

Fiches synthétiques

Annexe

Analyse théorique de la littérature décrivant
les outils **techniques de valorisation**
décentralisée de biodéchets des professionnels

Cet annexe est un résumé de l'étude étude commandée
par Bruxelles Environnement - IBGE / Leefmilieu Brussel – BIM:

*Analyse théorique de la littérature décrivant les outils **techniques de valorisation décentralisée de biodéchets** des professionnels, Rapport Final du 20.09.2016*

Chargés de projet:

Andrea Bortolotti

Simon De Muynck

Stephan Kampelmann



L O LABORATORY
U URBANISM
I S INFRASTRUCTURE
E ECOLOGY



INTRODUCTION

L'objet de la présente étude est de réaliser une analyse théorique de la littérature décrivant les outils techniques de valorisation décentralisée des biodéchets des professionnels (TVDBP) en Région de Bruxelles-Capitale. Cette étude prend la forme d'une série de fiches synthétiques sur lesquelles ne sont retenus que les éléments essentiels issus de l'analyse. Chaque fiche synthétique est structurée de la manière suivante : 1) le nom de la technique ; 2) le dessin qui résume le principe de base ; 3) la définition, le fonctionnement et les variantes de la technique 4) le schéma des flux de matières et 5) l'évaluation d'impact environnemental et le coût de fonctionnement.

MATRICE TECHNIQUES/PRODUCTEURS

Pour comparer les différentes techniques, l'impact environnemental a été croisé avec les informations portant sur le type et les quantités des flux de déchets acceptés par les techniques et sur les types de producteurs identifiés.

Techniques	Producteurs	Quantités de déchets				
		Petits < 1.000 kg/a	Hotels 1.000 - 2.500 kg/a	Hotels 2.500 kg/a - 10.000 kg/a	Cantines 10.000 kg/a - 100.000 kg/a	Marchés > 100.000 kg/a
Compostage	Composteur à processus naturel	✓	✓			✓
	Composteur mécanique		extérieur/ jardin			extérieur/ agriculture urbaine
Vermicompostage	Modèle à bacs empilables	✓				
	Modèle monobac	extérieur/ intérieur		intérieur		
Toilettes sèches	Modèle in-vessel					
	Toilette sèche à compostage			intérieur	extérieur	
Valorisation animale	Toilette sèche à collecte conjointe des urines et fèces					
	Poulailler de 1 à 2 poules	extérieur/ jardin				
Biométhanisation	Porc	extérieur/ jardin				
	Entomo-raffinerie					
Déshydratation	Microdigesteur commercial européen				extérieur/ souterrain	
	Microdigesteur low-tech asiatique		extérieur/ souterrain			
Eco-digestion	Déshydrateur				intérieur	
	Eco-digesteur				intérieur	
EM	Bokashi	extérieur/ intérieur				
	Fermentation en tas				extérieur/ agriculture urbaine	
Paillage	Tondeuse mulching + broyeur multi-végétaux				extérieur	

■ Déchets de cuisine
■ Déchets verts
■ Excréments

Avec SPA, les installations doivent respecter les règlements CE 1069/2009, CE 142/2011

EVALUATION QUALITATIVE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Technique	Impact environnemental	Coût de fonctionnement* (€/kg)
Composteur à processus naturel	+++	0 - 2
Composteur mécanique	++	0 - 0,5
Modèle à bacs empilables	+++	2 - 6
Modèle monobac	+++	0,5 - 2
Modèle in-vessel	+++	n.d.**
Toilette sèche à compostage	++	0 - 0,5
Toilette sèche à collecte conjointe des urines et fèces	+	0,5 - 2
Poulailler de 1 à 2 poules	+++	2 - 6
Porc	+++	n.d.
Entomo-raffinerie	+	n.d.
Microdigesteur commercial européen	+	> 10
Microdigesteur low-tech asiatique	++	> 10
Déshydrateur	-	0 - 0,5
Eco-digesteur	-	0 - 0,5
Bokashi	+	> 10
Fermentation en tas	++	0,5 - 2
Tondeuse mulching	+++	6 - 10

+++ Très positif
++ Positif
+ Assez positif
- Assez négatif
-- Négatif
--- Très négatif

**n.d. : non disponible

*Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

CADRE RÉGLEMENTAIRE

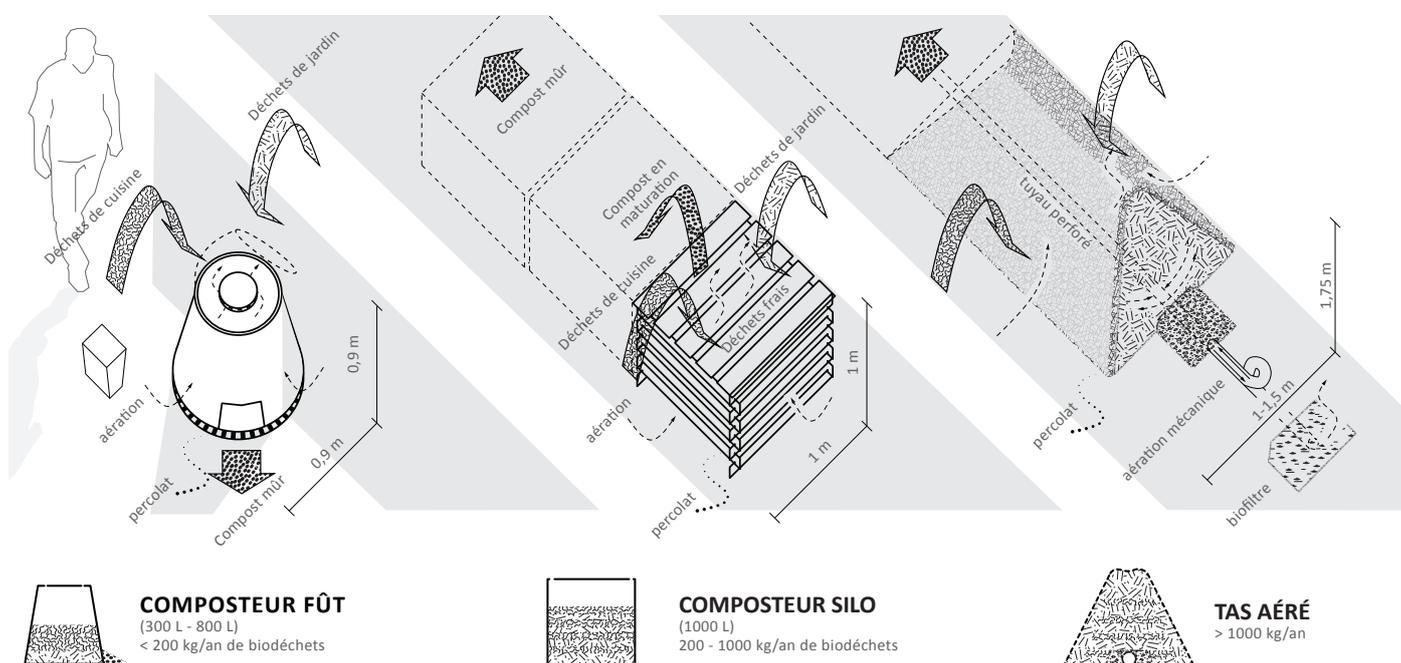
Pour tous ces traitements, il est nécessaire de se renseigner auprès de la division autorisations et partenariats afin de déterminer si un permis d'environnement doit être obtenu pour l'activité.

Si des sous-produits animaux (notamment des déchets de cuisine et de table) sont utilisés, certaines techniques ne sont pas autorisées. Il est donc important de préciser votre projet auprès de la division autorisations et partenariats afin de déterminer les conditions d'exploitation.

Les réglementations principales qui s'appliquent à l'utilisation de ces techniques sont les suivantes :

- 1) **L'Ordonnance relative au permis d'environnement** - Ordonnance du 5 juin 1997 relative aux permis d'environnement (Ordonnance permis d'environnement, du 5 juin 1997).
- 2) **Le Règlement SPA** - Le Règlement (CE) no 1069/2009 du Parlement Européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux (SPA) et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) no 1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux) - Le Règlement (UE) no 142/2011 de la Commission du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) no 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil.
- 3) **L'Ordonnance relative aux déchets** - Ordonnance du 14 Juin 2012 relative aux déchets

COMPOSTAGE

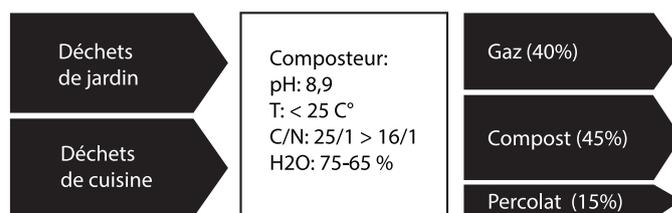


1.1 Définition

Processus de dégradation biologique aérobie de la matière organique (EU, Reg 142/2011) initié par la décomposition et la stabilisation de substrats organiques dans des conditions thermophiles et aérobies contrôlées (Colon et al., 2010). Le compostage peut être activé par des processus naturels, ou mécaniques et contrôlés (température, flux d'air et humidité) dans des unités fermées. Le compost est le produit obtenu par compostage des matières premières organiques (EU, Reg 142/2011). Le compost peut être appliqué comme engrais, amendement organique ou en milieu de culture, pour l'amélioration des propriétés physiques du sol et augmentant la rétention d'eau et la fourniture de nutriments essentiels (Colon et al., 2010).

compostage sont majoritairement du compost (40% - 75%), mais aussi du gaz et du percolât. [Fig. 1]

Fig. 1



1.2 Fonctionnement

Un compostage optimal est garanti sous des conditions favorisant la croissance microbienne, l'apport en carbone (C) (pour l'énergie), en azote (N) (pour les protéines), et en oxygène (O₂) (pour la respiration). Différentes communautés de micro-organismes prédominent lors des diverses phases du compostage. Tous les processus de compostage nécessitent un certain équilibre en disponibilité de matières carbonée (C) et azotée (N). Ils fonctionnent avec des déchets de jardin (feuilles mortes, branchages issus de petites tailles, paille, écorces, tiges, brindilles) et de cuisine (épluchures de fruits et légumes, marcs de café, coquilles d'œufs, SPA), mélangés de telle sorte que le rapport C/N soit d'environ 25/1 et que le pH approche la valeur de 8,9 (Andersen et. al, 2011). Les produits sortants du traitement de

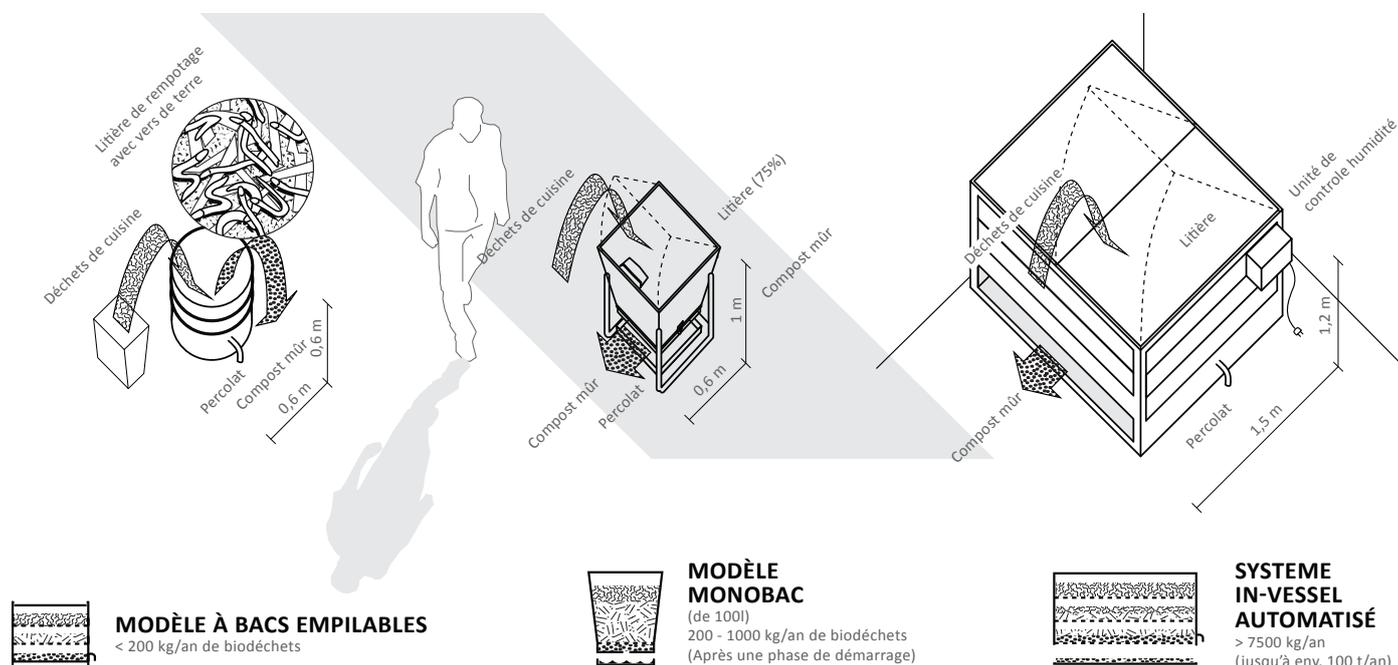
1.3 Variantes

Six techniques ont été retenues dans la présente étude : les composteurs en fût, en silo, rotatif, en tas statique aéré, le Earth tube et le Rocket composteur. Les trois premières sont des techniques de compostage spontané tandis que les trois dernières nécessitent un contrôle mécanique de l'aération (tas statique aéré), de la température et de l'humidité (Earth tube) ainsi qu'un broyage et un mélange continu de la matière organique (Rocket composteur) dans le but d'accélérer le processus de compostage et de minimiser l'espace nécessaire et le temps d'entretien des installations.

Evaluation d'impact environnemental : + + + / + +
Coût de fonctionnement* (€/kg) = 0 - 2

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

VERMICOMPOSTAGE



2.1 Définition

Processus de dégradation biologique et de stabilisation thermophile aérobie de la matière organique basé sur une action conjointe des vers de terre (*Eisenia fetida* et *Eisenia andrei*) et des micro-organismes mésophiles qui se développent à des températures comprises entre 25 et 40 °C, (Millet, 2015). Le vermicompostage est considéré par certains auteurs comme une technique de compostage «avancé» (Hanc & Pliva, 2013). Selon Suthar (2009), le compost issu du processus de vermicompostage est un produit de meilleure qualité que le compost sans vers en termes de disponibilité des éléments nutritifs. Grâce à l'action des mucus et des enzymes présents dans l'intestin des vers, le pourcentage total d'azote (N) disponible pour les plantes, de phosphore (P) et de potassium (K) échangeables se trouve en plus grande quantité

du compostage, produit en majorité du compost, mais aussi des eaux de lixiviation et du gaz. [Fig.2]

Fig.2



2.2 Fonctionnement

Les vers de terre agissent comme des mélangeurs: en broyant la matière organique, ils modifient son statut biologique, physique et chimique et réduisent progressivement son rapport C/N, ce qui augmente la surface exposée à l'action des micro-organismes et rend beaucoup plus favorables l'activité microbienne et la décomposition (Dominguez in Suthar, 2009 : 915). Grâce à un système digestif caractérisé par une forte activité microbienne, ils mangent jusqu'à une fois leur poids par jour et réduisent le volume des déchets organiques de 40 % à 60 % (Millet, 2015). Au début du processus, une litière va servir de nourriture pour le vers jusqu'à ce que les premiers déchets soient suffisamment décomposés pour être mangés. Le traitement, avec un pH (8) et un rapport C/N (25/1) similaires à celui

2.3 Variantes

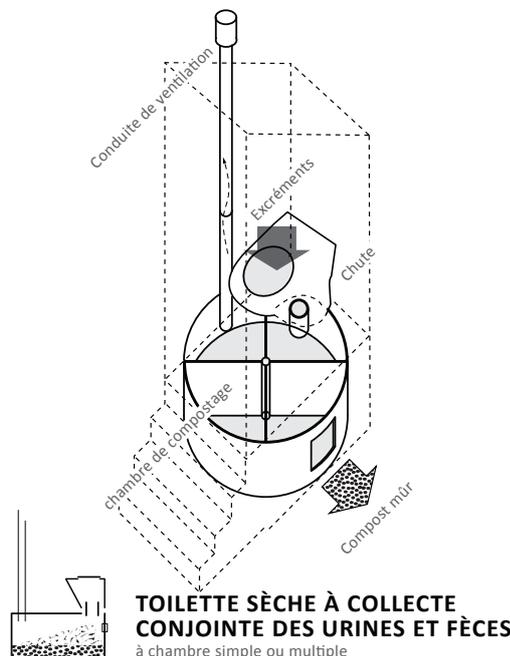
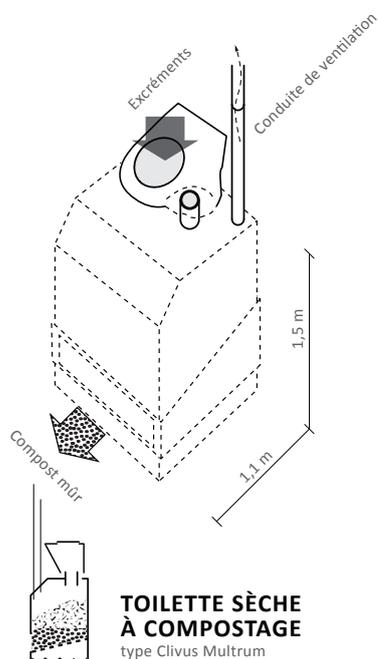
Trois modèles ont été retenus : le modèle à bacs empilables, le modèle monobac, et le modèle «in-vessel» automatisé. Le premier modèle est constitué de bacs en plastique ou en bois, empilables et au fond perforé pour récupérer les eaux de lixiviation dans le bac inférieur. Le deuxième est un bac unique préfabriqué en plastique avec un fond perforé et deux conteneurs : un pour la collecte des percolats et l'autre pour la collecte du compost. Le dernier est un modèle de plus grande taille, clos et muni d'un couvercle bi-panneau, isolé, avec un ventilateur pour contrôler l'humidité et le niveau d'oxygène ainsi qu'un compartiment de récolte du vermicompost.

Evaluation d'impact environnemental : + + +
Coût de fonctionnement (€/kg) = 0,5 - 6**

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

TOILETTES SÈCHES



3.1 Définition

La toilette sèche est un processus sanitaire de dégradation biologique aérobie ou anaérobie (Anand & Apul, 2014) des matières fécales (fèces) et des urines humaines qui sont recueillies dans une cuve étanche. Celle-ci est vidée pour être valorisée ultérieurement en tant qu'engrais. Le rapport carbone/azote (C/N) des fèces humaines (8/1) étant inférieur au rapport C/N (25-35/1) attendu pour un compost optimal (Bishop and Godfrey, 1983; de Bertoldi et al., 1983), d'autres matières entrantes comme la sciure de bois, la tonte d'herbe fraîche, les feuilles ou le papier toilette non blanchi et sans encre peuvent être ajoutées au mélange urine-fèces.

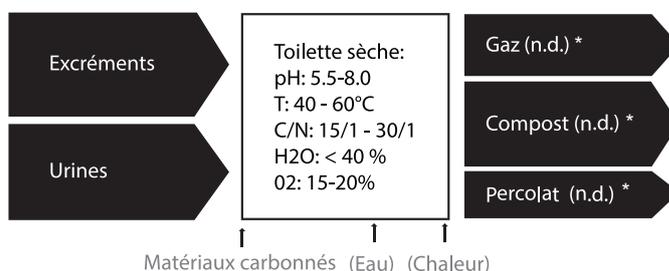
3.2 Fonctionnement

Une fois la cuve remplie, celle-ci est vidée plus ou moins régulièrement (fourchette de 24 heures à 10 ans selon les variantes) sur une surface étanche conçue de façon à éviter tout écoulement et à l'abri des intempéries (Art. 17, Arrêté du 7 septembre 2009, France). De nombreux modèles de toilettes sèches existent : les modèles autonomes à litière bio maîtrisée (TLB) ; à chambre unique ou multiple ; utilisant ou non de l'eau et de l'électricité ; séparant ou non les fèces des urines ; utilisant des réceptacles de 20 litres à 4 200 litres et utilisant ou non des vers de terre pour faciliter le traitement des matières fécales. La plupart des toilettes sèches à compost nécessitent une main-d'oeuvre importante, notamment lors de la phase de vidange. Les nombreux modèles engendrent une combinaison de variantes possibles très élevées. [Fig.3]

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

Fig.3



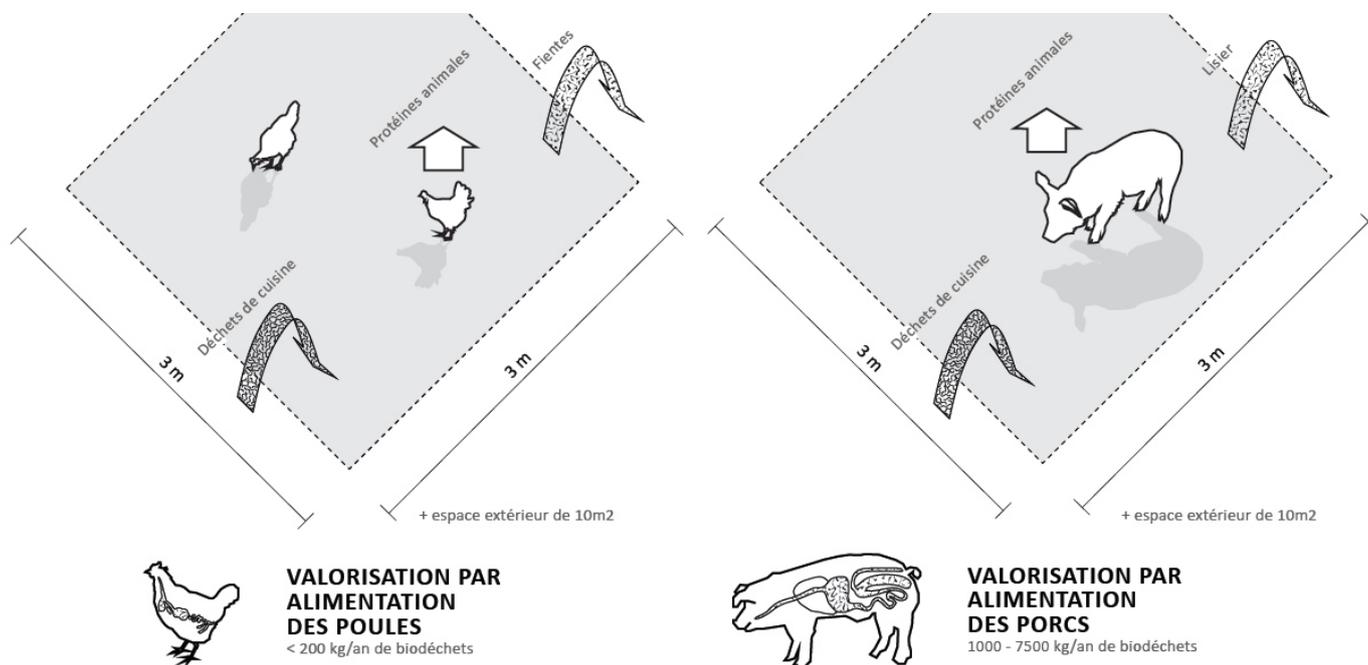
3.3 Variantes

Deux modèles représentatifs ont été sélectionnés : un système Clivus Multrum pour les restaurants dont l'output est valorisé pour compostage ou épandage dans un jardin potager et un système de toilette sèche à collecte conjointe des urines et des fèces pour des événements de 2.500 personnes (festivals, concerts etc.) dont l'output est valorisé en usine de biométhanisation. Le modèle Clivus Multrum M300 est adapté aux matières fécales et urines humaines des clients de restaurants de 30 à 60 couverts, ce qui représente environ 50 passages aux toilettes par jour, soit environ 18 000 personnes par an. L'autre variante retenue est celle d'un système de location de sept toilettes sèches à collecte conjointe des urines et fèces mélangées à de la sciure et dans le cadre d'événements ponctuels (ici, festival de 2 500 personne d'une journée).

Evaluation d'impact environnemental : + + / +

Coût de fonctionnement (€/kg) = 0,5 – 2**

VALORISATION ANIMALE



4.1 Définition

Processus de conversion des déchets alimentaires par voie naturelle des animaux. Trois types de valorisation animale ont été sélectionnés : les poules, les porcs et les mouches domestiques. Cette conversion peut prendre la forme de protéines animales : viande (porcs, poules), oeufs (poules), larves (mouches) et de matières fécales (porcs, poules).

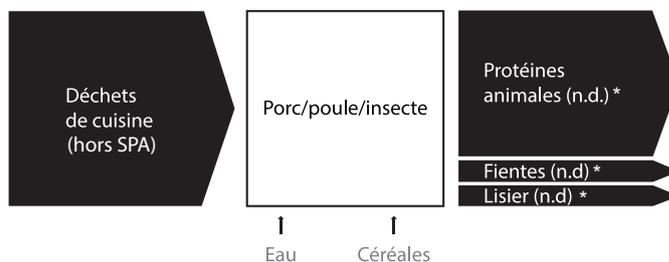
4.2 Fonctionnement

Pour ce qui concerne les poules et le porc, les céréales, les déchets organiques non issus de sous-produits animaux et les déchets verts de jardins sont distribués quotidiennement aux poules et au porc qui sont abrités et bénéficient également d'un espace extérieur. Des abreuvoirs sont également à disposition des bêtes pour l'ingestion de l'eau. En retour, les poules fournissent en moyenne entre 150 et 200 g de fientes par jour soit environ 65 kg de fiente par poule par an (Ciesielski, 1978) et environ 200 oeufs de 60 grammes par an (près de 12 kg). Pour ce qui concerne le fonctionnement de la technique utilisant les mouches, le fumier (de porc par exemple) est valorisé au moyen de larves de mouches puis valorisé en tourteau destiné à l'alimentation animale ou en biodiesel.

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

Fig.4

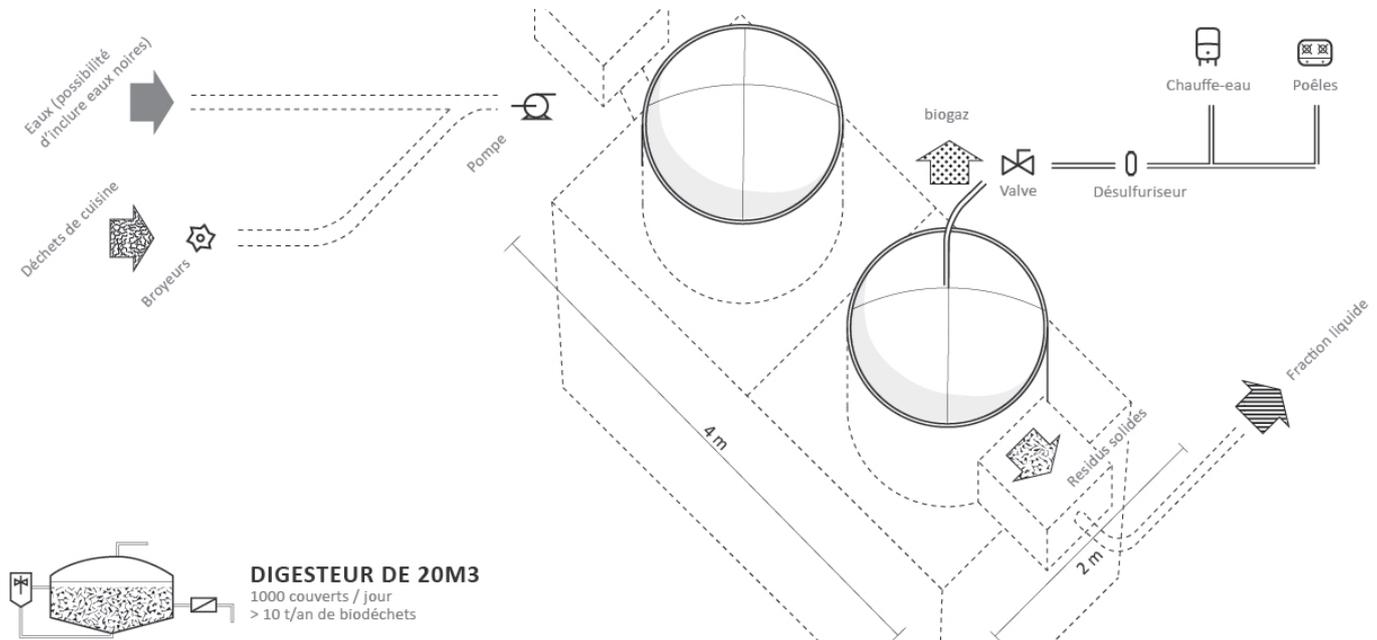


4.3 Variantes

Les poules (2,5 kg de race belge) et le porc (250 kg de race belge, ex : piétrain) sont respectivement abrités dans un enclos 9m² tout en bénéficiant d'un espace extérieur de 10 m² pour les poules et de 8m² pour le porc – celui-ci devant être régulièrement alimenté de paille. Pour ce qui est des mouches, l'installation traitement par bioconversion à grande échelle de la société Guosheng (Chine) traite environ 25 m³ de fumier frais de porc par jour. Il possède une pépinière de 2.100 m² pour la reproduction et le développement des larves de la mouche domestique. A notre connaissance, aucune société belge ne maîtrise cette technique à l'heure actuelle.

Evaluation d'impact environnemental : + + + / +
Coût de fonctionnement (€/kg) = 2 – 6**

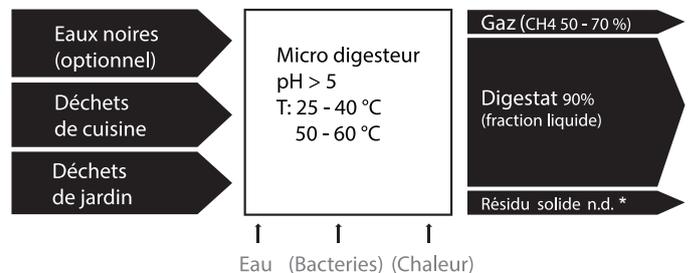
BIOMÉTHANISATION (OU DIGESTION ANAÉROBIE)



5.1 Définition

Dégradation biologique anaérobie de la matière organique (EU, Reg 142/2011). Le produit de la digestion anaérobie est le biogaz, un mélange composé de 60% de méthane (CH₄), de 30% de dioxyde de carbone (CO₂), et d'autres gaz comme l'hydrogène sulfuré (Mata-Alvarez et al, 2000). La digestion anaérobie produit également un digestat composé d'une fraction liquide (90%) et solide (10%). La formation du biogaz via la digestion anaérobie implique l'intervention de différentes familles de bactéries en quatre étapes qui sont l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse. Le potentiel de biométhanisation et la conception des installations dépendent fortement de la composition des déchets insérés dans le système (Rajendran et al., 2012).

Fig.5



5.2 Fonctionnement

Les installations de digestion anaérobie se distinguent en fonction de leur taille (digesteurs d'échelles micro-, méso et macro) ; du fait que les différentes étapes se déroulent dans des cuves séparées ou non (digesteurs à un, deux, trois ou quatre étages etc.) ; que le processus se déroule avec un substrat liquide ou sec (voie sèche vs voie liquide); que les bactéries présentes dans le digesteur soient mésophiles (c'est-à-dire qu'elles vivent à une température comprise entre 30-40 °C) ou thermophiles (53-58 °C) (Holm-Nielsen et al, 2009). Il existe également des variations quant à l'emplacement des installations (enterré ou externe) ou aux matériaux qui ont servi à leur construction (inox, acier, béton, etc.). [Fig.5]

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

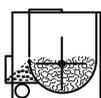
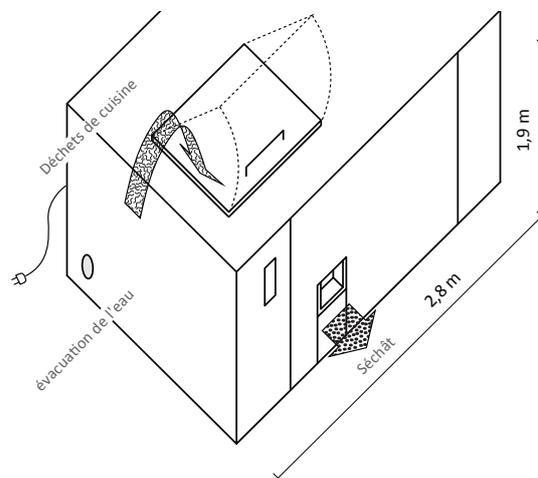
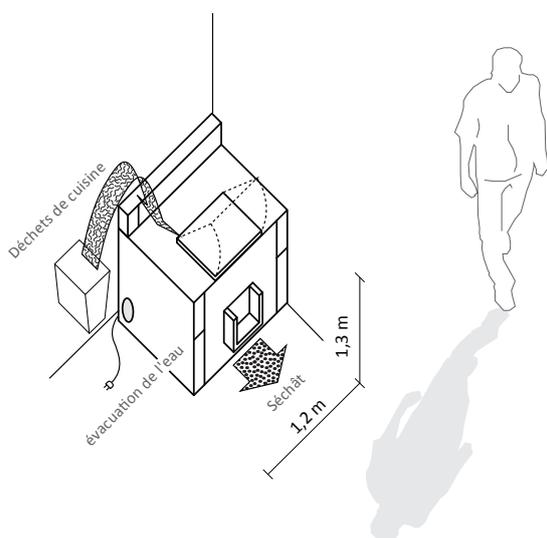
5.3 Variantes

Les deux techniques représentatives retenues dans le catalogue reflètent la différence très nette entre d'une part, les modèles commercialisés en Europe dans le secteur agricole (ayant une capacité d'au moins 20 m³ et un processus thermophile mobilisant au moins deux cuves séparées) et d'autre part, les modèles très répandus dans les ménages asiatiques, ayant une capacité à partir de 2 m³ et une seule cuve dans laquelle se déroulent les quatre étapes de la biométhanisation mésophile.

Evaluation d'impact environnemental : + / + +

Coût de fonctionnement (€/kg) = > 10**

DÉSHYDRATATION



DÉSHYDRATATION THERMIQUE DE 100 KG/J

pour l'HoReCa et cantines
> 7500 kg/an de biodéchets



DÉSHYDRATATION THERMIQUE DE 1000 KG/J

pour la restauration collective, supermarchés
et petites entreprises de transformation agro-alimentaires

6.1 Définition

Traitement thermique et aérobie des déchets de cuisine (fruits et légumes et viande jusqu'à 10-15 % du total) à petite échelle (Giadicianni et al., 2014). Le principe de base est d'assainir et de réduire le volume de la matière organique afin qu'il puisse être stocké temporairement (Sotiropoulos et al., 2015). Le produit restant (le séchât) est décrit comme une matière à texture relativement fine qui présente un pH bas, une minéralisation faible, un rapport C/N bas et donc une dégradation et une stabilité faibles du produit qui n'est pas arrivé à maturité (Gesper, 2010). D'autres études avancent que la déshydratation maintient constantes certaines propriétés dans le temps, comme la teneur en glucose qui peut être utilisé ensuite dans des procédés de conversion en matières premières secondaires (par exemple la production d'éthanol), (Sotiropoulos et al., 2015).

6.2 Fonctionnement

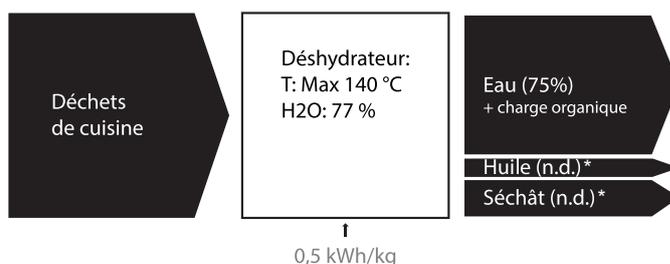
Une machine de déshydratation fonctionne via un procédé physico-chimique de brassage et de séchage de la matière organique qui élimine la teneur en humidité via un traitement durant de 10 à 24 heures. Les traitements les plus courants sont les processus à chaleur sèche (dry-heat) et humide (moist-heat). Ils prévoient une réduction de 80-90 % de la masse via la déshydratation par chauffage électrique (à 80-140 °C) dans une enceinte étanche à l'air et à condensation de l'eau qui s'évapore. Le temps de séchage dépend fortement des propriétés physiques de la matière introduite. Lors d'un traitement à chaleur humide, une quantité importante d'eau est utilisée pour aider le processus de brassage et obtenir une boue plus uniforme et fine

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

(Giadicianni et al., 2014). Lors d'un traitement à chaleur sèche, l'eau est rejetée par le réseau d'assainissement et présente une importante charge organique (haute DBO5, DCO et pH acide) (Gesper, 2010). Le séchât exige un traitement ultérieur pour ne plus être considéré comme un déchet. [Fig.6]

Fig.6

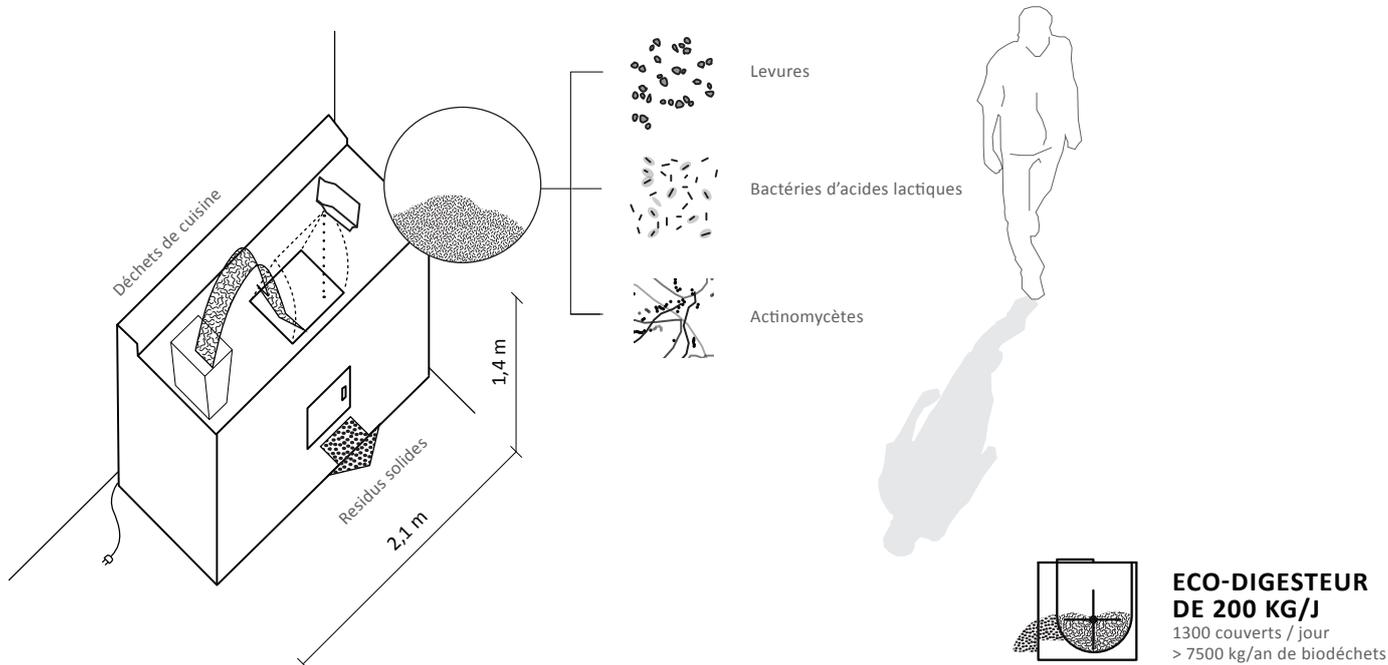


6.3 Variantes

Le modèle retenu est une machine autonome de déshydratation thermique à chaleur sèche, à placer à l'intérieur du bâtiment, disposant d'une capacité qui varie de 36 t/an à 365 t/an selon le dimensionnement de la cuve (100 x 120 x 130 cm – 280 x 180 x 195 cm) et d'une consommation électrique d'environ 0,5 kWh/kg de déchets. La machine est équipée d'un agitateur mécanique, d'une double paroi isolée contenant de l'huile thermique, d'un dispositif de gestion des flux d'air et de neutralisation des odeurs, d'un raccordement électrique et d'une conduite de vidange des condensats.

**Evaluation d'impact environnemental : -
Coût de fonctionnement** (€/kg) = 0 - 0,5**

ECO-DIGESTION



7.1 Définition

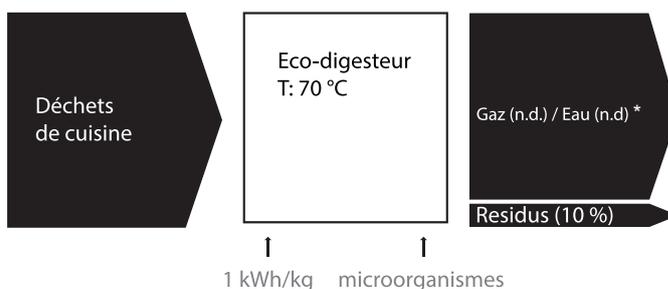
Traitement thermique de fermentation aérobie à l'aide de micro-organismes thermophiles, durant lequel les bactéries prospèrent dans un environnement riche en oxygène en brisant et digérant les déchets de cuisine (restes des repas, épluchures de fruits et légumes, viandes et poissons), dans une enceinte fermée et ventilée, à humidité et température contrôlées, actionnant un brassage permanent d'une durée d'environ 24 heures.

7.2 Fonctionnement

Le traitement prévoit une déshydratation par chauffage électrique en combinaison avec une fermentation de la matière organique par des micro-organismes. Le processus est activé par inoculation de micro-organismes (notamment des bactéries lactiques, des levures et des actinomycètes) sous forme de poudre mélangée au démarrage composée de 90 % d'écorce de riz. Une insufflation d'air contribue à l'oxygénation et une injection d'ozone permet la neutralisation des odeurs. Afin que les micro-organismes puissent continuer à se reproduire dans le récipient, chaque vidage doit conserver environ la moitié de la matière dans la machine. L'introduction des déchets frais ne peut excéder les 50 % de la capacité journalière à intervalles d'au moins 4 à 5 heures. Le traitement peut réduire le volume de la matière organique jusqu'à 90%. La machine n'émet qu'un rejet gazeux (Gesper, 2010). Par contre, la machine présente la plus grande demande d'énergie (env. 1 kWh/kg) parmi les techniques sélectionnées dans la présente étude. Le produit restant exige un traitement ultérieur pour ne plus être considéré

comme un déchet. Pour ces deux raisons, l'évaluation d'impact environnemental de la machine est assez négatif. L'absence de littérature scientifique portant sur cette technique empêche une évaluation plus approfondie [Fig.7]

Fig.7



7.3 Variantes

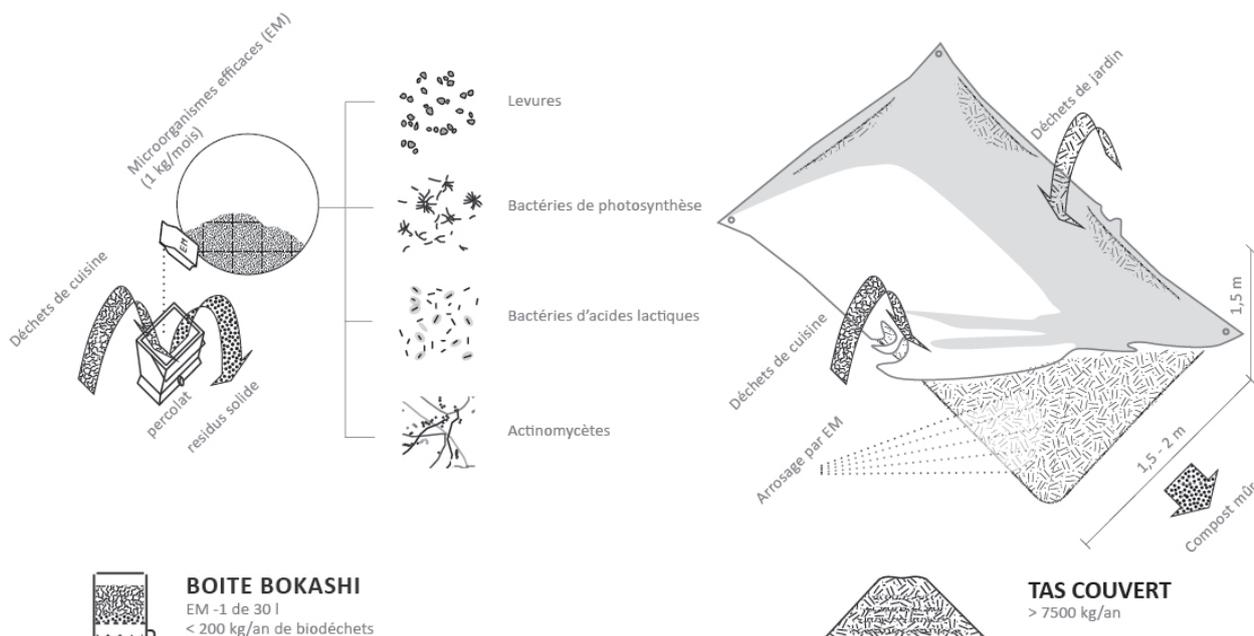
Le modèle retenu est une machine de déshydratation et digestion aérobie, autonome, déplaçable, ayant une capacité de traitement de 73 t/an de biodéchets et une consommation électrique d'environ 1 kWh/kg de déchets. Destinée à un usage intérieur, dans un local bien ventilé, l'installation ne doit pas être exposée à des températures inférieures à 0 °C ni à la pluie. Pendant le brassage, la température excède les 75 °C, et le traitement de l'air est réalisé par des bio filtres à charbons actifs.

Evaluation d'impact environnemental : -
Coût de fonctionnement (€/kg) = 0 - 0,5**

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

MICRO-ORGANISMES EFFICACES (OU FERMENTATION LACTIQUE)



8.1 Définition

Méthode de fermentation anaérobie de déchets organiques nécessitant l'apport externe d'une inoculation microbienne composée de différentes populations de micro-organismes. Selon Szymanski et Patterson (2003), ces micro-organismes contiennent des bactéries d'acides lactiques (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *Streptococcus lactis*), des bactéries de photosynthèse (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter spaeroides*), des levures (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*), des actinomycètes (*Streptomyces albus*, *S. griseus*) et des champignons de fermentation (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*). Le terme "micro-organismes efficaces" est une traduction approximative de l'appellation anglaise "effective microorganisms" (EM) qui à son tour est une modification du terme "friendly micro-organisms", ou "micro-organismes gentils", proposé par le chercheur japonais Teruo Higa, généralement considéré comme l'inventeur de ce type de traitement (Higa, 1993).

8.2 Fonctionnement

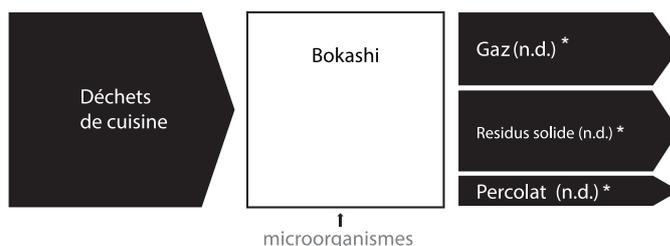
Les matières organiques entrantes sont accumulées dans un récipient de taille variable qui permet, dans sa partie inférieure, l'écoulement et souvent aussi la collecte du percolât issu du traitement. Les déchets sont déposés en couches sur chacune desquelles est répandue une faible quantité d'un substrat (céréales, riz ou autre) ou d'un liquide contenant les populations microbiennes (Freitag, 2000). Sous l'action des EM en anaérobiose, la matière organique est fermentée (Yamada et Xu, 2001). Les résidus solides de la fermentation sont chargés de micro-organismes et peuvent être broyés, répandus ou enfouis sur des terrains de culture comme fertilisant ou amendement

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation

(Higa et Parr, 1994). Des expériences scientifiques de Pei-Sheng et Hui-Lian (2002), Xu (2001) et Xu et al (2001) suggèrent que l'apport en matière inoculée et fermentée issue d'un traitement par micro-organismes efficaces peut être bénéfique pour l'agriculture. [Fig.8]

Fig.8

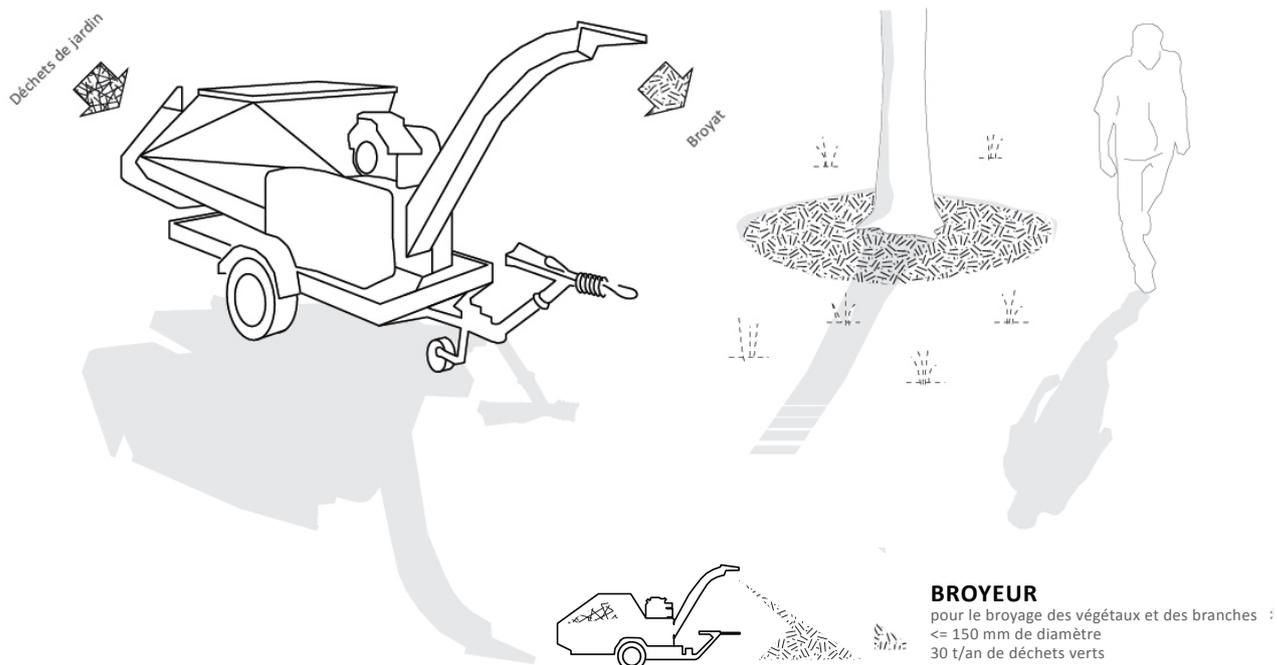


8.3 Variantes

Deux combinaisons représentatives qui reflètent ces deux cas de figure ont été retenues. La première est un système Bokashi, avec une poubelle en plastique de 30 litres munie d'un tamis et d'un récipient destiné à récolter le percolât. La seconde est un traitement à plus grande échelle, accumulant de la matière organique en tas d'une vingtaine de m3 et couvert par une bâche agricole afin d'empêcher la circulation de l'air.

Evaluation d'impact environnemental : + / + +
Coût de fonctionnement (€/kg) = 0,5 - 2**

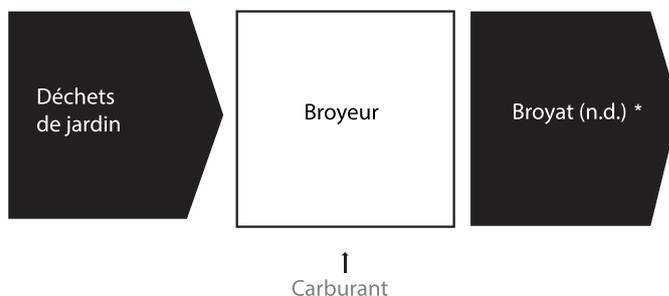
PAILLAGE OU MULCHING



9.1. Définition

Cette technique de valorisation consiste à couper ou broyer des déchets verts en une taille en général inférieure à 1 cm et à les disposer en couches (le paillis ou *mulch* en anglais) posées sur le sol. L'action consistant à répandre le matériau organique sur le sol est appelée paillage ou *mulching* (Qin et al, 2015). Le traitement des déchets verts est souvent effectué au moyen d'appareils motorisés conçus pour transformer différents types de biomasse. Par exemple, la taille des tontes de gazon peut être réduite à l'aide de tondeuses munies de lames spéciales. La plupart des déchets verts ligneux (comme ceux issus des tailles d'arbres, d'arbustes ou les feuilles) peuvent être traités à l'aide d'un broyeur.

Fig.9



9.2. Fonctionnement

L'action de répandre le paillis peut être réalisée au moment de la découpe par éjection (des nombreux broyeurs disposent d'un tuyau d'éjection qui peut être dirigé). Il est également courant de d'abord broyer le matériau puis de le transporter et de le répandre manuellement à un autre endroit. L'intérêt principal du paillage est de réguler le microclimat du sol et d'assurer un apport en matière organique (Luo et al 2015). Des nombreuses études ont démontré que le paillage peut améliorer l'hydratation de la végétation et la composition du sol (Mulumba 2008, Qin et al 2015, Chakraborty et al 2008). [Fig.9]

9.3. Variantes

Les variantes retenues se distinguent par le type de déchets verts traités (tontes, tailles d'arbres, feuilles) mais aussi par l'appareillage qui est utilisé à cet effet. A ce titre, il existe une multitude de différents modèles de tondeuses à gazon qui permettent le mulching in situ. Ceux-ci diffèrent selon leur puissance, capacité, prix etc. De même, on trouve sur le marché des broyeurs de jardinage à faible capacité et des appareils plus puissants qui permettent de traiter des dizaines de mètres cubes par heure.

Evaluation d'impact environnemental : + + +
Coût de fonctionnement (€/kg) = 6 - 10**

* non disponible

** Montant en € par kg d'input pour tous les coûts de fonctionnement (entretien, personnel, matériaux, réparation, etc) - estimation