteuse dont la largeur correspond à celle du tas, suivie de deux vis collectrices tournant en sens inverses qui font entrer le produit dans le bati de la machine où il est repris par un élévateur orientable qui permet de reconstituer le tas à droite, à gauche ou en arrière suivant l'axe de déplacement de la machine. Après la fermentation le compost est transporté vers une chaîne d'affinage à l'aide d'un chargeur.

Une chaîne d'affinage se compose d'une trémie d'alimentation équipée d'un transporteur de sortie qui sert à régulariser le débit. En tête du transporteur on trouve un séparateur magnétique. La ferraille récoltée est traitée par une presse pour vente, ou évacuée telle quelle en décharge. Le compost arrive dans un broyeur d'affinage souvent à double rotors. Le broyat est déversé ensuite sur un crible à l'aide d'une bande transporteuse. Le crible peut être rotatif ou vibrant ayant des perforations moyennes ou petites suivant la gamme de produits qu'on veut obtenir. Les refus sont renvoyés dans la fosse de réception pour être mélangés aux ordures ménagères. Le criblé ainsi obtenu peut subir encore suivant sa composition qualitative et sa destination finale. Un tri balistique pour séparer les produits lourds restants -cailloux, verre, céramique ou particules métalliques. Les refus sont évacués en décharge. Le compost affiné est transféré à l'aide de chargeur sur une aine de stockage en attendant qu'il soit commercialisé.

Schema - 10 -

Machine de retournement et d'aération



- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 - Vis de désagrégation | 2 - Double vis collectrice |
| 3 - Elevateur à godets | 4 - Bande transporteuse pivotante |
| 5 - Anéobain aéré reformé à l'arrière de la machine | |

CHAPITRE III

LES DIFFÉRENTS BESOINS DE QUALITÉS EN FONCTION DES UTILISATEURS

III.1 - PRINCIPAUX CRITÈRES -

Les différents besoins de qualité des utilisateurs en compost couvrent un éventail très large.

- On tient compte de la nature physique du produit {granulométrie, absence d'impuretés, odeur, couleur, homogénéité, ...}
- de la nature chimique {teneur en eau, teneur en éléments fertilisants, élégo-éléments, autres corps chimiques, matières humiques, ...}
- Ou de la matière organique {dégradation de certains plastiques, décomposition de la cellulose, formation de complexe humique, ...}

Les principaux critères de qualités qui sont pris en compte des utilisateurs sont des critères physiques - Voir tableau

Pour ce qui est des critères chimiques qui sont à peu près constant dans le compost urbain, de l'état de l'évolution de la fermentation et de la matière organique, ils demeurent du ressort des spécialistes.

III.1.1 - Aspects extérieurs :

Quelconque ou scientifique, tel qu'il soit l'utilisateur compare le compost à un produit de sa connaissance : fumier, terreau, terre de bruyère, mare de raisin, tourbe, ... Il jugera le produit par rapport à sa propre référence. Il cherche donc les caractéristiques visuelles ou tactiles qu'il connaît. Il cherchera :

- Absence de morceaux de verre ou d'éléments similaires. En effet, aucun produit naturel n'en contient.
- Toucher doux sans aspérité, n'entraînant pas une salissure importante de la main.
- Une granulométrie fine avec coloration noire souvent dénommée "mare de café".
- Absence d'odeurs putrides (H_2S , amides, etc...) ; une faible odeur butyreuse type fumier un peu aérobie n'est pas trop critiquée surtout en grande culture. Ce qui n'est pas le cas en culture spéciale dont l'utilisateur apprécie une odeur particulière (ou de terreau ou de terre de bruyère ou d'éléments particuliers, etc...).

Critères physiques de qualité des composts urbains en fonction des utilisations

TABLEAU 2 -	Maturité			Granulométrie 99% doivent passer à la maille carrée de				Absence d'impuretés				Absence d'odeurs	température du tas	Humidité
	Frais	1/2 mur	Mur	6,3 mm	12,5 mm	25 mm	40 mm	Verres	Aiguilles ou corps coupants	Plas- tique	divers			
- Viticulture	+	+	+	+	+	+	+	S	S	S	S	S	I	I
- Grande culture	●	●	+	+	+	+	+	S	S	S	S	S	I	I
- Arboriculture	+	+	+	+	+	+	+	S	S	S	S	S	I	I
- Prairies temporaires	●	●	+	+	●	●	●	+	+	+	+	S	SU	I
- Prairies permanentes	N	●	+	+	●	N	N	+	+	+	+	S	<40°	I
- Espaces de loisirs aménagement urbain	●	+	+	+	+	●	●	S	S	S	S	+	I	I
- Lutte contre l'érosion	●	●	+	N	N	+	+	S	S	S	S	S	I	I
- Emploi en mélange à des sous-sols et couverture de décharge	●	+	+	+	+	+	+	I	I	I	I	N	I	I
- Maraîchage de plein champ	N	●	+	+	+	+	N	+	+	+	+	+	<40°	<40%
- Maraîchage en châssis	●	●	+	+	●	N	N	+	+	+	+	+	SU	<40%
- Maraîchage en serre	N	N	+	+	N	N	N	+	+	+	+	+	<30°	<40%
- Pépinières	N	N	+	+	+	●	N	+	+	+	+	+	<30°	I
- Champignons	+	N	N	N	N	+	+	+	+	+	+	+	>50°	<35%
- Cultures spéciales	N	N	+	+	+	●	N	+	+	+	+	+	<30°	<40%

- + : qualité en générale, obligatoire ou simplement possible
- : indique une possibilité d'emploi en fonction de la technologie agricole locale
- S : souhaitable
- I : indifférente
- N : non-emploi déconseillé ou formellement contre-indiqué
- SU : selon usages

source (ASHTM)

l'utilisateur apprécie une odeur nulle (ou de terreau ou de terre de forêt ou d'actynomycètes, etc...).

- Absence de corps étrangers. Dans des livraisons de grande quantité on peut trouver des objets introduits après le stockage comme {une planche, une roue, etc...}.

- Absence de plastiques légers d'envol facile qui se retrouvent en général dans les angles, les rigoles, etc... C'est le cas du polyéthylène surtout en début de fermentation.

- Humidité normale. Compost ne présentant aucun suintement par pressage, aucune forme de boulette, aucun écoulement ou anomalie aqueuse.

III.2 - QUALITES PHYSIQUES -

Certaines cultures sont exigeantes d'autres moins, mais il faut tenir compte aussi du côté technique d'utilisation du compost. Il a été souvent prétendu, notamment en grande culture qu'il n'était pas nécessaire de fournir aux agriculteurs des composts urbains très affinés. Si au point de vue agronomique pur, la question peut être discutée, il n'en est pas moins que l'emploi de compost mal préparés a mis en évidence divers incidents.

III.2.1 - Ennuis technologiques au niveau de la culture :

Les particules de verre provoquent une usure prématurée des chaînes d'entraînements des fonds mouvants des épandeurs et durant l'épandage les résidus plastiques ou divers s'enroulent sur les hérissons de ces mêmes appareils.

Les bouchons et morceaux divers de plastiques ou tissus s'enfilent également dans les instruments de pseudo-labour (herse, cultivateurs, déchaumeuses à dents, etc...). Ce qui oblige à des nettoyages fréquents et difficiles.

Les ennuis sont variés selon les divers types de cultures régionales. Ils sont souvent dus aux morceaux de plastiques, de plus de 3 à 4 cm² {sacs de polyéthylène, morceaux de caoutchouc, de vêtements, bouts de P.V.C., jouets, etc...} par exemple pour la culture bettravière ces déchets se bloquent dans les semoirs de précision et provoquent un semis irrégulier mal aligné, même problème, mais plus grave avec les "bi-neuses" qui peuvent arracher grâce aux "bourrages" latéraux les jeunes plants. L'ensemble de ces inconvénients diminue les rendements des machines

et des cultures. Le problème existe également pour le maïs et pour le blé mais demeure moins crucial.

D'autres inconvénients apparaissent encore au stade de la culture : pour le pois les plastiques se prennent dans les dents de la faucheuse ou enrobent les betteraves, etc...

III.2.2 - Ennuis technologiques au niveau des industries de transformations agricoles :

Les plastiques et les matières divers ramassés avec les légumes causent certains ennuis aux industries de transformation agricole qui diminue de la valeur du compost. Ces déchets augmentent en pourcentage et dépassent les quantités tolérées. Dans le cas de betteraves ils usent les couteaux et gênent la mise en cosettes normales, etc... Dans le cas des conserveries, les plastiques légers causent des problèmes au niveau des machines suceuses (cas des épinards, entre autres).

III.2.3 - Ennuis psychologiques et autres considérations générales :

Le transport et l'épandage laissent apparaître certaines odeurs et quelques pertes de matières. L'utilisation du compost surtout dans le cas d'apport massif, cause la salissure des champs, et surtout des abords {voisins immédiats, talus, etc...}. Dans ce cas, sont surtout incriminés les plastiques légers type polyéthylène.

III.3 - CAS DES CULTURES SPECIALES -

III.3.1 - Viticulture et arboriculture :

Compte tenu des fortes doses incorporées, dans ce genre de culture la quantité de verre apportée constitue le plus gros problème car en effet c'est un déchet pouvant affronter le temps sur une longue période. On rencontre un problème d'odeurs si l'épandage est fait en été. On ne parle pas d'ennuis technologiques vu que cette culture emploie très peu d'instruments de pseudo-labours.

III.3.2 - Culture de champignons :

Cette culture à besoin d'un compost frais fabriqué de manière aérobie.:

- contenant le minimum de matières fines,
- de pH situé entre 7,5 et 8,5
- débarrassée de verres, aiguilles et autres éléments coupants et/ou piquants,

- taux d'humidité maximale de 35 %,
- un minimum de matière minérale,
- absence d'odeurs surtout nauséabondes,
- la thermogénèse doit obligatoirement avoir eu lieu 3 jours au minimum à 60°C,
- le mélange des ordures ménagères aux boues urbaines n'est pas souhaité à cause des odeurs risquant de se dégager en fermentation et de la présence possible de métaux lourds.

III.3.3 - Maraîchage, horticulture, pépiniéristes :

Cette culture spéciale est relativement exigeante sur la présentation générale. Elle tient compte des conditions citées au paragraphe (aspects extérieurs) et demandera de plus :

- une granulométrie correspondant en général au fin et très fin de la norme NF. U 44051,
- absence totale de verre et d'éléments piquants et/ou coupants,
- salinité satisfaisante,
- absence d'objets susceptibles de salir les terres, ce qui, si la deuxième condition est remplie, ne présente pas de difficultés,
- dans certains cas, les utilisateurs pourraient exiger un compost frais bien épuré et à forte thermogénèse (couche chaude isolation de châssis voire serre, production de CO₂, etc...),
- teneur très faible en métaux lourds en particulier Cd, Hg, Zn, B etc..

à la norme boues NFU 44.041.

III.3.4 - Couches chaudes :

L'utilisation des couches chaudes remonte à plusieurs années : on a toujours isolé les châssis à l'aide de fumier. L'utilisation du fumier de cheval s'est développée notamment dans la culture du champignon de couche. La production de chaleurs à partir des matières hydrocarbonées résiduelles n'est pas nouvelle.

Actuellement les calories fournies par la thermogénèse des ordures broyées, fraîches, affinées, ou du compost urbains frais, peuvent être utilisées de diverses manières en maraîchage. :

- en couches chaudes dont la technologie est très simple. Dans le cas du compost urbain on met souvent une couche de paille au-dessus du compost,
- en isolation de châssis ou de serres selon le climat dans ce cas le compost est entreposé dans la serre,

- en chauffage d'appoint ou chauffage total des serres selon le climat, dans ce cas le compost est entreposé dans la serre,
- en chauffage de l'eau d'arrosage,
- un préchauffage d'eau, de chauffage de chaudière. Dans ce cas le tas est entreposé à l'extérieur.

III.3.5 - Plantes à parfum et plantes aromatiques :

Dans ce genre de culture spéciale, on peut tolérer une incorporation de compost moyen avant plantation mais aucun compost putride ne sera toléré sur les cultures en place.

Dans le cas des plantes aromatiques la préférence ira aux composts fins et très fins pour éviter les ennuis lors de la récolte et de la fabrication.

III.3.6 - Sylviculture :

Cette culture n'employant pas d'instrument de pseudo-labour peut tolérer des composts grossiers. Néanmoins et indépendamment des vols tels que semis il ne faudra pas considérer la sylviculture comme une poubelle. Toutefois, l'emploi des produits mal affinés conduisant aux inconvénients suivants :

- sur les tas en stock { le compost reste en général assez longtemps en stock et constitue une mini-décharge pour les promeneurs et on y trouve déposé des résidus de camping, de pique-nique ou de déchets encombrants ;
- présence d'odeurs avec certains produits putrides ;
- présence de mouches et insectes divers sur les produits frais non fermentés.

III.4 - VALEUR AGRICOLE DU COMPOST -

a - En tant que fertilisant :

Les éléments nutritifs essentiels N, P, K n'existent pas en grande quantité dans le compost au point de considérer celui comme un engrais mais ses éléments existent ainsi d'ailleurs que le Mg et le Ca. Il faut aussi considérer le fait que le compost est apporté au sol en grande quantité ce qui fait que son apport en N.P.K. est significatif.

(tableau 3) Si on se réfère à la composition moyenne du compost algérien (tableau 3). On peut estimer que le compost apporte pour 1 tonne :

- 13 kg d'azote ce qui est équivalent à ce qui est fourni par 28,88 kg durée à 45 % d'azote ;

- 0,22 kg de P_2O_5 équivalent à l'apport de 1,22 kilos de superphosphate à 50 % de P_2O_5 ;
- 20,5 kg de K_2O équivalent à l'apport de 41 kilos de sulfate de potasse ;
- 58,8 kilos de Calcium ;
- 5,88 kilos de Magnesium.

Ce calcul est basé sur les quantités totales solubles dans l'eau existantes dans le compost, alors que les éléments N.P.K., pas plus que les autres éléments fertilisants ne sont assimilables ni immédiatement ni en totalité par les végétaux.

On peut noter que l'apport de Calcium dans les sols acides et de Magnesium élément indispensable au développement des végétaux, sont particulièrement important, pour les autres éléments N, P, K, et autres et il est un peu illusoire dans l'état actuel des connaissances, de chercher à calculer des équivalences de fumures minérales à la seule vue des éléments totaux.

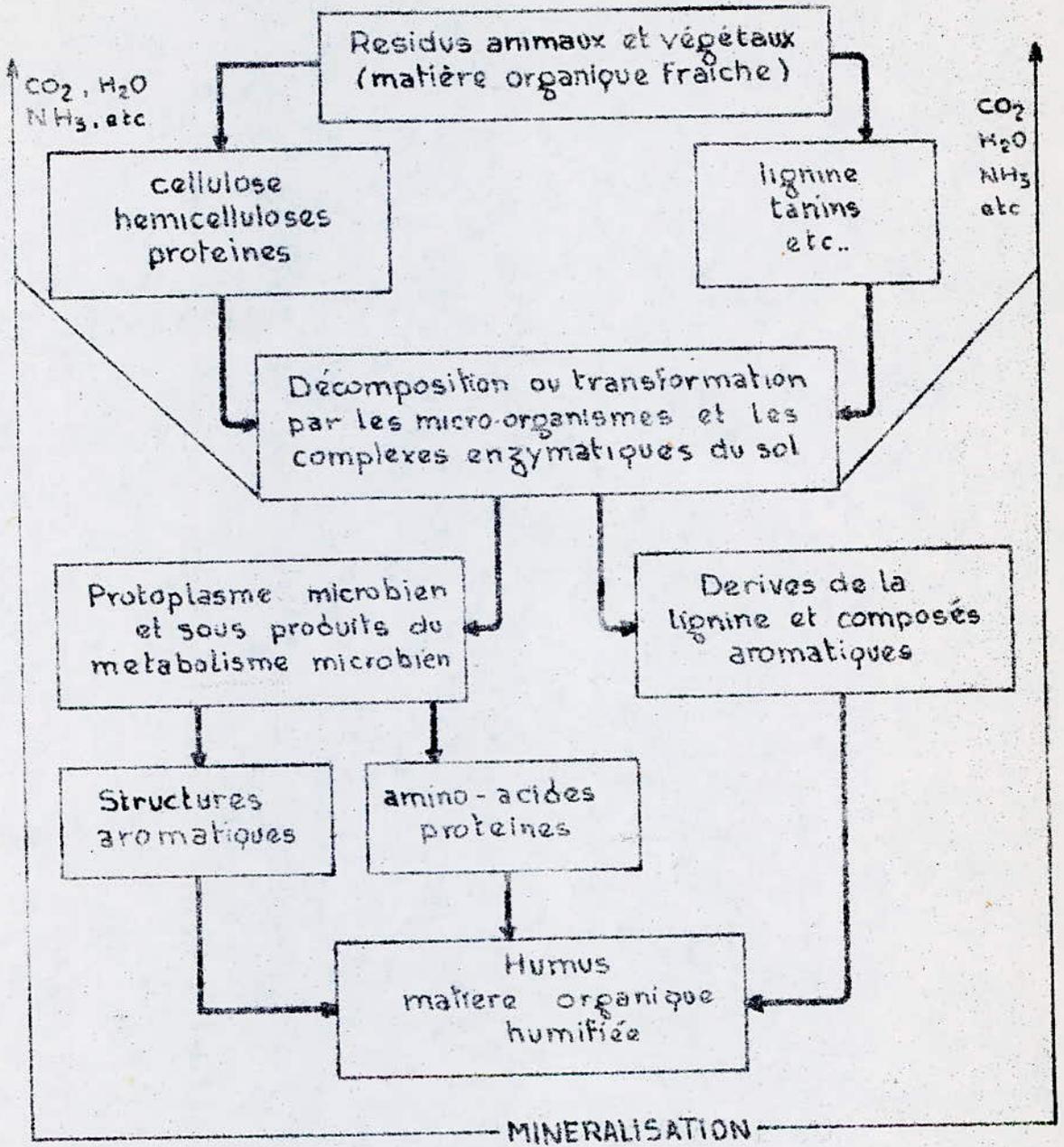
b - En tant qu'humifiant.

On a constaté expérimentalement que la plupart des espèces végétales donnent des rendements accrus lorsqu'on les plante sur des sols à qui on a appliqué du compost. Ce résultat n'est pas dû aux seuls apports du compost en éléments fertilisants qui sont relativement modeste.

La partie organique actives des sols est constituée par l'"humus" qui est le stade final de la dégradation de la matière organique. L'humus ou le complexe argilo-humique contrôle les réactions du sol et stimule les activités biologiques dont il est le siège. Une bonne teneur en humus assure une bonne disponibilité de l'eau et un bon équilibre. Ces complexes argilo-humiques ont une surface importante, qui est dû à leur structure colloïdale et qui favorise la rétention de l'eau et des solutions du sols par adsorption s'opposant ainsi à leur entrainement par lessivage.

En d'autres termes le compost retient les éléments fertilisants au niveau de la zone des racines et on aboutit ainsi à une utilisation minimum des engrais, il faut noter aussi que les effets du compst sont durables sur plusieurs années. Le compost permet ede maintenir une humidité assez élevée dans les sols sablonneux et améliore la porosité des sols lourds et empêche ainsi les jeunes racines d'être étouffées.

SYNTHESE DE L'HUMUS DANS LE SOL



d'après F. Bear : Chemistry of the Soil, 1964

On a fait les constatations suivantes sur les sols pauvres en matière organique humique :

- les sols appauvris exigent un travail mécanique plus important donc une dépense d'énergie supplémentaire,
- un apport considérable d'engrais dû à la perte d'une partie de l'efficacité de ceux-ci donc une dépense supplémentaire aussi,
- utilisation de produits chimiques pour lutter contre les parasites qui apparaissent en masse donc une autre dépense,
- arrosage plus fréquents durant les saisons sèches ce qui implique une dépense supplémentaire,
- l'érosion due au vent et à la pluie devient dommageable,
- les rendements des récoltes dépendent autant des soins qu'on leur apporte que des conditions climatiques.

c - En tant qu'apport en oligo-éléments.

En plus du calcium et du magnésium qui se trouvent en quantités importantes, les éléments "majeurs" comme le sodium, le soufre, le fer, le cuivre, le manganèse, le bore, etc... y sont aussi présents. Le compost contient aussi un certain nombre de métaux dont la présence en quantités infinitésimale est nécessaire à la croissance des végétaux, tel que le zinc, le molybdène, le plomb, etc... et dont l'absence provoque chez les végétaux des maladies de carence.

Il est à noter aussi que certains éléments qui sont bénéfiques à l'état de traces deviennent toxiques au-delà d'un certain seuil et provoquent des troubles organiques chez les végétaux ou les animaux. C'est le cas du mercure, du cobalt, du plomb, du chrome, du cadmium, etc... Ce risque peut apparaître dans le cas d'apports maniques et répétés de compost. Néanmoins, ce risque est moindre dans le cas de l'Algérie ce qui est dû à la composition des ordures ménagères dont les composants d'origines industriels sont minimes.

CHAPITRE IV

COMMERCIALISATION

IV.1 - INTRODUCTION -

Faire du compost à partir d'ordures ménagères est un moyen de recyclage de la matière organique ; qui d'une part nous élimine les ordures ménagères et d'autre part alimente le stock d'humus dans les sols ce qui semble être très intéressant pour tout le monde.

Pour que ce recyclage se fasse, il faudrait d'abord que le fabricant vende son compost pour qu'ensuite l'agriculteur l'utilise. Donc il faudrait qu'on réussisse à faire un bon compost aux yeux de l'utilisateur.

IV.2 - LES DIFFERENTS CRITERES DE QUALITE -

IV.2.1 - Critères économiques :

Un faible taux d'humidité et de particules inertes serait nécessaire, pour ne pas augmenter inutilement le coût du transport et de l'épandage. La teneur en eau si elle n'est pas "visible" (pas suintant ou odeurs) n'est pas toujours importante ; par contre une trop faible humidité peut être une difficulté pour les transporteurs (volume trop important).

L'agriculteur attache beaucoup plus d'intérêt au transport et surtout à l'épandage. C'est souvent, une des charnières de la vente pour résoudre ce problème l'usine pourrait prévoir un achat de (deux épandeurs loués ou prêtés à l'utilisateur et des camions pour le transport). Un hangar sommaire serait sans doute souvent utile si l'on veut faire un produit fin d'humidité contrôlée et de bel aspect.

IV.2.2 - Critères hygiéniques :

Absence des organismes pathogènes ou parasites des plantes, des animaux ou de l'homme, absence de semence végétale viable, absence d'éléments ou de substances chimiques pouvant contaminer la chaîne alimentaire et absence de phytotoxicité de quelque origine que se soit. Ces critères sont rarement évoqués par les utilisateurs agricoles. Ils sont familiarisés avec les microbes pathogènes dans le cadre de leurs activités (utilisation des fumiers, fermentation diverses, etc...).

L'absence de salmonelle doit être la règle pour les pathogènes de l'homme ainsi que pour les utilisations animales. Pour les végétaux absence de nemathodes phytophages. D'une façon générale pour les autres toxiques absence d'herbicides rémanents, présence minimale des métaux lourds.

IV.2.3 - Critères agronomiques :

Contenus suffisants en matières organiques,, en chaux et en éléments fertilisants. Ces différents éléments varient suivant la composition initiale des ordures ménagères et suivant la technologie de compostage, une partie considérable peut être éliminée par tamisage. La teneur en oligo-éléments semble être stable dans le compost. On peut améliorer la quantité de matière organique en faisant une bonne dilacération avant tamisage des produits.

IV.2.4 - Critères pratiques :

Absence d'éléments tranchants, dangereux pour le bétail et l'homme et de tout élément grossier qui peut gêner l'emploi du matériel agricole. Néanmoins, l'absence de gros morceaux reconnaissables et risquant de provoquer des "bourrages" ou de blocage aux engins agricoles doit être la règle. Donc doivent être exclus :

- tessons de bouteilles, gros plastiques et éléments très coupants ou piquants,
- métaux et alliages,
- rubans et objets filiformes, gros morceaux de bois.

La préparation du compost urbain ne peut donc souffrir aucun mélange avec des déchets de cribles ou d'ordures.

La finesse du produit doit être apprécié et l'âge du produit donnant une idée de la maturité doit être connu.

IV.2.5. - Critères esthétiques :

Absence de particules d'ordures identifiables visuellement qui "salissent la terre". L'aspect général, l'homogénéité et la couleur sont des critères intéressants pour l'acheteur. Il peut ainsi juger de la quantité d'impuretés ou d'inertes que contient le compost. C'est notamment le cas des plastiques et autres objets similaires de couleurs voyantes.

Il serait intéressant que les municipalités où la collecte se fait en sacs perdus, utilisent des sacs de couleur terne proche de celle du compost (gris, marron).

Cependant les critères de qualités varient en fonction de la destination du compost. Ils dépendent :

- du sol qui recevra le compost
- des végétaux qui y pousseront,
- des techniques de culture employées.

IV.3 - VALEURS DU COMPOST -

IV.3.1 - Valeur technique comparée :

Par rapport aux fumiers de ferme le compost contient moins d'eau 30 à 40 % au lieu de 75 à 80 %, son taux de matières organiques est toujours plus élevé 30 à 35 % au lieu de 15 à 20 %.

Par rapport aux engrais, le compost apporte tous les éléments fertilisants habituels mais sous forme diluée. Il contient tous les oligo-éléments indispensables aux végétaux {zinc, manganèse, bore, fer, cuivre, cobalt, molybdène}. Ses teneurs en chaux et en magnésie sont particulièrement intéressantes.

IV.3.2 - Valeur agronomique :

Un engrais minéral est caractérisé par sa teneur minimale en élément fertilisant N, P_2O_5 , K_2O . Voir CaO pour les amendements calcaïques.

Une étude sur quatre ans 1970-74 a prouvé que les fertilisants majeurs oscillent largement autour d'une moyenne. La comparaison des valeurs obtenues pour le rapport matières organiques/azote à celle de la norme M.O.T./N = 60 au maximum pour compost demi mûr et M.O.T./N = 50 au maximum pour compost mûr on obtient une dispersion de 10 à 20 % de compost hors norme (étude faite sur des composts de maturité bien connue).

(Source : AGHIM).

IV.3.3 - Valeur intrinsèque :

Le tableau ci-après regroupe :

1/ Les quantités de matières utiles apportées par une tonne de compost selon les résultats moyens classiques obtenus lors de l'analyse d'un compost contenant 30 % d'humidité.

2/ Les valeurs unitaires de ces éléments, par référence à d'autres produits dont les coûts sont bien connus (engrais, amendements paille, etc...).

_ Tableau. 5 _

Caracteristiques habituelles du compost urbain

	Compost	Fumier de ferme	compost d'Alger
Humidité en % du produit brut	35	78	45
PH	7,8	7,8	7,6
C/N	15 à 20	16	11
<u>En % du produit sec:</u>			
- Carbone	15,-	36,2	18,0
- Azote	0,9	2,2	1,7
- Acide phosphorique (P ₂ O ₅)	0,6	1,3	0,03
- Potasse (K ₂ O)	0,3	2,8	2,7
- Calcium	4,-	2,6	8,0
- Magnesium	0,3	0,7	0,6
- Sodium	0,5	0,3	1,5
- Soufre	0,6		
- Chlore	0,5		
- Fer	0,2		
<u>En PPM du produit sec:</u>			
- Bore total	64 - 245		
- Bore soluble	10 - 31		
- Zinc	1000		3 200
- Manganèse	600		3 000
- Cuivre	250		945
- Plomb	594		
- Cadmium	7		
- Chrome	271		
- Nickel	194		
- Mercure	4		

colonne * source 23

Source. 2

Ces données permettent le calcul de la valeur intrinsèque du compost qui ressort à plus de 80,00 F par tonne.

	*kg/t	Kg/t	FF/kg	FF/t
Azote organique		5,00	2,50	12,50
Azote ammoniacal	13	1,30	2,00	2,60
Acide phosphorique	0,22	4,20	2,50	10,50
Potasse	20,5	2,80	1,30	3,65
Magnésie	5,88	3,00	0,25	0,75
Chaux	58,8	35,00	0,15	5,25
Matières organiques	232,74	350,00	0,15	52,50
				87,75

Les valeurs correspondent à l'an 1980 (Source : AGHIM)

*Source : 23

IV.4 - MARCHE DU COMPOST -

La vente du compost a toujours été le plus gros problème que rencontre les unités de compostage qui en général ont été construites sans aucune étude de marché sérieuse, confiée à des personnes compétentes.

Le compost étant très volumineux, il devrait être utilisé dans un rayon raisonnable, autour de l'usine, pour minimiser le prix de revient, trop élevé, du fait du coût du transport.

L'expérience de l'usine expérimentale de compostage d'Alger n'a pas encore éveillé un écho suffisant auprès des agriculteurs. Bien qu'il soit de très bonne qualité (ce qui est dû à la qualité des ordures de la Ville d'Alger et non au procédé technologique). Ceci est notamment dû au fait que les agriculteurs ne sont pas suffisamment informés ni expérimentés en ce qui concerne le compost.

Souvent, la construction d'une usine de compostage est décidée sans une étude de marché particulière. On se base en générale sur des facteurs objectifs, qui constituent le côté positif du compost comme :

- besoins théoriques des sols en humus,
- manque et rétrécissement des sources d'amendement,
- égalité en valeur humique entre le compost et le fumier de ferme,

mais les faits démentissent cette vue simpliste. On rencontre beaucoup de difficultés dans la commercialisation du compost et souvent une partie de celui-ci rejoint la décharge.

Donc avant de concevoir ou d'agrandir une usine de compostage il faudrait d'abord élaborer une étude sérieuse du marché potentiel. Cette étude devra déterminer le montant des ventes, la qualité, la quantité et les moyens d'y parvenir :

- 1/ Produits à fabriquer :
granulométrie, teneur en eau, enrichissement en engrais minéraux
- 2/ Prix acceptables
- 3/ Type de conditionnement
- 4/ Action des promotions
(Argumentation de vente, essais, publicité).

Cette étude devra déterminer l'image du produit qu'on veut faire percevoir à l'acheteur et comment lui faire accepter le compost. Faudrait-il lui présenter le compost comme une somme de caractéristiques ou le lui présenter en lui faisant une comparaison compost-fumier.

Préalablement il faudrait :

- délimiter "la cible" qu'on se propose d'atteindre, autrement dit les clients qui semble présenter plus d'intérêt pour la vente du compost, éloignement (transport) et quantité ;
- réunir le maximum d'informations existantes sur le marché actuel du compost et des produit de substitution à l'intérieur de la cible.;

Le choix de "la cible" se fera suivant :

- la distance ;
- le genre de culture existante ;
- existence d'élevage ;
- les besoins en amendement humique des sols.

On pourrait aussi chercher à savoir le genre, la qualité et la quantités des **Produits** utilisés et évaluer leur prix.

Quantités d'ordures ménagères de la ville d'Alger
traitées par l'usine de compostage d'Alger &
quantités de compost vendu & prix de vente

(source 6)

ANNEE	quantités d'ordures ménagères traitées/an		quantités de compost vendu par an				Prix de vente (DA)	
	en tonnes	en % des quantités collectées	compost grossier (t)	compost fin (t)	total		compost grossier	compost fin
					tonnes	en % des quantités de compost		
1971	30 740	16,40	14 267	0	14 267	46,30	12,000	30,00
72	28 249	15,20	20 176	0	20 176	71,40	18,00	20,00
73	30 285	15,40	13 649	519	14 168	46,80	20,00	25,00
74	19 000	9,50	9 927	0	9 927	0,05	25,00	30,00
75	75 915	34,50	4 605	5 886	10 491	14,00	25,00	30,00
76	18 227	7,30	0	4 717	4 717	25,90		45,00
77			0	6 375	6 375			45,00
78	11 619		0	1 792	1 792	15,40		45,00
79	6 539		0	2 306	2 306	35,30		45,00
80	8 794		0	4 630	4 630	52,60		50,00
81								50,00
84								* 80,00

* source usine de compostage

IV.5 - UNE APPROCHE ECONOMIQUE -

(Source des divers données usine de compostage d'Alger)

Prix d'une tonne de compost à partir de Janvier 1984 est de 80 DA. Prix de revient est d'environ 120 DA. Frais pour une équipe de 8 h/j est d'environ 90.000 DA par mois soit 1.080.000 DA par an. Capacité nominale de l'usine s'élève à 200 t/j d'ordures ménagères avec un rendement d'environ 40 %.

Le traitement est effectué sans récupération donc pas d'autres revenus mis à part la vente du compost.

Vu que l'usine est dans un état lamentable et souffre de plusieurs insuffisances difficilement maîtrisable à son niveau :

- support technique inexistant,
- collecte des ordures non sélectives,
- matériel entretenu de façon artisanale par manque soit de pièces détachées sur le marché, soit de moyen financier non disponible en temps voulu,
- main d'oeuvre peu qualifiée est instable compte tenu des conditions de travail particulièrement pénibles,
- réception tardives des commandes,
- moyen de transport insuffisants,
- méconnaissance, et donc à priori, méfiance de l'agriculteur en général traditionnaliste, quant à la valeur agricole du compost.

Il ne nous a pas été possible d'évaluer les frais variables totaux en détails (le carburant, l'électricité, pièces de rechange, etc...)

L'usine travaillent 5 jours par semaine et on suppose qu'il peut y avoir 11 jours fériers par an ce qui va nous faire 250 jours de travail par an à raison de 200 t/j avec un rendement de 40 % soit 80 t/j de compost. Donc dans le meilleur des cas la production de compost s'élèverait à 20.000 t/an.

Si on parvient à affiner tout ce compost ce qui est impossible dans le cas de l'usine, qui dispose seulement d'un broyeur d'affinage. On suppose que l'on pourra disposer d'un 2ème broyeur d'affinage le prix de vente s'élèvera alors à $20.000 \times 80 = 1.600.000$ DA par an.

Cette somme est suffisante pour couvrir les frais du personnel et les autres frais variables. On peut conclure de cette approche économique qu'une usine bien entretenue revient moins cher qu'une usine délaissée et traite beaucoup plus d'ordures ménagères, ceci est dû au fait que les frais du personnel reste constant et qu'un matériel non entretenu use plus d'énergie et en plus une partie de matériel peut être mise hors circuit avant qu'elle ne soit amortie.

Ici on n'a pas tenu compte aussi du problème de commercialisation qui est facilement résolvable qui ne se pose même pas pour le compost fin.

(Source usine de compostage d'Alger).

SITUATION MATERIEL

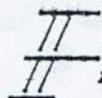
Désignation	Nombre	Etat de marche		
		oui	non	
Palans	2	1	1	(1983)
Broyeurs	3	2	1	74
Broyeurs fin	1	1	1	74
Cribles grossiers	3	2	1	74
Crible fin	1	1		
Tambours magnétiques	3	1	2	75
Triage mécanique	3	2	1	74
Ponts roulants	2	1	1	72
Pont navette	1	1		
Bascule	1	1		
Machine ATHEY	1		1	75
Pelles chargeuses	2	1	1	80
Camions	2	1	1	80
Fourgon	2	1	1	80
V.L.	1	1		

LES MOYENS D'EXPLOITATION DE L'USINE D'ALGER

Personnel : Prévus	En service
<u>Administration</u>	
1 Directeur	1
1 Comptable	0
1 Aide-comptable	1
1 Dactylographe	0
<u>Exploitation</u>	
1 Contremaître - Chef d'usine (Mécanicien industriel ou électromécanicien)	0
1 Electromécanicien	0
1 Electricien industriel	0
1 Mécanicien (Diesel)	0
1 Graisseur	1
3 Conducteurs d'engins	2
1 Chauffeur pour camion P.L.	3
1 Chauffeur pour camion V.L.	1
2 Grutiers	2
1 Manoeuvre (presse à ferraille)	0
2 Manoeuvres (cribles vibrants)	2
3 Gardiens	5
1 Peseur	
1 Femme de ménage	
	3 Manoeuvres (entretien, nettoyage)
	1 Soudeur
24 au total	22 au total

Matériel roulant

- 1 machine à retournement
- 2 chouleurs Michigan
- 1 Camion Bertrier
- 1 Véhicule pour l'Administration

 ARTTE

 PERIMENTALE

CHAPITRE V

ETUDE EXPERIMENTALE

V.1 - INTRODUCTION -

Il existe plusieurs procédés de compostage à travers le monde, certains sont très employés, d'autres peu ou pas ; certains sont très répandus, d'autres sont plutôt localisés. Mais il est difficile d'avancer que tel procédé est meilleur ou que tel autre procédé n'est pas bon. Tout ce que nous pouvons retenir est que tel procédé est adapté aux ordures de telle ville ou non.

Il est vrai que l'objectif principal recherché par ces différentes méthodes de traitement est le même : élimination des déchets solides urbains, pour une bonne hygiène, avec récupération de la partie biodégradable, pour être utilisée en agriculture et espaces verts. Mais chaque procédé utilise un chemin propre, pour atteindre ce but et se fixe des objectifs secondaires, qui peuvent être bénéfiques ou non à la valeur agronomique du compost produit.

L'Algérie tente depuis plusieurs années à répondre à ces deux objectifs d'élimination de ces déchets sans pollution ni nuisance et de récupération de la partie biodégradable pour l'agriculture, par le compostage ; cas des villes d'Alger et de Tizi Ouzou.

V.2 - OBJECTIFS DE L'ETUDE -

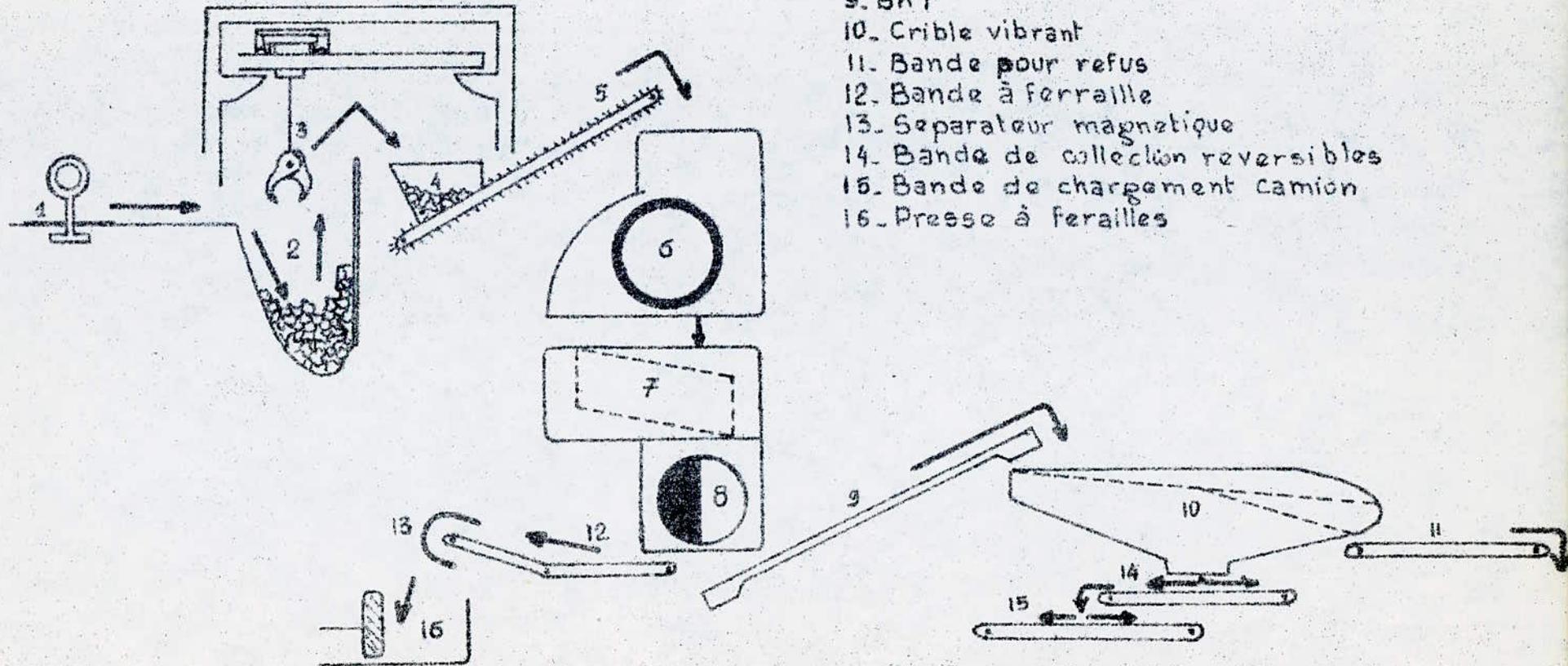
L'unité de traitement et compostage des ordures d'Alger a été réalisée en 1969. Mais depuis, les ordures d'Alger ont connu une évolution très significative notamment en matières non biodégradables : sacs de lait, sacs à ordures. Cette étude vise à vérifier si le procédé employé à l'usine d'Alger est encore valable, dans le cas contraire, rechercher un autre procédé qui s'adaptera le mieux aux ordures d'Alger en tenant compte de leurs évolution future.

Un procédé mieux adapté signifie un procédé :

- qui permettra d'avoir un compost riche en matières organiques, pauvre en éléments inertes, avec un minimum de refus ;

Schema de la chaine
de traitement
(ville d'Alger)

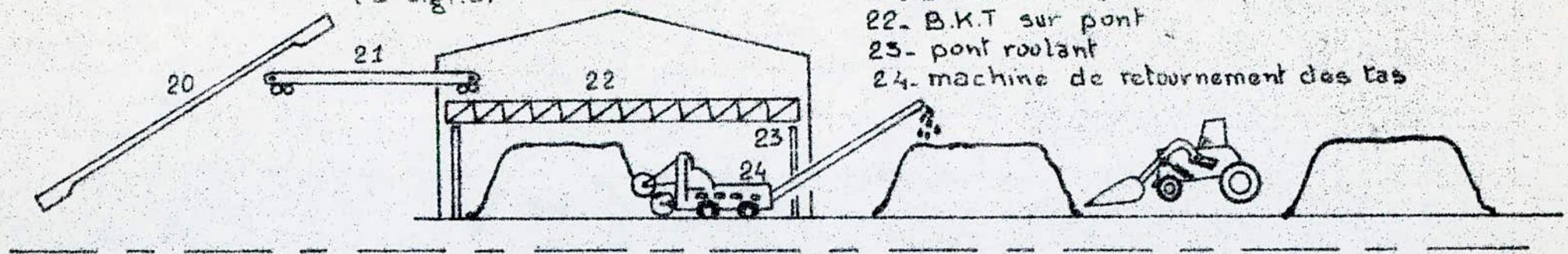
Schema - m13



1. Pont bascule
2. Fosse de reception
3. Benne a griffes
4. Tremie d'alimentation
5. Ruban à lames
6. Broyeur à marteaux
7. Doseur vibrant
8. Tambour magnetique
9. BKT
10. Crible vibrant
11. Bande pour refus
12. Bande à ferraille
13. Separateur magnetique
14. Bande de collection reversibles
15. Bande de chargement camion
16. Presse à ferrailles

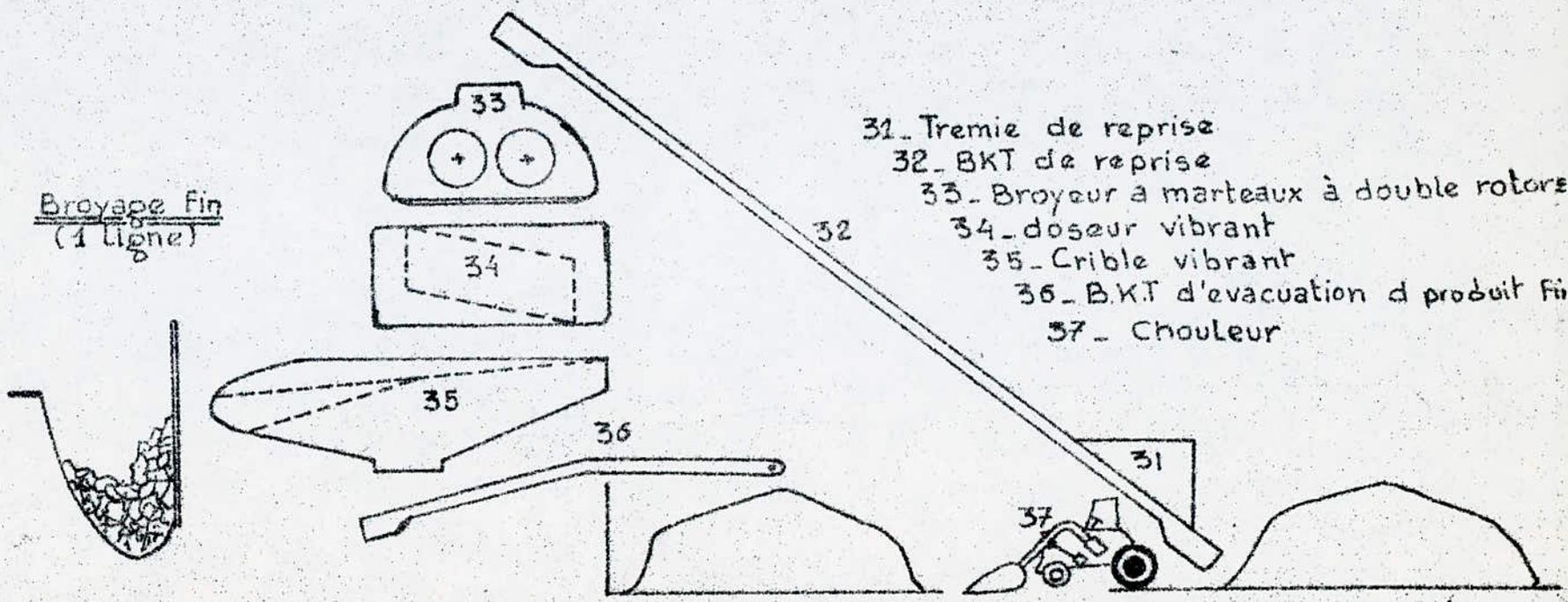
Broyage grossier (3 lignes)

Parc de fermentation (suite schéma 13.)
(1 ligne)



- 20. B.K.T de liaison usine parc
- 21. Bande reversible sur pont navette
- 22. B.K.T sur pont
- 23. pont roulant
- 24. machine de retournement des tas

Broyage Fin
(1 ligne)



- 31. Tremie de reprise
- 32. B.K.T de reprise
- 33. Broyeur à marteaux à double rotors
- 34. doseur vibrant
- 35. Crible vibrant
- 36. B.K.T d'evacuation d produit fin
- 37. Chouleur

- qui sera d'un prix économique ;

Nous nous sommes intéressés à l'étude des deux phases de traitement des ordures :

. traitement physique : étude critique de la conception du matériel en place et de la manière dont il est utilisé,

. traitement biologique (fermentation) en fonction des modalités de compostage préconisées dans la littérature spécialisée et de celles pratiquées à l'usine. Nous avons procédé au suivi durant 40 jours :

.. d'un tas d'ordures composté selon les habitudes de l'usine

.. d'un tas d'ordures composté selon les modalités préconisées par la littérature dans le premier cas : le tas est retourné 4 fois, dans le deuxième cas : le tas est retourné en fonction de la montée de la température.

Pour apprécier l'évolution de la maturité du compost nous avons :

- mesuré des paramètres physico-chimiques et chimiques (humidité, température, pH, conductivité électrique et le rapport C/N) ,

- effectué un test de germination à partir d'extraits aqueux d'échantillons des deux tas et à différentes périodes de maturation.

V.3 - MATERIELS ET METHODES -

L'usine de traitement des ordures ménagères d'Alger se situe à gauche de la route wilaya n° 13 qui va d'El Harrach vers Birkhadem à quelques 900 mètres de la Cité Badjerah. L'usine est située dans la Commune d'Hussein Dey, elle occupe une superficie de 7,25 ha. Elle fonctionne suivant le procédé Buhler (Suisse) et utilise la méthode de fermentation lente avec une capacité de traitement de 200 t/j.

V.3.1 - Matériels de traitement :

a/ Matériels pour traitement physiques (voir schéma n° 13)

- deux fosses de réception (2) en béton armé équipées de deux bennes preneuses sur pont roulant (3),

- trois broyeurs à marteaux (6) monorotors à axe horizontal sans dispositif spécial pour évacuation de refus, d'un débit de 8 t/h. Chaque broyeur à une trémie de réception (4) en métal incorporée dans un bloc de béton dont le fond est formé par un ruban extracteur à lames d'acier (5),

- trois cribleurs vibrants (10) possédant chacun trois grilles à mailles rondes de 100 mm, disposées en escalier et équipées d'un doseur vibrant (7) constituée d'une tôle métallique vibrante, et d'un tambour magnétique (8),

- une bande en caoutchouc pour évacuation des refus de criblage (11),

-- une bande collectrice des produits criblés (14).

b/ Matériels pour traitement biologique (voir schéma n° 13 suite)

- une bande (B.K.T.) de liaison (20) usine-parc,

- un parc de préfermentation couvert constitué d'une aire bétonnée légèrement inclinée, d'un pont-navette d'alimentation (21) et d'un (B.K.T.) pour constitution d'andains (22) sur pont roulant (23),

- un parc de maturation non couvert constitué aussi d'une aire bétonnée,

- une retourneuse d'andains utilisant 2 vis émauteuses tournantes en sens inverse se trouvant à ras du sol et une troisième au-dessus.

c/ Matériels pour traitement d'affinage (voir schéma n° 13 suite)

- le broyeur (33) est un birotor à axes horizontaux,

- le cribleur (35) dispose de grilles à petites perforations de 6,3 mm ou 12,5 mm.

V.3.2 - Méthodes de traitement :

L'usine fonctionne selon le procédé Buhler (d'origine Suisse).
Les ordures ménagères subissent :

V.3.2.1 - Un traitement physique.

Après pesée sur le pont-bascule (1) les bennes de collecte déversent leur contenu dans l'une des deux fosses de réception. Les ordures sont reprises par l'une des bennes preneuses pour alimenter les trémies de réception. A partir des trémies de réception on a trois chaînes identiques. L'évolution des ordures est la même, dans chacune des trois chaînes.

Le fond mobile de la trémie de réception constitué par un ruban extracteur, extrait les ordures à l'aide des lames d'acier et les transporte vers la goulotte d'alimentation du broyeur, avec un débit régulier.

Lors de ce transfert, le ruban extracteur est visible sur une longueur d'environ 1 m. Un ouvrier se tient debout au dessus du niveau de la bande et, à l'aide d'une barre métallique à crochet, il retire les objets coincés dans cette partie visible. Le ruban extracteur est doté d'un moteur variateur, relié au moteur du broyeur, celui-ci sert à régulariser l'alimentation en fonction de la vitesse de broyage, pour éviter l'engorgement du broyeur.

Les ordures sont broyées à l'aide de marteaux fixés sur le rotor et de contre marteaux disposés en peigne. Le broyat aboutit sur un doseur vibrant, qui sert à étaler les ordures broyées et régulariser leur débit.

Elles tombent ensuite sur un tambour magnétique qui retient les éléments métalliques. Le broyat est repris par une bande vers le cribleur. Les éléments métalliques sont arrachés par un séparateur magnétique. Ils sont évacués vers une chambre où ils seront repris pour être envoyés en décharge.

Les ordures broyées arrivent sur les grilles du cribleur, où les éléments grossiers (de dimension supérieure à 100mm) glissent d'une grille à une autre pour aboutir en fin de course, sur une bande collectrice à refus, qui les évacue vers une chambre où ils seront repris pour être envoyés en décharge. Le reste des ordures est récupéré sous les grilles par une autre bande collectrice pour être envoyé vers le parc de préfermentation.

V.3.2.2 - Un traitement bilogique.

L'usine utilise la fermentation lente.

Les ordures broyées et criblées rejoignent le parc de préfermentation à l'aide d'une B.K.T. La constitution d'andains est faite à l'aide du pont-navette d'alimentation et de la bande B.K.T. sur pont roulant. Les andains sont rectilignes, d'une longueur de 10 m, d'une largeur à la base de 2 à 2,5 m et d'une hauteur de 2 m. Jusque-là toutes les opérations sont automatisées.

L'aération est faite par une retourneuse d'andains ou par un chouleur.

A - Cas de l'usine.

Après la mise en tas on laisse les ordures fermenter naturellement. Le constructeur conseille de faire trois retournements une fois par semaine, le troisième retournement correspond au transfert du compost frais au parc de maturation. A l'usine on procède à plusieurs retournements suivant le temps dont ils disposent.

B - Cas expérimental. -

Notre intervention se fait seulement au niveau du contrôle de la fermentation, alors que jusqu'à la constitution des andains, les étapes précédentes sont les mêmes.

Notre étude consiste donc à suivre deux tas, l'un témoin et l'autre expérimental. Le suivi consiste à contrôler la température et l'humidité et à vérifier au fur et à mesure de l'évolution de la fermentation, le pH, le rapport C/N, la conductivité électrique et la phytotoxicité. Le contrôle de la fermentation se fait par la mesure de la température ; l'aération pour le maintien des conditions d'oxybiose se fait par retournement.

a - La température. Voir figure n° 2

La prise de température s'est faite à l'aide d'une thermo-sonde de 50 cm de longueur. Elle est faite à chaque fois en 10 points comme indiqué sur la figure ci-dessous.

La thermo-sonde est enfoncée entièrement dans la masse d'ordures, est laissée en contact (environ 2 mm) jusqu'à l'équilibre des températures.

Nous avons effectué trois retournements comme indiqués sur les figure n° 2 à des températures égales à 64, 71 et 72°C. Les retournements sont fait avant la baisse de température.



b - L'humidité. Voir figure n° 3

L'humidité est déterminée sur des échantillons pris à une profondeur de 20 à 25 cm, car les ordures en surface sont plutôt sèches. Les prélèvements sont faits tout autour du tas, puis ils sont mélangés et on prélève cinq échantillons. Pour déterminer la teneur en eau on fait sécher les échantillons dans une étuve à 105°C pendant 24 h au moins et on prend la teneur moyenne des cinq échantillons.

c - pH. Voir figure n° 5

Pour la mesure du pH on pèse 50 g de matière fraîche a 0,05 g près ; on rajoute 125 ml d'eau bidistillée à pH7 on agite pendant 2 h pour avoir une bonne dispersion et on laisse en contact pendant une nuit. On filtre et on mesure le pH.

d - Conductivité électrique. Voir figure n° 4

Pour la mesure de la conductivité, on agite pendant 4 h un mélange de 400 ml de matière fraîche avec 600 ml d'eau bidistillée à pH7. On filtre et on mesure la conductivité de la solution obtenue.

e - Tests de germination. Voir tableau n°7

Nous avons procédé à des tests de germination de radis qui est très sensible à un excès de sels. On laisse germer les graines de radis dans des boîtes de Petri sur du papier filtre humidifié par l'extrait du compost en présence d'un test témoin où les graines sont humidifiées avec de l'eau distillée.

f - Evolution du rapport C/N. Voir tableau n° 8

Nous avons déterminé le rapport C/N à des stades de fermentation différents : ordures fraîches, ordures fermentées pendant une semaine et un compost de 40 j.

Nous avons déterminé le pourcentage de carbone par la méthode Anne qui consiste à :

. laisser sécher l'échantillon à l'air pendant plusieurs jours,

. le broyer et le tamiser à 42 mm,

. faire l'attaque avec un mélange de

$K_2Cr_2O_7$ et d' H_2SO_4 avec chauffage,

. doser avec du sel de Mohr en présence de

NaF , H_3PO_4 et 3 gouttes de Dipheliglimine.

Nous avons déterminé le pourcentage d'azote

avec la méthode KJELDAH qui consiste à :

. laisser sécher l'échantillon à l'air

pendant plusieurs jours,

. le broyer et le tamiser à 0,2 mm,

. faire l'attaque avec de l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur ($CaSO_4$, K_2SO_4 , Selenium),

. distiller dans de l'acide borique à 4 %

et de la soude 30 %,

. doser avec de l'acide sulfurique.

V.3.2.3 - L'affinage. Schéma suite n° 13

Le bloc d'affinage est compris dans l'atelier de traitement physique, il comporte une trémie de réception juxtaposée au parc de préfermentation. La chaîne d'affinage est alimentée par un chouleur, soit par du compost frais, soit par du compost à un stade de maturation plus avancé suivant le produit final qu'on veut obtenir. Le compost est repris par la bande B.K.T., constituant le fond de la trémie vers le broyeur où les ordures sont finement déchiquetées. Le transfert du broyat d'un élément à un autre se fait par gravité. Le compost finement broyé retombe directement sur le cribleur. Toujours par gravité le criblé tombe dans une pièce qui se trouve au-dessous. Les refus de criblage sont acheminés par une bande transporteuse vers l'une des deux fosses de réception où ils sont mélangés aux ordures fraîches.

V.4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS -

V.4.1 - Traitement physique :

a - Fosse de réception.

Les fosses de réception de l'usine ne sont pas accessibles qu'à la benne preneuse. Il serait intéressant de prévoir une entrée pour les fosses de réception de façon à pouvoir alimenter les trémies de réception des broyeurs à l'aide de chouleurs en cas de panne de la benne preneuse. Donc le niveau des fosses et celui des trémies doivent être rapprochés. Il faudrait aussi prévoir des rigoles pour évacuer les jus des ordures qui reste au fond des fosses. Durant le fonctionnement il serait intéressant d'utiliser alternativement les fosses de réception ce qui permettra de vider entièrement les fosses avant qu'il y ait une fermentation anaérobie au fond des fosses. Dans le cas où il existe plusieurs bennes preneuses il faudrait que chacune puisse travailler sur toutes les fosses et alimenter toutes les trémies.

b - Trémie de réception.

A l'usine d'Alger, il existe trois trémies de réception incorporées dans un même bloc de béton armé d'où l'impossibilité d'augmenter leur capacité. Il est préférable que les trémies de réception soient métalliques non incorporées dans des blocs de béton, pour prévoir (en cas de nécessité : évolution des ordures ou une nouvelle technologie) un changement des trémies ou carrément un déplacement de celles-ci pour intercaler un autre outil.

c - Tri manuel et récupération.

Prévoir une bande transporteuse juste après la réception, d'une longueur appropriée qui servira aux tris manuels et éventuellement à la récupération s'il y a lieu. On doit prévoir un nombre d'ouvriers suffisant répartis de part et d'autre de la bande transporteuse, chacun doit avoir une place fixe, entre chaque deux ouvriers. Il faudrait prévoir une goulotte pour refus et une autre pour la récupération qui sera utilisée pour les refus s'il n'y a pas de récupération, les deux genres de goulottes devraient donner sur deux tapis collecteurs différents. Un bouton de commande de la bande doit être prévu dans un endroit facilement accessible à tous les ouvriers pour éviter un éventuel accident et pour prévoir un arrivage massif de produits à éliminer ou à récupérer. Le tri manuel n'est pas prévu à l'usine d'Alger.

d - Tri magnétique.

Il faudrait prévoir un tambour magnétique avant le broyage de préférence utiliser un aimant naturel (réduction d'énergie) incorporée au tambour en tête de la bande transporteuse pour éviter d'installer une autre bande (réduction de frais fixes).

e - Broyage. Voir schéma 6bis

A l'usine il existe des broyeurs monorotors à axe horizontal. Il serait préférable d'utiliser des broyeurs à marteaux à axe vertical où les marteaux ont des épaisseurs variables et l'espacement entre eux est réglable. Les ordures ne tombent pas directement sur les marteaux ce qui évite le bouage. Dans ce cas il n'y a pas de chocs directs sur les imbroyats. Le tourbillon d'ordures fait que les objets lourds s'éloignent et se plaquent contre la paroi interne du broyeur. Comme celle-ci est conique, les objets lourds remontent le long de la paroi pour sortir par un orifice prévu à cet effet. On évite ainsi de marteler ces imbroyats et d'user les marteaux inutilement. Dans la partie conique du broyeur il n'y a pas de contre marteaux donc on a pas de cisaillement. Ces marteaux s'usent lentement relativement que dans les autres broyeurs. Dans la partie cylindrique de ce broyeur il existe des contre marteaux, mais il n'y a plus d'objets durs qui risqueraient d'user les marteaux inutilement. Dans cette partie on a cisaillement et réduction en petits morceaux des déchets.

f - Criblage.

Un criblage grossier (100 mm) est effectué à l'usine. Les cribles sont constitués de trois grilles à perforations rondes, disposées en escalier pour que les ordures se retournent en chutant d'une grille à une autre.

Ces cribles sont assez commodes. On pourrait aussi utiliser des trommels (à perforation rondes), qui font aussi bien le travail et même mieux car, en parallèle, ils homogénéisent les ordures. Ils ont aussi l'avantage de pouvoir être équipés de divers outils de mélange, dilacération, etc...

g - Les refus.

Les refus doivent être récupérés sur une même bande transporteuse pour être évacués dans la même pièce, où ils seront repris pour être envoyés en décharge. On isole les refus des séparateurs magnétiques s'il y a possibilité de récupération ou pour réduire leur volume dans un but de minimiser les frais de transport.

Les refus des cribleurs peuvent être isolés s'ils sont destinés à l'incinération car ils sont constitués essentiellement de papier et plastique.

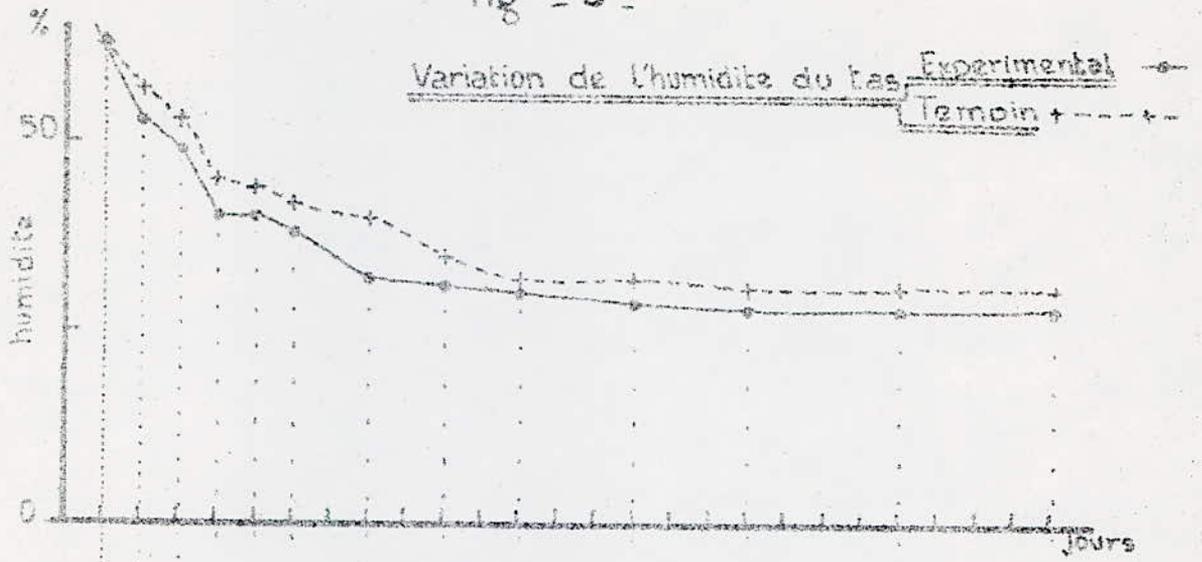
V.3.2.2 - Traitement biologique :

L'usine utilise le procédé de compostage lent ou la fermentation est faite naturellement après la mise en tas des ordures broyées et criblées. L'aération est faite par retournement, le constructeur de l'usine (Buhler) a conseillé de faire trois retournements espacés d'une semaine durant la préfermentation (3 semaines). A l'usine plusieurs retournements sont effectués (5 ou 6) suivant le temps disponible.

Nous conseillons de faire seulement trois (ce qui permettra une économie de carburant) car suivant nos résultats, ils sont amplement suffisants pour maintenir une bonne activité de la microflore aérobie et produire un échauffement supérieur à 60°C, nécessaire à l'hygiénisation du compost produit.

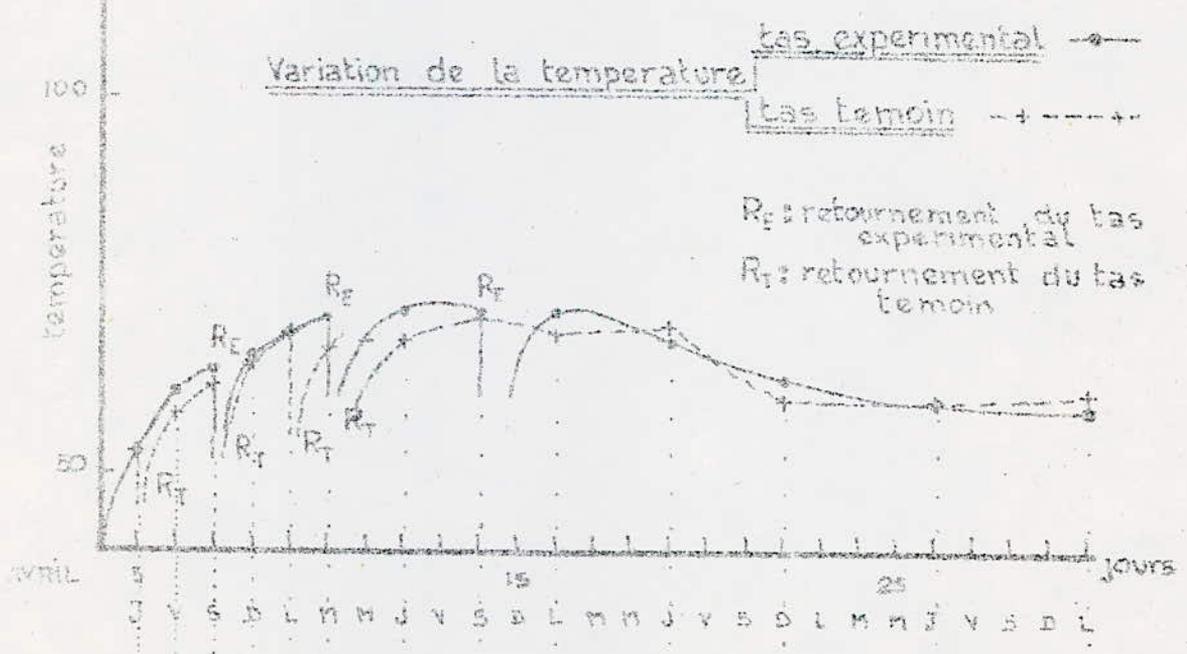
Il serait aussi nécessaire de faire un suivi de la température pour d'autres saisons (été, automne, hiver) pour apporter un changement si cela se révèle nécessaire.

fig - 3 -



Humidite	E	63	58	49	40	38	32	31	30	29	28	28	28
	T	63	57	45	42		40	35	32	32	31	31	31

fig - 2 -



°C	E	53	61	64	66	71	72	72	72	68	65	60	59
	T	55	57	63	65	67	68	71	69	70	60	60	61

Les retournements doivent être fait par les machines "retourneuses d'andains" qui aèrent mieux les ordures que les chouleurs, une retourneuse d'andains reprend les ordures petit à petit suivant l'axe longitudinal du tas.

Il est préférable que le parc de préfermentation soit couvert sinon l'humidité risque d'évoluer beaucoup durant les saisons pluvieuses. Par contre, le parc de maturation peut être non couvert ce qui permettra un lessivage des éléments solubles lors des saisons pluvieuses.

a - Température. Voir figure n° 2

Bien que les retournements sont fait avant la baisse de température, les fréquences de retournement sont plus longues que celles qu'on trouve dans la littérature relative aux ordures européennes. Ceci peut être dû à plusieurs facteurs :

- . la composition de nos ordures est très différente de celle des ordures européennes,
- . la température ambiante étant fort élevée, les tas refroidissent très lentement,
- . les tas on une hauteur faible (2 m) qui ne peut causer d'autotassement des ordures donc il n'y aurait pas d'autoréduction du volume d'air disponible aux microorganismes,
- . les ordures ont subit un broyage-tamissage grossier qui augmente le volume des vides et la surfaces de contact entre microorganismes et matière organique.

Durant les prises de température nous avons constaté que celle-ci est plus élevée au centre du tas que sur les côtés et croît de bas en haut. L'évolution de la température est conforme à ce qui est cité dans la littérature pour les deux tas suivit et on ne constate pas de différence notable entre ces deux tas.

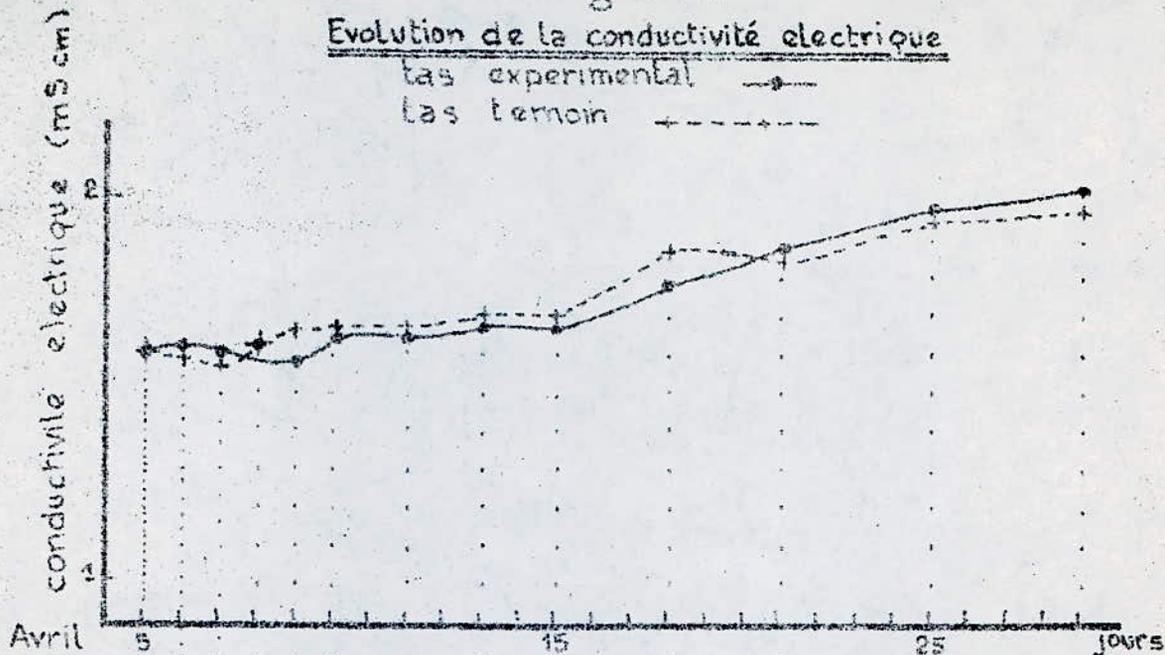
b - L'humidité. Voir figure n° 3

L'humidité est ^{un} paramètre très important qu'il faudrait contrôler car si celle-ci est inférieure à 25 % ou supérieure à 75 % (source 2) et même avant d'atteindre ces deux valeurs extrêmes, il y a risque respectivement de l' inhibition totale ou partielle de la flore microbienne ou passage de certaines zones à l'anaérobiose.

Le contrôle de l'humidité est souvent nécessaire voire indispensable, notamment lorsque la teneur initiale est fort élevée ou lorsque la phase thermophile haute dure longtemps. Elle est aussi indis-

Fig - 4 -

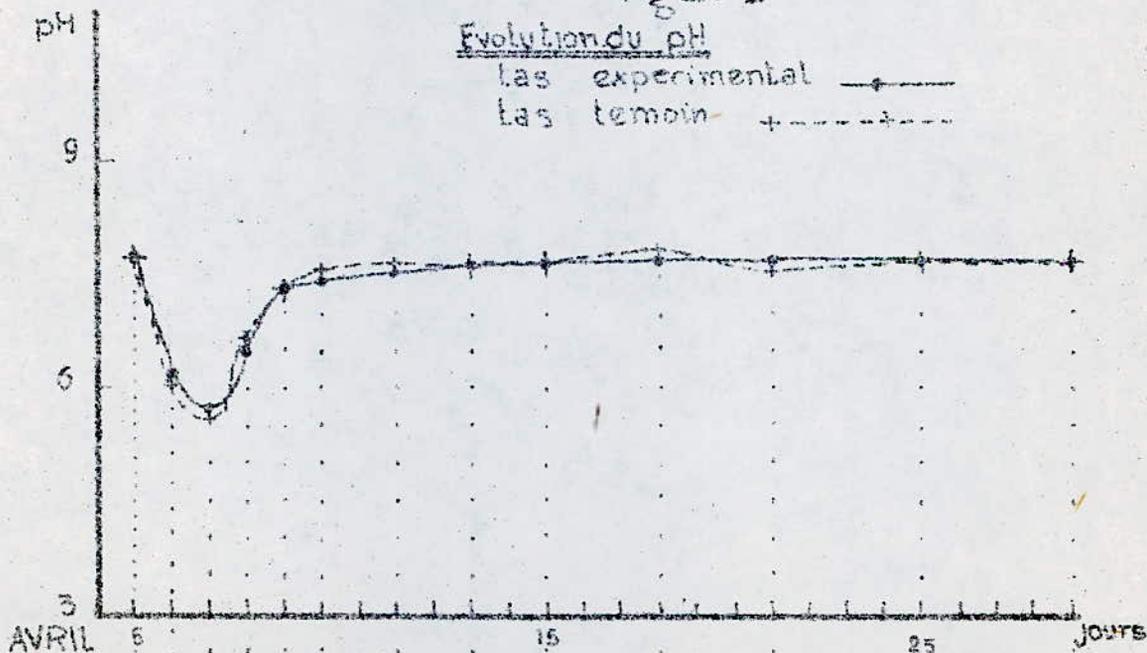
Evolution de la conductivité électrique



C.E	E	1,6	1,6	1,58	1,68	1,65	1,68	1,68	1,98	1,95	2,05
	T	1,6	1,58	1,61	1,65	1,65	1,7	1,7	1,86	1,93	1,40

Fig - 5 -

Evolution du pH



pH	E	7,7	6,2	5,8	6,5	7,3	7,4	7,5	7,6	7,6	7,65	7,65
	T	7,7	6	5,6	6,65	7,3	7,55	7,65	7,6	7,6	7,75	7,5

pensable lorsque la teneur initiale est faible, pour déterminer si un arrosage est nécessaire.

On constate une diminution rapide durant la première semaine, qui est relative à la période de multiplication microbienne intense, puis un ralentissement pour se stabiliser à 30 %. On ne constate pas de différence notable dans les variations de l'humidité dans les deux tas suivit néanmoins la baisse a été légèrement plus rapide ce qui peut être dû au fait que ce tas n'a pas été trop perturbé par les retournements où les tas se refroidissent brusquement.

c - pH. Voir figure n° 5

Nous avons effectué la mesure du pH juste pour vérifier si elle suit la même évolution que dans la littérature. La mesure du pH peut nous révéler le passage de la fermentation à l'anaérobiose mais seulement une fois que la fermentation anaérobiose s'est instaurée. En effet selon B. Pommel et C. Juste (Source 2) le pH devient légèrement alcalin après deux à trois jours de fermentation. Il redescend brusquement aux environs de $\text{pH} = 4,5$ si des conditions d'anoxydiose s'installaient.

On constate que le pH des deux tas suivi est conforme à la littérature, l'évolution dans les deux tas est identique.

d - Conductivité électrique. Voir figure n°4

Nous avons suivi l'évolution de la conductivité électrique pour avoir une idée sur la teneur totale en sels, au cours de l'évolution de la fermentation ; ce qui nous permet de suivre la minéralisation de la matière organique et ou la solubilisation des sels minéraux. En effet la conductivité électrique augmente lorsque le taux de sels augmente par minéralisation de la matière organique ou par solubilisation des sels minéraux. La teneur finale en sels obtenue nous permet aussi de savoir si l'application de ce compost ne causerait pas de problème aux plantes ou encore une augmentation sensible de la teneur en sels des sols. Nous constatons que la conductivité augmente dans le temps et nous pouvons dire qu'on a une minéralisation.

e - Tests de germination. Voir tableau n° 7

Nous avons effectué des tests de phytotoxicité du compost durant l'évolution de la fermentation pour voir à partir de quel moment on peut l'utiliser sans risque sur la germination des plantes.

Resultats des tests de germination

Tableau - 7 -

	age du compost				
	eau distillée	1 jour	8 jours	40 jours	3 mois
tas experimen- -tal	62%	66%	46%	66%	
tas temoin	62%	61%	50%	74%	60%

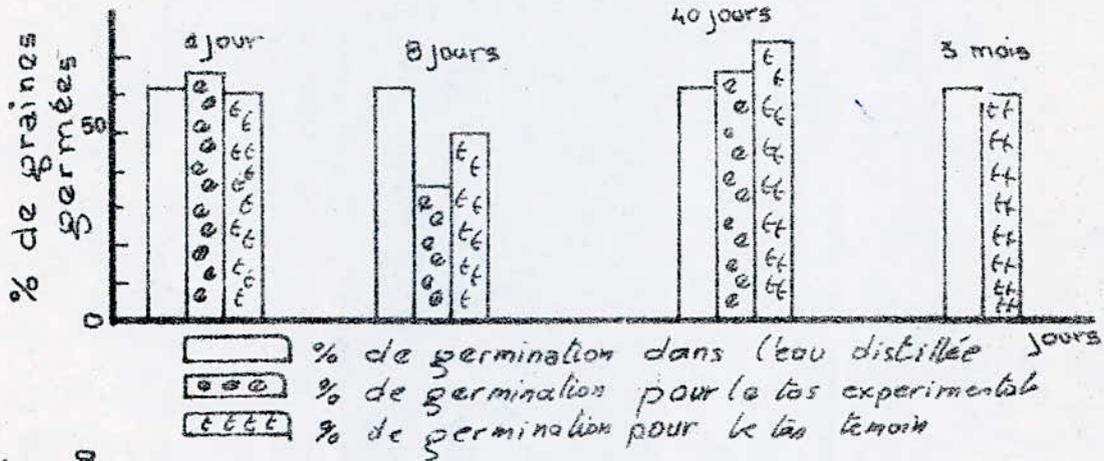


Tableau - 8 -

Evolution du rapport C/N

tas experimental	age du compost	1 jour	8 jours	40 jours
	% C	33,64	21,4	18,8
	% N	1,28	1,30	1,27
	C/N	26,28	16,42	14,8

tas temoin	age du compost	1 jour	8 jours	40 jours
	% C	33,64	21,6	19,1
	% N	1,28	1,29	1,29
	C/N	26,28	1,68	14,8

D'après nos résultats nous pouvons dire que le compost de l'usine d'Alger n'a pas d'effets phytotoxiques sur la germination par contre les ordures en cours de préfermentation inhibent partiellement la germination.

f - Evolution du rapport C/N. Voir

Au delà d'un certain rapport l'application du compost peut causer un effet dépressif sur les plantes (fâin d'azote). Le rapport C/N diminue dans le temps en fonction de la maturité. En général, pour ne pas causer de problème, le rapport C/N doit être proche de 15 ; il peut aller jusqu'à 20.

D'après nos résultats le compost de la ville d'Alger peut être utilisé frais sans crainte de produire un fâin d'azote, bien sûr il faut tenir compte aussi des autres effets avant de l'employer.

V.4.3 - Affinage :

Les chaînes d'affinage ne posent pas de problèmes au niveau du broyage et criblage. Les éléments utilisés dans cette chaîne semblent satisfaisants mise à part la bande à crochets qui est plus ou moins fragile, il est préférable d'utiliser les bandes à lames. L'affinage rencontre des problèmes au niveau des tris balistiques, ceux-ci ne sont pas fait à l'usine.

Nous conseillons le tri balistique par différence de densité où les éléments constituant le compost sont projetés par une pièce métallique tournante à grande vitesse, les produits légers sont récupérés dans une première goulotte et les éléments lourds (verre, céramique, etc...) sont récupérés dans une deuxième goulotte.

V.4.4 - Proposition d'un procédé de traitement :

(Voir schéma n° 14)

Le procédé de traitement qui semble le mieux adapté aux conditions algériennes nous parait être le suivant :

a - Triage manuel.

Il permet :

- . déliminer les objets durs dépassant une certaine dimension qui risquent d'endommager les broyeurs,
- . de récupérer les produits recyclables avant qu'ils soient salis (ceci suivant les possibilités de revente) comme le bois, le papier, les cartons et les métaux. Ces dernières doivent être éliminés

des ordures ménagères avant la fermentation à cause de la toxicité qu'ils peuvent engendrer et de préférence ils doivent être éliminés avant le broyage si ceux-ci sont destinés à être récupérés.

b - Elimination des métaux ferreux.

Elle se fait par un système magnétique placé en tête de la bande transporteuse pour tri, pour les mêmes raisons que les autres métaux.

c - Broyage grossier.

Il permet de déchiqueter la matière organique fermentescible, ce qui accélère la fermentation. Il permet aussi d'humidifier les papiers, cartons et homogénéiser l'ensemble des produits.

d - Criblage grossier.

Un criblage grossier serait nécessaire pour éliminer les plastiques, les textiles, les chaussures, les morceaux de caoutchoucs, etc... soit l'ensemble des matières imbroyables. Il serait préférable d'utiliser un trommel ou un crible à perforations rondes de 100 mm de diamètre.

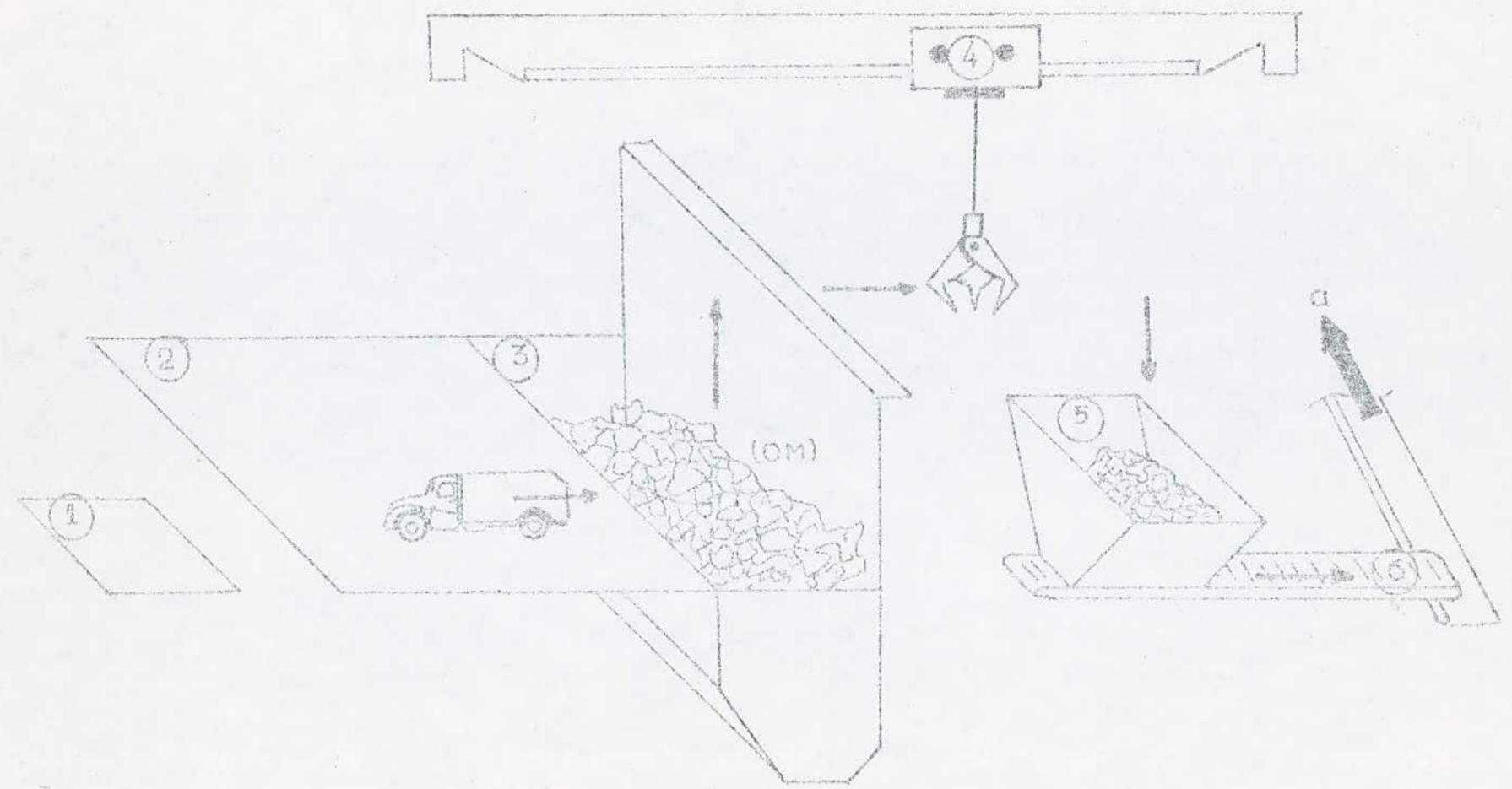
e - Fermentation sur aire.

Le transfert du broyat au hangar de préfermentation et la mise en andains doit être automatique. L'aération peut se faire soit par retournement, dans ce cas, il est préférable d'utiliser une retourneuse d'andains, soit par apport d'air par canalisation souterraine d'où l'air peut être soufflé, aspiré ou les deux alternativement pour profiter des avantages de l'un et de l'autre et réduire les inconvénients des deux procédés faits séparément. L'apport d'air peut être continu ou intermitents.

f - Affinage.

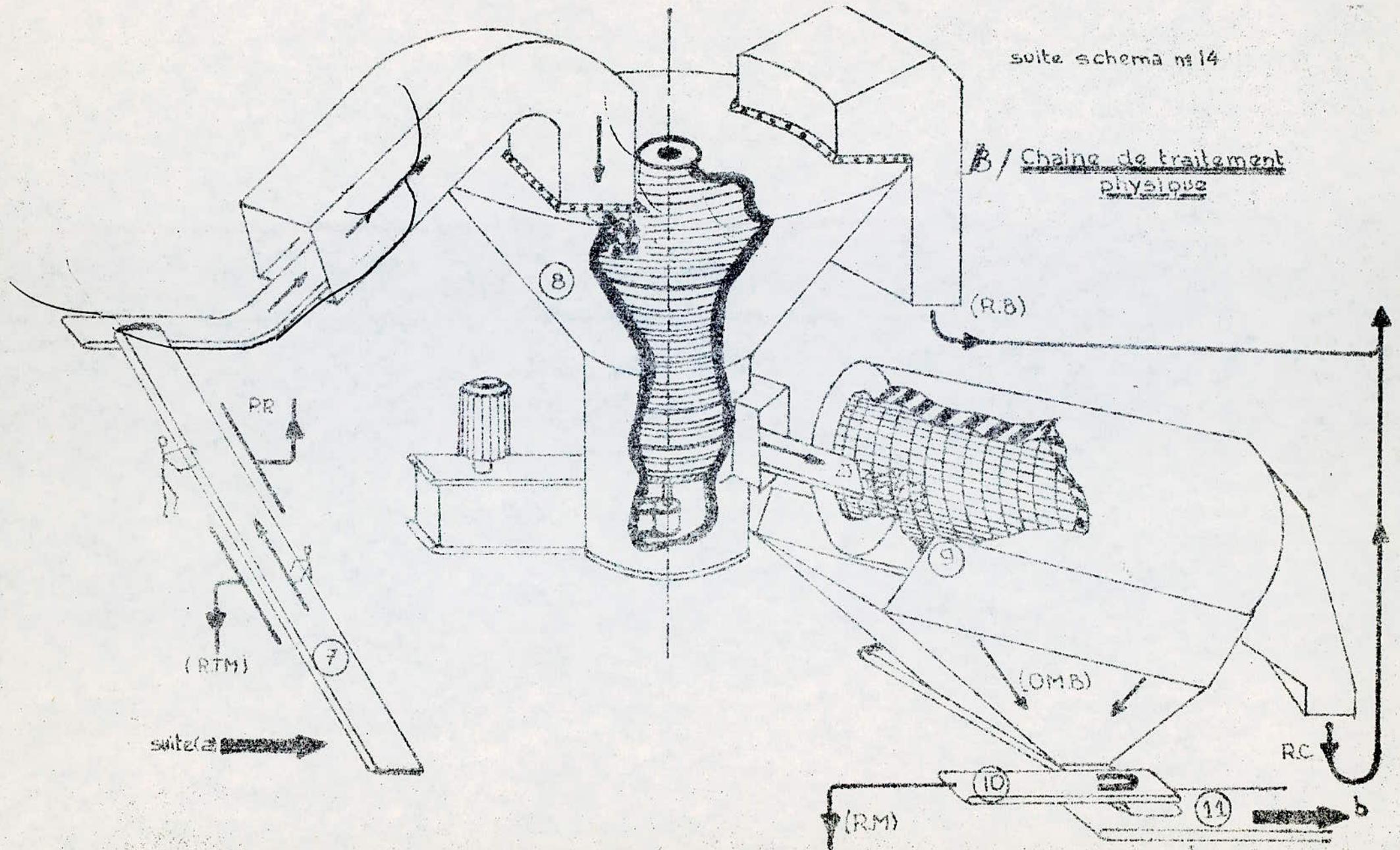
L'affinage peut être fait sur des produits mûrs, demi-mûrs ou frais. Si l'affinage est fait avant la maturation il permettra d'accélérer celle-ci. Un broyage et un criblage très fins, fins ou moyens des ordures ménagères se font suivant la demande de l'acheteur. Le criblage permettra d'éliminer les polluants esthétiques tels que les plastiques et les textiles de couleur vives. On fait un tri balistique pour séparer les objets à fortes densités restants encore dans le compost comme les verres, pierres, céramiques, porcelaine, métaux, etc... quelquefois, il est plus intéressant de faire le tri balistique avant le broyage, car le broyage fin réduit les verres, la céramique, etc... en tout petits morceaux qui restent dans le compost même si on fait un tri balistique après.

A / Reception



SCHEMA n°14 : PROCÉDE DE COMPOSTAGE PROPOSE

suite schema n° 14



B / Chaine de traitement physique

8

(R.B)

PR

(RTM)

7

suite (a)

9

(OMB)

RC

(RM)

10

11

b

g - Maturation et stockage.

La maturation et le stockage doivent se faire sur une aire largement dimensionnée pour prévoir les périodes de mévente. L'utilisation d'écriteaux qu'on plantera dans chaque tas pour indiquer son âge est à conseiller.

h - Traitement des refus.

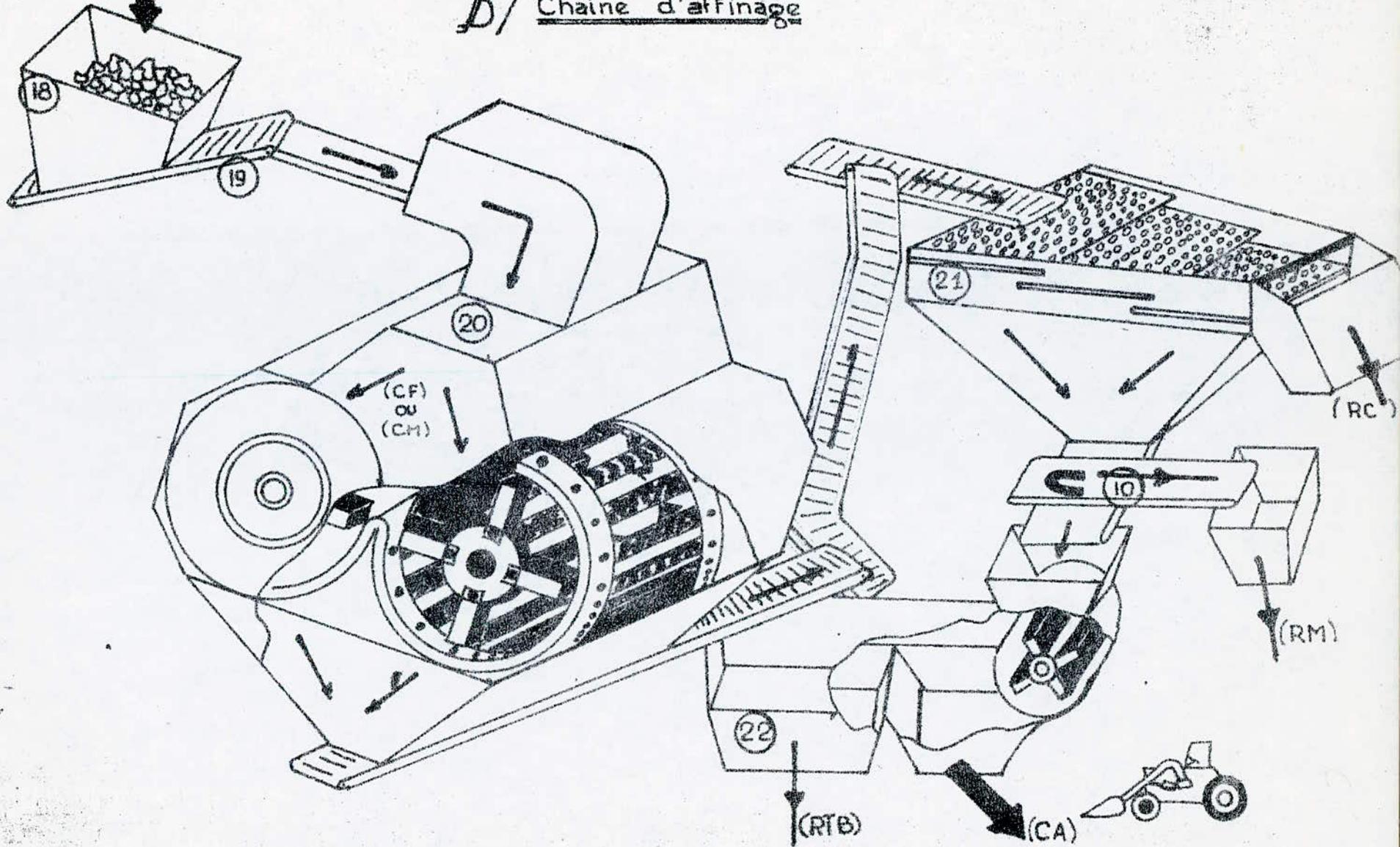
Les refus d'affinage (criblage) sont remis dans la fosse de réception pour être mélangés aux ordures fraîches. Les refus des séparateurs magnétiques dans le cas d'une récupération sont pressés pour réduire leur volume. Les refus des trommels et cribles peuvent être envoyés à l'incinération puisque ils contiennent beaucoup de plastiques et papiers cartons. Les autres refus sont envoyés en décharge.

suite

C

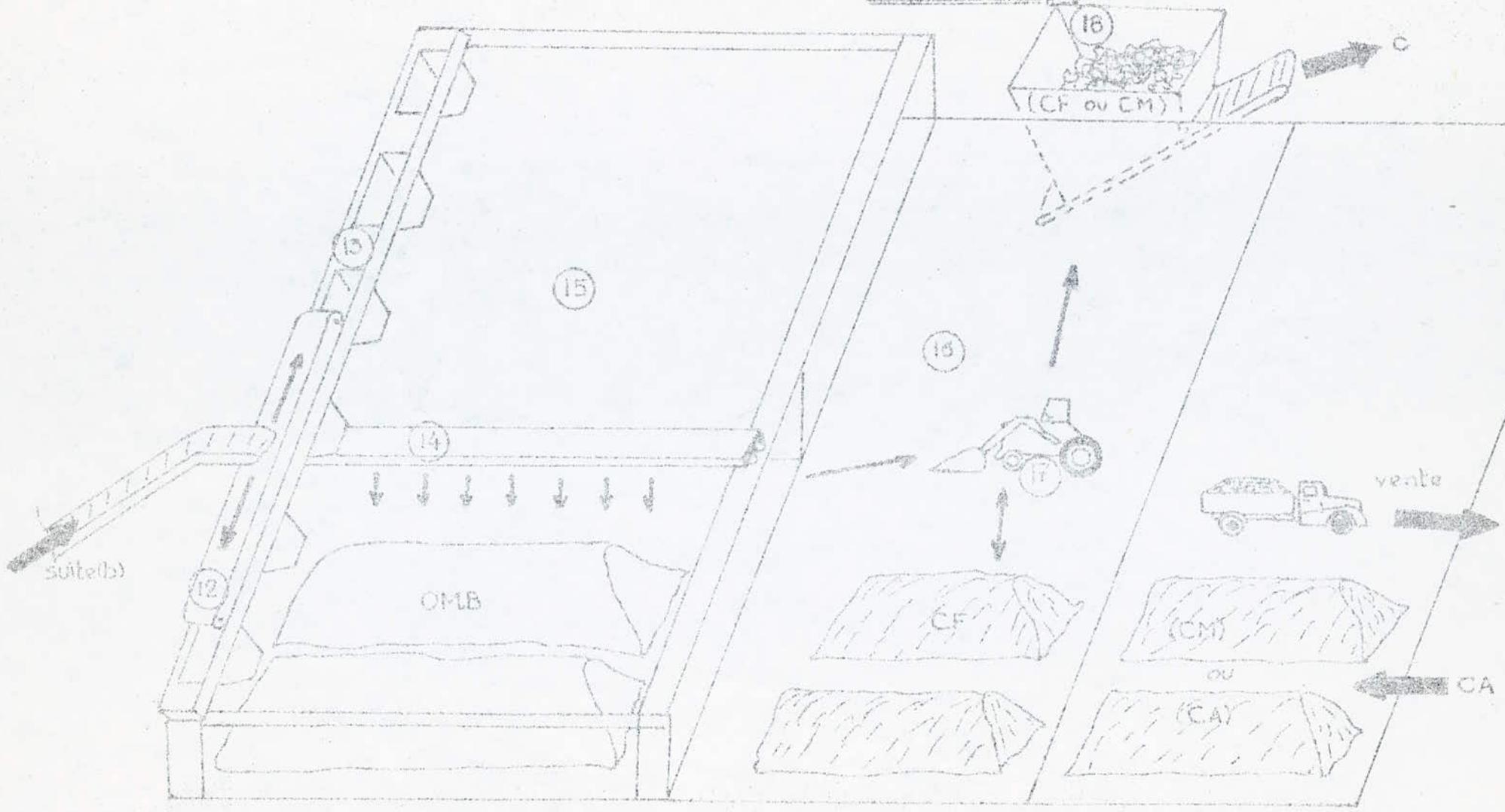
suite schema n° 14

D/ Chaine d'affinage



suite schéma n° 14

C / Parc de fermentation et de stockage



LEGENDE DU SCHEMA N° 14

- 1 - ponts-basculé
- 2 - plateforme de réception
- 3 - fosse de réception
- 4 - benne preneuse sur pont roulant
- 5 - trémie de réception
- 6 - ruban extracteur à lames
- 7 - ruban transporteur
- 8 - broyeur à marteaux à axe vertical
- 9 - trommel pour triage grossier
- 10 - séparateur magnétique
- 11 - ruban transporteur
- 12 - pont navette
- 13 - goulottes d'alimentation
- 14 - transporteur à bande avec chariot-verseur
- 15 - hangar de préfermentation
- 16 - aire de maturation
- 17 - chouleur
- 18 - trémie de réception de la chaîne d'affinage
- 19 - ruban extracteur à lames
- 20 - broyeur d'affinage à 2 rotors horizontaux
- 21 - cribleur vibrant
- 22 - Séparateur balistique

PRODUITS

- OM : ordures ménagères brutes
- OMB : ordures ménagères broyées
- PR : produits recyclés
- CF : compost frais
- CM : compost mûr

REFUS :

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| RTM : refus du tri manuel | RM : refus métalliques |
| RB : refus du broyeur | RC : refus du crible |
| RT : refus du trommel | RTB : refus du tri balistique |

CONCLUSION

L'usine d'Alger produit un compost biologiquement sain (la température reste très longtemps supérieure à 60°C) et relativement riche en éléments fertilisants (selon les travaux effectués sur le compost d'Alger par Mr. K. Benchaalal et de Mme Srag).

L'usine rencontre quelques problèmes au niveau de la commercialisation, elle n'arrive à vendre que du compost fin dont sa capacité de production est très réduite. On devrait d'ôter l'usine d'une deuxième chaîne de production fin et très fin, d'une capacité qui lui permettra d'affiner toute sa production. Elle devrait pouvoir disposer de deux ou trois camions de gros tonnage pour assurer le transport du compost aux agriculteurs. En effet le transport est l'un des facteurs essentiels de la mévente du compost.

Enfin, il faudrait effectuer une enquête pour enregistrer les agriculteurs intéressés par le compost ainsi que les quantités dont ils ont en besoin et les périodes durant lesquelles ils voudraient recevoir le compost ce qui permettra à l'usine de planifier son travail.

Elle pourrait même se lier par contrat avec les agriculteurs pour leur fournir les quantités nécessaires aux moments voulus tout en leur garantissant certaines qualités du produits. Mais il faudrait que l'usine puisse disposer d'un personnel qualifié pour l'entretien des machines et d'une garantie d'importation des pièces de rechange.

CONCLUSION GENERALE

Le compostage présente un double intérêt ; il faudrait l'exploiter, le développer et le rendre plus accessible économiquement. Mais il ne faudrait pas le considérer comme une source de profit matériel dont on tirerait des bénéfices car dans le meilleur des cas on arrive tout juste à couvrir les frais d'exploitation. En effet :

Le compostage s'insère parmi les moyens généraux d'élimination d'ordures ménagères. Il n'est pas économiquement le moins cher, néanmoins la vente du compost doit alléger les frais et éliminer cet inconvénient.

Le compost présente un intérêt certain pour l'agriculture qui souffre de plus en plus d'un manque de matière organique qui est dû à la raréfaction des amendements organiques traditionnels. Il est à la fois un apport d'éléments nutritifs, d'éléments humifiants et d'oligo-éléments.

La promotion du compost nécessite deux conditions essentielles :

a - amélioration qualitative et quantitative du compost qui se résume en :

- . réduction du taux de matières inertes dans le compost ; les produits légers (plastiques, caoutchoucs, cuirs, etc...) par tamisage, les produits lourds (pierres, verres céramiques, etc...) par triage à effet balistique,

- . surveillance de la maturation en effectuant des tests réguliers (par exemple 1 en hiver et 1 en été) ;

- . réduction du taux de refus qui consiste à éviter d'éliminer les matières fermentescibles comme les papiers, les cartons, souillures qui adhèrent aux plastiques et aux boîtes de conserves, etc... en faisant préalablement au tamisage un broyage grossier et la préfermentation.

b - La vente d'un maximum possible de compost en faisant une étude de marché, en informant les utilisateurs régulièrement, en garantissant certaines caractéristiques et par exemple en confiant la commercialisation à une association d'agriculteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 01 H.B. GOTAAS
Compostage et assainissement
O.M.S. Genève 1959
- 02 B. POMMEL, C. JUSTE
La valorisation agricole de déchets
1) - Le compost urbain
Ministère de la Culture et de l'Environnement
et Ministère de l'Agriculture
- 03 A. HALITIM, V. NKUNDIKJE
Elaboration et utilisation du compost urbain en agriculture
Polycopiés. organisme national de la recherche scientifique
Centre d'étude et de recherche agronomique (Science du sol)
- 04 B. STUTTGART 1974
Cours d'assainissement urbain à l'USTA
OPU. Initiation à la technique du traitement des eaux usées
et des déchets solides
- 05 J.P. BOUDOU 1969-72
Etude préliminaire de la valeur agricole du compost urbain
de la Ville d'Alger
Thèse d'ingénieur à l'I.N.A.
- 06 K. BENCHALAL 1981-82
Contribution à l'étude de la réaction de quelques espèces
maraîchères au compost d'ordures ménagères obtenu sous climat
méditerranéen
Thèse de magister
- 07 J. ARCHAMBAUD Mars 1962
La transformation des ordures ménagères en compost
Institut pour l'étude et le développement en Algérie
S.E.D.I.A.

- 08 M.C. LECOUSTER Mémoire 73-74
Contribution à l'étude du traitement des ordures ménagères
par le compostage
Ecole Nationale des ingénieurs des travaux ruraux et des
techniques sanitaires de Strasbourg
- 09 A.N.R.E.D. Avril 1980
La valorisation agricole des composts de résidus urbains
(Agence Nationale pour la récupération et l'élimination des
déchets)
- 10 A.N.R.E.D. Angers 15-18 avril 1980
SYMPOSIUM SOL DECHETS
Organisé par le Ministère de l'environnement et du cadre de vie
et l'ANRED
- A.N.R.E.D.
Revue : Compost Information
- | | | | |
|----|------------|----------------|--------|
| 11 | N° 3 | 3ème trimestre | 1980 |
| 12 | N° 4 | 4ème | " " |
| 13 | N° 5 | 1er | " 1981 |
| 14 | N° 6 | 2ème | " " |
| 15 | N° 7 | 3ème | " " |
| 16 | N° 8 | 4ème | " " |
| 17 | N° 9 | 1er semestre | 1982 |
| 18 | A.N.R.E.D. | Mars | 1983 |
- La valorisation agricole des composts d'ordures ménagères
- 19 Jean-Bernard LEROY 1981
Les déchets et leur traitement
Presse Universitaire de France
Que sais-je ?
- 20 J.N. LANOIX, M.L. ROY 1976
Manuel du technicien sanitaire
O.M.S.

- 21 A. GOMEZ
Méthodes d'analyses des déchets
Station d'agronomie I.N.R.A.
Symposium Environnement - Novembre 83
- 22 M. ROBERT & F. GILLET
Gestion des déchets solides
O.M.S. Décembre 81 - Janvier 82
- 23 M. SRAG
Recommandations pratiques pour l'épandage des composts urbains
en agriculture algérienne
Département Science du Sol de l'I.N.A.
- 24 E.R.E.S.
Etude de marché des composts urbains (Methodologie)
Direction de l'aménagement rural et des structures
Equipements Publics Ruraux
- 25 A. TAUVERON, Y. TOUSSAINT Dec 1979
Innovation dans le compostage des ordures ménagères
Université de Grenoble II I.R.E.P.-C.E.R.E.R.
Ministère de l'environnement et du cadre de vie - M.E.R.
- 26 A.G.H.T.M. Les cahiers de
Les déchets ménagers
Technique et Documentation 1981

