

وزارة التعليم العالي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

16x

## ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DU GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

# PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR D'ETAT

### S U J E T

ETUDE DU COMPOSTAGE  
DES ORDURES MENAGERES  
DE LA VILLE DE BLIDA

Proposé par :

MR. NAKIB

Etudié par :

T. IDDER

M. BELLALLOUI

Dirigé par :

MR. NAKIB

PROMOTION : JUIN 1990

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

## ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DE GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

# PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT  
**S U J E T**

ETUDE DU COMPOSTAGE  
DES ORLURES MENAGERES  
DE LA VILLE DE BLIDA

Proposé par :

MR. NAKIB

Etudié par :

T. IDDER

M. BELLALOUI

Dirigé par :

MR NAKIB

PROMOTION : JUIN 1990

## DEDICACES

*À mes parents*

*À mes frères et sœurs*

*À toute ma famille*

et *À tous les amis.*

\*\*\*\*\*

## REMERCIEMENTS

C'est un très grand plaisir pour nous de pouvoir exprimer nos remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé ne serait-ce que par la pensée à la réalisation de ce modeste travail.

Nous remercions en particulier :

Mr NAKIB, pour avoir proposé et suivi ce travail, pour ses précieux conseils et pour sa compréhension.

Melle EL.BAR, Ingénieur agronome pour avoir dirigé la partie expérimentale et pour sa compréhension et sa gentillesse.

Mr BENCHALAL, maître assistant à l'INA pour ses précieux conseils.

Mr BAYOU, Directeur de l'Unité de Compostage de Blida pour nous avoir facilité le travail au sein de l'unité.

Mr AIT HAMOU, responsable du laboratoire de pédologie de l'INRA pour nous avoir permis et aidé à réaliser nos expériences ainsi qu'à toute l'équipe du laboratoire.

Mme FARHAT de l'INRH, pour sa coopération

Mr DAOUUD, Chef de département de pédologie à l'INA pour son aide.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont bien voulu nous honorer de leur présence et accepter la critique de ce travail.



### CHAPITRE 3 INTERET du COMPOSTAGE

3.1	Intérêt du compostage pour la protection de l'environnement	17
3.2	Situation et problème de la matière organique en Algérie.	18

### CHAPITRE 4 COMPOSTAGE des ORDURES MENAGERES

4.1	Définition	23
4.1.1	Etat de maturité	23
4.1.2	Classifications granulométriques	23
4.2	Traitements mécaniques	23
4.2.1	But du traitement mécanique	23
4.2.2	Les phases du traitement mécanique	24
4.2.2.1	Réception des ordures ménagères	24
4.2.2.2	Criblage	24
4.2.2.3	Triage après fermentation	25
4.2.2.4	Triage avant broyage	25
4.2.2.5	Broyage	26
4.2.2.6	Triage après broyage	27
4.2.3	Choix d'une filière de traitement mécanique	27
4.3	La fermentation	27
4.3.1	Définition	27
4.3.2	Paramètres de la fermentation et leur évolution	28
4.3.2.1	L'humidité	28
4.3.2.2	Aération	28
4.3.2.3	Rapport C/N	28
4.3.2.4	Le PH	30
4.3.3	Les phases de la fermentation	30
4.3.3.1	Phase de latence	30
4.3.3.2	Phase mésophile	31
4.3.3.3	Phase thermophile	31
4.3.3.4	Phase de refroidissement	31

4.3.4	Méthodes pratiques du compostage	31
4.3.4.1	Fermentation naturelle à l'air libre	31
4.3.4.2	Fermentation accélérée	32
4.4.	Critères de qualité du compost	32
4.4.1	Critère agronomique	32
4.4.2	Critère économique	32
4.4.3	Critère pratique	32
4.4.4	Critère esthétique	32
4.4.5.	Critère hygiénique	32
4.5	Aspects sanitaires du compost	33
4.6	Les usines de compostage	37
4.6.1	Choix de l'emplacement	37
4.6.2	Superficie du terrain	37
4.7	Marché du compost	37
4.8	Compostage mixte (boues + composts)	39
<b>CHAPITRE 5            EVALUATION DE LA MATURETE DES COMPOSTS</b>		
5.1	Concept de la maturité	41
5.2	Moyens susceptibles d'être utilisés pour caractériser la maturité	42
5.2.1	Les effets sur les végétaux	42
5.2.2	Critères empiriques	44
5.2.3	Mesures physico-chimiques	44
5.2.3.1	La présence de l'absence des sulfures	44
5.2.3.2	Répartition de l'azote minéral en $\text{NO}_3^-$ et $\text{NH}_4^+$	44
5.2.3.3	Détermination du rapport C/N	44
5.2.3.4	Détermination de la SOR - SOD - DCO.	45
5.2.3.5	Chromatographie - circulaire	45

5.2.4	Mesures liées à la flore présente	46
5.2.4.1.	Dosage de l'ATP	46
5.2.4.2	Les dénombrements	46
5.2.5	Mesures respirométriques	47
5.2.5.1	Mesures de dégagement de Co <sub>2</sub>	47
5.2.5.2	Mesures de la consommation de l'oxygène	47
<b>CHAPITRE 6 VALORISATION</b>		
6.1	Valorisation agronomique du compost	51
6.1.1	Introduction	51
6.1.2	Principaux constituants du compost.comparaisons avec d'autres matières organiques.	51
6.1.3	Effets du compost sur le sol	52
6.1.3.1	Actions physiques	52
6.1.3.2	Actions chimiques	52
6.1.3.3	Actions biologiques	52
6.1.4	Effets de l'humus sur la physiologie des végétaux	54
6.1.5	Possibilités d'utilisation agronomique du compost	57
6.1.5.1	Culture maraîchères et horticales	57
6.1.5.2	Sylvicultures - pépinières	57
6.1.5.3	Viticulture et arbres fruitiers	58
6.1.5.4	Culture des champignons	58
6.1.5.5	Plantes à parfum et plantes aromatiques	58
6.2	Valorisation énergétique	59
6.3	Valorisation du compost en alimentation animale	59
6.3.1	Le compost comme aliment proprement dit.	59
6.3.2	Utilisation comme matière première entrant dans un aliment complet d'élevage.	60
6.4	Valorisation environnementale	60

CHAPITRE 7 PARTIE EXPERIMENTALE.

7.1	Importance des éléments dosés	63
7.1.1.	Le carbone	63
7.1.2	L'Azote	63
7.1.3	Le phosphore	63
7.1.4	Le potassium	64
7.1.5	Calcium et magnésium	64
7.1.6	Métaux lourds et oligo éléments	64
7.2	Technique d'analyse	64
7.2.1	Echantillonnage	64
7.2.2	Détermination de l'humidité	64
7.2.3	Détermination du PH et de la conductivité électrique	65
7.2.4	Détermination de la température	65
7.2.5	Dosage de l'azote total	65
7.2.6	Dosage du carbone	65
7.2.7	Dosage du phosphore total	65
7.2.8	Dosage des oligo-éléments et métaux lourds	66
7.3	Résultats et interprétations	66
7.3.1	Le PH	66
7.3.2	Humidité	66
7.3.3	Température	69
7.3.4	Conductivité électriques	72
7.3.5	Rapport C/N	72
7.3.6	Matière organique	75
7.3.7	Composition chimique	76

CHAPITRE 8 FICHE TECHNIQUE DE LA STATION DE BLIDA

8.1	Organigramme du personnel de la station	78
8.2	Equipements techniques	79
8.3	Difficultés	81
8.4	Perspectives	81
	CONCLUSION GENERALE	83
	BIBLIOGRAPHIE.	84

## INTRODUCTION

L'élevation générale du niveau de vie et le développement des pratiques de conditionnement, joints à la croissance des centres urbains entraînent la production d'une quantité croissante de déchets, produits de l'homme et de son activité. Ce problème préoccupe depuis longtemps les collectivités locales qui ont la charge de leur élimination ou de leur traitement. Les grandes quantités produites atteignent 0,7 kg d'ordures par habitant et par jour - (19) pour le cas de l'Algérie, les difficultés rencontrées pour trouver des sites convenables aux décharges publiques dues aux risques de pollution des eaux notamment, et à d'autres nuisances (altération au paysage, dégagement d'odeurs désagréables) et le contenu de ces déchets ont fait naître l'idée de recyclage.

Pour cela nous nous proposons dans ce mémoire, d'étudier l'un des modes d'élimination et de valorisation des ordures ménagères qui est en l'occurrence, le compostage. Cette étude prend en considération l'évolution des quantités d'ordures ménagères et leur impact sur l'environnement ainsi que le problème des amendements organiques des sols en Algérie.

Dans une seconde partie, nous présentons une analyse concernant l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques du compost produit par l'unité de Beni-Mered (Blida) en vue d'une appréciation de son degré de maturité.

**CHAPITRE 1**

**CARACTERISTIQUES et EVOLUTION  
des ORDURES MENAGERES**

### 1.1. Définitions théoriques et pratiques

Les services officiels responsables de la gestion des déchets de différents pays, définissent les ordures ménagères comme une réunion de résidus hétérogènes dans lesquels on trouve :

- Les débris de toute nature, générés dans les ménages tels que, les déchets de nourriture ou préparation des repas, balayures, objets ménagers d'usage courant, journaux, chiffons et autres résidus.

- Les déchets provenant des établissements industriels et commerciaux, bureaux, administrations, cours et jardins, déposés dans des récipients.

- Les crottins, fumier, feuilles mortes, bois, résidus de nettoyage et du balayage de la voirie, des jardins, parcs etc...

- Déchets de marchés, voies et lieux publics.

- Résidus des collectivités telles que les cantines, les écoles, les casernes, hospices, prisons, ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager que l'on rassemble dans des récipients appropriés.

- Les objets abandonnés sur la voie publique ainsi que les cadavres des petits animaux.

Cette étude exclue formellement :

- Les déblais, gravois, décombres et débris provenant des travaux publics et particuliers.

- Les cendres et machefers d'usines

- Les déchets anatomiques et infectieux des hôpitaux et abattoirs.

- Tous les objets qui ne peuvent être chargés dans les véhicules de collecte. (3).

Il est utile de préciser, qu'une telle définition est appréciable dans les pays caractérisés par un habitat et un niveau de vie avancés, lesquels impliquent des ressources économiques suffisantes pour la mise au point d'un système de précollecte et décollecte fonctionnant suivant des critères évolués.

Malheureusement, dans les pays en voie de développement la définition des ordures ménagères garde encore un certain caractère restrictif.

En résumé, cette définition a une valeur relative dans les pays en voie de développement, il appartient donc aux services chargés d'assurer la salubrité de l'environnement dans ces pays, d'œuvrer dans le sens à ce qu'elle corresponde autant que possible à la réalité.

## 1.2 Quantités d'ordures ménagères et leur variabilité.

D'une manière générale, les quantités d'ordure ménagères générées dans une collectivité dépendent :

- Du niveau de vie des habitants et des mœurs de la population,
- Des conditions climatiques et des variations saisonnières,
- Du mode de conditionnement des marchandises,
- Du climat : augmentation des quantités de cendres en hiver.

Pour les grandes villes d'Algérie, nous pouvons estimer que la quantité d'ordures ménagères varie entre 0,6 et 0,7 kg par habitant par jour (19)

## 1.3 Evolution quantitative.

L'évolution de la population est due à la croissance démographique naturelle (natalité moins de mortalité), mais due aussi aux phénomènes d'urbanisation.

Pour les pays maghrébins, par exemple, le taux de croissance annuel de la population urbaine varie entre 3 % et 6 % (19). Cette évolution dépend aussi du niveau de vie des populations et est aussi fonction des lieux de migration des vacanciers.

Pour illustrer cette évolution, nous présentons les valeurs concernant les déchets de la ville d'Alger.

1960.....	200 tonnes/jour
1962.....	306 tonnes/jour
1984.....	1 200 tonnes/jour (29)

#### 1.4. Evolution qualitative.

Cette évolution s'est caractérisée par :

- une diminution relative des matières végétales.
- une diminution des cendres, liée à l'emploi du fuel, gaz et électricité.
- augmentation des emballages, des papiers, cartons, métaux et des matières plastiques.

Des échantillonnages effectués sur les ordures ménagères de la ville de Blida illustrent d'une manière parfaite cette évolution. voir (tableau 1).

TABLEAU 1 : Evolution des composantes des ordures ménagères de la ville de Blida

Source : Station de Beni Mered.

Matières	1978	1988
Matière organique	65 %	50 %
Plastique	9 %	20 %
Métaux	3 %	8 %
Textile	2 %	6 %
Papier, carton	8 %	12 %
Verre	1 %	3 %
Autres	12 %	1 %

#### 1.5 Caractéristiques physico-chimiques des ordures ménagères.

Pour ce paragraphe, nous nous limiterons à évoquer les analyses physico-chimiques effectuées sur les ordures ménagères de la ville de Blida voir (tableau 2).

Remarque : Les ordures ménagères de la municipalité de Blida, riches en matières organiques et en eau, se prêtent mieux à la valorisation agricole, qu'à une réutilisation comme combustible. (incinération).

Echantillon,	PH	Teneur en eau %	Matière sèche %	Matière volatile %	Cendres %	Carbone %	Azote %	C/N	Phos %	Potass %	C.E (...)
Secteur 1	5,9	59,5	40,5	86,8	23,2	38,3	-	-	0,3	1,0	6293
" 2	6,7	59,5	40,1	-	-	-	-	-	-	-	-
" 5	6,6	61,0	39,0	74,3	25,7	37,5	0,7	54	0,3	0,9	6020
" 9	6,3	67,0	33,0	83,5	16,5	41,0	1,0	41	0,2	0,9	5760
" 10	7,3	58,5	41,5	75,6	24,4	38,5	-	-	0,2	0,7	4432
" 11	6,2	65,9	34,1	71,3	28,7	40,9	-	-	0,2	1,0	6910
Moyenne Blida	6,5	62 $\pm$ 3,6	38,0 $\pm$ 3,6	78,3 $\pm$ 6,5	21,7 $\pm$ 6,5	39,4 $\pm$ 1,5	0,8 $\pm$ 0,1	49	0,3 $\pm$ 0,5	0,9 $\pm$ 0,1	5883 $\pm$ 379

Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques des ordures ménagères de la ville de Blida.

Source : (Document I G E - Lausanne, Suisse) (19)

## 1.6 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 ville ou de l'agglomération,
- conditions économiques,
- possibilités industriels,
- possibilités agricoles,
- conditions géologiques,
- rapidité des progrès techniques,
- moyens de transport,
- salaire des ouvriers,
- possibilités d'obtenir de la main-d'œuvre (1)

## **CHAPITRE 2**

### **COLLECTE des ORDURES MENAGERES**

## 2.1. Définition.

La mise en place d'un service de collecte des ordures ménagères est fonction des besoins à satisfaire et des divers impératifs à observer.

Les données de base sont :

- La population à desservir et les quantités de déchets produits.
- Le caractère urbain, rural ou semi-rural de la localité à desservir,
- La concentration de la population,
- Les voies à desservir (29)

## 2.2. Facteurs influençant l'organisation de la collecte.

### 2.2.1. Fréquence de la collecte.

La collecte quotidienne a été longtemps considérée comme constituant le service le plus perfectionné, du fait que les habitants sont débarrassés chaque jour de leurs déchets. On a pensé, à augmenter la capacité de stockage (augmenter le volume des récipients) pour diminuer la fréquence à 2 ou 3 fois par semaine, ou diminuer la longueur du trajet.

### 2.2.2. Horaires de la collecte.

La collecte réalisée de nuit, est facilitée par la faible circulation, mais contrariée sur le plan pratique par le bruit qu'elle provoque inévitablement. Mais la meilleure période reste le début de la matinée.

### 2.2.3. Détermination des circuits de collecte.

Il s'agit de déterminer un trajet possible à l'intérieur de chaque secteur, le trajet devant être le plus court possible, tout en respectant les contraintes d'horaire et de coût.

### 2.2.4. Les variations saisonnières.

Une différence considérable entre la quantité d'ordure collectée en hiver et en été. D'où nécessité de prendre les mesures adéquates pour chaque saison lors de la collecte.

### 2.2.5. Matériel utilisé.

Le choix du matériel de collecte doit répondre à des critères qualitatifs et quantitatifs, tenant compte des particularités de la ville à desservir (rue, immeuble, etc...) définies au préalable par une étude.

### 2.2.6. Efficacité et organisation du service.

L'organisation du service de collecte, s'exercera dans le cadre d'un organigramme déterminé suivant l'importance de la population à servir.

### 2.2.7. Nombre de tournées.

On fixera le nombre de tournées en considérant la quantité de déchets à desservir, et le nombre de véhicules disponibles pour la localité.

## 2.3. Différents modes de collecte.

2.3.1 Collecte ordinaire : Le déversement des récipients se fait directement dans les bennes. C'est le mode le plus simple. Mais on ne peut éviter les poussières et un répandage accidentel de débris sur la voie publique.

2.3.2 Collecte hermétique : Pour éviter au vidage dans le véhicule de collecte, l'envol des poussières et des cendres, les récipients sont munis de couvercles avec charnières et sont vidés à travers des ouvertures spéciales sur le véhicule de collecte. Au point de vue du coût de la collecte hermétique par rapport à la collecte ouverte (ordinaire), on observe que les dépenses d'équipement sont un peu plus élevées.

2.3.3 Collecte en sacs perdus : Les sacs perdus sont un mode de conditionnement très apprécié tant par les usagers que par les éboueurs. Mais il est vrai que le coût annuel des sacs est plus élevé que celui des poubelles.

2.3.4. Collecte par conteneurs : Les conteneurs sont utilisés dans les immeubles importants dotés de vide ordures et sont utilisés pour l'enlèvement des ordures ménagères des quartiers mal urbanisés des vieilles villes.

2.3.5 Collecte par bacs roulants : Ce procédé utilise des récipients normalisés munis d'un couvercle et montés sur roulettes, que l'on manœuvre à l'aide d'un système de levée et de basculement (de plus en plus généralisé dans les grandes villes à PNB élevé)

2.3.6 Collecte pneumatique : Les colonnes de vide-ordures classiques des immeubles sont reliées à une conduite de grand diamètre dans laquelle on crée un fort courant d'air à partir d'un groupe de turbines aspirantes, permettant ainsi le transport des ordures ménagères jusqu'à un silo central de stockage. Elles sont ensuite compactées dans un conteneur de grande capacité pour être évacuées jusqu'à l'usine de traitement ou à la décharge.

Le principal inconvénient de ce système est que son coût est très élevé.

2.3.7 Collecte automatique : Ce mode de collecte, comme le précédent vise à supprimer le ramassage porte à porte par camion.

Un conteneur automoteur circule dans une gaine constituant un circuit et assure sans intervention manuelle la collecte de diverses colonnes de vide-ordures réparties dans plusieurs immeubles. En fin de circuit le conteneur se vide dans un caisson à compression enlevé périodiquement pour être dirigé vers l'usine de traitement. Chaque conduit de vide-ordures comporte à sa base un poste distributeur qui a pour objet de stocker temporairement les déchets et de les vider dans le conteneur suivant une programmation électronique préétablie mais modifiable selon les besoins.

2.3.8 Collecte sélective : La collecte sélective des ordures ménagères est liée à la récupération des matériaux utilisables pouvant être retirés des déchets. Elle facilite l'utilisation agricole des ordures dans le cas de traitement industriel par fermentation (compostage) en séparant les éléments non fermentiscibles, gênants ou nuisibles. On distingue deux sélections : une sélection au stade de précollecte, et une autre au stade de la collecte. L'inconvénient de la collecte sélective est sa complication, qui fait peser sur la population intéressée l'obligation d'avoir plusieurs récipients tenant plus de place et la contrainte de stocker.

2.3.9 Collecte des objets monstres : Certains objets dans les ordures ménagères, vu leurs dimensions, leurs poids ou leur nature ne peuvent être chargés dans les camions de collecte. Donc des ramassages périodiques sont effectués indépendamment de la collecte des ordures ménagères. Très souvent ces enlèvements sont assurés sur demande et les parcours sont établis en conséquence.

## **CHAPITRE 3**

### **INTERET du COMPOSTAGE**

### 3.1 Intérêt du compostage pour la protection de l'environnement.

Le problème de la collecte et de l'élimination des déchets urbains composés d'ordures ménagères, de balayures, de déchets de meubles est devenu au cours des dernières années une des préoccupations essentielles de l'hygiène publique.

Les quantités d'ordures urbaines collectées sont en constante prolifération et leur élimination est devenue de plus en plus problématique. Selon l'OMS (1973) l'évolution de la population globale qui vit dans les centres urbains est la suivante :

1950 :	30 % de la population totale
1985 :	40 % de la population totale
2000 :	60 % de la population totale

En Algérie le ministère de la planification et de l'aménagement du territoire estime qu'en 1990 cinq villes (Alger, Oran, Blida, Annaba, Constantine) regrouperaient à elles seules 55 % à 60 % de la population urbaine du pays et 30 % de la population totale.

En l'an 2000, 70 % de la population occuperait moins de 1 % du territoire national.

D'autre part, la quantité d'ordures produite par habitant est très variable d'une région à une autre (7)

Pour montrer l'importance du problème, nous citons à titre d'exemple qu'aux USA, 250 millions de tonnes ont été produites en 1969 (25), et 11 millions de tonnes en France en 1972 (16).

Pour ce qui est du cas de l'Algérie on estime que la quantité totale est de l'ordre de 9000 tonnes par jour dont 5000 tonnes en milieu urbain, ce qui représente approximativement, 2 millions de tonnes par an et un volume variant entre 5 et 6 millions de m<sup>3</sup> par an (13). Cette situation exige un choix minutieux du mode d'élimination de ces déchets.

On peut en distinguer principalement trois modes. Les décharges contrôlées, l'incinération et le compostage. En Algérie la pratique la plus utilisée est celle des décharges contrôlées, vient ensuite le compostage, qui est réalisable pour une partie des déchets biodégradables.

### 3.2 Situation et problème de la matière organique en Algérie

Sous les conditions méditerranéennes la matière organique subit un processus de minéralisation très actif du fait des conditions écologiques, de plus le caractère irrégulier des pluies provoque dans ces régions une érosion hydrique. De ce fait, les sols sous climat méditerranéen en particulier les sols algériens présentent une faible teneur en matière organique.

Avant de développer cet aspect, définissons tout d'abord ce que c'est la matière organique.

La matière organique désigne l'ensemble des composés organiques susceptibles d'être incorporés au sol en vue d'en améliorer la fertilité (DALS, 1977) (7).

Il existe principalement deux modes d'action prédominants selon (WHITEHEAD 1963) (7).

- L'apport d'éléments nutritifs, libérés par la matière organique elle-même au cours de son évolution.
- L'amélioration des conditions physiques du sol.

viennent ensuite, les effets complémentaires, d'importances relatives très variables et classés par cet auteur en trois groupes.

- Action sur la mobilité des éléments minéraux ayant une autre origine que la matière organique elle-même
- Action directe de composés organiques actifs sur le développement de la croissance végétale.
- Intervention sur le développement de certains parasites végétaux.

Cette matière organique n'est pas figée, elle évolue dans le temps et se présente sous différentes formes. Des produits organiques libres provenant de la division mécanique des résidus végétaux. C'est la partie la plus grossière reconnaissable facilement par une observation directe et joue le rôle d'hétérogénéisation du milieu.

- Des produits de transformation plus simples, résultat de l'activité microbienne. Ce sont les précurseurs de l'humus qui ont un rôle considérable dans le maintien de la stabilité structurale des sols.
- De l'humus stabilisé par des composés organiques très résistants lié à la fraction minérale du sol.

Cet humus est responsable de la plupart des propriétés de la matière organique.

HAMADI (1971) donne un coefficient d'évolution de l'humus en conditions méditerranéennes allant de 0,008 à 0,012 (...). C'est à dire qu'en moyenne 0,8 à 1,2 % d'humus présent dans le sol se détruit annuellement (27).

Ces pertes sont dues essentiellement aux facteurs suivants :

1/ Aptitude du sol à minéraliser, décrite par le coefficient de minéralisation K<sub>2</sub>, variable selon la nature des sols.

**TABLEAU 3 :** Variation du coefficient de minéralisation en fonction de la nature des sols  
Source REMY et Martin LAFLECHE 1976 (7).

Nature du sol	Coefficient (K <sub>2</sub> )
Sabloneux neutre	0,020
Sabloneux acide	0,010
Sabloneux calcaire	0,017
Limon moyen	0,016
Limon argileux	0,013
Limon calcaire	0,009
Argile	0,010
Argile calcaire	0,007

« D'après ce tableau, nous remarquons que les sols sabloneux sont les plus exposés à la minéralisation, or justement en Algérie la majorité des sols maraichers sont de nature sabloneux plus ou moins enrichis en limon. »

2/ Le travail du sol (Labours, desherbage...) accélère la destruction de la matière organique.

En Algérie les travaux du sol sont très fréquents d'où une minéralisation plus rapide de l'humus.

3/ Les conditions climatiques : Le climat méditerranéen favorise la minéralisation des sols par l'action combinée de la pression et de la température.

Ce déficit de matière organique a été compensé dans un premier temps par les restitutions provenant d'une part des résidus de récoltes et d'autre part d'enfouissement de la matière organique d'origines variées (engrais verts, fumier de ferme etc...)

Concernant le fumier de ferme, le tableau 4, nous montre que dans les régions d'Alger, Blida, Médéa, Djelfa, Chelef, Tizi-Ouzou et Batna. Le déficit est assez important (inférieur à l'unité). Or pour la fertilisation organique des cultures maraichères, on considère qu'il faut utiliser 30 à 40 tonnes/ha/an de fumier de ferme.

Selon Herman (7), (une unité de gros bétail) UGB est en mesure de fournir 10 tonnes de fumier par an, en prenant cette valeur comme référence, et en comparant l'élevage aux superficies maraichères. Nous remarquons qu'elle reste insuffisante et révèle un déficit chronique (voir tableau 5).

Devant cette situation, la recherche d'autres ressources de matière organique devient une nécessité.

Il existe des sous produits des industries agro-alimentaires et des déchets urbains qui peuvent être valorisés comme amendement organique en agriculture, mais l'utilisation de ces produits notamment en agriculture n'est pas toujours sans danger (la phytotoxicité, germes, pollution des sols qui rendent leur utilisation un peu difficile).

**TABLEAU 4 : Evolution du cheptel bovin et des cultures herbacées dans la région d'Alger.**

Année	Superficie des cultures (ha)	Cheptel (bovin) Nombre total	Nombre de tête/ha
1967	550 970	232 000	0,42
1968	656 110	241 650	0,37
1969	791 960	249 970	0,32
1970	775 240	254 430	0,33
1971	648 700	270 590	0,42
1972	732 980	252 990	0,34
1973	911 230	253 480	0,28
1974	817 610	264 320	0,32
1975	702 310	283 560	0,40
1976	680 190	281 360	0,41
1977	529 900	316 000	0,60
1978	526 020	314 290	0,60
1979	580 870	440 190	0,76

**Source :** Statistique agricole série B (min. Agri. Revol. Agrai) (7)

Année	Quantité de fumier produit	
	Tonnes/an	Tonnes/an/ha de cultures maraichères
* 1967	3 845 000	176,0
* 1968	4 100 320	172,0
* 1969	4 223 858	176,7
* 1970	4 287 570	178,5
* 1971	4 504 060	175,2
** 1972	432 139	25,6
** 1973	480 734	29,5
** 1974	559 216	31,6
*** 1975	254 943	28,6
*** 1976	223 102	27,3
*** 1977	275 672	28,6
*** 1978	262 291	30,0
*** 1979	276 929	33,0

\*concernant les wilayate d'Alger, Médéa, Echelef, Tizi-Ouzou, Blida, Bouira.

\*\* " " d'Alger, Blida.

\*\*\* " la wilaya d'Alger.

Tableau n° 5 : Quantité de fumier produite en comparaison avec les superficies des cultures maraichères de la région d'Alger. (7)

**CHAPITRE 4**  
**COMPOSTAGE des ORDURES**  
**MENAGERES**

## 4.1 Définition.

Le compostage est un processus biologique concernant les matériaux organiques, qui se traduit par une décomposition thermophile aérobie de déchets organiques par des populations mélangées de microorganismes indigènes sous conditions contrôlées conduisant à un résidu organique partiellement stabilisé, qui se décompose lentement quand les conditions redeviennent favorables (14). Ce résidu est appelé compost.

Le compost se présente sous différentes formes.

### 4.1.1. Etat de maturité.

- Compost urbain frais, ayant seulement subi la fermentation de quatre jours au minimum.
- Compost urbain demi mûrs, ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation incomplète.
- Compost urbain mûr, compost ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation complète.

### 4.1.2. Classifications granulométriques.

Il y a quatre types de composts urbains classés en fonction de leur granulométrie :

- Compost urbain très fin: 99 % du compost passant à la maille carrée de 6,3 mm ;
- Compost urbain fin : 99 % du compost passant à la maille carrée de 12,5 mm ;
- Compost urbain moyen : 99 % du compost passant à la maille carrée de 25 mm ;
- Compost urbain grossier : 66 % du compost passant à la maille carrée de 40 mm.

## 4.2 Traitements mécaniques.

### 4.2.1. But du traitement mécanique.

Les ordures ménagères étant essentiellement hétérogènes, une préparation mécanique est nécessaire pour :

- Séparer certains produits par séparation magnétiques, criblage, effet balistique de triage manuel.

- Homogénéiser la masse d'ordures à traiter.

- Réduire la granulométrie pour permettre une fermentation aérobie plus rapide (diminution de la granulométrie fait augmenter la surface de contact).

Donc c'est homogénéiser cette masse d'ordures, et lui donner un aspect attrayant pour l'utilisateur.

#### 4.2.2. Les phases du traitement mécanique.

##### 4.2.2.1 La réception des ordures ménagères.

\* Pont bascule : Permet le pesage des véhicules de collecte qui déchargent les déchets, et ceux transportant le compost, les ferrailles, les plastiques et l'ensemble des produits de récupération vendus. La force du pont bascule doit être de 20 à 40 tonnes (3).

\* Fosse de réception : Son volume représente 1,5 à 2 fois la capacité journalière maximale de la collecte. La forme de fosse doit être étudiée avec soin pour éviter les voûtes que forment fréquemment les ordures brutes. Pour cela la majorité des parois sont verticales sauf une qui est inclinée, avec une pente de 60° à 70° (12).

Cette fosse incluse dans un bâtiment ou entourée de murs de protection est souvent mise en dépression, évitant ainsi la dispersion des poussières et des éléments légers lors du déchargement.

\* Extraction de la fosse : Pour les petites capacités (fosse inférieures à 150 m<sup>3</sup>), un extrateur à lames mécaniques, situé au fond de la fosse, récupère les ordures.

##### 4.2.2.2. Criblage.

Le criblage des produits broyés peut être effectué avant ou après fermentation. Le premier type de criblage entraîne une forte quantité de refus avec le papier, par contre ces papiers sont réduits par fermentation et ne sont donc pas rejetés si le criblage est effectué après fermentation.

Avec le même tamis, on peut dire que le pourcentage de refus avant fermentation est le double du pourcentage de refus après la fermentation. Avec une maille de 30mm, ces pourcentages sont respectivement d'environ 30 et 15% (12).

#### 4.2.2.3 Triage après fermentation.

Le compost après fermentation subira les opérations mécaniques d'affinage. Ces opérations permettent d'éliminer les produits inertes qui ont persisté aux premières opérations de triage plusieurs techniques sont utilisées.

##### \* Triage par effet balistique.

Il permet d'éliminer les particules de verre, de porcelaine etc..., il doit être fait à la fin de traitement pour avoir une meilleure efficacité. Quel que soit le dispositif balistique adopté, le pourcentage de produits ainsi séparés reste faible 1% à 2% du tonnage d'ordure brutes entrées dans l'usine (3).

- Le crible vibrant
- Le tri pneumatique (soufflerie ou aspiration) pour les plastiques.

Les encombrements (cageots, caisses, cartons...), aidé par une herse qui déchiquette le tout.

Pour les moyennes et grosses capacités, un grappin ou une benne preneuse, associée à une pelle hydraulique (du style pelleteuse) ou à un pont roulant (grosse capacité) extrait les ordures de la fosse.

\* Convoyeurs : Les convoyeurs à bande servent à transporter les produits de la fosse de réception au broyeur, du broyeur à la tour de fermentation, de la tour de fermentation au crible, etc...

#### 4.2.2.4 Triage avant broyage.

Les ordures ménagères subissent un premier triage, manuel ou mécanique dans le but d'écarter les éléments indésirables, et récupérer les éléments ayant une valeur marchande suffisante.

\* Les éléments indésirables : représentés par les objets "monstres" qui peuvent provoquer des bourrages, par les objets dangereux tels que les engins de guerre ou bouteilles de gaz, et par les objets compacts pouvant provoquer des usures ou des détériorations de l'installation de broyage.

\* Les objets récupérables : représentés par

- les ferrailles : les feuilles sont récupérées par des tambours magnétiques ou des bandes transporteuses équipés d'électro-aimants. La quantité récupérée est comprimée à la presse hydraulique.

- Les cartons : récupérés à la mains.

- Les Métaux non ferreux : on peut les séparer grâce à un électro-aimant qui déclenche une sonnerie au passage de l'objet, et l'ouvrier les retire.

- Les matières plastiques : nuisant à la qualité du compost, sont économiquement intéressantes à récupérer. Avant le broyage, la séparation manuelle, porte sur les gros éléments.

- Le verre : indésirable et abrasif pour les installations, récupéré par : tri par flottation, ou paramagnétique à haute densité ou optico-électronique.

#### 4.2.2.5. Broyage.

Le broyage est le terme qui désigne, dans le compostage, une opération de réduction de la taille moyenne des particules. Ce traitement mécanique agit par la mise en jeu de forces de tension, de compression, de choc et de coupures (21).

Le broyage permet d'obtenir un déchet brut plus manipulable et plus aisément transportable, et il améliore la granulométrie. ou que celle-ci en diminuant fait augmenter la surface de contact avec les microorganismes, donc augmente la vitesse de fermentation.

La granulométrie recherchée dépend :

- du nombre et de la disposition des marteaux,
- de la vitesse de rotation,
- de la vitesse tangentielle,
- de la grille de tamisage.

Les systèmes de fragmentation des ordures ménagères les plus courants sont les broyeurs à marteaux.

Pour faciliter l'exploitation, la durée théorique du broyage doit être de 5 heures par jour. On peut donc calculer le nombre de broyeurs, connaissant le débit horaire et la quantité journalière d'ordures ménagères reçue. Les broyeurs exigent une maintenance de qualité pour certaines pièces.

#### 4.2.2.6 Triage après broyage.

Le but du triage après broyage est d'améliorer la granulométrie, par l'élimination de certains produits indésirables pour la fermentation tel que les plastiques, cuir, caoutchouc etc...

Il s'agit soit de produits légers que l'on peut séparer par criblage, soit de produits denses que l'on peut séparer par balistiquage.

#### 4.2.3. Choix d'une filière de traitement mécanique.

Le choix d'une filière de traitement est basé sur l'efficacité de l'installation proposée. Cette dernière sera jugée non pas sur le rendement final en compost mais sur le taux de récupération de la fraction organique des ordures brutes dans le produit final et sur la qualité des produits issus du traitement, le compost et les refus.

Les systèmes de tri mettant en œuvre des traitements mécaniques tels que le broyage, criblage... ne permettent pas de faire une séparation optimale entre la fraction organique et les autres éléments. Seule la phase de compostage par son processus de fonctionnement, effectue une action sélective entre les éléments fermentescibles et les inertes. C'est donc son efficacité qui déterminera l'efficacité de la séparation entre ces deux fractions.

Les résidus du tri.

L'opération de triage est une valorisation des produits indésirables. Les techniques du tri devenant de plus en plus précises, et également économiques. Le total des refus de compostage est de 25-40 % de l'ensemble des ordures traitées (3).

On classe ces refus en trois catégories.

- Les produits récupérables : métaux, papiers cartons, verre et plastique.
- Les produits combustibles : papiers secs, plastiques...
- Les produits à mettre en décharge : encombrants et produit denses.

### 4.3. La fermentation.

#### 4.3.1 Définition.

La fermentation aérobie a essentiellement 3 buts.

1/ Donner au compost un aspect physique convenable en éliminant tous les objets inertes (verres, plastiques etc...).

2/ Détruire les éléments biologiques indésirables pouvant être contenus dans les ordures ménagères ou les produits qui leur sont mélangés: organismes pathogènes et parasites pour l'homme, les animaux et les végétaux.

3/ Biodégrader les matières facilement fermentescibles pour obtenir un compost bien «mur» qui apportera au sol une matière organique stable, évoluant lentement sans causer d'effets dépressifs sur les cultures.

#### 4.3.2 Paramètres de la fermentation et leur évolution.

Afin d'éviter une fermentation anaérobie génératrice de mauvaises odeurs et de parvenir à une destruction totale des germes pathogènes et à une transformation suffisamment avancée de la matière organique, il va falloir maîtriser les différents facteurs ayant une influence sur le déroulement de la fermentation.

Ces facteurs sont :

##### 4.3.2.1. L'humidité.

L'humidité optimale des ordures ménagères pour le compostage étant de 45 % à 55 % (23) si l'humidité est trop faible, les micro-organismes ne trouvent pas assez d'eau et leur métabolisme ainsi que leur multiplication se ralentissent. Si l'humidité est trop élevée, il faut augmenter l'aération pour éviter l'apparition de conditions anaérobies.

Durant le compostage, l'eau est produite par les micro-organismes et se perd par évaporation dans l'air.

##### 4.3.2.2. Aération.

La teneur en oxygène doit être identique dans toutes les couches du compost et ne pas descendre au-dessous de 10 % (23).

##### 4.3.2.3 Rapport carbone/azote.

Les ordures ménagères quelque soit leur provenance sont beaucoup plus riches en carbone qu'en azote. Durant la fermentation, 2/3 du carbone consommé est oxydé sous forme de  $CO_2$ , l'autre tiers entrant dans la composition des tissus cellulaires, c'est pourquoi en fin de fermentation, le rapport C/N aura largement diminué. Voir tableau (6). Dans les ordures fraîches la valeur la plus favorable de C/N est comprise entre 25 et 35.

Tableau n°6  
Analyse de composts à différents stades de fermentation  
(Valeurs moyennes, en % de la matière sèche)

(Station Agronomique de Seine et Marne, in A.G.H.T.M., 1975) (3)

	Age des compost						
	Ordures ménagères	de 0 à 10 jours	de 10j. à 1 mois	de 1 mois à 6 mois	de 6 mois à un an	Supérieur à un an	
Matières organiques totales	47,9	41,6	40,3	38,8	31,5	29,8	29
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 C/N	23,2	20,6	20,3	16,3	13,4	11,9	

En fin de fermentation la valeur de C/N ne sera jamais supérieure à 20 (17).

Si la teneur en azote est faible, les micro-organismes doivent recycler l'azote à travers de nombreuses générations pour utiliser le carbone d'où lenteur du processus: (C/N) élevé, supérieur à 35). Si ce rapport est inférieur à 30, l'excès est alors éliminé sous forme d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) (14).

#### 4.3.24 Le PH.

Le PH des ordures en cours du compostage légèrement acide au départ (5,5 à 7), s'abaisse aux alentours de 5 dans les deux ou trois premiers jours du compostage et commence ensuite à remonter jusqu'à devenir légèrement alcalin (7,5 à 8,5) voir figure (1).

Des expériences effectuées sur les composts de trois communes d'Alger à savoir Alger, Kouba et Hussein-Dey montrent bien cette évolution du PH pendant le compostage (voir tableau 7).

TABLEAU n° 7 : Evolution du PH au cours du compostage 1980 (27)

Jours	Kouba	Alger	Hussein-Dey
0	5,3	5,2	6,0
2	6,3	6,4	6,1
6	7,7	7,5	8,0
7	retournement		
13	7,8	7,85	7,8
16 et retournement	7,5	4,7	7,65
19	7,2	6,90	7,4
21	7,7	7,5	6,9
28	7,9	7,8	8,4
33	7,85	8,0	7,7

#### 4.3.3. Les phases de la fermentation. (voir figure 2)

Schématiquement le compostage aérobie comprend quatre phases de durées variables suivant la technique mise en œuvre. Les phases sont :

##### 4.3.3.1 Phase de latence.

Elles correspondent au temps nécessaire à la colonisation du milieu par les micro-organismes (+ / - 1 jour)

#### 4.3.3.2 Phase mésophile.

La température est portée progressivement à 45° C, par suite de l'activité et de la croissance des micro-organismes mésophiles aérobies et de la dégradation des matières organiques (oxydation biologique).

#### 4.3.3.3. Phase thermophile.

Au fur et à mesure que la température augmente, les thermophiles remplacent les mésophiles leur activité porte la température à 60° à 70°C.

#### 4.3.3.4 Phase de refroidissement.

A partir de 70° à 75°C seules les enzymes secrétées dans les phases précédentes concourent encore à la dégradation. Le processus n'est pas performant, les réactions se ralentissent, d'où une baisse de la température, à ce stade une partie de la matière organique a été consommée.

Après la phase de refroidissement la température se stabilise : c'est la maturité qui s'amorce, sa durée est en partie liée à l'utilisation finale du produit composté.

C'est principalement au cours de cette phase que l'humification du produit s'opère. Elle se poursuivra après l'épanchage également.

### 4.3.4 Méthodes pratiques du compostage.

#### 4.3.4.1 Fermentation naturelle à l'air libre.

Les ordures fraîches broyées sont disposées en tas sur une aire réservée à cet effet.

Pour fournir l'oxygène nécessaire, on retourne le tas selon le rythme suivant : premier retournement au bout de 3 à 10 jours, deuxième retournement entre 10 et 20 jours, troisième retournement entre 1 mois et demi et 2 mois et demi.

Forme des cas : ce sont des bandes continues à section triangulaire de dimensions : largeur à la base de 4 à 5 mètres hauteur de 2 mètres, la longueur peut dépasser 100m.

#### 4.3.4.2 Fermentation accélérée.

Elle se déroule en enceinte close, maîtrisant les facteurs extérieurs du milieu, réduisant le cycle de décomposition, accélérant la phase aérobie de celle-ci et aboutissant dans cette première étape à une auto stérilisation du produit.

La maîtrise de la fermentation est assurée par trois moyens principaux : l'eau, l'air et le brassage mécanique.

#### 4.4. Critères de qualité du compost.

Généralement, on jugera la qualité d'un compost en fonction des critères suivants :

##### 4.4.1 Critère agronomique.

Contenu suffisant en matière organique et en éléments fertilisants.  
Absence de phyto toxicité de quelque origine que ce soit.

##### 4.4.2 Critère économique.

Faible taux d'humidité et de particules inertes pour ne pas augmenter initialement le coût du transport et de l'épandage.

##### 4.4.3 Critère pratique.

Absence d'éléments grossiers qui peuvent gêner l'emploi du matériel agricole et surtout d'éléments piquants ou tranchants dangereux pour le bétail et l'homme.

##### 4.4.4. Critère esthétique.

Absence de particules d'ordures identifiables visuellement qui «salissent la terre».

##### 4.4.5 Critère hygiénique.

Absence d'organismes pathogènes ou parasitose des plantes, des animaux et de l'homme.

Absence des semences végétales viables, absence d'éléments ou de substances chimiques pouvant contaminer la chaîne alimentaire.

#### 4.5 Aspects sanitaires du compost.

Etant donné d'une part le niveau de persistance des températures élevées à l'intérieur des tas de compost et, d'autre part, les phénomènes d'antibiose qui caractérisent les flores mixtes de microorganismes, on est fondé à penser qu'aucun germe pathogène, parasite ou œuf de parasite, ne peut survivre au compostage en aérobiose (voir tableau 8) Toutefois la destruction des pathogènes au cours de la fermentation serait d'autant plus difficile que le matériau a été déchiqueté en petits morceaux et enrichi en composants colloïdaux par l'addition de boues par exemple.

Il est donc important de contrôler que des températures élevées ont bien été atteintes et qu'elles ont intéressées la totalité de la masse.

Dans le cas de la fermentation sur air, les retournements sont nécessaires pour respecter cette deuxième condition.

**TABLEAU N°8 : Température et temps d'explosion nécessaires à la destruction de certains agents pathogènes et parasites courants.**

Organisme	Remarques
Salmonella typhosa	Aucun développement au-dessus de 46°C, mort en 30 mn à 55 - 60°C en 20 mn à 60°C détruite rapidement dans le compost
Salmonella Sp	Mort en 1 heure à 55°C et en 15 à 20mn à 60°C
Shigella Sp	Mort en 1 heure à 55°C
Escherichia coli	pour la plupart mort en 1 heure à 55°C et en 15 à 20mn à 60°C.
Entamoeba histolytica (kystes)	Mort en quelques minutes à 45°C et en quelques secondes à 55°C.
Taenia Saginata	Mort en quelques minutes à 55°C
Trichinella Spiralis (larves)	Tuées rapidement à 55°C, instantanément à 60°C
Brucella Abortus ou Br, suis.	Mort en 3mn à 62 - 63°C, et en 1 heure à 55°C.
Micrococcus pyogenes var, aurus	Mort en 10 mn à 50°C
Mycobacterium tuberculosis Var Hominis	Mort en 15 à 20 mn à 66°C ou en quelques instants à 67°C
Corynebacterium diphtheriae	Mort en 45mn à 55°C
Nécator americanus	Mort en 50mn à 45°C
Ascaris lumbricoides (œuf)	Mort en moins d'une heure aux températures dépassant 50°C

GOTAAS (1959) (20)

fig:01 - Evolution Caractéristique du pH au cours du compostage sur air (BREIDEBACH 1971) (23)

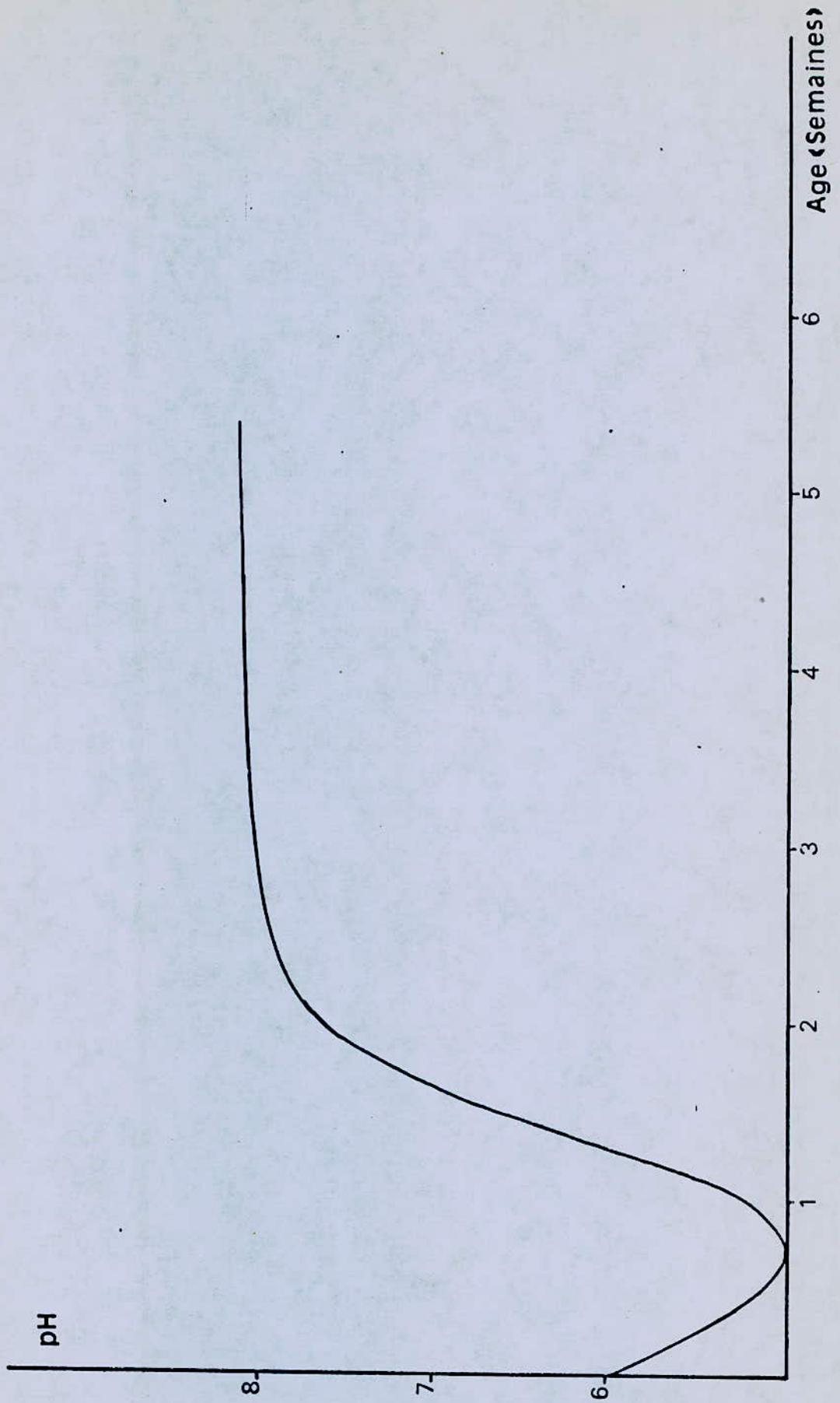
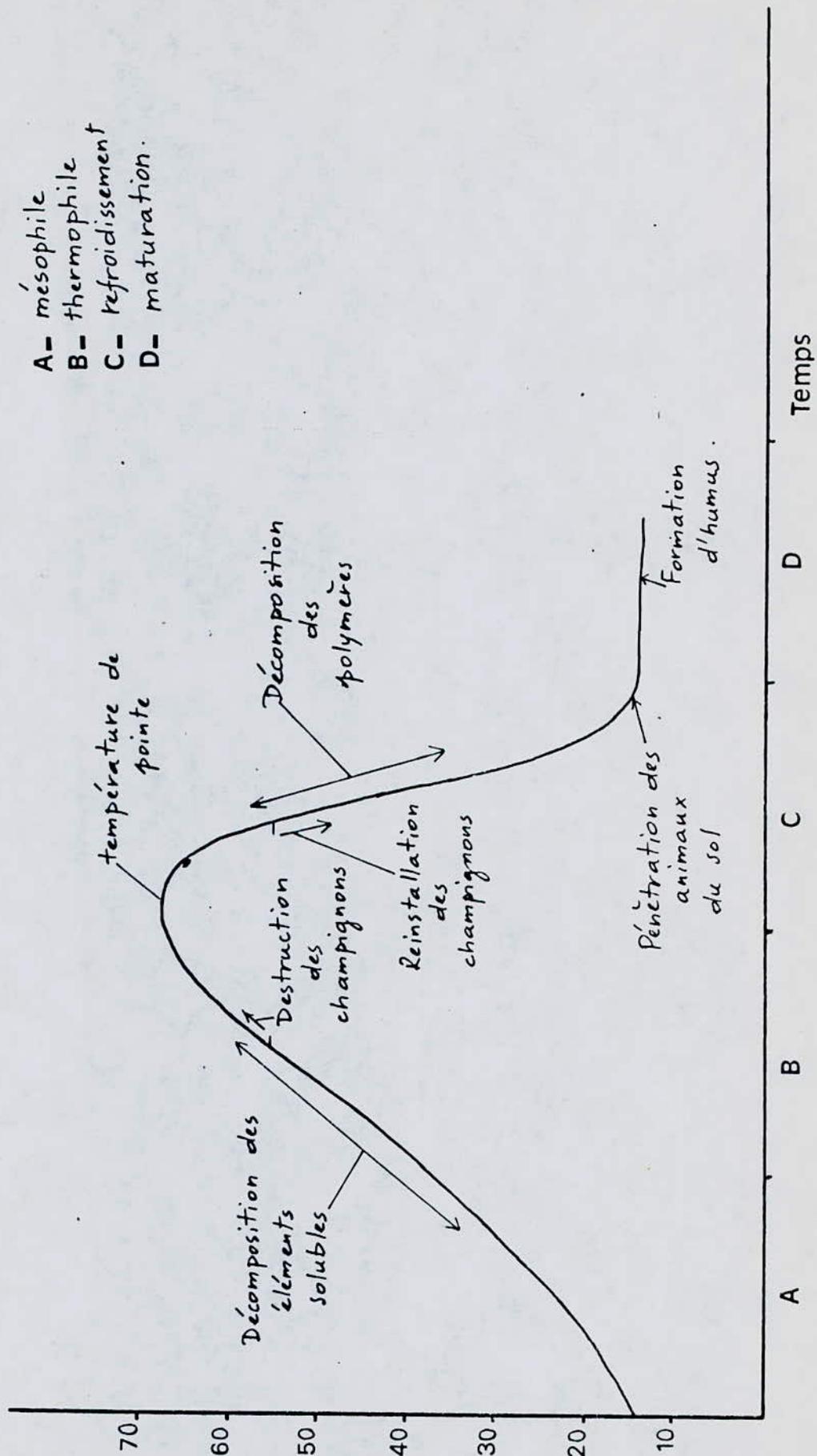


fig:02 - Variation de la température dans un tas de compost (15)

Température (°C)



## 4.6 Les usines de compostage

### 4.6.1 Choix de l'emplacement.

Le choix de l'emplacement d'une usine de compostage sera traité suivant chaque cas particulier et en fonction des considérations locales :

Le choix du site doit tenir compte des considérations suivantes :

- réalisation d'une étude hydro-géologique pour éviter la contamination des nappes d'eau,
- la distance de la ville pour optimiser le coût d'exploitation et le coût de ramassage et transport.
- choisir un terrain accessible par les bennes de collecte
- implanter en fonction des vents dominants
- tenir compte des lieux d'utilisation du compost
- implanter en fonction des lois du pays (proximité des habitations).

Les usines de compostage doivent observer quelques règles de bases pour assurer la salubrité de l'environnement.

- éviter toute fermentation anaérobie génératrice de mauvaises odeurs
- Maintenir la propreté quotidienne de l'usine.

### 4.6.2 Superficie du terrain.

Théoriquement la superficie des terrains nécessaires à l'exploitation est plus importante lorsque la méthode du compostage en tas est utilisée.

En fait la surface nécessaire est essentiellement fonction des nécessités de stockage, puisque généralement, il faut stocker en tas, les produits de la fermentation en attendant les périodes d'utilisation. on peut retenir qu'en moyenne une surface de 1,5 hectares à 2 hectares est nécessaire pour composter des ordures produites par une population de 150 000 à 200 000 habitants (6) soit 100 m<sup>2</sup> pour 1000 habitants.

## 4.7 Marché 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.

Le compost étant très volumineux, il devrait être utilisé dans un rayon raisonnable autour de l'usine, pour minimiser les coûts du transport.

Souvent, la construction d'une usine de compostage est décidée sans une étude de marché particulière. on se base en général 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,

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 (ce n'est pas le cas pour le compost de Blida).

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 :

\* Produits à fabriquer :

Granulométrie, teneur en eau, enrichissement en engrais minéraux.

- \* Prix acceptables
- \* type de conditionnement
- \* 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 présenter le compost comme une somme de caractéristiques ou en faisant une comparaison compost/fumier. Préalablement il faudrait :

- Délimiter la «cible» qu'on se propose d'atteindre, autrement dit les clients qui semblent présenter le plus d'intérêt pour la vente du compost (éloignement - transport).

- Réunir le maximum d'informations existantes sur le marché actuel du compost et des produits 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.

#### 4.8 Compostage mixte (boues de station d'épuration/compost).

Le mélange boues + compost présente plusieurs avantages :

- pour les collectivités locales, c'est un moyen de simplifier les processus de traitements des deux types de déchets.

- Les boues nettement plus riches en azote que les composts ramènent le rapport C/N du mélange boue + compost à une valeur inférieure à celui du compost seul.

- Le mélange suit une fermentation normale et permet l'élévation de la température au début de la fermentation qui suffit à la destruction des germes pathogènes contenus dans les deux produits.

- Dilution des métaux lourds contenus dans les boues au sein du mélange, ces métaux étant d'ailleurs immobilisés aux pH alcalins atteints par le compost.

Pratiquement, la proportion de boues dans le mélange sera déterminée en fonction de leur humidité, de telle sorte que l'on obtienne du produit à 50 - 55% d'eau.

L'incorporation des boues au compost l'enrichit en phosphore et en azote et lui confère ainsi une certaine valeur fertilisante et devrait donc limiter les risques d'immobilisation de l'azote souvent observée.

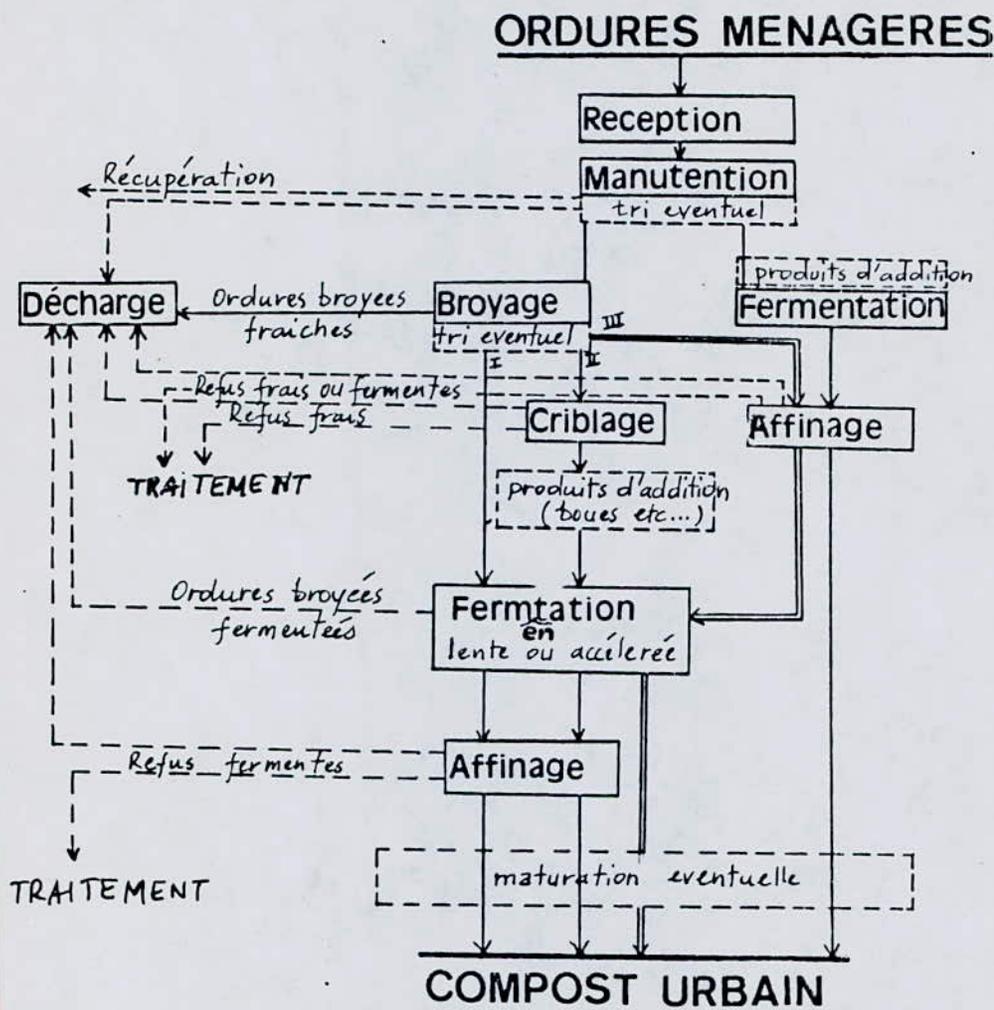


fig: 03 - Broyage et compostage - Schéma des diverses filières (4)

**CHAPITRE 5**  
**EVALUATION de la MATURITE**  
**des COMPOSTS**

## 5.1 Concept de la maturité.

Autrefois, lorsque l'on fabriquait du compost avec les déchets végétaux, on considérait le produit comme mûr quand sa masse prenait un aspect terreux et s'émiettait facilement. Aujourd'hui, on aurait tendance à mettre en relation la maturité du compost avec les quantités de matières organiques fermentescibles qu'il contient.

L'utilisation des compost urbains en agriculture peut occasionnellement entraîner des effets dépressifs sur la végétation dont la cause semble être la présence de produits phytotoxiques, ou beaucoup plus l'insuffisance de maturité. Cette dernière se traduit généralement par une carence en azote ou par des signes de toxicité liés à une anaérobiose ou un échauffement consécutif à la présence de produits facilement fermentescibles.

Ce problème de maturité reste très important, car il apparaît souvent dans les enquêtes comme un facteur psychologique, qui dévalue fortement l'image de marque à priori, bonne du produit compost, assimilé aux terreaux et à l'humus qui sont stabilisés, ne fermentent plus.

En fait, approcher le concept de maturité globalement, est voué à l'échec. Le végétal intervient : tel type de produit à effet positif sur une plante, peut avoir un effet négatif sur un autre.

Le produit sera considéré comme mûr, lorsqu'il n'aura plus d'effets dépressifs sur le végétal considéré à la dose employée.

Il est donc indispensable de pouvoir définir de façon rigoureuse le degré de maturité: et cela moyennant des méthodes qui doivent plus ou moins satisfaire aux conditions suivantes :

- Elles doivent être justes c'est-à-dire capable de caractériser correctement le degré de maturité du compost,
- Elles doivent être suffisamment sensibles pour permettre de distinguer un compost mûr d'un autre,
- Elles doivent être fidèles c'est-à-dire, donner des résultats reproductibles.

Nous allons examiner les différentes méthodes d'évaluation de la maturité des composts.

## 5.2 Moyens susceptibles d'être utilisés pour caractériser la maturité.

### 5.2.1 Les effets sur les végétaux.

C'est à priori le premier moyen qui vient à l'esprit pour juger de l'efficacité d'un produit sur un végétal c'est la méthode de référence pour apprécier la maturité d'un compost.

Elle consiste à effectuer des essais sur les végétaux et d'observer les résultats occasionnés par cette application. Citons un essai réalisé par l'A.E. R.C.C.<sup>(1)</sup> (non daté). Sur un sol sablonneux acide. Les différents produits sont épandus à la dose unique de 20 tonnes par hectare. Les résultats sont présentés par le tableau (9), ce tableau nous révèle que le compost frais a un effet dépressif sur la production, alors que les résultats obtenus avec du compost âgé sont statistiquement égaux au témoin.

Ces méthodes sont estimées de trop longues durées pour définir un état de maturité.

Néanmoins il existe des essais plus courts et plus simples c'est le cas du test cresson qui donne des résultats au bout de cinq jours et qui consiste à mélanger le compost dans une proportion de 1/3 à la terre et introduit dans des sacs. Le mélange est ensemencé avec 10g de graines de cresson. Après le délai requis on pèse la matière verte obtenue.

On estime qu'une production qui se situe entre (60 et 100) grammes est considérée comme convenable(9).

(1) Association pour l'étude et la recherche sur le compostage des résidus ménagers et leur utilisation agricole et industrielle.

Traitement	Rendement en grain (à 15% d'eau en quintaux/ha (récolte 73))
Fumure minérale seule	49,9
FM+Compost urbain âgé. Epannage Sept 1972	48,1
FM+Compost urbain frais Epannage Sept.1972	42,9
FM+Compost urbain âgé Epannage avril 1973	48,1
FM+Compost urbain frais Avril 1973	45,5

Tableau 9 . Influence de l'apport de quatre types de compost urbain sur la production de MAÏS INRA 258.

Source : (A.E.R.C., non daté) (9) Association pour l'étude et la recherche sur le compostage des résidus ménagers et utilisation agricole et industrielle.

### 5.2.2. Critères empiriques.

Une approche empirique rapide consiste à assurer le suivi de la température après une légère réhumidification (à 50%) et une aération par brassage intense de la masse du compost. L'absence de toute remontée de température après cette opération constitue un bon critère de stabilisation d'un compost. Mais cette méthode ne donne aucune garantie vis à vis de la phytotoxicité.

### 5.2.3 Mesures physiques et chimiques.

#### 5.2.3.1 La présence ou l'absence de sulfures.

En aérobiose, le soufre présent se trouve sous forme de sulfates, mais dans la zone centrale d'un compost frais la forte consommation d'oxygène peut entraîner des phénomènes d'anaérobiose et les sulfates peuvent être réduits en sulfures qui sont toxiques pour les végétaux.

Le test consiste à mettre en évidence ces sulfures en les déplaçant par l'acide chlorhydrique sous forme de  $H_2S$ . Un compost utilisable en agriculture ne devant pas réagir positivement au test.

Ce dosage révèle plutôt des conditions d'aération déficientes lors du compostage (anaérobiose) que de la maturité du produit.

#### 5.2.3.2. Répartition de l'azote minéral en $NO_3^-$ et $NH_4^+$

Ce test part du fait que dans un compost mûr tout l'azote minéral se trouve sous forme de Nitrates en se basant sur le principe que l'ammoniac produit durant la fermentation, disparaît dans le compost mur.

Leur dosage est réalisé soit par une méthode chimique de laboratoire, soit par un test simple utilisables sur le terrain.

L'échantillon humide de produit à tester est appliqué contre un papier filtre qui est ensuite relevé par deux solutions différentes l'une par la présence d'ammoniac (couleur obtenue brune) l'autre pour la présence de nitrates (couleur obtenue rouge). On peut apprécier la maturité suivant l'intensité plus ou moins grande des couleurs obtenues.

#### 5.2.3.3. Détermination du rapport C/N.

C'est le critère couramment utilisé dans la pratique. Son utilisation pose un certain nombre de problèmes:

- Détermination d'un rapport C/N limite, souvent fixé arbitrairement au-delà duquel le produit peut être considéré comme étant subi une bonne évolution (compost mur C/N < 19 pour la norme suisse E A W A G.)

- La détermination du carbone n'est pas standardisée il y a autant de types de C/N que de méthodes ce qui rend difficile parfois les comparaisons entre produits. Enfin dans la notion de C/N intervient la teneur en azote qui peut évoluer elle aussi au cours du compostage.

En conclusion, le rapport C/N ne peut être pris comme tel pour caractériser la maturité, il serait plus souhaitable de suivre son évolution au cours du compostage.

#### 5.2.3.4 Détermination de la S O R - S O D - D C O.

S O R : substance organique résistante (caoutchouc, PVC, polyéthylène).

S O D : Substance organique décomposable (albumine, polysaccharides...)

D C O : demande chimique en oxygène.

#### 5.2.3.5 Chromatographie - circulaire.

La chromatographie est une méthode d'analyse par absorption et migration sélective des divers composants chimiques d'une solution.

En solution les différentes fractions du compost présentent des affinités variables d'absorption et de migration capillaire sur le papier, en fonction de nombreux paramètres, comme un poids moléculaire, les tailles de molécules et les charges électriques.

- Le compost peu évolué est caractérisé par une image sombre à la périphérie et une tâche centrale claire.

- Le compost évolué est caractérisé par une image à tâche sombre centrale avec traînées claires vers la périphérie.

## 5.2.4 Mesures liées à la flore présente.

### 5.2.4.1 Dosage de l'A.T.P. (Adénosine Tri Phosphate)

L'A.T.P. est une molécule active, responsable du transfert énergétique dans la cellule. Sa présence est directement proportionnelle à la biomasse microbienne en activité.

Passée la phase thermophile, l'A T P décroît dans le temps (voir tableau 10).

AGE (J)	A.T.P (Ug/g de compost sec)
4	5,81
60	0,87
120	0,72

Tableau 10 : Dosage de l'A.T.P. effectué sur différents échantillons de compost

Source Collin 1977 (21)

### 5.2.4.2. Les dénombrements.

Différents groupes de microorganismes se développent successivement pour décomposer les fractions organiques dans l'ordre de résistance croissante à sa dégradation. Le nombre de bactéries mésophiles décomposant la cellulose augmente au cours du temps alors que celui des bactéries acidifiantes et amonifiantes acides diminue (voir tableau 11).

## 5.2.5 Mesures respirométriques.

### 5.2.5.1. Mesure de dégagement de Co2

Les mesures sont effectuées dans une enceinte close débarrassée de l'eau et gaz carbonique.

Le Co2 est piégé par de la soude, les mesures se font sur quatre jours.

Plus le compost avance en maturité plus la production du Co2 diminue (voir figure 4).

### 5.2.5.2. Mesure de la consommation de l'oxygène.

Elle est généralement effectuée indirectement par la mesure d'une variation de dépression  $\Delta P$  en mm de Hg, après avoir ainsi piégé le gaz carbonique.

La quantité d'oxygène consommée est alors calculée par la formule.

$$Q_{O_2} = \frac{V \Delta P}{760 \text{ mmHg}} \cdot \frac{32}{24,04} \cdot \frac{1000}{P_c} \cdot \frac{1000}{t}$$

- V : volume gazeux de l'enceinte
- $\Delta P$  : dépression maximale en mmHg
- $P_c$  : Poids sec du compost en g
- t : temps de consommation de l'O2 entre la fin de la phase de latence du démarrage et la dépression maximale atteinte.
- 20,04 : volume molaire du gaz à 20° C.

En général dans le cas des composts urbains, on considère que le compost est mûr si sa respiration est inférieure à 40 mg d'O2 consommés/kg de matière sèche de compost/heure (21).

Compostage en corbeille de plastique en jours	Température maximum en °C	BACTERIES		CHAMPIGNONS		Agents de la décomposition de la cellule 25°C	Agents acidifiants 25°C	Agents ammonisants	
		Méso- philes 25°C	Thermo- philes 55°C	Méso- philes 25°C	Thermo- philes 55°C				
0		27602	0,018	1,6	0,005	0,3	129	210	
6	50	6030	2,2	10,3	3,0	0,2	99	29	
19	27	11063	42,2	10,7	9,5	430,0	-	-	
56	15	5053	-	30,3	-	160,0	61	15	
121	12	217	-	47,8	-	22000	36	1,5	48

Tableau 11 : Nombre de germes en million par gramme de substance sèche.

(d'après AHRENS et AR, 1965) (9).

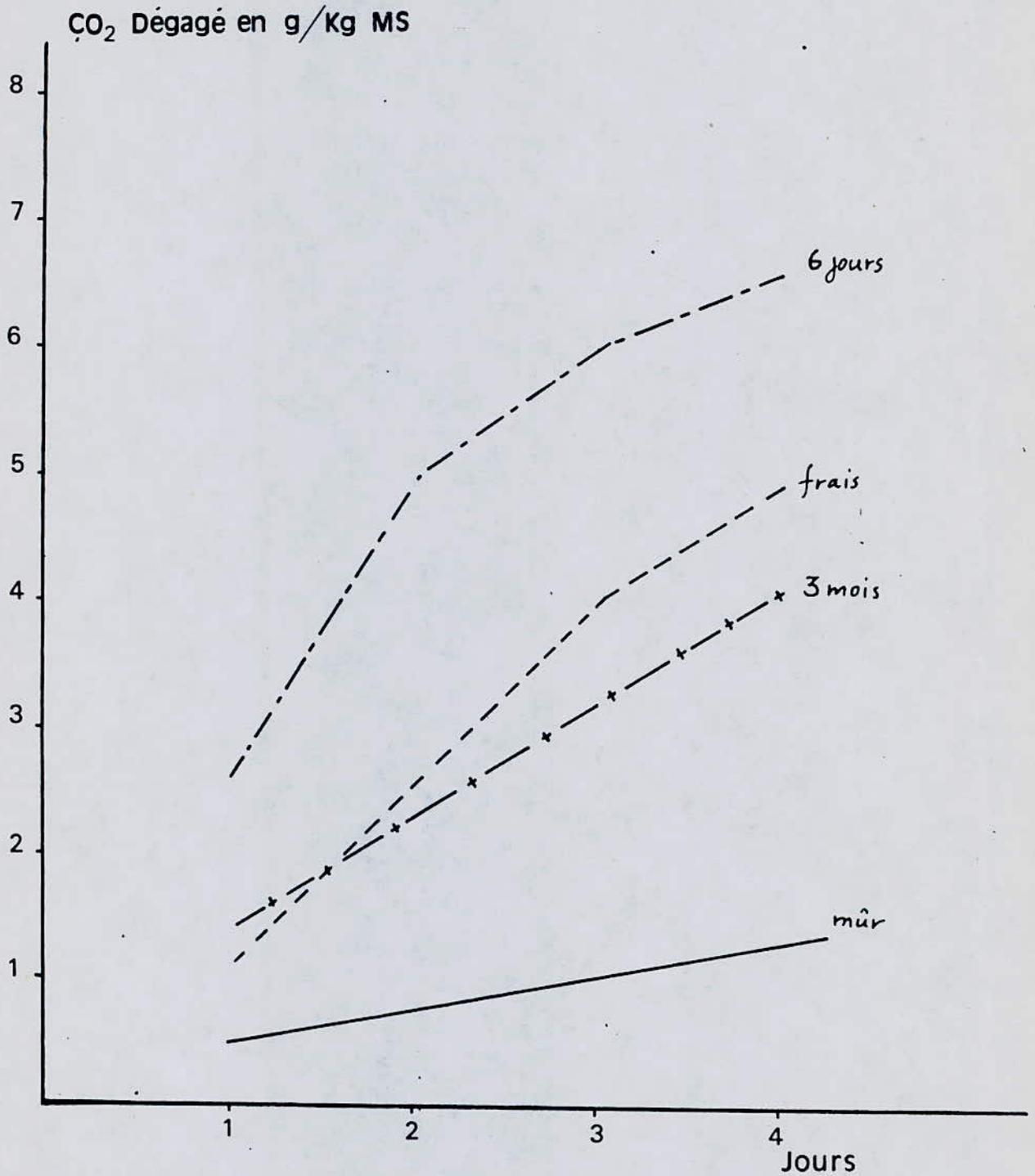


fig:04 - Dégagement du CO<sub>2</sub> en fonction de l'âge du compost (SPOHN et KNEER, 1986)

Comme pour le Co<sub>2</sub>, la consommation de l'O<sub>2</sub> diminue avec l'âge du compost voir tableau (12).

Types de composts	45%	60%
Compost frais	263,3	305,9
Compost presque à semi-mûr	54,0	53,8
Compost presque mûr	32,0	35,1
Compost mûr	6,2	3,8

Tableau 12 : Consommation de l'oxygène de quatre composts d'âge différents en mm<sup>3</sup>/g de matériel pour des teneurs en eau de 45% et 60% à 20°C.

Source : CHROMETZKA, 1968 (21)

Mis à part les difficultés techniques que manifeste chaque méthode, le défaut majeur de toutes ces méthodes (à l'exception du test sur végétaux) est l'absence de correspondance entre l'état d'évolution du produit qu'elles représentent et les effets agronomiques du compost.

**CHAPITRE 6**  
**VALORISATION**

## 6.1 Valorisation agronomique du compost.

### 6.1.1. Introduction.

Le compost d'ordures ménagères a des possibilités d'utilisations nombreuses et variées mais il est avant tout un moyen d'amélioration du sol. Source non négligeable de substances minérales intéressantes pour les plantes : phosphore, calcium et oligo-éléments, il constitue également un amendement organique de lère importance. précisément à l'heure où on s'aperçoit que l'emploi exclusif d'engrais chimiques, après avoir permis d'excellents rendements, commence à ne plus donner de résultats aussi marquants du fait de la régression dans les sols de substances organiques et humiques.

### 6.1.2 Principaux constituants du compost. Comparaison avec d'autres matières organiques.

La teneur en matière organique de composts peut varier de 20 à 50% (CHAROY, 1972). Ce qui en fait un des constituants les plus importants(9).

Cette teneur en matière organique va varier avec l'âge et le traitement subi. Par comparaison, le fumier de ferme et les boues de station sont généralement plus riches en matière organique.

Le compost urbain est pauvre en azote totale (0,9%) (9) alors que le fumier et surtout les boues en contiennent des quantités importantes ce qui explique que leurs rapprot C/N sont nettement inférieurs à celui du compost.

Le compost est assez pauvre en P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O par rapport aux autres résidus cités. Cependant sa teneur en calcium est relativement élevée et la plupart des auteurs notent un effet alcalinisant lié à l'apport de compost urbain.

En ce qui concerne les autres constituants du compost (voir tableau) (13).

### 6.1.3 Effets du compost sur le sol.

#### 6.1.3.1 Actions physiques.

1/ couleur plus foncée des couches de surface : comportement thermique (réchauffement plus rapide).

2/ Agrégation due aux colloïdes

- stabilité structurale améliorée

- meilleure porosité, perméabilité et aération

3/ Rétention de l'eau sans modification du point de flétrissement.

#### 6.1.3.2 Actions chimiques.

1/ pouvoir tampon élevé

2/ la capacité d'échange augmenté : meilleure régulation du stockage et de la fourniture des ions nutritifs aux plantes.

3/ limitation des blocages et rétrogradation.

4/ absorption des produits toxiques et des pesticides.

#### 6.1.3.3. Actions biologiques.

1/ Nourriture pour la faune et la flore : stimulation globale de l'écosystème sol

- humification

- minéralisation

2/ Nutrition organique des plantes : dérivés humiques et microbiens

3/ Effets indirects : activateurs de croissance.

**Tableau 13.: Caractéristiques habituelles du compost urbain, du fumier de ferme et des boues résiduaires. (21)**

	Compost(1)	Fumier de ferme (1)	Boues résiduaires (2)
Humidité en % du produit brut	35 - 43	78	
PH	7,6 - 7,8	7,8	
C/N	15 à 22	16	
<u>En % du produit sec</u>			
Carbone (C)	15	36,2	23 à 34
Azote (N)	0,9	2,2	1 à 5
Acide phosphorique (P2O5)	0,8 (0,6-1)	1,3	2 à 8
Potasse (K2O)	0,3 (0,2-0,3)	2,8	0 à 1,3
Calcium	4 (3-6)	2,6	0,1 à 25
Magnésium	0,25 (0,15 -0,3)	0,7	0,1 à 2
Sodium	0,3	0,3	
Souffre	0,5		
Chlore	0,5		
fer	2		
<u>En ppm du produit sec</u>			
Bore total	64 - 245		
Bore soluble	10 - 32		
Zinc	1000		
Manganèse	600		
Cuivre	250		
Plomb	594		
cadmium	7		
Chrome	271		
Nickel	194		
Mercure	4		

(1) d'après Just et Pomel (1977)

(2) d'après l'agence de l'eau Artois - Picard (1977).

Essais	Carbone total	acide humique mg/100g
Fumure N P K	0,86	32
Fumier de ferme	1,23	52
Compost d'été	1,11	57

Tableau 14 : Teneurs en carbone et acides humiques du sol après 12 ans d'essais (9)

Remarque : La richesse du compost en matière organique va contribuer à augmenter la teneur en carbone des sols. Cet enrichissement contribue à maintenir ou à élever le stock d'humus du sol.

En comparant à un témoin N P K différents amendements organiques sur une base comparable en carbone, on constate une augmentation de la teneur en humus du sol par l'apport de compost. Ainsi la figure (5) et le (tableau) (14); en donnent des exemples concrets.

#### 6.1.4. Effets du l'humus sur la physiologie des végétaux.

En moyenne l'humus a les effets positifs suivants vis à vis du comportement des plantes:

De nombreuses expériences ont montré que l'utilisation des composts en agriculture permettait d'augmenter les rendements des récoltes et d'accroître la vitesse d'échange des minéraux par les plantes. Nous citons à titre d'exemple les résultats des expériences décrites par les tableaux (15) et (16).

**Tableau 15 : Effet qualitatif de fractions d'A.H. sur la vitesse d'absorption du potassium et du phosphore 1987 (21).**

Temps en heures	K, P (mg/l)	1	2	3	4	5	Total
Solution minérale	K	1,48	15,52	18,51	10,00	18,20	63,71
complète	P	0,77	2,92	4,23	0,81	3,16	11,89
Solution précédente	K	2,52	14,87	19,70	14,00	19,23	70,32
complète par 5 mg/l d'acide humique	P	1,70	3,41	5,63	1,61	4,03	16,38

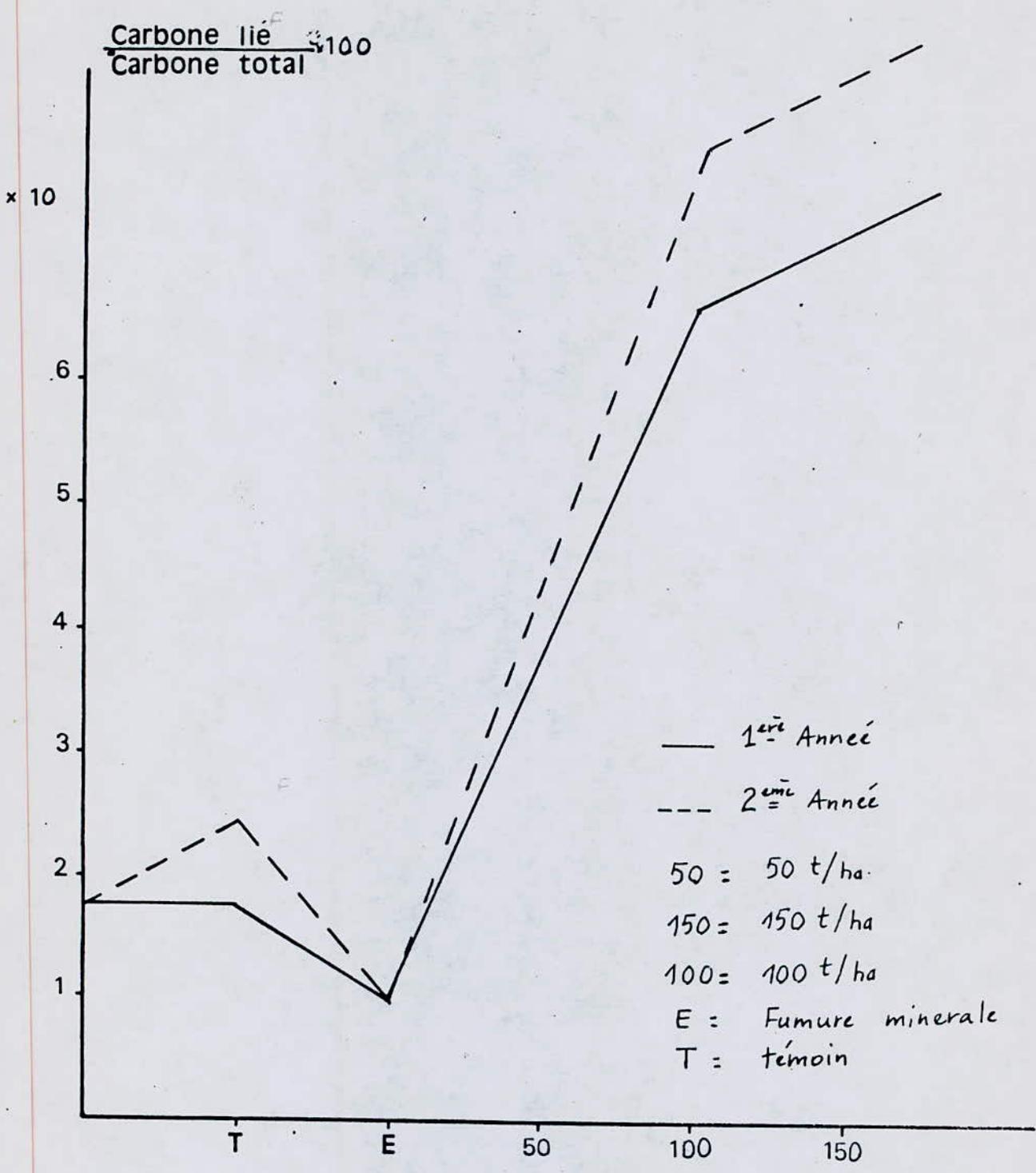


fig: 05 - Evolution du taux d'humification après deux ans d'épandage de trois doses de compost (1979) (27)

**Tableau 16 : Rendement de la culture de la pomme de terre par répétition d'application de trois doses de compost (1978) (27)**

Essais	1	2	3	4	5	Moyenne	Variation
Témoin (t/ha) (blanc)	12,5	14,0	12,0	14,0	12,0	12,9	-
Engrais (t/ha)	9,5	18,0	12,0	14,0	12,0	13,1	1,52
50t/ha (compost 3 mois)	20,5	19,0	20,5	19,0	20,5	19,9	35,17
100t/ha	19,0	22,0	22,5	28,0	22,5	22,8	42,11
150t/ha	24,0	24,0	29,0	29,5	28,0	26,9	52,04

On remarque une augmentation de 35,17 % par rapport au témoin. Cette augmentation du rendement est croissante en fonction des doses de compost.

#### 6.1.5 Possibilités d'utilisation agronomique du compost.

##### 6.1.5.1. Cultures maraichères et horticoles.

Le maraicher et le jardinier utilisent le compost à deux fins.

- comme source de chaleur pour faire des couches chaudes, ils emploient pour cela du compost broyé "vert" qui produit de la chaleur par fermentation.

- comme engrais organique dans les jardins et champs dans ce cas, ils utilisent du compost fermenté pour éviter le blocage de l'azote dans les sols.

##### 6.1.5.2 Sylvicultures - Pépinières.

Les sols des pépinières sont souvent argileux et ont tendance à former une croûte en surface qui ralentit considérablement la croissance des racines et rend le travail difficile. L'apport de compost améliore de façon spectaculaire le développement racinaire et par voie de conséquence l'ensemble de la plante.

### 6.1.5.3. Viticulture et arbres fruitiers.

Dans cette culture l'apport d'amendement âgé est primordiale car :

- les terrains sont le plus souvent en pente, soumis aux rayons violents du soleil et à des façons culturales intensives,

- la fermentation des déchets de racines est très faible et insuffisante pour apporter l'humus nécessaire à une bonne structure du sol,

- les terres sont soumises à une forte érosion qui entraîne le peu d'humus résistant.

### 6.1.5.4 Culture des champignons.

Les principales caractéristiques du compost destiné à la culture des champignons : compost urbain frais fabriqué de manière aérobie.

- contenant le minimum de particules fines ;

- pH situé entre 7,5 et 8,5 ;

- débarrassé des verres, aiguilles et autres éléments coupants et (ou) piquant ;

- taux d'humidité maximal 35 % ;

- un minimum de matières minérales ;

- absence d'odeurs surtout nauséabondes ;

- la thermogénèse doit obligatoirement avoir lieu (trois jours 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 des métaux lourds ;

- le compost urbain doit lui-même ne pas contenir de teneurs excessives en métaux lourds.

### 6.1.5.5. Plantes à parfum et plantes aromatiques.

Dans ces cultures spéciales, si à l'incorporation avant plantation on peut tolérer les composts moyens, par contre aucun compost putride ne pourra être employé sur les cultures en place. Dans le cas des plantes aromatiques récoltées ou séchées l'absence de déchets grossiers doit être la règle pour éviter les ennuis lors de la récolte et en fabrication. La préférence ira aux composts fins et très fins.

## 6.2 Valorisation énergétiques.

Le compostage dégage de la chaleur.

- une partie sert à élever la température interne de la masse,
- une partie sert à évaporer l'eau,
- une partie exédentaire, est perdue vers l'extérieur.

La récupération d'énergie à partir des tas de composts en fermentation n'est pas encore très développée, néanmoins il existe certains travaux menés dans ce sens.

Nous citons dans ce mémoire un exemple pratique de récupération d'énergie utilisée dans l'obtention d'eau chaude sanitaire :

- un tas d'environ 25t de broyat (soit 80 m<sup>3</sup>) avec une température moyenne interne de 65°C a permis d'élever 22 473 litres d'eau en 225 jours d'une température moyenne de 12°C (eau de ville) à une température moyenne de 45,5°C.

D'après les valeurs moyennes de températures, l'énergie fournie correspond à 752 854,5 Kcal.

Les mesures donnant 751 8000 Kcal d'énergie utilisées sous forme d'eau chaude soit 874 KWht.

La puissance installée moyenne sur 225 jours est de 307 watts, soit 12,3 W/tonne, avec 25W/t en puissance de pointe (pics de fermentation) (voir figure 6).

D'une manière générale en partant des résultats expérimentaux, on peut considérer que la puissance moyenne sur 16 tonnes est de :

- 30 W/t en régime continu (6 mois)
- 60 W/t en régime continu (quelques semaines)
- 100W/t en régime thermophile de départ (quelques jours)(21)

## 6.3 Valorisation du compost en alimentation animale.

### 6.3.1 Le compost comme aliment proprement dit.

Une extraction de la matière organique utile, avec stérilisation en autoclave de dessiccation, permet la fabrication d'un aliment complet en granulés ne contenant pas de matériaux inertes, ni de corps coupants ou piquants. Ces aliments contiennent 14 - 17% de protéines, 7 à 9 % de matières grasses 6 à 8% de matières minérales, 18 % de cellulose pour un contenu énergétique métabolisable d'environ 2000 Kcal/Kg d'aliment (21).

Cet aliment peut être employé pour différents élevages (exemple : complément à l'herbe des ruminants).

### 6.3.2 Utilisation comme matière première entrant dans un aliment complet d'élevage.

Le compost est incorporé à raison de 5 à 10% dans un aliment complet en substitution d'un aliment de lest cellulosique. Il apporte en plus des oligo-éléments et une teneur correcte en divers produits quand il est stabilisé (environ 10%) de protéines brutes, 20 à 25 % de cellulose et dérivés) Aucune différence statistiquement significative n'a pu être notée entre des lots témoins à aliment conventionnel et l'aliment complété en compost à 5 - 10 %.

### 6.4 Valorisation environnementale des composts.

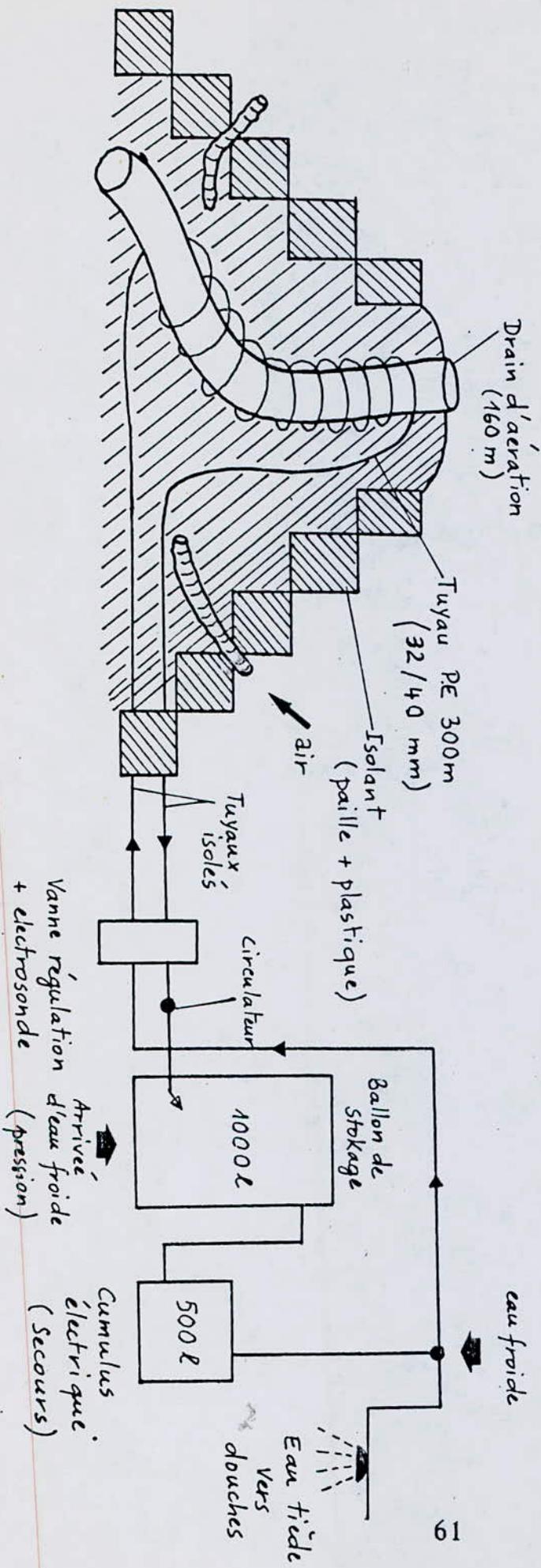
Le pouvoir adsorbant des molécules humiques des composts mûrs est mis à profit dans certains systèmes de traitement des effluents gazeux ou liquides.

A titre d'exemple citons, les systèmes de filtration des odeurs qui sont employés dans les stations d'épuration et de traitement des ordures ménagères.

Il s'agit du filtre à compost rustique. Le compost mûr se révèle intéressant comme milieu adsorbant car :

- disponible sur place en grande quantités à coût marginal,
- agit très efficacement sur la rétention des composés organiques et minéraux malodorants et toxiques (thio-esters, ammoniac).
- il se régénère automatiquement grâce à l'activité des micro-organismes qui décomposent ces composés. voir figure (7).

fig:06 - Montage expérimental pour l'obtention d'eau chaude sanitaire  
 pour les douches du stade de STAULAYE  
 Association soleil vert automne / hiver 1981 / printemps 82 (21)



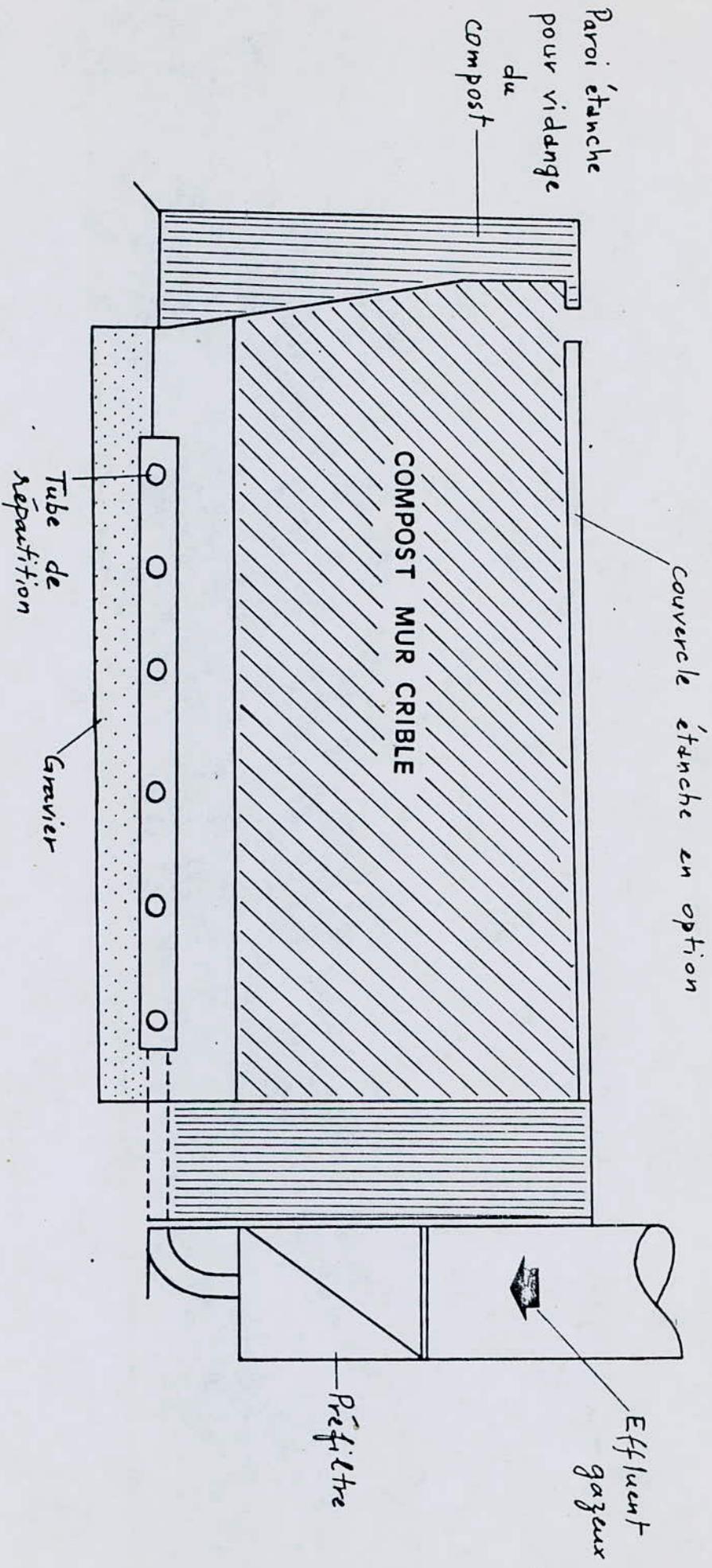


fig:07 - Filtre à compost " Schéma de principe "

**CHAPITRE 7**

**PARTIE EXPERIMENTALE**

## 7.1. Importance des éléments dosés.

### 7.1.1. Le carbone.

La teneur en carbone du compost se situe généralement autour de 15% de la matière sèche, cette valeur peut considérablement changer en fonction des conditions locales et la saison. Cette richesse relative en carbone donc en matières organiques va contribuer à enrichir les sols en humus et à augmenter la capacité de rétention d'eau des sols et aussi à accroître la perméabilité du sol à l'air et à l'eau et d'augmenter la capacité d'échange des cations.

### 7.1.2. L'Azote.

D'une manière générale les composts urbains ne sont pas très riches en azote : 0,33% à 1,50 % de la matière sèche. L'évolution de l'azote après incorporation au sol dépend du rapport C/N ; ainsi un rapport C/N supérieur à 30 c'est à dire dans le cas d'un compost insuffisamment mûri, les microorganismes utilisent l'azote présent dans le milieu et provoquent le blocage d'une partie de l'azote minéral apporté par les engrais. Les plantes pourraient donc en souffrir.

Dans le cas des composts suffisamment mûris le problème ne se pose plus et il y a libération d'azote minéral dans le milieu directement assimilable par les plantes.

### 7.1.3 Le phosphore.

Les teneurs du compost en phosphore varient habituellement de 0,4 à 0,9 % de la matière sèche en  $P_2 O_5$  (23).

Après épandage du compost le phosphore présente différents comportements variant entre un blocage du phosphore assimilable du sol donc baisse de concentration des tissus végétaux, jusqu'à une libération significative de phosphore assimilable, donc accroissement de l'absorption par les végétaux.

Ces différences de comportements sont dues à la diversité des états que le phosphore peut avoir dans le sol en fonction des conditions du milieu (23).

#### 7.1.4 Le potassium.

Le compost est pauvre en potassium 0,20 à 0,50% de la matière sèche (21).

De nombreuses études ont pu démontrer que cet élément est facilement assimilable par les plantes en apportant des doses convenables de compost.

#### 7.1.5. Calcium et magnésium.

Les teneurs du compost en calcium sont élevées généralement entre 2,5 et 5% en ca et 0,15 à 0,4% pour le magnésium. L'apport du compost au sol favorise l'absorption de ces éléments par les plantes.

Le calcium joue un rôle particulièrement important par son effet alcalinisant sur les sols acides.

#### 7.1.6. Métaux lourds et oligo-éléments.

Les oligo-éléments (cuivre, manganèse, zinc et fer) jouent le rôle très important dans le développement des organismes végétaux. Ces éléments ne participent pas directement à la constitution des végétaux, mais exercent des actions catalytiques sans lesquelles la maturation de la plante ne pourrait être assurée. L'absence de certains métaux (comme le fer par exemple) cause des maladies de carence.

Lorsque la concentration d'éléments toxiques (cadmium, nickel, plomb, chrome...) est trop élevée dans les sols des effets néfastes apparaissent tant au niveau des plantes (effets phytotoxiques) qu'à celui des êtres humains consommant ces végétaux.

### 7.2 Techniques d'analyse.

#### 7.2.1. Echantillonnage.

Les échantillons pesant environ 1 kg sont constitués de plusieurs prélèvements dans différents endroits du tas du compost. Ils sont ensuite séchés, dans une étuve réglée à 60°C pendant 48 heures environ, puis broyés et tamisés à 0,2 mm.

#### 7.2.2. Détermination de l'humidité.

Un échantillon de 100g de matériau frais, mis à l'étuve réglée à 105°C pendant 24 heures permet de déterminer l'humidité.

### 7.2.3. Détermination du pH et de la conductivité électrique.

Un échantillon de 50g de matériau frais est mis en contact avec 125ml d'eau distillée dans un tube de centrifugeuse pendant une nuit entière. On effectue ensuite une centrifugation pendant deux heures accompagnée d'une filtration.

On détermine ensuite le pH du filtrat à l'aide d'un pH mètre et la conductivité électrique à l'aide d'un conductimètre.

### 7.2.4 Détermination de la température.

La température est directement prise dans le tas du compost à une profondeur d'environ 50cm à l'aide d'un thermomètre.

### 7.1.5 Dosage de l'azote total.

L'azote total est dosé par colorimétrie à l'aide d'un auto analyseur.

### 7.2.6 Dosage du carbone.

Le carbone est dosé à son tour par colorimétrie (auto-analyseur).

### 7.2.7 Dosage du phosphore total.

On procède à une minéralisation par voie sèche, un échantillon d'un (01) gramme est mis au four à moufle à 200°C pendant deux heures et à 480°C pendant 3 heures.

Les cendres obtenues sont humectées avec 2ml d'HCl concentré en ébullition sur une plaque chauffante jusqu'à évaporation constante. On les reprend avec du HCl dilué 5% pour les transférer dans une fiole de 100ml que l'on complète avec de l'eau distillée, pour doser le phosphore, on ajoute dans la solution acide un réactif sulfomolibdique (10N) et une solution d'acide ascorbique (1g/l) et on chauffe au bain marie à 80 jusqu'à 90°C pendant 12mn; l'obtention d'une coloration bleu qui est proportionnelle à la concentration en phosphore est mesurée à l'aide d'un colorimètre à 650nm. est utilisée pour le dosage des autres éléments.

### 7.2.8 Dosage des oligo-éléments.

La solution préparée pour doser le phosphore est utilisée pour le dosage des autres éléments ainsi :

- Na, K sont dosés par spectrophométrie d'émission de flamme type (EppENDORF)

- Ca, Mg, cu; Co, Fe, Mn, cd, cr, Pb sont dosés par spectrophométrie d'absorption atomique (SAA) l'appareil est du type (PERKIN-ELMER).

### 7.3. Résultats et interprétations.

#### 7.3.1 PH

Temps jours	1	3	10	22	32	45
PH	7,57	7,45	7,07	7,26	7,47	7,65

Nous remarquons une légère diminution du pH durant les premiers jours de la fermentation, puis une augmentation pour devenir légèrement alcalin. Cette évolution est très conforme à la théorie. voir figure (8).

Le pH reste à ce niveau élevé tant que se maintiennent des conditions aérobies. Si des conditions anaérobies devraient s'instaurer, le pH redescendrait aux environs de 4 à 5 (23).

#### 7.3.2. Humidité.

Temps (jours)	1	3	10	22	32	45
Humidité (%)	47	44,55	46,5	35,60	31,32	31,30

On remarque que l'humidité a tendance à diminuer pendant le compostage (voir figure 9), cela est tout à fait prévisible puisque l'eau se perd par évaporation dans l'air.

fig.08 - Evolution du pH en fonction du temps au cours de la fermentation

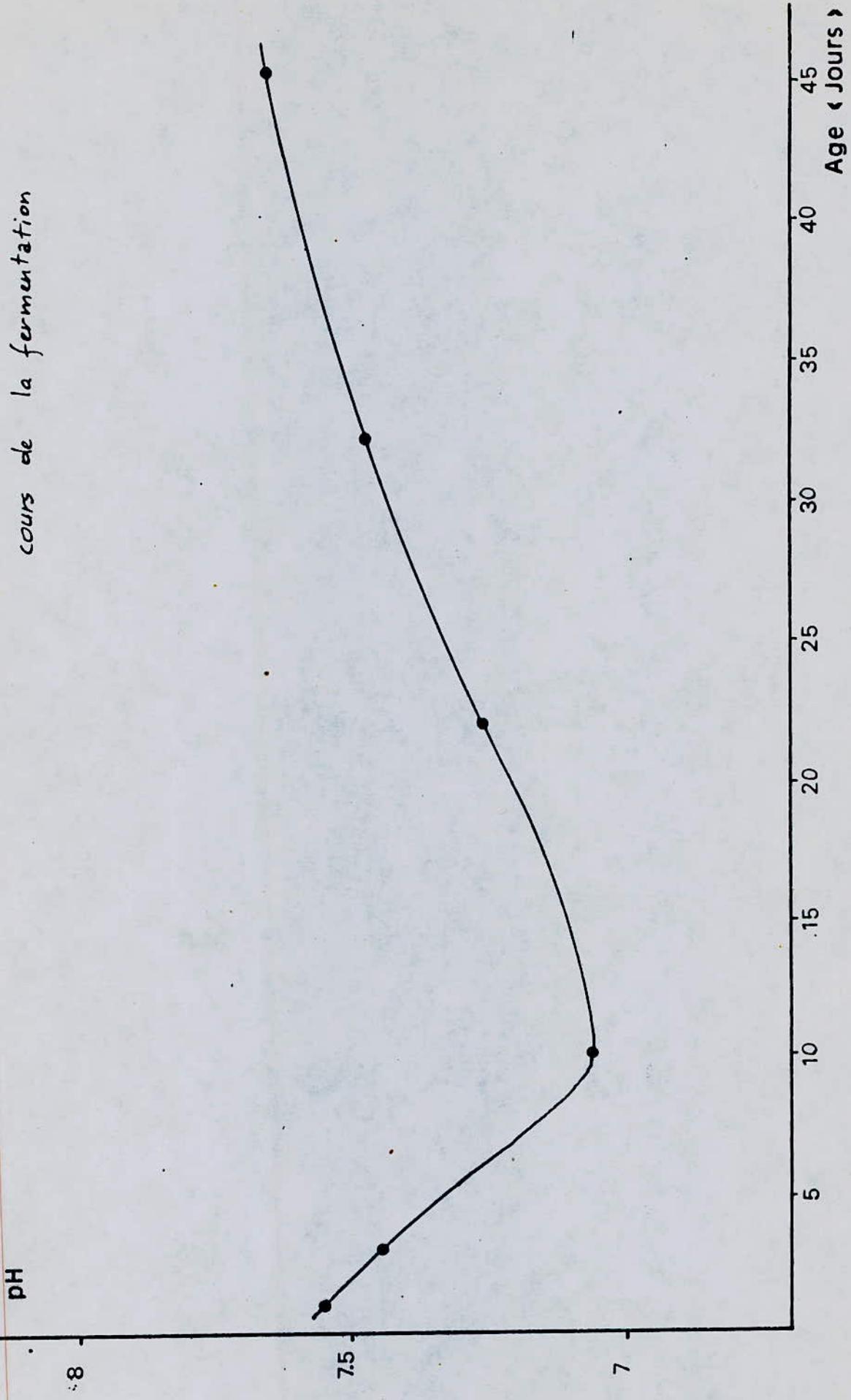
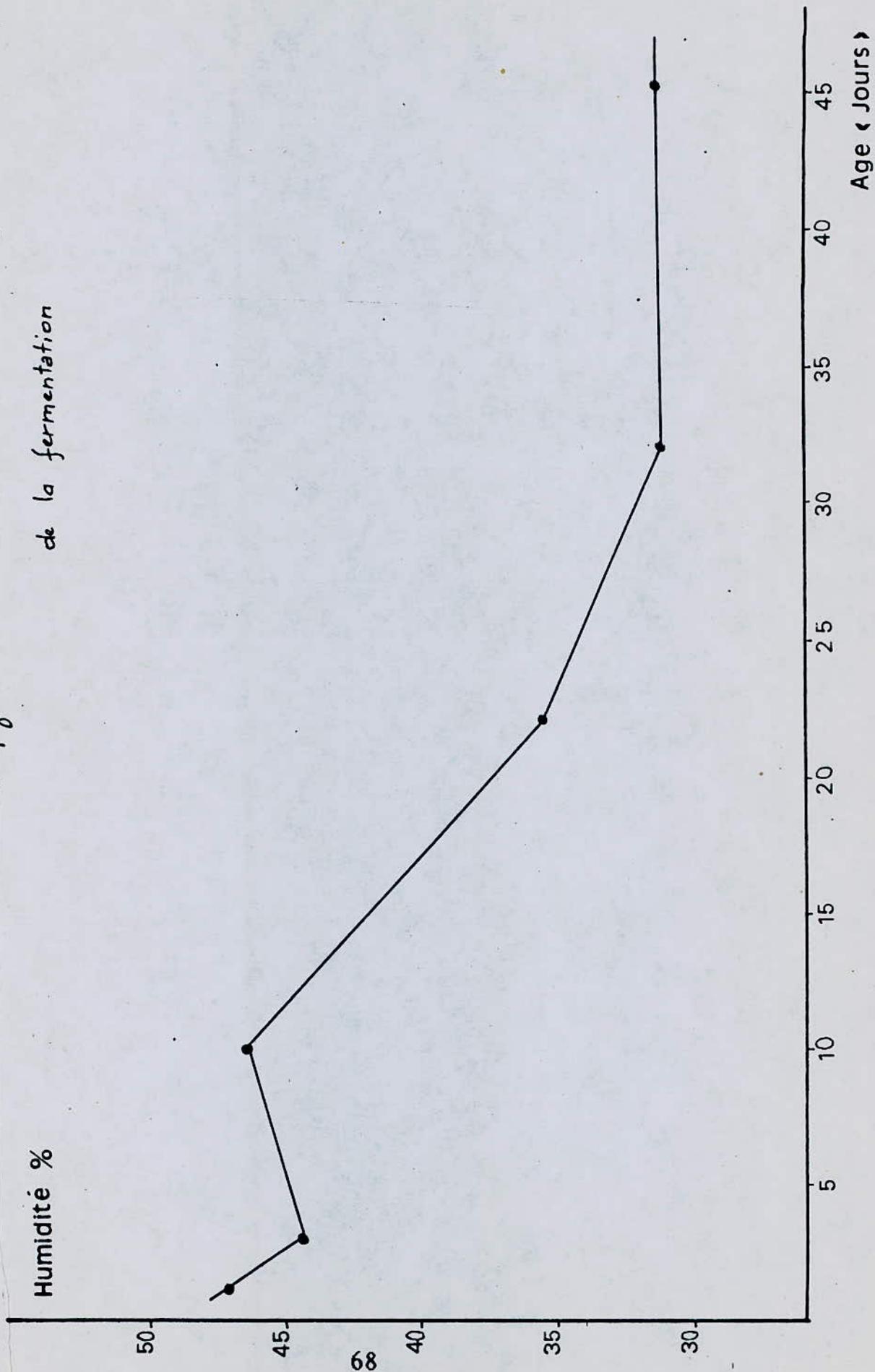


fig:09 - Evolution de l'humidité en fonction du temps au cours

de la fermentation



Ce facteur doit être contrôlé car, lorsque l'humidité de la masse de compost tombe au-dessous de 30% de son poids frais, les réactions biologiques se ralentissent considérablement. Par contre si l'humidité est très élevée, l'engorgement empêche la circulation de l'air à l'intérieur du tas (15).

### 7.3.3. Température.

Temps (jours)	Température ( °C)
1	36,33
2	45
Retournement 1	
2	38
3	51,66
8	63,63
Retournement 2	
8	54,8
10	63,66
17	63,71
22	62,71
26	69,75
Retournement 3	
26	51,32
30	54,90
32	54,00
45	53,77

Nous remarquons, que la température débute à environ 36°C, ceci est due à la multiplication des micro - organismes mésophiles. Vers 50°C, l'activité de ces micro-organismes cesse et des groupes microbiens thermophiles se développent à leur place, leur activité provoque l'atteinte d'une température maximale de 69,75°C au bout de 26 jours.

La température diminue ensuite pour se stabiliser aux environs de 50°C au 45ème jour de la fermentation. (voir figure 10).

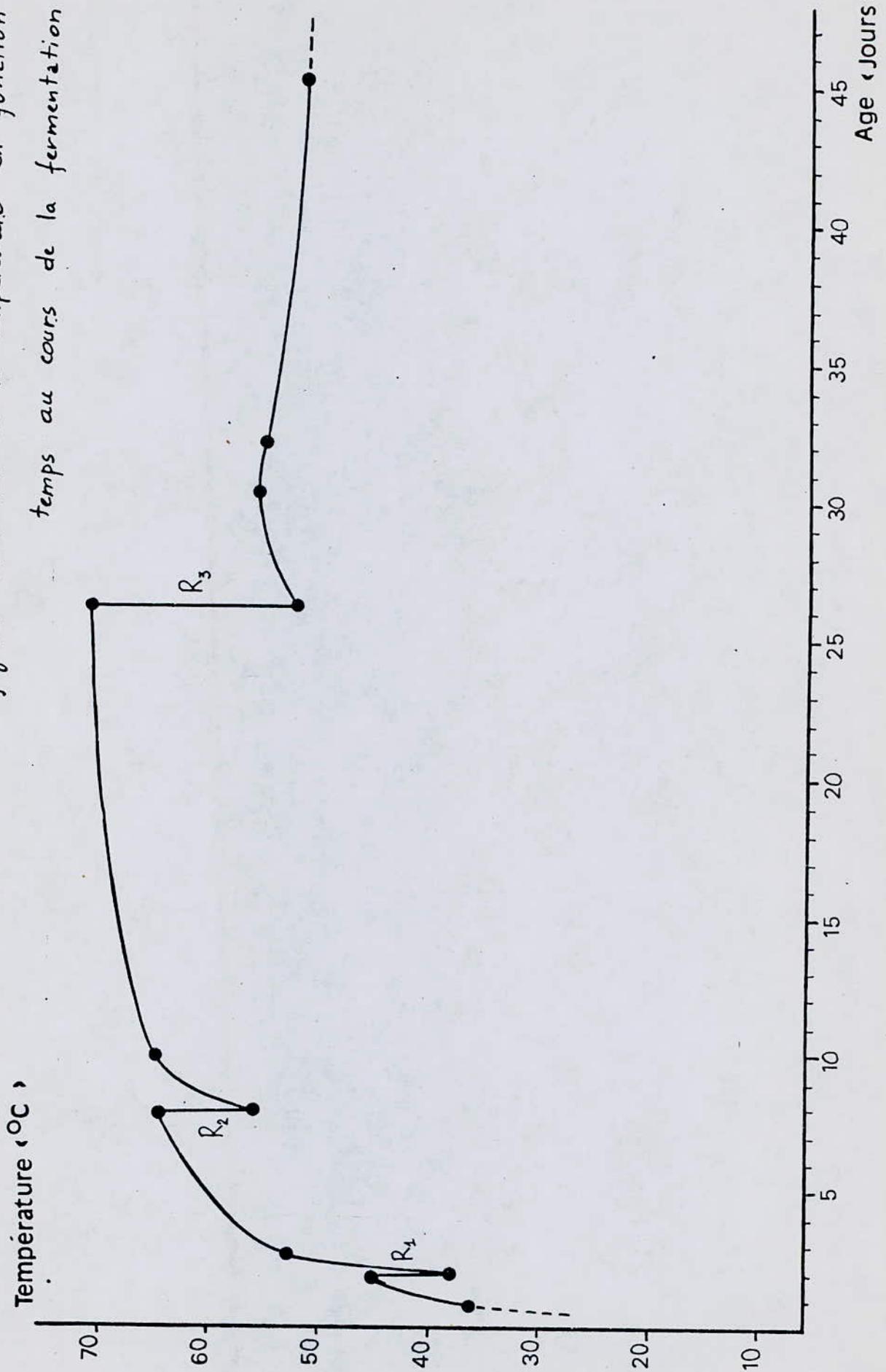
Néanmoins nous estimons qu'une température élevée comme celle obtenue dans notre cas, peut être néfaste pour un certain type de plantes, donc pour l'agriculture de façon générale.

D'ailleurs une température de 53°C, révèle que l'activité des micro - organismes de compostage n'est pas encore achevée.

La demande en compost est plus élevée que l'offre et les opérateurs de la station ont tendance à écouler le produit avant sa phase de maturation.

Nous recommandons de n'utiliser ce produit qu'après une certaine minéralisation afin d'éviter les effets néfastes de cette utilisation.

fig:10 - Evolution de la température en fonction du temps au cours de la fermentation



### 7.3.4 Conductivité électrique.

Temps (jours)	1	3	10	22	32	45
C.E.(US/cm x 10 <sup>3</sup> )	5,15	8,15	10,30	10,66	9,16	11

La conductivité électrique augmente nettement, ce qui confirme que le taux de sels augmente par minéralisation de la matière organique ou par solubilisation des sels (voir figure 11)

### 7.3.5 Rapport C/N.

Temps (jours)	1	3	10	22	32	45
% C	35,24	33,21	26,32	24,80	22,63	20,96
% N	1,32	1,32	1,31	1,30	1,31	1,30
C/N	26,69	25,15	20,09	19,07	17,27	16,12

Ces résultats nous montrent que le taux de carbone a diminué considérablement, ceci s'explique par l'utilisation du substrat par les micro-organismes durant le compostage. Le carbone sera libéré dans le milieu extérieur sous forme de Co<sub>2</sub>.

Le taux d'azote a tendance à diminuer, mais cette baisse est beaucoup moins importante par rapport à celle du substrat carboné. Les substances azotées sont transformées par les germes de l'amonification et de la nitrification.

Une partie de l'amoniac et des nitrates produits est d'ailleurs réorganisée pour entrer dans la constitution des matériaux cellulaires (15).

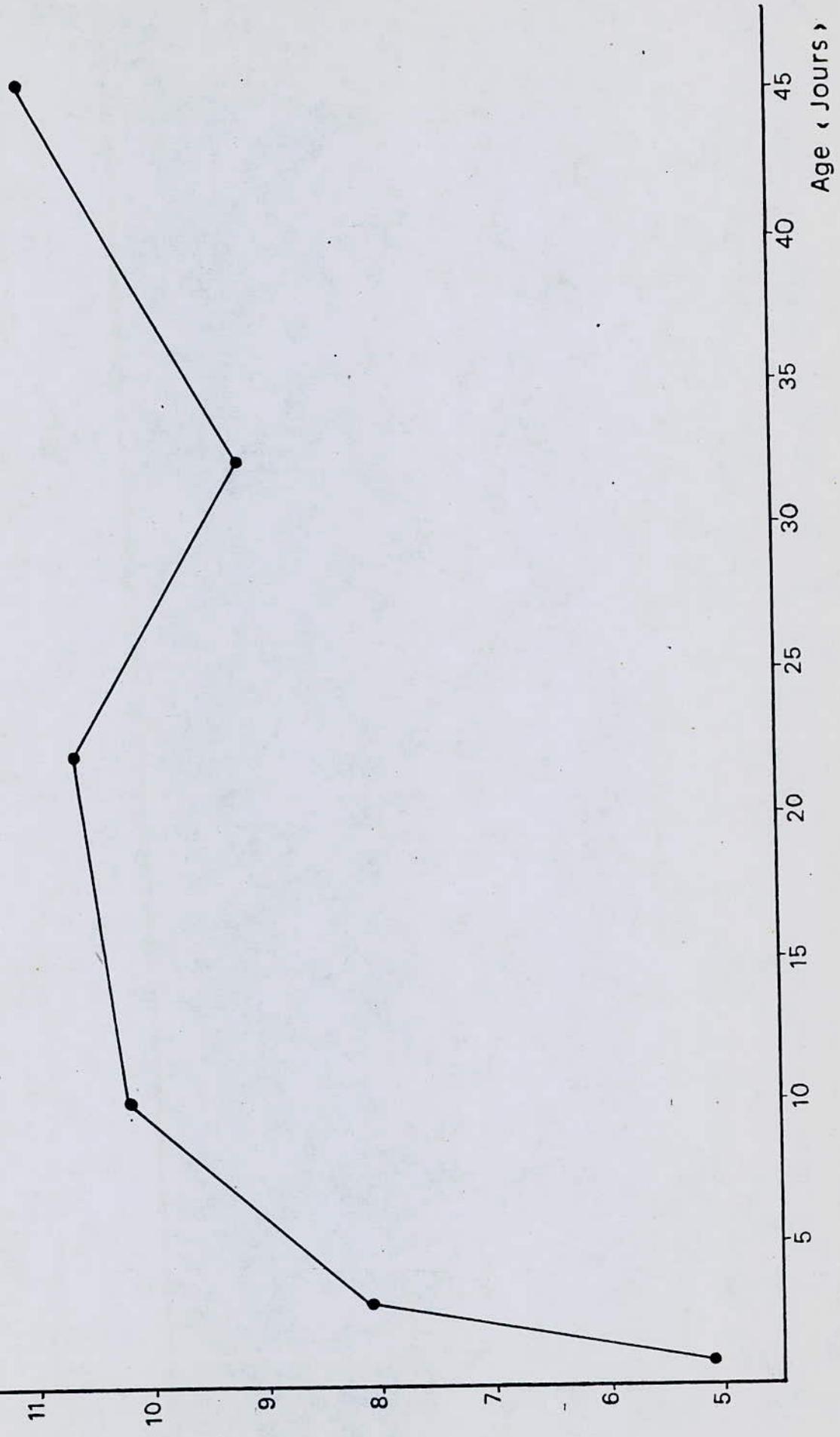
Le rapport C/N au début, élevé (26,69) à cause de la richesse de nos ordures en matière organique, diminue pour atteindre la valeur 16,12.

La détermination d'un rapport C/N limite, est souvent arbitrairement fixé à une valeur < 19 (norme (EAWAG) (9) Au-delà de cette valeur le produit peut être considéré comme ayant subi une bonne évolution.

Donc si on se réfère à cette norme, nous pouvons considérer que le compost de Blida présente un rapport C/N lui permettant d'être applicable en agriculture, en tenant évidemment compte des autres facteurs.

fig:11 - Evolution de la conductivité électrique en fonction du temps au cours de la fermentation

Conductivité  
Electrique  $10^{-3} \mu\text{s/cm}$



### 7.3.6. Matière organique.

Temps (jours)	1	3	10	22	32	45
Taux de matière organique totale	60,61	57,12	45,27	42,65	35,92	36,05

Nous constatons que le compost analysé est très riche en matière organique, il va jouer donc un rôle très important dans l'amélioration de la structure des sols et la stabilité de terres agricoles, il permettra en outre une meilleure perméabilité du sol à l'air et à l'eau.

Nous pouvons dire enfin qu'en Algérie, le recours à l'utilisation du compost urbain, reste le meilleur moyen pour assurer l'amendement des sols en matière organique.

### 7.3.7 Composition chimique du compost de Blida.

Eléments	Concentrations
Na <sub>2</sub> O	% 0,352
K <sub>2</sub> O	% 0,339
CaO	% 4,181
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% 0,550
Mg	% 0,15
Cu	ppm 4
Fe	ppm 10
Mn	ppm 19
Zn	ppm 11,85
Co	ppm 0,38
Gr	ppm 0,16
Cd	ppm 0
Pb	ppm 0

Nous remarquons que les teneurs en N, P, K ne sont pas suffisantes pour assurer les besoins des plantes, mais elles sont loin d'être négligeables. Ce qui nous mène à dire que le compost ne peut être considéré comme un engrais. Cependant nous remarquons qu'il est riche en calcium et magnésium, ce qui lui permet d'exercer un effet alcalinisant.

Nous constatons enfin que les concentrations en métaux lourds sont nettement inférieures à celles tolérées pour la norme AFNOR.

**CHAPITRE 8**

**FICHE TECHNIQUE**

**DE LA STATION DE COMPOSTAGE DE BLIDA**

L'Unité de compostage de Blida est située au Nord-Est de la Commune de Beni-Méred, Wilaya de Blida, s'étalant sur une superficie de 3,70 Ha.

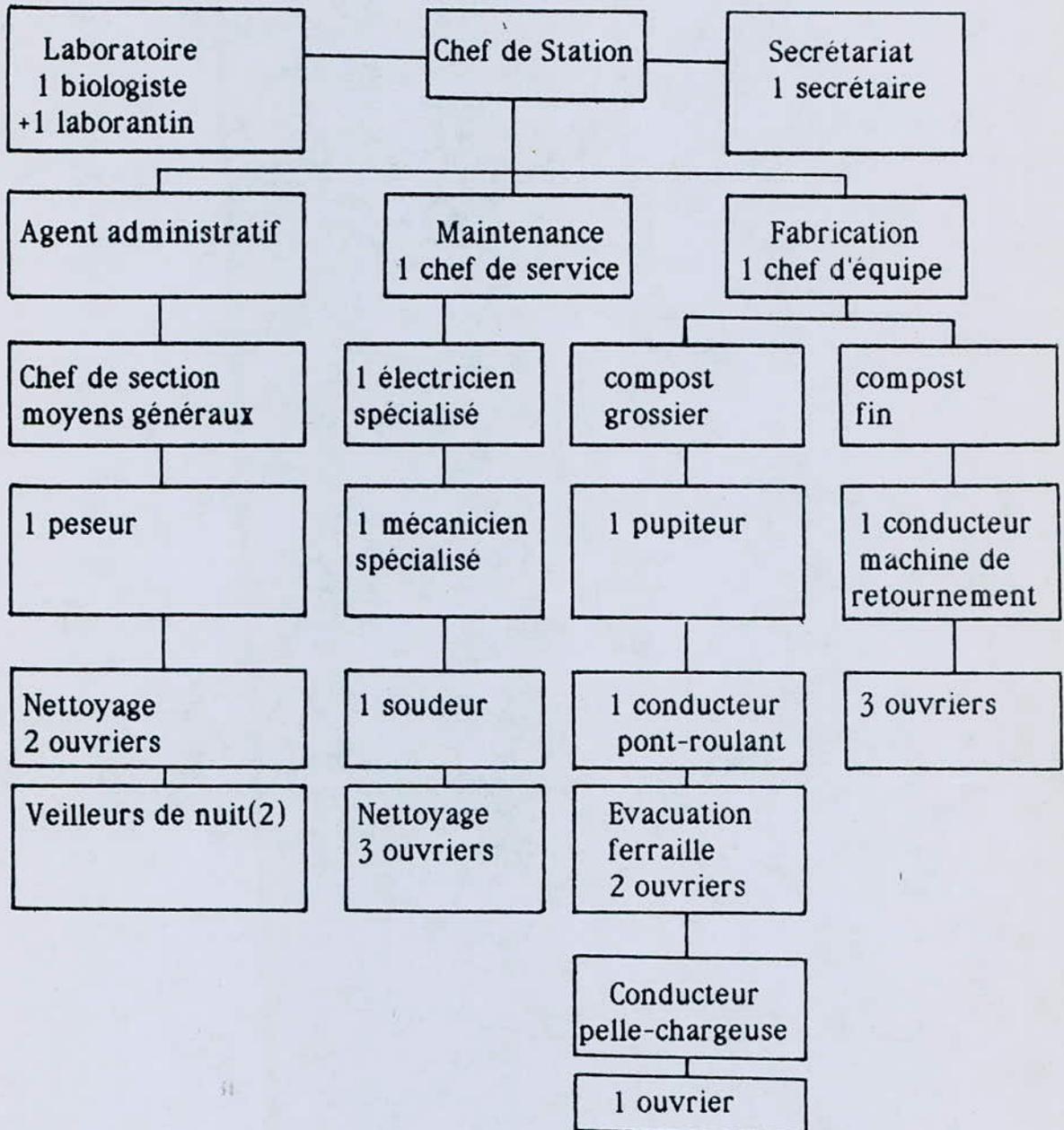
Cette dernière a une capacité de traitement de 100 T/J.

Le montant initial de la réalisation était de 16 000 000 DA puis réévalué à 36 706 000 DA

L'étude de l'équipement de cette unité a été confiée à l'ENCC en sous traitance avec un fournisseur étranger en l'occurrence R.M.T. (R.F.A.). Le Génie Civil a été réalisé par une entreprise sous tutelle du ministère de l'hydraulique (hydro-technique).

Cette unité a été mise en service en Mai 1989 et gérée actuellement par l'E P E de Médéa.

## 8.1 ORGANIGRAMME DU PERSONNEL DE LA STATION



## 8.2 EQUIPEMENTSTÉCHNIQUES

La station comprend :

- 1 pont bascule,
- 1 griffe,
- 1 broyeur de percussion,
- 1 cribleur rotatif,
- 1 cribleur oscillant,
- 1 broyeur à cylindre,
- 1 pelle chargeuse,
- 1 machine de retournement,
- 1 tracteur.

La station traite les ordures ménagères de sept communes en l'occurrence : Blida, Beni-Mered, Ouled-Yaiche, Chebli, Soumaâ, Guerouaou et Beni tamar.

### Tonnage moyen-journalier déversé par APC.

Blida	60T/J
Ouled Yaiche	14T/J
Beni-Mered	7T/J
Soumaâ	6T/J
Guerouaou	6T/J
Chebli	5T/J
Beni Tamou	6T/J

TABLEAU n°17 : Quantité d'ordures produites

APC	Nombre d'habitants (1990)	Quantité d'ordures produites (Kg/J /habitant)
Blida	147 055	0,40
Ouled Yaiche	29 896	0,47
Chebli	22 566	0,22
Beni-mered	11 888	0,59
Soumaâ	26 111	0,30
Guerouaou	9 563	0,63
Beni-tamou	16 488	0,36

Production du compst fin : 25 à 45 t /j

\* entre le 05/02/90 et 31/05/90 :

- production : 1000 tonnes
- demande en compost : 2 500 tonnes

Donc l'offre est inférieure à la demande.

Prix du compost : 100 DA la tonne.

Récupération.

- \* plastiques haute densité : 450 à 500 Kg/Jour
- \* plastiques basse densité : 1 à 1,5 tonne/jour

Prix : H.Densité : 3 DA/Kg  
B.Densité : 2 DA/Kg.

### 8.3 Difficultés.

- Moyens matériels insuffisants (camions, ambulances, chariots élévateurs. etc...)
- Absence de ligne téléphonique et télex.
- Manque de moyens de sécurité.

### 8.4 Perspectives.

- Réalisation d'un hangar pour la réception et la sélection des ordures ménagères.
- Mise en place d'un mélangeur boue - compost.

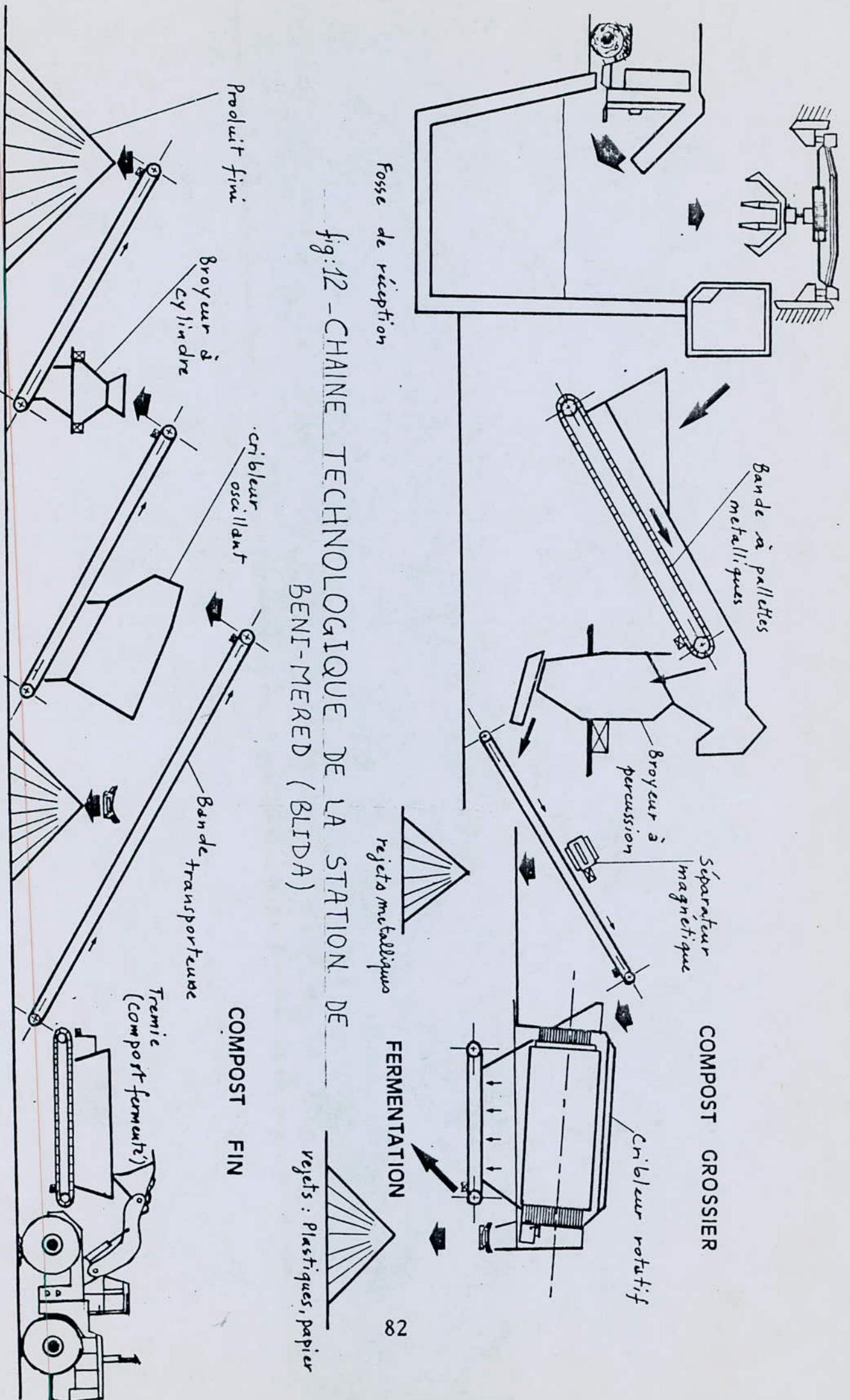


fig:12 - CHAINE TECHNOLOGIQUE DE LA STATION DE BENI-MERED (BLIDA)

## CONCLUSION GENERALE

S'il est bien effectué, le compostage des ordures ménagères auxquelles on peut adjoindre d'autres déchets organiques présente un intérêt certain à un triple point de vue

- Sur le plan écologique, le compostage des ordures suivi d'une utilisation agricole convenable est le mode le plus satisfaisant de stabilisation de la matière organique contenue dans les résidus. Leur biodégradation progressive ne donne en effet qu'un dégagement lent et diffus de CO<sub>2</sub>, contrairement à ce qui se passe lors d'une combustion. Dans une décharge d'ordure compactées, il n'y a pratiquement pas de fermentation des ordures ménagères qui sont en quelque sorte fossilisées.

- Sur le plan économique, la vente du compost, peut alléger de façon notable le coût du traitement des ordures ménagères.

- Enfin sur le plan agronomique, l'intérêt du compostage est réel bien que difficile à chiffrer financièrement. (23).

En définitive, pour que le compost corresponde mieux aux exigences des agriculteurs et pour qu'il soit élargie à diverses spéculations agricoles, il importe d'améliorer la qualité et quantité de ce produit et de parvenir à une meilleure définition de l'état de maturité de celui-ci.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 ABDELGHAFOUR 1984  
Etude de et amélioration au processus du traitement des ordures ménagères par compostage cas de la ville d'Alger
- 2 AFNOR R U44051  
Amendement organique - Dénomination et spécification.
- 3 AGHTM 1975.  
Les résidus urbains - collecte, traitement et nettoyage des voies publiques.
- 4 AGHTM 1980  
Les déchets ménagers collecte et milieu rural, broyage et compostage.
- 5 AGRONOMIE sciences des productions végétales et de l'environnement (volume 6 , n°7 1986).
- 6 J.ARCHAMBAUD 1962.  
Transformation des ordures ménagères en compost.
- 7 K.BENCHAALAL 1982.  
Contribution à l'étude de la réaction de quelques espèces maraichères au compost d'ordures ménagères obtenues sous climat méditerranéen
- 8 BENISTANT DANIEL 1978 I N R A (FRANCE)  
Caractérisation de la maturité des composts d'ordures ménagères.
- 9 BERNARS NICOLARDOT septembre 1979 I N R A (FRANCE)  
Valorisation des composts d'ordures ménagères.
- 10 A. CAMBOURNIER 1979.  
Enquêtes sur les déchets solides urbains
- 11 A.CAMBOURNIER 1979.  
Problématique de la collecte des déchets urbains.
- 12 M. COMES 1974.  
Traitement des ordures ménagères, le compostage.
- 13 Conseil populaire de la ville d'Alger 1985.  
Unité de compostage.

- 14 EX. DE BLIGNIRES  
L'eau l'industrie et les nuisances avril 1987.
- 15 FAO Bulletin Pédagogique de la FAO. (FAO 56) 1988.  
Aménagement du sol : production et usage du compost en milieu tropical et subtropical.
- 16 GEERS 1974.  
Les déchets solides : proposition pour une politique.  
Rapport du groupe d'étude sur l'élimination de déchets solides.
- 17 R.GILLET 1979.  
Compostage des ordures ménagères.
- 18 R.GILLET 1981.  
Gestion de déchets solides, 1ère partie. Résidus urbains.
- 19 R.GILLET Copenhague 1985.  
Traité de gestion des déchets solides - volume 1.  
Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales.
- 20 H.B. GOTTAS 1959.  
Compostage et assainissement.
- 21 MICHEL MUSTIN 1987.  
Le compost : Gestion de la matière organique  
Ed. : Française Dubusc Paris.
- 22 Patrice P E GUET 1985  
Traitements actuels des ordures ménagères et perspectives.
- 23 B.POMMEL et C. JUST  
Valorisation agricole de déchets.  
1 - Le compost urbain - Ministère de l'Agriculture et de l'environnement
- 24 D. PuRVES  
Trace élément of the environnement  
Ed ELSEVIER scientific, Amsterdam
- 25 R.REHI.  
Elimination des ordures ménagères de la municipalité de Blida.  
Décharge contrôlée ou compostage.
- 26 Le compost urbain M. ROUMENS 84

- 27 M. SARAG 1980.  
Contribution à l'étude de la valorisation agronomique des composts urbains sous climat méditerranéen.  
INP de LONCIRE
- 28 J.SCHULMANN 1979  
Problèmes relatifs aux déchets solides en Algérie et approche de la solution de ces problèmes.
- 29 Technique de l'ingénieur  
Résidus urbain C 770 - C 772.

