

Réseau National des Acteurs de l'Agroécologie du Togo



**Manuel de formation des formateurs sur la production de biofertilisant
organique à partir du modèle
Composteur modélisé et biodigesteur TMSU International**

Table des matières

Introduction.....	3
1. Objectifs	4
2. Les modules	4
.....	5
INTRODUCTION	6
1. Définition du compostage	6
2. Pourquoi composter ?.....	6
3. Fertilisation : matière organique et compost.....	7
4. Matière organique et processus ayant lieu dans le sol.....	7
5. Le processus de compostage.....	8
• Phase de maturation.....	10
6. Les matières organiques	10
7. La pratique du compostage.....	11
Exemples des matériaux riches en azote :	11
Exemples de matériaux riches en carbone :	12
8. Les organismes décomposeurs.....	13
a) Les micro-organismes	13
b) Les macro-organismes.....	14
c) Autres facteurs de décomposition, l’Air et l’humidité	16
d) Humidité	16
-Test d’humidité.....	16
e) Le produit fini du compostage	16
9. Le modèle de compostage du projet DIOAT	18
MODULE 2 : BIODIGESTEUR	21
10. Qu’est-ce que le biogaz?	22
11. Les produits d’un digesteur.....	23
1. Connaissances sur le fonctionnement de la biologie d’un digesteur Etapes biologiques de la méthanisation	23
12. Les principaux problèmes biologiques	26
13. Valeur agronomique et fertilisante du digestat.....	28
13-1 - Valeur agronomique	28
13-2 Valeur fertilisante	28
Conclusion.....	30

Introduction

Les modes de production agricole pour le développement des cultures sont des facteurs de productivité et de réussite pour le paysan ou le producteur. Il peut en tirer tous les bénéfices économiques, sociales, environnemental et pédologique. Le sol peut maintenir sa fertilité de production ou être restauré et assumer toutes les fonctions assignées. De même ces modes de production peuvent participer à la dégradation du sol, lui faire perdre son humus et sa structure. Les éléments dont les cultures ont besoin pour leur croissance et leur bonne productivité sont les éléments organiques et les éléments minéraux tirés du sol mais aussi d'autres éléments comme la température, la lumière, l'eau et le CO₂ de la nature. Les éléments organiques qui se minéralisent à travers l'eau et les sécrétions des plantes pour constituer l'humus qui alimente les plantes et l'ensemble des cultures sur le sol. Lorsque le sol perd cette matière organique, il perd toute la fertilité et les productions sont faibles en fin de saison. La perte de la matière organique par le sol dépend largement du mode de production en préparation du sol, au techniques culturales et au mode de récolte adoptés par le paysan ou le producteur. La déforestation, les feux de brousse, les labours, l'usage de produit chimique de synthèse sont des facteurs qui participent à la dégradation du sol par la perte de la matière organique. Pour réparer cette structure du sol, le paysan arrête la déforestation, les feux de brousse, l'usage des produits chimiques de synthèse mais aussi adopte les bonnes pratiques culturales et fait un apport nécessaire de compost en fonction du niveau de dégradation et des types de cultures.

Le compostage pour produire du compost est un processus naturel de décomposition des résidus de végétaux et de déjection animale pendant une durée relativement longue. Il a plusieurs avantages, l'augmentation de la capacité de rétention de l'eau du sol, l'amélioration de la structure du sol, l'amélioration le niveau de productivité des sols, la libération progressive des substances nutritives du sol, la résistance des plantes aux maladies, le développement des différentes cultures. Les décomposeurs, macroorganismes et microorganismes sont les principaux artisans du processus de dégradation de la matière organique. Le compostage sur ferme peut se faire de plusieurs manières pour disponibiliser le compost et l'utiliser en tout temps au besoin. Le paysan peut produire du compost en tas, du compost en fausse fumière, du compost en bac ou en compostière et la durée de maturation du compost est relativement longue, compost de 3 mois, de 1 mois, de 21 jours, de 14 jours et de 10 jours en fonction de la nature des matières à décomposer. La qualité du produit fini aussi dépend des matières premières utilisées, leur origine et leur pouvoir minéralisant. Dans le contexte togolais, le besoin de disposer des professionnels sur le compostage et la commercialisation se fait récurrent car les terres sont dégradées et les paysans ont du mal à produire le compost in situ et l'utiliser pour répondre au besoin.

Sur le projet de promotion des pratiques climato intelligentes de production agricole sur le territoire Togolais – Disponibilisation des intrants organiques à l'échelle du territoire, le réseau national des acteurs de l'agroécologie du Togo RéNAAT et TMSU international en partenariat avec le réseau FAR, l'association TERRE et HUMANISME, l'agence française de développement AFD mettent en place le modèle de compostage de courte durée 14 Jours avec un dispositif biodigesteur-broyeur-composteur modélisé. Ce dispositif à trois composante permet de disposer d'un compost de qualité et répondre au besoin des producteurs.

Ce manuel produit est un manuel des formateurs pour comprendre le dispositif de compostage et former les producteurs sur les avantages de l'usage du compost et les modes d'application.

1. Objectifs

L'objectif de ce manuel est de vulgariser le compostage par le dispositif biodigesteur-broyeur-composteur modélisé, d'améliorer la fertilité des terres par l'épandage du compost, d'expliquer le processus de biodigestion et de compostage, de donner aux formateurs les éléments nécessaires pour produire convenablement le compost par le dispositif et de faciliter la formation des producteurs sur l'usage du compost et ses avantages.

2. Les modules

Deux modules sont développés dans le manuel, le module sur le biogigesteur, le module sur le compostage à partir du composteur modélisé TMSU International avec les valeurs structurelle et fonctionnelle du compost a base du dispositif biodigesteur-broyeur-composteur modélisé

MODULE 1 : COMPOSTAGE



INTRODUCTION

La dégradation biologique est l'œuvre d'un ensemble d'organismes vivants (les microorganismes, ver de terre) qui participent à la dégradation des matières organiques. Cette décomposition s'opère de façon naturelle qu'on le veuille ou pas.

La décomposition contrôlée contrairement au processus de décomposition naturelle ou la nature est laissée à elle-même, elle est favorisée par différents moyens de décomposition de la matière organique dans le compostage.

1. Définition du compostage

Le compostage est donc la production rapide et contrôlée du compost à partir des matières biodégradables.

Le compost est un composé stable comparable à de l'humus, stable parce qu'il ne peut plus suivre la décomposition et donc les éléments nutritifs peuvent être libérés dans le sol et ce sans danger pour les plantes et pour l'environnement.

2. Pourquoi composter ?

La décomposition en absence d'oxygène entraîne la formation du biogaz tels que le CO₂ et le méthane CH₄ qui sont deux gaz à effet de serre responsables importants des changements climatiques qui affectent notre planète. Ces gaz peuvent être maîtrisés par le compostage contrôlé, ou la production du biogaz dans un biodigesteur.

Dans les lieux d'enfouissement sanitaires par exemple les matières putrescibles qui se décomposent en l'absence d'air produisent des acides qui vont se mélanger avec l'eau des nutriments, ou de la pluie pour former un liquide appelé lixiviat dissout. Ce liquide entraîne des contaminants solides appelés les métaux lourds qui se déversent dans les fleuves, les rivières, très dangereux pour la santé humaine.

- * Le compost sert d'engrais biologique qui fertilise, restaure le sol et nourrit la plante.
- * Composter permet aussi de faire le recyclage des déchets dégradables et donc un geste écologique nous permettant d'être éco-responsable.
- * Pour vivre, une plante a besoin d'éléments majeurs comme le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le soufre et d'éléments mineurs comme le bore, le cuivre, le fer, le manganèse, le chlore.
- * L'azote est un élément essentiel pour une bonne croissance des tiges, des feuilles des plantes et leur donne une couleur vert-foncée. Le manque de cet élément donne des plantes peu développées avec un feuillage réduit de couleur jaune pâle ou vert jaune.
- * Le phosphore assure un bon développement des plantes surtout de leurs racines et joue sur la maturité et la précocité des récoltes des fruits ou des légumes. Une carence en phosphore provoque un développement tardif de la plante, des feuilles vert pale, violacées ou bronzées, une production lente des fleurs et donc des fruits, une maturation lente un mauvais développement des fruits et des graines.

- * Le phosphore favorise le transport des matières de réserve dans la plante ainsi que le développement des racines bulbes, tubercules et accroît la résistance aux maladies. C'est un élément d'équilibre et de santé. La carence en cet élément s'observe d'abord sur les vieilles feuilles qui développent des feuilles brunes ou grises près de leur bord, parfois on observe aussi des brûlures sur la bordure des feuilles.
- * La plante utilise le carbone, l'oxygène et l'hydrogène de l'air et de l'eau du sol mais les autres éléments doivent se trouver en solution dans le sol pour qu'elle puisse les utiliser. La présence et la disponibilité de ces éléments dans le sol en déterminent la richesse naturelle. Malheureusement la plupart des sols au Togo sont très pauvres de nos en plusieurs de ces éléments et il faut donc les apporter en quantités suffisantes pour permettre une bonne croissance et donc une bonne production des cultures d'où la production du compost.

3. Fertilisation : matière organique et compost

La présence de matière organique dans le sol est primordiale pour maintenir la fertilité du sol et pour réduire les pertes de substances nutritives.

Le compost est un engrais organique, qui ajoute de la matière organique et des substances nutritives au sol. Afin de fournir rapidement aux cultures les substances nutritives requises, un engrais artificiel pourra être nécessaire. Contrairement aux engrais organiques, des engrais chimiques profitent immédiatement aux plantes ; il faut que les engrais organiques soient transformés d'abord en substances nutritives (par l'action des organismes du sol) avant que les plantes soient en mesure de les utiliser. Cependant, les engrais chimiques sont tous utilisés en fin de la saison, tandis que la matière organique continue à améliorer la fertilité du sol, la structure du sol et la capacité de rétention de l'eau. De plus, la présence de matériau organique permet l'utilisation plus efficace de l'engrais chimique par la plante. La matière organique retient les substances nutritives des plantes et ainsi empêche le lessivage de l'engrais. En fait, il est question d'un gaspillage d'argent quand on applique un engrais chimique sur un sol qui contient très peu de matière organique, si l'application n'est pas accompagnée par des mesures visant l'augmentation du niveau de matière organique dans le sol.

4. Matière organique et processus ayant lieu dans le sol

La matière organique dans le sol se compose de matière organique fraîche et de l'humus. De matière organique fraîche peut provenir des matériaux des plantes (mortes), des excréments d'animaux, des cadavres, etc. La matière organique fraîche est transformée en matière organique fine et humus par l'action des micro-organismes. L'humus donne une couleur foncée au sol et permet de retenir des substances nutritives et de l'eau. Il n'est pas facilement décomposable de plus. La fine matière organique, et l'humus en particulier, possèdent les propriétés suivantes :

- elle améliore la structure du sol ;
- elle améliore la résistance du sol à l'action érosive des pluies ou du vent ;
- elle peut retenir l'eau et la libérer lentement aux plantes (capacité d'emmagasinement de l'eau) pendant une période plus longue ;

- elle peut retenir des substances nutritives du sol et les libérer lentement aux plantes pendant une période plus longue ;
- elle contient les substances nutritives importantes : azote (N), phosphore

(P) et potassium (K), qui viendront à la disposition des plantes après décomposition. Ce sont principalement des micro-organismes qui décomposent directement une partie de l'humus en dioxyde de carbone, en eau et en substances nutritives pour la plante. Ce processus s'appelle la minéralisation. La minéralisation libère des substances nutritives qui peuvent être directement assimilées par les racines des plantes.

La vitesse de formation de l'humus et de la minéralisation dans le sol dépend d'un certain nombre de facteurs. Sous un climat chaud, les micro-organismes sont plus actifs et la matière organique se décomposera plus rapidement que sous un climat froid. Le degré d'acidité du sol ainsi que la composition de la matière organique, l'humidité et la disponibilité de l'oxygène ont également une grande influence sur la vitesse de décomposition.

Pour la fabrication de compost, on peut utiliser toutes sortes de matériaux organiques, pourvu qu'ils ne soient pas toxiques. De cette façon, on réutilise souvent des déchets ou des excédents. Mais il faut d'abord s'assurer que les matériaux appropriés à la fabrication du compost ne sont pas plus utiles pour autre chose, par exemple pour le fourrage du bétail.

5. Le processus de compostage

Comme décrit dans le paragraphe sur la matière organique dans les processus ayant lieu dans le sol, le processus de compostage se produit dû à l'activité des micro-organismes (bactéries) et d'autres organismes plus grands tels que des vers et des insectes. Ceux-ci nécessitent certaines conditions pour pouvoir vivre. Elles comprennent l'humidité et l'air. Pour faire du compost de la façon la plus efficace, il faut que les micro-organismes soient en mesure de travailler le mieux possible. C'est à dire que les quatre facteurs suivants doivent être combinés d'une façon optimale : type de matière organique, air, humidité, température.

Le taux de l'acidité (pH) est souvent mentionné aussi comme facteur déterminant. L'acidité dépend de l'apport d'air et d'humidité. Un tas de compost qui est bien construit deviendra rarement trop acide.

Le processus de compostage sera optimal lorsque :

- de matériaux variés qui ont différentes vitesses de décomposition sont associés
- les différents matériaux sont bien mélangés ;
- la taille du tas varie entre 1 mètre sur 1 et 3 mètres sur 3. Ceci permet de maintenir la température à un niveau constant à l'intérieur du tas.

Un bon processus de décomposition passe par 3 phases consécutives :

- une phase d'échauffement (fermentation) ;
- une phase de refroidissement ;
- une phase de maturation.

Ces différentes phases sont difficiles à discerner les unes des autres parce que le processus se déroule très progressivement.

- Phase d'échauffement

Au cours de la première phase du compostage, on assiste à une production de chaleur dans le tas de compost. C'est ce qu'on appelle fermentation, et c'est le résultat de la décomposition des structures de fibres dures et complexes de la matière organique. C'est au centre du tas de compost que ce processus de fermentation (décomposition) est le plus important.

Pour bien faire démarrer la phase de fermentation, il est important de considérer un certain nombre d'aspects. Premièrement, le tas de compost doit se composer de différentes sortes de matériaux organiques. Deuxièmement, il faut que les micro-organismes appropriés soient présents. Troisièmement, il est très important qu'il y ait une quantité suffisante d'oxygène et d'eau. Si ces trois conditions sont réunies, la production de chaleur commencera rapidement.

Au cours de la fermentation, les micro-organismes se multiplient et se transforment rapidement, ce qui augmente la production de chaleur. C'est ainsi que commence un processus qui s'accélère de lui-même. La phase de fermentation débute le plus souvent au bout de 4 à 5 jours et peut durer de 1 à 2 semaines. La fermentation est maximale lorsque la température dans le compost est de 60-70°C. Des températures trop élevées peuvent détruire les micro-organismes utiles ou efficaces et stopper le processus de décomposition.

La fermentation a, grâce à sa température élevée, également une action purifiante.

Un certain nombre de germes pathogènes (pour l'homme, les animaux ou les plantes) qui se trouvent dans la matière organique sont détruits.

On entend souvent dire que le processus de fermentation détruit les graines et les racines de mauvaises herbes. Cependant, dans la pratique ceci ne se passe guère. Beaucoup de graines de mauvaises herbes ne sont pas détruites dans un tas de compost normal, parce que la température n'y est pas assez élevée. Il existe même certaines mauvaises herbes dont le pouvoir germinatif est augmenté.

- Test de température

Voici une façon simple de savoir si le processus de fermentation a commencé : environ cinq jours après avoir achevé le tas de compost ou après l'avoir retourné pour la dernière fois, y enfoncer un bâton jusqu'au centre. L'y laisser de 5 à 10 minutes. Le tâter dès qu'il est retiré du tas. Il doit être nettement plus chaud que la température de votre corps (de 60 à 70°C). S'il est moins chaud que votre température, c'est que la phase d'échauffement n'a pas commencé. Cela peut être dû aux matériaux utilisés ou à l'aération.

- Phase de refroidissement

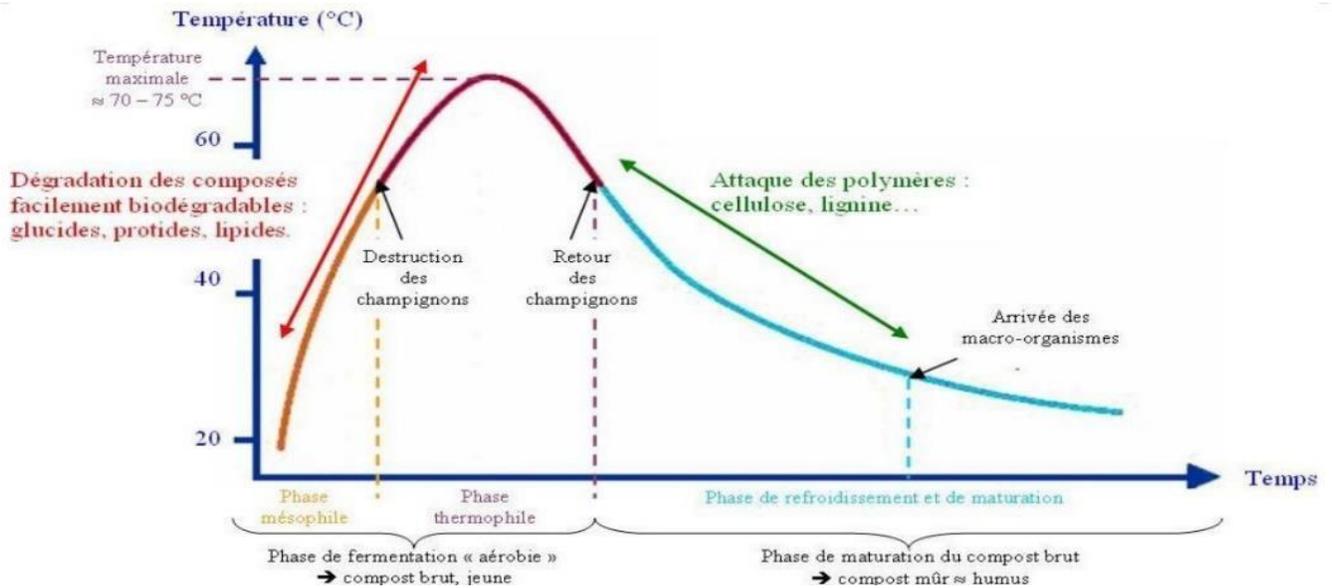
La phase de fermentation se transforme progressivement en phase de refroidissement. La décomposition a lieu sans dégagement de chaleur important, si bien que la température du tas de compost baisse lentement. Au cours de cette phase, de nouvelles sortes de micro-organismes transforment les composants organiques en humus. Le tas reste moite et chaud en son centre, et la température baisse de 50°C à environ 30°C. En régularisant la température ainsi que l'apport d'air et d'eau, on peut accélérer ou ralentir le processus. La durée de la phase de refroidissement dépend de la manière dont le tas est construit, des matériaux utilisés, de l'entretien du tas, du climat, etc. Le plus souvent, elle dure quelques mois, mais dans les conditions les plus défavorables, elle peut durer jusqu'à un an.

- **Phase de maturation**

Dans cette phase finale du processus de décomposition, la température baisse jusqu'à atteindre la même température que le sol, selon le climat entre 15 et 25°C.

En plus des micro-organismes déjà cités, on voit intervenir au cours de cette phase des animaux un peu plus gros qui vivent dans le sol. Dans les régions tempérées, ce sont surtout les vers de terre qui se nourrissent de matières organiques fortement décomposées, et contribuent ainsi au processus de décomposition. Des régions tropicales aux régions semi-arides, ce sont surtout les termites qui jouent un rôle important, bien qu'elles puissent causer aussi beaucoup de problèmes. On ne peut jamais vraiment dire que cette phase est terminée ; le processus de décomposition peut continuer indéfiniment à un rythme très lent. Le compost est prêt à l'utilisation quand il est meuble et quand il a l'aspect d'une belle terre organique brune/noire.

SCHEMA ILLUSTRATIF DES DIFFERENTS ETAPES DE LA DEGRADATION DE LA MATIERE EN FONCTION DE LA TEMPERATION PAR RAPPORT AU TEMPS



6. Les matières organiques

En général, on peut utiliser n'importe quelle matière organique provenant de plantes ou d'animaux. Il est essentiel de mélanger de vieux matériaux durs et difficilement décomposables (restes des plantes, des rameaux) avec des matériaux jeunes et succulents, facilement décomposables (des fruits, feuilles de légumes, feuilles jeunes). C'est dû au fait que différentes sortes de matière

organique contiennent différentes portions de carbone (C) et d'azote (N). Les micro-organismes responsables de la décomposition de la matière organique ont aussi besoin du carbone et d'azote pour leur fonctionnement. En général, les teneurs en azote dans le matériau jeune et vivant facilement décomposable sont faibles tandis que les teneurs en carbone y sont importants. Du matériau dur et mort décompose lentement et contient une teneur élevée en carbone mais des teneurs basses en azote. Une quantité trop petite de matériau riche en azote entraîne le ralentissement du processus de décomposition, une quantité trop élevée entraîne l'acidification et la puanteur du tas.

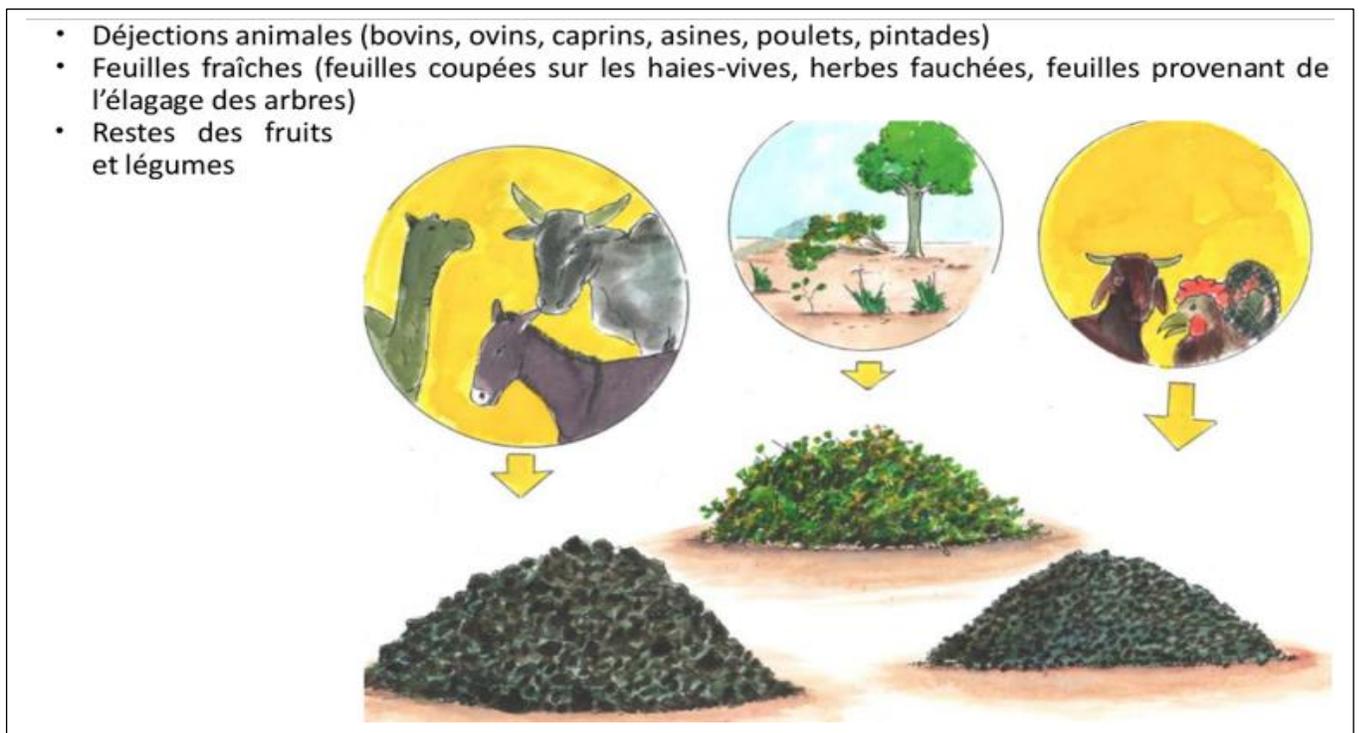
7. La pratique du compostage

Les aspects importants de la fabrication de compost sont expliqués. Il faut prêter attention à la composition du matériau organique et l'emplacement du composteur.

Pour démarrer une production du compost, le rapport idéal de carbone et d'azote est : $C/N = 25-30 / 1$

Des matériaux riches en azote :

Plusieurs matériaux d'origine végétale et animale sont riches en azote et rentrent le processus de compostage.



Exemples de matériaux riches en azote

Des matériaux riches en carbone :

Plusieurs matériaux d'origine végétale et animale sont riches en carbone et rentrent le processus de compostage.

Feuilles mortes, résidus végétaux de maïs, pailles sèches, son de riz, de canne à sucre, de riz, etc., rameaux, sciure, pulpe de café, carton, etc



Exemples de matériaux riches en carbone

Tableau 1 : Exemple du rapport C/N pour quelques matériaux.

<i>Matériaux</i>	Rapport C/N
Sciure	jusqu'à 400
Tiges de maïs	50-150
Paille	50
Légumes et fumier animal	20-30
Fumier avec les matériaux de litière	20-25
Foin de légumes	15
Excréments d'animaux	15

Faire attention aux matériaux toxiques. L'utilisation de matière organique provenant de plantes traitées avec des pesticides chimiques en est un exemple : elle peut avoir des effets négatifs sur le processus de décomposition et sur la qualité du compost. De plus, il vaut mieux que le matériau organique contienne le moins de germes pathogènes possible, tels que la rouille ou des virus. Beaucoup de germes pathogènes ne peuvent pas être détruits au cours de la phase de fermentation, et le cycle continuerait si on répandait ce compost sur les terres comme fumier. Le plus souvent, c'est un manque de matériau facilement décomposable qui est la cause d'une transformation lente dans le tas de compost.

Il peut même arriver que le tas devienne inactif. Cela se remarque à la baisse de la température au cours de la phase de fermentation, par exemple au bout de deux jours. Un tas de compost dans lequel on a mis trop de fragments de plantes jeunes (qui se décomposent facilement) se met en route lentement et s'acidifie rapidement. Un tas de compost acidifié pourrira et sentira mauvais. Le processus de décomposition se déroule alors très lentement, et le compost sera de qualité inférieure. C'est l'association de feuilles jeunes ou de fumier (facilement décomposables) aux fragments de plantes ligneuses (difficilement décomposables) qui donne le plus rapidement un bon compost.

8. Les organismes décomposeurs

Le compost est un milieu de vie dans lequel entrent en jeu une grande diversité d'organismes vivants. Ceux-ci se divisent en deux (02) grands groupes :

-Les micro-organismes

-Les macro-organismes

a) Les micro-organismes

Ce sont des organismes les plus actifs dans le processus de décomposition, ils sont si microscopiques qu'il n'est pas possible de les voir à l'œil nu. Les principaux organismes qui interviennent dans la décomposition de la matière organique sont :

- Les bactéries

Elles sont des organismes unicellulaires très diversifiés de par leur taille et leur forme. Elles sont très abondantes dans la matière organique en décomposition. Les bactéries seraient responsables de 80 à 90% de l'activité microbienne lors du compostage actif puisqu'elles ont besoin du carbone et de l'azote et les trouvent facilement dans la matière en organique. De plus elles se multiplient rapidement.

- Les champignons

Les champignons des organismes pluricellulaires constitués de la plupart du temps d'un filament qu'on appelle le mycélium. Ils se nourrissent de matériaux morts ou en décomposition, ils sont moins nombreux que les bactéries et les actinomycètes. Ce sont les bactéries qui rendent accessible leur nourriture. Les champignons restent en périphérie du compost car ils détestent les températures extrêmes.

- Les actinomycètes

Ils sont des micro-organismes qui possèdent des caractéristiques rappelant à la fois les bactéries et les champignons. Ce sont en quelque sorte des bactéries filamenteuses. Ils sont les deuxièmes les plus nombreux dans le compost après les bactéries. Notons que les micro-organismes ne sont pas confortables dans des conditions d'humidité et d'acidité (pH moins de 5) importantes. Ils prennent

le relais à la fin de la décomposition s'attaquant principalement aux matières organiques plus résistantes, telles la cellulose et la lignine dont est constitué principalement le bois. Ils produisent souvent des antibiotiques naturels qui bloquent la croissance des bactéries.

Enfin ce sont eux qui assurent la bonne odeur d'humus au compost.

b) Les macro-organismes

Ils sont visibles à l'œil nu et participent à la dégradation de la matière organique. On y retrouve :
-Les lombrics

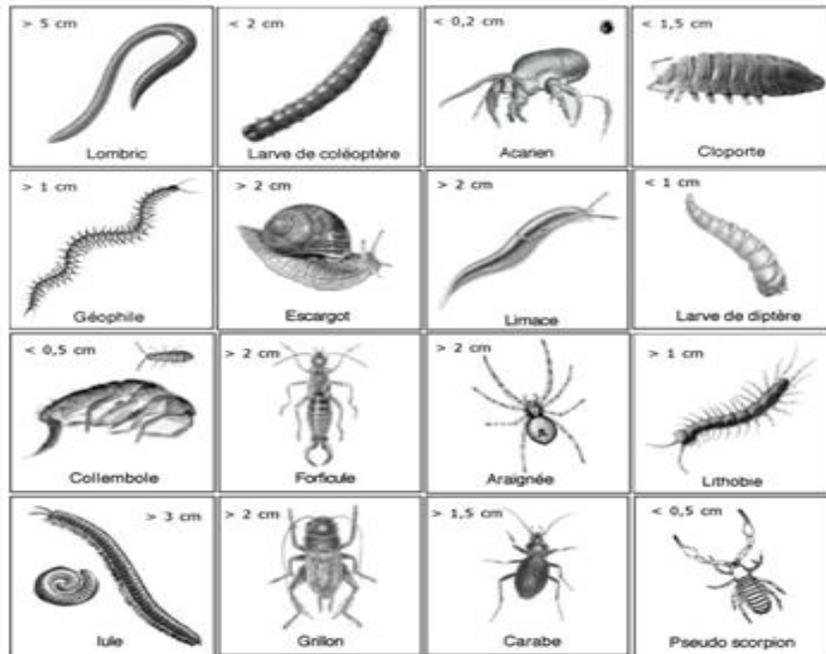
Encore appelés vers de terre, ce sont de macro-organismes du compost dont l'action est la plus importante. Les vers digèrent la matière organique et par la suite leurs excréments contribuent à favoriser un milieu idéal pour les activités des microorganismes. De plus les vers créent de petits tunnels qui favorisent le processus de décomposition en améliorant les conditions d'aération. Le vers de terre est plus efficace en tant que laboureur.

-Les insectes

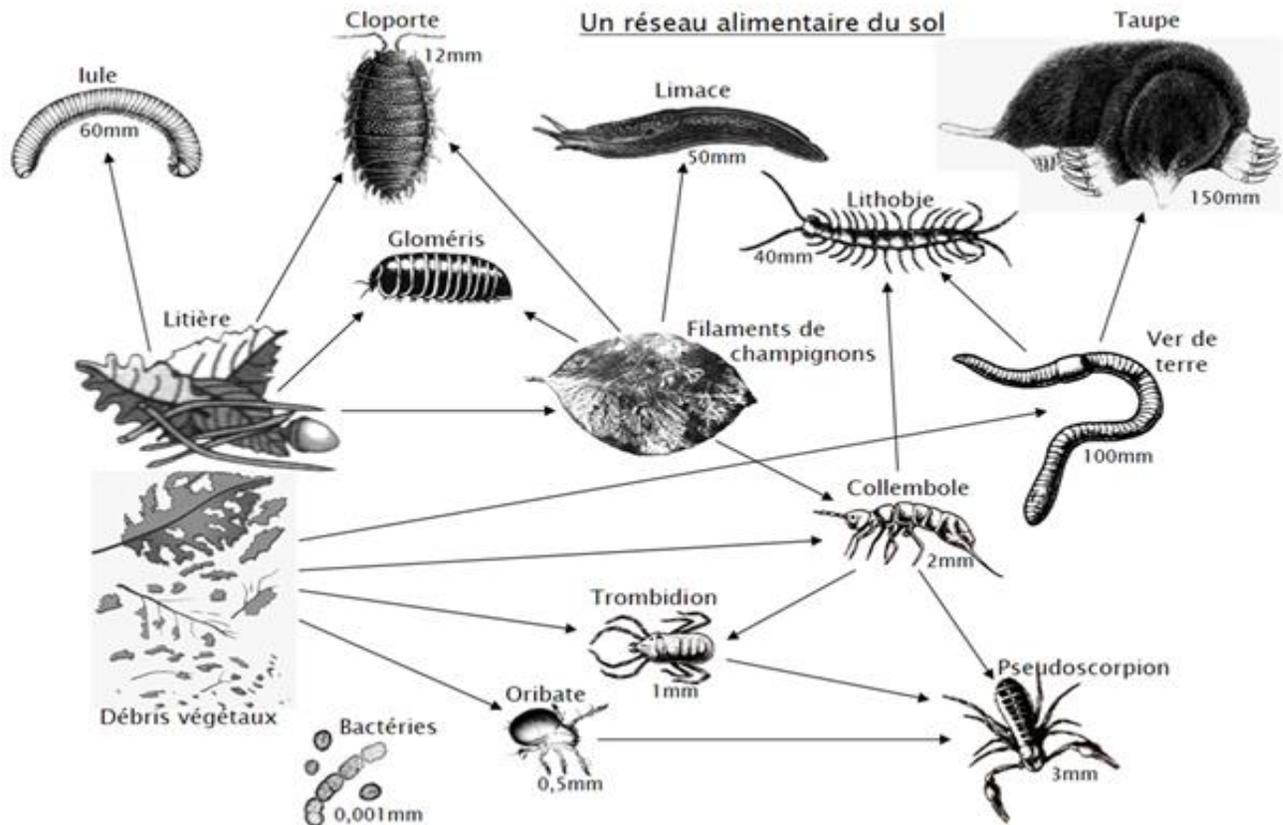
Parmi les insectes on retrouve les collemboles qui participent à la décomposition durant tout le processus de compostage. Ils se nourrissent principalement de champignons bien qu'ils dévorent aussi les nématodes, les acariens...

On n'y retrouve aussi plusieurs qui s'attaquent aux limaces, aussi des mouches, des fourmis, des perce-oreilles qui y participent.

Par ailleurs on y retrouve des acariens (ronds, souvent rouges a 04 paires de pattes) qui se nourrissent de levures dans le compost, leur présence en abondance indique qu'il est temps d'aérer le compost ; des gastéropodes qui sont des limaces et des escargots ne s'attaquent qu'aux plantes vivantes et aussi aux débris végétaux, des myriapodes qui sont les mille-pattes, les scolopendres s'attaquent à la matière organique en décomposition et aux limaces. Les crustacés terrestres comme le cloporte se nourrissent des végétaux coriaces dans le compost, les matériaux ligneux pourris, les nervures de feuilles et enfin les nématodes qui sont de minuscules vers qui ont de préférence alimentaires très variables, ils s'attaquent souvent aux insectes lorsque le compost arrive à un stade très avancé.



Les décomposeurs qui participent au processus du compostage et assurent la fertilité du sol par la production de l'humus



Relation trophique entre la flore et la faune du sol

c) Autres facteurs de décomposition, l'Air et l'humidité

- L'air

Les micro-organismes qui vivent dans le compost demandent de l'oxygène pour survivre et pour transformer le matériau organique. Le dioxyde de carbonique qui est produit par les microorganismes à la suite de leur activité doit sortir par le courant d'air. Si le tas ne contient pas suffisamment d'air, les micro-organismes utiles ou efficaces ne survivront pas. D'autres microorganismes n'ayant pas besoin d'oxygène se développeront bien ensuite et la décomposition du matériau organique ralentira. Afin de s'assurer qu'il y ait suffisamment d'air dans le tas, des trous d'aération sont incrustés sur le composteur modélisé.

d) Humidité

Les micro-organismes ont besoin d'humidité pour vivre et pour se distribuer à travers le tas. L'activité des organismes se ralentira si le tas est trop sec. Mais si le tas devient trop humide, il n'aura pas assez d'air et les organismes de décomposition mourront. De ce fait, un processus de fermentation plutôt qu'un processus de compostage aura lieu dans le tas. Il faut une certaine expérience pour apprécier la quantité d'eau qui est nécessaire.

-Test d'humidité

Le taux d'humidité d'un tas de compost peut être très facilement testé en enfonçant une petite botte de paille ou un bâton dans le tas. Le taux d'humidité est bon si, au bout de 5 min, la botte de paille est moite. Si la botte de paille est toujours sèche au bout de 5 min, c'est que le taux d'humidité est trop bas. Un tas de compost trop sec doit alors être arrosé régulièrement.

Le mieux est d'utiliser un arrosoir ou une boîte de conserve percée de trous. On peut verser soit de l'eau pure, soit un mélange de 1 dose d'urine et de 4 doses d'eau. L'urine augmente la croissance des micro-organismes.

Si des gouttes d'eau restent accrochées aux brins de paille ou au bâton, le compost est trop humide. Il faut alors l'ouvrir immédiatement. Le matériau étalé peut sécher au soleil. On peut aussi le mélanger avec des matériaux secs. Après quelque temps, on pourra le remettre dans le composteur. Dans les deux cas (humidité trop faible ou trop forte), il faut recommencer le test au bout de quelques jours.

e) Le produit fini du compostage

Le produit fini du processus du compostage est le compost mur prêt à être appliqué sur le sol. Un compost mûr a une forme homogène, sans gros morceaux. La couleur doit être sombre, presque noire. Il doit avoir une texture friable et fine proche du terreau pour être utilisé. Enfin, une odeur d'humus de sous-bois doit se dégager de l'ensemble. Il contient les éléments fertilisants biologiques prêts à se minéraliser pour nourrir les plantes. Son application varie en fonction du degré de dégradation des sols et des types de cultures à faire. Il assure plusieurs avantages pour le sol, les cultures et un intérêt économique pour le paysan.



Compost mûr prêt pour utilisation



Epandage du compost sur le sol

9. Le modèle de compostage du projet DIOAT

Le modèle de compostage mis en place par le projet DIOAT en partenariat avec TMSU International est un modèle qui crée les conditions pour accélérer le même processus de compostage et obtenir un produit riche en éléments agronomiques et fertilisants. Il se base sur des équipements installés qui utilisent les mêmes matières organiques entrant dans la décomposition ou le compostage. Il s'agit d'un broyeur et du composteur modélisé.

Description Technique :

Le broyeur multifibre est conçu spécialement pour le broyage efficace de matières organiques destinées au compostage ou à être introduites dans un biodigesteur. Doté d'un puissant moteur et d'un système de broyage robuste, il peut traiter une variété de matériaux tels que les déchets de jardin, les branches, les résidus alimentaires et d'autres matières organiques.

Grâce à sa conception avancée, il réduit rapidement les déchets en petites particules, ce qui accélère le processus de décomposition et favorise la production de compost de haute qualité. Il est équipé de lames tranchantes en acier durable qui garantissent une performance de broyage optimale et une longue durée de vie de l'appareil.

De plus, le broyeur multifibre est conçu pour être facile à utiliser et à entretenir. De plus, son système de sécurité garantit un fonctionnement fiable et protège les utilisateurs contre les accidents potentiels.

Que ce soit pour un usage domestique ou professionnel, le broyeur multifibre est un outil essentiel pour ceux qui souhaitent réduire leurs déchets organiques et contribuer à un mode de vie plus respectueux de l'environnement. Son efficacité, sa polyvalence et sa durabilité en font un choix idéal pour le broyage des matières compostables destinées à être transformées en compost de qualité ou à être utilisées comme alimentation pour un biodigesteur.

Spécifications techniques :

- Système en tôle galvanisée
- Moteur thermique ou électrique (au choix)
- Broyage jusqu'à 5 T de matières par jour selon volume



Composteur modélisé et broyeur TMSU International

Le composteur modélisé TMSU International est un contenant métallique (métal galvanisé) qui est chargé de matières organiques compostables. Des tubes à microorganismes sont installés dans le bac pour accélérer la dégradation des matières organiques. Les matières disponibles sont chargées en couches successives dans des proportions relatives. Successivement on a :

- Argile rouge, riche en fer elle sert d'isolant
- Cendre riche en potassium et en phosphore
- Paille riche en cellulose donc plusieurs couches de carbonnes, elle est aussi le facteur multiplicateur du compost
- Sciure, même rôle que la paille, elle permet le maintien de l'humus
- Fientes de volailles, spécialement riche en azote, elle y constitue un apport important
- Bouse sèche joue le même rôle que les fientes
- Farine de poisson riche en protéines
- La coquille est un apport en calcium
- Charbon, apport en carbone
- Jus de canne ou la mélasse apport en énergie pour booster l'activité des bactéries et sert d'activation des tubes à micro-organismes efficaces
- L'eau, apport d'humidité. Le digestat liquide obtenu du digesteur installé est utilisé et apporte l'humidité, des microorganismes et des éléments minéralisant pour le compost en formation.
- Le tube a micro-organismes efficaces, très important pour une dégradation optimale et harmonieuse des matières biodégradables.



Paille



Fumier de bœuf



coquille d'œuf moulu



charbon



Fiente de volailles



Cendre



Argile



mélasse de canne

L'essentiel à retenir...

- 1- Le compostage est un processus naturel de dégradation de la matière organique en produit plus ou moins stable appelé compost.***
- 2- Le processus de compostage peut être contrôlé et la période de maturation plus courte.***
- 3- Les matières organiques décomposables sont des éléments naturels d'origine végétale et animale qui apportent les éléments fertilisants NPK au compost avec d'autres oligoéléments***
- 4- Les décomposeurs qui sont des macroorganismes observables à l'œil et des microorganismes non visibles à l'œil assurent la dégradation des matières organiques,***
- 5- La dégradation optimale se produit en milieu aérobie avec d'autres éléments comme l'humidité et la température***
- 6- Le processus de compostage suit des étapes qui assurent la maturation du produit fini ;***
- 7- Le retournement périodique du compost lors du processus est important pour l'aération et la dégradation de toutes les parties du tas de compost.***
- 8- Les microorganismes efficaces incorporés dans le dispositif permettent d'accélérer la dégradation de tas raccourcir la période de maturation.***

MODULE 2 : BIODIGESTEUR



LE BIODIGESTEUR

BIOLOGIE DU DIGESTEUR

10. Qu'est-ce que le biogaz?

Le biogaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène (réaction anaérobie) par un ensemble de bactéries. Il est composé de 50 à 80% de méthane CH₄, de gaz carbonique CO₂ et d'éléments traces (Eau H₂O, Hydrogène sulfuré H₂S, Hydrogène H₂, etc.).

Le méthane est le gaz principal provenant des énergies fossiles et des déchets biodégradables.

Comment produire du biogaz ?

Le biogaz est produit par fermentation anaérobie de tout déchet de la vie animale ou végétale contenant de la cellulose et des sucres. Ce procédé est appelé méthanisation.

Composantes d'un digesteur

Un digesteur est un dispositif composé de de trois parties

- Le bac d'entrée ou bac de chargement



C'est la partie du dispositif pour alimenter le digesteur. Elle communique avec le dôme de chargement par un tuyau PVC incliné pour l'écoulement gravitaire de l'effluent. L'effluent est constitué de la bouse de vache ou autre matière organique macéré avec de l'eau

- Le dôme de décomposition



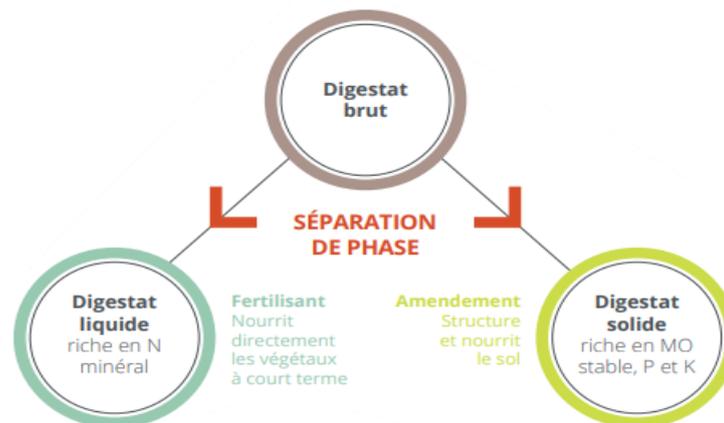
C'est l'estomac du digesteur. Il est chargé de bactéries méthaniseur qui assurent la dégradation de la matière organique. Suivant un principe d'occupation du vide, le volume de l'effluent liquide baisse et laisse place au gaz qui se produit suivant les différentes phases biologiques.

- Le bac de sortie



C'est la partie de récupération du digestat liquide et du digestat solide. Le digestat solide est le sédiment qui tapisse le fond du bac surnagé par le sédiment liquide. C'est la matière organique riche en fertilisant qui est utilisé en agriculture.

11. Les produits d'un digesteur



✚ Les matières premières

Les matières premières d'un digesteur sont des produits d'origine animale ou végétale. Des matières organiques dégradables comme le reste des aliments, les résidus de récolte, les bouses de vaches et des graisses

✚ Les produits finis

Les produits du digesteur sont les gaz, CO₂, le méthane, de la vapeur d'eau, du digestat solide et du digestat liquide.

1. Connaissances sur le fonctionnement de la biologie d'un digesteur

Etapes biologiques de la méthanisation

La méthanisation, ou digestion anaérobie, est un processus biologique de dégradation de la matière organique en un mélange gazeux constitué de méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone

Manuel

(CO₂) appelé biogaz.

On distingue quatre étapes principales dans ce processus de dégradation :

L'hydrolyse : réaction rapide réalisée avec un pH acide (entre 4,5 et 6,3) qui résiste à la présence d'oxygène ; La matière organique complexe est tout d'abord hydrolysée en molécules simples. Cette décomposition est réalisée par des enzymes exocellulaires et peut devenir l'étape limitante dans le cas de composés difficilement hydrolysables tels que la cellulose, l'amidon ou les graisses. Elle peut être 30 à 40 fois plus lente que l'acidogénèse.

- L'acidogénèse : réaction rapide réalisée avec un pH acide (entre 4,5 et 6,3)

Inhibée par la présence d'oxygène ; les substrats issus de l'hydrolyse sont utilisés lors de l'étape d'acidogénèse par les espèces microbiennes dites acidogènes, qui vont produire des alcools et des acides organiques, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone.

- L'acétogénèse : réaction lente réalisée avec un pH neutre (entre 6,8 et 7,5) inhibée par

L'H₂; l'étape d'acétogénèse permet la transformation des divers composés issus de l'acidogénèse en précurseurs directs du méthane : l'acétate, le dioxyde de carbone et l'hydrogène. On distingue deux groupes de bactéries acétogènes:

Les bactéries productrices d'hydrogène, anaérobies strictes, capables de produire de l'acétate et de l'H₂ à partir des métabolites réduits issus de l'acidogénèse tels que le propionate et le butyrate.

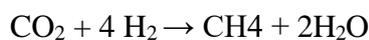
Les bactéries acétogènes dont le métabolisme est majoritairement orienté vers la production d'acétate. Elles se développent dans les milieux riches en dioxyde de carbone.

- La méthanogénèse : réaction très lente réalisée avec un pH neutre (entre 6,8 et 7,5)

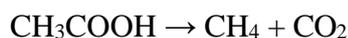
La méthanogénèse est assurée par des micro-organismes anaérobies stricts qui appartiennent au domaine des Archaea. Cette dernière étape aboutit à la production de méthane.

Les équations suivantes illustrent les deux voies possibles de la méthanogénèse : 1ère

voie :

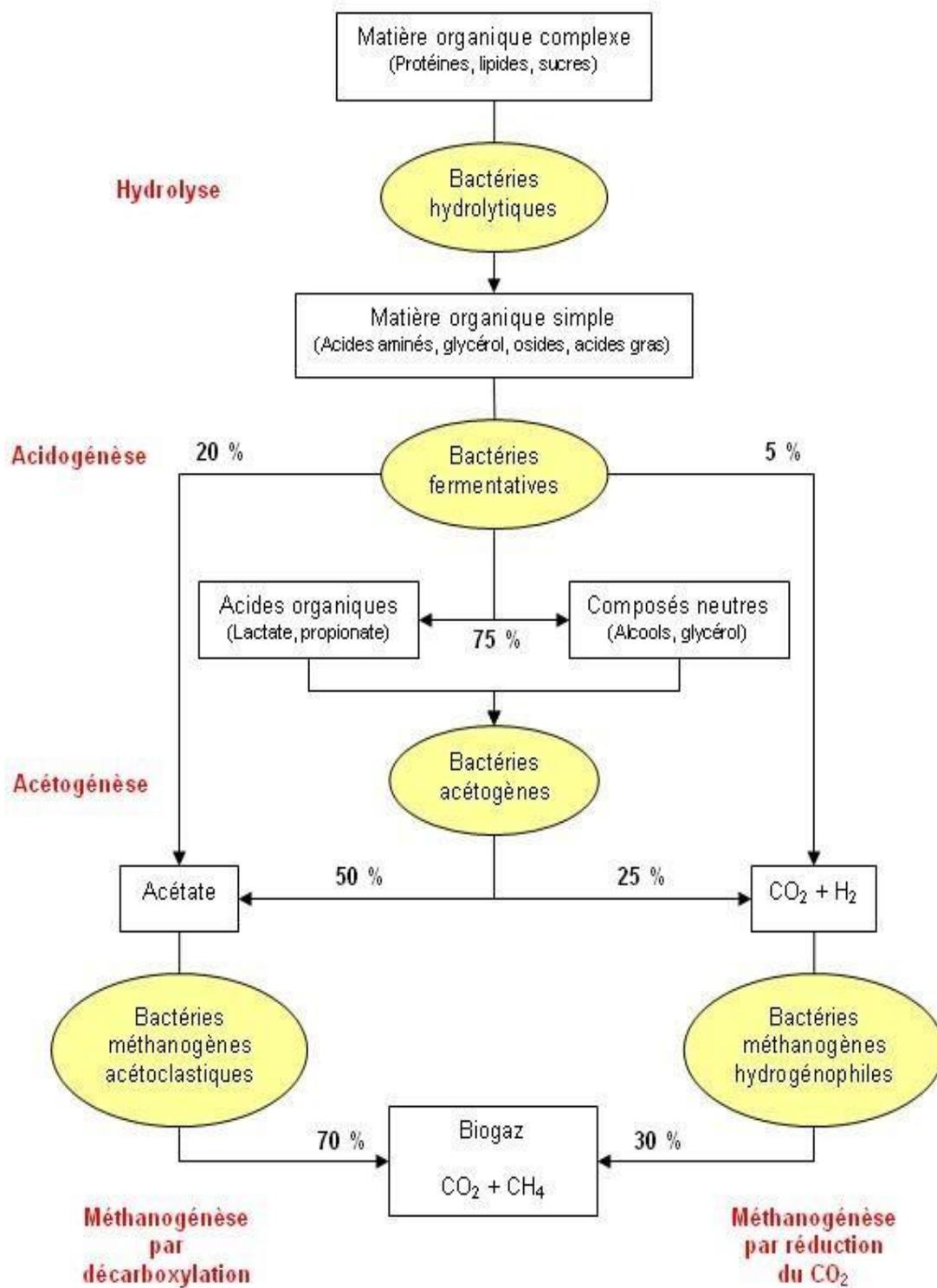


2ème voie :



Conditions essentielles d'une bonne fermentation :

Nous avons vu les différentes réactions et les différents micro-organismes qui interviennent lors de la méthanisation. Pour que ces réactions se passent correctement, les conditions de milieu sont très importantes.



Étapes biologiques de méthanisation

La température

La réaction de méthanisation est globalement accélérée par la chaleur mais, dans le détail, ce mécanisme est plus complexe. Chaque groupe de bactéries a une température de confort différente et, en dehors de ces domaines de températures, il peut avoir une inhibition des réactions. Il existe trois zones de températures pour la méthanisation : Des variations journalières de 1°C peuvent perturber la digestion thermophile alors que la digestion mésophile résiste à des variations de 2 à 3°C. Dans tous les cas, les changements de température sont à éviter car les bactéries hydrolytiques et acidogènes résistent mieux aux variations que les autres groupes de bactéries, il y a donc un risque d'accumulation d'acides dans le digesteur, donc un arrêt de la réaction.

Le pH

La vitesse de production du biogaz décroît très rapidement en dehors d'une zone de pH située entre 6 et 8. Le pH dans le digesteur se situe entre 7 et 7,5 ce qui correspond aux plages favorables à l'acétogénèse et à la méthanogénèse.

□ Le rapport Carbone / Azote

Le rapport C/N est important pour la stabilité du processus. Si ce rapport est trop important, le carbone a du mal à être complètement dégradé. A l'inverse, un rapport trop faible peut entraîner une production importante d'ammoniac NH₃ qui inhibe les bactéries à de faibles concentrations. Pour avoir une bonne stabilité, le rapport C/N doit être compris entre 20 et 30 environ.

L'oxygène

Il est évidemment un élément très important. C'est un inhibant lorsqu'il est présent dans le milieu (réaction anaérobie), cependant une petite quantité d'oxygène n'inhibe pas totalement et immédiatement la production de biogaz. Les principales bactéries sont des bactéries anaérobies strictes).

Quelles matières pour la méthanisation ?

Théoriquement, toutes les matières organiques peuvent être méthanisées sauf les produits trop ligneux comme le bois. Cependant, la réalité est moins évidente et le mélange de substrats entrant dans un digesteur doit être bien équilibré pour que les conditions du milieu permettent le bon déroulement de la réaction. De plus, tous les substrats ne vont pas produire la même quantité de biogaz.

Les graisses ont le plus haut rendement de production de biogaz et sont rapidement dégradées;

Les glucides et les protéines ont des taux de conversion plus rapides mais produisent moins de biogaz ;

Les substrats contenant de la lignine et de la cellulose mettront beaucoup plus de temps à être dégradés, ils demandent un temps de séjour élevé.

12. Les principaux problèmes biologiques

- L'acidose

L'acidose peut être provoquée par :

-une trop grande quantité de matières fermentescibles introduites dans le digesteur,

Certaines matières entrantes sont plus rapidement hydrolysées que d'autres comme les matières riches en glucides et lipides (graisses, effluents agroindustriels, déchets GMS, etc.

-une inhibition des bactéries acétogènes et méthanogènes par différentes substances : H_2S , NH_3 , sels, antibiotiques et désinfectants...

Acidose : comment la repérer ?

Les premiers symptômes sont :

-Augmentation de la pression partielle en H_2 ;

Les symptômes de l'acidose sont les suivants :

-Baisse de la production de biogaz ;

-Baisse du CH_4 dans le rapport CH_4/CO_2 ;

Acidose : comment réagir ?

-Stopper l'apport de substrats puis réévaluer la ration ;

-Diluer le mélange dans le digesteur avec une matière de type lisier pour augmenter le pouvoir tampon ;

-Ajouter du bicarbonate de sodium ($NaHCO_3$) afin de faire remonter le pH et augmenter le pouvoir tampon.

Acidose : comment la prévenir ?

Bien maîtriser sa ration :

-Surveiller les quantités de matières introduites ;

- Recirculation de digestat liquide, produit riche en azote : La production d'ammonium dans le milieu est quant à elle liée à l'introduction de substrats riches en azote ;

- Antibiotiques, désinfectants : L'inhibition peut également provenir de substances utilisées pour la conduite de l'élevage ou pour le nettoyage des bâtiments.

L'alcalose

L'alcalose provient d'un excès d'ammoniac dans le milieu, conséquence d'un apport de substrat trop riche en protéines. L'ammoniac entraîne une augmentation du pH et inhibe les bactéries acidogènes et acétogènes. Les produits d'hydrolyse s'accumulent : acides aminés, acides gras volatils, ...

Alcalose : comment la repérer ?

-Augmentation de la concentration en NH_3 dans le digestat ;

-Augmentation du pH ;

-Baisse de la production de biogaz mais maintien de la proportion CH_4/CO_2 ;

-Production possible de mousse.

Alcalose : comment réagir ?

-Stopper l'apport de substrats riches en protéine ;

-Introduire des substrats moins riches en protéine et fortement fermentescibles pour relancer l'activité des bactéries.

- Autres problèmes biologiques

D'autres problèmes biologiques peuvent survenir, tels que l'intoxication à l' H_2S , à l'oxygène ou encore à d'autres contaminants (métaux lourds, antibiotiques, désinfectants...). D'autres problèmes peuvent également intervenir selon les propriétés physiques des substrats (Substrats trop secs, trop flottants...).

13. Valeur agronomique et fertilisante du digestat.

13-1- Valeur agronomique

Les digestats bruts Caractéristiques générales

Par rapport au substrat dont il est issu, un digestat a les propriétés suivantes :

- Le pH est plus élevé (basique) ;
 - Le taux d'azote minéralisé (sous forme NH_4^+) par rapport au N total est plus élevé ;
 - Le rapport C/N est plus faible ;
 - Le taux de matière sèche est plus faible. Composition en matière organique et valeur amendant
- Dans le digestat, la matière organique se trouve sous trois formes ;

Une matière organique biodégradable (ou labile), fortement minéralisable, constituée de sucres solubles et d'une partie de l'hémicellulose. Cette fraction de matière organique sert d'énergie et de sources d'éléments nutritifs pour les bactéries et vers de terre du sol ; une matière organique peu biodégradable (ou stable), constituée de lignine et de cellulose. Cette fraction de matière organique est décomposée principalement par les champignons. Elle est un précurseur de matière humifère et améliore ainsi le complexe argilo-humique ; la matière organique vivante constituée de microorganismes qui transforment et stockent les éléments organiques en éléments minéraux accessibles pour les plantes (minéralisation).

Seule une partie de la matière organique fraîche des substrats (environ 2/3) est transformée en biogaz. Le taux de dégradation de cette matière organique fraîche dépend de la nature des intrants, du temps de séjour et de la technologie employée. La fraction ligneuse (stable) n'est pas attaquée par les bactéries du digestat. Le potentiel d'humification du digestat est donc inchangé par rapport aux substrats dont il est issu. Lorsque le digestat est épandu, cette matière organique stable peut s'associer à l'argile des sols et renforcer ainsi le complexe argilo-humique du sol, essentiel pour la rétention de l'eau et de nombreux éléments nutritifs. Par ailleurs l'activité biologique du sol serait améliorée, ainsi que la porosité du sol.

13-2 Valeur fertilisante

La méthanisation est un procédé qui conserve les éléments n'entrant pas dans la composition du biogaz. Les quantités totales en éléments fertilisants N, P, K et des oligo-éléments du substrat sont donc conservées dans le digestat obtenu et sont très variables en fonction des intrants. En revanche, la méthanisation transforme certains de ces éléments. L'azote organique du substrat (protéines et urée principalement) se minéralise en partie sous forme ammoniacale, qui est une forme plus facilement assimilable par les plantes (voir Figure 1.3). La proportion en azote ammoniacal peut ainsi représenter jusqu'à 65 % de l'azote total des digestats bruts ou de la fraction liquide des digestats. Le digestat contient

également de l'azote sous forme organique, qui n'a pas été dégradé lors de la méthanisation. Une partie de cet azote se minéralise au cours de l'année suivant l'apport, sous l'action des organismes vivants du sol. L'autre partie est stockée, associée à du carbone, dans la matière organique du sol (humification). La fraction humidifiée minéralisera ensuite à la même vitesse que la matière organique du sol. Par conséquent, on peut considérer deux types d'effets du digestat pour l'alimentation azotée des cultures : f un effet à court terme lié à l'absorption par la culture réceptrice (et éventuellement par la culture suivante) d'une partie de l'azote minéral et de l'azote organique minéralisé ; un effet à long terme lié à la modification du stock d'azote organique du sol et à sa vitesse de minéralisation. En moyenne, le digestat brut a une teneur en azote assimilable plus élevée qu'un fumier ou un lisier, du fait des apports d'azote par les éventuels substrats extérieurs (azote total accru) et de la minéralisation de l'azote organique par la digestion (% d'azote ammoniacal élevé)

La question de la biodisponibilité à court terme du phosphore dans les digestats par rapport aux substrats n'est pas tranchée. Pendant la méthanisation, une partie du phosphore est solubilisée dans la fraction liquide et forme ensuite des substances minérales insolubles qui précipitent au fond et sur les parois des digesteurs. Ce phénomène conduit à des biodisponibilités immédiates du phosphore dans le digestat très variables en fonction des études. Dans certains cas elles sont améliorées alors que dans d'autres, elles sont diminuées par rapport aux substrats de départ. Dans tous les cas, la biodisponibilité à long terme du phosphore du digestat serait équivalente à celle d'une forme minérale de phosphore soluble. Pour le potassium, présent sous forme majoritairement soluble dans le digestat, la méthanisation ne modifierait pas sa biodisponibilité pour les plantes.

L'essentiel à retenir...

- 9- La méthanisation, ou production de biogaz, est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique dans un milieu sans oxygène due à l'action de multiples micro-organismes (bactéries)***
- 10- Les matières organiques à utiliser : Déjections animales (bouses de vaches, fientes de volailles, lisiers de porcs, débris végétaux (tontes de gazon, pailles fraîches, restes de cuisines etc...)***
- 11- Les produits du digesteur, le gaz méthane, le digestat liquide et le digestat solide***
- 12- Utilisation des produits du digesteur***
 - Le gaz est utilisé en chaudière pour la cuisson (cantine) et le chauffage (de poussinières par exemple) ; en éclairage direct à travers une lampe à biogaz et en électricité à travers un générateur à biogaz***
 - Le digestat solide comme liquide est utilisé comme fertilisant organique pour la production agricole.***
- 13- Les précautions à prendre***
 - Eviter L'introduction de matières non biodégradables ou flottantes ou sédimentaires à l'instar des pierres, sable, plastique, bois, métal***
 - Éviter l'apport du fumier provenant des volailles, porcs ou tout autre animal traité régulièrement avec des antibiotiques et ne pas introduire de produits chimiques (chlore ou autres produits de nettoyage) dans le biodigesteur***

Conclusion

Le produit fini du dispositif de compostage broyeur-composteur modélisé et digesteur est un compost mature riche en fertilisants biologique applicable pour toutes les cultures. Les matières organiques utilisées comme matières premières sont des éléments faciles à retrouver dans les différentes zones de production. Le broyeur est utilisé pour réduire la paille et autres résidus ligneux pour les rendre en particules fines facile à dégrader par les microorganismes. Le composteur modélisé, un bas galvanisé avec des tubes à microorganisme efficaces assurent la dégradation des matières organiques disposées en couches successives au premier chargement. Des retournements successifs permettent d'aérer et d'accélérer la dégradation avec ajout de l'eau et de digestat liquide issu du biodigesteur. A la fin de 14 jours, le produit fini très riche en éléments organiques est prêt pour application sur les différentes parcelles de culture sur une moyenne de 1Tonne/hectare.

Nos remerciements à tous les partenaires :



En partenariat
avec

