



HAL
open science

ECCOVAL. Vers un plus grand engagement des citoyens bretons dans la gestion de leurs déchets. Comment valoriser la pratique du compostage individuel et du compostage de proximité comme outil de gestion domestique des déchets ménagers

A. Trémier

► **To cite this version:**

A. Trémier. ECCOVAL. Vers un plus grand engagement des citoyens bretons dans la gestion de leurs déchets. Comment valoriser la pratique du compostage individuel et du compostage de proximité comme outil de gestion domestique des déchets ménagers. [Rapport de recherche] irstea. 2012, pp.278. hal-02597666

HAL Id: hal-02597666

<https://hal.inrae.fr/hal-02597666>

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ECCOVAL

**Vers un plus grand engagement des citoyens
bretons dans la gestion de leurs déchets :**

COMMENT VALORISER LA PRATIQUE DU COMPOSTAGE
INDIVIDUEL ET DU COMPOSTAGE DE PROXIMITE COMME
OUTIL DE GESTION DOMESTIQUE DES DECHETS
MENAGERS

1 FEVRIER 2012

**TREMIER ANNE – COORDINATEUR
PROJET**

Irstea/Cemagref Rennes
17 avenue de Cucillé
CS 64427
35044 Rennes cedex



Pour mieux affirmer
ses missions,
le Cemagref
devient Irstea



SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	1
PRESENTATION DU CONSORTIUM DE REALISATION DU PROJET.....	2
CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART DU COMPOSTAGE DOMESTIQUE	3
ETAT DE L'ART TECHNICO-ECONOMIQUE DU COMPOSTAGE DOMESTIQUE.....	3
<i>Contexte national lié aux déchets organiques des ménages</i>	<i>3</i>
<i>Etat de la pratique du compostage domestique en France.....</i>	<i>5</i>
<i>Retour d'expérience sur la dissémination du compostage domestique à l'étranger</i>	<i>9</i>
<i>Travaux de recherche sur l'influence des pratiques de compostage (type de composteur, mélange, arrosage, etc.)</i>	<i>11</i>
<i>Travaux de recherche sur la qualité des composts domestiques</i>	<i>12</i>
IMPACTS DU COMPOSTAGE DOMESTIQUE	14
<i>Impacts sur la gestion collective des déchets.....</i>	<i>14</i>
<i>Impacts sanitaires et environnementaux.....</i>	<i>16</i>
PARAMETRES SOCIOLOGIQUES DE L'ENGAGEMENT DANS LA PRATIQUE DU COMPOSTAGE DOMESTIQUE	18
<i>Introduction.....</i>	<i>18</i>
<i>Compostage = objet social.</i>	<i>19</i>
<i>Cognition.....</i>	<i>22</i>
<i>Le compostage comme objet nouveau.</i>	<i>41</i>
<i>Conclusion.....</i>	<i>49</i>
CONCLUSION/PERSPECTIVES.....	51
REFERENCES.....	52
CHAPITRE 2 : ENQUETE SOCIOLOGIQUE – FREIN ET LEVIERS DE L'ENGAGEMENT DU CITOYEN DANS UNE ACTION DE COMPOSTAGE DOMESTIQUE	56
PRESENTATION DES PRINCIPAUX RESULTATS DE LA PRE-ENQUETE.....	56
<i>Population interrogée:</i>	<i>56</i>
ENQUETE ECCOVAL	61
<i>Construction du questionnaire</i>	<i>62</i>
<i>Population.....</i>	<i>63</i>
<i>Résultats de l'enquête ECCOVAL.....</i>	<i>65</i>
<i>Conclusions de l'enquête.....</i>	<i>76</i>
CHAPITRE 3 : ETUDE DES PERFORMANCES TECHNIQUES POTENTIELLES DU COMPOSTAGE DOMESTIQUE	78
INTRODUCTION	78
ETUDE DE LA BIODEGRADABILITE DES DECHETS A COMPOSTER.....	78
ETUDE DE L'INFLUENCE DU TYPE DE COMPOSTEUR.....	99
ETUDE DE L'INFLUENCE DES PRATIQUES DE RETOURNEMENT ET D'ARROSAGE	123
ETUDES DES EMISSIONS GAZEUSES LIEES AU COMPOSTAGE DOMESTIQUES.....	151
CONCLUSION.....	170
CHAPITRE 4 : SUIVI DE PRATIQUES REELLES DE COMPOSTAGE SUR RENNES METROPOLE	172
COMPOSTAGE INDIVIDUEL.....	172
<i>Matériels et méthodes : protocole de suivi des pratiques de compostage</i>	<i>172</i>
<i>Résultats et interprétations</i>	<i>175</i>
COMPOSTAGE COLLECTIF	189
<i>Méthodes</i>	<i>189</i>
<i>Résultats.....</i>	<i>189</i>

EMISSIONS GAZEUSES AU COURS DES PRATIQUES REELLES	189
<i>Matériels et méthodes</i>	189
<i>Résultats</i>	192
<i>Conclusion</i>	198
CONCLUSION : GUIDE D'AIDE A LA MISE EN PLACE D'UNE ACTION DE PROMOTION DU COMPOSTAGE DOMESTIQUE	200

Introduction

Contexte et objectifs

La circulaire du Ministère de l'Environnement du 28 avril 1998 fixe qu'à terme la moitié des déchets, dont l'élimination est de la responsabilité des collectivités locales, doit être orientée vers une solution de recyclage. Dans cet objectif, les 30% de gisement organique des déchets ménagers représentent un enjeu majeur pour la réduction des tonnages collectés. Ainsi de forts encouragements ont été donnés à la gestion domestique, au compostage individuel ou au compostage de proximité des déchets organiques.

Cependant, la mise en place puis la pérennisation de ces pratiques de gestion domestique des déchets ne sont pas acquises. En effet les motivations des usagers-citoyens pour s'engager dans une démarche de compostage individuel ou de proximité sont mal définies, de même que les raisons qui les poussent à cesser cette démarche. Parallèlement, les collectivités qui actuellement s'engagent activement dans le développement de ces démarches ne semblent pas disposer d'informations suffisamment consolidées sur les atouts de la mise en place du compostage individuel ou de proximité et sur les meilleures modalités de mise en œuvre (efficacité des outils utilisés, conseils sur les bonnes pratiques de compostage, formation et accompagnement, etc.). Elles ne peuvent donc prétendre à diffuser le meilleur message d'information et de motivation auprès de leurs citoyens.

Au sein de la région Bretagne les actions de mise en place de démarches de gestion domestique des déchets ménagers par compostage se développent. Des collectivités, dont Rennes Métropole, s'y engagent, soutenues par des associations environnementales. Il est donc apparu important d'apporter à ces collectivités les meilleurs atouts de pérennisation de la pratique.

Compte tenu du contexte décrit ci-avant, il apparaissait opportun concernant l'encouragement à la gestion domestique des déchets ménagers par compostage de s'intéresser et d'apporter et/ou de consolider des données sur :

- Les impacts environnementaux, économiques et sociaux de cette gestion domestique
- Les motivations et les réticences des usagers pour s'engager dans la démarche
- La fiabilité technique des composteurs individuels ou de proximité et les pratiques de compostage,
- La formation des usagers et des collectivités à la mise en place et la pratique du compostage individuel ou de proximité.

Concernant le compostage individuel, l'objectif était d'abord de consolider les données déjà existantes (notamment du point de vue de l'impact environnemental et économique) et de compléter les connaissances sur les aspects sociologiques et techniques. Concernant le compostage de proximité en milieu urbain, l'objectif était d'acquérir l'ensemble des données précitées. Les atouts, contraintes et modalités de la mise en place de la gestion domestique des déchets ménagers par compostage pourraient ainsi être comparés en fonction de l'environnement d'application de la démarche.

La finalité du projet était de produire un outil d'aide à la mise en place et à la pérennisation d'opérations de compostage individuel ou de proximité. Cet outil prend la forme d'un guide de bonnes pratiques mais il propose également des fiches outils proposant des trames d'enquêtes ou de formation appliquées aux différentes situations de production et gestion des déchets ménagers (environnement urbain ou rural, habitat individuel ou collectif, niveau de communication déjà engagé).

Ce rapport final rassemble l'ensemble des résultats obtenus au cours de ce projet.

Dans un premier chapitre il présente l'état de l'art réalisé en 2008 sur le compostage domestique. Dans un second chapitre, l'enquête sociologique sur les facteurs influençant l'engagement des citoyens dans une démarche de compostage domestique est proposée. Le troisième chapitre synthétise les résultats d'une étude des performances techniques du compostage domestique dans des conditions contrôlées, alors que le chapitre 6 présente un suivi des pratiques réelles de compostage en habitat individuel et collectif. Enfin, le chapitre 7 présente le contenu du produit final du projet, c'est-à-dire un guide à l'attention des collectivités pour l'aide à la mise en place d'une action de promotion du compostage domestique. Ce guide se base sur les résultats exposés dans les précédant chapitres.

Présentation du consortium de réalisation du projet

Le partenariat formé dans le cadre du projet ECCOVAL regroupait initialement une collectivité locale (Rennes Métropole), un établissement de recherche implanté sur Rennes (Cemagref), une équipe d'accueil de l'université de Rennes2 (CRPCC/LAUREPS) et une association environnementale (CIELE).

Rennes Métropole est une communauté d'agglomération qui encourage activement la gestion domestique des déchets ménagers par compostage. En particulier Rennes Métropole développe le compostage de proximité au pied des immeubles (25 composteurs implantés à ce jour) ainsi que nombre d'actions d'incitation au compostage individuel. La collectivité dispose donc d'une bonne connaissance de terrain et d'un large panel de lieux d'études pour ce projet qui vient compléter la politique de prévention des déchets qu'elle mène.

Au sein du Cemagref de Rennes, l'équipe SOWASTE (gestion des déchets solides) détient une bonne expertise des problématiques liées à la gestion des déchets ménagers (études sur la collecte sélective, le compostage individuel, le tri-compostage des ordures ménagères) et a également développé depuis 1996 un axe de recherche sur la compréhension et l'optimisation des procédés de compostage (approche génie des procédés).

Le LAUREPS (laboratoire armoricain universitaire de recherche en psychologie sociale est une composante du CRPCC (Centre de recherche en psychologie, cognition et communication, équipe d'accueil universitaire EA 1285). Ces compétences et thèmes de recherche portent sur l'insertion sociale et les fonctionnements cognitifs, les modalités de l'insertion sociale comme des variables explicatives et l'activité cognitive comme variable expliquée, l'insertion sociale et ses modalités comme objets de connaissance pour des traitements cognitifs particuliers et la construction de modèles spécifiques, les stratégies cognitives et l'insertion sociale dans des contextes ou situations problématiques. Ces compétences sont notamment appliquées dans le domaine de l'environnement.

CIELE (centre d'information sur l'énergie et l'environnement) était une association à portée régionale qui organisait des actions d'information et d'éducation à l'environnement, qui réalisait des publications et proposait des formations sur les thèmes de l'énergie, des déchets, de l'eau. L'association disposait ainsi d'une bonne connaissance des réalités « terrain » en termes de traitement des déchets et des besoins en informations et formations des usagers et des collectivités. Suite à des difficultés internes, l'association a progressivement réduit son activité au cours de l'année 2010 et a finalement été liquidée en février 2011.

Chapitre 1 : Etat de l'art du compostage domestique

Etat de l'art technico-économique du compostage domestique

Contexte national lié aux déchets organiques des ménages

Rappel sur les flux de déchets et les modes de traitement

La production française annuelle de déchets a été estimée en 2006 à 868 MT (ADEME, 2009b). Ces déchets regroupent les déchets des collectivités (14 millions de tonnes), les déchets des ménages (31 millions de tonnes), les déchets des entreprises (90 millions de tonnes), les déchets de l'agriculture et de la sylviculture (374 millions de tonnes), les déchets d'activités de soins (0.2 million de tonnes) et les déchets du BTP (359 millions de tonnes).

Les déchets dits municipaux représentent 46.5 millions de tonnes composés de déchets verts des collectivités et des ménages, de boues de station d'épuration, de déchets de la voirie et des marchés, d'encombrants des ménages et des ordures ménagères des ménages et des entreprises (57 % du total).

Concernant les ordures ménagères en particulier, la production est estimée à 354 kg/hab./an (ADEME, 2009b) et les flux collectés sont gérés par les collectivités selon 4 voies principales : le traitement thermique (43 %), l'enfouissement (39 %), le tri en vue du recyclage (13 %) et le traitement biologique (6 %).

Contexte spécifique des déchets organiques des ménages

Parmi les flux de déchets exposés, les déchets organiques biodégradables représentent un enjeu spécifique en termes de recyclage et de valorisation. En effet, dans le contexte réglementaire précédemment décrit, la part des déchets organiques biodégradables représente un gisement non négligeable à détourner du stockage et à valoriser.

Une première caractérisation de la composition moyenne des ordures ménagères date en France de 1993. Une nouvelle campagne de caractérisation a été menée en 2007-2008. D'après les données de 1993 (ADEME, 1999), les ordures ménagères sont constituées pour 28.7 % de déchets putrescibles, 25.5% de papiers/cartons, 11.1 % de plastiques, 4.1% de métaux et 17.7% de déchets complexes, textiles, textiles sanitaires et autres déchets non classés. En théorie, 48 % de ces déchets sont recyclables (papiers, cartons, complexes, textiles, plastiques, verre et métaux) et les 28.7% de putrescibles sont compostables. La campagne de caractérisation de 2007-2008 (figure 1) montre qu'il y a eu peu d'évolution dans cette composition depuis 1993, excepté pour les textiles sanitaires dont la production par habitant et par an a été multipliée par environ 2.5 (ADEME, 2009a).

38 % (plastiques, verre, etc. hors putrescibles) de la masse humide des ordures ménagères peut faire l'objet de valorisation matière. 52 % de cette même masse humide (soit 13 millions de tonnes) correspond à des flux de déchets organiques (putrescibles et papiers/cartons).

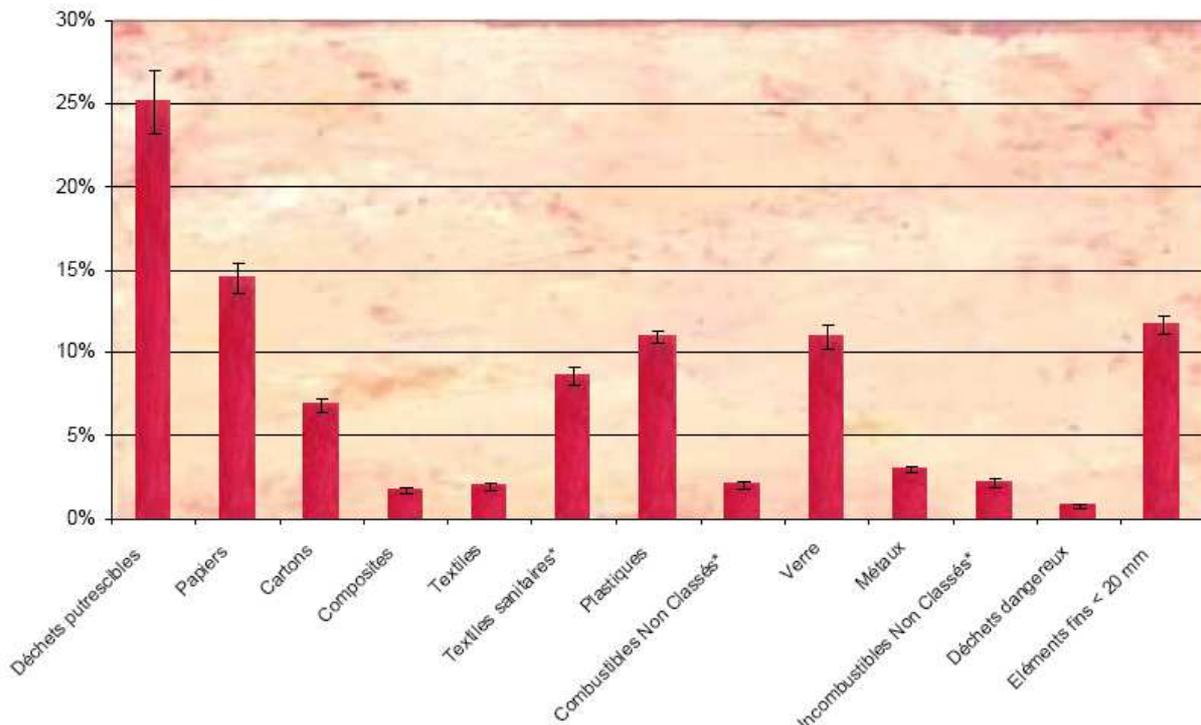


Figure 1 – composition moyenne nationale des ordures ménagères – 2007 (en pourcentage de la masse humide)

Enfin, les déchets verts des ménages représentent également un flux de déchets organiques important, équivalent à 4.5 millions de tonnes par an.

Les enquêtes sur la valorisation des déchets organiques des ménages montrent quatre grands types de gestion de ces déchets (ADEME and Inddigo, 2008; ADEME *et al.*, 2008b):

- la gestion collective sans valorisation (poubelle des OMR),
- la gestion domestique (compostage domestique, alimentation animale, paillage, etc.),
- la gestion collective avec valorisation (compostage non domestique, apport en déchetterie),
- des pratiques "sauvages" à déconseiller : brûlage, dépôt sauvage.

Ces enquêtes distinguent par ailleurs plusieurs catégories dans les déchets organiques des ménages :

- Les déchets de cuisine (préparation et restes de repas)
- Les déchets de maison (mouchoirs papier et autres papiers absorbants, journaux, sciures...)
- Les déchets verts ou déchets de jardin

Le tableau 1 présente la répartition des voies de valorisation pour chaque catégorie des déchets organiques des ménages.

	Gestion collective sans valorisation (% des pratiques déclarées)	Gestion domestique (% des pratiques déclarées)	Gestion collective avec valorisation (% des pratiques déclarées)	Pratiques sauvages à déconseiller (% des pratiques déclarées)	Autres/pas de réponse (% des pratiques déclarées)
Déchets de cuisine (ADEME and Inddigo, 2008)	47	30	16	2	5
Déchets de maison (ADEME <i>et al.</i> , 2008b)	31	7	33	9	19
Déchets verts (ADEME <i>et al.</i> , 2008b)	5	34	37	9	16

Tableau 1 – Répartition des pratiques de gestion des déchets organiques des ménages

Si les déchets verts sont déjà largement valorisés, soit au niveau domestique, soit collectivement, il reste encore une marge de progrès conséquente sur les déchets de cuisine et les déchets de maison.

Etat de la pratique du compostage domestique en France

Définition et dissémination actuelle

Ce rapport définit comme compostage domestique, la gestion des déchets des ménages par eux-mêmes au moyen d'un traitement par compostage, qu'il soit mis en œuvre en tas, en composteur individuel (un seul foyer) ou par une petite collectivité (quelques foyers).

L'enquête nationale réalisée dans le cadre du PNSCD a évalué à 34 % la proportion de la population française déclarant pratiquer le compostage domestique.

La promotion du compostage domestique est en forte progression. Principalement axée sur le compostage individuel, elle a permis d'aboutir fin 2007 à plus de 1 million de composteurs distribués. Ainsi, en Bretagne, 68 opérations de promotion du compostage individuel avaient été recensées en 2006. Depuis 2006, ce chiffre a progressé pour couvrir désormais une grande majorité du territoire breton.

Quelques expériences de développement du compostage domestique pour l'habitat collectif ont vu le jour depuis 2006. Ainsi Rennes Métropole a mis en place des composteurs en pied d'immeuble. 40 composteurs collectifs étaient installés fin 2007, regroupant près de 500 foyers volontaires. La communauté d'agglomération envisage d'atteindre un chiffre de 1600 composteurs collectifs installés d'ici 2018. Une expérience similaire est également soutenue par la communauté d'agglomération de Chambéry. Enfin, plusieurs démarrages de compostage en pied d'immeuble sont en cours ou prévus en 2009 (liste non exhaustive) : à Pontauger près de Clermont Ferrand (organisé par le VALTOM), Kérangoff près de Brest, Angers, Chalon sur Saône.

Types de déchets compostés

Dans la pratique, les usagers-composteurs ne dirigent pas tous les déchets organiques vers le compostage (ADEME and Inddigo, 2008; ADEME *et al.*, 2008b).

Ainsi parmi les déchets de cuisine, iront vers le compostage principalement les fruits et légumes abimés, les épluchures et les marcs de café ou feuilles de thé. Les restes de repas (pain, viandes, poissons et autres) ne sont que rarement cités dans les enquêtes parmi les déchets compostés.

Les déchets de maison ne sont globalement que peu destinés au compostage en dehors des fleurs fanées et plantes en pots. Les cendres de bois et les litières d'animaux sont quelques fois citées de même que des papiers ménagers (mouchoirs/essuie-tout).

Enfin, les déchets les plus cités comme étant ceux détournés vers le compostage sont les déchets verts. Les déchets du potager sont dirigés à 60 % vers le compostage. De même les tontes de pelouse, les plantes avec racines, les feuilles et les mauvaises herbes sont gérées à près de 25% par compostage. Enfin, les petites tailles d'arbres, de haie et les branches sont plus rarement utilisées en compostage probablement du fait de la préparation exigée (broyage).

En conclusion, le compostage domestique est prioritairement réservé aux déchets végétaux. On peut cependant noter que les végétaux dits structurants (branchages), conseillés dans les guides pour améliorer les mélanges compostés, sont assez peu cités par les usagers.

Flux de déchets compostés

Si les enquêtes réalisées permettent généralement bien de qualifier les types de déchets détournés de la collecte vers le compostage individuel, il n'en est pas de même pour la quantification des flux détournés.

Le plus souvent, les enquêtes réalisées par les collectivités mettent en évidence que les usagers engagés dans une action de compostage estiment diminuer leur quantité d'OMR, sans toutefois chiffrer cette diminution (ADEME and Inddigo, 2008).

Les estimations chiffrées de flux détournés sont uniquement issues d'initiatives isolées de collectivités. Ces dernières ont pu mettre en place différents systèmes d'évaluation :

- Des pesées par des foyers volontaires
- Des pesées et caractérisation d'OMR avant et après mise en place de l'action d'incitation au compostage domestique
- Des suivis de terrains réalisés chez les usagers par la collectivité

Ces initiatives ont conduit à des résultats très variables. On relève ainsi des flux détournés de déchets de cuisine allant de 6.5 à 85 kg/hab./an et de 13 à 280 kg/hab./an pour les déchets verts. Les moyennes de 42 kg/hab./an de déchets de cuisine et de 88 kg/hab./an de déchets verts sont à ce jour retenues comme base du flux de déchets détournés de la collecte par le compostage domestique.

Aspects technologiques

Type de compostage pratiqué

Il existe trois types de compostage domestique : le compostage en tas, le compostage en bac (nous y incluons les éventuels systèmes rotatifs) et le vermicompostage ou lombricompostage.

Le lombricompostage est encore peu développé. Il concerne le niveau individuel et se met en pratique en général à l'intérieur. Il est peu promu par les collectivités à l'exception de certaines expériences en Alsace et dans le Jura (ADEME and MEDAD, 2007).

Plus généralement, au niveau individuel, le compostage en tas et le compostage en bac coexistent (ADEME and Inddigo, 2008) avec toutefois une prédominance du compostage en tas (64 %) notamment dans les communes rurales (71 %)(ADEME *et al.*, 2008b). Enfin, les déchets de cuisine et de maison semblent plus facilement dirigés vers le compostage en bac, alors que les déchets de jardin et en particulier les tontes semblent plus prioritairement compostés en tas.

Au niveau collectif en pied d'immeuble, le type de compostage le plus répandu en France est le compostage en bac. Ces bacs sont de même type que ceux utilisés au niveau individuel mais avec des volumes plus importants (600 à 1000 l). Il existe également des composteurs électrorotatifs répandus notamment dans les expériences de compostage collectifs des pays d'Europe du Nord (Suède).

Composteurs individuels et mode de distribution

Concernant le compostage individuel en bac, différents modèles de composteurs sont accessibles à l'utilisateur : des composteurs en bois, des composteurs en plastiques et des composteurs rotatifs. Dans la pratique française, les composteurs individuels rotatifs sont peu répandus. Ils sont plus largement utilisés au Royaume uni et en Amérique du Nord.

Les composteurs individuels statiques présentent des volumes allant généralement de 200 à 1000 litres. Pourtant, les pratiquants du compostage déclarent utiliser majoritairement des composteurs de moins de 300 l (48 %). L'utilisation de composteur de plus de 600 l pour la pratique individuelle est plus rare (17 %). Ils existent de nombreux fabricants de composteurs (voir site GESPER <http://compostage.free.fr/>, liste non exhaustive) dont 7 sont titulaires de la marque NF Environnement (AFNOR, 2009).

Les usagers se procurent les composteurs soit auprès de collectivités (40 %), soit dans le commerce (32 %) ou encore le construisent eux-mêmes (25 %) (ADEME *et al.*, 2008b). Le volume de 300 l est le plus couramment proposé par les collectivités (ADEME and MEDAD, 2007), qui parfois doublent cette proposition d'un modèle plus grand (600 à 800 L le plus fréquemment). Enfin, il n'y a pas de consensus sur la matière du composteur à promouvoir en priorité (bois ou plastique). Certaines collectivités choisissent l'une ou l'autre des matières, alors que d'autres vont offrir le choix à leurs usagers. Il est à noter cependant que les composteurs de petits volumes sont plus largement proposés en plastique.

Dans le commerce, les composteurs sont vendus dans une gamme de 30 à 200 euros, en fonction du volume et de la matière. Les collectivités peuvent, quant à elles, mettre en place des stratégies assez diversifiées lors de leurs opérations de promotion du compostage domestique. Ainsi si l'on se base sur l'échantillon de collectivités que représentent les opérations exemplaires du PNSCD (ADEME and MEDAD, 2007), une moitié d'entre elles choisissent de proposer des composteurs à un prix aidé (entre 10 et 30 euros avec des exceptions à plus de 40 euros pour des modèles à large volume). Un tiers des collectivités choisissent au contraire de distribuer gratuitement le composteur. Enfin, certaines collectivités ne proposent pas de composteur, laissant le choix à l'utilisateur du matériel finalement choisi, avec ou sans subvention. Ce même bilan réalisé en Bretagne (Rabeau, 2008) montre que sur 68 collectivités ayant mis en place une action de promotion du compostage domestique, 55 ont choisi de proposer un composteur payant (entre 12 et 35 euros) et seulement 13 d'entre elles ont choisi d'opter pour une mise à disposition gratuite.

Documents/Outils associés au composteur

Lorsque les composteurs sont mis à disposition par les collectivités, ces dernières peuvent demander à l'utilisateur un engagement et lui proposer différents outils complémentaires.

Ainsi une majorité des collectivités demande à l'utilisateur de signer une convention d'utilisation ou charte d'engagement dans laquelle :

- La collectivité s'engage à fournir à l'utilisateur un composteur et les informations nécessaires à la pratique du compostage, à répondre aux interrogations que l'utilisateur pourrait se poser sur sa pratique du compostage,

- L'utilisateur s'engage quant à lui à suivre les indications qui lui sont fournies sur la pratique du compostage et à répondre aux questionnaires et enquêtes menées par la collectivité.

Associé au composteur, un bioseau est souvent proposé (la moitié des opérations exemplaires). Ce récipient est considéré comme très utile pour le stockage avant de les placer dans le composteur (67 % des personnes qui déclarent composter utilisent un seau comme moyen de stockage des déchets (ADEME *et al.*, 2008b)).

Enfin, dans la plupart des cas, un guide du compostage est proposé avec le composteur. Il peut s'agir du guide réalisé par l'ADEME, ou d'un guide retravaillé par la collectivité ou encore du guide proposé par le fabricant du composteur. Le bilan des guides distribués en Bretagne (Jobard, 2008) montre que ces guides abordent 13 points principaux qui sont détaillés dans le chapitre 4.

Pratique du compostage

Ainsi que l'exposent les guides et ouvrages sur le compostage domestique, l'art de composter s'appuie sur trois interventions principales de l'utilisateur (ADEME, 2008; Pépin, 2008) :

- L'apport de déchets organiques (nature et proportion)
- Le mélange
- L'arrosage

Pour un compostage optimal il est conseillé d'équilibrer les apports entre déchets carbonés et déchets azotés, déchets humides et déchets secs, déchets grossiers et déchets fins. Le mélange est quant à lui conseillé pour optimiser l'aération des organismes responsables de la dégradation de la matière organique. Enfin, l'arrosage est utile lorsque le compost est trop sec et que la dégradation biologique s'en trouve limitée.

Dans les faits, il apparaît que les usagers qui compostent déclarent intervenir peu sur le compostage. Ainsi, seuls 28 % des usagers déclarent mélanger leur compost. Le taux d'intervention est plus important chez les personnes compostant en bac (39 %) qu'en tas (22 %) (ADEME *et al.*, 2008b).

Les enquêtes de satisfaction réalisées par diverses collectivités montrent que si plus de la moitié des usagers semblent satisfaits de leur compostage, une part (entre 30 et 50% selon les collectivités et les enquêtes) de ces mêmes usagers exprime une insatisfaction qu'ils expliquent par : la présence d'animaux ou d'insectes dans le compost, la présence d'odeurs, la conception du composteur. L'exploitation de ces enquêtes laisse entendre que dans la plupart des cas, la pratique du compostage n'est pas celle qui est préconisée dans les guides (ADEME and Inddigo, 2008).

Pérennité de la pratique - Qualité et utilisation du compost

D'après l'état de l'art du compostage individuel en Bretagne (Rabeau, 2008) et l'étude bibliographique sur la gestion domestique du PNSCD (ADEME and Inddigo, 2008), le taux d'abandon de la pratique de compostage n'excéderait pas 9 % des foyers qui prennent un composteur. Cependant, ces chiffres sont issus d'enquêtes qui ne sont pas nécessairement représentatives de la part de population la moins motivée par le compostage. Ces abandons seraient principalement dus à une trop faible production de déchets selon la perception de l'utilisateur (probable difficulté à obtenir du compost) puis en second plan aux nuisances liées au compostage (rongeurs/insectes/odeurs). Néanmoins l'enquête nationale du PNSCD indique qu'il n'y a pas de corrélation significative entre la problématique "odeur" et l'abandon du compostage (ADEME *et al.*, 2008a).

83% des usagers pratiquant le compostage déclarent utiliser leur compost pour le potager, les plantes ou les haies (ADEME *et al.*, 2008b). Cependant, il n'existe pas, en France, de données sur la qualité des composts obtenus.

Coût du compostage domestique

Le retour d'expérience des opérations exemplaires du PNSCD permet d'avoir quelques données sur le coût de la mise en place du compostage individuel pour la collectivité.

Les dépenses concernent l'équipement de compostage (composteur et bioseaux) et la communication et le suivi de l'opération de promotion. Tous types d'équipements confondus, le coût de l'équipement par foyer équipé serait en moyenne (chiffres OpEx PNSCD 2005-2008), de 49.89 €. Les dépenses de communication et suivi s'élèveraient à 13.58 € par foyers. A ces dépenses s'ajoutent, pour un certain nombre de collectivités, les emplois dédiés spécifiquement à la promotion du compostage domestique et au suivi de l'opération. Ces dépenses sont partiellement compensées par des aides de l'ADEME, des conseils généraux et autres. Une participation de l'utilisateur via l'achat du composteur est également mise en place dans 64 % des opérations exemplaires.

Il n'y a pas à l'heure actuelle de données publiquement disponibles sur les coûts évités grâce à la mise en place du compostage domestique (diminution des collectes...).

Pour l'utilisateur, le coût du compostage domestique revient donc uniquement à l'achat de son équipement. Sur les opérations exemplaires du PNSCD, on trouve les prix moyens de vente des composteurs suivants (Tableau 2) :

Type de composteur	Plastique 300L	Plastique 600L	Bois 300L	Bois 600L	Bois 1000L
Prix de vente par la collectivité	15.13 €	19.80€	17.85€	20.60€	22.33€

Tableau 2 : Prix de vente moyen des composteurs individuels par les collectivités

Retour d'expérience sur la dissémination du compostage domestique à l'étranger

Le compostage domestique des déchets organiques connaît une promotion dans de nombreux pays. Cependant, il est souvent difficile d'estimer avec précision l'ampleur de cette pratique. Quelques exemples sont néanmoins donnés ci-après en Europe et en Amérique du Nord.

En Europe

En Angleterre, la pratique du compostage domestique aurait concerné 35 % de la population en 2005. Cette pratique est en forte croissance puisqu'elle n'aurait concerné que 27 % de la population en 1997 (DEFRA, 2007). 75 % des administrations responsables de la collecte et de la gestion des déchets ménagers en Angleterre et au Pays de Galle ont mené des actions de promotion du compostage domestique. Le nombre de composteurs distribués depuis le milieu des années 90 est estimé à près de 3.5 millions.

En Irlande, 10 % de la population compostait ses déchets en 2004 et ce chiffre est en augmentation (EPA, 2009). Le tonnage de biodéchets détournés de la collecte par cette voie en 2007 est estimé à 34470 T soit 2% du tonnage total des déchets des ménages.

En Suède, le compostage en pied d'immeuble est répandu. En 2006, 700 composteurs électromécaniques installés en pied d'immeuble étaient comptabilisés. Chacun de ces composteurs concernaient environ 100 foyers (ADEME and INDDIGO, 2006). L'ensemble des pratiques de compostage domestique (individuel + pied d'immeuble) aurait permis de composter 70 000 T de déchets ménagers en 2006 (Avfall-Sverige, 2007).

Au Luxembourg, la production annuelle de déchets organiques était évaluée en 2001 à 150 kg/habitant/an. Un plan de promotion du compostage en tant qu'instrument de prévention à l'échelle nationale a été lancé dès 1993. En 2001, la part de ménages engagés dans une action de compostage individuel était évaluée à 25% (Administration de l'Environnement du Luxembourg, 2001). Les moyens mis à disposition dans ce plan sont : un numéro d'appel téléphonique, des séminaires et démonstrations pratiques, des mesures d'encouragement en collaboration avec les communes, des conseils sur la possibilité de compostage collectif, des études sur le compostage individuel, des inventaires.

La Belgique fait également une large promotion du compostage domestique avec notamment l'intervention d'association "phare" dans le domaine, telles que le Comité Jean Pain.

La région de Catalogne en Espagne a également montré un fort intérêt pour la mise en place du compostage domestique comme voie de réduction des quantités de déchets à gérer par la collectivité. En vue de répandre cette pratique, une expérience d'implémentation du compostage domestique auprès de 200 foyers en habitat individuel, dans une collectivité près de Barcelone, a été suivie pendant deux ans (Mayoral and Sanchez, 2005). Après deux ans le taux d'abandon constaté n'a été que de 16 %. Ces abandons étaient principalement dus à un manque de temps. Les déchets traités étaient principalement des déchets de cuisine (épluchures, restes de fruits et légumes) et des déchets de jardin (tontes et tailles d'arbustes). Bien qu'aucune consigne n'ait été donnée en ce sens, les foyers composteurs ont volontairement écartés la viande et le poisson du compostage (seuls 6% des foyers déclarant les composter). Les apports se faisaient majoritairement (60 %) deux fois par semaine. Bien que seulement 11 % des foyers possédaient des broyeurs, 76 % de participants se déclaraient autosuffisants en déchet structurant tels que les tailles de haies. La fréquence de retournement du compost était variable : plus d'une fois par semaine (8%), une fois par semaine (26 %), toutes les deux semaines (20 %), tous les mois (46 %). Au cours de la période de compostage, 4 % des participants ont relevé la présence de lixiviats, 7 % ont observé de mauvaises odeurs. Les composts obtenus ont été jugés trop humides pour 30 %, avec une humidité correcte pour 44 % et trop secs pour 26 %. Dans tous les cas, ils ont été utilisés par les participants à l'essai. Ce programme a conforté la collectivité dans son souhait de mettre en place largement le compostage domestique et a conduit à des recommandations en termes de mise à disposition d'outils de broyage et de fréquence de retournement (une fois par semaine).

En Amérique du Nord

Au Canada, le compostage domestique devient plus populaire et concernait, en 2006, 27 % des foyers, contre 23 % en 1994. La quantité de déchets compostés était de 51 kg/an/habitant en 2004. Deux provinces ont particulièrement développé cette pratique. Ainsi, l'île du Prince Edouard, qui a mis en place un programme obligatoire de tri des déchets à la source, totalise 91 % de foyers pratiquant le compostage domestique. De même, la Nouvelle Ecosse, où l'enfouissement fait l'objet d'une interdiction provinciale, compte 69 % de foyers "composteurs" (Eliott, 2008). En moyenne, 73 % de canadiens qui compostent le font 10 à 12 mois l'année, mais 16 % ne le font que 6 mois ou moins. Dans certains états, les systèmes de collecte des déchets organiques sont mis en place en parallèle du compostage domestique

Aux Etats-Unis, le mouvement de promotion du compostage domestique a débuté dans les années 80. Tous les états ont mis en place des programmes de promotion, qu'il s'agisse de distribution de composteurs subventionnés ou de programmes de formation. De plus un programme éducatif du département de l'agriculture (Cooperative Extension Service), mettant en lien les universités et les collectivités pour promouvoir l'utilisation des résultats de la recherche dans la vie courante, appuie ce développement auprès des Etats (Sherman, 2005). Via ces programmes, plusieurs millions de composteurs ont été distribués. Le compostage domestique est considéré comme une des clés de la réduction de la quantité de

déchets à traiter par les collectivités. Ainsi dans une ville comme Seattle où les déchets de cuisine représentent un tiers des ordures ménagères, le compostage de ces déchets de cuisine, le compostage des déchets de jardin et le mulching des pelouses permettraient de soustraire de la gestion collective 387 kg/an et par foyer (255 kg de déchets de jardin et tontes de pelouse et 132 kg de déchets de cuisine). Sur la base d'une diversion de l'ordre de 330 kg/foyer/an et en fonction de la taxe sur l'enfouissement, les localités mettant en place un programme de promotion du compostage domestique pourraient économiser 15 à 20000 \$ par an (données 2005).

Travaux de recherche sur l'influence des pratiques de compostage (type de composteur, mélange, arrosage, etc.)

La littérature scientifique comporte peu d'articles discutant les pratiques de compostage domestique. Les quelques travaux existant se sont principalement intéressés à l'influence du retournement sur le déroulement du compostage et la qualité du compost obtenu.

Un chercheur anglais (Alexander, 2007) a étudié les effets du type de composteur et du retournement sur la qualité du compostage (température atteinte) et du compost. Il a ainsi montré que dans le cas d'un composteur rempli, la température atteinte était plus élevée pour un volume de composteur plus grand et avec retournement. De plus, la réduction du volume de déchet traité est plus importante lorsque des retournements sont pratiqués. L'auteur met surtout en avant le fait que l'étude du compostage à l'échelle individuelle est relativement complexe. Un grand nombre de facteurs environnementaux intervenant sur le procédé, et que les recherches scientifiques en ce sens doivent être poursuivies.

Dans le cadre d'un projet de "promotion et d'implémentation de systèmes de compostage domestique pour la production d'un compost de grande qualité" financé par la commission européenne, des chercheurs grecs (Papadopoulos *et al.*, 2009) ont développé et testé un composteur individuel, adapté au compostage de déchets de cuisine sans apports de déchets de jardin ni de branchage. Ce composteur fermé est constitué de plusieurs compartiments et d'une vis de mélange qui permettent d'alimenter en semi-continu le système par des déchets, de mélanger et de soutirer du compost et de récupérer les lixiviats sans avoir à intervenir manuellement sur le mélange. A chaque alimentation, la rotation d'une poignée située sur le couvercle permet de déverser les déchets frais sur le haut du compartiment "compostage", de mélanger ce même compartiment et de tamiser le compost au fond de ce compartiment pour remplir le compartiment de récupération du compost. Ce système a été testé par une trentaine de foyers. Bien que des problèmes de colmatage, des difficultés de rotation du système de mélange, des odeurs, etc. aient pu être notés dans les premières semaines de l'essai, les auteurs rapportent que le compost obtenu était de bonne qualité et que ce système est opérationnel.

Ce type de composteur équipé d'un système mécanique de mélange avait également été étudié par Illmer et Schinner (Illmer and Schinner, 1997). Ces auteurs ont montré que, bien que la réduction de volume de déchets soit significative, quelque soit la mise en œuvre du compostage, la mise en œuvre de retournements très réguliers par un système mécanique conduisait à la plus grande réduction de volume (97 % de réduction de volume en un an). De plus, le retournement mécanique les a conduits à obtenir une biodégradation plus rapide et un compost plus stable, comparativement au retournement manuel et à l'absence de retournement. Ces mêmes auteurs ont étudié l'influence couplée du retournement et de la présence d'élément structurant dans le mélange de déchet. Ils ont ainsi noté que seul le retournement influence significativement la température atteinte lors du compostage. La présence d'un matériau structurant a été considérée comme significativement influente pour l'humidité finale du compost (plus de séchage en cas de présence de structurant) et la perte d'azote (plus de perte d'azote avec structurant) (Illmer, 2002).

En Angleterre une étude de 64 foyers composteurs témoins menée par Jasim et Smith (Jasim and Smith, 2003) a montré que, au cours des deux années de suivi, les composteurs ont en moyenne reçu 360 kg de déchets (28.8 % de déchets de cuisine, 68.8 % de déchets de jardin et 2.4 % de papiers) par an et par foyer. A l'issue d'une année de compostage, le bilan massique moyen montrait une perte de 121 kg d'eau (soit 52 % de la masse d'eau initiale) et de 70 kg de matière sèche (soit 56 % de la masse sèche initiale). Au cours d'une année de compostage les températures enregistrées étaient très variables d'un composteur à un autre. Néanmoins, les chercheurs ont noté une tendance générale de maintien des températures dans un régime mésophile (entre 15 et 45 °C). Quelques pics de température supérieurs à 45°C ont pu être mesurés pendant les périodes estivales. Les pratiques de retournement n'ont pas généré d'effet statistiquement significatif sur la température. L'étude a également permis de mesurer les concentrations en oxygène, dioxyde de carbone, et méthane dans les composteurs au cours du compostage. Les concentrations moyennes en oxygène à l'intérieur des composteurs étaient toujours situées entre 16 et 21 % confirmant le caractère aérobique du traitement. Les concentrations de méthane se situaient entre 0.1 et 0.2 %. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées pour des composteurs non retournés.

Enfin, une équipe de chercheur de l'Impérial College de Londres a mené, dans le cadre d'un projet de démonstration des potentialités du compostage domestique, une étude de l'effet du régime de chargement des composteurs sur les taux de dégradation et la quantité maximale de déchets traités. Six types de mélanges de déchets ont été testés mettant en œuvre différentes proportions des déchets de jardin, déchets de cuisine et papiers (Tableau 3). Deux types de composteurs ont été utilisés : un composteur plastique cylindrique fermé de 290 L et de couleur verte ; un composteur plastique cylindrique fermé de 330 L et de couleur noire. Le compostage a été mené pendant un an. Les déchets de jardin ont été apportés tous les 25 jours, les déchets de cuisine tous les 17 jours et les papiers tous les 28 jours. Les apports ont été réalisés pendant 10 mois (février à décembre 2005).

	Déchets de jardin (%)	Déchets de cuisine (%)	Papiers (%)
Mélange 1	100	0	0
Mélange 2	40	60	0
Mélange 3	20	80	0
Mélange 4	40	58	2
Mélange 5	40	56	4
Mélange 6	20	78	2

Tableau 3 : Types de mélanges testés (ratios massiques)

Les résultats obtenus montrent que le taux de dégradation des déchets verts n'atteint que 19 % en un an, alors que les mélanges de déchets de jardin, cuisine et papiers montrent des taux de dégradation allant de 55 à 65 %. Aucune différence n'a pu être observée entre les deux types de composteurs. Pour les mélanges avec les plus forts taux de biodégradation, la quantité maximale de déchets pouvant être traitée en un an a été de 400 kg. Pour les mélanges comprenant autour de 60 % de déchets de cuisine, la quantité maximale de déchets pouvant être traitée par an avoisinait 250 kg. Les tendances d'évolution de la température ont été comparables pour tous les composteurs (variation entre 15 et 45 °C).

Travaux de recherche sur la qualité des composts domestiques

Une étude canadienne (Preston *et al.*, 1998) a eu pour objectif de caractériser des échantillons de composts domestiques provenant de trois provinces différentes du Canada et obtenus selon diverses techniques de compostage (composteurs bois, plastiques ou tas, retournement plus ou moins fréquent, ajout éventuel d'engrais dans le compost) à partir de déchets de cuisine (préparation de repas essentiellement) et déchets de jardin (feuilles, tontes, tailles de haies, petits branchages). Les échantillons ont été prélevés par les usagers composteurs au moment où leur compost leur semblait près à l'utilisation. Les analyses montrent que l'aspect physique des composts variait beaucoup d'un échantillon à l'autre avec

cependant une tendance générale : matériau fin, brun, friable avec plus ou moins de fragments reconnaissables de plantes. Les propriétés chimiques de la partie la plus fine de ces composts (< 2 mm) ont été analysées avec les résultats suivants :

- Matière minérale : 47 à 82 % (w/w)
- Carbone total : 9.5 à 26 % (w/w)
- Azote total : 0.55 à 1.78 % (w/w)
- Phosphore total : 1613 – 5322 mg/kg MS
- Phosphore disponible : 126 à 1103 mg/kg MS
- C/N : 11.9 à 23.7
- pH : 6.1 à 7
- Capacité d'échange de Cations (CEC) : 34 à 83 cmol⁺/kg MS

Les teneurs en matière minérale, carbone, azote phosphore sont comparables à celles obtenues sur des composts commerciaux de déchets verts (Tremier *et al.*, 2007). Les pH des composts domestiques analysés dans cette étude sont cependant plus acides que les pH constatés habituellement dans les composts commerciaux (7 – 7.5).

Les analyses de métaux lourds ont donné les résultats suivants :

- As : 11 à 31 µg/g
- Cd : 1.1 à 3.2 µg/g
- Co : 2 à 8 µg/g
- Cr : 36 à 109 µg/g
- Cu : 37 à 98 µg/g
- Mn : 245 à 889 µg/g
- Ni : 5 à 38 µg/g
- Pb : 23 à 280 µg/g
- Zn : 83 à 372 µg/g

A l'exception des teneurs les plus élevées en Arsenic et en Plomb, ces concentrations sont inférieures aux normes sur les éléments traces métalliques dans les composts en France (AFNOR, 2006).

L'étude conduite par Jasim et Smith auprès de 64 foyers composteurs pendant deux années de compostage (deux cycles d'un an) a permis d'obtenir les résultats suivants en termes de qualité des composts :

- Matière sèche (%) : 17.2 à 75,4
- Matière organique (% de la matière sèche) : 6.6 à 69.3
- pH : 5.6 à 9.3
- Conductivité (mS.cm-1) : 462 à 1618
- Azote Total (% MS) : 1.1 à 6.1
- N- NH₄ (mg/kg MS) : 0.9 à 37.7
- N-NO₃ (mg/kg MS) : 8.8 à 96.9
- N-NO₂ (mg/kg MS) : 0.1 à 3.4
- Phosphore Total (% MS) : 0.1 à 3.4
- Phosphore extractible (% MS) : 0.02 à 0.2
- Potassium Total (% MS) : 0.42 à 4.15
- Magnésium Total (mg/kg MS) : 67.0 à 626.0

On voit ainsi que les caractéristiques physico-chimiques des composts sont très variables. L'étude n'a pas mis à jour d'influence statistiquement significative de la nature des déchets compostés ou des pratiques de compostage sur la qualité finale des composts. L'effet de ces composts comme amendement d'un sol sableux pour la culture de *Petunia Grandiflora* F₁H a également été testé au champ. Les composts ont été épandus au sol à hauteur de 2 kg MS/m² puis incorporé à une profondeur de 10 cm. Les résultats montrent

que l'apport de compost est bénéfique à la croissance des plants de Pétunia. L'accroissement du rendement des plantes a été plus important avec les composts domestiques qu'avec un terreau.

Une autre étude menée par un chercheur anglais (Alexander, 2009) a eu pour objectif d'évaluer la qualité des composts domestiques en tant que supports de culture. L'évaluation de cette qualité concernait trois points : l'absence de mauvaises herbes dans le compost, le taux de germination de tomates et laitues dans le compost, le taux de croissance de ces mêmes plants. Les composts étudiés sont des composts de déchets verts obtenus en composteurs bois, plastiques ou en tas et avec ou sans retournement, après un an de compostage. Le compost obtenu a alors été criblé à 10 mm. Les composts ont été testés comme supports de culture purs ou en mélange avec de la terre argileuse. Les résultats obtenus montrent tout d'abord que les composts domestiques de déchets verts avaient des pH compris entre 8.08 et 8.81 et que les composts ayant subi des retournements avaient des teneurs en azote soluble (notamment nitrates), et donc une capacité nutritive, plus élevées que ceux non retournés. Les composts obtenus en tas contenaient systématiquement plus de mauvaises herbes susceptibles de germer que les composts issus des composteurs plastiques et bois. P. Alexander explique ce résultat par une plus grande contamination des composts en tas par des graines aéroportées que les composts réalisés en conteneurs. Par ailleurs le retournement en cours de compostage a conduit à des composts comportant plus de graines de mauvaises herbes susceptibles de germer que les composts non retournés. Concernant les tests de germination des tomates et des laitues, tous les composts, en mélange ou non, ont donné des résultats favorables (> 80 % de germination) après 28 jours de tests sauf, dans le cas de la tomate, le compost obtenu en composteur plastique avec retournement. Enfin, en termes de croissance des plants de tomates, les composts utilisés purs ont donné les meilleurs résultats, indiquant que ces composts peuvent servir de support de culture sans ajout de terreau.

Enfin, Ryckeboer et al. (Ryckeboer *et al.*, 2002) ont étudié le devenir des pathogènes végétaux et des adventices au cours du compostage domestique. Au cours d'essais de compostage de biodéchets, d'une durée de 6 mois dans des composteurs plastiques de 200 l, ces chercheurs ont étudiés l'éradication du virus de la mosaïque du tabac, de *Plasmodiophora brassicae*, *Heterodera schachtii* et de graines de tomates. Les pathogènes ont été incorporés dans les composteurs sous forme de feuilles et de sols infectés et de graines. Deux composteurs ont été totalement remplis et deux autres ont été remplis à moitié. A l'issue des six mois, le virus de la Mosaïque du tabac était totalement éradiqué et *Heterodera schachtii* et les graines de tomates l'étaient presque. Mais *Plasmodiophora brassicae* avait survécu. L'éradication des pathogènes et graines de tomates peut s'expliquer partiellement par les températures atteintes au cours du compostage. D'autres phénomènes tels que la dégradation enzymatique peuvent également expliquer cette destruction.

Impacts du compostage domestique

Impacts sur la gestion collective des déchets

Ainsi que nous l'avons noté précédemment, la connaissance de l'impact réel du compostage domestique sur la quantité de déchets à gérer par la collectivité est très limitée. En effet, si une évaluation de la quantité de déchets dirigés vers le compostage est disponible, elle n'est pas transposable à la quantité de déchets réellement écartés de la collecte. Cet état de fait a bien été souligné par deux études anglaises complémentaires.

Une première étude (Jasim and Smith, 2003) menée entre 2000 et 2002 a suivi les pratiques de compostage de 64 foyers volontaires et quantifié sur deux campagnes, d'une durée d'un an chacune, les quantités de déchets traités par compostage. Les résultats montrent que sur l'échantillon de foyers testés, la quantité de

déchets destinés au compostage était en moyenne de 375 kg/foyer/an. Ce gisement se partageait entre les déchets de cuisine (108 kg/foyer), les papiers (9.6 kg/an) et les déchets de jardin (258 kg/an). La moyenne d'habitants par foyer sur l'échantillon étant de 2.4, on retrouve ainsi un gisement de déchets compostés du même ordre de grandeur que celui évalué en France (Tableau 4)

	Déchets de cuisine (kg/hab./an)	Papiers (kg/hab./an)	Déchets de jardin (kg/hab./an)
Etude anglaise	45	4	107.5
Etude française	42	-	88

Tableau 4 : Quantités de déchets orientées vers le compostage domestique en France et en Angleterre

En considérant que 360 kg de déchets/foyer et par an vont réellement dans le composteur et en se basant sur une taxe à l'enfouissement de 32 £/t, les chercheurs ont évalués que l'économie de coût de gestion des déchets par foyer composteur serait de 11,5£.

La seconde étude (Mitaftsi and Smith, 2006) a, quant à elle, évalué la quantité de déchets résiduels collectés pour un panel de foyers (environ 300) comprenant quatre catégories, des foyers équipés de bac de recyclage mais sans compostage, des foyers équipés de composteurs mais sans bac de recyclage, des foyers équipés de bacs de recyclage et de composteurs et enfin des foyers témoins ne participant ni au recyclage, ni au compostage. Deux campagnes de caractérisation des déchets résiduels de ces foyers ont été menées à l'été et à l'automne 2004 et deux campagnes de pesées ont été réalisées à l'automne 2005. Il en résulte que le recyclage seul n'a pas eu d'impact sur la quantité totale de déchets résiduels collectés alors que le compostage domestique a conduit à réduire cette quantité de 5 % et que l'association recyclage + compostage a conduit à une réduction de 12 %. L'analyse de la composition des OMR réalisée à l'automne 2004 montre par ailleurs que l'association recyclage + compostage entraîne une diminution des matériaux recyclables dans les OMR de 53 % alors qu'elle n'est que de 23 % pour les foyers pratiquant le recyclage sans compostage. Concernant les putrescibles, la diminution est de 14 % pour les foyers qui recyclent et compostent alors que cette quantité augmente de 25 % par rapport aux foyers témoins pour les foyers qui recyclent sans composter. La diminution observée pour les foyers composteurs et recycleurs s'expriment essentiellement au niveau des déchets de cuisine (-40 %). Cette diminution correspond à 30 kg/hab./an, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus par Jasim et Smith (Jasim and Smith, 2003) auprès des foyers volontaires. Paradoxalement la quantité de déchets de jardin dans les OMR des foyers composteurs et recycleurs est augmentée par rapport aux foyers témoins. Les chercheurs concluent donc qu'une partie de la place libérée dans la poubelle résiduelle par le recyclage et le compostage est utilisée par les foyers pour évacuer des déchets verts encombrants qu'ils conduisaient précédemment directement en déchetterie. Par conséquent, le compostage domestique a pour effet de réduire globalement de 14 % la quantité de putrescibles des OMR mais cette réduction pourrait atteindre 26 % si une partie des déchets verts n'était pas redirigée vers la collecte des OMR.

Cette dernière étude rejoint l'analyse faite par Resse et Langlois (Resse and Langlois, 2008), qui ont analysé les résultats de 14 opérations de mise en place du compostage domestique dans les Pays de la Loire. Ainsi l'analyse des opérations de pesée des quantités collectées a conduit à observer une baisse de la quantité d'OMR collectées de 9 à 68 kg/hab./an selon les opérations étudiées et à une augmentation des quantités de matériaux recyclables collectés. Cette augmentation des quantités de matériaux recyclables collectés correspond également à une moindre proportion de recyclables dans les ordures ménagères après la mise en place du compostage domestique. Par ailleurs, une étude menée en 1996-1997 à Rochefort en Terre avait mis en évidence que les foyers composteurs portaient à la collecte une quantité de putrescible 30 % inférieure à celle des foyers non composteurs, mais que la composition de ces putrescibles s'était modifiée au cours de l'année d'étude : la part de déchets verts augmentait (Resse, 1999). Enfin une dernière étude de comparaison des productions de déchets par des foyers équipés de composteurs individuels et par des

foyers non équipés sur la commune de Saint Lyphard en Loire Atlantique (Anonyme, 2005), a montré que les foyers équipés produisaient moins d'ordures ménagères résiduelles (-13 %) mais mettaient à la collecte de recyclables 50 % de plus de Journaux Magazines que les foyers non équipés. La réduction de la quantité d'ordures ménagères résiduelles produites par les foyers équipés concernait les matériaux recyclables et les autres déchets, mais pas la quantité de putrescibles. Enfin, la part putrescible des ordures ménagères des foyers équipés contenait plus de déchets de jardin que celle des foyers non équipés.

Il semble donc que les observations sur des études locales menées en France et à l'étranger conduisent à des observations équivalentes :

- La mise en place du compostage domestique conduit à une réduction de la quantité d'ordures ménagères résiduelles collectées par la collectivité.
- On note que les foyers engagés dans le compostage individuel trient mieux leurs déchets que les foyers non-composteurs, ce qui conduit à une diminution de la part recyclable dans les OMR et à une augmentation des quantités portées à la collecte sélective.
- La part résiduelle de déchets putrescibles dans les ordures ménagères des foyers engagés dans le compostage domestique aurait tendance à contenir plus de déchets de jardin que celle des foyers non-composteurs. Cela pourrait indiquer que les foyers composteurs comblent partiellement le gain de place dans les bacs de collecte par des déchets de jardin trop encombrants pour être gérés dans le composteur. Cette hypothèse, qui pourrait représenter une déviance de la démarche de compostage individuel et nécessiterait une communication particulière, reste cependant à vérifier.

Impacts sanitaires et environnementaux

Le plan National de Soutien au compostage domestique a donné lieu à la réalisation d'un bilan des connaissances et une analyse des impacts sanitaires et environnementaux du compostage domestique (RDC - Environnement and Vincent Nedellec Consultants, 2008). Notre travail bibliographique n'a pas la prétention d'être plus complet mais de synthétiser ci-après les principaux points d'attention relevés dans ce précédent rapport en termes d'identification des dangers sanitaires et environnementaux du compostage domestique.

Impacts sanitaires

Les dangers sanitaires recensés ont été organisés en deux grandes catégories : les agents microbiologiques (bactéries, actinomycètes, champignons, mycotoxines, glucanes) et les agents chimiques (éléments métalliques et polluants organiques).

Les données disponibles concernant ces facteurs de risques sanitaires concernent principalement des procédés de compostage industriel. Aussi pour faire le lien avec le compostage domestique nous nous limiterons à considérer les données concernant du compostage de déchets verts ou du compostage de biodéchets.

Les bactéries pathogènes relevées lors d'analyse de composts de déchets verts et de composts domestiques concernent : *Listeria monocytogenes*, *E. Coli*, *Salmonella*, *Legionella pneumophila*. Il n'y a pas cependant de données de concentration disponibles (Lemunier *et al.*, 2005). D'autres bactéries telles que *Bacillus spp* et *Pseudomonas* ont été détectés par Ryckeboer *et al.* (Ryckeboer *et al.*, 2003).

Les champignons aéroportés le plus souvent retrouvés sur les sites de compostage de déchets verts et de déchets de cuisine sont : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Mucor* et *Fusarium* (Hryhorczuk *et al.*, 2001; Taha *et al.*, 2006). L'étude des mycotoxines dans les bioaérosols issus de composts de biodéchets a permis d'identifier 37 métabolites toxiques parmi les 11 espèces dominantes. Enfin, les β (1->3) glucanes ont été retrouvés en plus grande concentration dans les bioaérosols de compost de déchets ménagers organiques que dans ceux des déchets verts.

Les éléments métalliques sont détectés dans les composts domestiques (voir section sur la qualité des composts) mais à des concentrations souvent inférieures aux limites préconisées dans la norme NF U 44 051 sur les amendements organiques.

Parmi les polluants organiques retrouvés dans les composts de biodéchets et de déchets verts, on retrouve des composés organiques volatiles (COV) majoritairement d'origine anthropique ou synthétisés sous l'action des champignons (MCOV) (Fischer *et al.*, 2000). Les Hydrocarbures Aromatique Polycycliques (HAP) et les polychlorobiphényles sont des polluants souvent issus de combustions et de procédés industriels qui sont rejetés dans l'air sous forme particulaire. On les retrouve dans les composts après leur redéposition (Brändli *et al.*, 2005).

Des valeurs limites d'exposition à ces différents dangers sont données dans l'étude du PNSCD (RDC - Environnement and Vincent Nedellec Consultants, 2008).

Si les données concernant les composts domestiques sont rares, on notera cependant l'étude menée par le Cornell Waste Management Institute (The Cornell Waste Management Institute, 2004) sur les impacts sanitaires du compostage domestique dans l'état de New York. Des tests bactériologiques ont été menés sur 20 composts domestiques de l'Etat de New-York représentant une large variété de pratiques de compostage domestique. Aucune relation statistique n'a été trouvée entre les concentrations en coliformes totaux, coliformes fécaux, entérocoques, *Escherichia coli*, *Salmonella spp* et *Clostridium perfringens*, indiquant qu'aucun de ces organismes ne peut être considéré comme un bon indicateur de la présence microbienne générale. Tous les composts domestiques analysés respectaient les normes microbiologiques en vigueur pour les composts de boues d'épuration. Enfin, aucune relation significative n'a été relevée entre les qualités physico-chimiques des composts et les concentrations en microorganismes.

Impacts environnementaux

Les dangers environnementaux directement reliés au compostage domestique peuvent concerner les émissions de gaz à effet de serre (impact sur le changement climatique), les émissions d'ammoniac (acidification) et les lixiviats (eutrophisation).

Il existe relativement peu de mesures in situ concernant le compostage domestique. Nous citerons ci-après deux études scientifiques ayant spécifiquement mesuré des émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac sur des composteurs domestiques.

Ainsi, l'étude menée par l'Imperial College of London (Mitaftsi and Smith, 2006), sur 21 composteurs domestiques traitant des mélanges de déchets de cuisine, déchets de jardin et papier en différentes proportions, a montré que des traces de méthane étaient occasionnellement détectées dans l'air interstitiel du volume de déchets traités. Mais ces traces à l'intérieur des composteurs n'ont pas donné lieu à des émissions de méthane suffisamment conséquentes pour être détectées par la méthode de la chambre à flux.

Amlinger *et al.* (Amlinger *et al.*, 2008) ont comparé les émissions gazeuses pour différents systèmes de compostage, dont du compostage domestique. Les deux composteurs domestiques étudiés ont été chargés de biodéchets de façon hebdomadaire pendant 51 semaines. Le suivi d'émissions gazeuses a été réalisé pendant 64 semaines à l'aide d'une chambre à flux dynamique. Les flux de méthane, protoxyde d'azote et ammoniac ont été mesurés. Au cours de la période de suivi les émissions de méthane, N₂O et NH₃ ont été respectivement évaluées à 788 g/t de matière fraîche (MF), 192 g/t MF et 474 g/t MF. L'émission de gaz à effet de serre exprimée en équivalent CO₂ a été de 76.1 kg/t MF. Cette émission de gaz à effet de serre était plus élevée que celle mesurée lors du compostage de biodéchets en andains industriels. L'émission de

méthane est équivalente à celle observée lors de compostage de déjections animales. En raison de l'apport hebdomadaire de déchets qui a permis de maintenir une température au-delà de 40 °C pendant une grande partie de l'essai, une émission constante de CO₂ et d'ammoniac a été observée.

Paramètres sociologiques de l'engagement dans la pratique du compostage domestique

Introduction

Etudier les comportements des individus par la prise en compte des déterminants cognitifs relève de la principale préoccupation de la psychologie et de la psychologie sociale en particulier. Dans cet exercice plusieurs méthodologies sont à disposition mais toutes tiennent compte de l'idée que les individus ne font pas toujours ce qu'ils disent qu'ils vont faire et cherchent à expliquer la différence entre ce que les gens disent et ce qu'ils font, ou encore entre les attitudes relatives à leurs opinions et les comportements qu'ils engagent et qui devraient être consistants avec les attitudes déclarées. Cette méthodologie est par conséquent légitime pour tous les comportements, et donc pour les comportements écologiques, tels que le compostage. Expliquer pourquoi les individus compostent ou pas peut s'apprécier par le recours à plusieurs modèles. Cependant, notre choix s'est porté sur le modèle UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology ; Venkatesh, Morris, Davis, Davis, 2003) qui présente l'intérêt de permettre la prédiction du comportement des individus, à partir d'un certain nombre de variables (Influence sociale, effort attendu, performance attendue, conditions facilitantes et intention comportementale), et ce, dans un contexte où l'on doit utiliser une technologie nouvelle (ici le composteur).

Aujourd'hui, les comportements éco citoyens sont multiples. Faire attention à sa consommation d'énergie ou d'eau, trier ses déchets sont des exemples de comportements rentrés dans le quotidien des individus. Le compostage des déchets organiques fait partie des nouveaux comportements écologiques, même si cette pratique ne rencontre pas encore le même succès que les autres comportements écologiques. Comment appréhender ce nouveau comportement ?

Le compostage doit être appréhendé comme un objet d'attitude. Or, si l'on accepte cette idée, il faut à la suite de Rosenberg et Hovland (1960) tenir compte de trois composantes : affective, cognitive et comportementale. La composante affective concerne les émotions positives ou négatives que l'individu a à l'égard de l'objet attitudinal, la prédisposition à évaluer cet objet comme étant bon ou mauvais, intéressant ou inintéressant, etc. La composante cognitive fait référence aux connaissances et croyances présentes et passées que l'individu possède à propos de cet objet, ainsi que la crédibilité que l'individu accorde à ces informations. Et enfin, la composante comportementale (ou conative) renvoie à une dimension énergétique en ce sens qu'elle est relative aux comportements passés et présents de l'individu face à cet objet et à ses intentions comportementales (futur). L'attitude à l'égard d'un objet peut donc être prédictive du comportement de l'individu alors même qu'il sera confronté à cet objet. Cependant le lien entre attitude et comportement varie selon les études. La corrélation entre attitude et comportement oscille entre -0.10 et 0.91 avec une moyenne de 0.38 (Kraus, 1995).

Aucune étude scientifique n'apporte de données sur le lien entre attitude envers le compostage et l'activité relative au fait de composter réellement ses déchets. Tout au plus l'étude de Taylor et Todd, 1995 donne t'elle une information entre l'attitude et l'intention de composter. Or, on le sait les corrélations entre les attitudes et ce que les gens font sont généralement faibles alors que s'il s'agit de comportement auto-déclaré la corrélation s'accroît substantiellement pour atteindre parfois 0.51. Les explications les plus souvent avancées sont de deux ordres. D'une part, les individus peuvent vouloir paraître consistants envers leurs attitudes lorsqu'ils déclarent un comportement (Tedeschi, Schlenker et Bonoma, 1971), ou tout

simplement inférer leur comportement de l'attitude qu'ils viennent de donner (Ross, McFarland, Conway et Zanna, 1983). D'autre part, l'auto-déclaration de comportement est souvent utilisée lorsque le comportement cible touche la sphère privée des individus.

Il reste néanmoins que plusieurs études ont tenté d'examiner les attitudes des individus envers l'écologie ou des comportements écologiques en particulier. Cette revue de la littérature a pour ambition de rendre compte des études réalisées dans le champ de la psychologie concernant la question du compostage. Elle sera organisée de manière à synthétiser les éléments susceptibles de constituer un apport pour mettre en place un cadre aux entretiens plus spécifiques qui seront réalisés sur l'acte relatif au compostage. Ainsi, cette revue de la question n'a pas d'ambition relative à l'exhaustivité du propos mais cherchera plus simplement à donner les éléments de littérature permettant de répondre aux trois questions suivantes :

- Comment les individus évaluent le compostage ?
- Que sait-on de l'individu qui composte ?
- Quelles actions ont été mises (ou sont à mettre) en place pour obtenir des modifications comportementales ?

En particulier on cherchera à dégager d'une part les éléments sociologiques en faveur ou en défaveur de la mise en place d'une pratique de compostage et d'autre part les raisons et/ou freins à l'engagement des citoyens dans la démarche.

Pour répondre à cet objectif, un état des lieux des travaux, peu conséquents en psychologie sociale, sera dressé en considérant le compostage selon deux perspectives. Premièrement le compostage sera considéré comme un objet social parmi d'autres, pouvant donc être appréhendé comme un objet d'attitude classique. Cependant, cette approche ne considère pas un élément faisant la particularité de cet objet, à savoir sa nouveauté. Dans la seconde partie de cette revue, le compostage sera donc considéré comme une pratique nouvelle et en ce sens une attention particulière sera accordée aux quatre dimensions que l'on sait déterminantes dans la mise en œuvre d'une pratique nouvelle (Venkatesh, Morris, Davis, Davis, 2003) soit : la performance attendue, l'effort attendu, l'influence sociale et les conditions facilitatrices pour mettre en œuvre le comportement.

Compostage = objet social.

En premier lieu si l'on considère le compostage comme un objet d'attitude il convient de prendre en compte trois dimensions : une dimension attitudinale, cognitive et comportementale.

Attitude

L'attitude peut être définie comme « une tendance psychologique qui est exprimée en évaluant une entité particulière en termes de degré de favorabilité et défavorabilité » (Eagly et Chaiken, 1993, p.1). Cette idée de tendance psychologique fait référence au fait que c'est un état interne, donc non observable et uniquement inféré à partir des réponses évaluatives de l'individu, ce qui fait de l'attitude une construction hypothétique.

Selon Eagly et Chaiken, plusieurs caractéristiques sont associées à l'attitude :

- comme dit précédemment, c'est un état interne, non observable,
- elle a un caractère transitoire. De ce fait, elle peut être sujette au changement. Comme le mentionne Stoetzel (1963), l'attitude est acquise et peut donc subir des influences extérieures (formation et changement d'attitude),

- cette entité peut être concrète ou abstraite, peut renvoyer à des objets, des individus, des groupes ou des comportements...

La mesure de l'attitude est ici pertinente car elle donne l'évaluation que font les individus d'un objet. Ainsi, appréhender l'attitude que possèdent les gens du compostage permet de connaître leur degré de favorabilité envers cet objet social. Cette évaluation est importante pour pouvoir communiquer correctement autour de cet objet qu'est le compostage.

Aussi surprenant que cela puisse paraître, cette première voie n'a fait l'objet que d'un faible nombre de recherches. Alors que beaucoup d'enquêtes se sont centrées sur l'évaluation des pratiques de compostage (e.g., enquête de l'ADEME, 2008), très peu se sont intéressées au préalable à une évaluation attitudinale du compostage.

Pour exception, nous citerons les travaux de Tucker et Speirs (2001). Ces chercheurs ont mesuré deux objets attitudinaux. Premièrement, ils se sont intéressés aux attitudes environnementales des individus selon leur degré de pratique du compostage. En effet, les attitudes envers l'environnement ont été vues comme un des déterminants majeurs de l'adoption de certains comportements écologiques (pour le recyclage : Schultz, Oskamp, & Mainieri, 1995 ; Schultz & Oskamp, 1996), bien que les résultats restent contradictoires.

L'objectif de cette évaluation était de mettre en évidence des différences entre les personnes pratiquant le compostage et ceux ne le pratiquant pas, selon leurs attitudes environnementales. Pour mesurer les attitudes environnementales des individus, Tucker et Speirs (2001) ont utilisé le « New Environmental Paradigm » (NEP), développé par Dunlap et Van Liere (1978), paradigme le plus couramment utilisé pour sonder ce type d'attitudes. Le tableau 5 donne quelques exemples d'items utilisés (associés aux évaluations moyennes, échelle de 1 « pas du tout d'accord » à 5 « tout à fait d'accord »).

« nous nous approchons du nombre limite de personnes pouvant vivre sur terre»	
- usagers	3.41
- non usagers	3.4
« l'équilibre de la Nature est très délicat et facilement bouleversé»	
- usagers	4.07
- non usagers	4.03
« les gens ont le droit de modifier l'environnement naturel afin de satisfaire leur besoin»	
- usagers	3.59
- non usagers	3.41
« l'humanité fut créée pour régner sur la nature»	
- usagers	4.24
- non usagers	4.02
« quand les hommes empiètent sur la nature cela produit souvent des conséquences désastreuses»	
- usagers	3.91
- non usagers	3.86
« les plantes et les animaux existent en premier lieu pour être utilisés par les hommes »	
- usagers	4.18
- non usagers	4.09
etc.	

Tableau 5 : attitudes environnementales des usagers et non usagers du compostage

Ce tableau présente des scores relativement proches entre usagers et non usagers. On peut malgré tout observer des attitudes environnementales légèrement plus favorables pour les usagers comparativement

aux non usagers. Cependant la moyenne totale des scores est relativement comparable. Notons qu'aucune analyse statistique n'est proposée pour soutenir ces interprétations.

A priori, ce ne sont pas les attitudes environnementales qui distinguent les usagers des non usagers du compostage. Bien qu'ayant des pratiques différentes, leurs attitudes environnementales ne paraissent pas différer pour autant.

Qu'en est-il de leurs attitudes envers le compostage ? Peuvent-elles rendre compte de leur différence de pratique ?

Pour répondre à ces questions, Tucker et Speirs (2001) ont mené une étude en Angleterre, dans laquelle ils ont évalué l'attitude des individus à l'égard du compostage, selon qu'ils pratiquent cette activité, qu'ils l'ont pratiquée, ou ne l'ont jamais pratiquée.

De 1 tout à fait d'accord à 5 pas du tout d'accord

« composter prend du temps »			
- Usagers	4.14	A vs. U	sig. ***
- Non Usagers	3.36	A vs. NU	sig. **
- ayant Arrêté	3.6		
« composter nécessite beaucoup d'effort »			
- Usagers	4.13	A vs. U	sig. **
- Non Usagers	3.41	A vs. NU	sig. **
- ayant Arrêté	3.73		
« le compostage demande un haut niveau de connaissance technique »			
- Usagers	4.14	A vs. U	NS
- Non Usagers	3.64	A vs. NU	NS
- ayant Arrêté	3.87		
« le composteur nécessite beaucoup de place »			
- Usagers	4.29	A vs. U	sig. **
- Non Usagers	3.59	A vs. NU	sig. *
- ayant Arrêté	3.78		
« composter n'est pas nécessaire s'il n'y a pas beaucoup de déchet »			
- Usagers	4	A vs. U	sig. ***
- Non Usagers	3.23	A vs. NU	NS
- ayant Arrêté	3.07		
« le composteur attire les mouches et vermines »			
- Usagers	3.68	A vs. U	sig. **
- Non Usagers	2.86	A vs. NU	NS
- ayant Arrêté	3		
« le composteur n'est pas beau »			
- Usagers	3.99	A vs. U	sig. ***
- Non Usagers	2.98	A vs. NU	NS
- ayant Arrêté	3.17		

U= usagers, NU= non usagers, A= ayant arrêté

Significativité : ***= 99% de confiance, **= 95% de confiance, *= 90% de confiance, NS= non significatif.

Tableau 6 : Résultats de Tucker et Speirs (2001) sur les différences d'attitude envers le compostage selon la pratique des individus

Contrairement aux attitudes environnementales, les attitudes des personnes interrogées envers le compostage divergent selon leur niveau de pratique. Ainsi, selon Tucker et Speirs les individus pratiquant le compostage auraient une attitude plus positive envers cette pratique que ceux ayant cessé cette activité ou ceux ne l'ayant jamais débutée. Ainsi, ils considèrent moins que cette activité prend du temps ou qu'elle

requière beaucoup d'effort, qu'elle nécessite d'avoir beaucoup de déchets, ou bien que le composteur peut attirer des insectes, en plus de manquer d'esthétisme.

Dans le même sens, McKenzie, Nemiroff, Beers et Desmarais (1995) ont démontré que les attitudes spécifiques envers le compostage (e.g., commodité, désagrément) participent d'un facteur plus important pour différencier les usagers des non usagers que les variables démographiques telles que l'âge, l'éducation, le niveau de revenu.

D'autres travaux ont examiné l'influence des attitudes envers le compostage sur l'intention de composter. Ainsi Taylor et Todd (1995), tout comme Mosler, Tamas, Tobias, Rodriguez et Miranda (2008) ont démontré que l'intention de composter était influencée positivement par l'attitude envers cette pratique. Ces études seront plus longuement analysées dans la partie consacrée au comportement.

Plusieurs informations peuvent être déduites de ce premier examen de la littérature. Premièrement, les personnes pratiquant ou non le compostage ne semblent pas se différencier selon leurs attitudes écologiques, mais plutôt selon leurs attitudes envers le compostage spécifiquement. Plus que leur préoccupation écologique, ce sont leurs évaluations plus ou moins positives du compostage qui les distinguent. Le compostage ne semble pas perçu uniquement comme un comportement écologique parmi d'autres. Ce premier constat devra en conséquence conduire à une réserve pour ce qui concerne l'efficacité de ces campagnes de communication dont l'ancrage persuasif ne tient que par la dimension écologique du compostage.

Cognition

La pratique du compostage semble être reliée à des différences d'attitude. Pour autant, le niveau de connaissance accessible des individus concernant cet objet pourrait jouer un rôle prépondérant dans leur pratique. Or les connaissances qu'ils vont acquérir seront dépendantes des informations qui pourront leur être fournies. Nous allons donc dans un premier temps nous livrer à un examen attentif sur l'information délivrée lors des campagnes de communication réalisées en France.

Les communications "préventives" en France.

Les actions de communication menées par l'ADEME consistent principalement à informer et à sensibiliser les citoyens, en attirant leur attention sur des problématiques complexes et leur offrir des perspectives pratiques, en expliquant par quelles actions concrètes et quotidiennes peut se traduire une démarche de développement durable¹. Autrement dit, l'ADEME cherche à enrichir l'idée de citoyenneté. Par ailleurs, « l'information et la formation » est l'un des axes majeurs du Plan National de Soutien au Compostage Domestique (PNSCD), lancé en 2006, afin de promouvoir le compostage domestique, d'en encourager la pérennisation auprès de ceux qui utilisent déjà ce mode de gestion domestique des déchets et de le faire connaître à ceux qui pourraient le pratiquer. Dans ce sens, l'ADEME lance régulièrement des campagnes nationales d'information et de sensibilisation dans les grands médias. Dans ce cadre, une communication sur le compostage domestique a été lancée à l'occasion de la campagne média – « *Réduisons vite nos déchets, ça déborde* ». Cette campagne a été menée avec le soutien de Veolia Propreté, en partenariat avec les associations France Nature Environnement et CLCV (association consommation logement et cadre de vie).

En octobre 2006, l'ADEME et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD) ont institué la Semaine de la Réduction des Déchets, donnant ainsi une dimension nationale à l'action. La semaine de

¹ Source : www.ademe.fr

Réduction des Déchets 2007 concrétise cette dynamique. En témoigne l'augmentation sensible du nombre d'opérations programmées au niveau national.

Quel mode de diffusion ?

Dans un premier temps, le choix du média s'est porté vers la télévision. Afin de toucher un public le plus large possible, trois spots TV adoptent un « ton humoristique, pour donner envie d'agir »². La première diffusion s'est déroulée d'octobre à décembre 2005 et la seconde de mars à avril 2007. Puis, la radio est devenue un autre canal de diffusion du message. En effet, une campagne radio a été lancée, en octobre 2006, constituée de plusieurs messages diffusés sur 12 stations nationales.

Un site internet dédié à cette campagne – www.reduisonsnosdechets.org – a également été créé afin d'apporter des informations concrètes de sensibilisation du grand public via des « fiches-gestes », des « jeux interactifs », etc. Le site de l'ADEME est également très riche en termes de guides d'informations (connaissances et/ou pratiques) ou de fiches-pratiques mis en ligne gratuitement.

Outils pédagogiques et formations

Afin de compléter les actions de communication s'inscrivant dans le cadre du PNSCD, mises en place par l'ADEME, de nombreux outils pédagogiques ont été élaborés, comme des guides et/ou fiches-pratiques divers. Toutefois, il est donné d'observer que les collectivités et/ou les associations construisent elles aussi, de leur propre initiative, un certain nombre de guides destinés aux particuliers sur le compostage domestique. Dans la majorité des cas, l'élaboration de ces guides est faite de manière « intuitive » puisqu'il n'existe pas de démarche (méthodologique) spécifique quant à leur conception. Ce constat nous amène dès lors à interroger la qualité et la quantité des informations fournies dans ces guides même s'il est, cependant, possible de dégager certains invariants dans ces derniers.

- Les guides sur le compostage domestique

Bien que l'ADEME ait élaboré un guide pratique complet « *Agir au quotidien, c'est agir pour l'environnement – le compostage domestique* », ou bien encore un guide plus général sur le compostage domestique « *Le compostage domestique* », il existe une multitude d'autres guides faisant la promotion du compostage individuel. Ces guides sont souvent réalisés par les collectivités locales ou bien les fabricants de composteur. Afin de mieux cerner l'adoption d'une pratique de compostage par les citoyens-bretons, il convient d'analyser les informations contenues dans les guides et / ou les outils qui leur sont proposés. Cette analyse permettra d'extraire des invariants.

L'étude de Jobard (2008) donne un premier élément de réponse. Cette étude inscrite dans le cadre du projet ECCOVAL concerne le bilan des outils conseils sur le compostage individuel en Bretagne et en Loire Atlantique. Les objectifs de cette étude étaient (i) de recenser les guides sur le compostage en Bretagne et en Loire Atlantique, (ii) de dégager les informations les plus utilisées afin de les analyser et de les comparer et (iii) de proposer une aide aux collectivités sur les informations essentielles à indiquer dans leur guide, selon les connaissances de l'utilisateur sur le compostage. Cette synthèse, après l'analyse de 58 guides recensés sur le compostage individuel proposés par les collectivités, permet de rendre compte de la diversité des informations abordées dans les guides. Treize principaux thèmes ont pu ainsi être dégagés, même si ces derniers n'apparaissent pas forcément dans tous les guides. Le tableau suivant correspond à la

² Source : www.reduisonsnosdechets.org

synthèse des informations obtenues selon le département et selon le thème auquel les informations appartiennent :

Département	22	29	35	44	56	Total
Total	10	15	15	10	8	58
Pourquoi composter ?	10	15	15	10	8	58
Qu'est-ce que le compostage ?	8	11	13	9	6	48
Qu'est-ce que le compost ?	6	9	13	9	8	45
Déchets à composter en grande quantité	8	14	14	10	8	54
Déchets à ne pas composter	6	7	10	6	8	37
Type de compostage : tas/bac	4	10	9	5	4	32
Début du processus	3	5	7	6	6	27
Quels sont les gestes à adopter	8	7	12	9	7	43
Fin du processus	6	6	10	6	7	35
Comment peut-on utiliser le compost ?	4	9	8	5	5	32
Problèmes/Solutions	1	2	6	1	3	13
Comment peut-on se procurer un composteur ?	7	11	9	7	5	39
Qui peut-on contacter ?	8	10	10	10	5	43

Source : In Jobard, L. (2008). Bilan des outils conseils sur le compostage individuel en Bretagne et en Loire Atlantique, p. 14.

Tableau 7 : Nombre d'outils conseils par rapport aux thèmes et par département

Une seconde catégorisation, par la suite, a été établie au sein même de chaque thème (ou rubrique). Par exemple, les informations contenues dans la rubrique « pourquoi composter » (présente dans tous les guides) se séparent en quatre axes :

- Réduire les déchets (55 guides)
- Protéger l'environnement (48 guides)
- Obtenir un amendement (49 guides)
- Economique (40 guides)

Au vue de ces résultats, cela signifie que 100% des guides collectés traitent de la question « pourquoi composter ». Au sein même de cette rubrique, d'autres informations semblent être communes entre les guides. En effet, les informations relatives à la protection environnementale, par exemple, sont présentes dans 83% des guides collectés. Le tableau ci-après présente les autres thèmes et leurs sous-catégories dégagés par Jobard (2008).

Nom de la rubrique (fréquence d'apparition des thèmes au sein des 58 guides collectés, exprimée en %)		Sous-catégories (fréquence d'apparition des sous-catégories au sein même de chaque thème, exprimée en %)									
Intérêt du compostage	100% (58 guides)	Réduire les déchets	95% (55 guides)	Protéger l'environnement	83% (48 guides)	Obtenir un amendement	85% (49 guides)	Economique	69% (40 guides)		
Définition du compostage	83% (48 guides)	Définition générale	81% (38 guides)	Processus de compostage	47% (22 guides)	Transformation en fonction des facteurs biotiques et abiotique	68% (32 guides)				
Définition de compost	78% (45 guides)	Identification du compost par un produit connu du grand public	93% (42 guides)	Définition qualitative	44% (20 guides)	Définition à partir de compostage	27% (12 guides)				
Déchets organiques à composter	93% (54 guides)	Déchets de cuisine	100% (54 guides)	Déchets de jardin	100% (54 guides)	Déchets de maison, divers	87% (44 guides)				
Déchets organiques à ne pas composter	64% (37 guides)	Déchets de cuisine	86% (32 guides)	Déchets de jardin	78% (29 guides)	Déchets de maison, divers	86% (32 guides)				
Type de compostage (tas ou bac)	55% (32 guides)	Compostage en bac	83% (27 guides)	Compostage en tas	53% (17 guides)	Autres propositions	34% (13 guides)				
Début du processus	47% (27 guides)	Où composter ?	63% (17 guides)	Quand composter ?	67% (18 guides)	Que faut-il mettre au fond ?	33% (9 guides)				
Geste pour obtenir un bon compost	74% (43 guides)	Equilibrer les apports	84% (36 guides)	Equilibrer l'humidité	93% (40 guides)	Mélanger, brasser	91% (39 guides)	Autres conseils	56% (23 guides)		
Fin du processus	60% (35 guides)	Signe d'un bon compostage	31% (11 guides)	Maturité du compost	91% (32 guides)	Mode de récupération du compost	26% (9 guides)	Saison d'utilisation du compost	37% (13 guides)		
Utilisation du compost	55% (32 guides)	Compost jeune	59% (19 guides)	Compost mi-mûr	16% (5 guides)	Compost mûr	69% (21 guides)	Compost sans âge précisé	56% (18 guides)		

	guides)		guides)		guides)		guides)		guides)		
Problèmes et solutions	22% (13 guides)	Odeurs désagréables	92% (12 guides)	Gestion de grandes quantités de déchets	69% (9 guides)	Présence mauvaises herbes	62% (8 guides)	Présence d'animaux	62% (8 guides)	Problème venant du compost	46% (6 guides)
Acquisition d'un composteur	67% (39 guides)	Conditions d'acquisition	82% (32 guides)	Information sur le composteur	77% (30 guides)						
Contacts des collectivités	74% (43 guides)	Phrase de décroche	88% (38 guides)	Service et personne recommandés	74% (32 guides)	Contacts téléphoniques et fax	88% (38 guides)	Site internet et e-mail	49% (21 guides)	Adresse collectivité	51% (22 guides)

Tableau 8 : Thèmes abordés par les guides (étude de Jobard, 2008)

Ce travail réalisé par Jobard (2008) est la seule étude recensée qui dresse un bilan des outils conseils sur le compostage individuel en Bretagne et en Loire Atlantique. L'information majeure de cette étude est que « les guides ne sont pas tous homogènes dans la qualité et la quantité des informations. Globalement, on peut estimer qu'un tiers des guides sont très complets et détaillés, un autre tiers est complet mais moins précis et un tiers où les guides restent succincts. La plupart des informations sont de bonne qualité. Tous les guides ou presque ont abordé l'intérêt du compostage, une explication du compostage ou du compost, les gestes à adopter pour obtenir un bon compost et ce que l'on peut composter ou non. Toutefois, les collectivités se montrent réticentes à autoriser certains déchets dans le composteur, alors qu'ils peuvent être compostés (par exemple, les pelures d'agrumes, la viande et le poisson). Il est sans doute regrettable que seulement la moitié des guides proposent diverses utilisations du compost, car c'est une motivation complémentaire pour inciter l'utilisateur à composter. Egalement, il manque dans 25 % des guides un moyen de contacter la collectivité. » (Jobard 2008, p.40).

Si l'apport d'informations est une nécessité pour promouvoir un comportement spécifique, d'autres facteurs peuvent affecter l'efficacité de telles communications. En effet, de nombreux travaux réalisés en psychologie sociale, et notamment dans le champ de la persuasion, montrent que certaines caractéristiques des messages, telles que l'humour (Cantor & Venus, 1980 ; Duncan & Nelson, 1985 ; Girandola, 2003), l'argumentation du message (Vinokur & Burnstein, 1978a, 1978b ; Kitayama & Burnstein, 1994 ; Hovland, Lumsdaine & Sheffield, 1949 ; Lumsdaine & Janis, 1953 ; Pérez & Mugny, 1990 ; Schank & Berman, 2002), le contenu du message (McGuire, 1969 ; Janis & Feshbach, 1953 ; Courbet, 2003 ; voir aussi la méta-analyse de Witte & Allen, 2000) peuvent influencer l'impact persuasif de ces derniers. Dès lors, il est nécessaire de tenir compte de ces différents facteurs lors de la mise en place d'actions de communication. Une telle démarche pourra permettre de favoriser l'impact persuasif de la brochure élaborée (cf. Volet 3 du projet ECCOVAL).

- Les formations

Parallèlement à l'instauration de campagnes d'incitation, une offre de formation aux techniques et à la pratique du compostage s'est développée. Si les collectivités publiques peuvent mettre en place elles-mêmes ces formations, elles sont le plus souvent proposées par des associations. Ces dernières ont fait preuve d'une grande imagination pour garantir à leurs concitoyens des offres de formation destinées à des publics de plus en plus nombreux et prenant des formes extrêmement variées. Plusieurs modèles se distinguent et nous allons maintenant les étudier.

Dans le cadre du PNSCD, l'ADEME a tout d'abord mis en place des formations à destination du personnel des collectivités locales, afin d'optimiser les opérations de promotion du compostage domestique. Ces formations consistent en un stage de quatre jours répartis en deux modules. Le premier, intitulé "Enjeux et pratiques du compostage domestique", vise à donner des connaissances de base sur le compostage domestique et permettre aux stagiaires l'acquisition d'une culture et d'un langage commun sur cette thématique. Il tente également de montrer l'intérêt du compostage domestique et la nécessité de bien penser son opération de promotion. Il a également pour ambition de faire prendre conscience de la réalité et des difficultés liées au compostage domestique et à montrer l'importance de l'accompagnement sur le terrain des particuliers qui compostent. Le second module, intitulé "Réussir une opération de promotion du compostage domestique", vise quant à lui, à donner aux chefs de projet les moyens de structurer et animer une opération de promotion du compostage au sein de leur territoire.

S'emparant des campagnes d'incitation au compostage, des associations à caractère environnemental, rural ou regroupant simplement des personnes pratiquant le compostage, ont mis en place une très grande offre de formation. Il faut remarquer que ces formations cherchent à répondre aux besoins du territoire sur

lequel l'association mène ses actions. Encouragées par les collectivités locales, la plupart d'entre elles cherchent à tisser un réseau étroit de personnes pratiquant le compostage. Elles souhaitent pouvoir, à terme, identifier dans chaque quartier un habitant sensibilisé à cette question afin qu'il puisse sensibiliser à son tour son voisinage et relayer aux services techniques concernés les remarques et suggestions de ce dernier. Ainsi, des formations pour devenir "guide-composteur" ou "personne-relais" sont fréquemment proposées, par exemple dans le département des Landes (formation mise en place par le Conseil Général), ou dans le département des Pyrénées Atlantiques (formation mise en place par l'association APESA). Ce type de formation vise à transmettre, outre les théories, les techniques et méthodes du compostage domestique, les connaissances des enjeux du compostage domestique et les compétences nécessaires pour diriger une visite de terrain chez un particulier. Elle permet aussi d'effectuer des démonstrations en public sur des plates-formes pédagogiques, voire animer une réunion publique pour des personnes intéressées. Ces formations peuvent prendre la forme de stage ou d'une série de cours ou de sessions destinées aussi bien à des particuliers qu'aux personnels d'entreprises ou de collectivités locales. Ces formations peuvent être payantes ou gratuites selon les cas mais sont le plus souvent limitées à un groupe de quinze personnes par session. Leur durée varie entre une et plusieurs journées. Le dispositif « personnes-relais » est un maillon indispensable dans le dispositif de sensibilisation.

Par ailleurs, de nombreuses formations à destination directe des particuliers sont proposées. Elles visent à transmettre les connaissances et techniques de base pour une pratique optimum du compostage. Ces formations prennent la forme d'une réunion de quelques heures à une journée, accompagnées le plus souvent de démonstrations ou de travaux pratiques sur une plate-forme de compostage. Elles sont parfois directement proposées par les collectivités, lors de l'acquisition d'un composteur. Ainsi, par exemple, Rennes Métropole, en partenariat avec le CIELE (Centre d'Information sur l'Energie et l'Environnement), a mis en place des plaquettes de démonstration dans des lieux ayant un lien avec la gestion des jardins. Les formations à destination des particuliers s'y déroulent en partie.

Enfin, les collectivités locales et les associations ont recours à de succinctes formations théoriques et pratiques, parfois même ludiques, pour sensibiliser leur public. Cela peut prendre la forme d'une animation scolaire pour sensibiliser les enfants au compostage individuel et à la gestion des déchets, d'une démonstration sur des plates-formes publiques, d'une réunion publique sur les bienfaits du compostage, d'une formation des élus locaux sur les aspects économiques et environnementaux du compostage, etc.

A titre d'exemple, des établissements scolaires de la ville de Rennes disposant d'un jardin se sont ainsi équipés de composteurs afin d'éveiller les enfants à la pratique du compostage (Perrot, 2008). Via l'éducation environnementale, ces formations éducatives ont pour objectif d'amener les enfants et par conséquent leurs parents à développer une véritable conscience éco-citoyenne. Nous pouvons également citer un autre exemple, tel l'association GESPER qui organise des conférences, des débats et participe à des colloques et des foires dans le département des Alpes de Haute-Provence.

Malheureusement, il n'existe pas d'étude évaluant le contenu (informationnel) de ces formations, ni les impacts qu'elles peuvent avoir sur la pérennisation de la pratique de compostage domestique des participants.

Conclusion partielle

L'implication des institutions publiques, ainsi que des collectivités locales et/ou des associations, à promouvoir le compostage domestique est forte. Des campagnes de communication grand public ont ainsi été lancées et une multitude d'outils pédagogiques divers et variés ont été élaborés pour l'ensemble des acteurs concernés par le compostage domestique. Cependant, force est de constater que l'évaluation de

ces outils pédagogiques, tels que les guides ou bien les formations, reste faible. L'étude de Jobard (2008) est le seul bilan effectué, à notre connaissance, des outils conseils sur le compostage domestique. Même si ce dernier met en avant les informations les plus utilisées dans les guides, il n'est pas possible de conclure quant à leur impact persuasif sur les individus. En effet, les messages, de part leurs caractéristiques (e.g., le style argumentatif, l'utilisation ou non de l'humour, etc.) peuvent aboutir à des impacts persuasifs différents (e.g., Hovland, Janis & Kelley, 1953). Seules de futures recherches, portant sur l'évaluation des guides et des formations, pourraient venir approfondir certaines questions, comme le devenir des informations transmises via ces outils pédagogiques et leurs impacts sur la pratique du compostage domestique, voire sur d'autres pratiques pro-environnementales.

Pour autant, comment sont perçues les campagnes réalisées jusqu'ici ?

Niveau de satisfaction des campagnes de communication en France

Malgré le manque d'évaluation des campagnes de communication, quelques enquêtes (cf. rapport de l'ADEME, 2008) ont été conduites pour évaluer le niveau de satisfaction des personnes soumises à une campagne sur le compostage.

<i>Les usagers sont-ils satisfaits des campagnes et supports de communication développés autour des campagnes de promotion du compostage domestique ?</i>	
Chambéry métropole (2005)	99% n'ont jamais utilisé le numéro vert Communication claire (84%) Communication suffisante (82%) 99% l'ont conservée
Nantes métropole (2005)	9 foyers sur 10 disent être au courant du dispositif
Communauté urbaine du Grand Nancy	95% satisfaits
SIRTOM des 7 cantons	95% de satisfaction sur l'opération
SIRTOM côte sud des landes	94% des usagers trouvent que les informations contenues dans le guide composteur sont suffisantes
<i>Les usagers demandent-ils des supports de communication supplémentaire dans le cadre des campagnes de promotion du compostage domestique ?</i>	
Chambéry métropole (2005)	Communication suffisante (82%) Souhaiteraient bénéficier d'1/4 de journée de formation (38%)

Tableau 9 : rapport de l'ADEME (2008) concernant le niveau de satisfaction des personnes soumises à une campagne

De façon globale, les individus accueillent très bien ces campagnes puisque leur niveau de satisfaction concernant les campagnes et les supports de communication est très élevé (plus de 90% selon l'ADEME, 2008), estimant même que cette communication est suffisante. Peut-on en conclure pour autant que ces campagnes sont suffisantes pour amener les gens à s'engager ou à perdurer dans cette pratique ? Les gens adoptent-ils réellement le comportement attendu ?

Comportement

Cette dernière voie conduit à considérer non plus ce qui peut motiver l'évaluation ou la connaissance de l'objet (i.e., le compostage), mais l'adoption effective de ce comportement. Existe-t-il un profil particulier d'individu « compostant » ? Peut-on comparer ce comportement à d'autres comportements écologiques ? Et enfin, quels facteurs peuvent favoriser l'adoption de ce comportement ?

Qui composte ?

Brosser le « portrait » des gens compostant et par là même de ceux ne compostant pas par le recourt à un examen de caractéristiques démographiques peut livrer de nouvelles informations pertinentes pour la compréhension des facteurs favorisant l'engagement dans la pratique du compostage.

L'enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques de l'ADEME (2008) apporte, via une présentation des caractéristiques socio-démographiques, quelques éléments de réponse. Les enquêtes de la Région Bretagne (Rabeau, 2008 ; Perrot, 2008 ; Enquêtes Rennes Métropole) sont également apparues comme une source d'informations pertinentes et peut être plus proche de notre population d'étude.

Enquêtes et résultats

- Données nationales

L'enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques (ADEME, 2008) comporte une étude bibliographique qui fait le point sur les paramètres influents dans le cadre de la gestion domestique. Elle s'appuie sur les bilans d'enquêtes disponibles sur le compostage domestique, à savoir les questionnaires réalisés dans le cadre d'une opération de compostage domestique ou pas et visant à déterminer, soit des enjeux quantitatifs, soit des comportements sociologiques et techniques.

C'est à partir d'enquêtes récentes sur le territoire que cette analyse bibliographique a été construite. Les enquêtes sur des paramètres plus spécifiques ou avec une vocation plus limitée (choix du type de bac par exemple) n'ont pas été analysées. De même, les études antérieures à 2000 n'ont pas été intégrées à cette analyse bibliographique, en raison de données suffisamment récentes à sa disposition. Une précision est apportée par l'ADEME (2008) puisqu'il est souligné que les informations transmises sont hétérogènes et qu'elle dispose (dans la majorité des cas) des synthèses des enquêtes effectuées mais rarement de la trame complète des questionnaires ou de la rigueur des traitements réalisés (représentativité de l'échantillon, taux de réponses,...).

Parmi les études qui ont été recensées, certaines ne tiennent pas compte des caractéristiques socio-démographiques. Dans le cadre de ce travail, trois enquêtes permettant d'apporter des éléments de réponse ont été retenues : celle du SYBERT³ (2003), celle du SITCOM Côte Sud des Landes (2005) et celle de Nantes Métropole (2007).

- Le SYBERT (2003) a réalisé un bilan d'une opération d'incitation au compostage individuel. Ce bilan a été effectué à partir d'un questionnaire courrier envoyé aux usagers ayant pris possession d'un composteur. Aucune autre donnée (e.g., nombre de questionnaire, l'échantillon) n'est disponible.
- Le SITCOM Sud des Landes (2005) a mené, de novembre 2002 à novembre 2003, une enquête de satisfaction relative à l'équipement des foyers en composteurs individuels. Pour mener à bien un tel projet, le SITCOM a envoyé, à chaque foyer équipé d'un composteur, un questionnaire papier à retourner. Ils ont ainsi obtenu 1063 questionnaires remplis.
- Le projet pilote de Nantes Métropole (2007) : Une expérience pilote a été menée en 2005 sur 2 communes de l'agglomération qui a abouti à la distribution de plus de 6000 composteurs domestiques. Les bilans techniques, humains et financiers ont été effectués, sur la base de deux questionnaires : le premier questionnaire, effectué en porte-à-porte, était l'enquête de satisfaction et le second se basait sur la caractérisation des ordures ménagères résiduelles (OMR). Cette enquête de satisfaction a concerné aussi bien des foyers équipés d'un composteur (302 foyers) que d'autres non équipés (204 foyers). L'échantillon représente au final 506 foyers interrogés.

³ Syndicat Mixte de Besançon et de la région pour le traitement des déchets

Parallèlement à cette étude bibliographique, l'ADEME (2008) a également réalisé une vaste enquête sur l'ensemble du territoire français afin d'évaluer l'ampleur et la nature des pratiques de gestion domestique. Elle regroupe 39 collectivités, et plus de 1000 personnes interrogées.

- Données Région Bretagne

L'étude de Rabeau (2008) a été menée sur 68 opérations de compostage individuel en Bretagne. Ce travail a pour objectif d'approfondir l'aspect technique des opérations et plus particulièrement leurs évaluations qualitatives et quantitatives. Afin d'y parvenir, Rabeau (2008) a recensé, dans un premier temps, toutes les collectivités bretonnes (communautés de communes, syndicats mixtes, ...) qui ont mis en place des opérations de promotion du compostage individuel jusqu'en 2006. Puis, elle a recueilli des informations de chaque opération, par rapport aux indicateurs définis comme impactant l'engagement des citoyens-usagers : le taux d'équipement en composteur individuel de la collectivité ; le taux de compostage domestique (en tas) ; l'évolution des quantités de déchets prises en charge par la collectivité ; l'obtention du compost ; la pérennisation dans l'utilisation du composteur ; et l'organisation du service. Une fois ce travail effectué, les informations collectées ont été mises en relation entre elles afin de comparer ces différents éléments. Les données, pour chaque collectivité, ont été classées en deux catégories : (i) la présentation des opérations de compostage individuel (e.g., taux d'équipement, type du territoire, type d'habitat, etc..) et (ii) le suivi et l'évaluation de l'opération compostage individuel. Cette catégorie indique les différents modes de suivis afin d'évaluer les impacts de l'opération qui sont déclarés comme existants sur chaque collectivité. Ce travail met en évidence qu'aucune vision globale sur les opérations de promotion du compostage individuel en Bretagne ne semble être réalisée. Il faut rappeler que cette étude s'inscrit directement dans le projet ECCOVAL dans le cadre de notre état de l'art sur les impacts environnementaux, économiques et sociaux et plus particulièrement sur les bilans des pratiques de compostage individuel ou de proximité en Bretagne. Les données issues de cette étude sont comparées aux autres données disponibles.

Perrot (2008) a réalisé une enquête qualitative sur la pratique du compostage individuel et la gestion des déchets verts et jardin. En parallèle, elle a conduit une recherche de personnes relais volontaires pour promouvoir le compostage individuel. Les enquêtes se sont déroulées auprès de 4 collectivités bretonnes (Vern-sur-Seiche, Le Rheu, Mordelles et Chevaigné). Celles-ci se déroulaient en deux temps : Dans un premier temps, une enquête téléphonique a été réalisée afin de dégager les pratiques des individus qui compostent. Puis une enquête qualitative sur le terrain a été menée afin d'évaluer la qualité du compost obtenu. Pour le questionnaire téléphonique, 120 personnes (30 personnes par commune) ont été sélectionnées de manière aléatoire. La passation durait entre 6 à 20 min par personne. Concernant l'enquête terrain, 33 personnes ont été rencontrées : 10 au Rheu, 7 à Vern-sur-Sèche, 10 à Mordelles et 6 à Chevaigné.

Les enquêtes de Rennes Métropole, téléphoniques, ont été menées auprès de communes bretonnes : au Rheu (2006), à Mordelles (2005) et à Chevaigné (2005). Chaque étude renvoie à un bilan sur la pratique du compostage individuel dans chacune de ces communes. Pour chacune d'elle, seuls les foyers compostant ont été retenus lors de l'analyse des données, soit 57 foyers au Rheu, 77 à Mordelles et 33 à Chevaigné.

	ADEME (2008)	Rabeau (2008)	Perrot (2008)	Enquêtes Rennes Métropole
Age	<p><u>Étude bibliographique</u> Pour connaître quels sont les individus les plus engagés ou partants dans le compostage domestique au regard de leur âge, deux études ont été prises en compte : celle de SYBERT (2003) et celle du SITCOM Côte Sud des Landes (2005). Ces enquêtes laissent paraître que les personnes âgées de 40 à 59 ans seraient entre 36% (SITCOM Côte Sud des Landes) et plus de 50% (SYBERT) à s'engager dans des opérations de compostage domestique... ...alors que pour les plus de 60ans, les résultats oscillent entre 25% (SYBERT) et plus de 50% (SITCOM Côte Sud des Landes).</p> <p>L'ADEME souligne qu'il conviendrait néanmoins de comparer ces données avec l'âge moyen de la population ciblée.</p> <p><u>Enquête nationale</u> Selon cette enquête, 68% des composteurs pratiquants seraient âgés de 40 ans et plus.</p>	<p>D'après 3 enquêtes de satisfaction menées auprès d'usagers qui ont acquis un composteur auprès de la collectivité (Morlaix, Chateaugiron et Guingamp), l'auteur montre que les 40ans et plus constituent la majorité des ménages qui s'équipent d'un composteur individuel.</p>	<p>Ce sont les personnes âgées de 40 à 59 ans, soit 55% de la population interrogée, qui pratiquent davantage le compostage domestique.</p>	<p>Aucune donnée</p>
Propriétaire vs. Locataire	<p><u>Étude bibliographique</u> L'étude menée sur Nantes Métropole en 2005 met en évidence que les propriétaires de maisons et habitant dans des maisons individuelles réalisaient plus de compostage domestique que les</p>	<p>Aucune donnée</p>	<p>Aucune donnée</p>	<p>Aucune donnée</p>

	<p>locataires dans le même type d'habitat. Aucune donnée chiffrée n'est disponible.</p> <p><u>Enquête nationale</u> Sur l'ensemble des personnes interrogées, déclarant pratiquer le compostage, 80% seraient propriétaires.</p>			
C.S.P	<p><u>Étude bibliographique</u> D'après les données issues du SYBERT (2003), les nouveaux adhérents ayant pris un composteur étaient soit retraités, soit cadres supérieures.</p> <p>=> Il faut prendre ce résultat avec précaution puisqu'il s'agit des CSP des nouveaux adhérents.</p> <p><u>Enquête nationale</u> Aucune donnée disponible</p>	<p>Les résultats obtenus, concernant la CSP des habitants qui compostent, montrent que ce sont majoritairement les retraités (41%) et les employés (35%) qui compostent. Ici, les cadres supérieurs ne représentent que 18%.</p>	Aucune donnée	Aucune donnée
Taille du ménage	<p><u>Étude bibliographique</u> Aucune donnée n'est disponible. Il est juste mentionné que « la taille du ménage influe sur les taux de participation au compostage » (p.37).</p> <p><u>Enquête nationale</u> Aucune donnée disponible</p>	Aucune donnée	<p>Les résultats montrent que ce sont les foyers composés de 2 personnes (42%) qui pratiquent davantage le compostage domestique.</p>	<p>Ce sont les foyers composés de 2 personnes qui pratiquent davantage le compostage domestique (33% à Mordelles, 44% au Rheu et 24% à Chevaigné)...</p> <p>...suivi par les foyers de 4 personnes (23% à Mordelles, 20% au Rheu et 42% à Chevaigné).</p>

<p>Superficie de jardin</p>	<p><u>Étude bibliographique</u> Aucune donnée</p> <p><u>Enquête nationale</u> Selon cette enquête, 56% des composteurs pratiquants ont un terrain de 1 000m² et plus.</p>	<p>Aucune donnée</p>	<p>La majorité des jardins, des foyers qui compostent (56%), ont une superficie de 100 à 500m². Cette surface correspond à la taille réelle du jardin (superficie maison exclue).</p>	<p>A Mordelles : 43% des foyers qui compostent ont une superficie inférieure ou égale à 200m² et 43% des foyers ont une superficie de 300 à 500m².</p> <p>Au Rheu : ce sont les foyers dont la superficie oscille entre 300 et 500m² qui compostent le plus (56%).</p> <p>A Chevaigné : Les foyers qui ont des jardins de 100 à 500m² (65%) sont ceux qui pratiquent davantage le compostage.</p>
-----------------------------	---	-----------------------------	--	---

Tableau 10: Résultats des études sur les caractéristiques socio-démographiques

Résumé des données pour chaque caractéristique socio-démographique

1) l'âge

Le compostage domestique est majoritairement pratiqué par les 40ans et plus (Rabeau, 2008 ; Perrot, 2008 ; ADEME, 2008).

2) Propriétaire ou locataire

D'après l'ADEME (2008), les propriétaires pratiquent plus le compostage domestique que les locataires.

3) Catégories Socio-Professionnelles

La C.S.P. a une influence sur la pratique de compostage. Selon Perrot (2008), ce sont les retraités et les employés qui pratiquent davantage le compostage domestique (Perrot, 2008).

Notons toutefois que peu de données sont disponibles sur la C.S.P. des individus qui pratiquent le compostage domestique.

4) Taille du foyer

Toutes les études, qui ont traité la variable « taille du foyer », mettent en évidence un invariant, à savoir que les foyers constitués de 2 personnes pratiquent davantage le compostage domestique. Si l'on se réfère à l'enquête bibliographique réalisée par l'ADEME (2008), il est souligné que « la taille du ménage influe sur le taux de pratique du compostage » (p.37).

5) Surface du jardin

D'après Perrot (2008), ce sont les foyers dont la superficie de jardin est comprise entre 100 et 500m² qui compostent davantage (56%). Les résultats des enquêtes de Rennes Métropole vont également dans ce sens. De plus, l'enquête nationale de l'ADEME (2008) révèle que les praticiens du compostage possèdent majoritairement un terrain de 1000m² et plus (56%). L'influence de cette caractéristique sur la pratique de compostage, entre les grandes ou petites superficies de jardin, n'est pas évidente à mettre en avant sur les seules données disponibles.

Existe-t-il un profil type ?

À partir des résultats mis en avant par ces études, nous pouvons dire que les personnes qui pratiquent, majoritairement, le compostage sont des propriétaires, âgées de 40 ans et plus, appartenant à des foyers de 2 personnes.

Si ces premières données donnent quelques caractéristiques concernant les gens pratiquant cette activité, elles ne renseignent pas sur les particularités des gens ne compostant pas. Cependant, la première partie de cette revue de littérature a mis en exergue des différences d'attitudes entre usagers et non usagers. Les différences de comportements (pratique vs. non pratique) pourraient tenir pour partie à ces différences d'attitude.

Une autre hypothèse a été proposée pour rendre compte de ces différences de pratiques. Selon celle-ci, les individus pratiquant d'autres comportements pro environnementaux s'engageraient plus facilement dans cette activité de compostage. Bien qu'il ait été montré auparavant que les gens compostant ne possèdent pas d'attitudes plus pro environnementales que ceux ne pratiquant pas, peut on malgré tout supposer une plus forte propension à composter de la part des gens pratiquant d'autres activités écologiques ?

Comportements de compostage domestique et autres comportements écologiques

Peut-on supposer qu'un individu possédant déjà certains comportements écologiques, tels que le recyclage, serait plus sensible à l'idée de composter ?

Il existe des caractéristiques communes à ces deux activités : la volonté de gérer, séparer les déchets. Ces deux activités sont planifiées, préméditées. Mais bien que le compostage et le tri soient des comportements de réduction de déchets, ils diffèrent sur d'autres aspects.

Dans le recyclage, la responsabilité des personnes n'est plus engagée dès lors que les poubelles, les sacs sont hors de la maison. Pour les gens qui compostent, leur responsabilité continue lorsque les déchets sont mis dans le composteur, afin d'en extraire un produit utilisable. En effet, ils sont personnellement responsables du management du processus de compostage. Les décisions qu'ils vont prendre pour faire leur compostage auront une influence sur la qualité du rendu, qui influencera en retour leur appréciation de la valeur de l'activité de compostage, et à terme viendra influencer leur décision de continuer ou non cette activité de compostage. Le compostage a donc une valeur d'utilité, alors que le recyclage est une activité plus altruiste.

Un autre élément qui différencie le compostage d'autres types de gestion des déchets est le fait que ce sont des amateurs qui effectuent cette activité, qui n'ont pas le même niveau d'expertise et d'habileté. Ainsi, alors que le recyclage est effectué par des professionnels, le compostage reste l'apanage de personnes n'ayant au départ que peu de connaissances sur cette pratique, devant ainsi développer leur propre expertise.

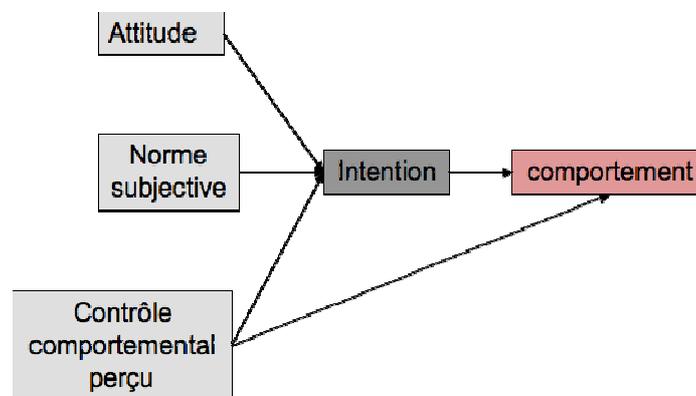
Alors, y a-t-il réellement une corrélation entre comportement de compostage et d'autres comportements pro environnementaux ? Peu d'études ont été réalisées afin de répondre à cette question. Une hypothèse est que les personnes qui s'engagent dans une activité écologique quelle qu'elle soit seraient plus enclines à s'engager dans d'autres comportements pro environnementaux. Cette hypothèse n'est que partiellement validée. Bien que ceci ait notamment été observé entre le comportement de recyclage et le transport des déchets nucléaires (Larsen, 1995), d'autres études n'ont pourtant démontré aucune corrélation (voire négatives) entre différents comportements écologiques (e.g., Oskamp et al., 1991).

Le lien entre comportements pro environnementaux et compostage n'est donc pas évident. L'erreur ici a été de considérer que les attitudes générales pro environnementales influençaient directement les différentes activités de gestions de déchets, telles que le compostage. Or, il se trouve que le lien attitude-comportement n'est probablement pas direct. D'autres facteurs pourraient être plus prédictifs de l'adoption du comportement de compostage.

Des études dans le champ de la psychologie sociale se sont intéressées à ce lien entre ces différentes variables et l'intention d'adopter un comportement écologique. La plupart ont été réalisées aux USA, mais sont malgré tout assez applicables à la culture de l'Europe occidentale. De même, la plupart des études ont porté sur les activités de recyclage, et rarement sur le compostage.

Les recherches portant sur les déterminants des comportements de recyclage incluent des variables démographiques, psychologiques telles que l'influence normative, attitude et contrôle perçu, et les attitudes générales envers les problèmes environnementaux. Pour le recyclage, on observe généralement une corrélation positive avec l'âge (Derksen & Gartrell, 1993 ; Granzin & Olsen, 1991 ; Lansana, 1992), avec le niveau de revenu (Gamba & Oskamp, 1994 ; Vining & Ebreo, 1990), et avec le niveau d'éducation (Lansana, 1992 ; Vining & Ebreo, 1990). Selon Tucker et Speirs (2001), les événements ponctuels, inattendus viennent influencer les attitudes (déménagement, discussion avec les voisins...). De même, la

façon de gérer ce compostage, de gérer son activité influe sur les attitudes face à cet objet, jouant également sur la participation à cette activité, elle-même influant et étant influencée par les attitudes. Rentrent également en ligne de compte le rendu, la quantité des déchets gérés, avec pour finir l'évaluation des conséquences, tout ceci pouvant jouer sur les attitudes et sur l'intention d'adopter le comportement. Ainsi, la prise en compte conjointe de l'attitude, de variables sociales (normes subjectives) et du contrôle comportemental perçu participerait d'une bonne prédiction de l'intention comportementale (Mosler, et al., 2008; Taylor & Todd, 1995). Un lien attitude/comportement a été supposé par des chercheurs, proposant un facteur médiateur : l'intention d'adopter le comportement. Les attitudes influenceraient directement l'intention d'agir. Des facteurs négatifs pourraient venir perturber cette intention positive et mettre en péril la transformation de cette intention en comportement effectif. C'est la Théorie du Comportement Planifié (TCP, Azjen, 1985). Cette théorie considère que les attitudes, les normes subjectives et le contrôle comportemental perçu (i.e., la croyance que quelqu'un possède un grand contrôle sur ses propres actions) sont les causes directes de l'intention d'agir. Le contrôle comportemental perçu aurait également une influence directe sur le comportement.



La TCP a été utilisée avec un succès relatif par plusieurs chercheurs pour prédire la participation au recyclage (e.g., Jones, 1990 ; Boldero, 1995 ; Taylor & Todd, 1995), et, dans seulement deux recherches, la participation au compostage (Mosler, Tamas, Tobias, Rodriguez & Miranda, 2008 ; Taylor & Todd, 1995). Ce manque d'étude résulte du fait que le compostage est un comportement nouveau, qui n'a fait jusqu'alors que l'objet de peu d'intérêt.

Présentation des modèles

Puisque les attitudes écologiques ne semblent pas avoir une influence directe sur les comportements pro environnementaux, quels sont les facteurs psychosociaux susceptibles de se positionner comme de bons prédicteurs ?

Deux méta analyses ont été en ce sens réalisées et permettent d'apporter quelques éléments de réponse. La première méta analyse réalisée par Hines, Hungerford et Tomera (1986-1987) évalue via des analyses corrélationnelles, l'influence respective de 4 facteurs psychosociaux : attitudes, locus de contrôle (à savoir si l'individu se pose ou pas comme étant à l'origine causal des récompenses et des punitions dont il est l'objet)/auto efficacité (à savoir si l'individu se considère comme en capacité de réaliser le comportement qu'il va devoir réaliser), responsabilité morale et intention comportementale. Ces auteurs ont mis en évidence une corrélation entre les attitudes pro environnementales et les comportements pro environnementaux (.38 pour 9 études), entre locus de contrôle/auto efficacité et comportements pro environnementaux (.37 pour 15 études), entre le sentiment d'obligation morale d'agir de façon écologique et les comportements pro environnementaux (.32 pour 6 études) et entre l'intention de comportements pro environnementaux et comportements pro environnementaux (.49 pour 6 études). Suite à cela ils ont

proposé un modèle de comportement environnemental, qui voit l'intention d'agir et les facteurs objectifs situationnels comme des déterminants directs des comportements pro environnementaux. L'intention elle-même est vue comme résumant l'interaction entre des variables cognitives (capacité d'action, connaissances des stratégies d'action et aboutissement) et personnelles (attitudes, locus de contrôle, responsabilité personnelle).

20 ans après, Bamberg et Möser (2007) ont réalisé une nouvelle méta analyse, ayant pour objectif premièrement de voir s'ils obtenaient, 20 ans après, les mêmes résultats que Hines et al., et deuxièmement de mesurer l'influence de nouveaux facteurs (la culpabilité, l'attribution interne et la conscience du problème).

Modèle théorique

Le comportement pro environnemental est vu comme un mélange entre l'intérêt personnel (e.g., poursuivre une stratégie qui minimise le risque pour sa propre santé) et une préoccupation pour les autres, la génération future, les autres spécimens, ou les écosystèmes en général (e.g., prévenir la pollution de l'air qui peut causer des risques pour la santé des autres et/ou pour le climat général).

La TCP est basée sur un modèle hédoniste des êtres humains : ils sont motivés à éviter les punitions et obtenir des récompenses. L'attitude n'a pas une influence directe sur le comportement, mais indirecte, via l'intention de comportement. Cette intention est également influencée par le contrôle perçu du comportement (habilité à émettre ce comportement). Les normes sociales sont le troisième facteur influençant l'intention d'agir.

Pour réaliser cette méta-analyse, Bamberg et Möser (2007) recensent 46 articles présentant 57 études (recherches faites depuis 1995, date à partir de laquelle les chercheurs ont commencé à utiliser les deux modèles précédemment cités).

- Résultats

Comme Hines et al., ces auteurs ont mis en évidence une corrélation entre les attitudes pro environnementales et les comportements pro environnementaux (.42 pour 17 études), entre locus de contrôle/auto efficacité et comportements pro environnementaux (.30 pour 18 études), entre le sentiment d'obligation morale d'agir de façon écologique et les comportements pro environnementaux (.39 pour 11 études) et entre l'intention de comportements pro environnementaux et comportements pro environnementaux (.52 pour 15 études).

Au final, 20 ans plus tard, les résultats obtenus par ces auteurs sont très similaires à ceux obtenus par Hines et Al. (1987). Donc malgré d'importants changements politiques, économiques et sociaux durant la période 1986-2006, il semble bien que ceux-ci n'ont eu que peu d'influence sur les variables psychosociales associées au comportement pro environnemental.

Dans un second temps ces auteurs ont testé leur modèle intégratif, comprenant 9 variables.

1/ L'intention comportementale médiate l'effet de toutes les autres variables sur le comportement écologique. Si on la retire du modèle, plus aucun facteur n'a d'effet significatif. L'intention explique 27% de la variance du comportement pro environnemental.

2/ L'auto efficacité, l'attitude et la norme morale influencent l'intention (expliquent 52% de sa variance), et sont relativement indépendantes car peu corrélées entre elles. Leur impact est quasi identique.

Donc, l'intention d'adopter un comportement pro environnemental peut être décrit comme un équilibre entre des réponses à trois questions : « Combien de conséquences personnelles positives/négatives résulteront du fait de choisir cette option pro environnementale comparée à un autre choix ? », « Quelle sera la difficulté associée à ce choix pro environnemental comparé aux autres options ? », « Est ce que ces raisons indiquent une obligation morale à agir de cette façon pro environnementale ? ».

3/ Le sentiment de culpabilité, la norme sociale, l'attribution interne et la conscience du problème sont des prédicteurs significatifs de la construction de la norme morale (ils expliquent 58% de sa variance).

4/ La norme sociale est directement associée à l'auto efficacité et à l'attitude.

La norme morale apparaît donc comme un déterminant indirect (et non plus direct) de l'intention.

5/ De même, il existe une association directe entre le sentiment de culpabilité et l'attitude.

6/ L'attribution interne est un prédicteur significatif de la norme sociale, de la norme morale, du sentiment de culpabilité et de l'attitude (attention, ces relations sont issues de corrélations basées sur une seule étude).

7/ La conscience du problème est associée directement avec l'attribution interne, la culpabilité, la norme sociale et la norme morale. Elle apparaît comme une variable importante. C'est d'après ce modèle le second déterminant indirect (après norme sociale) du comportement pro environnemental.

Il y a par ailleurs 4 déterminants indirects (culpabilité, connaissance du problème, norme sociale et attribution interne). Les analyses montrent une influence de l'intention et de la connaissance/conscience du problème comme étant à eux deux aussi importants que tous les autres facteurs réunis.

Cette méta analyse a mis en évidence l'importance de l'intention d'agir (27% de la variance du comportement pro environnemental). Mais il reste que plusieurs auteurs soutiennent l'idée que d'autres variables sont également à prendre en considération comme par exemple l'implémentation d'intention (e.g., Gollwitzer, 1999) et l'habitude (Verplanken & Wood, 2006).

- Application des résultats sur le compostage domestique

Comme pour le recyclage, on peut supposer que les attitudes écologiques générales n'influencent que partiellement les comportements de compostage, alors que des inconvénients tels que le temps, l'effort et le stockage nécessaires seront de meilleurs prédicteurs du refus de pratiquer cette activité. Les connaissances (ou manque de connaissance) pourraient également jouer un rôle.

L'influence sociale pourrait en revanche avoir un effet moins évident car de fait le compostage est une activité moins visible et publique que le recyclage. Ainsi, l'influence de l'entourage social est donc probablement moins marquée.

Il reste que Taylor & Todd, 1995, ont mesuré l'importance de l'influence sociale et ont démontré son impact sur les comportements de compostage domestique, au moins dans les premiers temps. Dans leur étude, ils ont testé le modèle de la TCP en incorporant en plus les caractéristiques perçues de l'innovation (Rogers, 1983), les conditions facilitatrices (Triandis, 1977) et l'auto efficacité (Bandura, 1977), sur l'intention de composter et de recycler. Selon la littérature, il existe 3 caractéristiques perçues de l'innovation qui influencent de façon consistante l'adoption de comportement : avantage relatif, complexité et compatibilité (Rogers, 1983 ; Torntazky & Klein, 1982). Les deux premiers facteurs devraient influencer l'attitude, alors que la compatibilité devrait influencer le contrôle comportemental perçu.

Les conditions facilitatrices et l'auto efficacité devraient influencer le contrôle comportemental perçu (Ajzen, 1985). Les croyances normatives (norme subjective) sont décomposées ici en influence de la famille et du foyer, appelée croyance normative interne, et voisins et amis, la croyance normative externe.

Les résultats obtenus pour le recyclage ne seront pas présentés ici, ce comportement pro environnemental n'étant pas l'objet de cette revue de littérature. Pour le compostage, le modèle est globalement validé. Taylor et Todd (1995) ont démontré que l'intention de composter était positivement influencée par l'attitude, les normes subjectives (externe et interne) et par le contrôle perçu (relié à l'auto efficacité et aux conditions facilitantes). Les attitudes ont également été positivement influencées par l'avantage relatif et négativement par les inconvénients.

Récemment, Mosler, Tamas, Tobias, Rodriguez et Miranda (2008) ont réalisé une étude recourant au modèle de la TCP pour prédire trois types de comportements pro environnementaux : le recyclage (qui se pratique déjà à Cuba), le compostage (qui se ne fait pas ou peu) et la réutilisation (e.g., réutiliser les habits et chaussures).

Dans leur modèle, Mosler et al. (2008) mesurent l'attitude, la difficulté perçue et la réputation perçue de chaque comportement cité, 3 facteurs influençant directement l'intention d'agir. Afin d'obtenir plus d'informations, ces auteurs divisent le facteur attitude en deux composantes : cognitive (rapport coût bénéfice) et émotionnelle (connotation émotionnelle de l'individu face au comportement en question), s'appuyant sur des recherches antérieures ayant démontré que l'attitude n'est pas unidimensionnelle (e.g., Trafimow & Sheeran, 1998). Notons toutefois que ces auteurs n'utilisent pas de mesures directes du comportement.

Comme observé par Taylor et Todd (1995), ces auteurs observent que l'attitude est le meilleur prédicteur de l'intention de composter. Concernant ce facteur attitude, la composante émotionnelle présente une influence plus importante sur l'attitude que la composante cognitive. À l'inverse du recyclage, la réputation perçue et la difficulté perçue ont le même impact plus relatif que réel.

L'étude de Mosler et al. apporte également plusieurs informations intéressantes relatives à quelques questions ouvertes concernant les problèmes perçus et le besoin d'information

Pour le compostage :

- infrastructure insuffisante dans le foyer (manque d'espace, pas de lieu adéquat) : 29%
- effort pour entretenir le tas de compost : 25%
- pas de pratiques communes en terme de coopération avec les voisins : 18%
- manque de connaissance : 10%
- barrières personnelles telles que l'âge, maladie : 10%
- affect négatif tel que non hygiénique ou odorant : 5%

Ces deux études livrent quelques indications sur les facteurs à prendre en compte pour prédire le comportement relatif au compostage. Il semble pertinent de prendre en compte l'attitude des individus, mais également la norme subjective, et même le contrôle comportemental perçu. La seule mesure de l'attitude (notamment pro environnementale) n'est donc pas un prédicteur suffisant pour rendre compte de la complexité de l'adoption du comportement de compostage.

Relevons encore dans la littérature, une étude menée par Edgerton, McKechnie et Dunleavy (2009). Ces auteurs observent que la décision de s'engager dans une démarche de compostage est reliée positivement

aux croyances des individus d'avoir des connaissances concernant cette pratique et au fait que l'individu possède une attitude positive concernant ce comportement. Les attitudes générales pro environnementales (mesurées par le NEP) ne sont pas un prédicteur significatif de la participation au compostage. Usagers et non usagers rapportent le même niveau d'intérêt écologique. Les résultats ne soutiennent pas l'hypothèse d'un possible lien entre la pratique du compostage et d'autres comportements pro environnementaux.

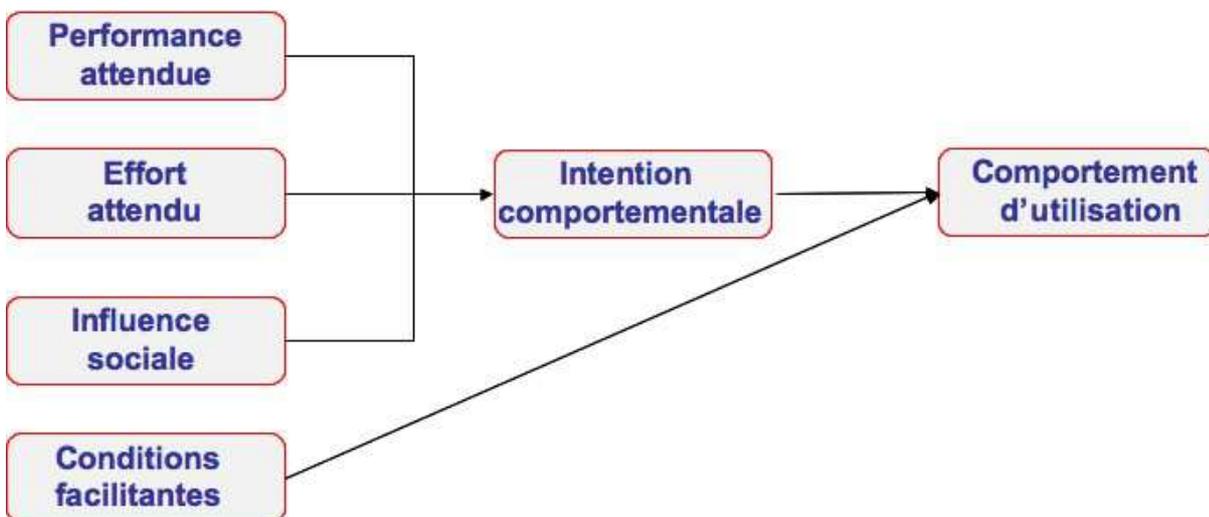
Bien qu'applicable au compostage, le modèle de la TCP n'est peut être pas le plus pertinent. En effet, ce modèle ne tient pas compte de certaines spécificités du compostage. C'est une activité pouvant nécessiter une certaine expertise, et qui peut demander l'utilisation d'un objet : le composteur. Bien qu'en soi peu complexe, cette activité nécessite malgré tout de suivre certaines règles, et peut aboutir, le cas échéant, à un produit final non utilisable. Or, bien que le compostage permette notamment de diminuer sa quantité d'OMR, son intérêt premier est de permettre l'obtention d'un engrais naturel. Une mauvaise pratique empêcherait cette production. Ainsi le compostage est un comportement technique qui nécessite un savoir faire, qui passe par un nécessaire apprentissage. Dès lors, les facteurs influençant l'adoption de cette pratique pourront diverger des facteurs influençant un comportement quelconque ne nécessitant pas un véritable savoir faire.

Le compostage comme objet nouveau.

Pour qu'une nouvelle technologie ou un nouveau comportement nécessitant un apprentissage spécifique puisse aboutir à une certaine productivité, il doit être accepté et utilisé par les individus.

Le modèle rendant à l'heure actuelle le mieux compte de l'acceptation d'un nouveau comportement est le modèle **UTAUT** (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), développé par Venkatesh, Morris, Davis et Davis en 2003.

Présentation du modèle UTAUT



Ces auteurs pensent que pour établir un modèle de mesure de l'acceptation de l'utilisation de nouvelles technologies il est absolument nécessaire de faire appel à plusieurs théories et de les combiner.

Selon ces auteurs, l'usage ou la maîtrise d'une technologie (i.e., pratique du compostage) est une fonction de l'intention comportementale d'usage et des conditions facilitantes⁴. L'intention comportementale est à

⁴ Conditions facilitantes : degré auquel un individu croit qu'une infrastructure organisationnelle et technique existe pour soutenir sa pratique du compostage (ex. numéro vert/ formation...)

son tour fonction de l'anticipation de performance⁵, de l'anticipation d'effort⁶ et de l'influence sociale⁷. Quelques variables viennent en sus affecter l'intention ou le comportement comme l'âge, le genre ou l'expérience.

Ces différents facteurs sont, au final, relatifs aux trois dimensions que l'on sait déterminantes pour étudier l'acceptation d'une technologie : l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité.

Utilité du compostage

Cette dimension cherche à répondre à la question « la nouvelle technologique/ le nouveau comportement permet-il d'atteindre le but pour lequel il a été conçu ? ». Elle s'intéresse donc à la conception utile/ pas utile de la pratique. Elle est traduite dans le modèle UTAUT par la mesure de la performance attendue.

L'utilité du compostage, c'est-à-dire la performance attendue du compostage, est, pour la plupart des études, déterminée par la pratique ou non du compostage des personnes interrogées. Ainsi, les personnes compostant rapportent facilement des raisons concernant l'utilité de cette activité, alors que ceux ne pratiquant pas cette activité exemplifient plus facilement les raisons d'inutilité de cette pratique.

Une étude menée par l'IGEAT en 2004 (institut de gestion de l'environnement et de l'aménagement du territoire à Bruxelles) à la demande de la Direction Générale Des Ressources Naturelles et de l'Environnement de la Région wallonne a comparé les raisons avancées par les individus pour justifier leur activité de compostage en France et en Wallonie. La première raison avancée pour les populations de ces deux pays est l'intérêt d'avoir du compost. En revanche, alors qu'en Wallonie les individus semblent composter pour protéger l'environnement, les français interrogés ont eux exprimé plus d'intérêt à baisser le coût de la gestion des déchets.

raison avancée	Wallonie	France
Avoir du compost	oui +++	oui +++
Précaution pour l'environnement	oui ++	Non
Coût de la gestion de déchets	oui +	oui ++

Le compostage présente donc une utilité pour ceux le pratiquant, à différents niveaux. Non seulement il permet d'obtenir un engrais naturel, mais il permet également de gérer ses déchets tout en protégeant l'environnement. Ainsi, comme le prédit le modèle UTAUT, cette pratique engendre bien des attentes en termes de performance, attentes qui semblent diverger selon les pays.

On retrouve le même type de résultat au niveau international, avec une étude menée en Angleterre par Tucker et Speirs (2001), auprès de 4 collectivités (soit 276 personnes interrogées). Deux questions étaient posées aux participants : ils devaient dans un premier temps indiquer ce qui les avait motivés à prendre un composteur, puis devaient évaluer le poids de différents facteurs dans leur choix de débiter cette pratique. Concernant la première question, les réponses les plus fréquemment citées ont été classées en trois catégories : raison environnementale, raison liée au jardinage, et raison économique.

Raisons environnementales : « utiliser les déchets » (19%), « pour l'environnement » (7%)

⁵ Performance attendue : degré avec lequel un individu croit que l'utilisation d'un composteur peut l'aider à atteindre un bénéfice (ex. réduction des OMR)

⁶ Effort attendu : degré de facilité associé à la pratique du compostage

⁷ Influence sociale : degré avec lequel un individu perçoit que les personnes importantes pour lui pensent qu'il devrait pratiquer le compostage

Raisons liées au jardinage : « faire du compost » (12%), « augmenter la qualité du sol » (8%)

Raison économique : « composteur gratuit/ pas cher » (17%)

Pour l'évaluation de l'importance de différents facteurs dans la décision de commencer à composter, les participants devaient évaluer 8 propositions sur une échelle en 5 points.

je n'aime pas les déchets $M = 4.22$
économiser de l'espace $M = 3.96$
je n'aime pas les fertilisants chimiques $M = 3.48$
faire de la place dans la poubelle $M = 3.42$
produire un compost de meilleure qualité $M = 3.38$
aider la municipalité $M = 3.29$
Curiosité $M = 3.17$
moins cher que d'acheter du terreau $M = 2.79$

Une des premières raisons qui semblent motiver les individus à pratiquer le compostage tient au rejet des déchets. Le compostage est donc perçu comme un moyen utile de s'en débarrasser. Cette pratique est également perçue comme à la fois un moyen d'économiser de l'espace (notamment dans la poubelle) et de produire un amendement naturel non polluant. En revanche, le gain économique ne semble pas être déterminant dans le choix de pratiquer cette activité.

Au niveau national, l'enquête réalisée par l'ADEME (2008) souligne l'importance pour les personnes interrogées de l'aspect protection de l'environnement dans leur choix de pratiquer le compostage. Ainsi, 64% déclarent qu'une des raisons pour lesquelles ils pratiquent le compostage est que « c'est un bon geste pour l'environnement », suivi par le besoin de compost (20%).

Rabeau (2008) rend compte des différences de performance attendue entre les usagers et non usagers, au niveau de la région Bretagne. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau suivant.

	CC du Val d'Oust et de Lanvaux	CA du Pays de Vannes	CC de Guingamp	Morlaix Communauté	Brest métropole Océane	Rennes métropole (le Rheu)	Rennes métropole (Mordelles)	CC du Pays de Châteaugiron
<i>limiter, réduire sa production de déchets (M = 38%)</i>	40%	78%	26%	47%	36%	28%	23%	26%
<i>produire son propre amendement organique, naturel, gratuit (M = 29%)</i>	14%	35%	15%	54%	28%			30%
<i>participer à la protection de l'environnement (M = 38%)</i>	18%	86%	20%			39%	39%	24%
<i>Aller moins souvent à la déchetterie par les déchets verts (M = 22%)</i>		61%		3%		11%	13%	

Tableau 11 : Résultats concernant les motivations liées à la pratique du compostage (étude Rabeau, 2008)

Au niveau de la Bretagne, 4 raisons principales sont avancées pour rendre compte de l'utilité du compostage. Les personnes interrogées sur ces différentes communes ont déclaré être motivées par la diminution des déchets, la gestion personnelle de leurs propres déchets que permet l'activité de compostage, mais également par la protection de l'environnement. Cette activité apparaît comme un moyen de produire son propre amendement organique et de diminuer ainsi le nombre de voyages à la déchèterie. Les performances attendues pour cette activité, que ce soit à un niveau national ou régional, semblent donc être concentrées autour de trois grandes idées : gérer ses déchets, produire son propre engrais, et protéger l'environnement.

Ces performances attendues semblent être satisfaites par la pratique effective de cette activité. Une étude réalisée au Canada par McKenzie, Nemiroff, Beers et Desmarais (1995) a montré que les gens qui compostent tout au long de l'année évaluent la réduction des déchets comme plus importante et perçoivent le développement d'un sol riche en nutriment comme plus important.

Menées auprès de personnes ne compostant pas, d'autres études ont permis d'identifier les raisons d'absence d'attribution d'utilité à cette pratique. Dans une recherche menée en Angleterre (DETR, 1998), portant sur les raisons évoquées par les individus pour ne pas composter, 25% des non usagers disent ne pas avoir de raison particulière pour ne pas composter, et 18% stipulent ne pas avoir d'utilité du compost (2^{ème} raison la plus fréquemment donnée). De même, dans une autre étude menée à Milton Keynes-UK 11% disent ne pas avoir d'utilité du compost (5^{ème} raison donnée). Ces deux études montrent que pour les personnes ne compostant pas, cette pratique semble inutile principalement parce qu'ils n'attribuent aucune utilité au compost.

Ces différents travaux livrent quelques indications quant aux attentes des individus, pratiquant ou non le compostage et concernant l'utilité qu'il lui attribue. Ce facteur semble avoir un fort impact sur la décision des gens à s'engager dans cette pratique. De fait, selon que les individus pratiquent ou non cette activité, la perception de son utilité diffère totalement. On peut ainsi classer les raisons avancées pour justifier de la pratique ou non du compostage en deux catégories de réponses, différant quant à l'utilité perçue du compostage :

- *Réduire sa production de déchets, produire son propre amendement organique, protection de l'environnement, intérêt pour le jardinage.* Cette première catégorie rassemble les réponses données majoritairement par les individus déjà engagés dans la pratique.

- *pas utile car trop faible production de déchets, pas d'utilité du compost.* Ces raisons sont avancées uniquement par les personnes ne pratiquant pas (de façon régulière) le compostage.

L'anticipation d'une performance semble donc être un facteur de poids dans la décision de pratiquer le compostage. Communiquer sur cet aspect devrait donc permettre de sensibiliser une partie de la population ne compostant pas encore car ne percevant pas son utilité.

Pour que cette activité puisse être vue comme utile, les individus doivent principalement avoir le sentiment qu'elle permet de réduire ses déchets, quelque soit la quantité produite, et qu'elle n'a pas comme unique intérêt la production d'un amendement naturel. Au niveau de la performance attendue, mettre en évidence l'utilité de cette pratique en terme de gestion/ réduction des déchets semble plus pertinent que le développement d'un engrais naturel.

Utilisabilité du compostage

Elle concerne le degré selon lequel un produit peut être utilisé par des utilisateurs identifiés pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction dans un contexte d'utilisation spécifiée. Elle est

traduite dans le modèle UTAUT par les mesures d'effort et de conditions facilitantes. Elle réfère à l'évaluation des connaissances, des freins et des leviers, ainsi qu'au contrôle perçu du modèle de la TCP.

À nouveau, la littérature donne certaines informations quant à l'utilisabilité du compostage. Trois catégories d'informations se dégagent des enquêtes réalisées: des connaissances sur la manière de composter, les problèmes rencontrés ou supposés, et la facilité d'utilisation.

Connaissances concernant la pratique de compostage

De nombreuses enquêtes ont été menées dans le but de répertorier les connaissances possédées par les individus. Nous ne développerons pas ici ce point, déjà largement traité dans différentes enquêtes (cf. enquête bibliographique et rapport d'étude de l'ADEME, 2008).

Un exemple est cité dans l'étude de Perrot (2008) s'intéressant aux pratiques de compostage individuel sur les communes de Vern sur seiche, Le Rheu, Mordelles et Chevaigné. Selon cette étude, les principaux déchets compostés sont les déchets de cuisine, épluchures de fruits et légumes, fleurs fanées, tonte de pelouse, marc de café, écorce d'arbre, coquilles d'œufs et mauvaises herbes.

De façon plus générale, l'enquête nationale de l'ADEME effectuée en 2008 nous donne de nombreuses indications quant au compostage des déchets, comparativement à d'autres pratiques de gestion des déchets (jeter avec les ordures ménagères, brûler, donner à une autre personne, etc.) et à la nature des déchets compostés (cf. chapitre II)

Problèmes rencontrés/ attendus

Une des raisons majeures qui peut amener les individus à ne pas vouloir s'engager dans cette pratique ou à la cesser est l'anticipation/ la rencontre de problème.

Dans son enquête bibliographique de 2008, l'ADEME a étudié cette question, en demandant aux usagers d'indiquer les éventuelles difficultés qu'ils pouvaient rencontrer à effectuer le compostage.

<p>SYBERT 38% trouvent que leur composteur ne leur donne pas entière satisfaction :</p> <ul style="list-style-type: none"> - tout n'est pas dégradé (43%) - problème de conception du composteur (19%) - odeurs désagréables (10%) - tas compost attire les animaux (8%) - compost obtenu pas de bonne composition (8%) 	<p>SEAPFA (seine saint Denis) 44% des usagers identifient des problèmes dans leur composteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présence d'insectes (40%) - odeur (37%)
<p>Syndicat Mixte Vendée 7% des usagers disent avoir des soucis avec le tri des déchets</p>	<p>Chambéry métropole 51% ont des critiques sur le compostage ou composteur (mais pas citées).</p>

Tableau 12 : Problèmes rencontrés lors de la pratique du compostage (ADEME, 2008)

Cette enquête bibliographique démontre qu'une part non négligeable des individus pratiquant le compostage rencontre des difficultés dans leur pratique, principalement concernant la qualité de leur compost. Ces résultats démontrent que le compostage reste une activité nécessitant un minimum de savoir faire et des connaissances pour en tirer tous les bénéfices attendus. Pour autant cette enquête n'indique pas si les individus envisagent de stopper cette activité, ou si le bénéfice général reste supérieur au coût et désagrément rencontrés.

Pour autant, le rapport d'étude de l'ADEME (2008) rapporte que 74% des personnes « ont abandonné leur ancien dispositif de compostage lorsqu'ils ont acquis un bac, la satisfaction de leur nouvel outil semble en

être la raison puisque 58% des nouveaux utilisateurs de composteur y trouvent des aspects positifs et seuls 2% des aspects négatifs ». Le composteur ne semble pas, selon cette enquête, être à l'origine d'une quelconque gêne dans la pratique. De plus, cette même enquête révèle que 8 foyers sur 10 utilisent leur compost, et que seuls 7% des non utilisateurs justifient leur choix par la mauvaise qualité de leur compost. Des données objectives seraient nécessaires pour évaluer la qualité réelle du compost produit, les données subjectives nous permettant simplement d'obtenir la perception de qualité des pratiquants.

L'enquête bibliographique de l'ADEME (2008) révèle que 81,8% des personnes interrogées sur Nantes métropole ont déclaré avoir peu ou pas de doute dans la pratique du compostage. De même dans le **SIRTOM des 7 cantons** (guide pour collectivités), 82% n'ont constaté aucune nuisance due à l'utilisation de leur composteur et se considèrent par conséquent compétents.

Dans la même optique, Tucker et Speirs (2001) ont réalisé une étude auprès de personnes de 4 communes différentes pratiquant le compostage, afin d'évaluer les problèmes rencontrés dans leur pratique.

- aucun (60%)
- très peu (36%)
- insectes (16%)
- aspect gluant du compost (15%)

Les personnes interrogées dans cette étude ont déclaré majoritairement ne pas (ou peu) rencontrer de problèmes dans leur pratique. En revanche notons qu'à nouveau, les problèmes les plus souvent cités tiennent à la qualité du compost et aux désagréments engendrés par ce compost (survenue d'insectes).

Ces auteurs ont également demandé aux personnes interrogées et déclarant rencontrer des problèmes s'ils estimaient avoir besoin d'aide et quel type d'aide.

- non (68%)
- ne sait pas quel type d'aide (17%)
- oui (15%)
 - par la commune/ professionnels (56%)
 - par amis et famille (25%)
 - source publique d'information (livres, revues, TV) (14%)

Bien que rencontrant des difficultés, les personnes pratiquant le compostage n'indiquent pas pour autant avoir nécessairement besoin d'aide pour gérer ces problèmes.

Qu'en est-il des personnes ayant décidé de cesser cette activité ? Ont-elles rencontré les mêmes difficultés ?

L'enquête bibliographique de l'ADEME (2008) rapporte des données issues du SITCOM Côte Sud des Landes, qui a demandé aux personnes ayant cessé leur pratique du compostage (9% des usagers) les raisons de cet arrêt. La principale raison tient à une trop faible production de déchets (51%), viennent ensuite les nuisances dues à des rongeurs, des insectes (38%), les odeurs désagréables (25%), la qualité du compost non satisfaisant (18%), et le tri des déchets de cuisine perçu comme contraignant (16%).

D'autres enquêtes internationales ont été menées auprès d'anciens usagers du compostage, pour comprendre les raisons qui ont motivé leur arrêt.

<p>DETR (1998) UK, 8% de leur échantillon</p> <p>- 22% pas d'utilité du compost</p>	<p>Tucker & Speirs (2001)</p> <p>4 collectivités, 6% ont arrêté (et 4% de personnes ayant pris un composteur n'ont jamais composté)</p>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> - 18% âge ou santé fragile - 14% déménagement - 13% temps - 6% manque de réussite - 4% manque de matériel - 2% saleté/ vermines/ odeurs 	<ul style="list-style-type: none"> - déménagement (29%) - compostage inutilisable/ échec (22%) - pas assez de déchets (8%) - pas assez de temps (6%)
<p>Étude de Aberg et al. (1996) : sur 36 personnes, 5 ont arrêté :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 pour cause d'odeur - 1 a déménagé 	

Tableau 13 : Motivation à arrêter la pratique du compostage

Dans les causes les plus fréquemment citées, on retrouve l'idée de non utilité du compost / mauvaise qualité du compost. Ce facteur semble donc être pour beaucoup dans l'arrêt de cette pratique. Un autre facteur, jusqu'ici non mentionné, est le fait d'avoir déménagé. Ceci nécessite de se procurer un nouveau composteur, et d'adapter ses habitudes à un nouvel environnement.

De ces différentes études ressortent plusieurs problèmes rencontrés avec le compostage, auprès de population ayant cessé ou pratiquant toujours cette activité. De façon générale, les obstacles les plus souvent cités sont : *les problèmes de compost (tout n'est pas dégradé/ pas de bonne qualité), les problèmes avec le composteur (couverture se soulève), la difficulté dans le tri des déchets, la trop faible production de déchets, la présence d'animaux, les odeurs, le manque de place / de temps, le manque de connaissance (savoir faire).*

À l'inverse certaines personnes, pratiquant le compostage n'expriment aucun souci d'utilisation, pas de problème rencontré, assez d'informations. Pour eux, *composter prend peu de temps, nécessite peu d'effort, reste nécessaire même s'il y a peu de déchets, le composteur est perçu comme peu encombrant, et n'attirant pas de moucheron.*

Facilité d'utilisation / leviers

Bien qu'étant une activité pouvant être parfois difficile à réaliser, le compostage reste une pratique générant une certaine satisfaction. Comme il a été mentionné précédemment, plusieurs usagers déclarent ne rencontrer que peu de problèmes dans leur pratique. Quelles sont leurs motivations à continuer cette pratique ? Quels sont les leviers à cette activité ?

Les données répondant à cette question ne proviennent que de personnes pratiquant le compostage. Aucune donnée n'est disponible concernant les attentes des personnes ne pratiquant pas encore cette activité. De façon majoritaire, les raisons évoquées portent sur l'utilité de cette pratique, notion déjà développée dans le chapitre précédent.

Satisfaction du résultat

La satisfaction renvoie à la notion d'efficacité. L'efficacité renvoie à la capacité d'un dispositif à atteindre (ou pas, dans ce cas il s'agit d'inefficacité) un objectif donné, c'est « la précision ou le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécialisés ». Elle se traduit donc objectivement par la notion de performance, correspond à la mesure du résultat, en termes de réussite à la tâche (la capacité à atteindre minimalement, partiellement ou totalement les objectifs fixés) et à la qualité de la performance.

En Bretagne, une étude menée par Rabeau (2008) mesure le degré de satisfaction des utilisateurs de composteur sur deux dimensions : le niveau de satisfaction de leur composteur, et le niveau de satisfaction

de leur compost. De façon générale, les gens interrogés disent être satisfaits, tant de leur composteur que de la qualité de leur compost.

« êtes vous satisfait de votre composteur ? » OUI	« êtes vous satisfait de la qualité de votre compost ? » OUI
<ul style="list-style-type: none">- CA du Pays de Vannes : 81%- Morlaix Communauté : 90%- Brest métropole Océane : 86%- CC du pays de Châteaugiron : 76%	<ul style="list-style-type: none">- CC du pays de Châteaugiron : 76%- Lannion Trégor Agglomération : 65%- Lannion Trégor Agglomération 2 : 49%- CC du pays de Redon : 56%

Tableau 14 : Satisfaction des utilisateurs de composteur

Malgré tout, les données concernant les freins au compostage ont mis en évidence les problèmes de compost rencontrés par certains usagers. Ces dernières données doivent donc être considérées avec précaution puisqu'elles peuvent relever d'un certain biais de désirabilité des personnes interrogées.

Acceptabilité du compostage

Elle réfère à l'étude des attitudes, des contraintes sociales et normatives conduisant les usagers à recourir effectivement à l'utilisation d'une technologie donnée.

Contrairement à l'utilité et l'utilisabilité, aucune enquête ne s'est intéressée à l'acceptabilité du compostage, et notamment au poids de l'influence sociale dans cette pratique.

Or, le compostage reste avant tout un comportement, et comme tout comportement il s'inscrit dans un contexte social. Par conséquent, la pression du contexte devrait intervenir dans la prédiction de l'adoption de ce nouveau comportement.

Les études portant sur l'impact des normes dans l'intention de composter sont assez contradictoires, mais démontrent le faible impact de ce facteur. Une étude menée par Mosler, Tamas and al. (2005) à Santiago de Cuba, a montré que la pression sociale, bien que n'étant pas le facteur le plus prédictif de l'intention d'adopter le comportement, restait significatif dans la prédiction (corrélation de .31), plus que pour la réutilisation (N.S.) et moins que pour le tri (.51). Edgerton, McKechnie et Dunleavy (2009) ont également testé deux types d'influence normative : les normes sociales et la diffusion sociale. Aucune de ces deux variables n'est apparue être un prédicteur significatif du compostage. Comme le compostage est un comportement plus individuel, moins visible, il est moins évident que les normes sociales puissent jouer un rôle.

Conclusion

Cette revue de littérature avait comme objectif principal d'identifier les facteurs qui pourraient prédire au mieux la participation au compostage. Qu'il soit considéré comme un simple objet d'attitude ou comme un objet nouveau, le compostage apparaît d'emblée comme un objet complexe, prédit par une combinaison de différents facteurs.

Malgré le faible nombre d'études en sciences sociales s'intéressant spécifiquement au compostage, cette revue de littérature donne malgré tout certains éléments de compréhension et met en exergue les différents points restant à étudier.

Ainsi, bons nombres de recherches ont été menés afin de dresser un portrait du « compostant » (propriétaire, possédant un jardin, âgé de 40 ans et plus et appartenant à des foyers de 2 personnes). Reste

encore à identifier les caractéristiques des personnes ne pratiquant pas cette activité, afin de pouvoir personnaliser les messages de communication.

Ces derniers n'ont fait l'objet que de peu d'intérêt. Alors que l'on dénombre une multitude de guides ou formations promouvant le compostage, les informations délivrées par ces guides ne sont pas homogènes, tant en qualité qu'en quantité. Ainsi, la conception de ces guides repose actuellement sur une approche plutôt intuitive. Seule l'évaluation de ces outils pourrait fournir les pistes nécessaires à l'optimisation de ces communications.

Au-delà de ça, il reste important d'identifier les facteurs clés en jeu dans l'adoption du comportement de compostage. Ce repérage permettra de développer une communication adéquate pointant les éléments les plus pertinents dans l'émission et la pérennisation de cette activité. Au regard de la littérature, la pratique du compostage ne doit pas être abordée sous l'angle d'un comportement pro environnementale, les attitudes écologiques n'étant pas de bons prédicteurs de l'adoption de ce comportement. Il faut donc le considérer comme une pratique spécifique et tenir compte des attitudes des individus à l'égard de cet objet.

De plus, la revue de littérature a mis en évidence que la non pratique du compostage peut être liée à une absence de perception de certains aspects utilitaires de cette activité (e.g. réduction des déchets). Communiquer sur ces « utilités » plutôt que d'autres (e.g. production d'un amendement naturel) permettrait de modifier les croyances des individus, et par là même leur comportement.

Un autre obstacle majeur à l'émission de ce comportement tient à une vision biaisée de son utilisabilité. En d'autres termes, percevoir la pratique du compostage comme coûteuse en temps, en effort, entrave son émission. Ceci implique de modifier la communication pour changer cette fausse croyance.

Pour terminer, l'aspect socio normatif de cette pratique, considéré sous l'angle de l'acceptabilité sociale, n'a pas fait l'objet d'étude. Il est donc nécessaire dans de futures recherches de tenir compte de ce facteur social.

Conclusion/Perspectives

Cette étude avait pour objectif de faire l'état de l'art sur les pratiques de compostage domestique et les paramètres sociologiques qui déterminent l'engagement dans la démarche.

Les références concernant spécifiquement le compostage domestique sont peu nombreuses, souvent issues d'études locales. Les résultats sont donc plus difficilement généralisables à l'ensemble de la pratique.

L'état de l'art permet cependant d'avoir une idée assez claire du développement actuel du compostage domestique et des connaissances qui doivent être acquises pour optimiser cette voie domestique de gestion des déchets organiques.

Le premier constat concerne l'évaluation quantitative de l'impact du compostage domestique sur les flux de déchets collectés par la collectivité. La seule évaluation des déchets destinés au compostage n'est pas suffisante pour extrapoler l'impact sur la gestion collective. Des démarches d'évaluation plus complètes sont donc à mettre en place.

Le second constat concerne le défaut d'évaluation de la qualité des composts obtenus, tant du point de vue de ses caractéristiques physico-chimiques et agronomiques, que du point de vue des paramètres sanitaires. Or l'obtention d'un produit de qualité semble pourtant l'une des conditions de pérennisation de la démarche de compostage chez les usagers. De plus, la comparaison environnementale de la filière de compostage domestique aux autres voies de gestion des déchets organiques a été jusqu'à lors peu investiguée faute de données, notamment sur les émissions de gaz à effet de serre, mais également sur les lixiviats, etc.

Enfin, l'approche sociologique du compostage reste centrée sur l'obtention d'un portrait de l'utilisateur "pratiquant" du compostage, mais ne s'est pas intéressée aux facteurs clés qui déterminent l'adoption du comportement.

La poursuite du programme ECCOVAL se centrera notamment sur ce dernier point en développant une approche sociologique qui permettra de mieux orienter la communication autour du compostage.

Références

- ADEME, 1999. La composition des ordures ménagères en France (rapport et synthèse). ADEME.
- ADEME, 2008. Agir au quotidien c'est agir pour l'environnement, **le compostage domestique**.
- ADEME (2009a). Campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères. Présentation. Maison de la Chimie, Paris.
- ADEME (2009b). Les déchets en chiffres - Données et références: 23.
- ADEME, INDDIGO (2006). La gestion de proximité à l'étranger : panorama de la situation en Suède, Belgique, Allemagne, Royaume Uni, Autriche , Suisse: 27 p.
- ADEME, Inddigo (2008). Enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques - Etude bibliographique sur les paramètres influents: 38 pages.
- ADEME, Inddigo, LH2 (2008a). Enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques - Interprétation des résultats: 14 p.
- ADEME, Inddigo, LH2 (2008b). Enquête nationale sur la gestion domestique des déchets organiques - Rapport d'étude: 61 pages.
- ADEME, MEDAD (2007). Plan National de Soutien au Compostage Domestique - Les opérations exemplaires: 82p.
- Administration de l'Environnement du Luxembourg (2001). Plan national de gestion des déchets, Ministère de l'Environnement: 255 p.
- AFNOR (2006). NF U 44-051 Amendements organiques - Dénominations, Spécifications et marquage: 14 p.
- AFNOR, Ed. (2009). Liste des titulaires du droit d'usage de la marque NF Environnement "composteurs individuels de jardin" AFNOR Certification.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11-39). Heidelberg: Springer.
- Alexander, P. D., 2007. Effect of turning and vessel type on composting temperature and composition in backyard (Amateur) composting. *Compost Science & Utilization* 15, 167-175.
- Alexander, P. D., 2009. An assessment of the suitability of backyard produced compost as potting soil. *Compost Science and Utilization* 17, 74-84.
- Amlinger, F., Cuhls, C., Peyr, S., 2008. Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment. *Waste management and research* 26, 47-60.
- Anonyme (2005). Impact du compostage individuel sur la composition des ordures ménagères collectées en porte à porte, Cap Atlantique / Cemagref: 22 p.
- Avfall-Sverige (2007). *Swedish Waste Management*: 18 p.
- Bamberg, S., & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 27, 14-25.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Boldero, J. (1995). The prediction of household recycling of newspapers: The role of attitudes, intentions, and situational factors. *Journal of Applied Social Psychology*, 25, 440-46.
- Brändli, R. C., Bucheli, T. D., Kupper, T., Furrer, R., Stadelmann, F. X., Tarradellas, J., 2005. Persistent organic pollutants in source-separated compost and its feedstock materials - A review of field studies. *Journal of Environmental Quality* 34, 735-760.
- Cantor, J., & Venus P. (1980). The effect of humor on recall of a radio advertisement. *Journal of Broadcasting*, 24 (1), 13-22.
- Courbet, D. (2003). L'influence publicitaire en l'absence de souvenir des messages : les effets implicites de la simple exposition aux marques. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 57, 39-51.
- DEFRA (2007). *Waste Strategy 2007 - Annex C1: Municipal Waste*: 17p.

- Derksen, L., & Gartrell, J. (1993). The social context of recycling. *American Sociological Review*, 58, 434-442.
- Duncan, C.P., & Nelson, J.E. (1985). Effects of Humor in a Radio Advertising Experiment, *Journal of Advertising*, 14 (2), 33-64.
- Dunlap, R.E., & Van Liere, K.D. (1978). The new environmental paradigm: A proposed measuring instrument and preliminary results. *The Journal of Environmental Education*, 9, 10-19.
- Eagly, A.H., & Chaiken, S. (1993). *The Psychology of Attitudes*. FL: Harcourt Brace Jovanovich.
- Edgerton, E., McKechnie, J., & Dunleavy, K. (2009). Behavioral Determinants of Household Participation in a Home Composting Scheme. *Environment and Behavior*, 41(2), 151-169.
- Elliott, A. (2008). Le compostage des déchets devient il plus populaire ? *EnviroStats*, 2, from <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-002-x/2008001/10540-fra.htm>.
- EPA (2009). National waste Report 2007. Ireland E P A: 50p.
- Fischer, G., Müller, T., Schwalbe, R., Ostrowski, R., Dott, W., 2000. Exposure to airborne fungi, MVOC and mycotoxins in biowaste-handling facilities. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 203, 97-104.
- Gamba, R., & Oskamp, S. (1994). Factors influencing community residents' participation in commingled curbside recycling programs. *Environment and Behavior*, 26, 587-612.
- Girandola, F. (2003). *Psychologie de la persuasion et de l'engagement*. Presses Universitaires de Franche-Comté.
- Gollwitzer, P. M. (1999). Implementation intentions: Strong effects of simple plans. *American Psychologist*, 54, 493-503.
- Granzin, K.L., & Olsen, J.E. (1991). Characterizing Participants in Activities Protecting the Environment: A Focus on Donating, Recycling and Conservation Behaviors, *Journal of Public Policy and Marketing*, 10, 1-27.
- Hines, J.M., Hungerford, H.R. & Tomera, A.N. (1986/1987). Analysis and Synthesis of Research on Responsible Environmental Behavior: A Meta-Analysis. *The Journal of Environmental Education*, 18, 1-8.
- Hovland, C., Janis, I., & Kelley, H. (1953). *Communication and persuasion: Psychological studies in opinion change*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Hovland, C. I., Lumsdaine, A. A., & Sheffield, F. D. (1949). *Experiments on mass communication*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Hryhorczuk, D., Curtis, L., Scheff, P., Chung, J., Rizzo, M., Lewis, C., Keys, N., Moomey, M., 2001. Bioaerosol emissions from suburban yard waste composting facility. *AAEM* 8, 177-185.
- Illmer, P., 2002. Backyard composting: general considerations and a case study. In Sam H, Riddech N, Klammer S. *Microbiology of composting*. Springer, Berlin.
- Illmer, P., Schinner, F., 1997. compost turning - a central factor for a rapid and high-quality degradation in household composting. *Bioresource Technology* 59, 157-162.
- Jasim, S., Smith, S. R. (2003). *The Practibility of Home Composting for the management of biodegradable Domestic Solid Waste - Final Report*, Imperial College London - Centre for Environmental Controm and Waste Management, Department of Civil and Environmental Engineering: 169 p.
- Jobard, L. (2008). Bilan des outils conseils sur le compostage individuel en Bretagne et Loire-Atlantique, Cemagref: 40 p.
- Jones, R.E. (1990). Understanding paper recycling in an institutionally supportive setting : An application of the theory of reasoned action. *Journal of Environmental Systems*, 19(4), 307-321.
- Kitayama, S., & Burnstein, E. (1994). Social influence, persuasion, and group decision making. In S. Shavitt & T. C. Brock (Eds.), *Persuasion: Psychological insights and perspectives* (pp. 175-193). Boston: Allyn and Baco.

- Kraus, S.J. (1995). Attitudes and the prediction of behavior: A meta-analysis of the empirical literature. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21, 58-75.
- Lansana, F.M. (1992). Distinguishing potential recyclers from nonrecyclers: A basis for developing recycling strategies. *Journal of Environmental Education*, 23, 16-23.
- Larsen, K.S. (1995). Environmental waste: recycling attitudes and correlates. *Journal of Social Psychology*, 135 (1), 83-88.
- Lemunier, M., Francou, C., Rousseaux, S., Houot, S., Dantigny, P., Piveteau, P., Guzzo, J., 2005. Long-term survival of pathogenic and sanitation indicator bacteria in experimental biowaste composts. *Applied and Environmental Microbiology* 71, 5779-5786.
- Lumsdaine, A. A., & Janis, I.L. (1953). Resistance to Counterpropaganda Produced by One-Sided and Two-Sided Propaganda Presentations. *Public Opinion Quarterly*, 17, 311-318.
- Mayoral, J., Sanchez, A., 2005. Backyard composting in Catalonia. *Biocycle Avril* 2005, 75-78.
- McGuire, W. J. (1969). The nature of attitudes and attitude change. In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.). *The handbook of social psychology* (2nd ed., pp. 136-314). Reading, MA: Addison-Wesley.
- McKenzie-Mohr, D., Nemiroff, L.S., Beers, L., & Desmarais, S. (1995). Determinants of responsible environmental behavior. *Journal of Social Issues*, 51, 139-56.
- Mitaftsi, O., Smith, S. R. (2006). Quantifying Household Waste Diversion from Landfill Disposal by Home composting and Kerbside Collection, Imperial College London - Centre for Environmental Control and Waste Management, Department of Civil and Environmental Engineering: 165 p.
- Mosler, H.J., Tamas, A., Tobias, R., Rodriguez, T.C., & Miranda, O.G. (2008). Deriving Interventions on the Basis of Factors Influencing Behavioral Intentions for Waste Recycling, Composting, and Reuse in Cuba. *Environment and Behavior*, 40,522-545.
- Oskamp, S., Harrington, M.J., Edwards, T.C., Okuda, S.M. & Swanson, D.C. (1991). Factors influencing household recycling behavior, *Environment and Behavior*, 23 (4), 494-519.
- Papadopoulos, A. E., Stylianou, M. A., Michalopoulos, C. P., Moustakas, K. G., Hapeshis, K. M., Vogiatzidaki, E. E. I., Loizidou, M. D., 2009. Performance of a new household composter during in-home testing. *Waste Management* 29, 204-213.
- Pépin, D., 2008. Compost et Paillage au jardin : recycler, fertiliser. terre vivante, Mens.
- Pérez, J.A., & Mugny, G. (1990). Changement d'attitude, crédibilité et influence minoritaire: Interdépendence et indépendance de la comparaison sociale. *Revue Suisse de Psychologie*, 45, 155-163.
- Perrot, S. (2008). Evaluation qualitative de la pratique du compostage individuel et gestion des déchets verts du jardin. Rapport de stage
- Preston, C., Cade-Menun, B., Sayer, B., 1998. Characterization of Canadian Backyard Composts: Chemical and Spectroscopic Analyses. *Compost Science and Utilization* 6, 53-66.
- Rabeau, A. (2008). Bilan des opérations de compostage individuel en Bretagne, Cemagref: 38 p.
- RDC - Environnement, Vincent Nedellec Consultants (2008). Bilan des connaissances et analyse des impacts sanitaires et environnementaux du compostage domestique - Etape 1 : Etude bibliographique, ADEME: 101 p.
- Resse, A., 1999. Les fermentescibles dans les ordures ménagères - Deux gestions séparées : la collecte des fermentescibles et le composteur individuel. *Ingénieries - EAT*, 27-37.
- Resse, A., Langlois, V. (2008). Synthèse de 14 opérations de compostage en Pays de la Loire, ADEME/IUT La Roche sur Yon/Cemagref: 10 p.
- Rogers, E.M. (1983). *Diffusion of innovations*. New York : Free Press.
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. L. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In C. I. Hovland & M. J. Rosenberg (Eds.), *Attitude organization and change: An analysis of consistency among attitude components* (pp. 1-14). New Haven, CT: Yale University.

- Ross, M., McFarland, C., Conway, M., & Zanna, M. P. (1983). Reciprocal relation between attitudes and behavior recall: Committing people to newly formed attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 257-267.
- Ryckeboer, J., Cops, S., Coosemans, J., 2002. The fate of plant pathogens and seeds during backyard composting of vegetable, fruit and garden wastes. In Sam H, Riddech N, Klammer S. *Microbiology of composting*. Springer, Berlin.
- Ryckeboer, J., Mergaert, J., Coosemans, J., Deprins, K., Swings, J., 2003. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied microbiology* 94, 127-137.
- Schank, R. C., & Berman, T. (2002). The pervasive role of stories in knowledge and action. In M. C. Green, J. J. Strange and T. C. Brock (eds), *Narrative Impact: Social and Cognitive Foundations* (pp.287-313). Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Assocs.
- Schultz, P.W., & Oskamp, S. (1996). Effort as a moderator of the attitude-behavior relationship: General environmental concern and recycling. *Social Psychology Quarterly*, 59, 4, 375-383.
- Schultz, P.W., Oskamp, S., & Mainieri, T. (1995). Who recycles and when? A review of personal and situational factors. *Journal of Environmental Psychology*, 15, 105-121.
- Sherman, R., 2005. Backyard composting developments. *Biocycle* January 2005, 45-47.
- Stoetzel, J. (1963). *La psychologie sociale*. Paris, Flammarion.
- Taha, M. P. M., Drew, G. H., Longhurst, P. J., Smith, R., Pollard, S. J. T., 2006. Bioaerosol releases from compost facilities: Evaluating passive and active source terms at a green waste facility for improved risk assessments. *Atmospheric Environment* 40, 1159-1169.
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). An integrated model of waste management behavior: A test of household recycling and composting intentions. *Environment and Behavior*, 27, 603-630.
- Tedeschi, J.T., Schlenker, B.R., & Bonoma, T.V. (1971). Cognitive dissonance: Private ratiocination or public spectacle? *American Psychologist*, 26, 685-695.
- The Cornell Waste Management Institute (2004). *Hygienic Implications of small scale composting in New York State*, Cornell University: 71 p.
- Trafimow, D., & Sheeran, P. (1998). Some tests on the distinction between cognitive and affective beliefs. *Journal of Experimental Social Psychology*, 34, 378-397.
- Triandis, H. C. (1977). *Interpersonal behavior*. Monterey, CA: Brooks/Cole.
- Tremier, A., de Guardia, A., Mallard, P., 2007. Indicateurs de stabilisation de la matière organique au cours du compostage et indicateurs de stabilité des composts : analyse critique et perspectives d'usage. *TSM* 10, 105-129.
- Tucker et Speirs (2001 Tucker, P. and D. Speirs. 2003. Attitudes and behavioral change in household waste management behaviors. *Journal of Environmental Planning and Management* 46(2), 289-307.
- Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., & Davis, F. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3) 425-478.
- Verplanken, B., & Wood, W. (2006). Interventions to break and create consumer habits. *Journal of Public Policy and Marketing*, 25, 90-103.
- Vining, J., & Ebreo, A. (1990). What makes a recycler? A comparison of recyclers and non-recyclers. *Environment & behavior*, 22, 55-73.
- Vinokur, A., & Burnstein, E. (1978) Novel argumentation and attitude change: The case of polarization following group discussion. *European journal of social psychology*, 8(3), 335-348.
- Vinokur, A., & Burnstein, E. (1978). Depolarization of Attitudes in Groups. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36, 872-88.
- Witte, K., & Allen, M. (2000). A meta-analysis of fear appeals: Implications for effective public health campaigns. *Health Education & Behavior*, 27, 591-615.

Chapitre 2 : Enquête sociologique – Frein et leviers de l’engagement du citoyen dans une action de compostage domestique

Présentation des principaux résultats de la pré-enquête

Cette pré enquête a été menée dans le but d’obtenir des informations concernant la représentation que possèdent les gens du compostage. Pour ce faire nous avons mené des entretiens individuels auprès de deux populations : les habitants de Saint Guinoux, commune rurale, et ceux de Châteaubourg, commune plus urbaine. Deux raisons ont motivé ce choix. Premièrement nous pouvions ainsi comparer les représentations des individus concernant le compostage selon qu’ils habitent en milieu rural ou urbain. Deuxièmement, ces deux communes n’ont a priori pas été soumises à une campagne de communication sur le compostage.

Population interrogée:

À Saint Guinoux, les personnes interrogées avaient en moyenne 50 ans, (autant d’hommes que de femmes), vivant en maison individuelle, possédant pour la plupart un jardin. Ils étaient en moyenne 2,8 personnes dans le foyer.

Concernant Châteaubourg, 12 personnes ont participé à cette première phase de l’enquête (moyenne d’âge : 50,9 ans, autant d’hommes que de femmes). 9 personnes vivaient en maison individuelle (avec jardin), et 3 en appartement, et étaient en moyenne 2,9 personnes dans le foyer.

Les entretiens se déroulaient en deux temps. Premièrement nous débutions par un entretien non directif, en utilisant la méthode d’association libre. Il était demandé aux personnes d’indiquer le plus spontanément possible tout ce qui leur venait à l’esprit lorsqu’on leur disait « compostage ». L’intérêt premier de cette méthode est de permettre l’accès à la représentation qu’ont les individus d’un objet particulier, ici le compostage. Plusieurs informations ont été obtenues lors de cette première phase. Premièrement on ne peut pas à proprement parler de représentation du compostage, dans la mesure où les habitants de chaque commune n’ont pas de façon consistante activé les mêmes termes. Malgré tout, certains éléments ont été mentionnés plus fréquemment que d’autres. À Saint Guinoux, les personnes interrogées (au nombre de 10) ont donné en moyenne 3,11 informations par individu. Ils ont prioritairement activé le terme de déchets, puis dans un second temps des termes associés à l’idée d’utilité du compostage (engrais/ terreau, et tri/ diminution des poubelles). Les termes à connotation négative, tels que « rien », ou bien encore « prise de tête », n’ont été évoqués que peu fréquemment. La représentation que possèdent les habitants de Saint Guinoux du compostage semble donc être majoritairement positive, malgré l’évocation de quelques éléments plus négatifs.

Représentation Saint Guinoux

- réduction des déchets - déchet produit - matière traitée - matière première - terreau - déchets verts	- poubelle - carton, bouteille, boîte de conserve, journal	- tri - prise de tête - pas trop savoir comment faire
- déchetterie - trier les ordures - pas grand chose	- engrais - moins de poubelle	- terreau - légume
- tas - déchets naturels - rien	- fumier - terreau - vers	- engrais - naturel - diminue le volume de déchets à traiter ailleurs - économie (pas d'énergie utilisée ailleurs)

Représentation Châteaubourg

- déchets d'herbes, feuilles - tas - fermente	- épluchures, coquilles d'œuf (tout ce qui a rapport à la cuisine) - utilisation au printemps pour le jardin	- moins de déchets - récupération pour terreau, humus - broyage
- ordures ménagères - recycler ordures alimentaires - terreau	- beaucoup de déchets - engrais - diminue le poids des poubelles	- déchets verts dans le jardin - déchets - épluchure
- gestion intelligente des déchets ménagers - intéressant pour la jardinage - permet de sensibiliser les gens plus largement	- engrais biologique (2) - jardinage - fleur - environnement (1) - terreau	- recycler toutes les épluchures, les coupes de jardin, la pelouse - on met tout ça dans une boîte (souvent en bois) - se désagrège et donne du terreau
- pour compresser les déchets - pour prendre moins de place - recycler et pour les réutiliser dans d'autres éléments	- écologie - économie - évolution	

Concernant la commune de Châteaubourg (12 personnes interrogées), on observe un pattern de réponse relativement semblable. Ils rapportent en moyenne 2,83 informations par personne. Ils évoquent à nouveau des termes liés à la notion d'utilité du compostage, mais cette fois-ci avec une fréquence d'apparition plus importante que le terme de déchets, mentionné également de façon récurrente. Sur ce premier point, les habitants de Saint Guinoux et Châteaubourg semblent posséder une conception du compostage relativement

partagée, avec malgré tout une différence quant à la primauté d'apparition de ces termes. En revanche, les habitants de la commune de Châteaubourg, contrairement à ceux de St Guinoux, ne mentionnent aucun terme à connotation négative.

La seconde partie de l'entretien se déroulait sous un format semi-directif. Certaines questions étaient évoquées avec eux, et nous leur laissions par la suite la possibilité de s'exprimer librement à ce sujet. Deux grands thèmes ont été abordés lors de cette phase : leurs attitudes envers le compostage et leurs attitudes envers l'écologie. Concernant le compostage, les habitants de Saint Guinoux autant que ceux de Châteaubourg ont exprimé des attitudes **positives** envers cette pratique. Ils la jugent « bien », et évoquent à nouveau son utilité, concernant aussi bien la réduction des déchets ménagers que la production de terreau. De plus, d'autres informations ont été rapportées lors de cette phase. Ainsi, les personnes interrogées associent fréquemment l'idée de composter à la pratique du jardinage. Il semble qu'il soit nécessaire d'avoir un jardin et de posséder un potager pour entrer dans cette activité. Autre élément rapporté lors de la discussion, le compostage est perçu comme une pratique plus rurale qu'urbaine, pas spécialement pratiquée par les jeunes (ne fait pas partie de leur loisir/ passe-temps). Selon eux, cette activité nécessite de la place et un peu de savoir faire, et la pratique ou l'absence de pratique du compostage est, pour plusieurs personnes interrogées, une question d'habitude.

Attitude compostage Saint Guinoux

- « Nous on n'a pas le temps, on est une génération qui court tout le temps. D'ailleurs on utilise peu de produits frais. C'est trop long »
 - un monsieur qui est pour le compostage
 - « C'est bien, quand on a un jardin »
 - « ça paraît pas compliqué à faire, j'ai vu à la télé. Mais on n'y pense pas.
 - Maintenant qu'on est concerné, je le ferai peut être quand j'aurais un jardin. C'est bien de le faire soi-même, quand on est au courant de comment. »
 - A une attitude positive envers le compostage car « c'est bien de pouvoir faire son engrais. Ça fait peur de voir ce qu'on mange, ce que mettent les agriculteurs. »
 - Elle dit être pour le compostage, car comme cela on n'a pas besoin d'acheter le terreau.
 - Pour lui c'est bien car cela permet de réduire les ordures.
 - C'est très bien. Il faut juste avoir un peu de terrain. Selon eux, c'est une pratique plus courante en campagne qu'en ville, c'est plus dans la culture.
- Donc en général sont plutôt pour. Mais toujours ramené à l'idée qu'il faut un jardin pour composter. À saint Guinoux, personne n'imagine un compostage collectif.
- En revanche, alors qu'ils disent ne pas composter, plusieurs font un tas (mais qu'ils ne mélangent que rarement). Donc méconnaissance de ce qu'est réellement le compostage.

A priori, cette pratique est perçue comme peu compliquée (en tout cas en tas). Sur cette commune, aucune personne interrogée n'a de composteur.

Attitude compostage Châteaubourg

- « c'est bien, mieux que la déchetterie ».
- Estime que c'est très bien, ça réduit les déchets ménagers.
- « ma génération ne composte pas. Ça fait pas partie de nos loisirs le jardinage. C'est un geste plus simple de mettre à la poubelle que de composter. Je savais même pas qu'il existait une boîte ». « méconnaissance »
- Il trouve que c'est bien de le faire.
- « je pense que c'est une bonne action le compostage »
- très favorable
- Pour eux le compostage « c'est une très bonne chose, si on a la place pour »
- Elle estime que le compostage « c'est bien »
- Bien

Pour ces deux communes :

En général, toutes les attitudes données envers le compostage sont positives. Aucune personne n'a émis d'attitude négative envers cette pratique.

Donnent également d'autres informations, quant à la possibilité de pratiquer le compostage. Quelques informations ressortent :

- **c'est une activité plus rurale qu'urbaine**
- **très souvent mis en lien avec la pratique du jardinage**
- **elle n'est pas vraiment pratiquée par les jeunes, car le jardinage ne fait pas partie de leur passe-temps**
- **elle nécessite de la place, et un peu de savoir faire**
- **évoquent une question d'habitude pour expliquer le fait de pratiquer ou non.**

Concernant l'écologie, les entretiens mettent en évidence des attitudes plus **ambivalentes**. Les habitants de ces deux communes présentent des attitudes favorables, estimant par exemple que l'écologie est quelque chose d'important pour eux, et en même temps associent cette pratique à du lobbying, de la politique. Ainsi les attitudes envers l'écologie semblent moins positives que celles envers le compostage.

Attitude écologie Chateaubourg

- « j'y crois pas. Je connais un cultivateur qui achète de la paille dans une autre ferme, qui est pas vraiment écolo. Alors bon »
- elle trouve que « c'est très bien, c'est un devoir de citoyen ». « c'est du bon sens ».
- « tout le monde y vient, faudra bien y venir. »
- « il faut que chacun s'y mette ».
- écologie « ça me fait écho, mais j'ai pas une pratique particulière plus que ça »
- ça le touche. « si on pouvait faire moins de déchets ».
- Il dit être « hyper favorable » à l'écologie. « il y a du boulot ». Il est « pour la nature et l'environnement ».
- Tous deux sont d'accord pour une écologie raisonnée. « on veut mettre de l'écologie partout. Donc elle n'est pas bien comprise ».
- « c'est bien, mais il faut pas tomber dans l'excès »
- « c'est bien, quand ça se suit bien ».

Attitude écologie Saint Guinoux

- « c'est un sacré lobbying. Bon, il en faut, je suis d'accord. Bon, on n'a pas encore la fibre allemande ou hollandaise (eux ils ont 18 sortes de caissons pour le tri). Les éoliennes je suis d'accord aussi. Mais en France c'est du lobbying, lobbying, lobbying. J'ai l'impression qu'on est manipulé. C'est plus de la politique qu'autre chose.
- Bon, ça commence en France, mais il y a toujours quelqu'un qui a un intérêt à ça. L'écologie ici c'est plus de la bonne conscience. Mes parents c'est pareil, ils se sentent écolo en compostant. »
- « bof, je sais pas trop, c'est pas mal. Je me suis jamais vraiment posée la question. »
- « faut faire un minimum attention tous. On voit bien que les mers sont sales. Ce qui est dommage, c'est que pour faire construire, tout ce qui est panneau solaire, récupérateur d'eau, ça coûte très cher. Ils devraient faire moins cher, car ça fait économiser les gens et en plus c'est écologique. Mais pour l'instant c'est un surcoût et c'est dommage ».
- Ils ne sont pas contre, quand c'est fait correctement. « On est en retard. Mais ce qui me révolte, c'est qu'on veut nous faire tout écologie, alors qu'avant on en voulait pas il a 30 ans (par exemple dans le bâtiment, on a refusé des brevets à gens qui faisaient des matériaux écolo). Il y a donc une contradiction entre avant et maintenant. Donc l'écologie, oui, mais il faut que tout le monde y passe ».
- « je suis pas forcément écolo. C'est poussé trop loin. C'est plus de la politique. »
- « Il y a beaucoup de choses à faire. Il y a beaucoup de choses qui polluent. »
- Elle est plutôt pour.

Conclusion pour ces deux communes :

Comparativement au compostage, les attitudes écologiques sont moins positives. Ils expriment un certain scepticisme envers l'écologie. Pour eux, c'est « du lobbying », « de la politique », trop « d'excès ».

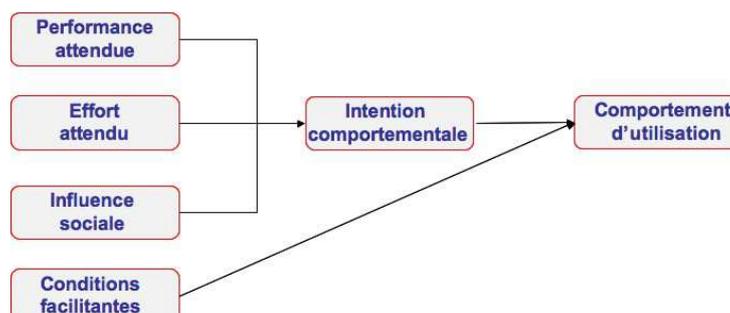
Malgré tout, plusieurs estiment que c'est quelque chose d'important, que tout le monde doit s'y mettre.

Durant ces entretiens semi directifs, les personnes interrogées ont également évoqué d'autres éléments que l'on peut classifier grâce au modèle UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology). Sans qu'aucune question spécifique ne leur soit posée, les habitants de Saint Guinoux ou Châteaubourg ont évoqué des éléments pouvant être définis comme de la performance attendue (e.g., ça réduit les déchets ménagers), de l'effort attendu (« j'ai pas le temps »), ou de l'influence sociale (« on voudrait bien le faire car ma belle sœur a un composteur »). En revanche, ils n'évoquent pas de conditions facilitantes, ce qui s'explique par le fait que les deux communes n'avaient pas fait l'objet d'opération de sensibilisation au compostage individuel. Cette pré enquête nous a donc permis de déterminer les éléments pertinents à la construction du questionnaire utilisé lors de la phase d'enquête.

Au vu de l'évocation spontanée lors des entretiens des notions de performance, d'effort attendu et d'influence sociale, le questionnaire utilisé lors de l'enquête devait intégrer plusieurs questions se rapportant à ces aspects. Il a été décidé d'enquêter auprès de personnes, compostant ou non, vivant en habitat individuel ou collectif, dans des communes rurales ou urbaines d'Ille et Vilaine.

Enquête ECCOVAL

Au vu des résultats de la pré-enquête, nous avons décidé de faire appel au modèle UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), développé par Venkatesh, Morris, Davis et Davis en 2003, pour la construction du questionnaire. En effet ce modèle, qui permet d'établir des prévisions de l'acceptabilité d'une technologie, reprend différents indicateurs évoqués spontanément par les personnes lors de la phase de pré enquête.



Selon ces auteurs, l'usage ou la maîtrise d'une technologie (i.e., pratique du compostage) est fonction de l'intention comportementale d'usage et des conditions facilitatrices. L'intention comportementale est à son tour fonction de l'anticipation de performance, de l'anticipation d'effort et de l'influence sociale.

Définition des différents facteurs :

Conditions facilitantes : degré auquel un individu croit qu'une infrastructure organisationnelle et technique existe pour soutenir sa pratique du compostage (ex. numéro vert/ formation...)

Performance attendue : degré avec lequel un individu croit que l'utilisation d'un composteur peut l'aider à atteindre un bénéfice (ex. réduction des OMR)

Effort attendu : degré de facilité associé à la pratique du compostage

Influence sociale : degré avec lequel un individu perçoit que les personnes importantes pour lui pensent qu'il devrait pratiquer le compostage

Quelques variables viennent en sus affecter l'intention ou le comportement comme l'âge, le genre ou l'expérience.

Construction du questionnaire

Suivant ce modèle, nous avons intégré dans le questionnaire⁸ 10 items relatifs à la performance attendue (e.g., « Composter c'est utile quand on a beaucoup de déchets de jardin »), 9 items concernant les efforts attendus (e.g., « Composter nécessite un savoir faire particulier »), 9 items interrogeant l'influence sociale (e.g., « Les personnes dont je suis l'avis estiment qu'il est / serait bien que je composte »). Nous avons également intégré 6 questions relatives aux conditions facilitantes (e.g., « L'existence d'un numéro vert pour la pratique du compostage serait pour moi: un soutien nécessaire pour la pratique / une source d'inquiétude me conduisant à penser qu'il s'agit d'une activité compliquée »). L'intention comportementale était mesurée à l'aide d'un item « avez-vous l'intention de débiter / conserver cette pratique de compostage? ». Pour chacun de ces items, les individus devaient se positionner sur une échelle en 7 points allant de 1 « pas du tout d'accord » à 7 « tout à fait d'accord »

À ces items propres au modèle UTAUT, nous avons rajouté différentes mesures de l'attitude, en utilisant des échelles de type Osgood (e.g., « le compostage c'est utile/ inutile), ainsi que des échelles de Likert en 7 points (« Le compostage est une activité importante pour moi »).

Enfin le questionnaire comportait une fiche signalétique, dans laquelle étaient recensés l'âge, le genre, la profession des personnes interrogées. D'autres items relatifs à la composition du foyer, au type de logement, à l'habitude de consommation composaient cette partie du questionnaire. Pour finir, cinq questions interrogeant la pratique du compostage des individus clôturaient le questionnaire.

⁸ Voir annexe pour une présentation complète du questionnaire

Population

Le but étant de comparer différentes typologies d'individus afin de mettre en place une campagne de communication plus adaptée à la population ciblée, les populations ont été classées selon les critères suivants : logement collectif ou individuel, en habitat urbain ou rural, dans une commune exposée ou non aux campagnes de communications concernant le compostage.

Le critère logement individuel/collectif semblait pertinent puisque la gestion domestique des déchets est moins fréquente en logement collectif qu'en logement individuel. La différenciation entre habitat rural et urbain a été faite suite aux résultats de l'enquête nationale de l'ADEME démontrant que le compostage est plus répandu dans le monde rural. Enfin, la discrimination exposition/non-exposition permet d'étudier l'impact des campagnes de communication sur les individus (par exemple, déterminer si cela crée chez les gens un sentiment de peur vis-à-vis du compostage, ou bien au contraire si c'est perçu comme une démarche utile).

Ces 3 critères aboutissent donc à l'établissement de 8 typologies différentes. Chaque typologie regroupe 100 individus ou questionnaires distribués, répartis sur 2 communes différentes (sauf pour la typologie Rural Collectif Non-Exposé : 5 communes).

Logement habitat	Individuel	Individuel	Collectif	Collectif
	Rural	Urbain	Rural	Urbain
Secteur exposé	St-Samson Parthenay	Mordelles Questembert	Goven Saint-Armel	Rennes Sud Rennes- beauregard
Secteur non exposé	Uzel Erbrée	Redon Loudeac	St-Coulomb Broons Quintin Plancoët Binic	Saint-Malo Pontivy

Pour chaque commune, plusieurs quartiers étaient visités, afin d'obtenir des résultats représentatifs de la ville, et non d'un quartier. Chaque questionnaire était délivré au porte-à-porte, avec une enveloppe timbrée pour le retour.

Au final, nous avons recueilli 287 questionnaires exploitables. 128 hommes et 158 femmes ont participé à cette enquête (1 non réponse). La figure 2 présente la répartition en âge de cette population.

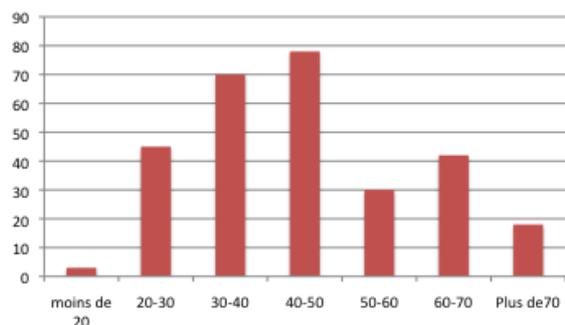


Figure 2 : répartition de la population en fonction de l'âge des participants.

184 étaient propriétaires et 100 locataires (3 non réponses), 94 possédant un jardin potager, et 165 un jardin d'agrément (117 sans, 5 non réponses)). Ils sont 168 à vivre en habitat individuel et 119 en habitat collectif (voir Figure 3), 175 individus sont dans une commune ayant déjà été exposée à une campagne de sensibilisation au compostage, contre 112. Enfin, 151 personnes sont dans une commune rurale contre 136 dans une commune urbaine.

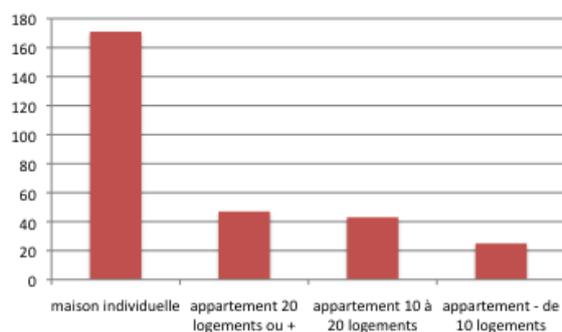


Figure 3 : répartition de la population en fonction du type d'habitat.

Les Figures 4 et 5 présentent la répartition des réponses en fonction de la profession et de la composition de la famille

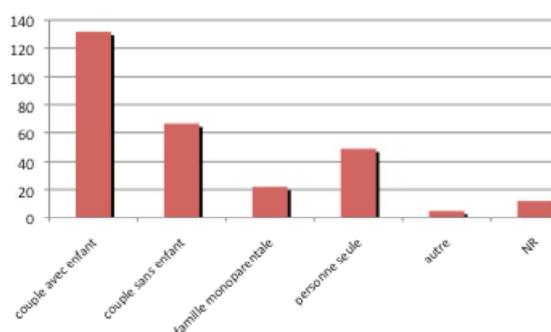
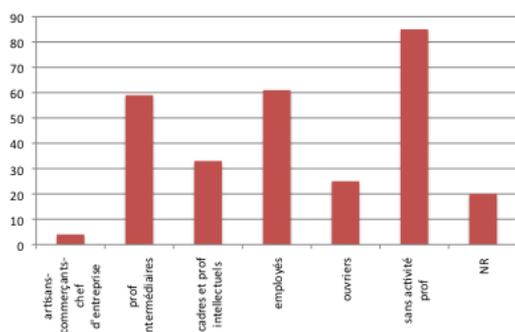
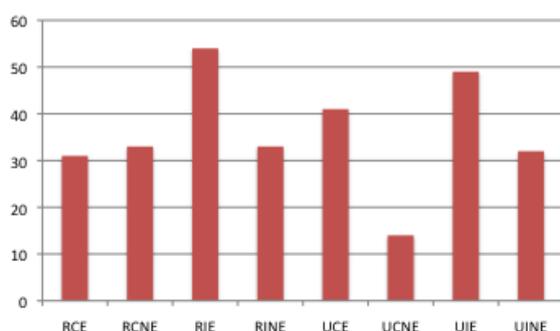


Figure 4: répartition de la population en fonction de la CSP des participants

Figure 5 : répartition de la population en fonction de la situation familiale.

La répartition des réponses en fonction du type de commune (rural/urbain), d'habitation (individuel/ collectif) et d'exposition au message de sensibilisation envers le compostage (exposé/ non exposé) est présentée dans la Figure 6.



Note :

- R = « rural »
- U = « urbain »
- C = « collectif »
- I = « individuel »
- E = « exposé »
- NE = « non exposé »

Figure 6 : répartition de la population selon le type de commune, d'habitat et d'exposition à des campagnes de sensibilisation.

Résultats de l'enquête ECCOVAL

Analyse descriptive: typologie des personnes interrogées

Habitat rural individuel

Habitat urbain individuel

	Expos	Non-Expos		Expos	Non-Expos
Age	40-70 ans (57 %)	30-50 ans (60 %)	Age	40-70 ans (71%)	30-50 ans (56%)
Type de foyer	Couple avec enfant (54%) Couple sans enfant (28%)	Couple avec enfant (76%)	Type de foyer	Couple avec enfant (51%) Couple sans enfant (27%)	Couple avec enfant (38%) Couple sans enfant (28%)
Catégorie socioprofessionnelle	Sans activité pro. (33%) Employés (22%)	Prof. intermédiaires (30%) Sans activité pro (21%)	Catégorie socioprofessionnelle	Sans activité pro. (51%) Employés (18%)	Sans activité pro (31%) Prof. intermédiaires (31%)
compostage	Oui (41%) Non (22%) NR (37%)	Oui (64%) Non (33%) NR (3%)	Compostage	Oui (82%) Non (19%)	Oui (50%) Non (34%) NR (16%)

Comme le présente le tableau ci dessus, l'individu standard de la typologie Rural Individuel Exposé a plus de 40 ans, est employé ou sans activité professionnelle et vit en couple. Dans

cette catégorie, 41 %des personnes interrogées compostent déjà, contre 22% ne pratiquant pas cette activité (37% de non-réponse). Dans cette même typologie, mais pour les personnes n’ayant pas été exposées à une campagne de sensibilisation au compostage, l’individu standard a entre 30 et 50 ans, vit en couple avec enfant, et travaille dans une profession intermédiaire. 64% des individus appartenant à cette typologie pratiquent le compostage .

Concernant la typologie Urbain Individuel Exposé, l’individu « type » a plus de 40 ans, vit en couple (avec ou sans enfant), et est sans activité professionnelle. 82% déclarent pratiquer le compostage. Concernant les individus de cette typologie n’étant pas exposés, l’individu type a entre 30 et 50 ans, vit en couple, et est sans activité professionnelle. La moitié des personnes interrogées ont déclaré composter.

La plus grande différence entre ces deux populations tient à la pratique du compostage. Alors qu’en habitat rural individuel la moitié des personnes interrogées (exposées ou non) disent pratiquer cette activité, ce taux atteint les 82% en habitat urbain individuel non exposé.

Habitat rural collectif

Habitat urbain collectif

	Expos	Non-Expos		Expos	Non-Expos
Age	20-50 ans (94%)	20-50 ans (76%)	Age	20-50 ans (88%)	30-60 ans (57%)
Type de foyer	Couple avec enfant (29%) Personne seule (29%)	Personne seule (42%) Couple avec enfant (27%)	Type de foyer	Couple avec enfant (44%) Couple sans enfant (22%)	Couple avec enfant (36%) Personne seule (36%)
Catgorie socioprofessionnelle	Employs (29%) Prof. intermdiaires (16%)	Sans activit pro (33%) Employs (27%)	Catgorie socioprofessionnelle	Cadre et prof. Intellect. sup. (27%) Prof. intermdiaires (27%)	Sans activit pro (50%) Prof. intermdiaires (21%)
Compostage	Oui (0%) Non (39%) NR (61%)	Oui (3%) Non (42%) NR (55%)	Compostage	Oui (10%) Non (71%) NR (19%)	Oui (14%) Non (86%)

L’individu standard de la typologie Rural Collectif Exposé a entre 20 et 50 ans, est employé ou en profession intermédiaire, et vit en couple avec enfant. Aucune personne ne déclare pratiquer le compostage (grande majorité de non réponse). Pour ceux n’ayant pas été exposés à une campagne de sensibilisation, l’individu standard a entre 20 et 50 ans, vit seul, et est employé ou travaille dans une profession intermédiaire. 42% des individus appartenant à cette typologie ne pratiquent pas le compostage (contre 3%, et 55% de non réponse).

Concernant la typologie Urbain Collectif Exposé, l’individu type a entre 20 et 50 ans, vit en couple, et est sans activité professionnelle. La moitié des personnes interrogées a déclaré composter. Concernant les individus de cette typologie n’étant pas exposés, l’individu standard a entre 30 et 60 ans, vit en couple ou seul, et est sans activité professionnelle. 85% ne pratiquent pas le compostage.

Contrairement aux personnes vivant en habitat individuel, celles en habitat collectif déclarent nettement moins souvent pratiquer le compostage (comme attendu).

Comme le démontre la Figure 7, ce sont les individus appartenant à la typologie urbain individuel exposé qui déclarent le plus composter, alors que ceux de la typologie rural collectif, exposé ou non, sont ceux déclarant le moins souvent composter.

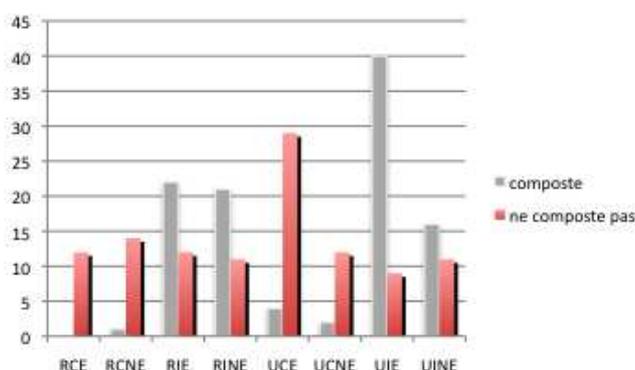


Figure 7 : répartition de la population en fonction de leur pratique du compostage et de la typologie de leur lieu de vie

Mesure de l'attitude

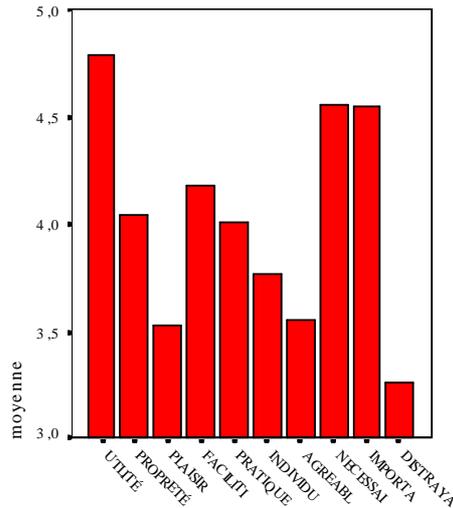
Deux mesures de l'attitude ont été réalisées. Une première grâce à des échelles de type Osgood (exemple « Le compostage, c'est : utile □ □ □ □ □ inutile »), suivies de deux items mesurés au travers d'échelles de type Likert, en 7 points (exemple « Je ne me sens pas concerné(e) par le compostage »).

Concernant la première mesure, l'ensemble des items sont corrélés entre eux, avec un alpha de cronbach très convenable ($\alpha = .89$), permettant de conclure à une bonne consistance interne de cette mesure.

De façon générale, les attitudes envers le compostage sont relativement positives⁹, cette activité étant évaluée comme utile, nécessaire et importante. En revanche, elle n'est pas perçue comme source de plaisir, est vue comme peu agréable et peu distrayante.

Aucune différence sur cette première mesure d'attitude n'est observée selon les typologies rural/ urbain, individuel / collectif ou exposé / non exposé.

⁹ NOTE : PLUS LE CHIFFRE EST FORT, PLUS C'EST POSITIF



Nous avons par la suite créé un score d'attitude, moyennant l'ensemble des items relatifs à l'attitude. Pour ce faire, nous avons standardisé l'ensemble de ces données, avant de créer un score moyen, permettant d'avoir une seule mesure de l'attitude.

Les analyses révèlent une attitude plus favorable envers le compostage:

- des personnes ayant plus de 40 ans ($M = 0,07$) comparativement à celles de moins de 40 ans ($M = -0,08$) ($F(1,284) = 4,44$ $p < .04$).
- des personnes pratiquant le compostage ($M = 0,25$) / comparativement à celles ne compostant pas ($M = -0,23$) ($t(240) = 6,14$; $p < .001$).
- des personnes qui ont un jardin potager ($M = 0,19$) comparativement à celles n'en possédant pas ($M = -0,09$) ($t(281) = 3,76$, $p < .01$).
- des gens possédant un jardin d'agrément ($M = 0,06$) comparativement à celles n'en possédant pas ($M = -0,08$) ($t(280) = 1,97$ $p = .05$).
- des gens vivant en habitat individuel ($M = 0,08$) comparativement à celles vivant en habitat collectif ($M = -0,11$) ($t(285) = 2,61$; $p < .02$).

Vérification du modèle UTAUT

Analyse de consistance/ cohérence interne des dimensions (alpha de Cronbach)

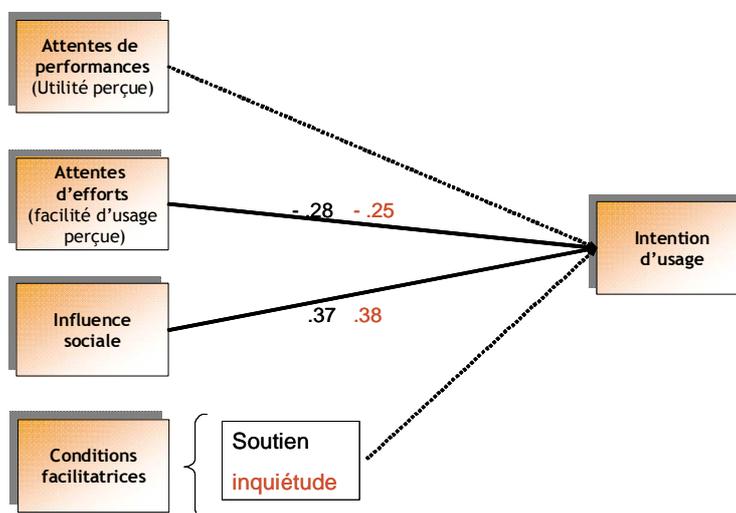
1/ Attitude: - échelle bipolaire $\alpha = .89$ - Totalité $\alpha = .82$	3/ effort attendu Quand item « estimation temps » enlevé, $\alpha = .76$
2/ Performance attendue: - Raisons à composter $\alpha = .72$ - Totalité $\alpha = .69$	4/ influence sociale - totalité $\alpha = .71$
conditions facilitantes: - « soutien » $\alpha = .74$ - « inquiétude » $\alpha = .77$	

Comme le présente le tableau 1, la consistance interne des différentes mesures est tout à fait acceptable, oscillant entre .69 et .89. Nous avons donc créé des scores moyens pour chacune de ces dimensions.

Données utilisées dans le modèle:

- moyenne des performances attendues
- moyenne des efforts attendus (sauf estimation du temps)
- moyenne des influences sociales
- Séparation des conditions facilitantes (Soutien versus inquiétude)

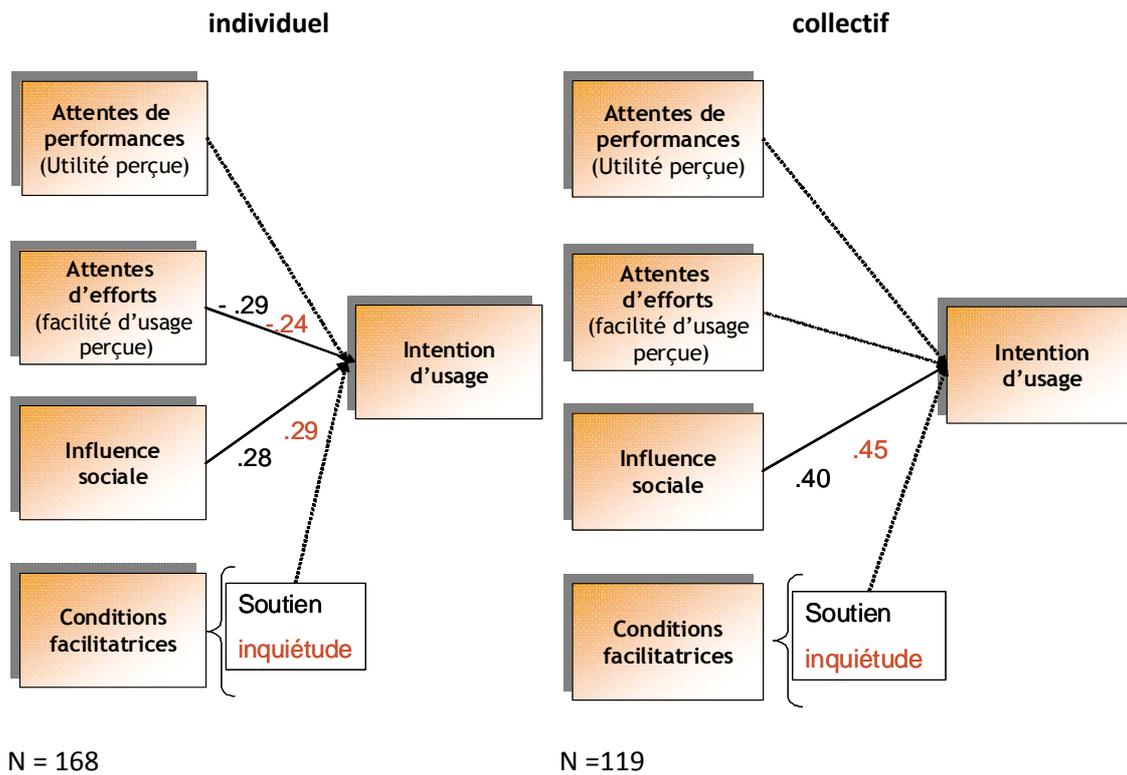
Test du modèle général UTAUT



Les analyses montrent que, toute population confondue, c'est l'influence sociale et les efforts attendus qui prédisent le mieux l'intention de débiter ou perdurer dans la pratique du compostage. Plus précisément, plus l'influence sociale est forte, plus l'intention sera forte, alors que plus les efforts perçus seront importants, moins les individus auront l'intention de s'engager ou perdurer dans cette pratique. Les performances attendues, tout comme les conditions facilitatrices (en termes de soutien ou d'inquiétude) ne sont pas des variables prédictives de l'intention.

Nous avons par la suite testé le même modèle, en catégorisant la population selon différents facteurs démographiques.

Selon le type d'habitat



N = 168

N = 119

Nous observons des différences entre habitat individuel et collectif. Alors qu'en habitat individuel les efforts attendus et l'influence sociale prédisent l'intention d'usage, en habitat collectif seule l'influence sociale impacte sur l'intention de débiter ou continuer la pratique du compostage. De plus, pour cette dernière catégorie, l'influence sociale semble être un prédicteur plus important de l'intention que pour l'habitat individuel.

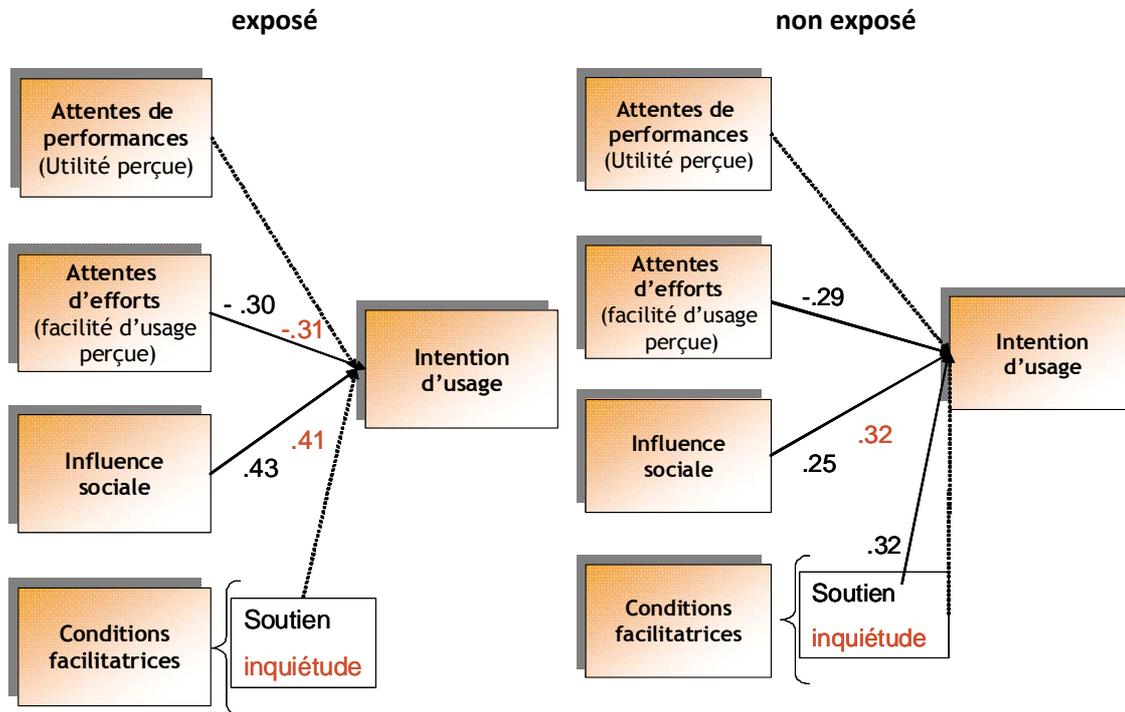
Habitat individuel

- Effort attendu
- Influence sociale

Habitat collectif

- Influence sociale (plus important que pour individuel)

Selon l'exposition aux campagnes de sensibilisation au compostage



N = 175

N = 112

Pour les communes exposées, l'attente d'efforts freine l'intention de pratiquer le compostage, alors que l'influence sociale prédit positivement cette même intention. Concernant les communes non exposées, on retrouve un effet significatif de l'influence sociale sur l'intention, ainsi qu'un effet des efforts attendus, mais uniquement lorsque l'on rentre dans le modèle le soutien comme conditions facilitatrices. Enfin, ce soutien permet de prédire l'intention d'usage, les personnes percevant du soutien ayant plus l'intention de composter.

Le manque de campagne de sensibilisation au compostage engendre un besoin de soutien plus important (par méconnaissance de ce qui se fait).

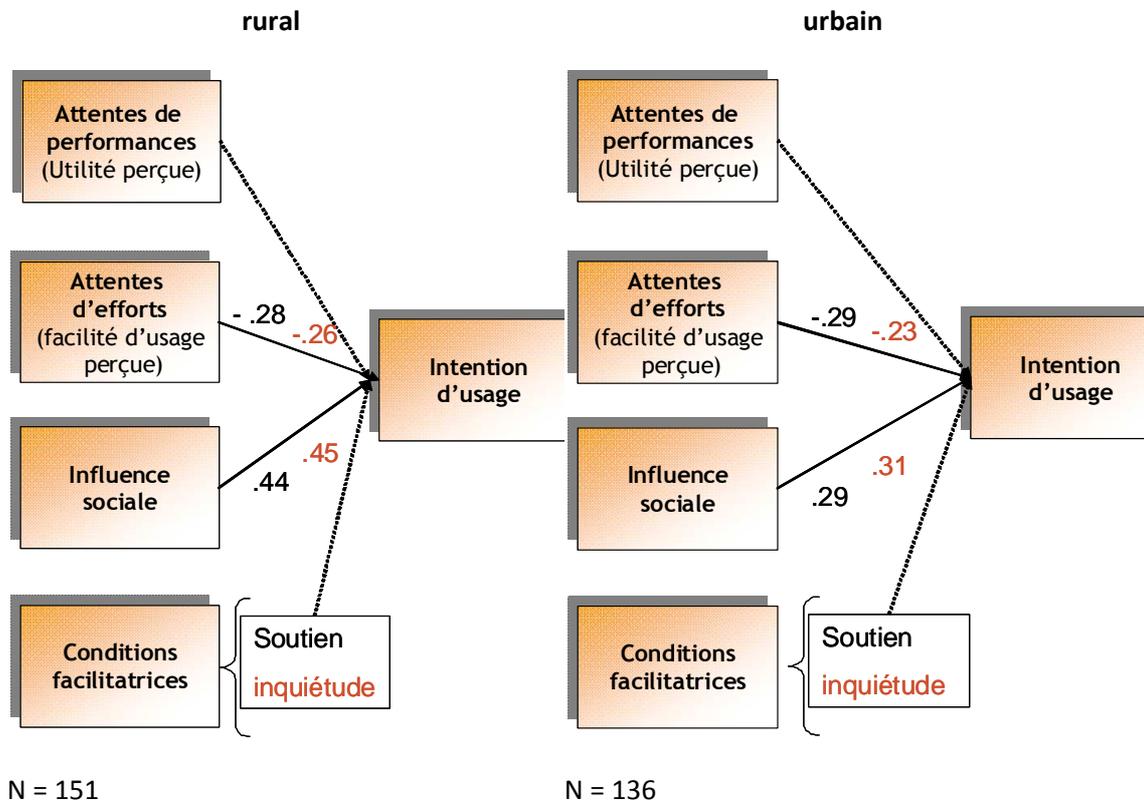
Exposé

- Effort attendu
- Influence sociale

Non exposé

- Effort attendu (peu)
- Influence sociale
- Condition facilitante (soutien)

Selon la typologie rural/ urbain

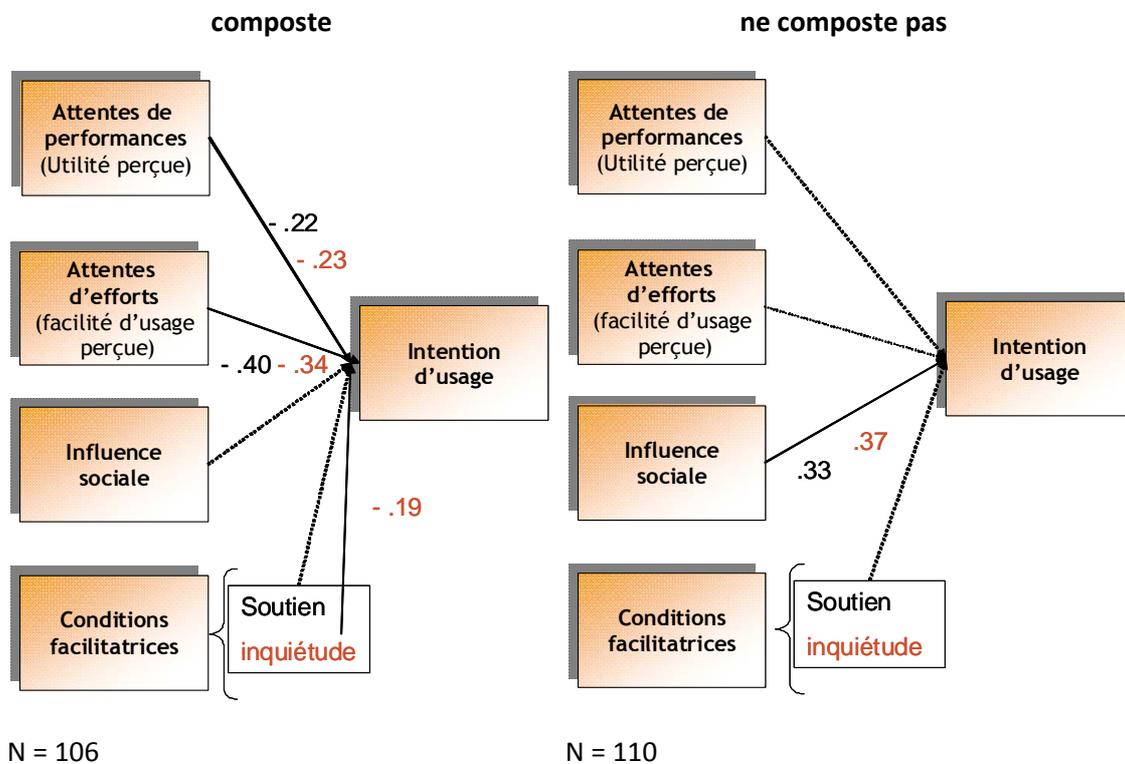


Nous observons un pattern de résultat très similaire pour les communes rurales et urbaines, les attentes d'efforts et l'influence sociale étant les deux facteurs prédictifs de l'intention. Notons toutefois que l'influence sociale semble être un prédicteur plus important pour les communes rurales qu'urbaines.

Différence entre rural et urbain

- Pattern de réponse quasi identique
- Influence sociale un peu plus importante pour rurale que urbain

Selon la pratique effective du compostage



Pour les individus qui compostent, les performances attendues sont un élément important dans l'intention de perdurer dans cette pratique. Notons que ce lien est négatif : plus ils jugent utile le compostage, moins ils ont l'intention de continuer à composter. Les attentes d'efforts sont aussi un facteur influençant leur intention, trop d'efforts attendus engendrant une moindre intention de perdurer dans cette pratique. Enfin, l'inquiétude face à cette pratique prédit négativement l'intention de continuer.

Pour les personnes qui ne compostent pas, seule l'influence sociale joue un rôle : plus celle-ci est élevée, plus ils déclarent avoir l'intention de commencer à composter.

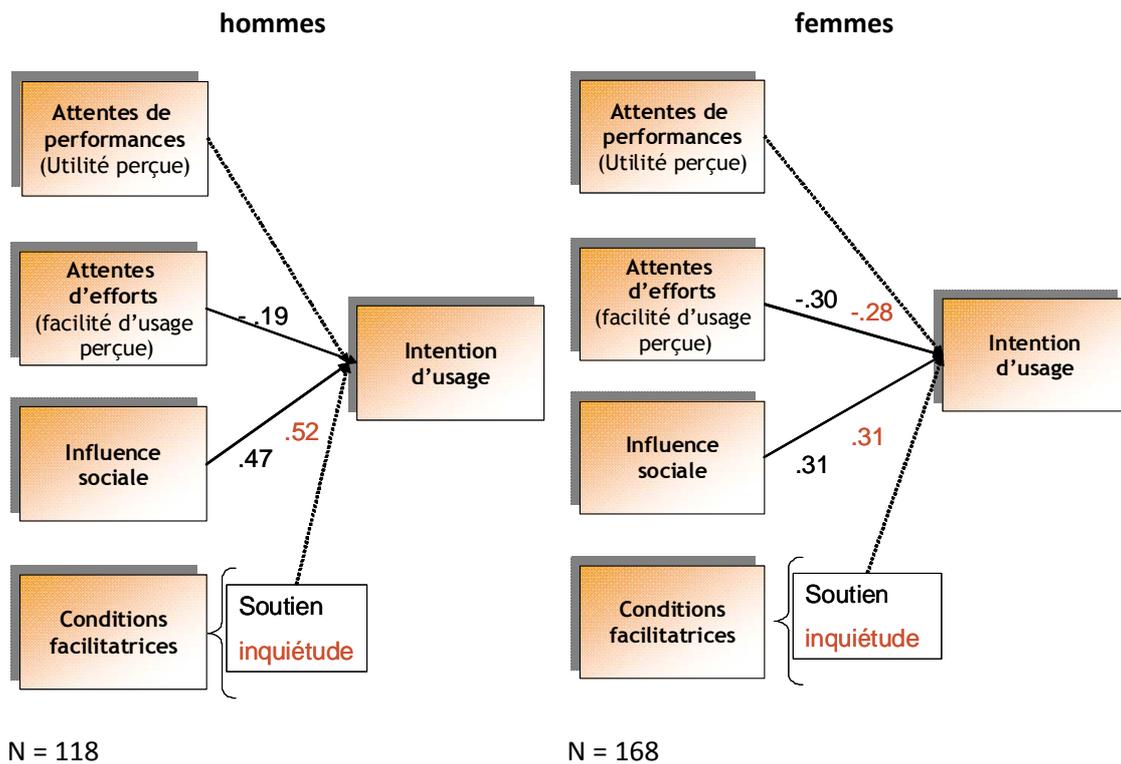
Ceux qui compostent:

- Attentes de performance
- Effort attendu
- Condition facilitante (inquiétude)

Ceux qui ne compostent pas:

- Influence sociale

Selon le genre des individus

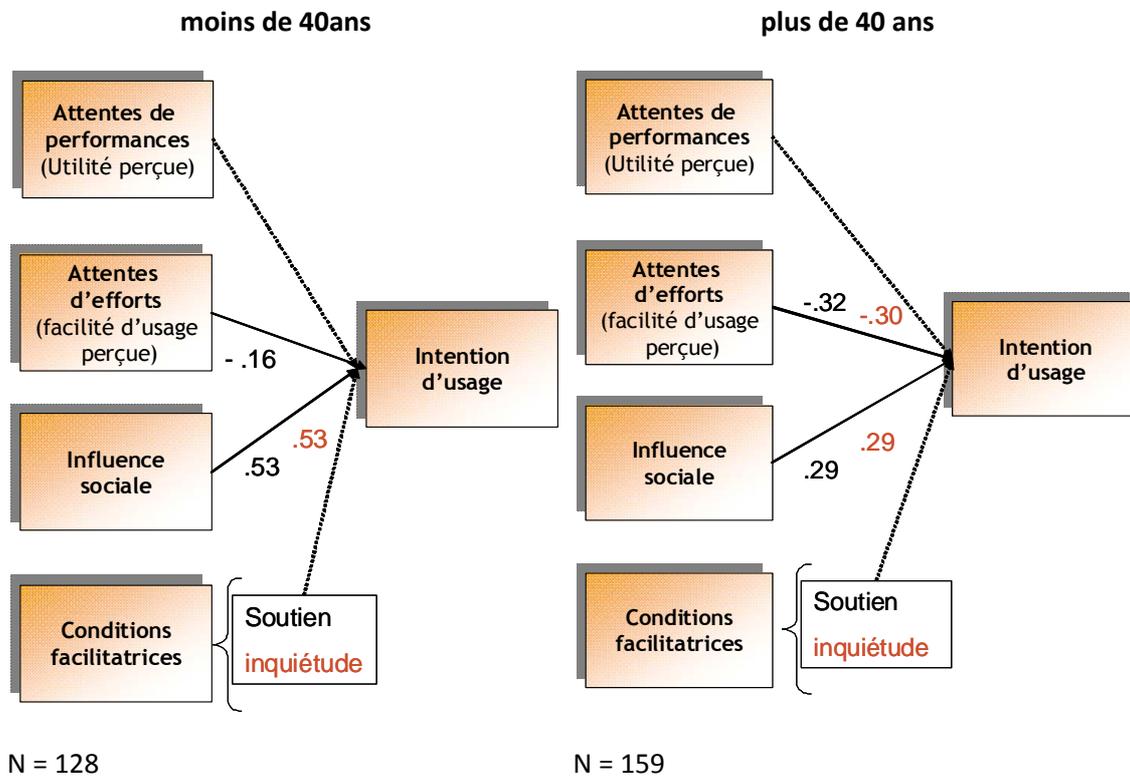


Pour les hommes comme pour les femmes, les attentes d'efforts et l'influence sociale sont les deux seuls prédicteurs de l'intention de commencer/ continuer à composter. Pour autant, les efforts attendus jouent un rôle plus important pour les femmes que pour les hommes (ces efforts n'étant un prédicteur significatif que lorsque l'on rentre dans le modèle le soutien comme condition facilitatrice). À l'inverse, l'influence sociale semble être un meilleur prédicteur pour les hommes que pour les femmes.

Différence entre les hommes et les femmes

- Influence sociale plus importante pour les hommes que pour les femmes
- Influence de l'effort attendu plus importante pour les femmes que pour les hommes

Selon la classe d'âge des individus



Quelque soit la classe d'âge des individus, les efforts attendus et l'influence sociale sont à nouveau les deux facteurs prédisant le mieux l'intention de composter. Toutefois les efforts attendus semblent avoir plus de poids pour les plus de 40 ans (pour les moins de 40 ans, ce facteur n'influence que lorsque le modèle comprend le soutien comme condition facilitante).

<p>Moins de 40 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Influence sociale - Effort attendu (peu) <p>Plus de 40 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Influence sociale - Effort attendu
--

Autres résultats

Motivations

- Comparaison deux à deux des raisons qui ont poussé / pousseraient à composter: les raisons liées à l'environnement sont les plus importantes, suivies des économies réalisées

par la collectivité, les économies personnelles et pour finir les raisons sociales (Environnement > économie collectivité > économie personnelle > sociale).

	environnement (M = 6.16)	économie collectivité (M = 5.68)	économie personnelle (M = 4.83)	influence sociale (M = 4.02)
environnement		t (286) = 5,27 ; p < .001	t (286) = 11, 72 ; p < .001	t (286) = 18,27 ; p < .001
économie collectivité			t (286) = 6,43 ; p < .001	t (286) = 12,08 ; p < .001
économie personnelle				t (286) = 6,14 ; p < .001

Estimation du temps nécessaire à la pratique

Pour rappel, cet item d'effort attendu ne pouvait être inclus et scoré avec les autres items d'effort. Il est donc traité séparément. On observe un effet significatif de la pratique ou non du compostage : les personnes qui ne compostent pas proposent des durées plus importantes (M= 62,69) que ceux qui compostent (M= 29,6) ($F(1, 284) = 4,78, p < .01$). Cette pratique est donc perçue comme plus chronophage pour ceux qui ne compostent pas, augmentant par là même leur perception que cette pratique est coûteuse.

Les personnes qui compostent :

- Sont satisfaits de la qualité de leur compost (M= 5.3)
- Sont satisfaits de la quantité de leur compost (M= 5.21)
- Jugent leur composteur suffisamment accessible (M= 5.9)

Conclusions de l'enquête

Au vu des résultats de l'enquête les conclusions suivantes peuvent être proposées quant aux axes de communication à privilégier :

- L'attitude envers le compostage est globalement positive et la conviction de son utilité est acquise. Donc la communication ne doit pas nécessairement chercher à convaincre de cette utilité pour motiver de nouveaux utilisateurs. Cependant, dans le cas des usagers qui pratiquent le compostage depuis plusieurs années, il semble qu'un doute puisse s'installer sur l'utilité de cette pratique notamment en raison d'une meilleure connaissance des efforts à fournir. Dans le cas de cette typologie de population la communication sur l'utilité peut donc rester utile.
- Le principal frein à l'engagement des usagers semble lié à la représentation des efforts à fournir. Il faut donc axer la communication sur la facilité de mise en œuvre

de la pratique. Notamment pour ceux qui sont déjà engagés dans la pratique de compostage il faut insister sur le suivi et l'accompagnement.

- Dans le cas de l'habitat collectif, il faut jouer sur la dynamique sociale liée à la pratique du compostage.

Chapitre 3 : Etude des performances techniques potentielles du compostage domestique

Introduction

Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux de thèse d'un étudiant Canadien (Bijaya Adhikari) encadré par Anne Trémier au Cemagref de Rennes.

L'étude a eu pour objectif de :

- Mesurer la biodégradabilité des déchets généralement traité par compostage domestique en vue de conseiller la meilleure formulation à mettre en œuvre dans les composteurs domestiques,
- Evaluer l'impact du type de composteur sur le déroulement du compostage et la qualité des composts,
- Evaluer l'impact des pratiques de retournement et arrosage sur le déroulement du compostage et la qualité des composts,
- Evaluer les émissions de gaz à effet de serre liées au compostage domestique

Les travaux sont présentés sous forme d'articles scientifiques rédigés en anglais.

Etude de la biodégradabilité des déchets à composter

Biodegradability of municipal organic waste: a respirometric test

Bijaya K. Adhikari^{a,b,c}, Anne Trémier^{a,b,*}, Suzelle Barrington^{b,c}, José Martinez^{a,b}

^aUR GERE, 17 avenue du Cucillé, CS 64427, F-35044, Rennes, France

^bUniversité européenne de Bretagne, France

^cDepartment of Bioresource Engineering,

Macdonald Campus of McGill University,

21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue (Québec) Canada, H9X 3V9

*Corresponding author: Anne Trémier, Ph. D.

UR GERE, 17 avenue du Cucillé, CS 64427, F-35044, Rennes, France

Tel : 011 33 2 23 48 21 21

Fax : 011 33 2 23 48 21 15

Email : anne.tremier@cemagref.fr

1. Abstract

Home composting of the organic fraction of the municipal solid waste (MSW) mainstream can help reduce the economic and environmental burden currently faced by urban centres. The physico-chemical properties of the organic fraction components, mainly food waste (FW) and yard trimmings (YT), govern the process effectiveness, namely its rate and extent. The objective of the study was to identify the most effective home composting formula using respirometric tests measuring oxygen uptake. Pure, binary and tertiary formulas of FW, YT and wood chips (WC) were aerated for 32 days in cells maintained at 40 °C. Results indicated that the formula composition had a significant impact on the rate and cumulative O₂ uptake

($p < 0.01$). The binary formula of FW:YT with a fraction of 0.5:0.5 (wet volume) produced the highest peak O_2 uptake rate (OUR) and cumulative oxygen uptake (COU) of $145 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$ and $28.4 \text{ mole } (\text{kg dm})^{-1}$, respectively, followed by tertiary formula of FW:YT:WC with a fraction of 0.33:0.33:0.33, with $115.6 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$ and $15.3 \text{ mole } (\text{kg dm})^{-1}$. Considering peak OUR and COU, the binary formula of FW and YT is thus most effective in supporting an active microbial activity for a fast composting process and the generation of high temperatures. Accordingly, adding WC as bulking agent is not necessary.

Keywords: Organic waste, formula, respirometric, oxygen uptake, formulation

2. Introduction

Because of its biodegradability and its importance within the municipal solid waste (MSW) mainstream, the organic waste (OW) fraction must be properly managed to prevent environmental issues (Turan et al., 2009; Kumar et al., 2009; Moghadam et al., 2009). Mainly composed of food waste (FW) and yard trimmings (YT), the OW fraction of MSW is subjected to recycling policies in Europe and North America aimed at landfill diversion (Landfill Directive, 1999; CCEM, 1989), thus minimizing greenhouse gas emissions and risks of groundwater contamination. The composting of OW is one of the options achieving this recycling goal with minimal environmental and economic impact (Adhikari et al., 2010; Buendia et al., 2008). As bulking agent, wood chips (WC) improve aeration by providing a stable structure and by buffering the moisture content. By reducing handling, transportation, labour and infra-structure costs associated with centralized facilities, home composters are recognized as an economical and practical method for OW recycling (Adhikari et al., 2009). Nevertheless, optimal home composter formulas have yet to be determined to optimize the effectiveness of the process, namely minimize the size of the system and maximize the stabilizing temperatures and OW mass reduction.

For an effective OW composting operation, microbial activity must be optimized during the initial phase of the process (Wagland et al., 2009; Rasapoor et al., 2009). In turn, microbial activity is affected by the physico-chemical properties of the OW formula, such as moisture content, particle size, free air space, C:N ratio and pH (Mohajer et al., 2010; Haug, 1993). Microbial activity is reflected through its oxygen uptake rate (OUR) and cumulative oxygen uptake (COU) over time (Barrena et al., 2009; Berthe et al., 2007). Respirometry is recognized as a scientifically accepted procedure for the study of microbial activity during the degradation of OW (Adani et al., 2006; Gómez et al., 2005). Oxygen uptake rate (OUR) is a meaningful biological indicator because it corresponds to the rate at which microbes utilize oxygen to mineralize carbon and to carry out their metabolic activities (Strenstrom and Andrew, 1979; Wagland et al., 2009). Recently, respirometric tests were used to measure inhibition effects, kinetics parameters and compost maturity, beside OW decomposition rate (Cokgor et al., 2009; Sanchez Arias et al., 2010).

Respirometric techniques measure oxygen consumption rather than CO_2 production, since CO_2 production depends on the oxidation degree of carbon and whether the reaction is aerobic or anaerobic, resulting in the production of an $O_2:CO_2$ molecular ratio other than the theoretical value of 1.0. Furthermore, respirometric tests can be either static or dynamic (Ruggieri et al., 2008). Static respirometry is performed using solid or water submerged OW

but without the constant addition of oxygen as opposed to dynamic respirometry (Villaseñor et al., 2011; Gomez et al., 2006). To measure the biodegradability of OW formulas, dynamic systems are preferred as larger samples can be analyzed, thus better representing industrial processes. Furthermore, gas pocket formation is prevented thus providing a more accurate measurement of O₂ consumption (Adani et al., 2006; Kalamdhad et al., 2008).

Respirometric tests were therefore used in this study to identify optimal home composter formulas. Pure, binary and tertiary formulas were prepared using FW, YT and WC. All formulas were prepared based on a wet volume fraction, the standard measurement used by residents to fill their home composter. The formula oxygen uptake rate (OUR) and cumulative oxygen uptake (COU) were used to compare levels of microbial activity and formula decomposition rate and extent.

3. Material and methods

3.1. Experimental materials and set-up

Collected from 3 restaurants of the city of Rennes, France, the source separated food waste (FW) consisted mainly of fruit and vegetable residues. Obtained from the green space of the Rennes Cemagref Research Centre, France, the yard trimmings (YT) were composed of 90% grass clippings and 10% dry tree leaves on a wet mass basis. Wood chips (WC) from crushed wood pallets were screened to obtain particles varying in size from 5 to 20 mm in width and 30 to 90 mm in length. These experimental materials are described in Table 15.

Test formulas represented pure, binary and tertiary blending of FW, YC and WC. The pure formulas used only one material while the binary and tertiary formulation included two and three materials, respectively. On a wet volume fraction: the pure experimental formulas were M1 (FW only), M2 (YT only) and M3 (WC only); the binary experimental formulas were M4 (FW:YT = 0.5:0.5), M5 (FW:WC=0.5:0.5) and M6 (YT:WC=0.5:0.5), and; the tertiary experimental formulas was TM (FW:YT:WC=0.33:0.33:0.33), tested 3 times (TM1, TM2, TM3). These formulas represented central and extreme points for the modeling by Multivariable Linear Regression, of the impact of individual components on oxygen uptake. Figure 8 illustrates the triangular coordinates of the test formulas. The vertices, sides and centre of the triangle illustrate pure, binary and tertiary formulas of FW, YT and WC.

Table 15 Characteristics of experimental food waste, yard trimmings and wood chips

Characteristics	Food waste (FW)	Yard trimmings (YT)	Wood chips (WC)
DM (%)	21.3 (0.5)	60.4 (8.0)	93.0 (0.4)
TC (% dm)	42.4 (2.0)	35.3 (2.0)	46.3 (0.8)
COD (g (kg dm) ⁻¹)	1205 (51)	1002 (106)	1228 (91)
TKN (g (kg dm) ⁻¹)	21.0 (0.7)	19.0 (1.4)	9.7 (0.8)
C:N	20.2	18.6	47.7
pH	5.3 (0.1)	6.8 (0.7)	5.6 (0.2)
OM (% dm)	82.1 (2.3)	69.7 (3.8)	97.8 (0.5)
OM:TC ratio	1.94	1.97	2.11
<u>Organic fractions</u>			
Soluble (% OM)	65.7 (5.6)	34.0 (3.0)	7.40 (1.0)
Hemicellulose (% OM)	19.2 (5.6)	26.6 (7.8)	18.6 (0.9)
Cellulose (% OM)	12.0 (0.6)	24.3 (0.8)	55.8 (1.0)
Lignin (% OM)	3.1 (0.7)	15.2 (7.0)	18.2 (2.6)

DM – dry matter, TC – total carbon, COD – chemical oxygen demand, TKN – total Kjeldahl nitrogen, OM – organic matter, dm – dry mass.

Note: numbers in parentheses are standard deviation.

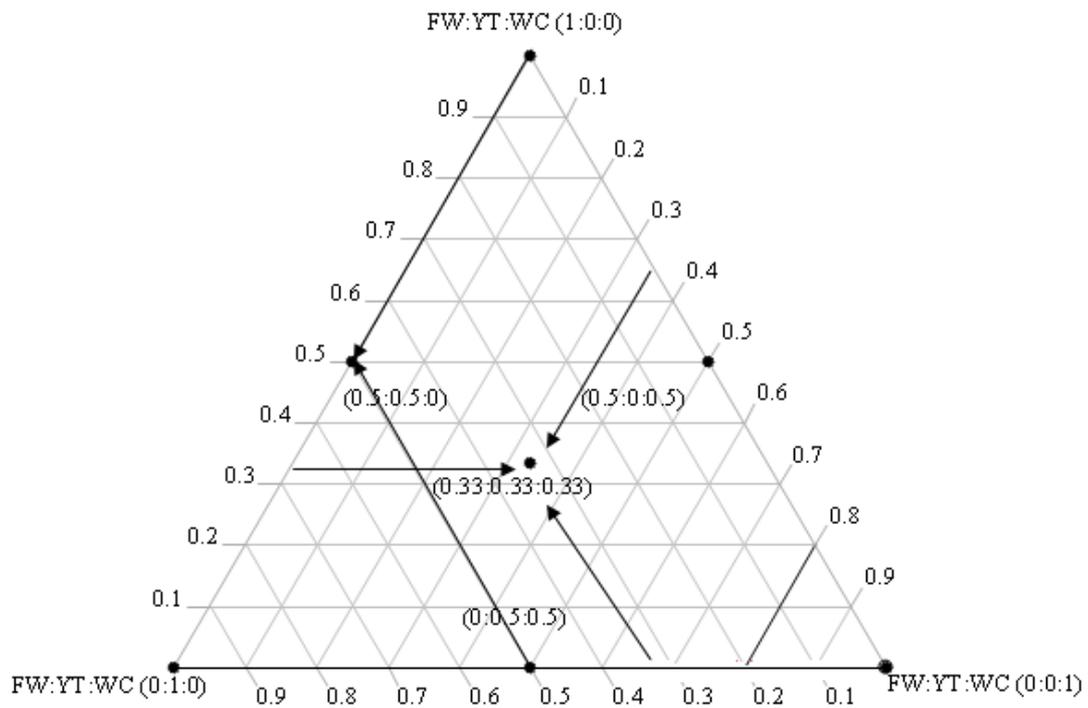


Figure 8 Triangular coordinates of tested formulas for FW, YT and WC. FW – food waste, YT – yard trimmings, WC – wood chips.

Note: all components are presented as a fraction of the total wet volume ranging from 0 to 1. The left axis gives FW, the right axis gives WC and the bottom axis gives YT. The arrows show how to interpret the value of two of the illustrated points.

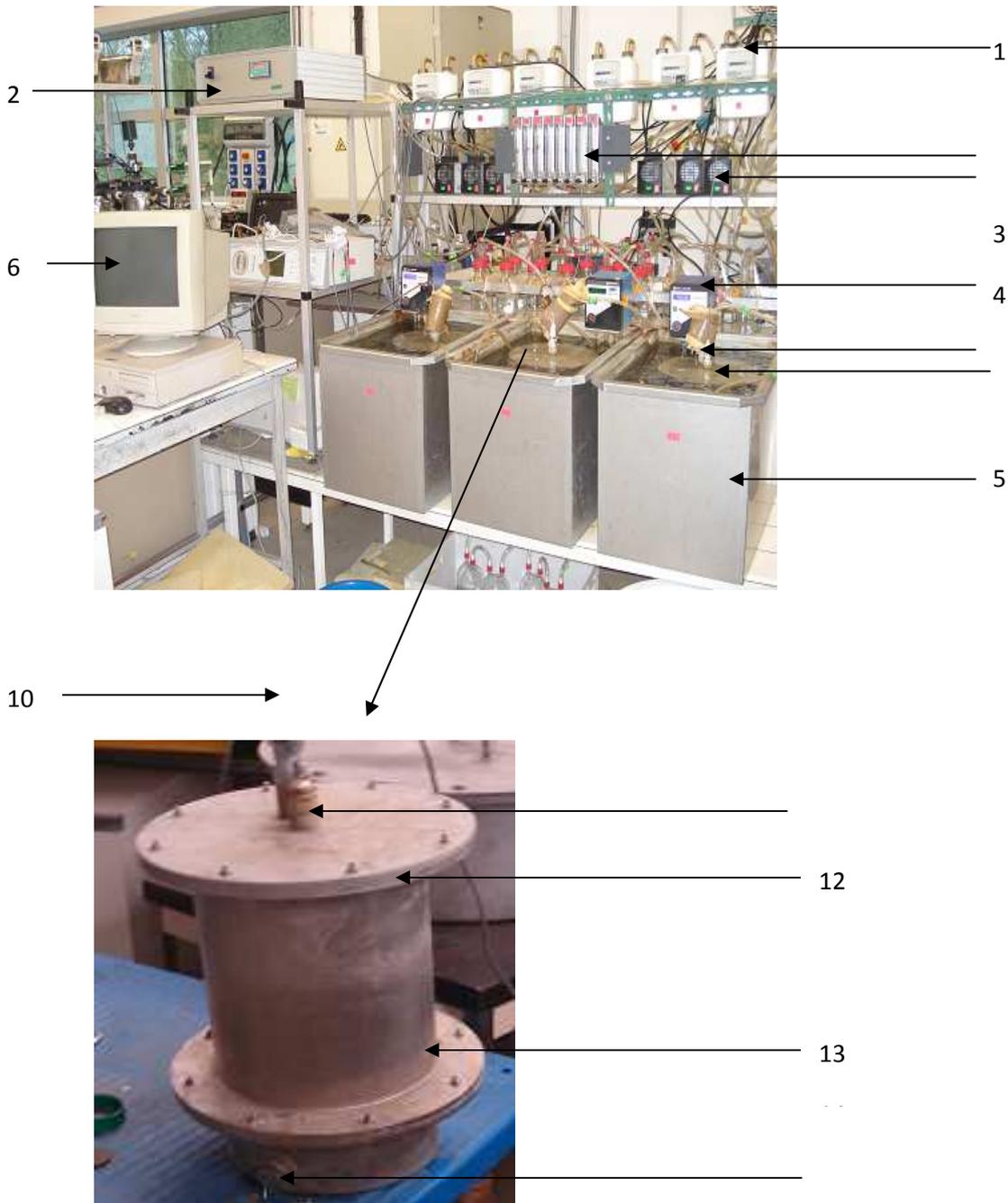


Figure 9 Experimental setup for respirometric tests. 1- cumulative volumetric air flow counters; 2- air component analyzer; 3-volumetric air flow meters; 4-air circulation pump; 5-water bath heater with thermostat; 6-results display screen; 7-respirometric cell; 8- water maintained at 40 °C; 9-water tank; 10- air outlet port; 11- temperature sensor port; 12- organic formula chamber; 13-leachate collector; 14- air inlet port.

The respirometric apparatus (Figure 9) consisted of 6 stainless steel 10 L respirometric cells equipped with a bottom and top air inlet and outlet. The respirometric cells and their content were kept at 40 °C by means of a water bath heated by an automated system

(Polystat 71, Huber, Offenburg, Germany). The temperature of the cell content was also manually recorded using a Platinum resistance thermometer (Pt 100 probe, model TTR3, Endress 1 Hauser, Huningue, France). A temperature of 40°C was found to optimize microbial activity for solid organic wastes (Tremier, de Guardia, Massiani, Paul, & Martel, 2005).

Aerobic conditions were maintained by supplying each cell with a continuous air flow rate of 75 +/- 5 L h⁻¹, re-circulated to ensure homogenous conditions throughout the material. Each individual cell was aerated using an air pump (model DH-106-1, Koratsu Equipments Inc., Japan) regulated using a volumetric air flow meter (Barnant Gilmont Industrial flow meter, Barrington, Illinois, USA). The outgoing and incoming volumetric air flow rate was verified by manually recording on a daily basis the cumulative volumetric air flow registered by gas flow monitors (model Gallus 2000 1.6, Itron, Reims, France). The incoming air composition (CO₂ and O₂) was measured every 2 minutes during 15 minutes and then the outgoing air composition (CO₂ and O₂) was also measured every 2 minutes during 15 minutes for each cell successively using an ADC gas analyzer (model MGA 3000, ADC, Hertfordshire, England) with an accuracy of +/- 0.1 % for O₂ and +/- 1 % of the reading for CO₂. The gas analysis sequence was repeated all along the respirometric test duration.

3.2 Experimental procedure

The experiment was conducted for the testing of 7 formulas, namely the three pure , three binary and one tertiary formulas. The tertiary formula was triplicated for verification of reproducibility of the respirometric test. During each test, the respirometric cells were individually filled with one formula of known wet and dry mass and without compaction. After filling each cell, the free air space (FAS) of the formula was determined using an air pycnometer (Berthe, Druilhe, Massiani, Tremier, & de Guardia, 2007) which consists in pressurizing air inside an airtight cell while measuring the volume of injected air. At equilibrium pressure, the injected air provides an estimate of free air space in the test formulas.

After characterizing its physical properties once in the cell, each formula was aerated for 32 days at 75 L h⁻¹ without being mixed. The O₂ and CO₂ concentrations of the incoming and outgoing air flow was monitored to compute the oxygen uptake rate (OUR) over time using the following equation:

$$OUR = Q (O_{2\text{ in}} - O_{2\text{ out}}) V^{-1} M^{-1} \quad (1)$$

where *OUR* is the oxygen uptake rate in mmole O₂ hr⁻¹ (kg dm)⁻¹; *Q* is air flow rate in L of air hr⁻¹; (*O_{2 in} - O_{2 out}*) is the difference in O₂ concentration between in the inlet and outlet air streams of the respirometric cell in L of O₂ L⁻¹ of air; *V* is the volume occupied by one mmole of gas L⁻¹ at 40 °C and 101 kPa of atmospheric pressure, and *M* is the initial dry mass of the formula in kg. The oxygen uptake was simply compiled from the *OUR*.

At the end of the 32 day respirometric test, each formula was removed from its cell, weighed and sampled for characterization. Accordingly, a mass balance analysis was

conducted on the dry matter (DM), water, total carbon (TC), organic matter (OM) and nutrient content of the treated formulas.

3.3 Analytical procedures

The chemical characteristics of the raw materials and of the 32 day formulas were determined on triplicate samples dried in an oven (SR 2000, Thermosi, France) at 80 °C until a constant weight was reached (24 h), and then grinded to less than 0.5 mm (ZM model 1000 grinder, Retsch, Germany).

Dry matter was determined by weight loss after drying in an oven (SR 2000, Thermosi, France) at 80 °C for 24 h and then 103 °C for 1h. Total carbon (TC) was determined using an Organic Element Analyser (Thermo Scientific FLASH 2000 Series, Courtaboeuf, France) by burning 10 mg samples at 900 °C according to AFNOR (2001a). Total Kjeldahl nitrogen (TKN) was analyzed according to AFNOR (1995) using an automatic distilling system (VAP 50c, Gehardt automatic distillator, Gehardt, Germany) to digest 0.5 to 1.0 g samples with H₂SO₄ (automated Kjeldatherm TZ block digester, Gerhardt, Germany). After digesting 60 mg samples with H₂SO₄ and K₂Cr₂O₇ (Kjeldatherm COD digestion block, CSB 20M, Gerhardt, Germany), the chemical oxygen demand (COD) was determined by titration (Metrohm, Courtaboeuf, France) according to AFNOR (2001b).

According to AFNOR (1985), the organic matter (OM) was determined by burning samples at 550 °C for 3 hours (Thermolyne 30400, Furnace, F30420 C-33, Essex, UK). The pH of wet samples was determined by soaking for 24 hours without shaking at 5 °C, in just enough distilled water (pH-Electrode SenTix41, WTW, Weilheim, Germany). The soluble organic, hemicellulose, cellulose and lignin fractions, were determined using a fibre extractor (VELP Scientific, FIWE 6 Extractor for raw fibre determination, Usmate, Italy) according to Van Soest (1963). This method of analyzing the different organics fractions establishes the biodegradability of organic compounds (Urano & Kato, 1986).

3.4 Statistical procedure

The formulas respected a custom mixture design (JMP, 2008) consisting of the three pure formulas with FW, YT or WC, three binary formulas with a combination of 2 out of the 3 experimental materials, and a tertiary formula with all 3 experimental materials.

Using the statistical software package SAS, peak oxygen uptake rate values were fitted to a Multivariate Linear Regression model and the model coefficients were evaluated for significance at a confidence level of 95 % (JMP, 2008). This model deciphered the association between peak OUR and formula constituents FW, YT and WC, including their interactions. The regression model was:

$$\begin{aligned} OUR_p = & (C_1 \times FW) + (C_2 \times YT) + (C_3 \times WC) + (C_{12} \times FW \times YT) + \\ & (C_{13} \times FW \times WC) + (C_{23} \times YT \times WC) + (C_{123} \times FW \times YT \times WC) \end{aligned} \quad (2)$$

where OUR_p is the peak OUR in $\text{mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$; $C_1, C_2, C_3, C_{12}, C_{13}, C_{23}$ and C_{123} are the model coefficients and FW, YT, WC are the wet volumetric fraction of FW, YT and WC, respectively. The coefficient of determination between the measured and model estimated peak OUR was computed for all experimental formulas to test model validity.

The coefficient of variation among peak OUR values for repeated tests was evaluated as (US DT, 2009):

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (3)$$

where CV is the coefficient of variation in %, S is the sample standard deviation and \bar{X} is the sample mean.

4. Results and discussions

4.1 Characteristics of the experimental materials and respired formulas

The experimental materials offered different characteristics. At 21.3 % dry matter (DM), FW offered a higher moisture content than YT and WC, at respectively 60.4 and 93.0 % DM (Table 15). The YT offered less total carbon (TC), organic matter (OM) and chemical oxygen demand (COD) because of a greater mineral content. The FW and WC offered a slightly acid pH as compared to the neutral pH of YT. The fractional analysis of organics demonstrated a higher soluble fraction for FW at 65.7 % of the total OM, followed by YT at 34.0 % and WC at 7.4 %. Inversely, a higher lignin content was observed for WC at 18.2 % of the total OM, followed by YT at 15.2 % and FW at 3.1 %. Accordingly and as compared to YT and then WC, FW offered the most opportunity for biodegradation, depending on environmental conditions correcting its moisture content for appropriate aeration.

The initial characteristics of the experimental formulas are presented in Table 16. Formulas with FW, alone or in combination with YT offered a DM of 21 to 24 %, while formulas with WC offered a DM of 35 to 40 %. Whenever present and because of its high moisture content, FW produced a formula wet bulk density of 0.4 to 0.5 kg L^{-1} , as compared to 0.1 to 0.2 kg L^{-1} when absent. All experimental formulas offered high FAS of at least 61 %, with the inclusion of WC producing higher values reaching 94 %. While FW and YT offered a low C:N ratio of 20.2 and 18.7, respectively, WC offered a high ratio of 47.7. Although known to produce higher N losses, a low C:N ratio is also known to enhance microbial activity and produce earlier temperature peaks (Chin et al., 2011). Accordingly, formulas with YT and FW were expected to produce peak OUR earlier than those with WC. All experimental formulas offered a COD value in the range of 1100 to 1220 mg (kg DM)^{-1} , and an organic matter content (OM) of 76 to 92 % based on DM.

Considering recommended composting values for DM in the range of 20 to 40%, FAS above 30% and C:N ratio under 35, experimental formulas M1 (FW alone), M4 (FW with YT) and M5

(FW with WC) and TM (FW, YT and WC) offered adequate physico-chemical properties (Mohajer et al., 2010; Haug, 1993). Experimental formulas M2 (YT), M3 (WC) and M6 (YT and WC) were relatively dry, with formulas M3 and M6 offering a C:N ratio above 35.

Table 17 presents the characteristics of the formulas after 32 days of respirometry. All formulas with an initial DM under 40 % lost over 36 % of their dry mass. Formulas M1 (FW) and M4 (FW and YT) lost the most dry mass at 67.5 and 66.9 %, respectively, followed by M5 (FW and WC) with 42.6 % and then TM (FW, YT and WC) at 36.3 %. All other experimental formulas, namely M2 (YT), M3 (WC) and M6 (YT and WC), lost less than 19 % of their dry mass but gained moisture as opposed to the other formulas. Losses in TC and OM were highly proportional to each other by a factor of 1.09 ($R^2 = 0.99$), but not proportional to losses in dry mass ($R^2 < 0.25$), indicating that a non-negligible mass of elements was lost through the leachate. Finally, COD losses were propositional to TC and OM losses by a factor of 1.07 and 0.98, respectively; for example, for each 1kg loss of OM, COD losses represented 0.98 kg. The losses of TC and OM were proportional to the soluble organics content of the formula, with those rich in FW losing the most and those rich in WC losing the least.

Table 16 Initial characteristics of experimental formulas using food waste, yard trimmings and wood chips

Characteristics	Mixtures								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	TM1	TM2	TM3
Wet mass (kg)	3.3	0.5	1.2	2.9	3.1	1.0	3.1	2.6	2.5
Dry mass (kg)	0.7	0.3	1.1	0.7	1.2	0.9	1.1	1.0	0.9
DM (%)	21.2 (0.7)	60.0 (4.4)	92.0 (1.0)	24.0 (3.4)	39.0 (1.2)	90.0 (3.6)	35.5 (2.8)	38.5 (2.7)	36.0 (2.9)
Wet bulk density (kg L ⁻¹)	0.5	0.1	0.2	0.5	0.5	0.1	0.4	0.4	0.4
FAS (%)	61.6	95.2	89.5	66.3	64.4	94.0	75.6	70.2	69.0
TC (% dm)	42.4 (1.9)	38.4 (1.7)	45.5 (1.0)	41.8 (2.6)	44.8 (2.0)	42.0 (1.8)	43.6 (2.6)	42.9 (2.2)	42.5 (2.3)
TKN (g (kg dm) ⁻¹)	20.8 (0.7)	20.6 (0.6)	9.5 (0.8)	20.9 (1.0)	14.1 (1.1)	11.1 (1.0)	15.6 (1.2)	15.1 (1.0)	15.5 (1.0)
C:N ratio	20.4	18.7	48.0	20.0	31.7	37.8	27.9	28.5	27.4
COD (g (kg dm) ⁻¹)	1205 (45)	1092 (59)	1207 (95)	1188 (74)	1220 (97)	1129 (99)	1198 (102)	1178 (92)	1170 (90)
OM (% dm)	82.1 (3.0)	75.7 (3.4)	96.0 (0.2)	81.0 (4.6)	91.6 (2.2)	87.8 (2.4)	88.1 (3.6)	87.1 (3.2)	85.9 (3.4)

Treatment composition based on FW:YT:WC wet volume ratio: M1 – 1:0:0, M2 – 0:1:0, M3 – 0:0:1, M4 – 0.5:0.5:0, M5 – 0.5:0:0.5, M6 – 0:0.5:0.5, TM1 – 0.33:0.33:0.33, TM2 – 0.33:0.33:0.33, TM3 – 0.33:0.33:0.33. All values in parenthesis are the standard deviation (n = 3). FAS – free air space; TC – total carbon; TKN – total Kjeldahl nitrogen; OM – organic matter; DM – dry matter.

Table 17 Characteristics of the experimental formulas after 32 days of respirometry

Characteristics	Mixtures								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	TM1	TM2	TM3
Wet mass (kg)	1.0	0.8	2.1	1.1	2.0	1.8	2.5	2.2	2.2
Dry mass (kg)	0.2	0.2	1.1	0.2	0.7	0.8	0.7	0.6	0.59
DM (%)	20.0	25.0	52.0	19.0	35.0	45.0	28.0	27.0	27.0
Dry mass loss (% of initial dm)	67.5	19.0	0.7	66.9	42.6	5.0	37.0	34.2	37.6
Wet mass loss (% of initial wet mass)	70.6	-84.1 ^a	-83.3 ^a	64.3	35.2	-76.2 ^a	17.0	13.2	15.1
TC (% dm)	31.7	28.1	45.1	29.5	20.7	33.1	31.7	27.5	28.2
	(0.5)	(0.2)	(0.5)	(0.3)	(0.5)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.4)
TC loss (% of initial TC)	78.6	51.2	0.9	79.8	74.8	29.9	56.4	61.5	56.5
TKN (g (kg dm) ⁻¹)	19.0	20.7	9.6	27.4	12.2	7.6	26.3	21.4	23.7
	(0.2)	(0.1)	(0.1)	(0.3)	(0.3)	(0.1)	(0.4)	(0.1)	(0.1)
TKN loss (% of initial TKN)	73.9	33.0	0	62.5	49.5	39.1	0	15	0
C:N ratio	16.7	13.6	47.0	10.8	17.0	43.4	12.0	12.8	12.0
COD (g (kg dm) ⁻¹)	818	727		730	326	977	716	659	732
	(16.4)	(9.4)	-	(11.0)	(24.1)	(17.6)	(13.6)	12.5)	(2.2)
COD loss (% of initial COD)	80.6	55.6	8.9	82.4	84.4	23.1	64.1	66.4	59.0
OM (% dm)	41.6	55.0	95.2	47.5	23.6	63.3	57.3	45.4	49.7
	(0.3)	(0.1)	(0.1)	(0.2)	(0.5)	(0.2)	(0.5)	(0.7)	(0.8)
OM loss (% of initial OM)	85.5	51.6	0.8	83.2	85.0	35.9	61.0	68.7	62.1

Formulas based on FW:YT:WC wet volume ratio: M1 – 1:0:0, M2 – 0:1:0, M3 – 0:0:1, M4 – 0.5:0.5:0, M5 – 0.5:0:0.5, M6 – 0:0.5:0.5, TM1 – 0.33:0.33:0.33, TM2 – 0.33:0.33:0.33, TM3 – 0.33:0.33:0.33. All values in parenthesis are the standard deviation for n = 3. ^a Water gain from saturated aerated air; TC – total carbon; TKN – total Kjeldahl nitrogen; OM – organic matter; dm – dry matter.

Losses in TKN were inversely proportional to the original formula C:N ratio ($R^2 = -0.69$), namely highest for M1 (FW) and M3 (FW and YT), followed by M2 (YT), M4 (FW and YT) and M5 (FW and WC). Nevertheless, losses in TKN were not highly correlated with losses in dry mass or OM and TC. More likely, formulas with a low C:N ratio lost more nitrogen because of an excess versus the carbon available for the generation of microbial biomass. All formulas tended towards a final C:N of 10 to 17, except for those with over 33 % WC, where their C:N remained above 40, because WC contains a high proportion of carbon but too slowly biodegradable to be removed along the respirometric test.

4.2 Experimental formula oxygen uptake

Before analyzing the O_2 uptake rate (OUR) and cumulative O_2 uptake (COU) of all experimental formulas, the reproducibility of the respirometric test was verified. During the study, three tests were performed on TM formula (FW:YT:WC= 0.33:0.33:0.33) with their characteristics presented in Table 16. The physico-chemical characteristics of the 3 TM formulas prepared at a different time were not statistically different, despite slight differences resulting from the heterogeneity of the raw experimental materials. Comparing results among the 3 TM tested (Figure 9), the coefficient of variation (CV) for the peak OUR and the 32 day COU were 1.5% and 7.2%, respectively, where a value below 10 is considered acceptable. As compared to formulas TM1 and TM3, formula TM2 produced a slightly higher OUR peak occurring 1.0 day earlier. This difference can be explained by a number of factors, including: the test temperature for TM2 slightly higher at 40.4°C (± 2.2), as compared to 39.5°C (± 2.0) and 39.0°C (± 2.0) for TM1 and TM3 respectively; the slightly higher DM of TM2 at 38.5 % as compared to 35.5 and 36.0 % for TM1 and TM3 respectively.

Considering that the 3 tests on TM did not differ significantly, Figure 10 compares the average OUR value for TM to the OUR obtained for each of the pure and binary formulas. On day 32 and with an OUR under $7.0 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$, all formulas were considered decomposed and stable. The highest OUR peak of $145 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$ was obtained with formula M4 (FW and YT), followed by formula TM (FW, YT and WC) at $100 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$. The M1 (FW) formula was likely too wet to yield one of the highest peak OUR values, despite its high soluble organics content. Furthermore, the neutral pH and high DM of YT helped produce higher peak OUR values when mixed with FW. Whereas YT and FW contributed to increasing the formula peak OUR value, WC dropped the peak OUR value under $5 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$ at over 50 % wet volume. All 3 of the formulas with at least 50 % WC offered a C:N ratio above 30 with M3 and M6 offering at least 90 % DM.

The time to peak OUR depended on the formula, where: the DM influenced its heat capacity, and; the soluble organics content and C:N ratio enhanced microbial activity and heat generation. In terms of time to peak OUR, a high C:N ratio corrected the effect of a DM outside the recommended range. Nevertheless, an early peak OUR did not necessarily correspond to a higher peak OUR. The shortest time to peak OUR of 1.0 day was reached by formula M2 (YT) because of its high DM of 60 % accompanied by a low C:N ratio of 18.7 and an intermediate soluble organics content. Nevertheless, the high DM of M2 (YT) likely limited its peak OUR value.

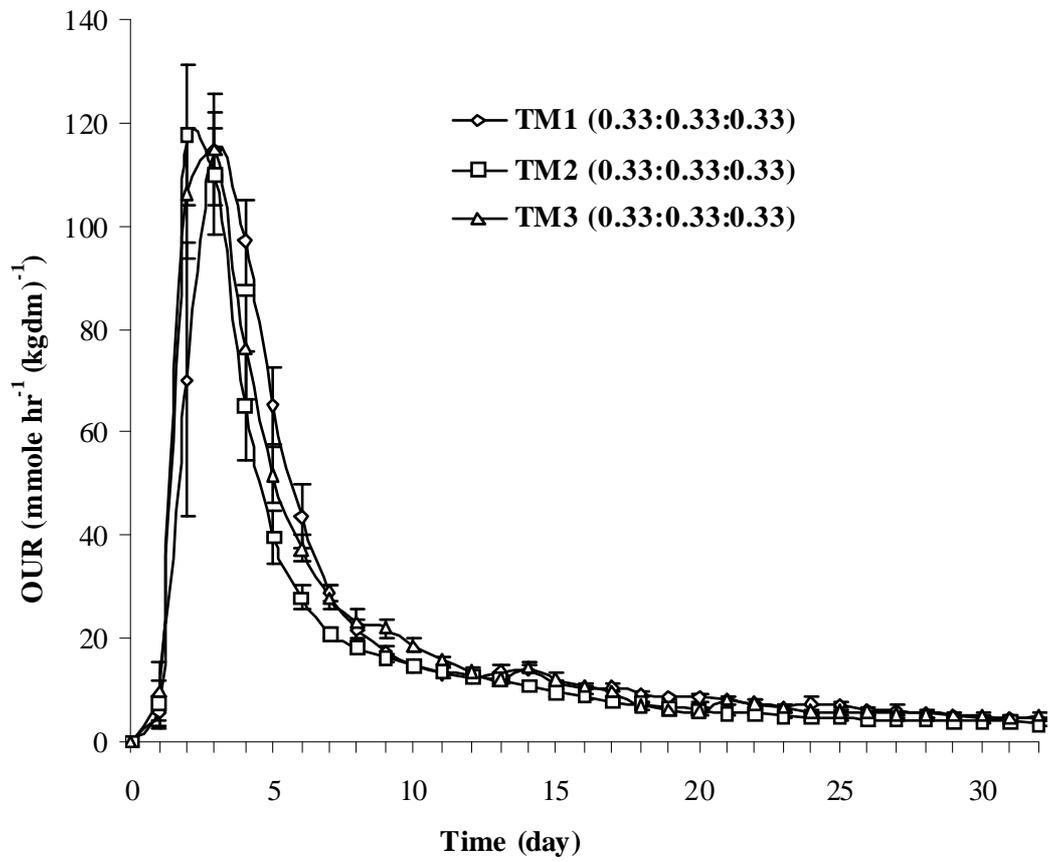


Figure 9 Oxygen uptake rate (OUR) profile illustrating the repeatability of trial TM (average of trials TM1, TM2 and TM3) with a FW:YT:WC ratio of 0.33:0.33:0.33, based on their wet volume. Y bars – standard deviation.

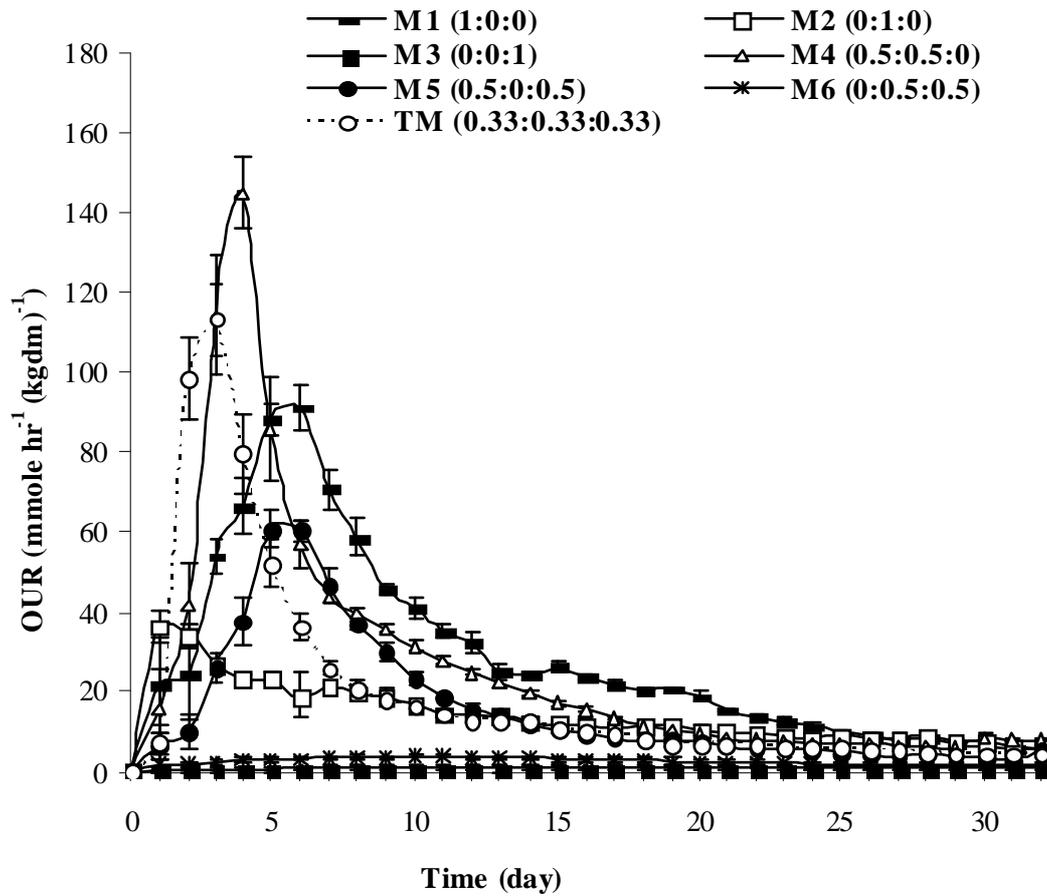


Figure 10 Oxygen uptake rate (OUR) profile for the formulas of organic waste. Note: all formulas were formulated from the wet volume of food waste (FW), yard trimmings (YT) and wood chips (WC) (FW:YT:WC). Each component ranged from 0 to 1. TM – average of triplicate testing for 0.33:0.33:0.33 FW:YT:WC, namely TM1, TM2 and TM3. Y bars – standard deviation.

The next formula to reach a peak OUR at 3 days was TM (FW, YT and WC) because of its intermediate DM and C:N ratio of 35 % and 28, respectively, and its intermediate soluble organics content. Next at 5 days, formula M4 (FW and YT) reached its peak OUR with a DM of 24 % and a C:N ratio of 20; this formula reached the highest peak OUR value because of its high soluble organics content and appropriate DM, as compared to M1 (FW). Finally at 6 days, M1 (FW) with a respective DM and C:N of 21.2 % and 20.8, and formula M5 (FW and WC) with a respective DM and C:N of 39 % and 32, both reached their peak OUR. Nevertheless, formula M1 produced a higher peak OUR value than that of M5, because of its higher soluble organics content.

The cumulative O₂ uptake (COU) curves over 32 days are illustrated in Figure 11. The highest COU was achieved by formula M4 (FW and YT) followed by M1 (FW) and TM (FW, YT and WC), and then M5 (FW and WC) and M2 (YT). Loss of OM was exponentially proportional to COU ($R^2 = 0.88$). Formula M4 (FW and YT) produced the highest COU as a result of its appropriate DM of 24 %, the neutral pH effect of YT and its low C:N of 18.7. Formulas M3 (WC) and M6 (YT and WC) produced limited amounts of COU, because of their DM exceeding 90 %. The COU ranking respected that of the peak OUR values, except for the reverse order of formula M1 (FW) as compared to TM (FW, YT and WC), because of its higher soluble organics content.

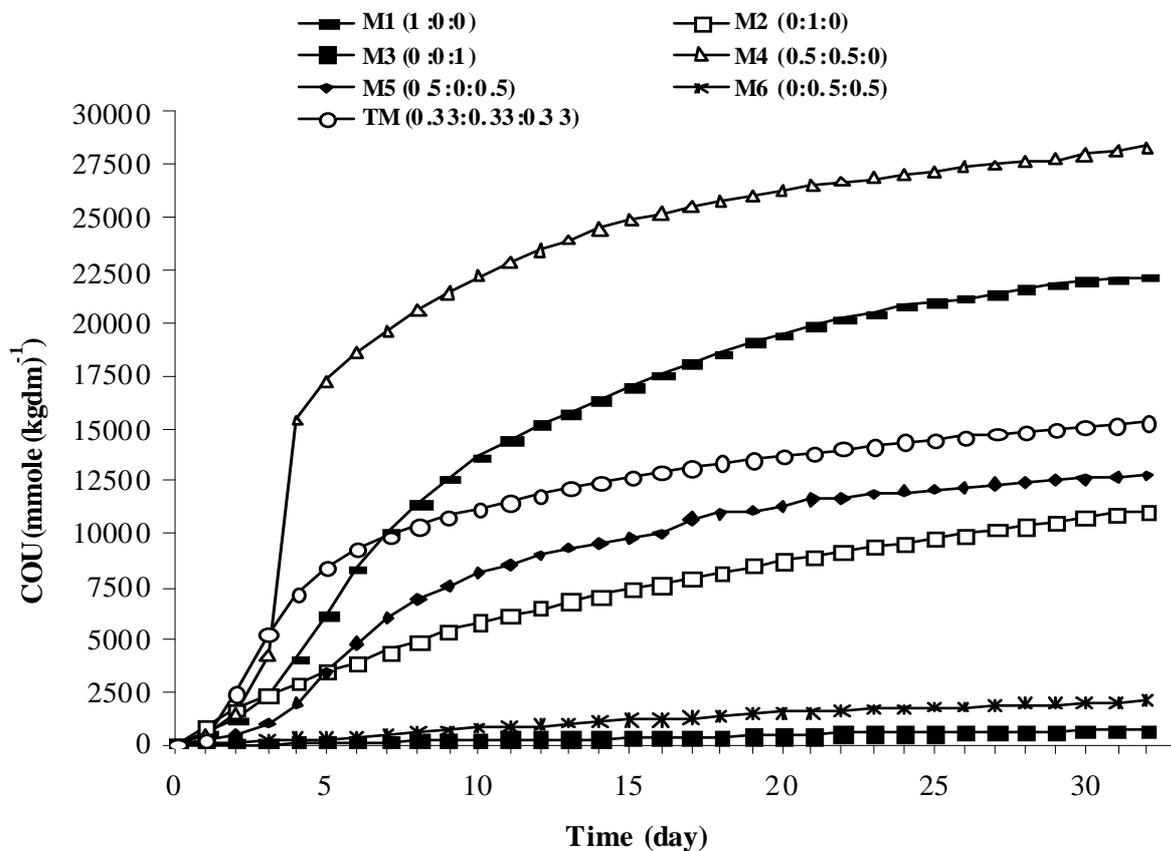


Figure 11 Cumulative oxygen uptake (COU) for formulas of food waste (FW), yard trimmings (YT) and wood chips (WC) during 32 days of respiratory. TM – average of triplicate testing for a 0.33:0.33:0.33 FW:YT:WC, namely TM1, TM2 and TM3.

4.3 Formula response modelling and profile

Multivariate linear regression was used to decipher the association between peak OUR (dependent variable) and formula component, FW, YT and WC (independent variable). The significance of the linear interaction coefficients of Equation (3) was proportional to the soluble organics content, (Table 18) with FW exerting a highly significant effect ($p=0.0004$), followed by YT ($p=0.002$) and then WC with no significant effect ($p=0.50$). The model interaction coefficient for FW/YT produced a highly significant effect ($p=0.0007$) while that for FW/WC and YT/WC produced a significant effect ($p= 0.02$). The interaction between all 3 components, FW/YT/WC was highly significant ($p< 0.002$), indicating a WC contribution in terms of formula structure and aeration, with FW and YT providing soluble organics and a more neutral pH, respectively, besides the DM effect.

The model was successfully tested as the measured and estimated peak OUR for all experimental formulas (Figure 12) produced a high coefficient of determination ($R^2=0.99$). Accordingly, Equation (3) was used to predict peak OUR as a function of formula FW, YT and WC wet volume ratio (Figure 13). The model predicted the highest peak OUR at 160 mmole $O_2 \text{ hr}^{-1}$ for a FW:YT:WC fraction of 0.6:0.4:0. Thus, YT as bulking agent is sufficient and WC is not essential. Formulas with a FW wet volume fraction approaching 1.0 still produce a high peak OUR of 90 mmole $O_2 \text{ hr}^{-1}$, while formulas with a YT or WC fraction approaching 1.0 produce respectively, low peak OUR of 40 and less than 20 mmole $O_2 \text{ hr}^{-1}$. Accordingly, FW needs a bulking agent to produce a high peak OUR, because of its low DM of 21.3 % and acid pH; YT enhances peak OUR when mixed with FW, because of its higher DM at 60.4 % and its neutral pH. Both FW and YT offer a low C:N ratio enhancing microbial activity, but also increasing potential nitrogen losses.

Table 18 Regression coefficients and significance for peak OUR model

Formula component	Regression coefficient	Coefficient estimation	p-value
FW	C_1	91	0.0004
YT	C_2	36	0.0023
WC	C_3	1.4	0.5004
FW and YT interaction	C_{12}	326	0.0007
FW and WC interaction	C_{13}	59.2	0.0196
YT and WC interaction	C_{23}	-58.8	0.0198
FW, YT and WC interaction	C_{123}	995.32	0.0021

OUR – oxygen uptake rate, FW – food waste, YT – yard trimmings, WC – wood chips.

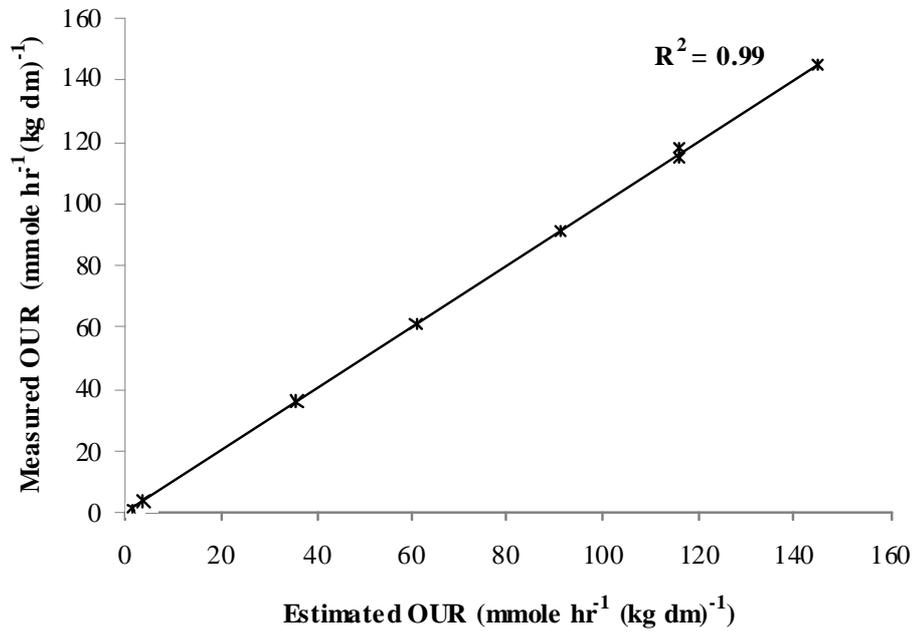


Figure 12 Relationship between measured and estimated oxygen uptake rate (OUR).

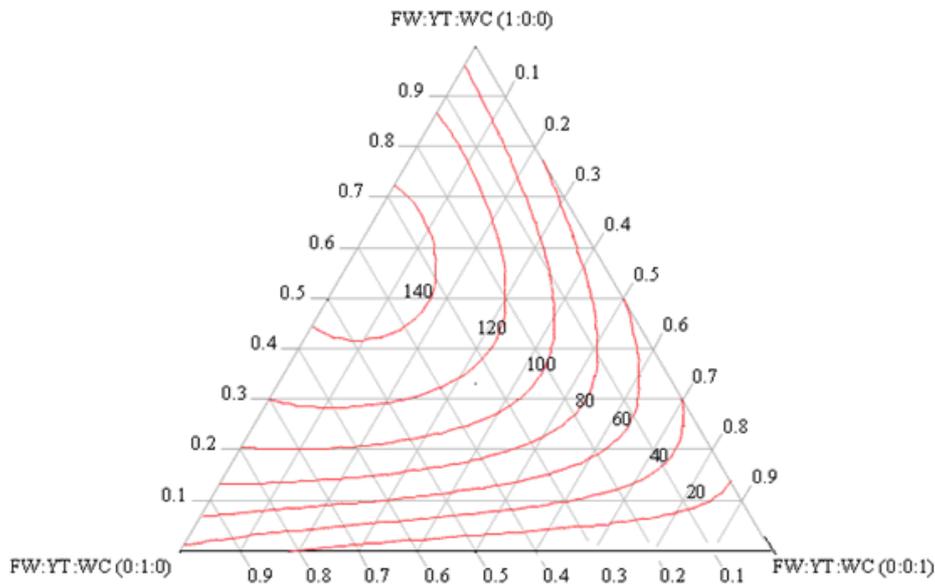


Figure 13 Surface contours for estimated response in oxygen consumption rate for the various formulas of food waste (FW), yard trimmings (YT) and wood chips (WC) expressed in mmole hr⁻¹ (kg dm)⁻¹. The left axis gives FW, the right axis gives WC and the bottom axis gives YT.

Composed mainly of food waste (FW) and yard trimmings (YT), organics represent one of the major fractions of the municipal solid waste (MSW) mainstream. Composting constitutes a practical recycling alternative to landfills for this fraction. As compared to centralized composting facilities, home composting is identified as less costly reducing the need for handling, transportation, labour and infra-structures. Nevertheless, optimal home composting formulas have not been investigated, thus setting the objective of this study. Formula optimization was based on respirometry or oxygen uptake rate (OUR) and cumulative oxygen uptake (COU). A higher peak OUR was associated with a more active microbial decomposition process and accordingly, a faster process with higher stabilizing temperatures, while COU was associated with a higher loss of dry mass.

Using 3 experimental materials, FW, YT and wood chips (WC), this study demonstrated that formula components significantly ($p < 0.01$) influenced peak OUR and thus microbial activity. Among the tested formulas, the binary formula of FW and YT, at a fraction of 0.5:0.5, demonstrated the highest OUR of $145 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$ and COU of $28.4 \text{ mole } (\text{kg dm})^{-1}$ followed by the tertiary formula (FW, YT, WC at a fraction of 0.33:0.33:0.33) with a peak OUR of $115.9 \text{ mmole hr}^{-1} (\text{kg dm})^{-1}$ and COU of $15.25 \text{ mole } (\text{kg dm})^{-1}$. The pure formulas of YT and WC were too dry to support an active microbial activity. The regression model demonstrated that the best home composter formula consists of a FW:YT wet volumetric fraction of 0.6:0.4, and that WC is not necessary when YT is available.

5. Acknowledgements

This study takes part of a larger project entitled ECCOVAL funded by the regional council of Brittany in France; the authors also acknowledge the financial and all necessary logistics supported by the Cemagref Rennes, France and the Natural Science and Engineering Research Council of Canada.

6. Symbols and abbreviation

C/N	-	carbon to nitrogen ratio
CO ₂	-	carbon dioxide
COD	-	chemical oxygen demand
CV	-	coefficient of variation
DM	-	dry matter
FAS	-	free air space
FW	-	food waste
H ₂ O	-	water
H ₂ SO ₄	-	sulphuric acid
K ₂ Cr ₂ O ₇	-	potassium dichromate
M1	-	pure formula of food waste
M2	-	pure formula of yard trimmings
M3	-	pure formula of wood chips
M4	-	binary formula of food waste and yard trimmings
M5	-	binary formula of food waste and wood chips

M6	-	binary formula of yard trimmings and wood chips
MSW	-	municipal solid waste
O ₂	-	oxygen
OM	-	organic matter
OW	-	organic waste
S	-	sample standard deviation
TC	-	total carbon
TKN	-	total Kjeldahl nitrogen
TN	-	total nitrogen
TM	-	tertiary formula of food waste, yard trimmings and wood chips
WC	-	wood chips
wm	-	wet mass
YT	-	yard trimmings

7. References

Adani F, Ubbiali C, and Generini P (2006) The determination of biological stability of composts using the Dynamic Respiration Index: The results of experience after two years. *Waste Management* 26: 41–48.

Adhikari BK., Trémier A, Martinez J, and Barrington S (2010) Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. *Waste Management & Research* 28(11):1039-1053.

Adhikari BK, Barrington SF, and Martinez J (2009) Urban food waste generation: challenges and opportunities. *Int. J. Environment and Waste Management* 3(1/2): 4-21.

AFNOR (2001a) Caractérisation des déchets-Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments. NF EN 13137. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001b) Qualité de l'eau-Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO). NF T 90-101. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (1995) Qualité du sol -Dosage de l'azote total - Méthode de Kjeldahl Modifiée. NF ISO 11261. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (1985) Amendements organiques et supports de culture-Détermination de la matière organique totale - Méthode par calcination. NF U 44-160. Association Française de Normalisation, Paris, France.

Barrena R, d'Imporzano G, Ponsa S, Gea T, Artola A, Vazquez F, Sanchez A and Adani F (2009) In search of a reliable technique for the determination of the biological stability of the organic matter in the mechanical–biological treated waste. *Journal of Hazardous Materials* 162: 1065–1072.

Berthe L, Druilhe C, Massiani C, Tremier A and de Guardia A (2007) Coupling a respirometer and a pycnometer, to study the biodegradability of solid organic wastes during composting. *Biosystems Engineering* 97: 75 – 88.

Buendia IM, Fernandez FJ, Villasenor J and Rodriguez L (2008) Biodegradability of meat industry wastes under anaerobic and aerobic conditions. *Water Research* 42: 3767 – 3774.

CCEM (1989) National Contamination Site Remediation Program. Ottawa, Canada : Environment Canada.

Cokgor EU, Insel G, Aydin E, Orhon D (2009) Respirometric evaluation of a mixture of organic chemicals with different biodegradation kinetics. *Journal of Hazardous Materials* 161: 35-41.

Chin R., Schwalb M., Barrington S (2011) Bulking agent selection for community composting centre to optimize stabilization and minimize N losses. Global Science Books, UK.

Gómez RB, Lima FV and Ferrer AS (2006) The use of respiration indices in the composting process: a review. *Waste Management & Research* 24: 37–47.

Gomez RB, Lima FV, Bolasell MAG, Gea T and Ferrer AS (2005) Respirometric assays at fixed and process temperatures to monitor composting process. *Bioresource Technology* 96: 1153–1159.

Haug RT (1993) *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, an imprint of CRS Press LLC, Boca Raton, Florida, USA, pp. 205-258.

JMP (2008) JMP release 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Kalamdhad AS, Pasha M and Kazmi AA (2008) Stability evaluation of compost by respiration techniques in a rotary drum composter. *Resources, Conservation and Recycling* 52: 829–834.

Kumar S, Bhattacharya JK, Vaidya AN, Chakrabarti T, Devotta S and Akolkar AB (2009) Assessment of the status of municipal solid waste management in metro cities, state cities, class I cities, and class II towns in India: An insight. *Waste Management* 29(2): 883-895.

Landfill Directive (1999) Directive 1999/31/EC on the landfill of waste, 25.11.2000, L298/24. Office for official publications of the European Communities, 2, rue Mercier, L – 2985 Luxembourg.

Moghadam MR, Mokhtarani N and Mokhtarani B (2009) Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. *Waste Management* 29(1): 485-489.

Mohajer A, Tremier A, Barrington S, Martinez J, Teglia C and Carone M (2010) Kinetics of microbial oxygen uptake as influenced by compost material physical parameters. *Journal of Waste Management* 30: 1464-1471.

Rasapoor M, Nasrabadi T, Kamali M and Hoveidi H (2009) The effects of aeration rate on generated compost quality, using aerated static pile method. *Waste Management* 29(2): 570-573.

Ruggieri L, Gea T, Mompeo M, Sayara T and Sanchez A (2008) Performance of different systems for the composting of the source-selected organic fraction of municipal solid waste. *Biosystems Engineering* 101: 78 – 86.

Sanchez Arias V, Fernandez FJ, Rodriguez L, Villasenor J (2010) Respiration indices and stability measurements of compost through electrolytic respirometry. *Journal of Environmental Management* 91: 1-5.

Strenstrom MK and Andrews JF (1979) Real-time control of activated sludge process. *Journal of Environmental Engineering Division ASCE* 105 (EE2): 245-262.

Tremier A, de Guardia A, Massiani C, Paul E and Martel JL (2005) A respirometric method for characterising the organic composition and biodegradation kinetics and the temperature influence on the biodegradation kinetics, for a mixture of sludge and bulking agent to be co-composted. *Bioresource Technology* 96: 169–180.

Turan NG, Coruh S, Akdemir A and Ergun ON (2009) Municipal solid waste management strategies in Turkey. *Waste Management* 29(1): 465-469.

Urano K and Kato Z (1986) A method to classify biodegradability of organic compounds. *Journal of Hazardous Materials* 13: 135-145.

US DT (2009) Repeatability Analysis of the Forces Applied to Safety Belt Anchors Using The Force Application Device. DOT HS 811 139. United States Department of Transportation (US DT), National Highway Traffic Safety Administration. Washington DC USA.

Van Soest PJ (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibre residues of low nitrogen content. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 46, 825–829.

Villaseñor J, Pérez MA., Fernández FJ and Puchalski CM (2011) Monitoring respiration and biological stability during sludge composting with a modified dynamic respirometer. *Bioresource Technology* 102: 6562–6568.

Wagland ST, Tyrrel SF, Godley AR and Smith R (2009) Test methods to aid in the evaluation of the diversion of biodegradable municipal waste (BMW) from landfill. *Waste Management* 29: 1218–1226.

Etude de l'influence du type de composteur

Home composting of organic waste: Effect of home composter design

Bijaya K. Adhikari^{a,b,c}, Anne Trémier^{a,b,*}, José Martinez^{a,b} and Suzelle Barrington^{b,c}

UR GERE, 17 avenue du Cucillé, CS 64427, F-35044, Rennes, France

^bUniversité Européenne de Bretagne, France

^cDepartment of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University, 21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue (Québec) Canada, H9X 3V9

*Corresponding author: Suzelle Barrington, Ph. D.

Department of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University, 21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue (Québec) Canada, H9X 3V9

Tel : 001 514-398-7776
Fax : 001-514-398-8387
Email : suzellebarrington@sympatico.ca

1. Abstract

Worldwide, health and environmental considerations have recently encouraged the diversion from landfills, of the organic fraction (OW) of the municipal solid waste stream (MSW). As an alternative to centralized facilities, on-site treatments such as home composting can reduce recycling costs, as long as the product is safe and well sanitized. The objective of this study was therefore to compare, against a laboratory forced aeration composter (LR), the performance in terms of temperature regime and compost quality, of four 300 to 400 L home composting systems (HC), namely the Plastic (P) and Wood (W) Bins, the Rotary Drum (RD) and the Ground Pile (GP). All HC and the LR were batch loaded with the same food waste (FW) and yard trimmings (YT) mixture, to monitor under equal conditions, their temperature and compost characteristics. The temperature of the P, RD and GP composts reached 55°C within 3 days while that of W and LR required 6 and 9 days, respectively. The P, W, and GP composts were exposed to 60 °C temperatures for over 3 days while that of RD and LR peaked at 58 °C. After 150 days and despite different temperature regimes, all HC and the LR composts demonstrated similar dry matter, organic matter, chemical oxygen demand and total carbon (95 % confidence level) concentrations, except for that of RD remaining at 23 % dry matter, because of poor aeration. All composts produced pathogen and parasite counts, trace element levels and polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations respecting France and North American regulations. In this study, P and GP performed best among all HC, producing the longest sterilizing thermophilic temperatures as a result of better convective aeration.

Keywords: organic waste, home composters, compost quality, municipal solid waste.

2. Introduction

When used to eliminate the organic fraction of the municipal solid waste stream (MSW), landfilling brings about air, water and soil contamination risks for ecosystems, the atmosphere and human health, beside complaints from local residents (Kim and Kim, 2010; Montejo et al., 2010). As a major fraction of MSW, organic waste (OW) production has increased considerably worldwide over the past decade as a result of economic growth especially in Asia (Boldrin and Christensen, 2010; Colón et al., 2010; López et al., 2010). Accordingly, legislation such as in Europe and North America, has advocated the recycling and reuse of OW, or its stabilization if it must be landfilled. Composting, anaerobic digestion, incineration and mechanical biological treatment are options with less environmental impact than landfilling, but require more complex collection and transportation systems, besides more costly processing facilities (Adhikari et al., 2010).

Source separation and recycling using a home composting system (HC) is a solution among others to recycle OW while limiting collection, transportation and treatment costs (Adhikari

et al., 2010; Colón et al., 2010; Smith and Jasim, 2009). But the management of HC must produce bio-secure compost relatively free of parasites and pathogens, trace elements and toxic organics (Stabnikova et al., 2005). Depending on the care used during source separation, compost produced from OW can contain: trace elements such as those generated from the ink of waste paper and added by atmospheric deposition and small metallic fragments discarded inadvertently (Smith et al., 2009); organic pollutants such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and polychlorinated biphenyls (PCB) from pesticides applied to or aerially deposited on horticultural wastes (Brändli et al., 2007), and; pathogens, parasites and viruses when the compost recipe, made from infected wastes, is not uniformly exposed to thermophilic temperatures (Gong, 2007). Furthermore, poor compost management can lead to a greater generation of greenhouse gases and odours (Nakasaki et al., 1998; Recyc-Québec, 2006).

Considering the limited number of studies pertaining to aspects of bio-security associated with OW treatment using HC (Körner et al., 2008; Smith and Jasim, 2009; Colón et al., 2010), the main objective of this study was to compare the performance of four different types of common HC, by comparing their temperature regime and their compost quality. The four experimental HC, namely the Plastic (P) and Wood (W) bins, the Rotary Drum (RD) and the Ground Pile (GP), were compared to a control, namely a Laboratory Reactor (LR) with forced aeration. All HC and the LR were batch filled to monitor under similar conditions, their temperature and compost characteristics.

3. Material and Methods

3.1 Experimental composters and substrate

This study compared the performance of four commonly used HC and a control, namely a laboratory reactor (LR). The 4 common HC were: a 400 L Plastic bin (P) measuring 0.70 m x 0.70 m by 0.80 m in height; a 400 L Wood bin (W) measuring 0.78 m x 0.65 m by 0.75 m in height; a 350 L metallic Rotary Drum (RD) with an internal diameter of 0.77 m and a length of 0.76 m, and; a Ground Pile (GP) measuring 0.65 m in height and 0.75 m in base diameter (Figure 5.1). The 300 L laboratory Reactor (LR) had an internal diameter of 0.70 m and a height of 0.80 m and had a manually controlled forced aeration system.

(a)

(b)

(c)



(d)

(e)



Figure 14 Home composting systems tested for their performance: (a) Rotary Drum (RD), (b) Wood bin (W), (c) Plastic bin (P), (d) Ground Pile (GP), and (e) Laboratory Reactor (LR).

The source separated food waste (FW) was supplied by two restaurants of the city of Rennes, Bretagne, France. All FW was collected within 3 days of being produced and stored at 4 °C until used. The yard trimmings (YT) were obtained from the grounds of the Cemagref Research Institute of Rennes, France. While being collected, the FW and YT were sampled for physico-chemical characterization.

3.2 Experimental procedure

All four HC were randomly placed under a tent outside for rainfall and sunshine protection, while the LR was operated inside a laboratory. Using the same FW and YT mixture in equal wet volumes, all composting systems were filled at once without any pre-treatment for comparison on a similar basis. While filling the HC and LR, several ThermoChron iButton temperature sensors (DS1921G-F5, ThermoChron iButton, Dallas Semiconductor, USA) were installed in the compost mass: one in the centre; two at 0.1 m above the bottom, and; two more at 0.1 m below the compost surface. All HC were naturally aerated except for their weekly mixing, while the LR was aerated at a fixed rate of 188 L(hr)⁻¹.

All composting systems were operated for 150 d. Every week during the first two months and monthly thereafter, all composts were evaluated for their odour characteristics, then hand mixed and sampled in triplicate (100 g) for characterization. The temperature sensors were retrieved after 70 d of composting, during one of the mixing operation. After 150 d, the HC and LR compost mass was weighed and sampled in triplicate for physico-chemical characterization. The characterization at 0 and 150 d provided data to compute the loss in dry matter (DM), total carbon (TC), total Kjeldahl nitrogen (TKN), chemical oxygen demand (COD), and organic matter (OM) fractions, namely soluble OM, hemicellulose, cellulose and lignin. Furthermore, the final product at 150 d was analyzed for pathogens and parasites, trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), to assess the compost quality and thus its suitability as soil amendment (Mato et al., 1994).

5.3.3 Analytical procedure

The bulk density of the fresh compost samples was determined by filling three 30 L pails without compaction, and weighing their content. The free air space (FAS) of the fresh compost samples was determined using an air pycnometer (Berthe et al., 2007) where an airtight cell is filled with compost and then pressurized while measuring the volume of injected air. At equilibrium pressure, the injected air provides an estimate of the free air space in the compost.

Before being analyzed, all triplicate compost samples were dried in an oven (SR 2000, Thermosi, France) at 80 °C until a constant weight was reached and then grinded to less than 0.5 mm (ZM model 1000 grinder, Retsch, Germany). The TC was determined by burning 10 mg samples at 900 °C (Thermo Scientific, FLASH 2000 Series, Organic Elemental Analyser, Courtaboeuf, France) according to AFNOR (2001a). According to AFNOR (1995), TKN was determined using an automatic distilling system (VAP 50c, Gehardt automatic distillator,

Gerhardt, Germany), after digesting 0.5 to 1.0 g samples with H₂SO₄ (automated Kjeldatherm TZ block digester, Gerhardt, Germany). The COD was determined by titration (Metrohm, Courtaboeuf, France) after digesting 60 mg samples with H₂SO₄ and K₂Cr₂O₇ (Kjeldatherm COD digestion block, CSB 20M, Gerhardt, Germany), according to AFNOR (2001b). The OM was determined by burning at 550 °C for 3 hours (Thermolyne 30400, Furnace, F30420 C-33, Essex, UK), according to AFNOR (1985). To correct all analytical results, residual moisture was determined by drying grinded compost samples at 105 °C for 24 hours (SR 1000, Thermosi, France). The pH of wet samples was determined by soaking for 24 hours without shaking at 5°C, in just enough distilled water to use a pH electrode (pH-Electode SenTix41, WTW, Weilheim, Germany) according to Adhikari et al. (2009). The soluble OM, hemicellulose, cellulose and lignin fractions were determined using a fibre extractor (VELP Scientific, FIWE 6 Extractor for raw fibre determination, Usmate, Italy) according to Van Soest (1963).

Escherichia Coli and Fecal Streptococci were quantified using microfiltration (AFNOR, 2001c). The presence of Salmonella in 25 g wet samples was verified using Petri plates with XLD agar (AFNOR, 2006). The presence of helminthe eggs in 1.5 g of wet sample was determined using the triple flotation technique (AFNOR, 2004). The trace elements were quantified by ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy) after digestion with nitric acid, and the PAH were analysed by chromatography and fluorimetric detection after extraction with hexane/acetone (AFNOR, 2000) respectively.

According to a simple method developed by Rosenfeld et al. (2007), compost odour characteristics were subjectively evaluated using 10 panellists trained to recognize the following smells: earthy/humus (EH), mushroom (MR), citrus fruit (CF), grassy/hay (GH), soft fermentation (SF), fishy (F), dead animal (DA), mouldy (MD), rotten vegetable (RV), rotten eggs (RE), sewage (SE) and woody (WD). Odour evaluations were conducted every two weeks for the first month and monthly thereafter. Panellists took a three minute break between each HC evaluation, and described the odour using as many smell types as required. Each smell type associated with a HC at a given time was expressed in terms of the percentage of reporting panellists.

3.4 Statistical procedure

Consisting of the four HC and the LR, the treatments were tested with same initial compost mixture, fed all at once on the same day. The statistical significance of the treatment (HC type and LR as control) effect on the compost characteristics during 150 d was tested over time with triplicate samples for each HC and the LR. Accordingly, the physico-chemical characteristics were compared by the repeated measure ANOVA using PROC GLM procedure at 95 % confidence level (SAS Institute Inc., 2008).

4. Results and discussion

4.1 Initial physico-chemical characteristics of the experimental materials

The FW and YT composition is described in Table 19. On a wet mass basis, vegetable residues formed the largest fraction of FW at 49 %, followed by roots and tuber, fruit and cooked food residues ranging between 15 and 18 %. The various fractions of FW had a similar DM ranging from 20 to 29 % and averaging 25 %. On a wet mass basis, the YT consisted of 89.9% grass clippings at 58 % dry matter (DM) and 10.1 % tree leaves at a 64 % DM.

Table 19 Composition of experimental organic waste

Organic waste description		DM (%)	Compost mass content		
Primary	Secondary		Dry (%)	Wet (%)	
Food waste					
Fruits	Apple	15.7	3.6	3.6	
	Passion fruit	12.8	0.7	0.9	
	Avocado peel	25.9	1.8	1.1	
	Avocado seed	50.8	1.1	0.3	
	Banana	18.9	2.3	1.9	
	Date fruit	68.1	6.7	1.5	
	Mango	19.3	1.0	0.8	
	Citrus fruits	18.3	6.3	5.3	
	Pineapple	15.4	0.7	0.7	
		Average/Sub-total	27.2	24.2	16.1
Roots and tubers	Onion/garlic leaves	13.5	0.8	1.0	
	Onion/garlic flesh	19.1	4.7	3.8	
	Carrot/peel	11.9	9.0	11.7	
	Radish	34.9	4.9	2.2	
		Average/Sub-total	19.8	19.4	18.7
Cooked food	Rice and bread	25.7	3.9	2.3	
	Carrot and cabbage	16.0	7.1	6.8	
	Potato	17.3	5.5	5.0	
	Spaghetti	33.3	2.0	0.9	
	Egg white	36.0	0.3	0.1	
	Peas and beans	39.0	0.2	0.1	
	Egg shells	66.3	3.5	0.7	
		Average/Sub-total	27.9	24.2	14.4
Vegetable	Celery	10.1	8.3	11.9	
	Green leafy vegetables	10.8	4.5	6.6	
	Cauliflower/cabbage	10.5	20.0	29.6	
	Pumpkin	17.1	1.2	1.1	
	Peas and beans	39.0	0.2	0.1	
		Average/Sub-total	23	34.2	49.4
		Overall average	25	100	100
Yard trimmings					
	Grass clippings	58.0	89.0	89.9	
	Tree leaves	63.7	11.0	10.1	
	Average/Total	61	100	100	
Note:	DM	–	dry	matter	

Table 20 Initial experimental compost characteristics

Characteristic		Treatment				
Primary	Secondary	Wood bin (W)	Plastic bin (P)	Ground Pile (GP)	Rotary Drum (RD)	Laboratory Reactor (LR)
FW:YT	Dry mass	0.94:1	0.93:1	0.96:1	1:1	1:1
	Wet mass	3.67:1	3.63:1	3.77:1	3.95:1	3.87:1
	Wet volume	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1
Physical	Mass – wet (kg)	72.2	75.5	75.0	75.2	67.2
	- dry (kg)	17.1	17.9	17.6	16.8	15.5
	Volume (L)	320	320	320	320	250
	Bulk density (wet kg(m ⁻³))	230	240	240	230	280
	Dry matter (%)	24.1 (1.2)	24.1 (1.2)	23.7 (1.2)	23.3(1.2)	23.3 (1.2)
	Free air space (%)	66	66	66	66	66
Chemical	pH	6.1 (0.17)	6.1 (0.17)	6.1 (0.17)	6.1 (0.17)	6.1 (0.17)
	Total carbon (g (kg dm ⁻¹))	392 (0.7)	392 (0.7)	393 (0.7)	395 (0.7)	395 (0.7)
	Total Kjeldahl nitrogen (g (kg dm ⁻¹))	23 (0.2)	23 (0.2)	23 (0.2)	23 (0.2)	23 (0.2)
	Chemical oxygen demand (gO ₂ (kg dm ⁻¹))	1117 (24)	1115 (24)	1113 (24)	1115(23.8)	1139 (24)
	Carbon:nitrogen (C/N)	17	17	17	17	17
Organic fraction	Organic matter (% dm)	75 (0.2)	75 (0.2)	75 (0.2)	75 (0.2)	77 (0.2)
	Soluble fraction (%)	50.7	50.7	51.1	51.5	51.2
	Hemicellulose (%)	23.1	23.1	23.0	22.9	22.4
	Cellulose (%)	17.6	17.6	17.5	17.4	17.5
	Lignin (%)	8.6	8.6	8.4	8.3	8.9

Note: the value in parenthesis is the standard deviation.

The physico-chemical characteristics of the initial compost mixture loaded into each HC and the LR are presented in Table 20. The compost mixture consisted of FW and YT at a wet volumetric ratio of 1:1 with a DM of 23 to 24% (± 1.2 %), a C/N ratio of 17, a pH of 6.1 (± 0.17), and an OM of 75 to 77 % (dm basis). The properties of the initial compost mixture respected those recommended for an active aerobic microbial activity, namely a C/N ratio in the range of 15 to 35 (Stabnikova et al., 2005; Haug 1993; Zucconi et al., 1986), a pH between 6 and 8 (Haug 1993) and a DM of 20 to 40 % (Haug 1993, Adhikari et al., 2009). The fresh compost offered FAS of 66 % which according to Eftoda and McCartney (2004) respects the minimum of 30 % required for good aeration. The OM fractions consisted of 51 % soluble OM, 23 % hemicellulose, 17 % cellulose and 8.5 % lignin, for a chemical oxygen demand (COD) of $1120 \text{ g O}_2 (\text{kg dm})^{-1}$.

4.2 Temperature regime

Temperature is considered to be an excellent indicator of aerobic microbial activity (Diaz et al., 1993). The temperature regime developed by all HC and the LR composts during the initial 70 d of testing is presented in Figure 15. Quickly developing thermophilic temperatures, the P, GP and RD composts reached 55 °C within 3 days, while that of W and LR reached 55 °C later, on day 6 and 9, respectively. Thermophilic temperatures above 55 °C were maintained during 6, 5, 4 and 2 days for GP, P/W, RD and LR, respectively. The P, W, and GP composts were exposed to 60 °C temperatures for over 3 days while that of RD and LR peaked at 58 °C. The composts of all HC were fully reacted by day 21, at which time their temperatures had dropped to near ambient. The LR compost temperature of 25 °C as of day 18 corresponded to the ambient laboratory temperature.

The difference in temperature regime among all HC and LR composts resulted from their different aeration modes, where the HC were exposed to natural convection while the LR was force aerated. When aerating compost, Barrington et al. (2002) demonstrated that convective (passive) aeration is better able to provide an aeration rate corresponding to the requirements of the microbial activity, as opposed to forced aeration without a control algorithm. Under uncontrolled forced aeration, ventilation rates often either exceed or do not meet the microbial requirements resulting in a temperature drop below thermophilic levels. Under convective forces, the microbial community creates its own aeration rate based on the heat generated from its level of activity. Nevertheless, convective aeration requires proper air flow conditions with bottom and top air access. Large compost masses require floor ducts to enhance convection as opposed to HC where wall perforations can suffice.

The temperature regime developed by each HC reflected their ability to generate convective aeration forces. The GP was free of obstacles and provided the best temperature regime along with that of P with perforations concentrated at its bottom and top. In contrast, W did not perform as well, with aeration slots distributed over its full height. Initially providing sufficient aeration to quickly reach thermophilic temperatures above 55 °C, RD suffered from the later clogging of its aeration ports also preventing moisture evacuation. Accordingly, its compost remained wet, developing thermophilic temperatures of 58 °C for a short while, and generating malodours, as will be seen later.

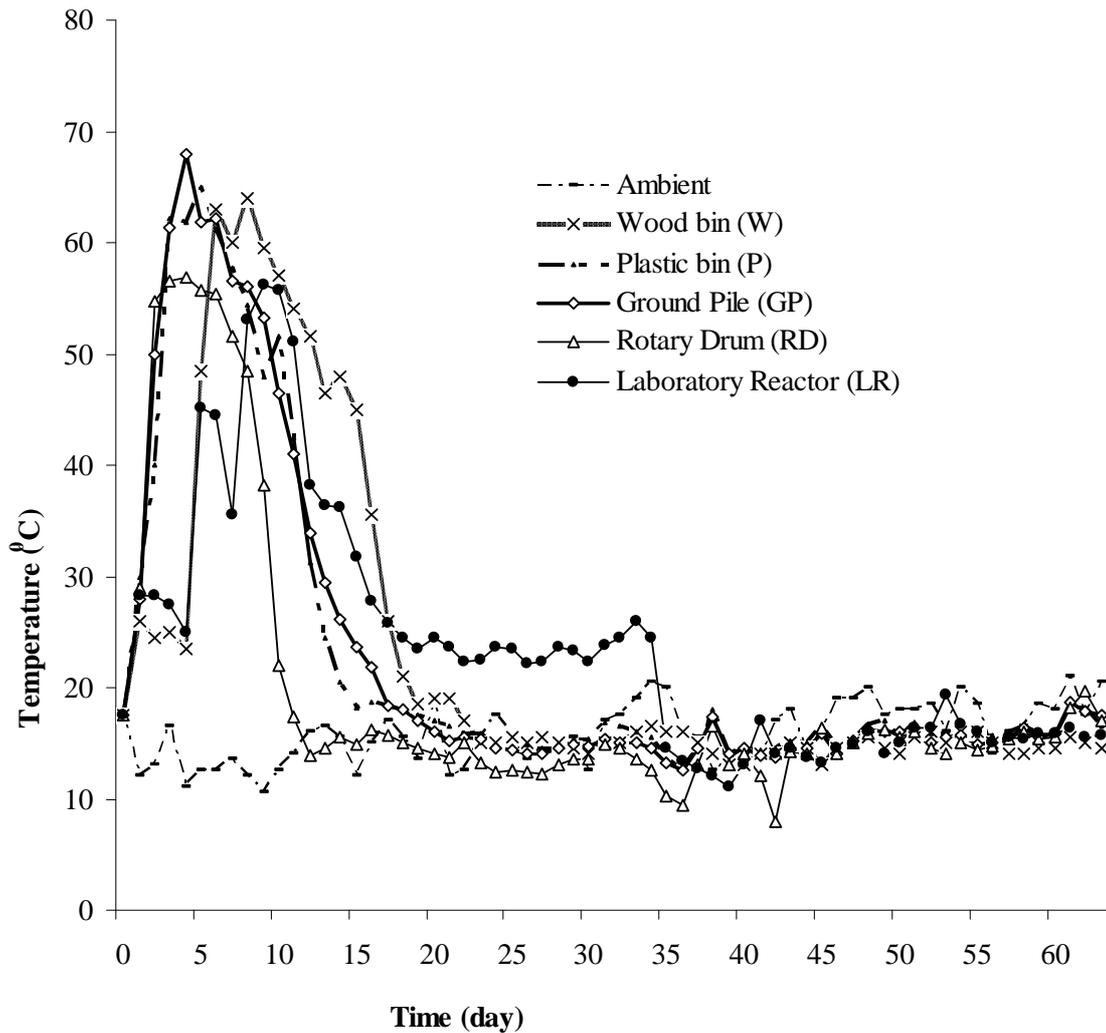


Figure 15 Temperature regime of the four home composting systems (HC) and the laboratory reactors, compared to daily ambient temperatures.

The temperature distribution was similar within the compost mass for all HC with the highest values recorded in the centre. For all HC, the compost surface temperature was close to ambient indicating the need for mixing to achieve a more uniform stabilization process.

To sanitize the compost from parasites, pathogens and viruses, at least 3 days of 60 °C and 55 °C are required (Chroni et al., 2009) in Europe and Canada, respectively (Hogg et al., 2002). In this experiment, the P, GP and W composts respected both the European and Canadian norms, while that of RD respected the Canadian norms only. The LR compost respected neither norm achieving temperatures between 55 and 60 °C only for 2 days.

4.3 Compost characteristic evolution

Figure 16 illustrates the evolution of the physico-chemical characteristics of all compost during 150 d of composting. When comparing the final characteristics among treatments, namely the four HC and the LR, only the RD compost DM, TKN and pH and the LR compost TKN were significantly different ($p < 0.05$). Thus, Figure 5.3 groups the results of all treatments except for DM, TKN and pH associated with RD and TKN associated with LR.

After 150 days of composting, all composts demonstrated the same final TC and OM of 26 % (± 1) and 49 % (± 2), respectively, resulting in a final COD of $705 \text{ g O}_2 (\text{kg dm})^{-1}$ (± 28), with the highest rate of change occurring during the first 15 days. The compost DM differed only for that of RD ($p < 0.01$) remaining at 23 %, as compared to all other treatments at 80 % (± 4). The RD compost maintained a low DM because of aeration port clogging resulting in moisture accumulation as observed during mixing operations. This also resulted in a shorter thermophilic composting period.

The compost TKN showed little evolution over the 150 day composting period, (Figure 16b), with that of LR showing a significantly higher final level of $26.6 (\pm 0.46) \text{ g (kg dm)}^{-1}$ and that of RD showing a significantly lower levels of $19.9 (\pm 0.26) \text{ g (kg dm)}^{-1}$ ($p < 0.01$). A final pH ranging between 8 and 9 was reached by all treatments, except for that of the RD which remained lower between 7 and 8 especially from day 15 to 90, because of its wet compost. Nevertheless, a pH ranging from 7 to 8.5 exerts no negative effect on the microbial degradation process, even during the early stages of composting (Nakasaki et al., 1993).

Figure 17 presents the evolution of the different organic fractions during the 150 d composting period. The soluble, hemicellulose and cellulose fractions dropped to 43.6% (± 3.4), 11% (± 2.3) and 13.5% (± 3.4) from an initial concentration of 51% (± 0.3), 22.9% (± 0.3) and 17.5% (± 0.1), respectively. In parallel with TC and OM, the soluble fraction was degraded at a fast rate during the initial 15 days, but still remained high at 43.6 % after 150 days of composting. Following the degradation of easily available soluble OM after 15 days, hemicelluloses decomposition dominated for the following 135 days, reaching a low of 11 %. The cellulose concentration dropped at a constant rate during the entire composting period, whereas the lignin concentration increased as the other fractions disappeared. Simple carbon compounds such as soluble sugars and organic acids are easily metabolized by the compost microbial population whereas natural long chain polymers such as lignin remain being harder to breakdown (Epstein, 1997; de Bertoldi et al., 1983).

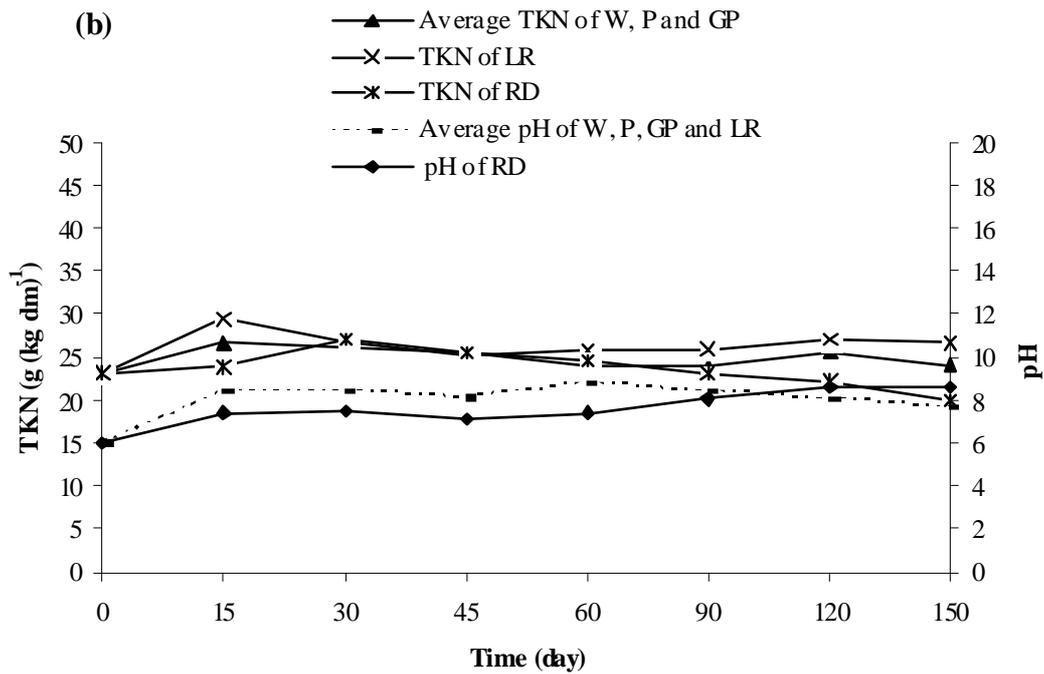
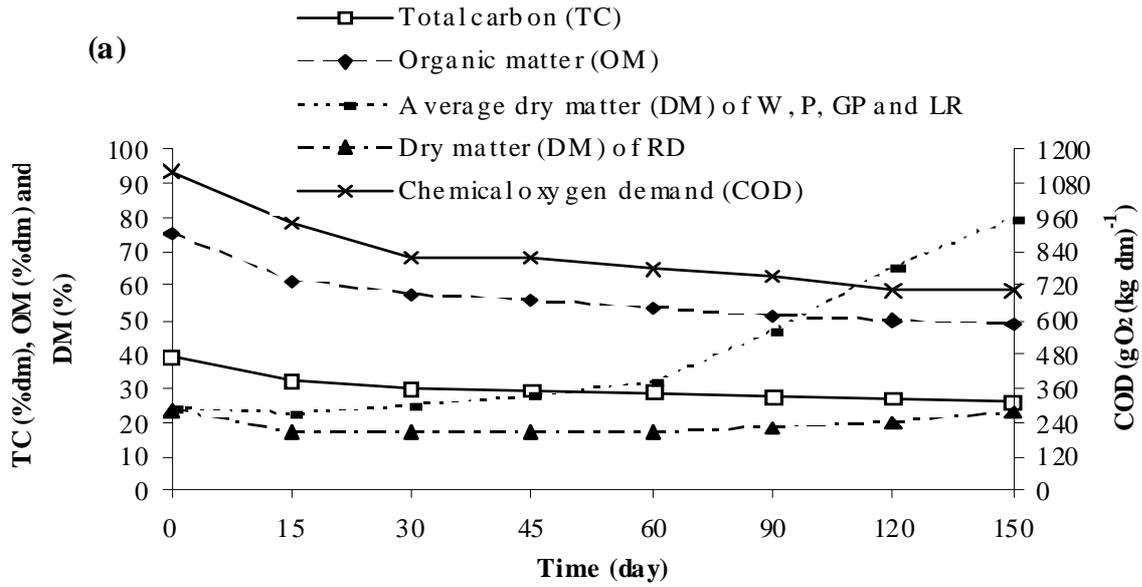


Figure 16 Evolution of the compost characteristics for the home composting systems (HC) and laboratory reactor: (a) TC, OM, DM, COD, and (b) TKN, pH.

COD – chemical oxygen demand, TC – total carbon, TKN – total Kjeldahl nitrogen, DM – dry matter, OM – organic matter, dm – dry mass, W- Wood bin, P – Plastic bin, GP – Ground Pile, RD – Rotary Drum, and LR – Laboratory Reactor.

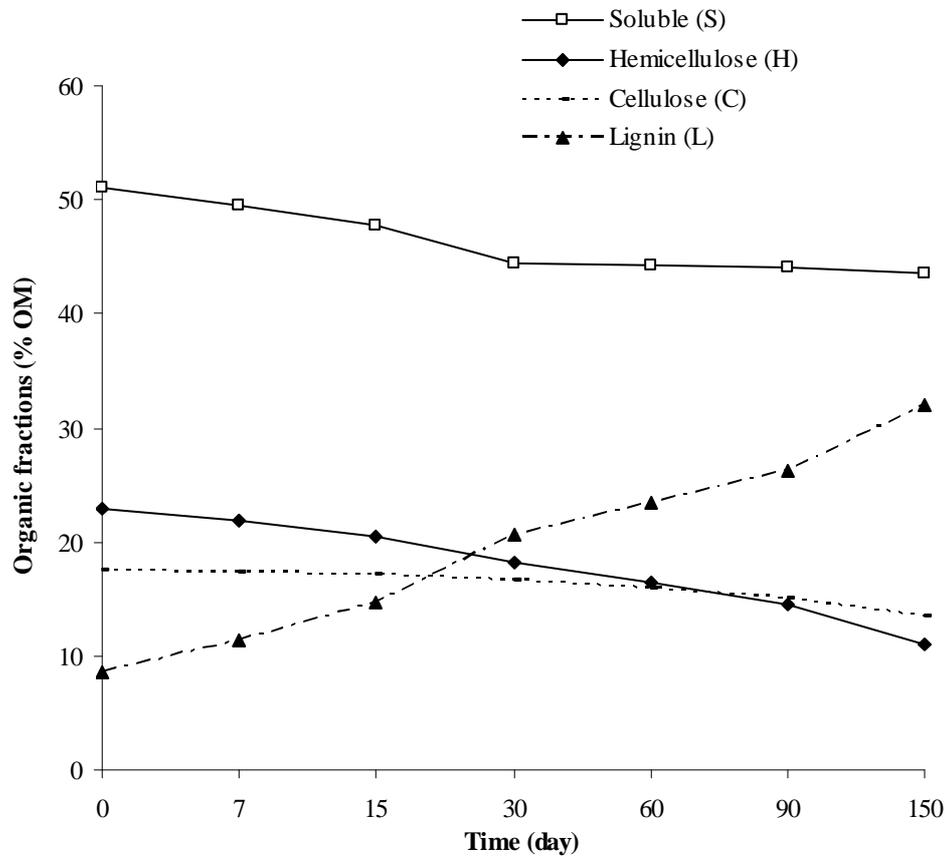


Figure 17 Evolution of the organic fractions for all treatments during 150 d of composting.

Table 21 presents the substrate losses for all five treatments after 150 d. Although compost composition was similar among all five treatments, higher losses were observed for the RD treatment, except for COD. The RD compost had a dry mass loss of 63 % whereas the other HC and the LR suffered a loss of 52 to 59 %. In terms of moisture, RD lost only 62 %, compared to 93 to 98 % with the other treatments. The RD losses of TC, TKN and OM at 77, 68 and 77 %, exceeded those of the other treatments ranging from 70 to 72 %, 52 to 53 % and 70 to 73 %, respectively. To explain the difference in OM losses, RD lost more soluble and lignin fractions at 80 and 20 %, compared to 72 to 75 %, and 9 to 11 %, respectively, for the other treatments. Under limited aeration reflected by the achievement of shorter thermophilic temperatures, the higher MC of the RD compost enhanced the loss of TC, OM and TKN as compared to the other treatments.

Table 21 Compost substrate losses after 150 days

Characteristic		Treatment				
Primary	Secondary	Wood bin	Plastic bin	Ground Pile	Rotary Drum	Laboratory Reactor (LR)
		(W)	(P)	(GP)	(RD)	
Physical	Mass loss					
	- % (wet)	87	83	87	62	89
	- % (dry)	56	52	55	63	59
Chemical	Volume loss					
	- % (wet)	88	88	89	89	89
	Moisture loss					
Organics	- (kg(kg dm) ⁻¹)	3.12	2.99	3.18	2.06	3.26
	- %	97	93	98	62	98
	COD loss					
	- (gO ₂ (kg dm) ⁻¹)	805	797	802	845	839
	- %	72	72	72	76	74
	Total carbon loss					
	- (kg (kg dm) ⁻¹)	0.28	0.27	0.28	0.30	0.29
	- %	70	70	71	77	72
	TKN loss					
	- (g ((kg dm) ⁻¹)	12.3	12.0	12.0	15.7	12.3
	- %	53	52	52	68	53
	Organic mass loss					
- (kg (kg dm) ⁻¹)	0.53	0.53	0.53	0.58	0.56	
- %	71	70	70	77	73	
Organics	Soluble loss					
	- %	76	74	72	80	75
	- (kg (kg OM) ⁻¹)	0.39	0.37	0.37	0.41	0.38
	Hemicellulose loss					
	- (kg (kg OM) ⁻¹)	0.21	0.19	0.19	0.20	0.20
	- %	90	83	83	88	89
	Cellulose loss					
	- (kg (kg OM) ⁻¹)	0.13	0.15	0.15	0.14	0.13
- %	72	83	84	80	77	
Organics	Lignin loss					
	- (kg (kg OM) ⁻¹)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
	- %	9	10	11	20	10

Note: dm – dry mass; OM – organic matter; CO – chemical oxygen demand; TKN – total Kjeldhal nitrogen.

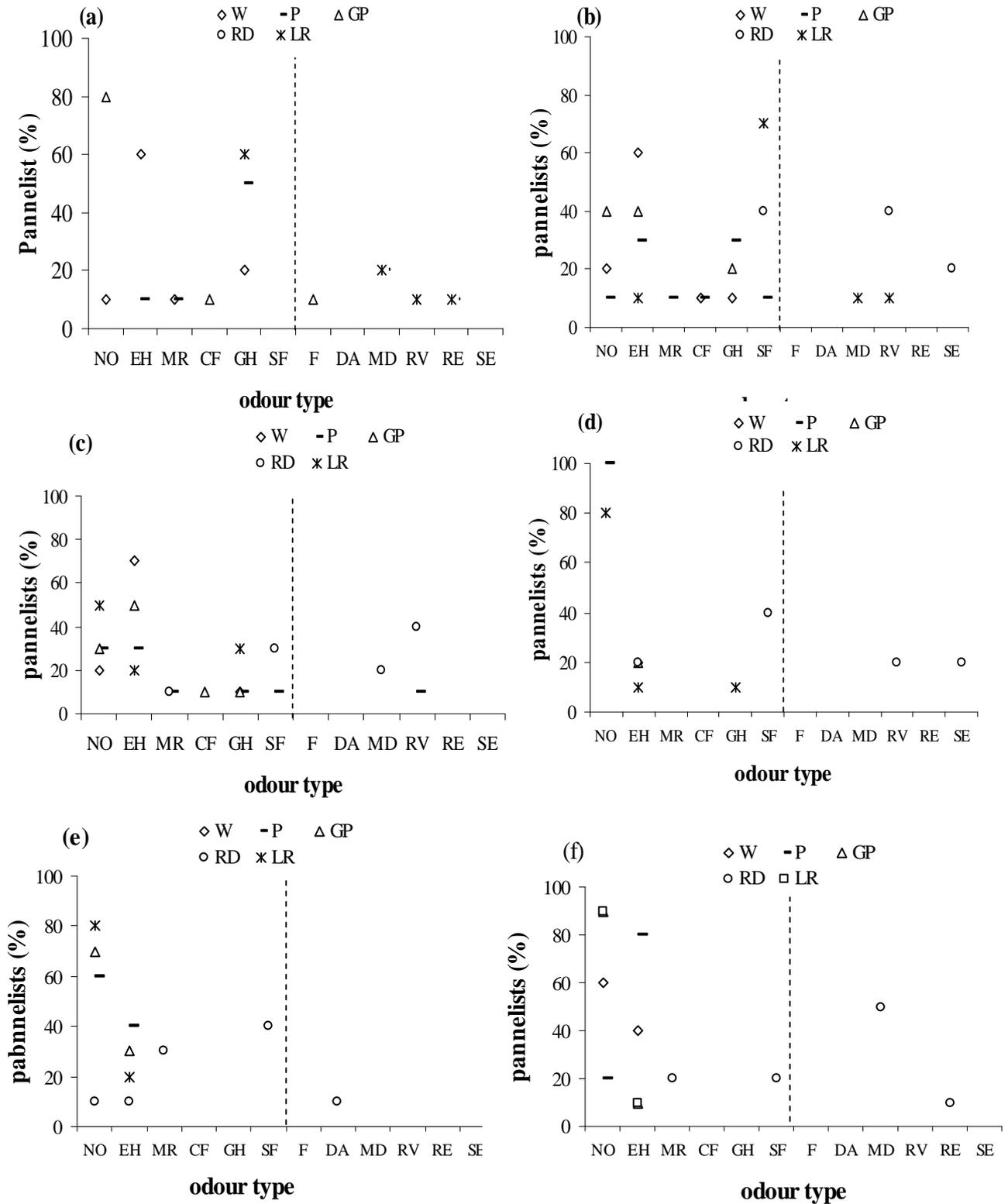


Figure 18 Compost odour characteristics for the home composting systems and the laboratory composter assessed by directly smelling: (a) 15 days, (b) 30 days, (c) 2 months, (d) 3 months, (e) 4 months, and (f) 5 months. W- Wood bin, P – Plastic bin, GP – Ground Pile, RD – Rotary Drum, and LR – Laboratory Reactor. No – no odour, EH-earthy/humus, MR-mushroom, CF-citrus fruits, GH-grassy/hay, SF-soft fermentations, F-fish, DA-dead animals, MD-mouldy, RV-rotten vegetable, RE-rotten eggs, SE-sewage.

4.4 Compost odour emission

Figures 18a to f illustrate the odour characteristics of each HR and the LR composts during the 150 d treatment. The objectionable odours were defined as MD (mouldy), RV (rotten vegetables) and RE (rotten eggs), and are grouped to the right of the vertical dotted line in Figure 4.5 a to f. After 15 d of composting, the GP compost

offered the least odour, followed by that of W and P offering limited odour levels and that of RD and LR offering objectionable odours. Accordingly, the GP compost offered no odour as reported by 80 % of the panellists, while 20 % characterized its odour as grass/hay. For that of W, 10 % of the panellists reported no odour, while 60 % reported an earthy odour and 20 % reported a grass/hay odour. For that of P, its odour was mostly characterized as grass/hay by 50 % of the panellists, mouldy by 20 %, and earthy and mushroom each by 10 % of the panellists. The RD and LR composts offered the most odours, with that of RD reported as mostly a grass/hay odour by 60 % of the panellists, mouldy by 20%, and rotten vegetables and eggs by 10%. The LR compost offered a grass/hay odour reported by 70 % of the panellists, mouldy by 20%, and rotten vegetable by 10 % of the panellists.

For the rest of the composting period, only the RD compost produced objectionable odours with 20, 20, 50 and 10 % of the panellists reporting an odour of mushroom, soft fermentation, mouldy and rotten eggs respectively (Figure 5.5f). The stronger odour associated with the RD likely resulted from the low DM of its compost encouraging anaerobic conditions and the production of smelly reduced gases. After 150 days of composting, the LR, GP, and P compost had no odour, as reported by 90 % of the panellists, while 40 and 60 % reported either earthy/humus or no odour respectively for the W compost.

4.5 Pathogens/parasites and trace element levels

Table 22 presents the level of pathogens and parasites found in all composts. Despite variations in *Escherichia coli* and *Streptococcus faecalis* counts, all compost respected regulations imposed by France. The presence of *Streptococcus faecalis* resulted from the YT obtained from a lawn where manure was spread. The low P compost level likely resulted from the high thermophilic temperatures sustained over 5 days, combined with less compost surface exposed to ambient temperatures. The high levels observed in the LR compost resulted from the poor thermophilic conditions achieved. *Salmonella* and *Helminthes* were absent in all compost likely because of their absence in the original materials, especially considering that the LR compost was not exposed to stabilizing thermophilic temperatures.

Since the initial compost mixtures were derived from the same source, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and trace elements were analysed only for the W compost. In Table 23, all PAH levels respect regulations for mixed MSW compost in Canada and Europe, as a result of its proper source separation. Also, trace elements (Table 24) respected the various

regulations found in the US, Canada and Europe, because of the low level of pesticides applied on the grounds providing the YT.

Table 22 Pathogens and parasites levels after 150 days of composting

Organism	Organism level					Standard for France ^a
	Wood bin (W)	Plastic bin (P)	Ground Pile (GP)	Rotary Drum (RD)	Laboratory Reactor (LR)	
Escherichia coli (CFU(g) ⁻¹)	600	<400	<10	70	<10	<1000
Salmonella (count (25 g) ⁻¹)	ab	ab	ab	ab	ab	Ab
Streptococcus faecalis (CFU (g) ⁻¹)	3800	<400	2500	2600	86000	-
Helminthes eggs (count (1.5 g) ⁻¹)	ab	ab	ab	ab	ab	Ab

Note: ab- absent based on standard test procedure. ^aAFNOR (2006;

2002)

Table 23 Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) at 150 days for the Wood bin compost

Compound		Wood bin	Compost from MSW		Regulations
		(W)	Canada ^a	European union ^b	France ^c
Primary	Secondary				
PAH ($\mu\text{g (kg dm)}^{-1}$)	Naphthalene	<73	-	41000	-
	Methyl (2) fluoranthene	<14	-	-	-
	Phenanthrene	<14	1800	224-45900	-
	Anthracene	<14	-	2-6700	-
	Fluoranthene	<14	1800	79	4000
	Pyrene	<14	1400	100-9400	-
	Benzo(a) anthracene	<14	-	205	-
	Chrysene	<14	-	150-500	-
	Benzo (3,4) (b) fluoranthene	<14	-	67	2500
	Benzo (11,12) (k) fluoranthene	<14	-	42	-
	Benzo (3,4) (a) pyrene	<14	-	9-40	1500

Note: MSW – municipal solid waste. ^aGroeneveld and Hébert (2003); ^bDéportes et al. (1995); ^cAFNOR (2006).

Table 24 Trace elements at 150 days for the Wood bin (W) compost

Compost source	Trace Elements (mg (kg dm) ⁻¹)								
	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg	Pb	Se	As
Experimental wood bin	0.3	1.6	31.1	5.9	179.3	<0.1	5.3	0.2	3.8
Miscellaneous references									
USA mixed MSW ^a	2.9	34.8	154	24.8	503	1.27	215	-	2.6
European source separated MSW ^a	1.1	29.4	57	19.9	281	0.9	112	-	-
India mixed MSW ^b	2.3	142	370	41	414	-	252	-	-
India source separated MSW ^b	0.8	53	81	21	153	-	41	-	-
Spain home ^c	0.3	9	44	9	156	-	28	-	-
Spain source separated centralized facility ^c	0.24	8	47	9	150	-	32	-	-
France MSW ^d	7	270	250	190	1000	4	600	-	-
Canada MSW ^d	2	11	270	-	610	1	14	1	2
Trace element limits									
USA biosolids ^e	39	1200	1500	420	2800	17	300	-	-
European Union range ^e	0.7 -	70 -	70 -	20 -	210 -	0.7 -	70 -	-	-
	10	200	600	200	4000	10	1000	-	-
Canada ^f									
- category A	3	210	400	62	700	0.8	150	2	13
- category B	20	-	-	180	1850	5	500	14	75
France ^g	3	120	300	60	600	2	180	12	18
European Commission - organic growing medium ^h	1	100	100	50	300	1	100	1.5	10

Note: ^aEpstein et al. (1992); ^bSaha et al. (2010); ^cMartínez-Blanco et al. (2010); ^dIwegbue et al. (2007); ^eBrinton (2000); ^fCCME (2005); ^gAFNOR (2006); ^hEC (2006).

5. Conclusion and recommendations

Before home composting systems (HC) can be advocated as a safe management practice to recycle the organic waste (OW) fraction of the Municipal Solid Waste stream (MSW), its best practices must be defined. Accordingly, the objective of this project was to compare the performance of four common HC against that of a laboratory composter (LR). The common HC studied were the Plastic (P) and Wood (W) Bins, the Rotary Drum (RD) and the Ground Pile (GP). To equally compare all 5 systems, the same compost was fed all at once and observed for 150 d.

All four HC produced thermophilic temperatures with P, W and GP achieving 60 °C during at least 3 d, and RD and LR achieving 55 °C for 4 and 2 d, respectively. The difference in temperature regime between all four HC was attributed to the extent of convective aeration, with GP offering no air movement obstacles and P offering top and bottom perforation favouring convection. With opening distributed uniformly over its height, W offered less effective convective aeration. The aeration ports of the RD became clogged, resulting in poor aeration and a short thermophilic period.

Despite differences in aeration, all five treatments produced similar final composts except for RD producing a wetter product because of poorer aeration. In terms of substrate losses, and because of higher its lower DM as compared to the other treatments, the RD compost lost more TC, OM and TKN and offered more offensive odours after 150 d. Despite differences in levels of *Streptococcus faecalis* explained by the extent of thermophilic temperatures, all four HC and the LR produced compost respecting regulations in terms of pathogens and parasites. Produced from the same clean waste, all composts offered aromatic hydrocarbons and trace element levels respecting European and North American regulations.

Comparing HC, GP and P performed best, quickly producing thermophilic temperatures lasting long enough to sanitize the compost. The W was slower in developing thermophilic temperatures but sustained them as long as P. The RD provided poor aeration as a result of its aeration ports becoming clogged, while the LR should have been aerated at a higher rate. The higher performance of GP and P was attributed to better convective aeration conditions, resulting respectively, from the absence of obstacles and perforations concentrated at the bin top and bottom. The higher performance of GP and P will be confirmed by a second experiment comparing the effect of HC management practices (Adhikari et al., 2011).

6. Acknowledgements

This study is part of a larger project entitled ECCOVAL, conducted in partnership with Rennes Métropole, CRPCC LAUREPS and CIELE, and funded by the regional council of Brittany, France. The authors also acknowledge the financial and logistics support by the Cemagref of Rennes, France and the Natural Science and Engineering Research Council of Canada.

7. Abbreviations

C	- cellulose
CF	- citrus fruit
CFU	- colony forming unit
COD	- chemical oxygen demand
DA	- dead animal
DM	- dry matter
dm	- dry mass
EH	- earthy/humus
F	- fishy
FAS	- free air space
FW	- food waste
GH	- grassy/hay
GP	- ground pile
H	- hemillulose
HC	- home composting systems
L	- lignin
LR	- laboratory reactor
MD	- mouldy
MR	- mushroom
MSW	- municipal solid waste
OM	- organic matter
OW	- organic waste
P	- slatted plastic bin
PAH	- polycyclic aromatic hydrocarbons
PCB	- polychlorinated biphenyls
RD	- metallic rotary drum
RE	- rotten eggs
RV	- rotten vegetable
SE	- sewage
SF	- soft fermentation
TC	- total carbon
TKN	- total Kjeldhal nitrogen
W	- slatted wood bin
WD	- woody
YT	- yard trimmings

8. References

Adhikari BK, Trémier A, Martinez J and Barrington S (2011) Home composting of organic waste. Part II. Effect of management practices. International Journal of Environmental Technology and Management, presented for publication along with this part 1.

Adhikari BK, Trémier A, Martinez J and Barrington S (2010) Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. *Waste Management & Research* 28(11): 1039-1053.

Adhikari BK, Barrington S, Martinez J and King S (2009) Effectiveness of three bulking agents for food waste composting. *Waste Management* 29: 197-203.

AFNOR (2006) Amendements organiques, dénominations, spécifications et marquage, NF U44-051. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2004) Characterization of sludges - Enumeration and viability of parasite helminth eggs - triple flotation technique, XP X33-017. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2002) Organic soil improvers-composts containing substances essential to agriculture, NF U44-095. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001a) Caractérisation des déchets-Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments, NF EN 13137. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001b) Qualité de l'eau-Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO), NF T 90-101. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001c) Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of B-glucuronidase-positive *Escherichia coli*-Part 2:colony-count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl B-D-glucuronate, NF ISO 16649-2. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2000) Characterisation of sludges-Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) and polychlorinated biphenyls (PCB), XP X33-012. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (1995) Qualité du sol -Dosage de l'azote total - Méthode de Kjeldahl Modifiée, NF ISO 11261. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (1985) Amendements organiques et supports de culture-Détermination de la matière organique totale - Méthode par calcination, NF U 44-160. Association Française de Normalisation, Paris, France.

Barrington S, Choinière D, Trigui M and Knight W (2002) Compost convective airflow under Passive aeration. *Journal of Bioresource Technology* 86: 259-266.

Berth L, Druilhe C, Massiani C, Tremier A and de Guardia A (2007) Coupling a respirometer and a pycnometer, to study the biodegradability of solid organic wastes during composting. *Biosystem Engineering* 97: 75-88.

Boldrin A and Christensen TH (2010) Seasonal generation and composition of garden waste in Aarhus (Denmark). *Waste Management* 30: 551-557.

Brändli RC, Bucheli TD, Kupper T, Mayer J, Stadelmann FX and Tarradellas J (2007) Fate of PCBs and PAHs and their source characteristic ratio during composting and digestion of source-separated organic waste in full-scale plants. *Environmental Pollution* 148: 520-528.

Brinton WF (2000) Compost quality standards & guidelines: an international view. Final reports presented for New York State association of Recyclers, Woods End Laboratories, Inc. Mt Vernon, ME, USA.

CCME (2005) Guidelines for compost quality', PN 1340, ISBN 1-896997-60-0. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, Manitoba, Canada.

Chroni C, Kyriacou A, Georgaki I, Manios T, Kotsou M and Lasaridi K (2009) Microbial characterization during composting of biowaste. *Waste Management* 29(5): 1520-1525.

Colón J, Martínez-Blanco J, Gabarrell X, Artola A, Sánchez A, Rieradevall J and Font X (2010) Environmental assessment of home composting. *Resources, Conservation and Recycling* 54: 893–904.

de Bertoldi M, Vallini G and Pera A (1983) The Biology of Composting: a Review. *Waste Management & Research* 1: 157.

Déportes I, Benoit-Guyod J-L and Zmirou D (1995) Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *The Science of the Total Environment* 172: 197-222.

Diaz LF, Savage GM, Eggerth LL and Golueke CG (1993) Composting and Recycling. *Municipal Solid Waste*. Lewis Publishers, Boca Raton, USA. pp. 121 – 173.

EC (2006) Establishing revised ecological criteria and the related assessment and verification requirements for the award of the Community eco-label to growing media. European Commission - notified under document number C(2006) 6962, Official Journal of the European Union, L32/137, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Eftoda G and McCartney D (2004) Determining the critical bulking agent requirement for municipal solid waste biosolids composting. *Compost Science & Utilization* 12(3): 208 – 218.

Epstein E (1997) The science of composting. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 77 – 103.

Epstein E, Chaney RL, Henrys C and Logan TJ (1992) Trace elements in municipal solid waste compost. *Biomass and Bioenergy* 3(3-4): 227-238.

Gong C-M (2007) Microbial safety control of compost material with cow dung by heat treatment. *Journal of Environmental Science* 19: 1014-1019.

Groeneveld E and Hébert M (2003) Dioxins, furans, PCBs and PAHs in eastern Canada compost. Quebec Ministry of Environment, Québec, Canada. www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/compost-en.pdf Accessed 16 July 2010.

Haug RT (1993) The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers. A CRC press LLC, Boca Raton, Florida, USA, pp. 248.

Hogg D, Barth J, Favoino E, Centemero M, Caimi V, Amlinger F, Devliegher W, Brinton W and Antler S (2002) Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia. The Waste and Resources Action Programme, The Old Academy, Banbury, Oxon, UK.

Iwegbue CMA, Emuh FN, Isirimah NO and Egun AC (2007) Fractionation, characterization and speciation of heavy metals in composts and compost-amended soils. African Journal of Biotechnology 6(2): 067-078.

Kim MH and Kim JW (2010) Comparison through a LCA evaluation analysis of food waste disposal options from the perspective of global warming and resource recovery. Science of the Total Environment 408(19): 3998 – 4006.

Körner I, Saborit-Sánchez I and Aguilera-Corrales Y (2008) Proposal for the integration of decentralised composting of the organic fraction of municipal solid waste into the waste management system of Cuba. Waste Management 28: 64–72.

López M, Soliva M, Martínez-Farré FX, Bonmatí A and Huerta-Pujol O (2010) An assessment of the characteristics of yard trimmings and recirculated yard trimmings used in biowaste composting. Bioresource Technology 101: 1399–1405.

Martínez-Blanco J, Colón J, Gabarrell X, Font X, Sánchez A, Artola A and Rieradevall J (2010) The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. Waste Management 30: 983–994.

Mato S, Orto D and Garcia M (1994) Composting of <100 mm fraction of municipal solid waste. Waste Management & Research 12 (4): 315-325.

Montejo C, Ramos P, Costa C and Márquez MC (2010) Analysis of the presence of improper materials in the composting process performed in ten MBT plants. Bioresource Technology 101(21): 8267-8272.

Nakasaki K, Kuratomi H, Wakizaka H, Hiyama R and Akakura N (1998) Quantitative analysis of ammonia and odorous sulphur compounds evolved during thermophilic composting. Waste Management & Research 16(6): 514-524.

Nakasaki K, Yaguchi H, Sasaki Y and Kubota H (1993) Effects of pH Control on composting of garbage. Waste Management & Research 11: 117.

Recyc-Québec (2006) Odour related preoccupations during the composting of organic wastes. Quebec, Canada.

Rosenfeld PE, Clark JJJ, Hensley AR and Suffet IH (2007) The use of an odour wheel classification for the evaluation of human health risk criteria for compost facilities. Water Science & Technology 55(5): 345–357.

Saha JK, Panwar N and Singh MV (2010) An assessment of municipal solid waste compost quality produced in different cities of India in the perspective of developing quality control indices. *Waste Management* 30:192–201.

SAS Institute Inc. (2008) SAS version 9.2, SAS Institute Inc., 100 SAS Campus Drive, Cary, NC, USA.

Smith SR (2009) A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environment International* 35: 142–156.

Smith SR and Jasim S (2009) Small-scale home composting of biodegradable household waste: overview of key results from a 3-year research programme in West London. *Waste Management & Research* 27: 941–950.

Stabnikova O, Ding HB, Tay JH and Wang JY (2005) Biotechnology for aerobic conversion of food waste into organic fertilizer. *Waste Management & Research* 23: 39 – 47.

Van Soest PJ (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibre residues of low nitrogen content. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists* 46: 825–829.

Zucconi F and de Bertoldi M (1986) Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste in compost: production, quality and use. In: de Bertoldi M, Ferranti MP, L’Hermite P and Zucconi F (eds): Proceedings of a symposium organized by the commission of the European communities, Directorate General Science, Research and Development, 17-19 April. Udine Italy.

Etude de l’influence des pratiques de retournement et d’arrosage

Home composting of organic waste: Effect of management practices

Bijaya K. Adhikari^{a,b,c}, Anne Trémier^{a,b,*}, Suzelle Barrington^{b,c}, José Martinez^{a,b}

^aUR GERE, 17 avenue du Cucillé, CS 64427, F-35044, Rennes, France

^bUniversité européenne de Bretagne, France

^cDepartment of Bioresource Engineering,
Macdonald Campus of McGill University,
21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue (Québec) Canada, H9X 3V9

*Corresponding author: Suzelle Barrington, Ph. D.

Department of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University,
21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue (Québec) Canada, H9X 3V9

Tel : 001 514-398-7776

Fax : 001-514-398-8387

Email : suzellebarrington@sympatico.ca

1. Abstract

Home composting systems (HC) can potentially produce high quality compost if properly managed, while eliminating collection, transportation and treatment operations at the municipal level. To further investigate safe practices following the performance evaluation of four common types of HC, this second experiment looks at the influence of three general management practices (with/without bulking agent, batch/weekly feeding, with/without regular mixing). The four common HC used were the Plastic (P) and Wood (W) bins, the Rotary Drum (RD) and the Ground Pile (GP). The compost formula consisted of equal wet volumes of food waste (FW) and yard trimmings (YT), and when used, also equal wet volume of crushed wood pallets as bulking agent (BA). The compost temperature regime was continuously monitored during 70 days while the evolution of the compost characteristics was measured biweekly during 150 days. Thermophilic temperatures were obtained only for the batch fed HC, while for the weekly fed, temperatures remained mesophilic. Mixing the HC compost improved the duration of thermophilic temperatures for W with limited convective aeration, but reduced the duration for P with good convective aeration and had no impact on GP benefiting from both convective and diffused aeration. Tested only with W and RD, BA addition reduced the length of thermophilic temperatures, by increasing the compost dry matter from 20 to 40 %, lowering the pH from 6.1-7.7 to 5.7, and diluting the biodegradable organic matter. Overall, FW and YT compost without BA and batch fed in P and GP, produced the best compost, with the lowest level of parasites and pathogens and the least odours. Weekly mixing only helped reduce objectionable odours.

Keywords: Organic waste, onsite treatment, management practices, compost, quality

2. Introduction

Being most active biologically, the organic fraction of the municipal solid waste stream is a growing concern for municipalities (Domingo and Nadal, 2009; Montejo et al., 2010). Accordingly, recycling this organic fraction through diversion and treatment has become a priority in Europe and North America (Wagner and Arnold, 2008; Burnley et al., 2007), with composting being recognized as the most practical and feasible method (Kim and Kim, 2010).

Home composting systems (HC) are recognized as a possible onsite treatment capable of reducing collection, transportation and processing costs for municipalities. Nevertheless, limited scientific studies pertain to the influence of their management practices on the quality and safety of the finished product (Körner et al., 2008; Papadopoulos et al., 2009; Chiemchaisri et al., 2010). In West London, Smith and Jasmin (2009) studied the effectiveness of 290 L home composters in reaching thermophilic temperatures when fed kitchen waste, paper and yard trimmings (YT). The organic waste in these HC remained mostly at psychrophilic (0-20°C) and mesophilic (20-45 °C) temperatures except for a few cases reaching the thermophilic range during summer months as a result of a large input of waste. Nevertheless, the compost obtained was of good quality. In Thailand, Karnchanawong and Suriyanon (2011) evaluated the performance of six different

polyethylene composting bins with a 200L capacity, batch fed with food waste (FW) and YT. The study concluded that improved temperature regimes were obtained with bins aerated through lateral perforations located mainly at their top and bottom, enhancing convective air displacement. In the laboratory, chapter 5 (Adhikari et al., 2011a) compared the performance of four different types of common HC to also conclude that the temperature regime is highly influenced by the design and location of the bin perforations.

To pursue the performance study of HC and the quality of compost produced chapter 5 (Adhikari et al., 2011a), this project investigated the impact of management practices on compost temperature regime and final characteristics. The three general management practices studied were: with/without bulking agent (BA), batch/weekly feeding, and with/without regular mixing. The four common HC used to test the management combinations were the Plastic (P) and Wood (W) bins, the Rotary Drum (RD) and the Ground Pile (GP).

3. Material and methods

3.1 Experimental composters, management practices and organic waste

In this study, four common HC were used to test the various management practice combinations (Figure 6.1): the 400L Wood bin (W) measuring 0.78 m x 0.65 m by 0.75 m in height; the 400 L Plastic bin (P) measuring 0.70 m x 0.70 m by 0.80 m in height; the 350 L Rotary Drum (RD) offering an internal diameter of 0.77 m and a length of 0.76 m, and; the Ground Pile (GP) measuring 0.65 m high and 0.75 m in base diameter. The management practices tested were: batch or weekly fed; with and without bulking agent (BA) and; with or without mixing. The components of the experimental food waste (FW) are presented in Table 6.1. The management practice combination arbitrarily tested in each HC is presented in Table 6.2 with their respective identification, starting with a letter pertaining to HC type followed by a number pertaining to the management practice combination.

The compost mixture consisted of equal wet volumes of food waste (FW) and yard trimmings (YT), and when used, equal wet volume of BA. Three day old, source separated FW was collected from two restaurants of the city of Rennes, France and stored at 4°C until used. During the 10 week feeding period (70 d), fresh FW was collected from the two restaurants and accordingly, the composition of the FW varied among treatments, but remained mostly composed of fruit and vegetable residues. The yard trimmings (YT) were obtained from the ground of the Cemagref Research Institute of Rennes, France. When used, the bulking agent (BA) consisted of purchased crushed wood pallets measuring, 5 to 20 mm in width by 30 to 90 mm in length. While being collected, samples of FW were manually sorted to establish their composition. Triplicate samples of FW and YT were also collected for physico-chemical characterization.

3.2 Experimental procedure

At the Cemagref Research Centre, Rennes, France, all experimental HC were randomly set-up outside under a tent to avoid rainfall and sunshine. All HC were naturally aerated except for weekly mixing if the management practice combination called for such treatment. The compost mixture was manually mixed and loaded without compaction into the HC. All batch fed HC were loaded at once on the same day, while the weekly fed HC were loaded weekly for 10 weeks at a rate of 8.3 to 8.5 kg (week)⁻¹. While filling each HC, Thermochron iButton temperature sensors (DS1921G-F5, Thermochron iButton, Dallas Semiconductor, USA) were installed at the center of the compost mass.



: (a) Wood bin (W); (b)

Table 25 Composition of the experimental waste for batch and weekly composter loading

Waste	Batch feeding		Weekly feeding (weeks)										Average weekly	
	(% by mass)		1-2		3-4		5-6		7-8		9-10		Feeding (% by mass)	
	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet
Food Waste (FW)														
Fruit														
Apple	3.6	3.6	5.0	5.2	2.5	5.3	0.2	0.2	3.3	3.0	-	-	2.2	2.7
Passion fruit	0.7	0.9	1.7	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4
Avocado peel	1.8	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avocado seed	1.1	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Banana	2.3	1.9	1.3	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3
Date fruit	6.7	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mango	1.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrus fruit	6.3	5.3	9.0	8.2	-	-	4.2	3.3	1.6	1.4	0.4	0.4	3.0	2.7
Pineapple	0.7	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cucumber	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	1.1	0.5	1.1	0.2	0.4
Sub-total	24.2	16.1	17.0	17.1	2.5	5.3	4.4	3.5	5.5	5.5	0.8	1.5	6.0	6.5
Roots and tubers														
Onion/garlic leaves	0.8	1.0	0.2	0.3	1.2	6.6	7.5	10.2	1.3	1.7	6.5	7.3	3.3	5.2
Onion/garlic flesh	4.7	3.8	6.1	5.0	13.3	10.5	10.0	6.4	6.3	5.3	26.6	23.6	12.5	10.2
Potato/carrot peels	9.0	11.0	12.6	14.3	8.2	10.0	11.2	17.0	15.2	16.3	4.4	5.7	10.3	12.7
Radish leaves	4.9	2.2	12.0	5.7	7.6	7.5	1.3	1.9	2.3	2.6	0.2	0.3	4.7	3.6
Sweet potato	-	-	-	-	-	-	3.4	4.1	-	-	-	-	0.7	0.8
Ginger roots/peels	-	-	-	-	-	-	0.8	0.6	-	-	-	-	0.2	0.1
Sub-total	19.4	18	30.9	25.3	30.3	34.6	34.3	40.2	25.2	25.9	37.7	36.9	31.7	32.6
Cooked food														
Rice and bread	3.9	2.3	9.5	6.1	5.1	6.2	13.4	8.7	33.5	20.7	31.2	17.3	18.5	11.8
Carrot and cabbage	7.1	6.9	-	-	19.7	15.4	-	-	-	-	-	-	3.9	3.1
Potato	5.5	5.0	-	-	4.1	3.8	-	-	-	-	-	-	0.8	0.8
Spaghetti	2.0	0.9	0.6	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1
Egg white	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Egg shells	3.5	0.8	7.4	1.9	8.2	6.4	9.7	2.0	5.2	1.1	2.2	0.4	6.5	2.4
Sub-total	22.3	16.0	17.5	8.3	37.1	31.8	23.1	10.7	38.7	21.8	33.4	17.7	29.8	18.2

Table 26 Composition of the experimental waste for batch and weekly composter loading – continued

Waste	Batch feeding		Weekly feeding (weeks)										Average weekly	
	(% by mass)		(% by mass)										Feeding (% by mass)	
			1-2		3-4		5-6		7-8		9-10			
	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet
<u>Vegetables</u>														
Mushroom	-	-	-	-	-	-	9.6	10.1	-	-	-	-	1.9	2.0
Celery	8.3	11.9	11.0	15.4	17.1	10.9	1.8	2.7	6.6	11.2	-	-	7.3	8.0
Green leafy vegetables	4.4	6.6	5.9	9.0	5.5	6.6	4.6	5.7	12.4	14.9	12.9	24.0	8.3	12.0
Cauliflower/cabbage	20.0	30.2	15.7	23.3	3.9	4.3	22.1	27.2	8.6	13.6	9.6	11.5	12.0	16.0
Pumpkin	1.2	1.1	1.5	1.5	-	-	-	-	2.7	7.0	-	-	0.8	1.7
Egg plant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.6	8.5	1.1	1.7
Peas and beans	0.2	0.1	0.4	0.2	3.7	6.5	-	-	0.2	0.1	-	-	0.9	1.4
Sub-total	34.1	49.9	34.5	49.4	30.2	28.3	38.1	45.7	30.5	46.8	28.1	44.0	32.3	42.8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<u>Yard trimmings (YT)</u>														
Grass	89.0	90.0	91.79	91.8	65.9	67.2	69.7	72.1	71.5	74.9	99.7	99.8	79.7	81.2
Tree leaves	11.0	10.0	8.21	8.2	34.1	32.8	30.3	27.9	28.5	25.1	0.3	0.2	20.3	18.8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Table 27 Characteristics of the fresh experimental compost formula

Characteristics	Wood bin				Rotary Drum		Plastic bin			Ground Pile		
	BA batch fed mixed W1	No BA weekly fed mixed W2	BA batch fed not mixed W3	No BA batch fed mixed W4	No BA batch fed mixed RD1	BA batch fed mixed RD2	No BA batch fed not mixed P1	No BA weekly fed mixed P2	No BA batch fed mixed P3	No BA batch fed not mixed GP1	No BA weekly fed mixed GP2	No BA batch fed mixed GP3
Mixture ratio												
FW:YT:BA (wet volume)	1:1:1	1:1:0	1:1:1	1:1:0	1:1:0	1:1:1	1:1:0	1:1:0	1:1:0	1:1:0	1:1:0	1:1:0
FW:YT:BA (dry mass)	1.03:1:2.9	1.14:1:0	1:1:2.72	0.94:1:0	1:1:0	1:1.23:2.92	1:1:0	1.18:1:0	0.93:1:0	1.21:1:0	1.2:1:0	0.96:1:0
Physical												
Wet mass (kg)	55.9	84.9	54.9	72.2	72.5	54.2	73.0	84.7	75.5	87.6	63.3	75.0
Dry mass (kg)	23.1	18.8	22.5	17.1	16.8	22.9	16.9	18.6	17.9	19.4	14.1	17.6
Dry matter (%)	41.2 (1.6)	22.6 (1.0)	41 (2.7)	24.1 (1.2)	23.3 (1.2)	41.9 (2.5)	23.4 (2.1)	22.5 (2.0)	24.1 (1.2)	21.9 (1.9)	22.6 (1.9)	23.7 (1.2)
Wet volume (L)	255	366	255	320	320	225	320	366	320	386	250	320
Wet bulk density (kg m ⁻³)	220	230	240	230	230	240	230	230	240	230	260	240
Free air space (FAS, %)	78	66	78	66	66	78	66	66	66	66	66	66
Chemical*												
pH	5.7 (0.2)	7.7 (0.3)	5.7 (0.2)	6.1(0.2)	6.1 (0.2)	5.7 (0.2)	6.1 (0.2)	7.7 (0.3)	6.1(0.2)	7.7 (0.3)	6.1 (0.2)	6.1(0.2)
Total carbon (TC, % dm)	38 (0.3)	42 (0.6)	38 (0.2)	39.2(0.7)	40 (0.7)	38 (0.2)	40 (0.2)	42 (0.6)	39.2(0.7)	42 (0.6)	40 (0.2)	39.3(0.7)
TKN (g (kg dm) ⁻¹)	5.8 (0.7)	25 (0.2)	5.8 (0.7)	23(0.2)	23 (0.2)	5.8 (0.7)	23 (0.7)	24 (0.2)	23(0.2)	24 (0.2)	23 (0.7)	23.1(0.2)
COD (g (kg dm) ⁻¹)	1110 (24)	1125 (14)	1100 (23)	1117 (24)	1115 (24)	1095 (23)	1115 (24)	1130 (15)	1115 (24)	1105 (14)	1145 (24)	1113 (23.7)
C/N	65	17.3	65	17.1	17.0	65	17.1	17.4	17.1	17.2	17.2	17.1

Table 28 Characteristics of the fresh experimental compost formula – continued

Characteristics	Wood bin				Rotary Drum		Plastic bin			Ground Pile		
	BA batch fed mixed	No BA weekly fed mixed	BA batch fed not mixed	No BA batch fed mixed	No BA batch fed mixed	BA batch fed mixed	No BA batch fed not mixed	No BA weekly fed mixed	No BA batch fed mixed	No BA batch fed not mixed	No BA weekly fed mixed	No BA batch fed mixed
	W1	W2	W3	W4	RD1	RD2	P1	P2	P3	GP1	GP2	GP3
Organic Fractions*												
Total organics (% dm)	73 (0.2)	78 (0.3)	73 (0.2)	75.3(0.2)	75 (0.2)	72 (0.2)	75 (0.2)	79 (0.3)	75.2(0.2)	77 (0.3)	77 (0.3)	75.2(0.2)
Soluble organic fraction (% total)	20	52	20	50.73	51	50	51	52	50.70	53	52	51.09
Hemicellulose (% total organics)	10	24.4	10	23.05	22.9	24.0	23.0	24.2	23.06	24.6	22.4	23.02
Cellulose (% total organics)	7	17.0	7	17.59	17.4	18.1	17.4	16.8	17.62	16.4	17.1	17.50
Lignin (% total organics)	63	6.9	63	8.63	8.3	8.0	8.3	6.9	8.61	6.4	8.4	8.39

Note: Figures in parenthesis – standard deviations, BA – bulking agent, YT – yard trimming, FW – food waste, TKN – total Kjeldahl nitrogen, dm – dry mass, COD – chemical oxygen demand, C/N – carbon to nitrogen ratio.

* For the compost supplemented with BA, the TKN, C/N ratio and OM fraction values were estimated, since the wood chips were too large to analyse.

All HC were operated for 150 d, during which they were hand mixed weekly, unless otherwise required, and sampled in triplicate 100 g aliquots for characterization. Thus, all treatments requiring no mixing were analyzed only on day 0 and 150. The odour characteristics of each HC were evaluated biweekly from day 0 to 30, and then monthly thereafter, by having 10 trained panellist directly smell the compost surface before the mixing session. The temperature sensors were retrieved after 70 d of composting, during one of the mixing and sampling operation. After 150 d, the content of all composters was weighed and sampled in triplicate for physico-chemical characterization. The evolution of the compost characteristics during the 150 d period provided data to compute the loss in: dry matter (DM); total carbon (TC); total Kjeldahl nitrogen (TKN); chemical oxygen demand (COD), and; organic matter (OM) as well as its different fractions namely soluble, hemicellulose, cellulose and lignin. Furthermore, analyses were conducted on the final 150 d composts to quantify pathogens and parasites, trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). These parameters assessed their quality, loss of carbon and nitrogen, and thus suitability as soil amendment (Mato et al., 1994).

3.3 Analytical procedure

The bulk density of the fresh compost samples was determined by filling three 30 L pails without compaction, and weighing their content. The free air space (FAS) of the fresh compost samples was determined using an air pycnometer (Berthe et al., 2007) where a compost sample is used to fill an airtight cell and then pressurized while measuring the volume of injected air. At equilibrium pressure, the injected air provides an estimate of the free air space in the compost.

The final compost mixture was analyzed after removing the crushed wood chips by screening (8 mm sieve) when present as BA. Before being analyzed, triplicate compost samples were dried in an oven (SR 2000, Thermosi, France) at 80 °C until a constant weight was reached and then grinded to less than 0.5 mm (ZM model 1000 grinder, Retsch, Germany). The TC was determined by burning 10 mg samples at 900 °C (Thermo Scientific, FLASH 2000 Series, Organic Elemental Analyser, Courtaboeuf, France) according to AFNOR (2001a). According to AFNOR (1995), TKN was determined using an automatic distilling system (VAP 50c, Gehardt automatic distillator, Gehardt, Germany), after digesting 0.5 to 1.0 g samples with H₂SO₄ (automated Kjeldatherm TZ block digester, Gerhardt, Germany). The COD was determined by titration (Metrohm, Courtaboeuf, France) after digestion of 60 mg samples with H₂SO₄ and K₂Cr₂O₇ (Kjeldatherm COD digestion block, CSB 20M, Gerhardt, Germany), according to AFNOR (2001b). The OM was determined by burning at 550 °C for 3 hours (Thermolyne 30400, Furnace, F30420 C-33, Essex, UK), according to AFNOR (1985). To correct all analytical results, residual moisture was determined by drying grinded compost samples at 105 °C for 24 hours (SR 1000, Thermosi, France). The pH of wet samples was determined by soaking for 24 hours without shaking at 5°C, in just enough distilled water to use a pH electrode (pH-Electode SenTix41, WTW, Weilheim, Germany) according to Adhikari et al. (2009).

The soluble organic, hemicellulose, cellulose and lignin fractions were determined using a fibre extractor (VELP Scientific, FIWE 6, Usmate, Italy) according to Van Soest (1963). Because of the size of the wood chips used as BA, the compost samples used to determine the evolution of the organic matter fractions excluded the BA.

The Escherichia Coli and Fecal Streptococci were quantified using microfiltration (AFNOR, 2001c). The presence of Salmonella in 25 g wet samples was determined using Petri plates with XLD agar (AFNOR, 2006). The presence of Helminthe eggs in 1.5 g of wet sample was determined by the triple flotation technique (AFNOR, 2004). Trace elements were quantified by ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectroscopy) after digestion with nitric acid, and the PAH were analysed by chromatography and fluorimetric detection after extraction with hexane/acetone (AFNOR, 2000), respectively.

According to Rosenfeld et al. (2007), compost odour characteristics for each management practice combination were subjectively evaluated using 10 panellists trained to recognize the following smells: no-odour (NO), Earthy/humus (EH), woody (WD), mushroom (MR), citrus fruit (CF), grassy/hay (GH), soft fermentation (SF), fishy (F), dead animal (DA), mouldy (MD), rotten vegetable (RV0), rotten eggs (RE), and sewage (SE). Odour evaluations were conducted every two weeks for the first month and monthly thereafter. Panellists took a three minute break between each HC evaluation, and described the odour using as many smell types as required. Each smell type associated with a composting management practice at a given time was expressed in terms of the percentage of reporting panellists.

3.4 Statistical procedure

During the 150 d experiment, the triplicate compost samples were regularly collected for characterization. Thus, evolution of the physico-chemical characteristic evolution was compared by the repeated measure ANOVA using the PROC GLM procedure at 95% confidence level (SAS Institute Inc., 2008).

4. Results and discussion

4.1 Initial physico-chemical characteristics of compost mixture

Table 25 described the FW and YT used to feed the HC. For the batch fed HC and on a wet mass basis, FW consisted of 49.9 % vegetables, 16.1 % fruit, 18.0 % root and tuber and 16.0 % cooked food residues, respectively. For the weekly fed HC, the FW consisted of 43.0 % vegetable, 6.5 % fruit, 32.6 % roots and tuber, and 18.2 cooked food residues. The YT was mainly composed of grass (90 % wet basis) but also contained tree leaves (10 % wet basis) with a respective dry matter (DM) of 58 and 64 %. The composting formula consisted of equal wet volumes of FW and YT, or equal of equal wet volumes of FW, YT and BA when used. The weekly fed HC received organic waste at a rate of 8.3 to 8.5 kg (week)⁻¹ during 10 consecutive weeks. The variation in FW properties between the batch and weekly fed treatments resulted in a slight variation only in total carbon (TC) with batch fed HC at 38-40 % (dm) compared to weekly fed at 42 % (dm) (Table 26).

Tables 27 and 28 described the initial compost characteristics where batch fed HC received 54 to 75 kg of organic waste on day 0. The weekly fed HC received organic waste at a rate of 8.3 to 8.5 kg (week)⁻¹, for a total wet mass of 83 to 85 kg. For HC fed BA (W1, W3 and RD2), the compost mixture consisted of equal wet volume of FW, YT and BA, offering a dry matter (DM) of 41 to 42 % ($\pm 1.6 - 2.5$ %), a C/N of 65, and a FAS of 78 %. For HC fed no BA, (W4, RD1, P1, P3, GP2 and GP3), the compost mixture offered a dry matter of 22.6 to 24.1%, a C/N ratio of 17 to 17.4 and a FAS of 66%. As compared to a pH of 6.1 to 7.7 without BA, adding BA dropped the compost pH to 5.7. Adding BA also changed the OM fractions, dropping by half the soluble, hemicelluloses and cellulose fractions, while increasing the average lignin from 8 to 63 %. For an active microbial activity, initial compost mixtures should offer a C/N ratio ranging between 15 and 35 and a pH between 6 and 8, (Stabnikova et al., 2005; Haug 1993; Zucconi and de Bertoldi, 1986), indicating that adding BA in this experiment may have a negative impact.

6.4.2 Temperature regime

Figures 20 a, b, c and d illustrate respectively, the temperature profile obtained for the W, P, RD and GP composts exposed to the various management practice combinations. For W, only the batch fed and weekly mixed composts produced temperatures exceeding 55 °C, with W4 (without BA) reaching 64 °C on day 6 compared to W1 (with BA) reaching 58 °C one day later, on day 7. For W with BA, batch fed but not mixed (W3), the compost temperature peaked at 52 °C on day 10. Compost treatment W2 (weekly fed without BA) produced a peak temperature of 32 °C on day 10, indicating that 8.3-8.5 kg (week)⁻¹ of OW was not sufficient to produce thermophilic temperatures. Accordingly, and for the Wood bin (W), adding BA did not produce as high temperature because of a lower microbial activity (Chapter 4) and a greater free air space (FAS) allowing for a higher rate of aeration. As opposed to adding BA, mixing activated the process and produced higher temperatures. The perforation location for W could therefore be improved, a finding which reinforces the observations concluded by Adhikari et al. (2011a).

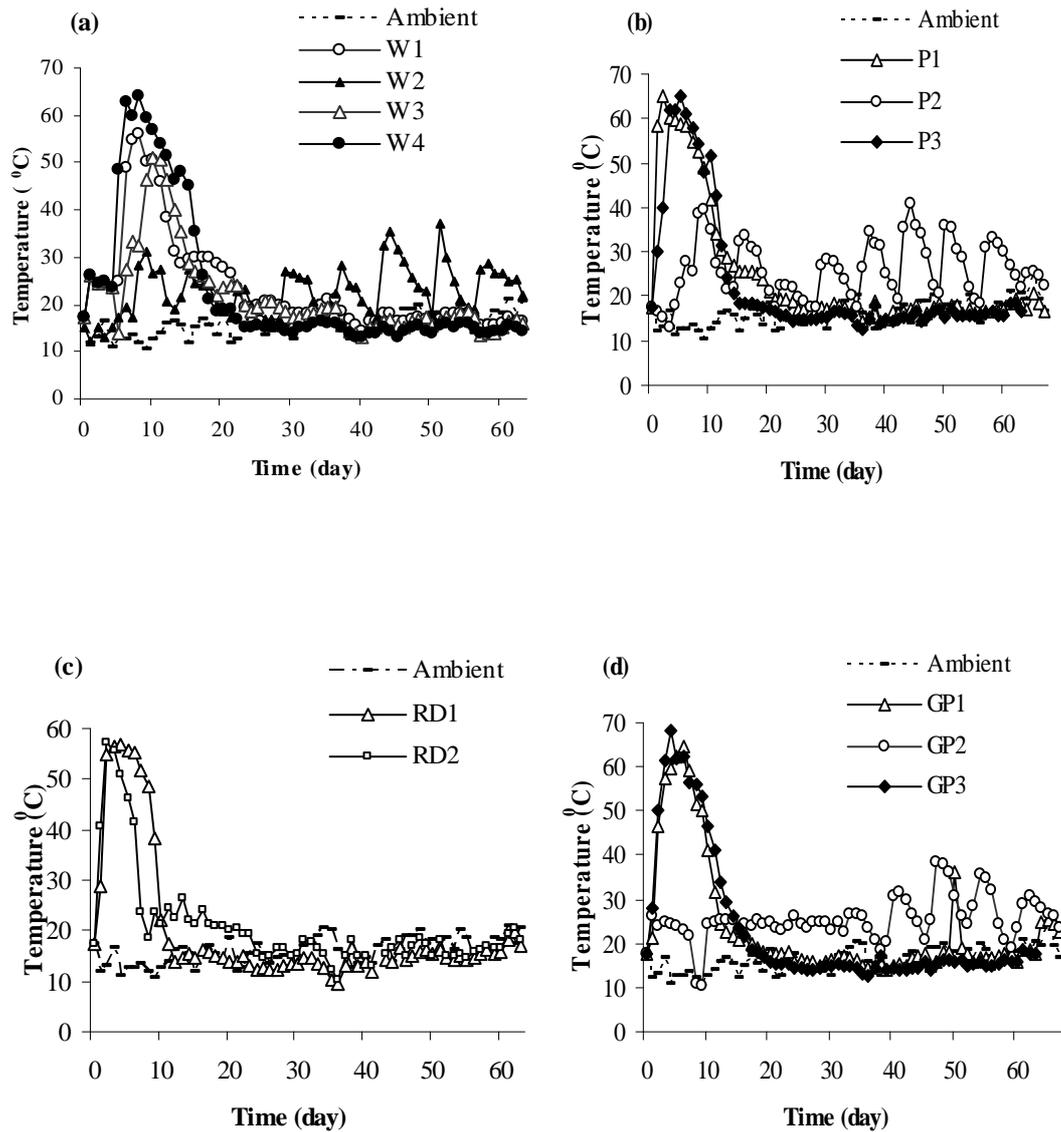


Figure 20 Temperature regimes for all HC and management practices measured in the centre of the compost mass for: (a) Wood bins; (b) Plastic bins; (c) Rotary Drums; and (d) Ground Piles. The management treatments were : W1 – Wood bin with BA, batch fed and mixed; W2 – Wood bin without BA, weekly fed and mixed; W3 – Wood bin with BA, batch fed and not mixed; W4 – Wood bin without BA, batch fed and mixed; P1 – Plastic bin without BA, batch fed and not mixed; P2 – Plastic bin without BA, weekly fed and mixed; P3- Plastic bin without BA, batch fed and mixed; RD1 – Rotary Drum without BA, batch fed and mixed; RD2 – Rotary Drum with BA, batch fed and mixed; GP1 – Ground Pile without BA, batch fed and not mixed; GP2 – Ground Pile without BA, weekly fed and mixed; GP3 – Ground Pile without BA, batch fed and mixed; BA – bulking agent.

For the Rotary Drum (RD), both management practice combinations were batch fed and mixed, but without BA (RD1) and with BA (RD2). Although both treatments quickly reached peak temperature of 57 °C after 3 days, they also quickly dropped to ambient on days 8 and 10, with BA (RD2) and without BA (RD1), respectively. Once more, adding BA lowered the temperature because of a reduced microbial activity, a less biodegradable formula, and a greater FAS resulting in a higher convective aeration rate. Nevertheless, RD produced thermophilic temperatures much faster than W, indicating its initial excellent capacity for aeration. The lack of sustained thermophilic temperatures resulted from the clogging of its aeration ports.

All Ground Pile (GP) composts were mixed without BA. On day 4, both batch fed treatments reached thermophilic temperatures of 69 and 67 °C, for the mixed (GP3) and not mixed (GP1) treatments, respectively, indicating a slight positive effect for mixing. The weekly fed compost never developed temperatures exceeding 30 °C.

In summary, management practices had an effect on temperature regime. In terms of OW loading rate, batch feeding produced thermophilic temperatures exceeding 55 °C for all HC except W3 (not mixed) reaching 52 °C, while weekly feeding at 8.3-8.5 kg (week)⁻¹ produced at best mesophilic temperatures. Adding BA to the compost mixture both retarded and reduced the duration of thermophilic temperatures. This was the result of reduced microbial activity because of the pH and moisture drop respectively from 6.1-7.7 to 5.7, and from 78 to 58 %, and the lower formula biodegradability. Furthermore, adding BA increased the FAS, which enhance aeration and heat removal. Mixing the HC compost had a variable effect, being positive for W, practically neutral for GP and positive for P. This effect reflected the capacity of the HC type in generating convective aeration forces, where W with perforations distributed over its height, lacked convective aeration, GP relied on both diffusive and convective aeration and P generated good convective aeration with perforations located at its top and bottom. The present experiment also reinforces the findings of Adhikari et al. (2012) indicating that P and GP were better able to produce convective aeration as opposed to W.

6.4.3 Evolution of compost characteristics

The evolution of the compost characteristics (TC, DM, COD, OM and pH) are presented in Figures 21, 22, 23 and 24 for W, P, RD and GP, respectively. For W, the addition of BA had a significant impact ($p < 0.01$) on DM, with the initial mixture with BA (W1 and W3) starting at 40% and finishing at 80%, as opposed to treatments without BA (W2 and W4) starting at 20% and finishing at 65 to 80%. Mixing had no impact on final compost DM, whether BA was used or not. Finally, weekly feeding produced a lower DM of 65 % after 150 days compared to batch feeding at 80 %. In terms of TC, OM and COD for the W compost, the management practice combinations had no significant effect ($p > 0.05$). The addition of BA produced lower pH compost, through the experimental period, whereas weekly feeding produced a dip in compost pH between days 15 to 60, indicating poor fermentation.

For the RD compost, BA addition produced a significantly drier initial and final mixture during the 150 day experimental period ($p < 0.01$). The addition of BA also produced a higher

TC, OM and COD compost as a result of its reduced microbial activity reflected by a shorter thermophilic period ($p < 0.01$). The addition of BA had an impact on pH evolution during the full treatment period, increasing the pH from day 15 to 60 but dropping it thereafter.

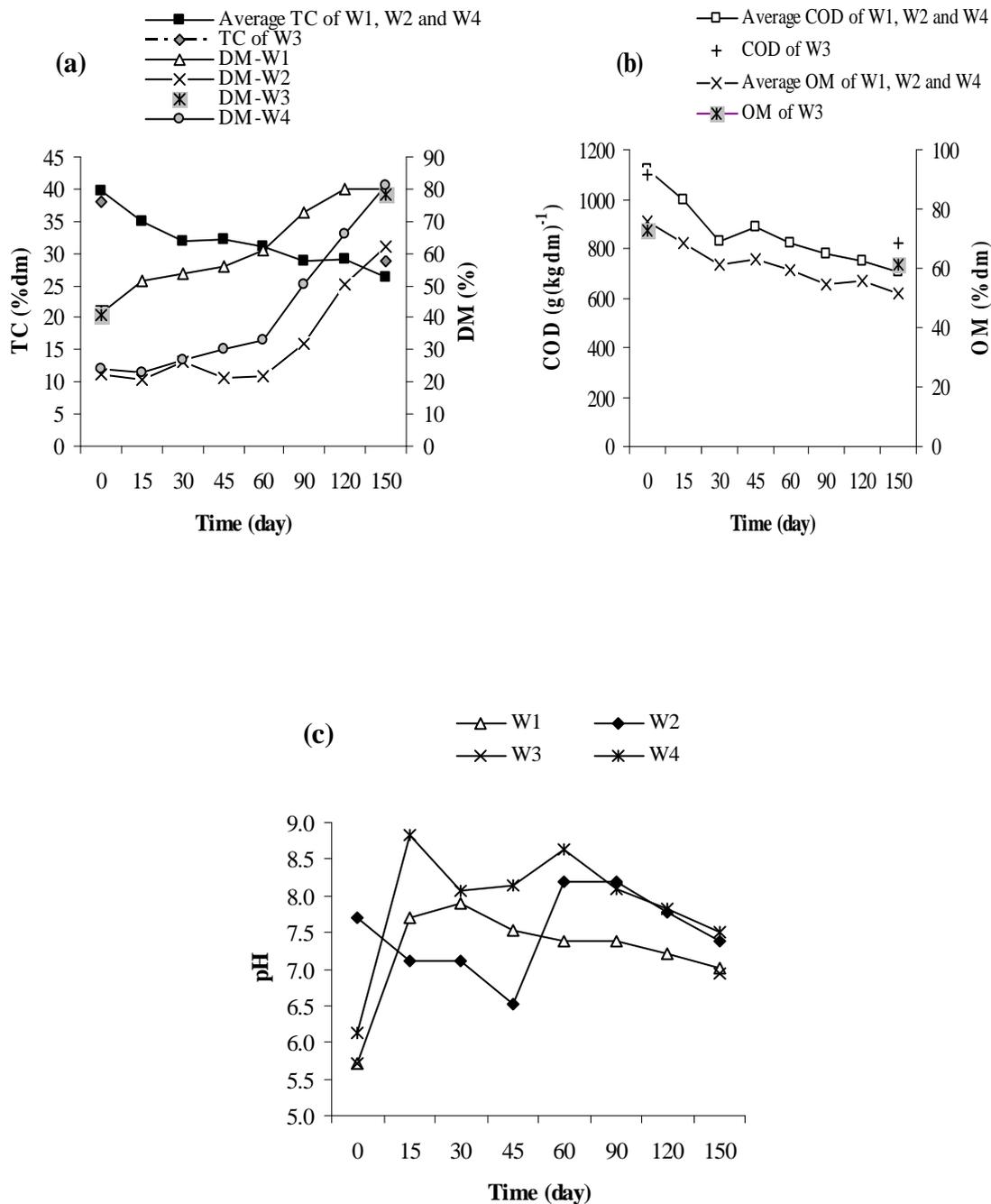


Figure 21 Wood bin evolution of compost characteristics as influenced by management practice combination: (a) TC and DM; (b) COD and OM; and (c) pH. TC – total carbon; DM – dry matter; COD – chemical oxygen demand; OM – organic matter; W1 – Wood bin with BA, batch fed and mixed; W2 – Wood bin without BA, weekly fed and mixed; W3 – Wood bin with BA, batch fed and not mixed; W4 – Wood bin without BA, batch fed and mixed. Y bars – standard deviations. Since W3 was not mixed and sampled regularly, only day 0 and 150 values are illustrated.

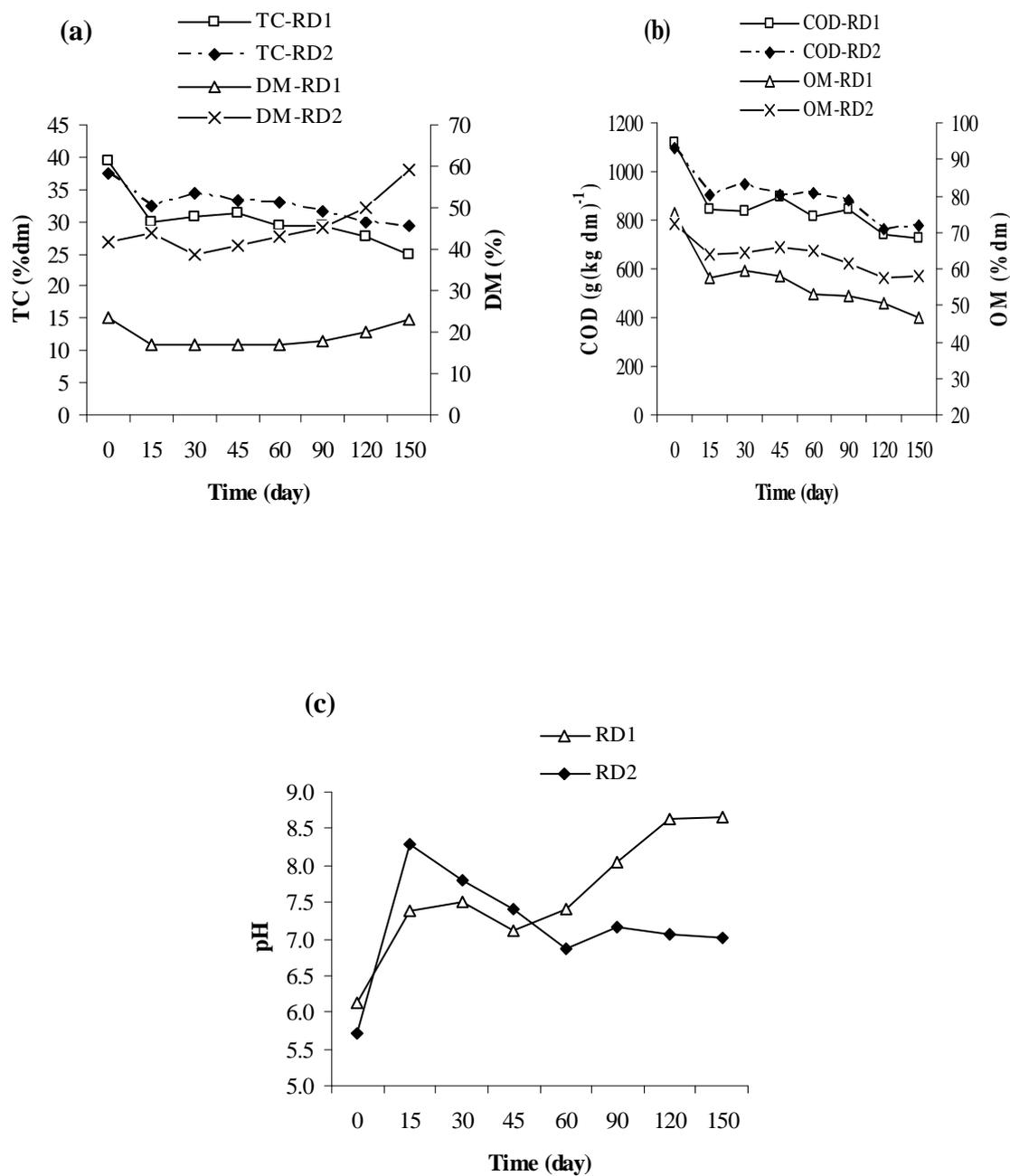


Figure 22 Rotary Drum evolution of compost characteristics as influenced by management practices: (a) TC and DM; (b) COD and OM; and (c) pH. TC – total carbon; DM – dry matter; COD – chemical oxygen demand; OM – organic matter; RD1 – Rotary Drum without BA, batch fed and mixed; RD2 – Rotary Drum with BA, batch fed and mixed.

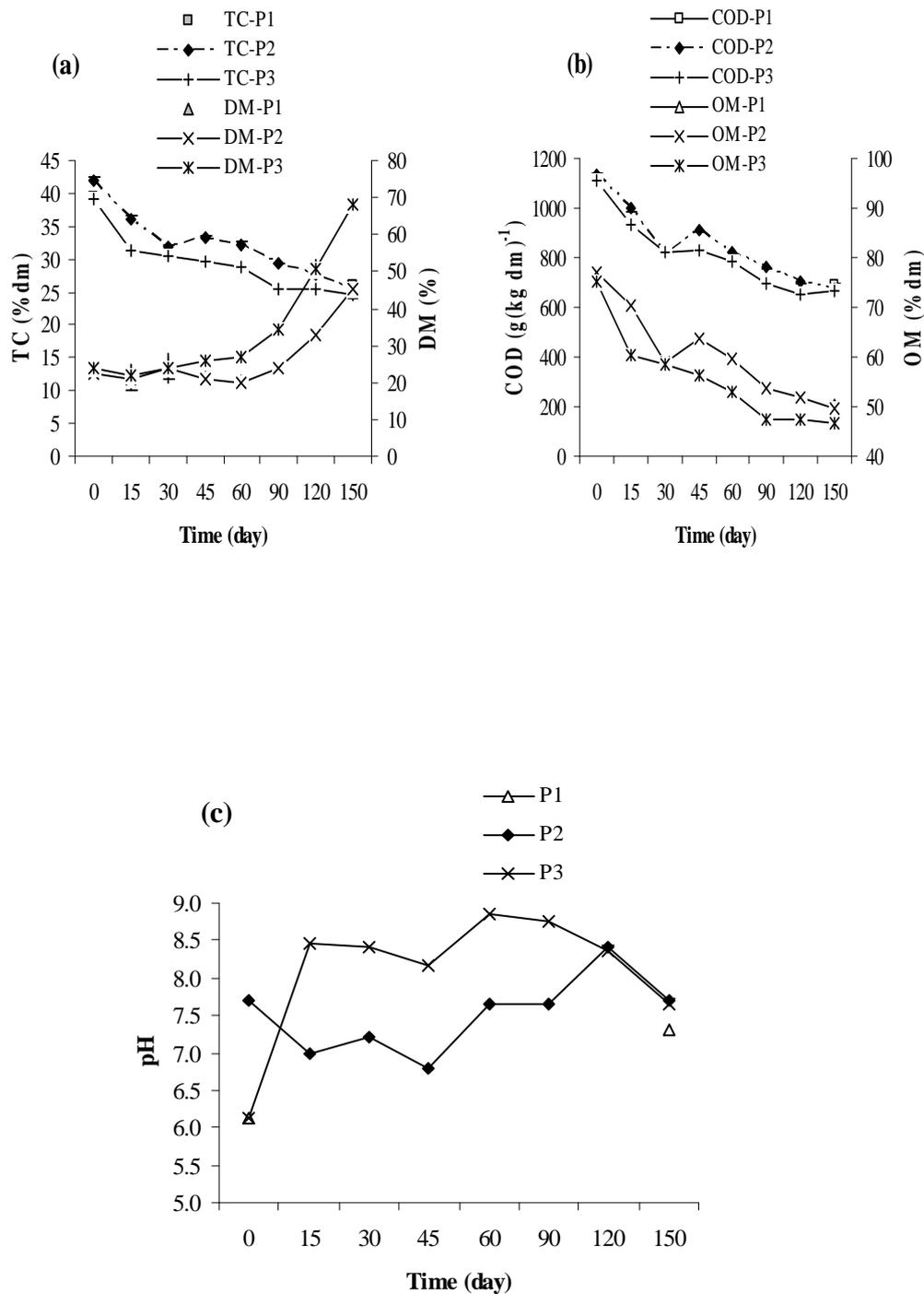


Figure 23 Plastic bin evolution of the compost characteristics as influenced by management practices: (a) TC and DM; (b) COD and OM; and (c) pH. TC – total carbon; DM – dry matter; COD – chemical oxygen demand; OM – organic matter; P1 – Plastic bin without BA, batch fed and not mixed; P2 – Plastic bin without BA, weekly fed and mixed; P3 – Plastic bin without BA, batch fed and mixed. Since P1 was not mixed and sampled regularly, only day 0 and 150 values are illustrated.

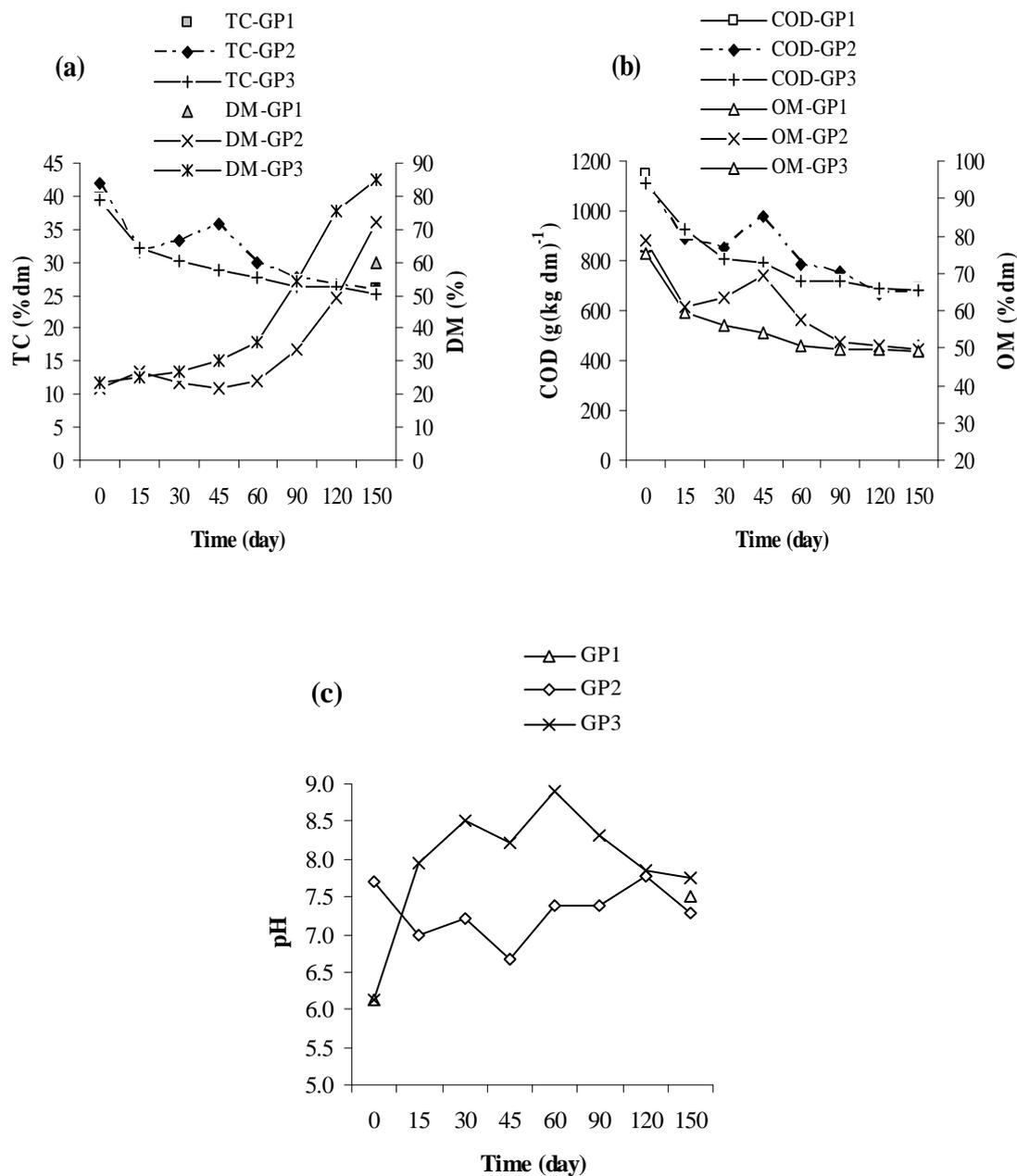


Figure 24 Evolution of the compost characteristics as influenced by management practices for the ground pile: (a) TC and DM; (b) COD and OM; and (c) pH. TC – total carbon; DM – dry matter; COD – chemical oxygen demand; OM – organic matter; GP1 – Ground Pile without BA, batch fed and not mixed; GP2 – Ground Pile without BA, weekly fed and mixed; GP3 – Ground Pile without BA, batch fed and mixed. Since GP2 was not mixed and sampled regularly, only day 0 and 150 values are illustrated.

All management practice combinations applied to P excluded BA. In terms of DM, batch feeding produced a significantly ($p < 0.05$) drier final product at 68 % rather than 45 % for weekly feeding. Mixing exerted no significant effect ($p > 0.05$), in this case because of sufficient convective aeration. In terms of TC, OM, and COD, the weekly fed treatment produced compost consistently higher than batch fed, as a result of a slower microbial activity demonstrated by the temperature regime never reaching thermophilic conditions.

No significant difference was observed in terms of COD, while the pH of the weekly fed treatment tended to remain lower from day 15 to 90.

The GP management practice combinations excluded the addition of BA. Weekly feeding produced wetter final compost with a DM of 60 % as opposed to batch feeding at 70 % when not mixed and at 85 % when mixed. Thus, mixing improved the final dry matter content of the compost. From day 15 to 90, mixing also significantly reduced the compost COD and OM, as opposed to not mixed ($p < 0.01$), with final values at 150 days being the same. Thus mixing had a beneficial effect on microbial activity during the process, as also demonstrated by a slight difference in thermophilic temperatures. Weekly feeding produced compost with a lower pH from day 15 to 90, as opposed to batch feeding.

As illustrated in Figure 25, management practices had no impact on the concentration of TKN and the relative fractions of OM, excluding the impact of BA which could not be analyzed because of its crushed wood pallet size.

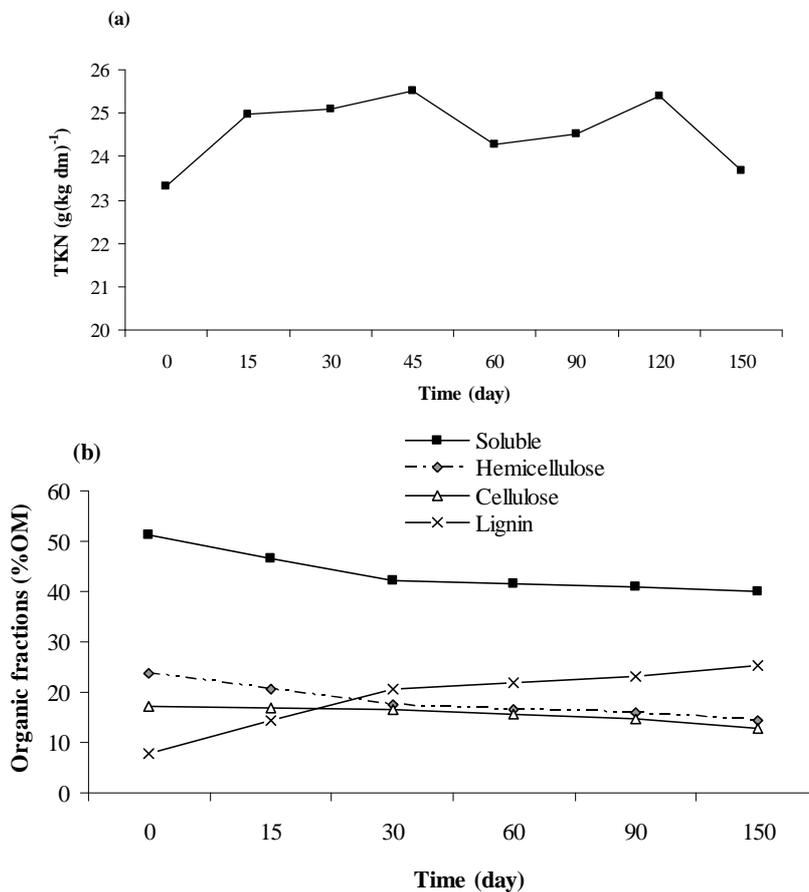


Figure 25 Evolution of the TKN and organic fractions averaged for all home composting systems (HC) management practice combinations: (a) TKN; (b) organic fractions. TKN – total Kjeldahl nitrogen; dm - dry mass; OM – organic matter. All compost samples were analyzed with BA because of the size of the wood chips.

Table 29 Loss of components in compost after 150 days of maturity

Loss of compounds	Wood bin				Rotary Drum		Plastic bin			Ground Pile		
	BA batch fed mixed W1	No BA weekly fed mixed W2	BA batch fed not mixed W3	No BA batch fed mixed W4	No BA batch fed mixed RD1	BA batch fed mixed RD2	No BA batch fed not mixed P1	No BA weekly fed mixed P2	No BA batch fed mixed P3	No BA batch fed not mixed GP1	No BA weekly fed mixed GP2	No BA batch fed mixed GP3
Water (%) (kg (kg dm) ⁻¹)	85 1.2	91 3.2	84 1.2	97 3.2	62 2.1	71 1.0	83 2.7	84 3.0	93 3.0	94 3.3	90 3.1	98 3.2
COD (%) (g (kg dm) ⁻¹)	62 691	70 792	39 426	72 805	76 845	69 787	70 801	72 819	72 797	69 760	66 783	72 802
TC (%) (g (kg dm) ⁻¹)	60 230	70 290	38 140	70 280	77 300	69 260	70 280	72 300	70 270	69 290	66 260	71 300
TKN (%) (g (kg dm) ⁻¹)	44 10.5	48 11.5	18 4.2	53 12.3	68 15.7	59 13.6	52 12.0	54 12.9	52 12.0	44 10.3	48 11.1	52 12.0
Dry mass (%) (g (kg wm) ⁻¹)	43 100	50 110	18 40	56 130	63 150	61 150	55 130	54 120	52 120	50 110	47 110	55 130
Organic mass (%) (g (kg dm) ⁻¹)	56 410	76 590	31 230	71 530	77 580	69 500	70 530	68 530	70 530	82 630	66 500	70 530
Wet volume (%)	48	85	37	88	89	58	81	84	88	87	78	89
Wet mass (%)	61	82	58	87	62	60	76	77	83	84	80	87

Table 30 Loss of components in compost after 150 days of maturity – continued

Loss of compounds	Wood bin				Rotary Drum		Plastic bin			Ground Pile		
	BA batch fed mixed	No BA weekly fed mixed	BA batch fed not mixed	No BA batch fed mixed	No BA batch fed mixed	BA batch fed mixed	No BA batch fed not mixed	No BA weekly fed mixed	No BA batch fed mixed	No BA batch fed not mixed	No BA weekly fed mixed	No BA batch fed mixed
	W1	W2	W3	W4	RD1	RD2	P1	P2	P3	GP1	GP2	GP3
Organic fractions												
Soluble (%) (g (kg OM) ⁻¹)	64 330	76 400	56 280	76 390	79 410	82 410	76 390	75 390	74 370	77 400	74 380	72 370
Hemicellulose (%) (g (kg OM) ⁻¹)	65 160	76 190	40 100	90 210	87 200	84 200	82 190	81 190	83 190	77 190	74 170	83 190
Cellulose (%) (g (kg OM) ⁻¹)	58 100	76 130	8 10	72 130	78 140	52 90	73 130	81 140	83 150	71 120	73 130	84 150
Lignin (%) (g (kg OM) ⁻¹)	12.3 10	11.4 10	6.3 10	9 10	11.1 10	10.7 10	31.1 30	10.3 10	11.0 10	16.5 10	17.7 20	11 10

Note: dm – dry mass, wm – wet mass, OM – organic matter, TKN – total Kjeldahl nitrogen, COD – chemical oxygen demand, TC – total carbon; BA – bulking agent.

The loss of water, dry matter, organic matter and TKN is summarized in Tables 29 and 30. Most management practices produced high loss of water equal to and exceeding 2.7 kg (kg)^{-1} of initial dm, except for the BA mixtures losing from 1.0 to $1.2 \text{ kg water/kg initial dm}$ and the RD mixture without BA losing $2.1 \text{ kg water (kg initial dm)}^{-1}$ as a result of aeration port clogging. Mixing improved water loss only for P and W, where despite its lower temperature regime, the weekly fed produced just as much water loss as batch fed when mixed. The loss of COD, TC, TKN and OM was especially low for the W compost with BA, batch fed but not mixed (W3), in parallel with the lower water loss, but not for the other treatment with BA (W1 and RD2) also losing as little water. Accordingly, W3 suffered not only less aeration drying but also less microbial activity after the thermophilic phase. For the OM fractions, only W3 suffered less losses especially for the cellulose and lignin fractions, illustrating once more, less microbial activity in the later part of the treatment period.

In conclusion, management combination practices and especially BA addition, and HC type especially W, had an impact on final compost composition and compound losses. Addition of BA produced drier initial and final compost which lowered the microbial activity. Mixing and batch feeding generally helped produce a drier final product. In terms of losses, water was most influenced by management combination practices and type of HC, with GP and P performing best under all management practices. The W3 compost, with BA, batch fed and not mixed was the only treatment producing a significantly different loss in dry mass, COD, TC and OM fraction, because of poor aeration and microbial activity during the maturation phase.

4.4 Odour effects

Figure 26 illustrates the evolution in odour characteristics for all composts as influenced by HC type and management practice combination.

The dotted vertical line separates the acceptable (left) from the objectionable (right) odours. Treatments weekly fed, not mixed or without BA tended to produce odours with a higher objectionable character. For example, on day 15, 80 and 60 % of the odour characteristics were objectionable for P1 (no BA, batch fed but not mixed) and P2 (no BA, weekly fed and mixed), but 0 % for P3 (no BA, batch fed and mixed). Still on day 30, 80 % objectionable odours were reported for P2 (no BA, weekly fed and mixed), 60 and 40 % for GP1 (no BA, batch fed and not mixed) and GP2 (no BA, weekly fed and not mixed), and 35 % for W2 (no BA, weekly fed and mixed). On day 60, 80 % objectionable odours were still reported for P2 (no BA, weekly fed and mixed). In terms of BA impact, the RD1 compost started to produce objectionable odours on days 60 and 90 at 40 % while RD2 with BA only produced 20 % objectionable odours on day 90. On day 120, very little objectionable odours were reported for any of the compost, whereas on day 150, 60 % objectionable odours were now being reported for RD1. Accordingly, batch feeding, mixing and adding BA tended to prevent the generation of objectionable odours.

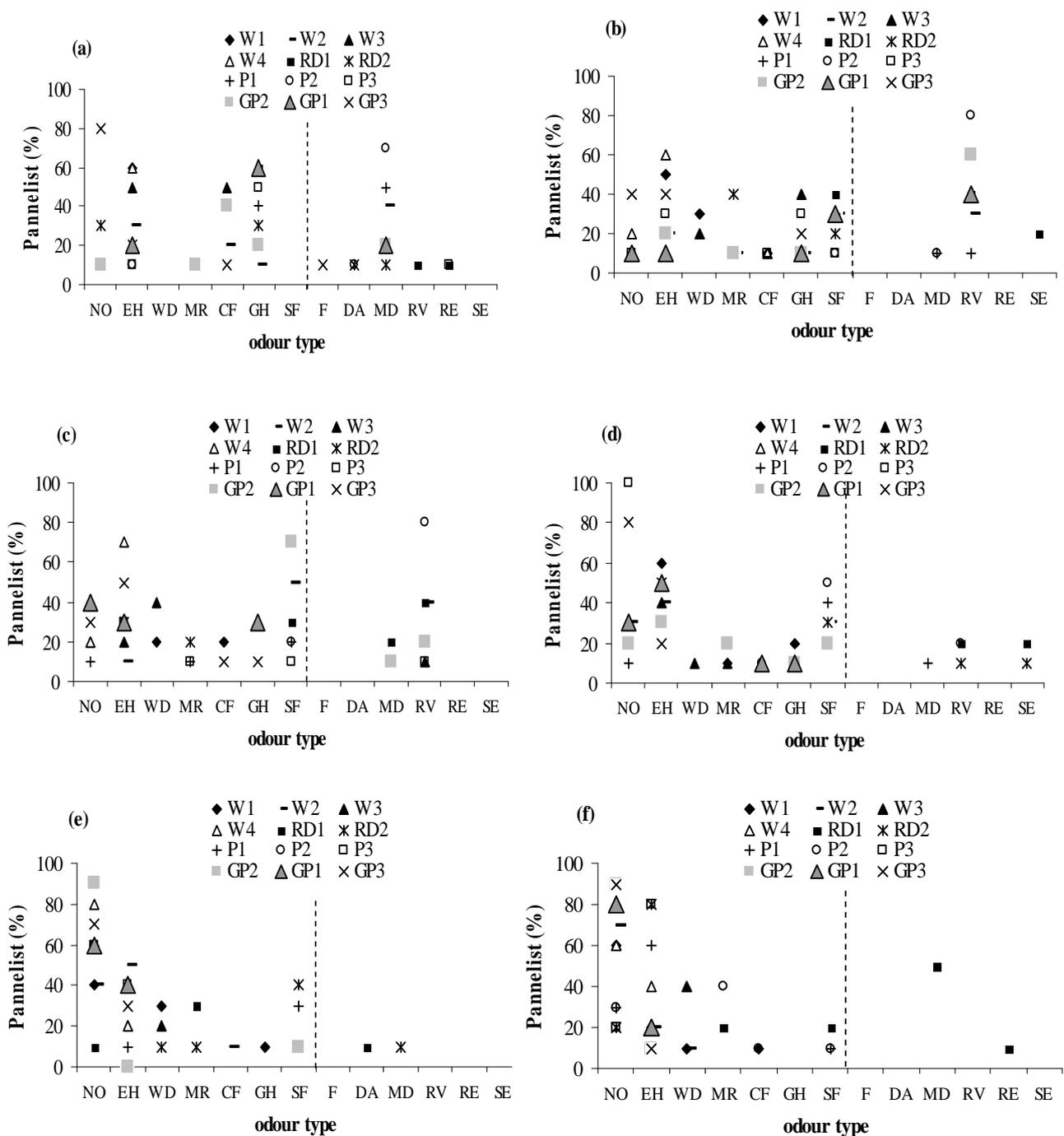


Figure 26 Evolution of compost odour characteristics as influenced by management practice combinations for day (a) 15;(b) 30;(c) 60;(d) 90;(e) 120, and;(f) 150. The vertical dotted line separates the acceptable and objectionable smells.

Symbols : NO – no odour, EH-earthy/humus, WD-woody; MR-mushroom, CF-citrus fruits, GH-grassy/hay, SF-soft fermentations, F-fish, DA-dead animals, MD-mouldy, RV-rotten vegetable, RE-rotten eggs, SE-sewage.; W1 – Wood bin with BA, batch fed and mixed; W2 – Wood bin without BA, weekly fed and mixed; W3 – Wood bin with BA, batch fed and not mixed; W4 – Wood bin without BA, batch fed and mixed; RD1 – Rotary Drum without BA, batch fed and mixed; RD2 – Rotary Drum with BA, batch fed and mixed; P1 – Plastic bin without BA, batch fed and not mixed; P2 – Plastic bin without BA, weekly fed and mixed; P3 – Plastic bin without BA, batch fed and mixed; GP1 – Ground Pile without BA, batch fed and not mixed; GP2 – Ground Pile without BA, weekly fed and mixed; GP3 – Ground Pile without BA, batch fed and mixed.



4.5 Parasites/pathogens, PAH and trace elements

Parasite and pathogen levels were analyzed for all treatments (Table 31). The W compost with BA showed E Coli levels exceeding the French Standard of 1000 CFU (g)⁻¹, because of poor microbial activity during the first 20 days of composting, especially for W3 not mixed. Besides the W compost, thermophilic temperatures had no impact on E Coli counts, with weekly fed treatments showing acceptable levels under 1000 CFU (g)⁻¹ while remaining in the mesophilic temperature range. Salmonella and helminthe eggs were absent from all compost likely because the original organic waste was clean.

Not impacted by thermophilic temperature regimes, Streptococcus faecalis counts were especially high for the RD1 and RD2 (batch fed, mixed and without/with BA) and W3 (with BA, batch fed and not mixed), once more because of poorer microbial activity during the first 20 days of composting. Analyzed for W only because all HC were fed with the same sources of OW, the PAH and trace elements respected French and North American standards because of the clean and well sorted organic waste used to make the compost mixtures (Table 32).

Table 31 Pathogens and parasites in mature compost of 150 days

Organism	French Standard ^a (MPN (g dm) ⁻¹)	Wood bin				Rotary Drum		Plastic bin			Ground Pile		
		BA batch fed mixed	No BA weekly fed mixed	BA batch fed not mixed	No BA batch fed mixed	No BA batch fed mixed	BA batch fed mixed	No BA batch fed not mixed	No BA weekly fed mixed	No BA batch fed mixed	No BA batch fed not mixed	No BA weekly fed mixed	No BA batch fed mixed
		W1	W2	W3	W4	RD1	RD2	P1	P2	P3	GP1	GP2	GP3
Escherichia Coli (CFU (g) ⁻¹)	< 1000	2100	740	63 000	600	< 10	< 10	< 400	170	<400	570	850	<10
Salmonella (count (25 g) ⁻¹)	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent
Fecal Streptococci (CFU (g) ⁻¹)	-	3 700	< 400	16 000	3800	86 000	2 100	< 400	< 100	<400	< 400	5 000	2500
Helminthe eggs (count (1.5 g) ⁻¹)	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent	absent

Note: dm – dry mass; ^a AFNOR (2002; 2006); BA – bulking agent.

Table 32 Polycyclic hydrocarbons (PAH) and trace elements for 150 day Wood bin compost

Compound	Wood bin (W) compost			Regulations		
	BA batch fed mixed W1	No BA weekly fed mixed W2	No BA batch fed mixed W4	Canada ^a	European union ^b	France ^c
PAH						
($\mu\text{g (kg dm)}^{-1}$)						
Naphthalene	< 86	< 52	<73	-	-	-
Methyl (2) fluoranthene	24	< 10	<14	-	-	-
Phenanthrene	123	< 10	<14	-	-	-
Anthracene	24	< 10	<14	-	-	-
Fluoranthene	313	< 10	<14	-	-	4000
Pyrene	180	< 10	<14	-	-	-
Benzo(a) anthracene	68	< 10	<14	-	-	-
Chrysene	87	< 10	<14	-	-	-
Benzo (3,4) (b) fluoranthene	35	< 10	<14	-	-	2500
Benzo (11,12) (k) fluoranthene	27	< 10	<14	-	-	-
Benzo (3,4) (a) pyrene	22	< 10	<14	-	-	1500
Trace elements						
(mg (kg dm)^{-1})						
Arsenic	4.9	3.8	3.8	13	-	18
Cadmium	0.4	0.1	0.3	3	0.7-10	3
Chromium	4.2	6.9	1.6	210	70-200	120
Copper	21.9	18.1	31.1	400	70-600	300
Lead	31	1.4	5.3	150	70-1000	180
Mercury	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.7-10	2
Nickel	4.8	3.7	5.9	62	20-200	60
Selenium	0.1	0.1	0.2	2	-	12
Zinc	130	70.1	179.3	700	210-4000	600

Note: ^aCCME (2005), ^bBrinton (2000), ^cAFNOR (2006); BA – bulking agent.

5. Conclusion and recommendations

Whereas home composting systems (HC) can have a major impact on the collection, transportation and treatment cost for organic waste contained in the municipal solid waste stream, the quality of the compost produced has received limited scientific attention. Therefore, this study evaluated the impact of management practice combinations on compost quality using four common types of HC. The main management practices tested were: use of bulking agent (BA) besides yard trimmings (YT) with food waste (FW); batch versus weekly feeding, and; weekly mixing or not. The four common HC used were: the Plastic (P) and Wood (W) bins, the Rotary Drum (RD) and the Ground Pile (GP).

During the initial composting phase, management practice combinations had an impact both on the development and extent of the thermophilic period. Feeding at a rate of 8.3-8.5 kg (week)⁻¹ resulted in mesophilic conditions at the very best while all batch filled HC produced thermophilic temperatures above 55 °C except for W3 (with BA, batch fed and not mixed) reaching 52 °C. The practice of weekly mixing had a positive impact on HC lacking a perforation configuration conducive to convective aeration, such as for W, but had a negative impact on HC capable of generating convective aeration, such as P. Benefiting from both diffused and convective aeration, mixing had little impact on GP. For all management practice combinations and HC, the addition of BA slowed down the microbial activity, retarding and reducing the extent of thermophilic conditions. The use of equal wet volumes of FW and YT produced a good mixture with sufficient free air space to quickly generate thermophilic temperatures. The RD suffered from clogged aeration ports early in the composting process, thus producing fast but short lived thermophilic conditions.

In terms of the evolution of compost characteristics among treatments, the addition of BA had the most impact on initial and final dry matter (DM), free air space and pH. The organic components, mainly TC and OM were impacted by feeding rate, with weekly feeding resulting in higher levels as a result of less intense microbial activity. Losses in water were mainly impacted by the use of BA and, for W, weekly mixing. The lowest dry and organic matter losses were experienced by W3 (with BA, batch fed and not mixed) because of poor microbial activity during the first 20 days of composting as a result of a drier and less biodegradable formula. Such lack of microbial activity was also reflected in terms of higher E. Coli and Fecal Streptococci counts. Objectionable odours were generally produced by the compost weekly fed, without BA or not mixed.

Overall, the FW and YT compost batch fed in P and GP, without BA produced the best compost, with the lowest level of parasites and pathogens and the least odours. Weekly mixing only helped reduce objectionable odours.

6. Acknowledgements

This study is part of a larger project entitled ECCOVAL, conducted in partnership with Rennes Métropole, CRPCC LAUREPS and CIELE, and funded by the regional council of Brittany, France. The authors also acknowledge the financial and logistics support by the Cemagref of Rennes, France and the Natural Science and Engineering Research Council of Canada.

7. Abbreviations

BA – bulking agent
CFU – colony forming unit

C/N	–	carbon to nitrogen ratio
COD	–	chemical oxygen demand
DM	–	dry matter
dm	–	dry mass basis
FAS	–	free air space
FW	–	food waste
GP	–	ground pile
GP1	–	ground pile without BA, batch fed and not mixed
GP2	–	ground pile without BA, weekly fed and mixed
GP3	–	ground pile without BA, batch fed and mixed
HMs	–	heavy metals
ICP – MS	–	inductively coupled plasma mass spectroscopy
OM	–	organic matter
OW	–	urban organic waste
P	–	Plastic bin
PAHs	–	polycyclic aromatic hydrocarbons
P1	–	plastic bin without BA, batch fed and not mixed
P2	–	plastic bin without BA, weekly fed and mixed
P3	–	plastic bin without BA, batch fed and mixed
R1	–	rotary drum without BA, batch fed and mixed
R2	–	rotary drum with BA, batch fed and mixed
RD	–	rotary drum
TC	–	total carbon
TKN	–	total Kjeldahl nitrogen
v	–	volume
W	–	Wood bin
W1	–	wood bin with BA, batch fed and mixed
W2	–	wood bin without BA, weekly fed and mixed
W3	–	wood bin with BA, batch fed and not mixed
W4	–	wood bin without BA, batch fed and mixed
wm	–	wet mass
wv	–	wet volume
YT	–	yard trimmings

8. References

Adhikari BK, Trémier A, Martinez J and Barrington S (2011a) Home composting of organic waste. Part I Effect of home composter design. *International Journal of Environmental Technology and Management*, presented for publication along with this part II.

Adhikari BK, Barrington S, Martinez J and King S (2009) Effectiveness of three bulking agents for food waste composting. *Waste Management* 29:197-203.

AFNOR (2006) NF U44-051 Amendements organiques, Dénominations, spécifications et marquage. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2004) XP X33-017- Characterization of sludges - Enumeration and viability of parasite helminth eggs - Triple flotation technique. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2002) NF U44-095 Organic soil improvers – composts containing substances essential to agriculture. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001a) NF EN 13137 - Caractérisation des déchets - Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001b) NF T 90-101 - Qualité de l'eau - Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO). Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2001c) NF ISO 16649-2 - Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of B-glucuronidase-positive Escherichia coli - Part 2 : colony-count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl B-D-glucuronate. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (2000) XP X33-012- Characterisation of sludges - Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) and polychlorinated biphenyls (PCB). Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (1995) NF ISO 11261 - Qualité du sol - Dosage de l'azote total - Méthode de Kjeldahl Modifiée. Association Française de Normalisation, Paris, France.

AFNOR (1985) NF U 44-160 - Amendements organiques et supports de culture - Détermination de la matière organique totale - Méthode par calcination. Association Française de Normalisation, Paris, France.

Berth L, Druilhe C, Massiani C, Tremier A and de Guardia A (2007) Coupling a respirometer and a pycnometer, to study the biodegradability of solid organic wastes during composting. *Biosystem Engineering* 97: 75-88.

Brinton WF (2000) Compost quality standards & guidelines: an international view. Final reports presented for New York State association of Recyclers. Woods End Laboratories, Inc. Mt Vernon, ME, USA.

Burnley SJ, Ellis JC, Flowerdew R, Poll AJ and Prosser H (2007) Assessing the composition of municipal solid waste in Wales. *Resources, Conservation and Recycling* 49: 264–283.

CCME (2005) Guidelines for compost quality. PN 1340, ISBN 1-896997-60-0. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, Manitoba, Canada.

Chiemchaisri C, Putthamlinprateep P, Promsamai N and Phetcha M (2010) Application of household compost wastes in small communities of Thailand. *International Journal of Environment and Waste Management* 6(1/2): 117-127.

Domingo JL and Nadal M (2009) Domestic waste composting facilities: A review of human health risks. *Environment International* 35: 382–389.

Haug RT (1993) The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, A CRC Press company, Boca Raton, Florida, USA, pp. 205 – 259.

Hogg D, Barth J, Favoino E, Centemero M, Caimi V, Amlinger F, Devliegher W, Brinton W and Antler S (2002) Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia. The Waste and Resources Action Programme, The Old Academy, Banbury, Oxon, UK.

Karnchanawong S and Suriyanon N (2011) Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration. *Resources, Conservation and Recycling* 55: 548–553.

Kim MH and Kim JW (2010) Comparison through a LCA evaluation analysis of food waste disposal options from the perspective of global warming and resource recovery. *Science of the Total Environment* 408: 3998-4006.

Körner I, Saborit-Sánchez I and Aguilera-Corrales Y (2008) Proposal for the integration of decentralised composting of the organic fraction of municipal solid waste into the waste management system of Cuba. *Waste Management* 28: 64–72.

Mato S, Orto D and Garcia M (1994) Composting of <100 mm fraction of municipal solid waste. *Waste Management & Research* 12 (4): 315-325.

Montejo C, Ramos P, Costa C and Márquez MC (2010) Analysis of the presence of improper materials in the composting process performed in ten MBT plants. *Bioresource Technology* 101(21): 8267-8272.

Nakasaki K, Nag K and Karita S (2005) Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. *Waste Management and Research* 23: 48–56.

Papadopoulos AE, Stylianou MA, Michalopoulos CP, Moustakas KG, Hapeshis KM, Vogiatzidaki EEI and Loizidou MD (2009) Performance of a new household composter during in-home testing. *Waste Management* 29: 204–213.

Rosenfeld PE, Clark JJJ, Hensley AR and Suffet IH (2007) The use of an odour wheel classification for the evaluation of human health risk criteria for compost facilities. *Water Science & Technology* 55(5): 345–357.

SAS Institute Inc. (2008) SAS version 9.2, SAS Institute Inc., 100 SAS Campus Drive, Cary, NC, USA.

Smith SR and Jasim S (2009) Small-scale home composting of biodegradable household waste: overview of key results from a 3-year research programme in West London. *Waste Management & Research* 27: 941–950.

Stabnikova O, Ding HB, Tay JH and Wang JY (2005) Biotechnology for aerobic conversion of food waste into organic fertilizer. *Waste Management & Research* 23: 39 – 47.

Van Soest PJ (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibre residues of low nitrogen content. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists* 46: 825–829.

Wagner T and Arnold P (2008) A new model for solid waste management: an analysis of the Nova Scotia MSW strategy. *Journal of cleaner Production* 16: 410-421.

Zucconi, F. and de Bertoldi, M. (1986) 'Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste in compost: production, quality and use', In: de Bertoldi M, Ferranti MP, L'Hermite P and Zucconi F (eds): Proceedings of a symposium organized by the commission of the European communities, Directorate General Science, Research and Development, 17-19 April. Udine Italy.

Etudes des émissions gazeuses liées au compostage domestiques

Effect of type of home composting system on greenhouse gas emissions

Bijaya K. Adhikari^{a,b,c}, Anne Trémier^{a,b}, Suzelle Barrington^{b,c}, José Martinez^{a,b}, Mylène Daumoin^a

^aUR GERE, 17 avenue du Cucillé, CS 64427, F-35044, Rennes, France

^bUniversité européenne de Bretagne, France

^cDepartment of Bioresource Engineering,
Macdonald Campus of McGill University,
21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue (Québec) Canada, H9X 3V9

Corresponding author: Suzelle Barrington, Ph. D.

Department of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University, 21 111 Lakeshore, Ste Anne de Bellevue, Quebec, Canada, H9X 3V9

Tel: +1 514 398 7776

Fax: +1 514 398 8387

Email: suzelle.barrington@mcgill.ca, suzellebarrington@sympatico.ca

1. Abstract

Depending on handling and treatment, organic wastes (OW) generate various amounts of CO₂, CH₄ and N₂O, greenhouse gases contributing to global warming trends. Facilitating the recycling of OW, home composting systems (HC) were monitored for 150 days to compare their greenhouse gas emissions (GGE). Batch fed with restaurant food waste (FW) and yard trimmings (YT), four HC were tested: the wood and plastic bins (WB and PB), the mixed and unmixed ground pile (GPM and GP). Weekly starting on day 15, CO₂, N₂O and CH₄ emissions were measured during 2h sessions using a closed trap placed at the compost surface. Compost characteristics were monitored by sampling weekly and weighing on day 0 and 150. Most GGE consisted of CO₂ and N₂O generated especially between days 0 to 30 and during the maturation phase, respectively. Although not detected except for GP on day 15, future research should focus on CH₄ generation between days 0 to 15. The WB and PB composts produced GGE of 208 and 226 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹ while that of GP and GPM produced higher values of 255 and 272 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹, values within the range of that reported for centralized composting facilities averaging 200 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹. Eliminating GGE for centralized composting facilities resulting from energy required for collection, transportation and treatment at 50 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹, HC can recycle OW with an important advantage if managed properly.

Keywords: Greenhouse gas, home composting systems, organic waste.

2. Introduction

Greenhouse gas emissions (GGE), namely carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), have led to global warming trends and their adverse climatic effects (Recycled organic unit, 2011; IPCC, 2006; Friends of the Earth, 2000). Landfilled organic waste (OW) accounts for 13% of the total annual global CH₄ emissions, equivalent to 734 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹ (Matthews and Themelis, 2007), whereas composting lowers GGE to values of 0.03 – 8.0 kg CH₄ (tonne wet waste treated)⁻¹ and 0.06 – 0.6 kg N₂O (tonne wet waste treated)⁻¹, for a total averaging 200 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹ (Friedrich and Trois, 2011; Hermann et al., 2011; Rogger et al., 2011; Martínez-Blanco et al., 2010; Lou and Nair, 2009; IPCC, 2006). Accordingly, Europe and North America initiated policies for the diversion of the OW fraction from the municipal solid waste stream (Pires et al., 2011; Fenerty and Khare, 2005; Thompson and Tanapat, 2005; Landfill Directive, 1999) and its recycling through either composting or anaerobic digestion.

Composting OW is achieved either at centralized composting facilities or at decentralized systems such as community centres and home composters (Bernstad and Jansen, 2011; Schwalb et al., 2011). Home composting systems (HC) eliminate collection, transportation and processing, thus reducing the investment and energy cost associated with centralized facilities (Boldrin et al., 2011; Andersen et al., 2010). However, CO₂, CH₄ and N₂O emissions from HC can be affected by their configuration and management (Bogner et al., 2008; EPIC, 2002) with a limited number of studies examining their GGE. Using a weekly fed plastic HC, Colón et al. (2010) report CH₄ and N₂O emissions below their detection threshold. For a bi-weekly fed HC,

Andersen et al. (2010) measured CH₄ and N₂O emissions in the range of 0.4 – 4.2 and 0.30 – 0.55 kg (ton wet waste treated)⁻¹ respectively, totalling 100 to 239 kg CO₂-eq (ton wet waste treated)⁻¹. With a weekly fed and mixed HC, Martínez-Blanco et al. (2010) measured GGE of 0.158 kg CH₄ (tonne wet waste treated)⁻¹ and 0.676 kg N₂O (tonne wet waste treated)⁻¹. These reported GGE are within the range of those produced by centralized composting facilities (IPCC, 2006), but illustrate variability in GGE from HC, which depend on their configuration and management.

Accordingly, the objective of this study was to compare GGE for four common HC used in Canada and France, namely the wood bin (WB), the plastic bin (PB), the mixed ground pile (GPM) and unmixed ground pile (GP). All four HC were filled at once (batch) with equal wet volumes of food waste (FW) and yard trimmings (YT), to simulate the worst loading scenario and maximise GGE. Emissions of CO₂, N₂O and CH₄ were measured regularly from day 15 to 150. Losses of total carbon (TC) and nitrogen (TN) were compared to measure GGE.

3. Material and methods

3.1 Composting systems and input organic waste

Greenhouse gas emissions (GGE) from batch fed HC were monitored using four commonly used systems: the slatted wood bin (WB) measuring 0.78 m x 0.65 m by 0.75 m in height; the slatted plastic bin (PB) measuring 0.70 m x 0.70 m by 0.80 m in height, and; the mixed and unmixed ground pile (GPM and GP, respectively), both measuring 0.65 m high and 0.75 m in base diameter (Figures 27a, b, c).

(a)



(b)



(d)



1 pile. The

The organic waste (OW) composted by the four HC consisted of equal wet volumes of food waste (FW) and yard trimmings (YT). The FW was source separated and supplied by two restaurants in Rennes, France, within 3 days of production. It consisted of vegetable and fruit wastes. The YT were obtained from the green space surrounding the Cemagref research station of Rennes, France, and consisted of a 90 % grass clippings and 10 % tree leaves on wet weight basis. While loading the HC, the initial compost mixture was sampled in triplicate for physico-chemical characterization using standard methods.

3.2 Experimental procedure

The four experimental HC were randomly set-up under an outside tent at the Cemagref Research Centre, Rennes (France), to avoid rainfall and direct sunshine. Equal wet volumes of FW and YT were mixed by hand in a large tub before being loaded without compaction into the HC. All four HC were filled at once on the same day (batch fed) to 80 % of their capacity. While filling the HC, temperature sensors (model DS1921G-F5, Thermochron iButton, Dallas Semiconductor, USA) were installed at their mass center.

While being monitored for 150 days, the HC composts were naturally aerated and manually mixed weekly except for that of GP. During the mixing operation, a compost sample was collected for analysis every 15 days during the first 60 days, and then every 30 days for the rest of the experimental period. The GP treatment was sampled only on days 0 and 150. The temperature sensors were retrieved after 70 days of composting, during one of the mixing and sampling operation.

During the composting process and before the mixing operation, all HC were monitored for GGE, namely carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), starting on day 15. For all gas monitoring sessions, a closed metallic chamber measuring 0.40 m in length x 0.15 m in width by 0.17 m in height was

placed over the compost mass (Figure 8.1d). The chamber had a top rubber port to collect air samples using disposable plastic syringes. Each monitoring session was repeated weekly for the first 30 days, every 10 days for days 30 to 60, every 20 days for days 60 to 120, and then on day 150. During each 120 min monitoring session, duplicate air samples were drawn after 0, 10, 20, 40, 60 and 120 min. All air samples were analyzed for CO₂, CH₄, N₂O and O₂ by gas chromatography (GC - HP6890N, Agilent, Santa Clara, USA). The GC was equipped with an electron capture detector (ECD) and a flame ionization detector (FID), and used N₂ as a vector gas.

After 150 days, the compost mass in each HC was weighed and sampled in triplicate for physico-chemical characterization, to compute the loss in DM, total carbon (TC), total nitrogen (TN) and organic matter (OM).

3.3 Analytical procedure

Before being analyzed, all triplicate compost sample was dried in an oven (SR 2000, Thermosi, France) at 80 °C until a constant weight was reached and then grinded to less than 0.5 mm (ZM model 1000 grinder, Retsch, Germany).

The compost pH was determined by soaking 10 g of wet sample for 24 hours without shaking at 5°C, in just enough distilled water to use a pH electrode (pH-Electode SenTix41, WTW, Weilheim, Germany). Organic matter (OM) was quantified as volatile solids (VS) and determined by burning at 550 °C for 3 hours (Thermolyne 30400, Furnace, F30420 C-33, Essex, UK), according to AFNOR (1985). Fixed solids concentrations were determined by the ash remaining following the OM procedure. Total carbon (TC) was determined by burning 10 mg samples at 900 °C (Thermo Scientific, FLASH 2000 Series, Organic Elemental Analyser, Courtaboeuf, France) according to AFNOR (2001). According to AFNOR (1995), total Kjeldahl nitrogen (TKN) was determined using an automatic distilling system (VAP 50c, Gehardt automatic distillator, Gehardt, Germany), after digesting 0.5 to 1.0 g of sample with H₂SO₄ (automated Kjeldatherm TZ block digester, Gerhardt, Germany). The TKN value was assumed equal to TN because of negligible amount of nitrite and nitrate in the experimental material.

To correct all analytical results, residual moisture was determined by drying grinded compost samples at 105 °C for 24 hours (SR 1000, Thermosi, France).

3.4 Computation of losses and gaseous emissions

During the 150 days of experiment, the wet compost mass in individual HC could not be measured, although necessary along with concentration values, to compute over time the loss in DM, TC and TN. Based on the principle of fixed solid mass conservation, an equation was developed to predict M_t , the residual mass of wet compost in each HC at time t , where this mass was equated to that of fixed solids, FS_t , plus that of the organic matter OM_t and water:

$$M_t = FS_t + M_{(t)} \times OM_t \times DM_t \times 10^{-4} + M_{(t)} \times (1-DM_t/100) \quad (1)$$

where, M_t is total wet mass at sampling time t in kg; FS_t is the fixed solid mass at time t , in kg; OM_t is the organic matter concentration in % DM_t , and; DM_t is the dry matter concentration at time t , in % of M_t . The values of OM_t and DM_t were measured periodically during the composting process. With the WB, PB, GPM and GP composts losing respectively, 14, 1, 8 and 0 % FS_i as leachate, FS was presumed to drop linearly during the entire experimental composting period of 150 days.

Accordingly, Equation (1) can be rearranged to solve for M_t :

$$M_t = FS_t / \{1 - (OM_t \times DM_t \times 10^{-4}) - (1 - DM_t/100)\} \quad (2)$$

The mass evolution in total carbon (TC) and nitrogen (TN) could thus be computed using the concentrations measured regularly and the corresponding M_t obtained from Equation (2).

For each GGE session, individual gas production rates were computed from the evolution of their concentration within the closed chamber, during 120 min, neglecting the initial diffusion effect. Emissions in CO_2 , CH_4 , and N_2O were computed after each GGE session as:

$$Q = \frac{A_r}{OM_i} \times S \times 10^{-6} \times V \times \rho \quad (3)$$

where Q is the gas production rate in $kg\ hr^{-1}$ ($kg\ OM_i^{-1}$), A_r is the ratio of the composter to sampler cross sectional area in $m^2\ m^{-2}$ (8.7, 8.3 and 12.5 $m^2\ m^{-2}$ for WB, PB and ground piles respectively), OM_i is the initial mass of organic matter in the composter in kg, S is the rate of gas production equal to the slope of the linear gas concentration regression in $ppmv\ hr^{-1}$, V is the sampler volume in m^3 and ρ is the gas density in $kg\ m^{-3}$. The density used for the gases, namely CO_2 , CH_4 and N_2O were 1.842, 0.668 and 1.826 $kg\ m^{-3}$ respectively at the standard temperature of 20 °C and pressure of 101.3 kPa (Engineering Toolbox, 2010).

3.5 Statistical procedure

The experimental HC were filled with the same compost mixtures on the same day and mixed/sampled at the same time, to eliminate all effects except for that of HC type. Gaseous emissions from the different composting systems could therefore be compared with the repeated measures ANOVA procedure, using PROC GLM procedure at 95% confidence level (SAS institute Inc., 2008).

4. Results and discussion

4.1 Organic waste characteristics and compost temperature regime

Table 33 summarizes the initial characteristics of the organic waste mixture fed into all four HC. The initial DM ranged between 23.7 and 24.1 %, with the GP compost being slightly wetter at 22.3 % DM, but not statistically different. The TC ranged from 75.2 to 77.0 % and the TN from 22.9 and 23.3 %, for an initial C:N ratio of 17, for all four HC. The pH of all HC compost was at 6.1 initially. These initial properties are considered to be within the range required to support an active aerobic microbial activity for composting (Stabnikova et al., 2005; Haug 1993; Zucconi et al., 1986).

Figure 29 illustrates the temperature of the composts observed during the first 70 days, with that of PB and GPM reaching thermophilic conditions after 2 days, as compared to 3 days for GP and 7 days for WB. Nevertheless and for all HC, the compost temperature had dropped to close ambient by day 20, with that of WB taking 3 more days to stabilize. During composting, aerobic microbial activity is governed by oxygen supply, and is reflected as heat governing compost temperature (Richard, 2004; Epstein, 1997; Diaz et al., 1993).

Since PB and GPM produced very similar high compost temperature regimes, they sustained the same level of high aeration. The GP and WB composts reached thermophilic temperatures 1 and 5 days later, respectively, indicating some initial limitation in generating convective aeration forces. Once thermophilic temperatures are reached, convective air flow rates can be sustained (Barrington et al., 2002). As compared to GPM offering free air flow, the high level of convective aeration obtained with PB can be attributed to its perforations concentrated at its bottom and top.

Table 33 Evolution of compost characteristics during the 150 day experiment

Composter/days	*Wet mass (kg)	DM (%)	OM (%dm)	TC (%dm)	TN (g(kg dm) ⁻¹)	C/N ratio	pH
WB							
FW:YT (dm)	0.94:1						
0	72.2	24.1 (1.2)	75.3 (0.2)	39.2 (0.7)	22.9 (0.2)	17.1	6.1 (0.2)
15	49.3	23.0 (0.8)	63.0 (0.1)	32.7 (0.2)	27.0 (0.2)	12.1	8.8 (0.1)
30	37.6	27.0 (2.3)	58.7 (0.2)	30.4 (0.6)	26.3 (0.2)	11.5	8.1 (0.2)
45	33.3	30.0 (0.7)	58.1 (0.1)	29.9 (0.2)	25.8 (0.2)	11.6	8.2 (0.0)
60	27.6	33.0 (1.3)	54.2 (0.1)	29.2 (0.1)	24.9 (0.4)	11.7	8.6 (0.3)
90	17.6	50.4 (0.6)	53.2 (0.3)	28.2 (0.2)	25.2 (0.2)	11.2	8.1 (0.4)
120	13.2	65.9 (0.7)	52.6 (0.2)	27.6 (0.2)	26.4 (0.2)	10.5	7.8 (0.1)
150	9.2	81.0 (0.8)	50.4 (0.3)	26.6 (0.3)	24.6 (0.1)	10.8	7.5 (0.1)
PB							
FW:YT (dm)	0.93:1						
0	75.5	24.1 (1.2)	75.2 (0.2)	39.2 (0.7)	22.9 (0.2)	17.1	6.1 (0.2)
15	50.9	22.0 (3.0)	60.5 (0.3)	31.2 (0.5)	26.6 (0.5)	11.7	8.4 (0.1)
30	44.1	24.0 (3.9)	58.4 (0.2)	30.4 (0.1)	26.2 (0.2)	11.6	8.4 (0.2)
45	38.7	26.0 (0.1)	56.2 (0.1)	29.5 (0.3)	25.0 (0.2)	11.8	8.2 (0.0)
60	34.6	27.0 (1.0)	52.9 (0.2)	28.7 (0.9)	23.3 (0.1)	12.3	8.8 (0.3)
90	24.2	34.5 (0.7)	47.0 (0.2)	25.5 (0.1)	21.3 (1.8)	12.0	8.7 (0.4)
120	16.3	50.9 (2.4)	47.4 (0.3)	25.3 (0.2)	21.4 (0.3)	11.8	8.4 (0.1)
150	12.5	66.0 (1.8)	45.8 (1.0)	24.6 (0.2)	20.6 (0.2)	11.9	7.7 (0.1)
GPM							
FW:YT (dm)	0.96:1						
0	75.0	23.7 (1.2)	75.2 (0.2)	39.4 (0.7)	23.1 (0.2)	17.1	6.1 (0.2)
15	42.9	25.0 (2.1)	59.6 (0.1)	32.1 (0.5)	26.4 (0.2)	12.2	7.9 (0.4)
30	36.4	27.0 (4.1)	56.0 (0.1)	30.1 (0.9)	26.1 (0.1)	11.5	8.5 (0.3)
45	31.4	30.0 (1.8)	54.1 (0.3)	28.7 (0.2)	25.3 (0.1)	11.3	8.2 (0.1)
60	24.3	36.0 (4.1)	50.8 (0.3)	27.6 (0.5)	23.9 (0.4)	11.5	8.9 (0.0)
90	15.7	54.1 (2.5)	49.6 (0.3)	26.2 (0.2)	23.8 (0.3)	11.0	8.3 (0.2)
120	11.2	75.6 (0.7)	49.5 (0.1)	26.1 (0.1)	23.7 (0.4)	11.0	7.8 (0.0)
150	9.4	85.0 (2.2)	49.0 (0.3)	25.1 (0.10)	24.5 (0.1)	10.2	7.7 (0.0)
GP							
FW:YT (dm)	1.2:1						
0	63.3	22.3 (2.0)	77.0 (0.2)	39.8 (0.4)	23.3 (0.7)	17.1	6.1 (0.2)
150	11.8	60.0 (3.5)	50.4 (0.8)	25.9 (0.1)	23.2 (0.3)	11.2	7.5 (0.2)

*The total mass was measured on days 0 and 150, otherwise estimated from Equation 2. WB-wood bin; PB-plastic bin; GPM-mixed ground pile; GP-unmixed ground pile; dm-dry mass basis; FW-food waste; YT-yard trimmings; DM-dry matter; TC-total carbon; TN-total nitrogen; OM-organic matter; C/N-carbon to nitrogen ratio. The number in parenthesis represents the standard deviation.

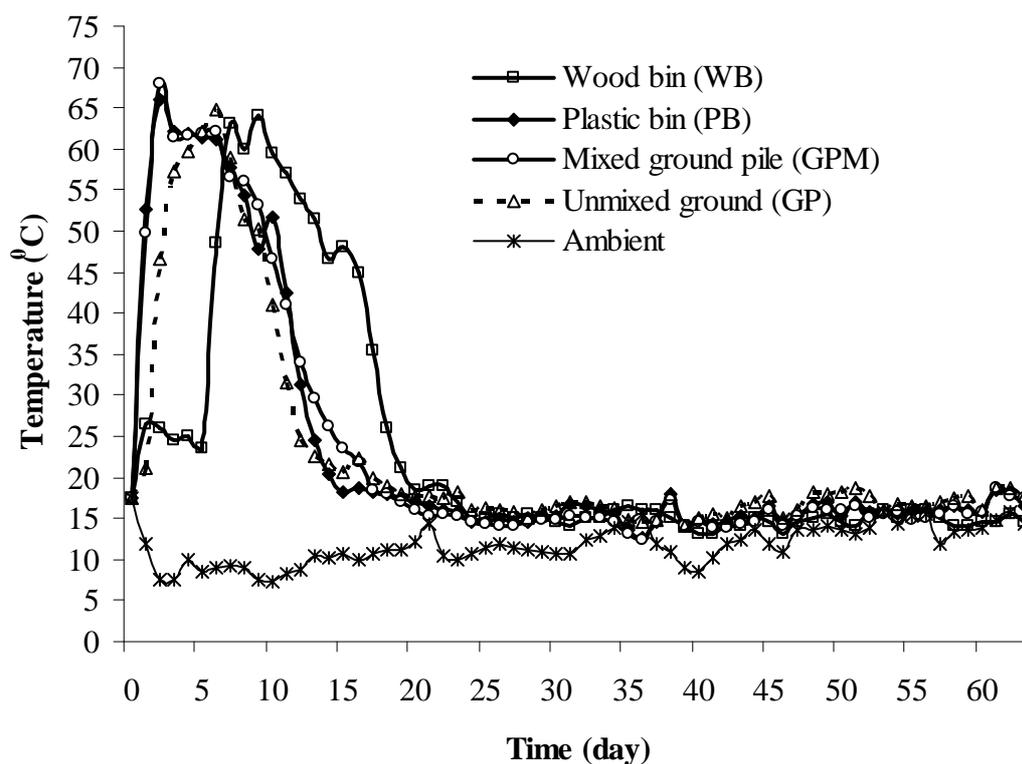


Figure 29 Temperature regime at the centre of compost mass for all four experimental home composting systems against ambient temperature. All composters were filled at once (batch fed) and mixed weekly except for the unmixed ground pile (GP).

4.2 Emissions in CO₂, N₂O and CH₄

Examples of CO₂, N₂O and CH₄ evolution within the closed chamber, during the GGE measuring sessions, are illustrated in Figure 30. Measured compost gaseous concentrations were observed to change linearly, with little initial diffusion effect. Measureable CH₄ concentrations were obtained only for GP on day 15. Most of the gaseous emissions consisted of CO₂, generally reaching levels above 10 000 ppmv after 120 min, with N₂O only reaching levels of 200 to 300 ppmv. Furthermore, the drop in O₂ corresponded to the increase in CO₂, indicating a balance in gas measurement. The gas concentrations observed over time were used to compute GGE rates presented in Figure 31 using Equation (3).

The gaseous emission measurements produced different curves depending on the gas monitored. For compost CO₂ emission rates, the highest values observed on day 15 were in the range of 25 to 28 g hr⁻¹ (ton wet waste treated)⁻¹. These values had dropped to 1.5 g hr⁻¹ (ton wet waste treated)⁻¹ on day 150. On day 15, CO₂ emission rates were very similar among HC, with some differences appearing later on, such as a peak of 28 and 24 g hr⁻¹ (ton wet waste treated)⁻¹ for the GPM and GP composts on day 30 and 60, respectively. Compost N₂O emissions rates were at low values of 7 to 105 mg hr⁻¹ (ton wet waste treated)⁻¹ on day 15, with the PB compost showing the highest value followed by that of WB, GPM and then GP. The N₂O emissions rates increased on day 20, at the end of the thermophilic phase, to peak between 350 and 550 mg

hr^{-1} (ton wet waste treated) $^{-1}$ on days 30 and 40 for all HC, except for GP peaking on day 80. Compost CH_4 emissions were below measurement threshold between days 15 to 150, except for GP on day 15.

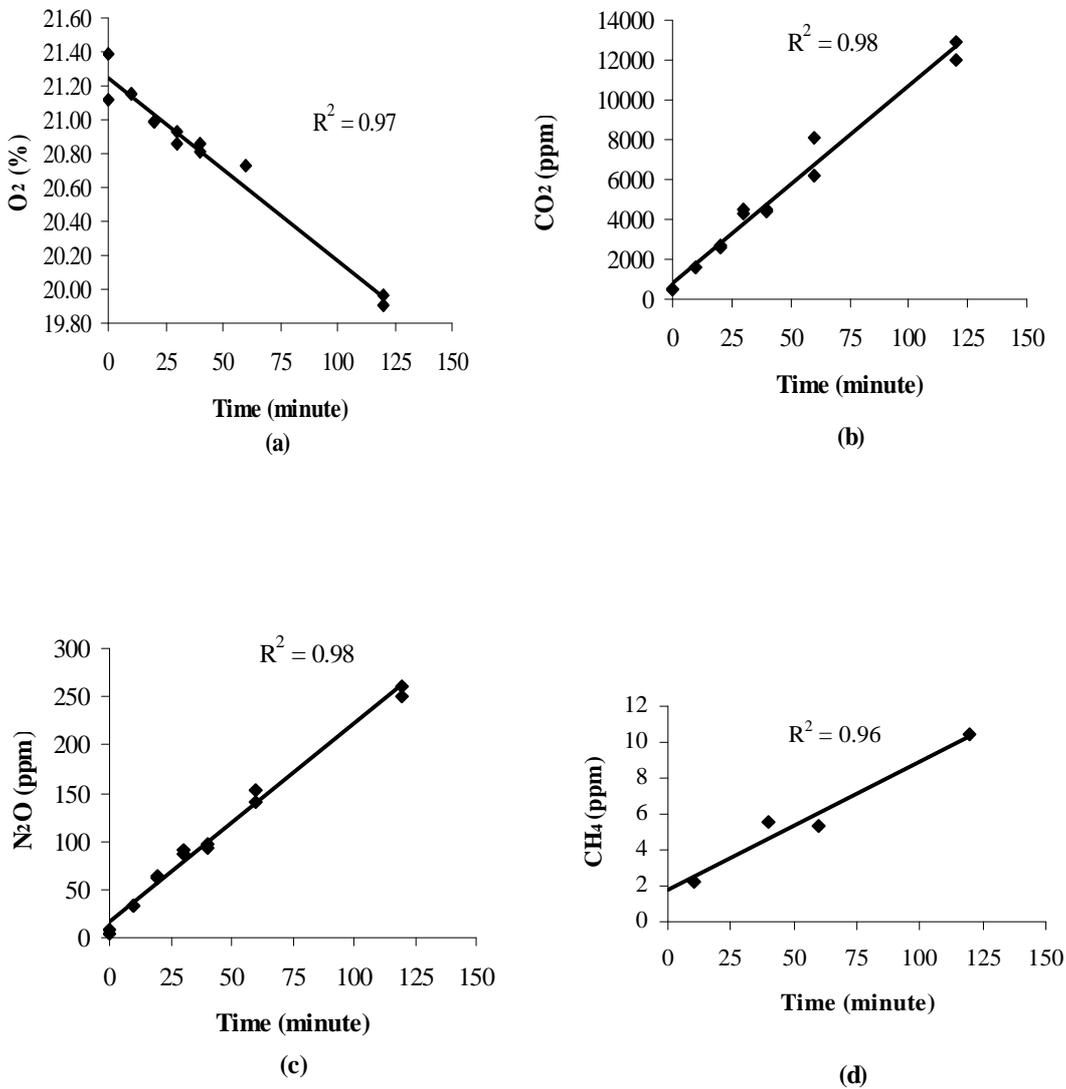


Figure 30 Typical trend of gas concentrations obtained in the closed chamber placed over the compost materials: (a) oxygen for the wood bin at 50 days; (b) carbon dioxide for the wood bin after 50 days; (c) nitrous oxide for the wood bin after 50 days; and (d) methane for the unmixed ground pile on day 15.

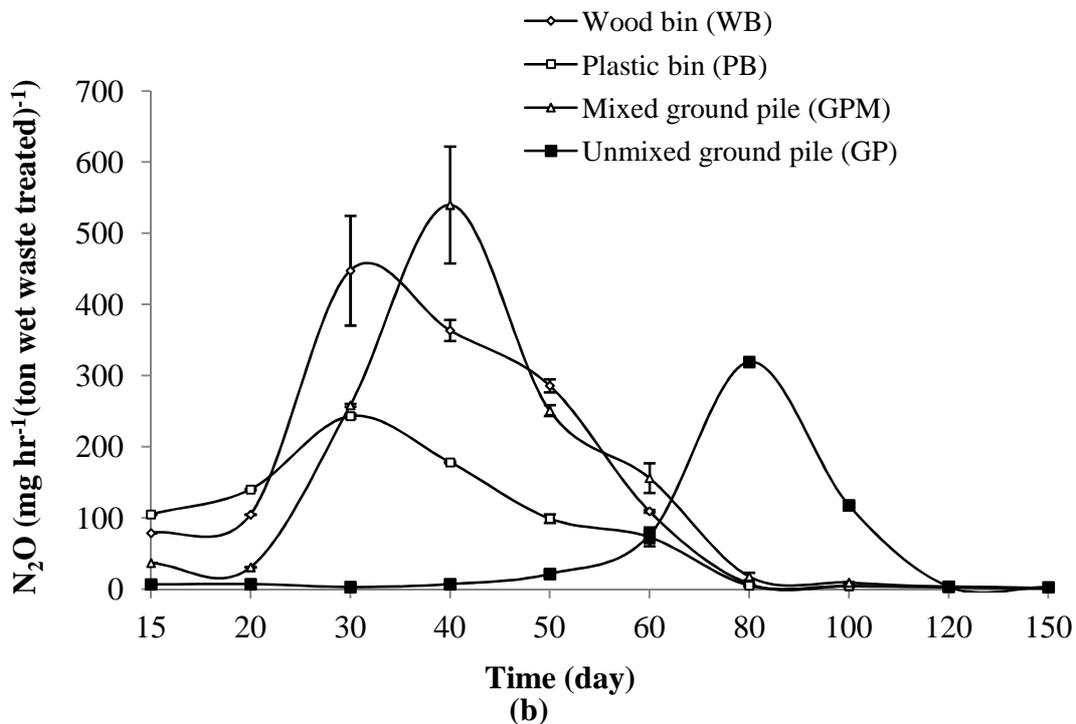
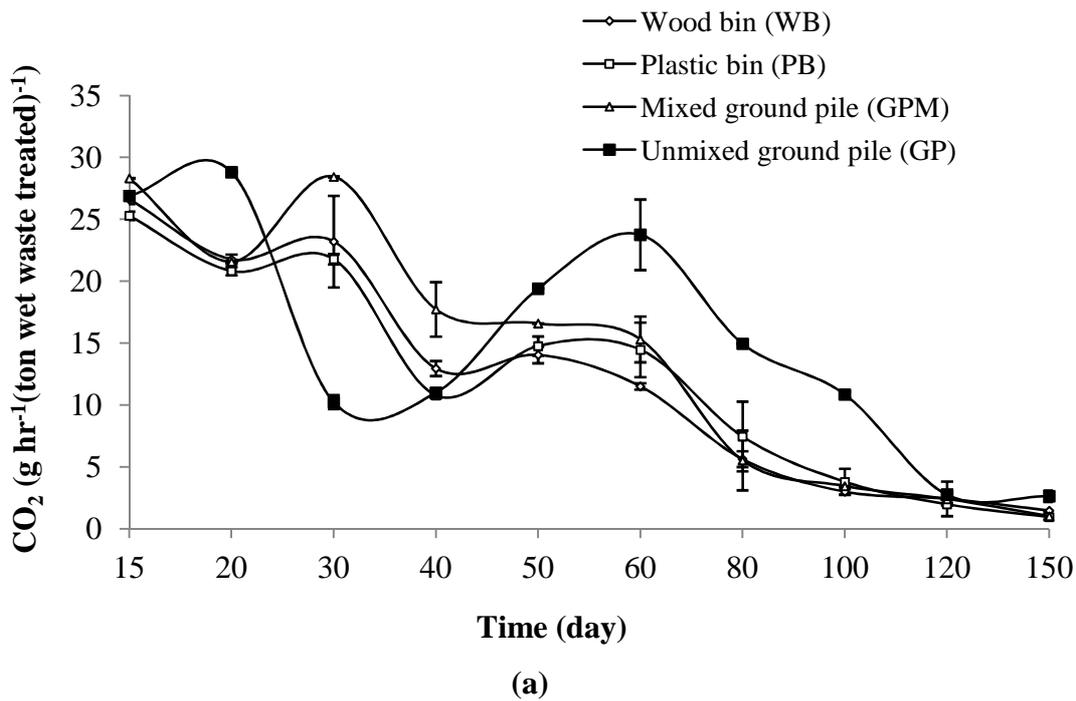


Figure 31 Measured emissions of CO_2 and N_2O from all four experimental home composting systems (HC) over 150 days: (a) carbon dioxide, CO_2 ; and (b) nitrous oxide, N_2O . Emissions of CH_4 between days 15 to 150 were below the detection threshold. Y-bars indicate the standard deviations (n=2).

Gaseous emissions from day 15 to 150 did not reflect the temperature regime developed by the HC composts. On day 15, all HC produced similar CO₂ emission rates, despite the WB compost still at thermophilic temperatures as compared to that of PB, GP and GPM at ambient temperatures. From day 15 to 150, all HC compost demonstrated a very similar CO₂ emission rate, except for a peak at 60 days for the

GP composts. This will be explained later by the fact that most CO₂ emissions occurred from day 0 to 15, rather than 15 to 150. For N₂O emissions resulting from ammonia oxidation by ammonia oxidizing bacteria (AOB) under nitrifying conditions (Kim et al., 2010), the WB and GPM composts produced the highest peaks on days 30 and 40, respectively, followed by GP on day 80 and PB on day 30. Nevertheless, PB produced the least overall N₂O, followed by GP and then GPM and WB at similar levels. The only factor corresponding to this order in N₂O emission is the final compost DM with PB and GP at 66 and 60 %, respectively as compared to GPM and WB at 85 and 81 %.

4.3 Evolution of compost characteristics as compared to gas generation

The evolution of all compost characteristics are presented in Table 33 and the computed losses in mass are illustrated in Figures 32 and 33. For all HC similarly, compost organic matter (OM) and total carbon (TC) suffered the highest loss of 45 to 50 % between days 0 and 15, followed from day 15 to 150 by an additional 15 to 20 % loss.

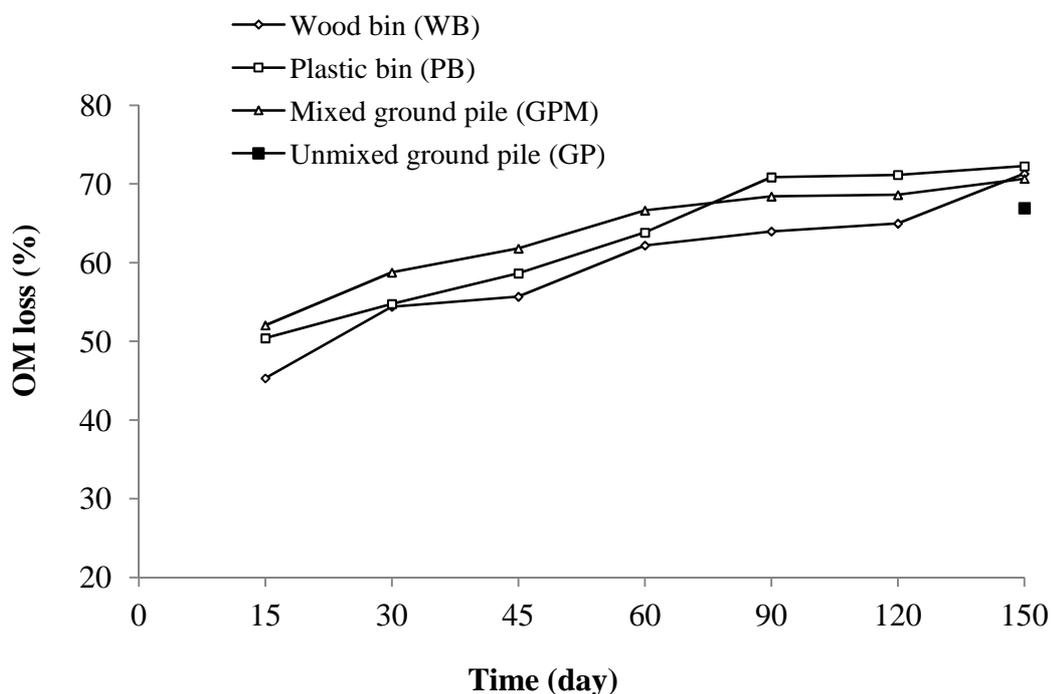


Figure 32 Loss of organic matter (OM) over time for the compost of all four home composting systems estimated from Equation (2), based on the initial mass of organic matter (OM_i).

As compared to OM and TC, compost total nitrogen (TN) losses was slightly different, dropping by 30 % from day 0 to 15, and then by an additional 25 % between days 15 to 150, as a result of denitrification. Loss in fixed solids mass through leachate amounted to 14 and 8 % for the WB and GPM composts, compared to 0 to 1 % for the PB and GP.

Measured between day 15 and 150, CO₂-C emissions corresponded to TC mass losses. For the WB compost for example, 27 % of the initial mass of 6.8 kg TC was lost between days 15 and 150, amounting to 1.84 kg TC or 25 kg TC (ton wet waste treated)⁻¹. For the same period, measured CO₂-C emissions amounted to 23 kg (ton wet waste treated)⁻¹. Accordingly and from day 15 to 150 days, all HC composts emitted CO₂-C respecting the following regression equations based on TC losses:

$$GGE_{CO_2 \text{ from WB}} = 0.72 \times TC + 1.78; \quad R^2 = 0.95 \quad (4)$$

$$GGE_{CO_2 \text{ from PB}} = 1.55 \times TC + 2.05; \quad R^2 = 0.99 \quad (5)$$

$$GGE_{CO_2 \text{ from GPM}} = 1.08 \times TC + 2.05; \quad R^2 = 0.99 \quad (6)$$

GGE_{CO₂} and TC are the loss of total carbon as measured CO₂ emissions and measured compost TC mass, in kg carbon (ton wet waste treated)⁻¹; subscripts WB, PB and GPM correspond to individual HC. Because the compost of the unmixed ground pile (GP) was not characterized regularly, no regression equation could be formulated. Equations (4), (5) and (6) were thus used to compute CO₂ emissions from day 0 to 15, as presented in Table 34.

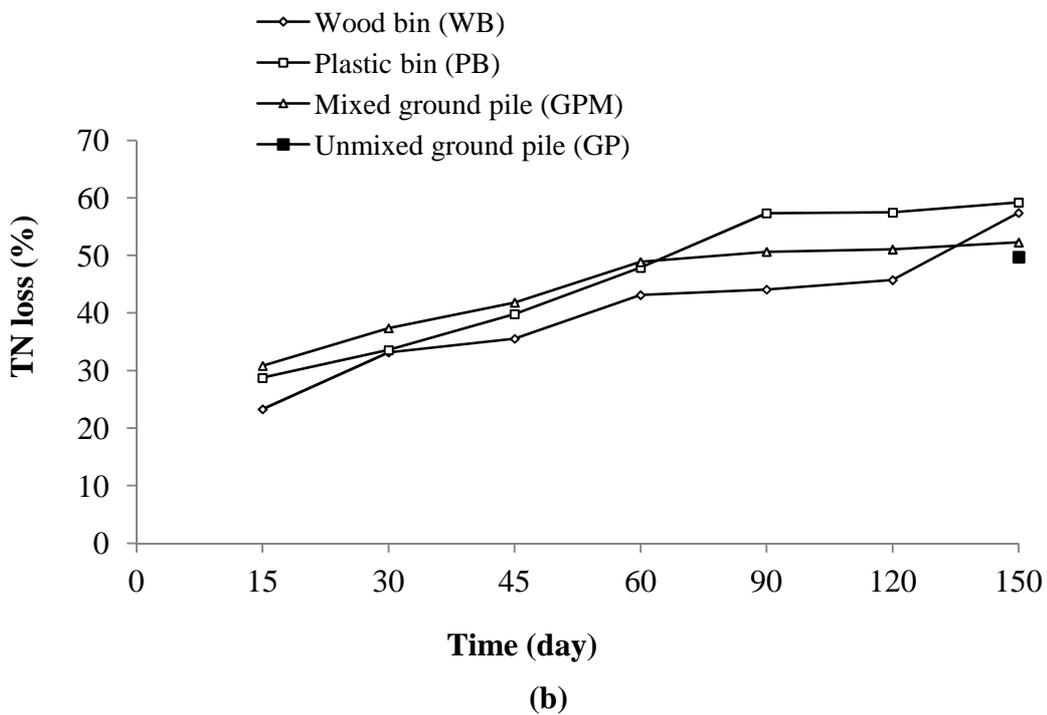
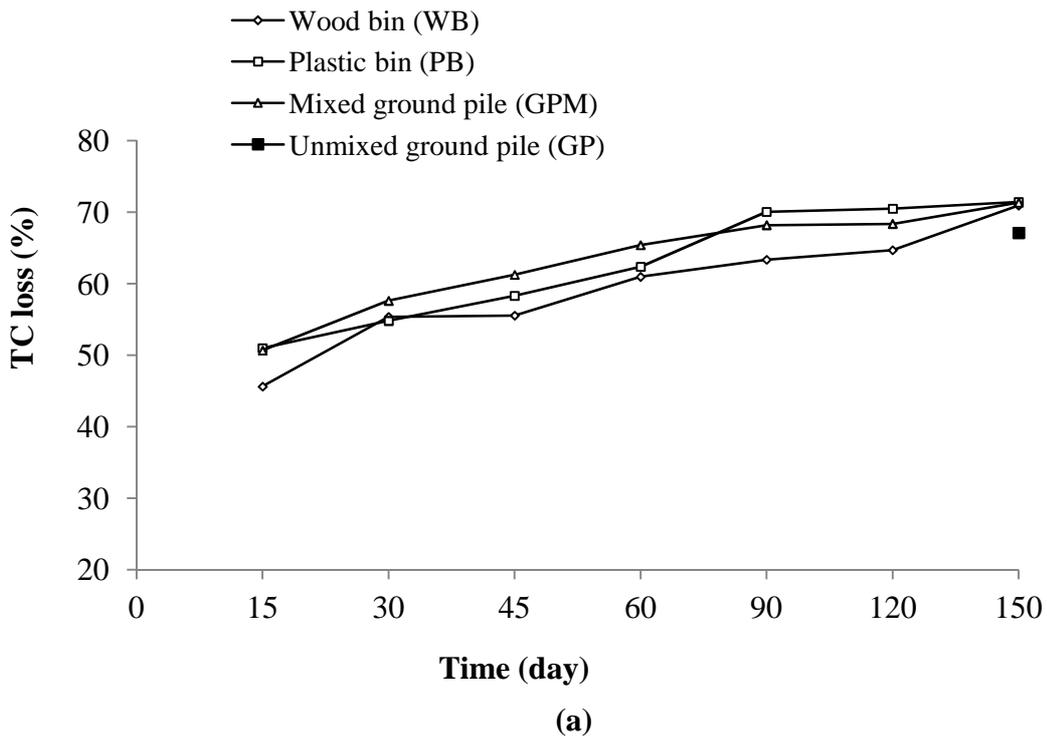


Figure 33 Loss of total carbon (TC) (a) and total nitrogen (TN) (b) over time for the compost of all four home composting systems estimated using Equation.

Table 34 Total greenhouse gas emission (GGE) for the four home composters

Gas/time interval	Composters (kg (ton wet waste treated) ⁻¹)			
	WB	PB	GPM	GP
CO₂				
0 to 20 days*	60	108	85	85
20 to 60 days	16	16	19	16
60 to 120 days	7	9	9	19
120 to 150 days	1	1	1	2
Total CO ₂ (kg (ton wet waste treated) ⁻¹)	84	134	114	122
Total CO ₂ (CO ₂ -eq (ton wet waste treated) ⁻¹)	84	134	114	122
CH₄ (0 to 20 days)				
Total CH ₄ (kg CO ₂ -eq (ton wet waste treated) ⁻¹)	nd	nd	nd	0.002
	-	-	-	0.05
N₂O				
0 to 20 days**	0.135	0.065	0.184	0.181
20 to 60 days	0.289	0.150	0.274	0.017
60 to 120 days	0.032	0.022	0.051	0.228
120 to 150 days	0.002	0.001	0.001	0.002
Total N ₂ O (kg (ton wet waste treated) ⁻¹)	0.458	0.238	0.510	0.428
Total N ₂ O (kg CO ₂ -eq (ton wet waste treated) ⁻¹)	142	74	158	133
Total GGE (kg CO₂-eq (ton wet waste treated)⁻¹)	226	208	272	255

WB – wood bin; PB – plastic bin; GPM- mixed ground pile; GP- unmixed ground pile; CO₂- carbon dioxide; CH₄ –methane; N₂O - nitrous oxide; nd – not detected. The GGE impact of CH₄ and N₂O are assumed to be 21 and 310 times higher than CO₂.

* Values estimated from regression Equations (4, 5, 6); all other values were measured.

** Values estimated from regression Equations (7, 8 and 9); all other values were measured.

In terms of nitrogen, N₂O emissions occurred at the end of the active composting stage, between days 20 to 50, with the GP compost showing a last peak on day 80. Nitrogen losses as N₂O represented only 4 to 7 % of the final compost TN losses, suggesting that leachate and NH₃-N volatilization were more important. Most of the emissions occurred between 15 to 48 °C at a pH above 8, conditions favouring nitrification and denitrification along with the production of N₂O and NO (Richard, 2004) while during the thermophilic phase, NH₃ volatilization governs nitrogen losses (Pagas et al., 2006; Barton and Atwater, 2002).

Emissions in N₂O were also correlated to TN losses from day 15 and 150. Accordingly, the following regression equations were used to estimate N₂O emissions from day 0 and 15:

$$GGE_{N_2O \text{ from WB}} = 0.08 \times TN + 0.02; \quad R^2 = 0.85 \quad (7)$$

$$GGE_{N_2O \text{ from PB}} = 0.03 \times TN + 0.0008; \quad R^2 = 0.94 \quad (8)$$

$$GGE_{N_2O \text{ from GPM}} = 0.11 \times TN + 0.0003; \quad R^2 = 0.96 \quad (9)$$

where GGE_{N_2O} is the compost emission of N as N_2O and TN is the compost loss of nitrogen mass both in kg N (ton wet waste treated)⁻¹; the subscripts WB, PB and GPM correspond to individual HC. Because the compost of the unmixed ground pile (GP) was not characterized regularly, no regression equation could be formulated. Comparing estimated GGE as presented in Table 8.2, a significant difference was observed ($p < 0.01$) for individual gases (CO_2 and N_2O) over time among all four HC. This comparison was performed on estimated CO_2 and N_2O emissions where most CO_2 occurred before initiating GGE monitoring, while most N_2O occurred during GGE monitoring (Table 8.2). Whereas CO_2 emissions were lowest for the driest final compost, namely those of WB and GPM at 81 and 85 % DM, respectively, as compared to the wetter final compost of GP and PB at 50 and 54 % DM, N_2O emissions were lowest for the wetter compost of PB and GP, followed by WB and GPM (Table 8.2). Total GGE values were therefore very similar among all four HC, with the WB and PB composts producing slightly lower values of 226 and 208 kg CO_2 -eq (ton wet waste treated)⁻¹ as compared to GP and GPM at 255 and 272 kg CO_2 -eq (ton wet waste treated)⁻¹. More accurate compost GGE monitoring requires in the future, intensive measurements for the first 15 days especially for CO_2 and CH_4 .

4.4 Greenhouse gas emissions over time

Whereas Table 34 summarizes GGE in terms of individual gas over time, Figure 34 illustrated GGE for all HC composts over time, based on kg CO_2 -eq emissions (ton wet waste treated)⁻¹.

The contribution of CH_4 and N_2O , equivalent to 21 and 310 times that of CO_2 , is based on 100 years of global warming potential (GWP) (US EPA, 2005; Friends of the Earth 2000). In this calculation, CH_4 is considered to be minimal, although not monitored from days 0 to 15. This is based on negligible CH_4 emissions from the WB compost on day 15, while still exposed to thermophilic conditions. Nevertheless, future project should carefully monitor CH_4 emissions especially during the first 2 weeks of active composting.

Overall and from Table 34, the PB compost produced the lowest levels GGE at 208 kg CO_2 -eq (ton wet waste treated)⁻¹, followed by WB at 226, GP at 255 and finally GPM at 272 kg CO_2 -eq (ton wet waste treated)⁻¹. Emissions of N_2O were just as important as those of CO_2 when considering the overall earth warming potential. Over time, the most GGE occurred between days 20 and 60, except for the GP which lost most of its CO_2 from day 0 to 20 and then most of its N_2O from day 60 and 120. Accordingly, GGE observed for all four tested HC corresponded to that reported for centralized composting facilities of 200 kg CO_2 -eq (tonne wet waste treated)⁻¹ and were lower than that from landfilled OW at 730 kg CO_2 -eq (tonne wet waste treated)⁻¹. Since centralized composting facilities are said to spend on the average 25 CO_2 -eq (tonne wet waste treated)⁻¹ in collecting and transporting OW (Chapter 3; Adhikari et al., 2010), and the same energy can be estimated spent for composting, HC can therefore offer a net GGE advantage of 50 CO_2 -eq (tonne wet waste treated)⁻¹, if properly managed.

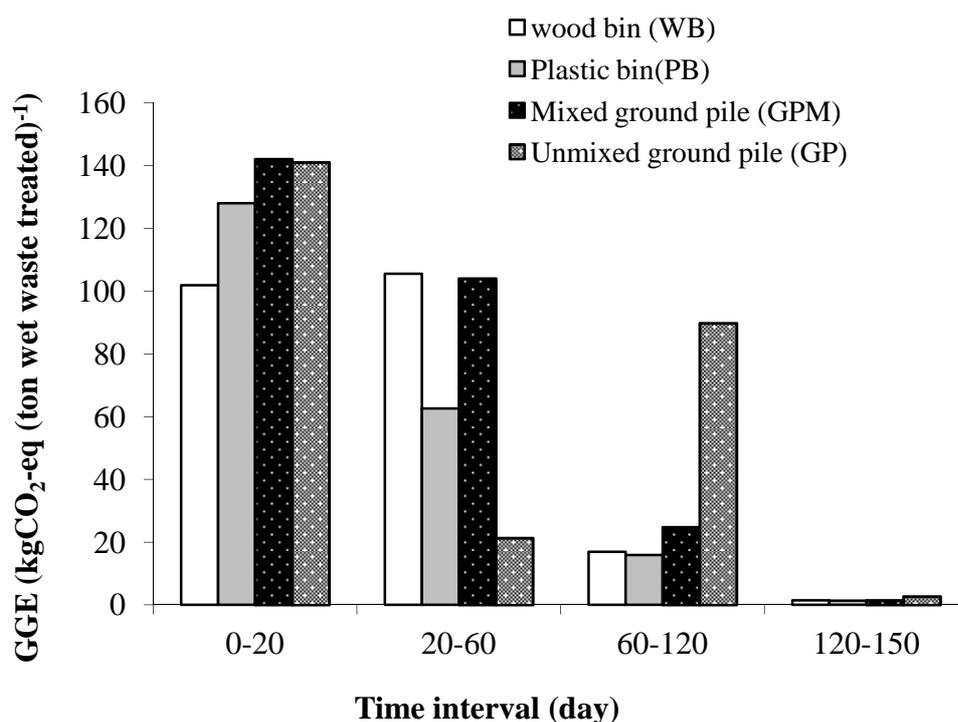


Figure 34 Greenhouse gas emissions (GGE) from the compost of all four home composting systems. Note: The CH₄ and N₂O global warming potential are 21 and 310 times higher than that of CO₂ respectively, based on 100 years of global warming potential (US EPA, 2005; Friends of the Earth, 2000).

5. Conclusion and recommendations

To reduce earth warming trends, lower GGE technologies must be identified for the management of organic wastes (OW). Besides diverting OW from landfill operations, home composting systems (HC) can eliminate the use of fuels required for its collection, transportation and treatment at centralized facilities. Nevertheless, HC must produce equal if not lower GGE as compared to other treatment alternatives. The objectives of this project were therefore to: measure GGE from OW treated using four common HC, namely the wood and plastic bins (WB and PB) and the mixed and unmixed ground piles (GPM and GP), and; to compare their emissions to centralized composting facilities. Accordingly, all HC were filled at once on the same day to simulate the worst case scenario, and their compost and GGE were monitored regularly during 150 days.

Emissions in CO₂ and N₂O were highly correlated to total carbon and total nitrogen losses. Nevertheless, HC producing drier composts lost the most CO₂ and the least N₂O, with thus all four HC releasing similar GGE of 208 to 272 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹ with the lowest and highest value associated with PB/WB and GP and GPM, respectively. These GGE were quite similar to those reported for centralized composting facilities averaging 200 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹. Eliminating GGE for centralized composting facilities, in terms of the energy required for collection, transportation and composting estimated at 50 kg CO₂-eq (tonne wet waste treated)⁻¹, HC can recycle OW with an advantage in terms of greenhouse gas emissions, if properly managed.

6 Acknowledgements

This study is part of a larger project entitled ECCOVAL, conducted in partnership with Rennes Métropole, CRPCC LAUREPS and CIELE, and funded by the regional council of Brittany, France. The authors also acknowledge the financial and logistics support by the Cemagref of Rennes, France and the Natural Science and Engineering Research Council of Canada.

7 Abbreviations

C	–	mass of total carbon
C_i	-	initial mass of total carbon
CH_4	–	methane
C/N	–	carbon to nitrogen ratio
CO	–	carbon monoxide
CO_2	–	carbon dioxide
DM	–	dry matter
dm	–	dry mass
FW	–	food waste
FS	-	fixed solid
FS_i	-	initial fixed solid
GHG	–	greenhouse gas
GEE	-	greenhouse gas emission
GP	–	unmixed ground pile
GPM	–	mixed ground pile
hr	–	hour
M_i	-	initial wet mass
M_t	–	wet mass at time t
N	–	mass of total nitrogen
NH_3	–	ammonia
NH_4	–	ammonium
N_2O	–	nitrous oxide
O_2	–	oxygen
OM	–	concentration of organic matter
OM_i	-	initial mass of organic matter
OW	–	organic waste
PB	–	plastic bin
ppm	–	parts per million
TC	–	concentration of total carbon
TN	–	concentration of total nitrogen
TN_i	-	initial mass of total nitrogen
VOC	–	volatile organic compound
WB	–	wood bin
YT	–	yard trimmings

8 References

- Adhikari BK, Tremier A, Martinez J and Barrington SF (2010) Home and community composting for onsite treatment of urban organic waste: perspective in the EU and Canada. *Waste Management & Research* 28(11): 1039 – 1053.
- AFNOR (2001) NF EN 13137 - Caractérisation des déchets - Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments. Association Française de Normalisation, Paris, France.
- AFNOR (1995) NF ISO 11261 - Qualité du sol - Dosage de l'azote total - Méthode de Kjeldahl Modifiée. Association Française de Normalisation, Paris, France.
- AFNOR (1985) NF U 44-160 - Amendements organiques et supports de culture - Détermination de la matière organique totale - Méthode par calcination. Association Française de Normalisation, Paris, France.
- Andersen JK, Boldrin A, Christensen TH and Scheutz C (2010) Greenhouse gas emissions from home composting of organic household waste. *Waste Management* 30: 2475–2482.
- Barrington S, Choinière D, Trigui M and Knight W (2002) Compost convective airflow under Passive aeration. *Journal of BioResource Technology* 86: 259-266.
- Barton PK and Atwater JW (2002) Nitrous oxide emissions and the anthropogenic nitrogen in wastewater and solid waste. *Journal of Environmental Engineering* 128(2): 137-150.
- Beck-Friis B, Pell M, Sonesson U, Jönsson H and Kirchmann H (2000) Formation and emission of N₂O and CH₄ from compost heaps of organic household waste. *Environmental Monitoring and Assessment* 62(3): 317-331.
- Bernstad A and Jansen J la C (2011) A life cycle approach to the management of household food waste – A Swedish full-scale case study. *Waste Management* 31(8) :1879 – 96.
- Bogner J (USA), Pipatti R (Finland), Hashimoto S (Japan), Diaz C (Cuba), Mareckova K (Slovakia), Diaz L (USA), Kjeldsen P (Denmark), Monni S (Finland), Faaij A (The Netherlands), Gao Q (China), Zhang T (China), Ahmed MA (Sudan), Sutarni RTM (Indonesia) and Gregory R (UK) (2008) Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). *Waste Management & Research* 26: 11–32.
- Boldrin A, Andersen JK and Christensen TH (2011) Environmental assessment of garden waste management in the Municipality of Aarhus, Denmark. *Waste Management* 31: 1560–1569.
- Boldrin A, Andersen JK, Møller J and Christensen TH (2009) Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research* 27: 800–812.
- Chen T-C and Lin C-F (2008) Greenhouse gases emissions from waste management practices using Life Cycle Inventory model. *Journal of Hazardous Materials* 155: 23–31.
- Colón J, Martínez-Blanco J, Gabarrell X, Artola A, Sánchez A, Rieradevall J and Font X (2010) Environmental assessment of home composting. *Resources, Conservation and Recycling* 54: 893–904.
- Diaz LF, Savage GM, Eggerth LL and Golueke CG (1993) *Composting and Recycling, Municipal Solid Waste*. CRC Publishers, Boca Raton, Florida, USA.
- Engineering Toolbox (2010) Gas densities – densities and molecular weights of some common gases- acetylene, air, methane, nitrogen, oxygen and others. www.engineeringtoolbox.com/gas-density-d_158.html Accessed 2 October 2010.

EPIC (2002) Opportunities for Reducing greenhouse Gas Emissions through Residential Waste Management. The Environment and Plastics Industry Council (EPIC), a council of the Canadian Plastics Industry Association. 5925 Airport Road, Suite 500, Mississauga, Ontario.

Fenerty-McKibbin B and Khare A (2005) Canada post delivers energy conservation. *Energy and Buildings* 37: 221–234.

Friedrich E and Trois C (2011) Quantification of greenhouse gas emissions from waste management processes for municipalities – A comparative review focusing on Africa. *Waste Management* 31: 1585–1596.

Friends of the Earth (2000) Greenhouse Gases and Waste Management Options. Friends of the Earth, 26-28 Underwood Street, LONDON, N1 7JQ.

Hermann BG, Debeer L, De Wilde B, Blok K and Patel MK (2011) To compost or not to compost: Carbon and energy footprints of biodegradable materials' waste treatment. *Polymer Degradation and Stability* 96: 1159e1171.

IPCC (2006) IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 5 Waste. Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html Accessed 18 May 2011.

Kim S-W, Miyahara M, Fushinobu S, Wakagi T, Shoun H (2010) Nitrous oxide emission from nitrifying activated sludge dependent on denitrification by ammonia-oxidizing bacteria. *Bioresource Technology* 101: 3958–3963.

Lou XF and Nair J (2009) The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. *Bioresource Technology* 100: 3792–3798.

Lundie S and Peters GM (2005) Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production* 13: 275–286.

Martínez-Blanco J, Colón J, Gabarrell X, Font X, Sánchez A, Artola A and Rieradevall J (2010) The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. *Waste Management* 30: 983–994.

Matthews E and Themelis NJ (2007) Potential for Reducing Global Methane Emissions From Landfills, 2000-2030. Proceedings Sardinia, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1-5 Oct. 2007, by CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre, Italy

Pagans E, Barrena R, Font X and Sa'nchez A (2006) Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere* 62: 1534–1542.

Pires A, Martinho G and Chang N-B (2011) Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management* 92: 1033-1050.

Recycled Organics Unit (2001) Greenhouse Gas Emissions from Composting Facilities. Building B11B, he University of New South Wales, UNSW Sydney 2052.

Richard TL (2005) Compost. Iowa State University, Ames, IA, USA.

Richter R de and Caillol S (2011) Fighting global warming: the potential of photocatalysis against CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, tropospheric O₃, BC and other major contributors to climate change. *Journal of Photochemistry and Photobiology C:Photochemistry Reviews*. doi:10.1016/j.jphotochemrev. 2011 05.002.

Rogger C Beaurain F and Schmidt TS (2011) Composting projects under the Clean Development Mechanism: Sustainable contribution to mitigate climate change. *Waste Management* 31: 138–146.

Thompson S and Tanapat S (2005) Modeling Waste Management Options for Greenhouse Gas Reduction. *Journal of Environmental Informatics* 6(1): 16-24.

SAS Institute Inc. (2008) SAS version 9.2, SAS Institute Inc., 100 SAS Campus Drive, Cary, NC, USA.

Stevens RJ, Laughlin RJ, Burns LC and Arah JRM (1997) Measuring the contributions of nitrification and denitrification to the flux of nitrous oxide from soil. *Soil Biol. Biochem* 29(2): 139-151.

Schwalb M, Rosewear C, Chin R and Barrington S (2011) Food waste treatment in a community centre. *Journal of Waste Management* 31: 1570-1575.

US EPA (2005) Emission Facts: metrics for expressing greenhouse gas emission: carbon equivalents and carbon dioxide equivalents, EPA 420-F-05-002. United States Environmental Protection Agency (US EPA), Washington DC, USA: www.epa.gov/oms/climate/420f05002.pdf Accessed 4 June 2011.

Conclusion

Le processus de compostage et la qualité du compost dépendent de la qualité initiale des biodéchets et de la gestion et la conception des composteurs utilisés. La présente étude a conclu les points suivants :

1. Les propriétés physico-chimiques de la fraction organique des composants, essentiellement des déchets alimentaires (FW) et les déchets de jardin (YT), régissent l'efficacité du processus de biodégradation de la matière organique. L'objectif de l'étude était d'identifier le mélange de déchets le biodégradables en compostage domestique. Des formules pures, binaires et tertiaires de FW, YT et copeaux de bois (WC) ont été aérées pendant 32 jours dans les cellules maintenues à 40 ° C. Les résultats ont indiqué que la composition du mélange a eu un impact significatif sur le taux cumulé de consommation d'O₂ (p <0,01). La formule binaire de FW: YT avec une fraction de 0.5:0.5 (volume humide) produit le plus haut taux instantané de consommation d' O₂ (NOS) et la plus forte consommation cumulée (CUO) de 145 mmol taupe h⁻¹ (kg ms)⁻¹ et de 28,4(kg ms)⁻¹, respectivement, suivi par la formule tertiaire de FW: YT: WC avec une fraction de 0.33:0.33:0.33, avec 115,6 mmol h⁻¹ -1 (kg ms)⁻¹ et 15,3 mole (kg MS). La formule binaire de FW et YT est donc la plus efficace pour l'établissement d'une activité microbienne active pour un processus de compostage rapide et la génération de hautes températures. L'apport d'un agent structurant (WC) n'est pas nécessaire si des déchets de jardin sont bien incorporés au mélange.
2. L'objectif de cette étude était également de comparer, les performances en termes de régime de température et de la qualité du compost, de quatre systèmes de compostage domestique (HC) de 300 à 400 L), à savoir le plastique (P) et Wood (W) Bacs, le tambour rotatif (RD) et le tas (GP), et d'un composteur d'aération forcée en laboratoire (LR). Tous les HC et le LR ont été chargés par batch avec les mêmes déchets alimentaires (FW) et les déchets de jardin (YT) afin de monitorer, dans des conditions égales, leur température et les caractéristiques du compost. La température des composts P, RD et GP atteint 55 ° C en 3 jours alors que celle de W et LR requiert 6 et 9 jours, respectivement. Les composts P, W et GP ont été exposés à des températures de 60 ° C pendant plus de trois jours tandis que celle de RD et LR a culminé à 58 ° C. Après 150 jours, et malgré les régimes de température différents, tous les composts HC et LR ont montré des caractéristiques similaires en matière sèche, matière organique, demande chimique en oxygène et carbone total (niveau de confiance 95%), sauf pour celle de RD restant à la matière sèche de 23%, en raison d'une mauvaise aération. Tous les composts produits respectent les spécifications des normes françaises et des

réglementations nord-américaines en terme de qualité. Dans cette étude, P et GP ont démontré les meilleures performances, produisant des températures plus thermophiles plus longtemps maintenues.

3. Des températures thermophiles ont été obtenues uniquement pour les composteurs alimentés en batch, tandis que pour une alimentation hebdomadaire, les températures sont demeurées mésophiles. Mélanger le compost améliore le maintien dans le temps de températures thermophiles pour W avec une aération par convection limitée, mais en réduit la durée pour P avec une aération par convection n'a eu aucune incidence sur le GP bénéficiant à la fois l'aération par convection et diffuse. Testé uniquement avec W et RD, la présence d'agent structurant a réduit la durée des températures thermophiles, en augmentant la matière sèche de compost de 20 à 40%, abaissant le pH de 6,1 à 5,7, et en diluant la matière organique biodégradable. Globalement, le compostage d'un mélange de déchets alimentaires et déchets de jardins sans agent structurant avec un remplissage complet et unique du composteur(batch) dans des composteurs en plastique ou par un compostage en tas, produit le meilleur compost, avec le plus faible niveau de parasites et de pathogènes et d'odeurs. Le mélange hebdomadaire semble seulement contribuer à réduire les odeurs désagréables.
4. Des composteurs domestiques ont été suivis pendant 150 jours afin de comparer leurs émissions de gaz à effet de serre (GES). Quatre composteurs remplis en batch par un mélange de déchets alimentaires (FW) et déchets de jardin (YT) ont été suivis : le bois et des bacs en plastique (WB et PB), le tas mélangé et non mélangé (GPM et GP). A partir du 15^{ème} jour de compostage, des mesures hebdomadaires de CO₂, N₂O et de CH₄ ont été réalisées pendant 2h en utilisant une chambre d'accumulation statique placée à la surface du compost. Les caractéristiques du compost ont été suivies par échantillonnage hebdomadaire aux jours 0 et 150. Les émissions de GES se composaient majoritairement de CO₂ et N₂O générées en particulier entre les jours 0 à 30 et durant la phase de maturation, respectivement. Même s'il n'est pas détecté à l'exception des GP sur 15 jours, les recherches futures devraient se concentrer sur la production de CH₄ entre les jours 0 à 15. Les composts WB et PB ont produit entre 208 et 226 kg d'équivalent CO₂ (tonne de déchets humides traités) ⁻¹ tandis que celle de GP et GPM ont produit des valeurs plus élevées de 255 et 272 kg d'équivalent CO₂ (tonne de déchets humides traités) ⁻¹. Ces valeurs sont dans la plage de celles rapportées pour les installations de compostage centralisé en moyenne 200 kg d'équivalent CO₂ (tonne de déchets humides traités) ⁻¹. En estimant que le détournement des biodéchets des installations de compostage centralisé vers le compostage domestique résulterait en une économie d'énergie nécessaire pour la collecte, le transport et le traitement égale à 50 kg d'équivalent CO₂ (tonne de déchets humides traités) ⁻¹, Le compostage peut donc représenté un gain environnemental significatif.

Chapitre 4 : Suivi de pratiques réelles de compostage sur Rennes Métropole

Compostage individuel

Matériels et méthodes : protocole de suivi des pratiques de compostage

Elaboration du panel de volontaires

La première des choses à effectuer dans cette étude a été de constituer un panel de foyers de l'agglomération Rennes Métropole. Pour cela, un appel à candidature a été publié sur plusieurs médias (journaux, sites internet). Le principal critère qui a été choisi avant la sélection du panel était l'expérience, supposée très influente dans la pratique du compostage. Le panel finalement réuni était composé de 19 foyers de l'agglomération rennaise. Sur ces 19 foyers, 10 ont été classés comme volontaires expérimentés, 9 ont été placés dans le groupe des moins expérimentés.

Le tableau 35 présente les caractéristiques de compostage des volontaires sélectionnés pour l'étude :

Foyer	Composteurs	Matière	Contenance / Superficie (cm)	Commune	Hab.	Jardin (m²)	Exp.
F1	Composteurs Rennes Métropole	Bois	320 litres	Vern-sur-Seiche	4	320	N.E.
F2			320 litres	Rennes	1	200	E
F3			320 litres	Vern-sur-Seiche	5	610	N.E.
F4			320 litres	Rennes	2	150	N.E.
F5		Plastique	320 litres	Rennes	4	170	N.E.
F6			320 litres	Mordelles	2	400	E
F7			320 litres	Vern-sur-Seiche	5*	320	E
F8	Ville de Rennes	Plastique	320 litres	Rennes	5	100	E
F9			320 litres	Rennes	2	200	E
F10	Achetés dans le commerce	Bois	800 litres	Cesson-Sévigné	3	1800	E
F11		Plastique	600 litres	Rennes	2	250	N.E.
F12	Espaces de compost en tas	Lattes, planches de bois	L 130 x l 124 x h 80	Rennes	4	200	N.E.
F13			L 105 x l 90 x h 70	Rennes	5	500	E
F14			L 120 x l 100 x h 90	Rennes	4**	70	E
F15		Ciment	L 145 x l 120 x h 70	Rennes	6	450	E
F16			L 200 x l 92 x h 100	Rennes	2	300	N.E.
F17		Parois plastiques	L 140 x l 100 x h 80	Vern-sur-Seiche	4	450	E
F18		Pierres et briques	L 160 x l 80 x h 55	Le Rheu	1	608	N.E.
F19	Lombri-composteur	Plastique	4 étages Ø 48 x h 15	Rennes	5	0	N.E.

Tableau 35: Le panel des volontaires

Légende du tableau 35 :

Hab. : Nombre de membres du foyer

Exp : Expérience du foyer dans le compostage (E. : Expérimenté, N.E. : Non Expérimenté)

5* : Foyer où il y a eu un nouveau né en janvier

4** : Foyer où il y a le retour d'un étudiant

Concernant la répartition géographique des volontaires, on constate qu'une majorité des foyers volontaires se localise à Rennes, douze sur dix-neuf (soit plus de 63%). La deuxième commune la plus représentée par les foyers volontaires est Vern-sur-Seiche, avec quatre foyers résidents (soit 21%). Les trois derniers foyers de l'étude viennent de trois autres communes : Mordelles, Le Rheu et Cesson-Sévigné (soit un peu plus de 5% pour chaque).

Cette étude concerne un panel de foyers composés de 65 personnes au total. Les foyers sont composés en moyenne de 3,5 personnes par foyer. Il faut noter que dans l'un des foyers, il y a eu durant le suivi un nouveau né en janvier 2010, et que dans un autre, un étudiant est revenu vivre au sein du foyer, également en janvier 2010. Les chiffres donnés ici représentent donc la situation à la fin de l'étude. Le panel des foyers de l'étude est composé de :

- 2 foyers d'une seule personne ;
- 5 foyers de 2 personnes ;
- 2 foyers de 3 personnes (dont le foyer où l'étudiant est revenu résider) ;
- 4 foyers de 4 personnes ;
- 5 foyers 5 personnes (dont le foyer où il y a eu un nouveau né) ;
- 1 foyer de 6 personnes.

Mis à part le foyer possédant le lombricomposteur, installé en appartement, tous les volontaires possèdent un jardin privatif individuel. Les tailles de ces jardins varient beaucoup. La moyenne des superficies des jardins avoisine les 400 m². Mais si l'on excepte un des volontaires disposant d'un jardin de 1800 m², les autres volontaires possèdent des jardins dont les superficies sont comprises entre 70 m² et 600 m².

- 5 de ces foyers ont un jardin inférieur à 200 m² (dont l'utilisateur du lombricomposteur) ;
- 5 ont un jardin compris entre 200 m² et 300 m² ;
- 5 encore possèdent un jardin dont la superficie est comprise entre 300 m² et 450 m² ;
- Enfin les 4 derniers foyers volontaires ont un jardin de 500 m² ou plus.

Le protocole de suivi

Le suivi des usagers

Les volontaires ont dans un premier temps été sollicités pour répondre, lors de la première visite, aux questions d'une fiche d'information. Ensuite et pour toute la durée de l'étude, les particuliers participant au projet se sont vus confier la mission de reporter sur une fiche, le calendrier des relevés, les apports effectués à leur compost.

Grace à des pesons ou à des balances, ils ont pu peser leurs déchets et reporter leurs mesures sur cette fiche, en y indiquant le type de déchet mis dans le compost. Ce calendrier des mesures leur demandait aussi d'inscrire la date de chaque action effectuée sur le compost (retournement, arrosage...). Il leur permettait aussi de noter s'ils avaient procédé à un prélèvement de compost. Enfin, lors de la dernière visite, les usagers ont été invités à répondre à un dernier questionnaire leur demandant leur appréciation personnelle sur la qualité de leur compost.

Le suivi technique

La procédure de suivi du projet ECCOVAL était organisée par visites mensuelles à chaque volontaire.

Une visite sur deux devait donner lieu à un prélèvement. Finalement le déroulement des visites a eu lieu entre la fin novembre 2009 et le début du mois de juin 2010. Des prélèvements ont été effectués lors des première, troisième, cinquième et sixième visites, soit 4 prélèvements dans chaque compost.

Lors de toutes les visites, 6 au total dans chaque lieu de résidence des particuliers, l'animateur s'est chargé de prendre des mesures sur le compost : la hauteur du compost, la température, ainsi que de procéder à une observation globale de celui-ci.

L'animateur était aussi chargé aussi de récupérer à chaque passage chez les particuliers, les fiches de relevé remplies par ces derniers. Ces fiches sont au final au nombre de 5 pour chaque foyer (les cinq derniers mois du suivi).

Les matériels nécessaires au suivi

Le matériel des animateurs : la sonde thermique, la griffe et le mètre ruban.

La sonde thermique et le mètre sont utiles à l'animateur à chacune des visites, pour relever les informations utiles au suivi. La griffe fait partie de l'équipement pour les visites durant lesquelles il y a eu un prélèvement, surtout s'il s'agit d'un composteur en tas.

Le matériel fournis aux volontaires : le bio-seau, le peson et le calendrier.

Ces matériels ont été distribués aux volontaires au départ de l'étude par les animateurs. Ils servent aux mesures à effectuer par les volontaires et aux relevés des actions pratiquées sur leur compost.

- Le bio-seau

Le bio-seau est un contenant de 10 litres qui a été distribué à chaque foyer volontaire afin de récolter les déchets organiques. Il est fourni par Rennes Métropole.

- Le peson

Le peson est un outil permettant la pesée des apports des volontaires à leur compost. Le modèle proposé pour ce suivi peut supporter un poids de 11kg. Quelques volontaires ont préféré opter pour une balance personnelle de type balance de cuisine.

- Le calendrier des relevés

Cet outil a été distribué aux volontaires et renouvelé à chaque fois que cela était nécessaire. Ce document correspond à un tableau où sont reportées les différentes actions des volontaires (la date et la quantité des apports, les actions de retournement et d'arrosage).

Méthodes d'analyse des échantillons

Teneur en Matière Sèche (MS)

Les échantillons analysés sont séchés dans une étuve à 80°C. L'échantillon est sec quand il perd moins de 0,5% de sa masse en 24 h.

La teneur en MS se calcule de la manière suivante :

$$MS = (Mf / Mi) \times 100$$

MS : teneur en matière sèche (%), M_f : masse finale de l'échantillon (g), M_i : masse initiale du mélange (g)

Matière Organique (MO)

La teneur en MO est mesurée par combustion à 550°C, durant 3 à 4 heures, d'un échantillon préalablement séché à 105°C. La perte de masse obtenue correspond à la matière organique du déchet.

$$MO(\%) = \frac{Mi_{\text{après } 105^{\circ}\text{C}} - Mf}{Mi_{\text{après } 105^{\circ}\text{C}}} \times 100$$

L'analyse de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) sur les solides

La demande chimique en oxygène (DCO) permet de déterminer la concentration en matières organiques, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Les mesures de DCO ont été faites sur les échantillons liquide et solide.

L'analyse de l'azote total Kjeldahl (NTK) sur les solides

Le dosage de l'azote total selon la méthode Kjeldahl (NTK), repose sur la transformation des composés azotés par minéralisation de l'échantillon. En effet, dans un échantillon, l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique. Pour doser tout l'azote doit être sous forme minérale. Pour cela, l'ensemble est converti en ammonium (NH₄⁺).

La minéralisation se fait à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré (98%) à chaud, en présence d'un mélange de catalyseur (K₂SO₄, CuSO₄.5H₂O sous forme de tablette). Après la minéralisation, l'azote total est dosé. Dans un premier temps, les échantillons sont distillés en utilisant un excès de base forte (hydroxyde de sodium, 32%). Les ions ammonium sont alors transformés en ammoniac qui se dégage sous forme de vapeur. A l'aide d'un réfrigérant, ce dernier est capté puis condensé et recueilli dans de l'acide borique. L'acide borique (H₃BO₃, 4%) est alors dosé en retour avec une solution d'acide sulfurique (0,2 N).

Résultats et interprétations

Les pratiques de compostage

Les pratiques de compostage sont entendues ici d'abord comme le type de composteur utilisé (en tas ou en bac), puis les actions des particuliers sur leurs composts.

Nous avons développé, pour décrire le panel et les pratiques des volontaires, un tableau (tableau 36) regroupant les principales caractéristiques et informations utiles au départ de l'étude. Toutes ces informations forment la base de départ du suivi. Elles ont été récoltées grâce au questionnaire de candidature mis en place afin d'élaborer le panel, au mois d'octobre, puis affinées suite aux premières visites

durant lesquelles les volontaires ont été soumis à un nouveau questionnaire plus détaillé : la fiche d'informations.

Ces deux premiers questionnaires ont été élaborés par le Cemagref. Le questionnaire de candidature se présentait comme une fiche simple ayant pour objectifs : 1) de percevoir globalement les motivations des candidats ; 2) d'obtenir les premières informations afin de réaliser le panel (nombre de personnes au foyer, type de compostage et expérience du foyer, taille du jardin et nombre approximatif de repas hebdomadaires).

La fiche d'information a elle été conçue pour avoir une vision globale sur l'ensemble des foyers volontaires. Elle se présentait sous forme d'un questionnaire, beaucoup plus approfondi que le questionnaire de candidature, dans lequel ont été abordés des thèmes comme les méthodes de compostage, les motivations, l'expérience des foyers, les pratiques habituelles des foyers, les apports au compost et les actions effectuées dessus. Les autres informations récoltées sur ces fiches d'information concernaient l'observation du compost (dimensions des espaces, hauteur du compost au départ de l'étude, température, paramètres organoleptiques) et enfin les appréciations des volontaires sur leur compost au départ de l'étude.

Ces informations ont donc été regroupées dans le tableau suivant avec le type de compostage (composteurs, tas), la contenance des silos et la superficie des espaces de compostage en tas, les différentes communes où se répartissent les foyers, le nombre de personnes composant le foyer, le nombre de repas pris par semaine par les membres des différents foyers, la taille des jardins et les différentes actions effectuées sur les composts par les particuliers. Ces actions sont : le broyage des déchets ligneux, le brassage du compost, l'arrosage du compost et enfin l'ajout d'activateurs.

Les foyers et les composteurs

Sur les 19 foyers suivis, 11 compostent en bac (58%), 7 en tas (37%) et un foyer pratique le lombricompostage (5%). Les chiffres de l'enquête de l'ADEME en 2008 concernant la pratique du compostage en France, donnaient un avantage à la pratique du compostage en tas (64%, ADEME et Indiggo, 2008). Nous pouvons voir ici que les résultats sont différents, cela s'explique sans doute par le caractère citadin dominant du panel.

La majorité des 12 composteurs du suivi sont des composteurs qui ont été achetés via une collectivité, la plupart du temps, Rennes Métropole (RM). En effet 7 des composteurs suivis sont des modèles proposés par l'agglomération, 4 sont en bois (fig. 35) et 3 en plastique (fig. 36), d'une contenance de 320 litres.

Foyer	Composteurs	Matière	Contenance / Superficie (cm)	Commune	Hab.	Repas hebdo.	Jardin (m²)	Exp.	Pratiques			
									Broyage	Brassage	Arrosage	Activateurs
F1	Composteurs Rennes Métropole	Bois	320 litres	Vern-sur-Seiche	4	80	320	N.E.	Non	A chaque apport	Si c'est sec	Non
F2			320 litres	Rennes	1	21	200	E	Non	Tous les 2 mois	Si c'est sec	Non
F3			320 litres	Vern-sur-Seiche	5	105	610	N.E.	Non	Non	Non	Non
F4			320 litres	Rennes	2	42	150	N.E.	Oui	A chaque apport	De temps en temps	Oui
F5		Plastique	320 litres	Rennes	4	84	170	N.E.	Non	Non	Non	Non
F6			320 litres	Mordelles	2	33	400	E	Oui	A chaque apport	Si c'est sec	Oui
F7			320 litres	Vern-sur-Seiche	5*	99	320	E	Non	Tous les mois	Non	Non
F8	Ville de Rennes	Plastique	320 litres	Rennes	5	97	100	E	Oui	Tous les 15 jours	Non	Non
F9			320 litres	Rennes	2	42	200	E	Non	A chaque apport	Non	Non
F10	Achetés dans le commerce	Bois	800 litres	Cesson-Sévigné	3	55	1800	E	Oui	A chaque apport	De temps en temps	Non
F11		Plastique	600 litres	Rennes	2	36	250	N.E.	Non	Tous les deux mois	Si c'est sec	Non
F12	Espaces de compost en tas	Lattes, planches de bois	L 130 x l 124 x h 80	Rennes	4	71	200	N.E.	Non	A chaque apport	Si c'est sec	Non
F13			L 105 x l 90 x h 70	Rennes	5	85	500	E	Non	Tous les mois	Si c'est sec	Oui
F14			L 120 x l 100 x h 90	Rennes	3**	58	70	E	Non	Tous les deux mois	Si c'est sec	Non
F15		Ciment	L 145 x l 120 x h 70	Rennes	6	116	450	E	Oui	A chaque apport	Non	Non
F16			L 200 x l 92 x h 100	Rennes	2	42	300	N.E.	Non	Toutes les semaines	Si c'est sec	Oui
F17		Parois plastiques	L 140 x l 100 x h 80	Vern-sur-Seiche	4	66	450	E	Oui	Tous les 6 mois	Non	Non
F18		Pierres et briques	L 160 x l 80 x h 55	Le Rheu	1	17	608	N.E.	Non	Non	Non	Non
F19	Lombri-composteur	Plastique	4 étages Ø 48 x h 15	Rennes	5	85	0	N.E.	Non	Non	Non	Non

Tableau 36: Caractéristiques du panel de volontaires

Légende du tableau :

-Hab.: Nombre de personnes au sein du foyer :

* : Foyer s'étant agrandi par la naissance d'un nouveau né (de 4 à 5)

** : Foyer s'étant agrandi par le retour d'un membre pour ses études (de 2 à 3)

-Repas Hebdo. : Nombre approximatif de repas au sein du foyer par semaine

-Jardin (m²) : Superficie du jardin en m²

-Exp. : Expérience du foyer dans la pratique du compostage (E : Expérimenté ; N.E. : Non expérimenté)



Figure 35: Composteur en plastique RM



Figure 36: Composteur en bois RM

Deux autres composteurs sont les anciens modèles en plastique (fig. 37) proposés par la ville de Rennes (VDR), d'une contenance identique à celle des composteurs cités ci-dessus.



Figure 37: Composteur de la VDR

Les deux autres composteurs sont des modèles différents. Un en bois, en forme de prisme hexagonal (fig 38), d'assez grand format (800 litres), et l'autre en plastique (600 litres), en forme de pavé rectangulaire (fig. 39).



Figure 38 Composteur hexagonal



Figure 39: Composteur de forme standard

Le dernier des bacs à compost est le lombricomposteur, un composteur fermé à plusieurs étages qui peut s'utiliser à l'intérieur, mais que son utilisateur, habitant en appartement, a décidé d'installer sur son balcon.

Les installations de compostage en tas sont forcément plus diverses, même si quelques similitudes peuvent ressortir. Par exemple, deux utilisateurs compostent dans un « bac » en ciment sans fond déjà installé avant l'acquisition de la propriété. Les autres espaces de compostage en tas ont en général été fabriqués par les utilisateurs. Plusieurs utilisent des supports en lattes de bois, un autre contient son compost à l'aide d'un mur et de briques, un dernier se sert même des parois d'un composteur en plastique, assemblées par bricolage pour maintenir le tas. Deux exemples de composts en tas sont illustrés ci-dessous (fig. 40 et fig.41).



Figure 40: Compost en tas dans un bac ciment



Figure 41: Compost en tas dans une installation de planches de bois

La question du nombre des repas a été reprise dans la fiche de première visite, car elle demandait une confirmation par rapport aux réponses du questionnaire de candidature. La moyenne du nombre de repas pris à domicile par les membres des foyers est d'environ 65 repas par semaine. Le nombre hebdomadaire moyen de repas par personne est d'environ 19.

Les actions sur le compost

Concernant le retournement, 4 volontaires ont dit ne pas retourner leur compost (dont l'utilisateur du lombricomposteur), 8 d'entre eux nous ont déclaré brasser au moins le dessus de leur compost à chaque apport (environ une fois par semaine), deux ont déclaré le retourner tous les deux mois. Un des particuliers a dit le faire seulement tous les 6 mois. Les autres ont annoncé retourner leur compost une à deux fois par mois.

Pour l'arrosage, huit des volontaires ont dit ne pas arroser leur compost, les autres nous ont informés arroser quand le temps est sec ou lorsque leur compost leur paraît sec.

Le broyage est une pratique peu répandue chez nos volontaires, puisqu'il paraît assez problématique de se procurer un broyeur. En effet, même si des achats groupés de ce genre de matériel se développent, c'est encore trop peu répandu. Sur l'ensemble des volontaires seulement 6 foyers ont déclaré avoir recours au broyage. Du coup les volontaires qui ont des déchets de jardin encombrants et qui ne peuvent pas les broyer nous ont révélé aller à la déchèterie ou faire appel à des services (comme Tribord dans l'agglomération rennaise) pour s'en débarrasser. On peut encore évoquer les volontaires qui se sont installés récemment et qui n'ont pas encore eu l'occasion, ni de broyer ni d'aller à la déchèterie.

Quatre volontaires ont déclaré utiliser des activateurs de compost. Le plus usité des activateurs est le purin d'ortie, 3 des volontaires nous ont affirmé s'en servir. D'autres noms comme la consoude ou la chaux ont été cités par les utilisateurs, ainsi que les granules trouvées dans le commerce. Mais l'usage d'activateur reste une pratique assez peu courante.

Les apports et les appréciations des ménages

Les apports déclarés comme compostés

Les résultats obtenus de la question sur les apports habituels que les volontaires font à leur compost amènent quelques précisions. Tous sans exception ont affirmé composter leurs épluchures de légumes et de fruits et les déchets de thé et ou de café. En ce qui concerne les autres types de déchets, les habitudes diffèrent selon les foyers. Pour les restes de repas, 11 des volontaires ont déclaré les composter, mais cette question n'est peut être pas suffisamment claire. Neuf foyers ont dit composter le pain, mais en très faible quantité (en miette ou « quand il y en a », et le choix de donner en hiver ce pain aux oiseaux apparaît aussi dans les habitudes de certains). Pour la viande et le poisson, 11 des foyers ont exprimé le choix de ne pas mettre ce type de déchets dans leur compost, en général par peur d'attirer des animaux indésirables ou d'autres ont indiqué nourrir leurs animaux avec ces déchets. Deux d'entre eux ont révélé ne pas mettre de viande (dont un pour nourrir ces animaux) mais disent composter du poisson (et des crevettes...).

Pour les déchets de maison comme les feuilles d'essuie tout, les journaux, les cartonnettes, les mandrins de papier toilette ou d'essuie tout, les volontaires ont des habitudes différentes. Sept d'entre eux ont déclaré ne rien composter de tout cela, pour la plupart se méfiant des produits chimiques contenus dans les cartons ou dans l'encre de ces produits. D'autres ont expliqué ne composter qu'un seul type de ces déchets, trois ont dit ne composter que des feuilles d'essuie tout, 2 que des feuilles de papier journal avec leurs épluchures. Quatre des foyers ont indiqué composter tous ces déchets, dont 2, occasionnellement. Ils ont été 9 foyer à dire composter du papier essuie-tout, et 8 ont annoncé qu'ils compostaient des cartonnettes non imprimées, ou des mandrins de papier toilette ou essuie tout.

En ce qui concerne les déchets de jardin ou déchets « verts », le cas du lombricomposteur sera à part, même si son utilisateur a dit composter les déchets de ses plantes et fleurs d'intérieur. Tous ont indiqué valoriser leurs feuilles, mais 3 les utilisent plutôt en paillage, et un des volontaires a déclaré faire du compostage et du paillage avec les siennes. Treize foyers ont dit composter les déchets de leurs tailles d'arbre ou d'arbuste. Cinq ont déclaré le faire seulement pour des petites tailles et des petites branches, ne possédant pas de broyeur. Parmi ceux qui ont révélé ne pas composter leurs déchets de taille, déchets d'hiver du jardin, trois disent plutôt les brûler ou les utiliser comme bois de chauffage. Pour les déchets de tontes, le succès est plus

net, sur 17 foyers possédant une pelouse, ils sont 15 à avoir déclaré composter au moins un peu de leurs déchets de tonte. Pour les déchets du potager, le succès est aussi net : sur les 15 foyers ayant un potager, seuls 2 d'entre eux ont révélé ne pas composter ces déchets.

Le compostage des cendres est assez peu recommandé par les guides de compostage. Ils sont pourtant 10 volontaires à avoir déclaré composter des cendres (dont un en très faible quantité). Ils sont aussi trois autres à avoir mentionné en mettre directement sur la terre.

Parmi les déchets non cités dans la liste « standard », ceux qui ont été, 16 des foyers volontaires ont déclaré composter les coquilles d'œufs. Quatre d'entre eux ont dit composter des litières d'animaux (poule, chien, chat), 5 ont signalé composter des coquilles et des restes de fruits de mer ou des algues. D'autres ont révélé composter des déchets que l'on a moins l'habitude de voir dans un compost : les déchets de couches lavables, des cheveux, de la cire de ruche, ou de l'huile de friture.

Les fiches de relevés : les apports réels et les actions sur les composts

Les reports par les particuliers des quantités de déchets fermentescibles détournées vers le compost et des différentes actions qu'ils ont effectués constituent l'expression de leurs pratiques de compostage.

- Typologie des déchets relevés sur le calendrier des relevés

On a constaté à la lecture de relevés effectués par les volontaires que la majorité des apports était composée d'épluchures de fruits et de légumes. Beaucoup ont composté les déchets de café ou de thé (15 sur l'ensemble des fiches de relevés). Les restes de repas se sont retrouvés assez souvent notés dans les reports des volontaires, ils sont 14 à les composter. Plusieurs particuliers ont signalé composter des déchets de jardin. Notamment des déchets « classiques de jardin » en hiver comme des feuilles (9 volontaires ont reporté avoir composté des feuilles au moins une fois durant les trois premiers mois des visites), ou encore des branches (6 volontaires ont déclaré en composter durant cette période). Ces déchets sont des déchets dits « carbonés ».

Durant la période printanière, les déchets de jardin sont devenus fréquents dans les relevés. Surtout les déchets du type tontes de pelouse, mauvaises herbes et déchets de potager, 14 volontaires ont déclaré avoir apporté ce type de déchets à leur compost. Ces déchets printaniers de jardin sont eux plus des déchets dits « azotés », même si 3 volontaires ont accompagné ce type de déchets par de la terre.

Pour les déchets de maison, on retrouve assez fréquemment des déchets du type essuie-tout, mandrins, 11 volontaires l'ont noté sur leurs fiches. Six des volontaires ont aussi déclaré avoir composté des cendres de bois durant la période d'hiver, dont un qui ne l'avait pas mentionné lors de la première visite, il avait expliqué qu'il mettait plutôt ses cendres sur la terre directement. Les fleurs fanées des bouquets sont aussi assez fréquemment citées dans les fiches de report.

- La quantité des apports

La figure 42 suivant résume la quantité globale des apports par foyer sur l'ensemble du suivi.

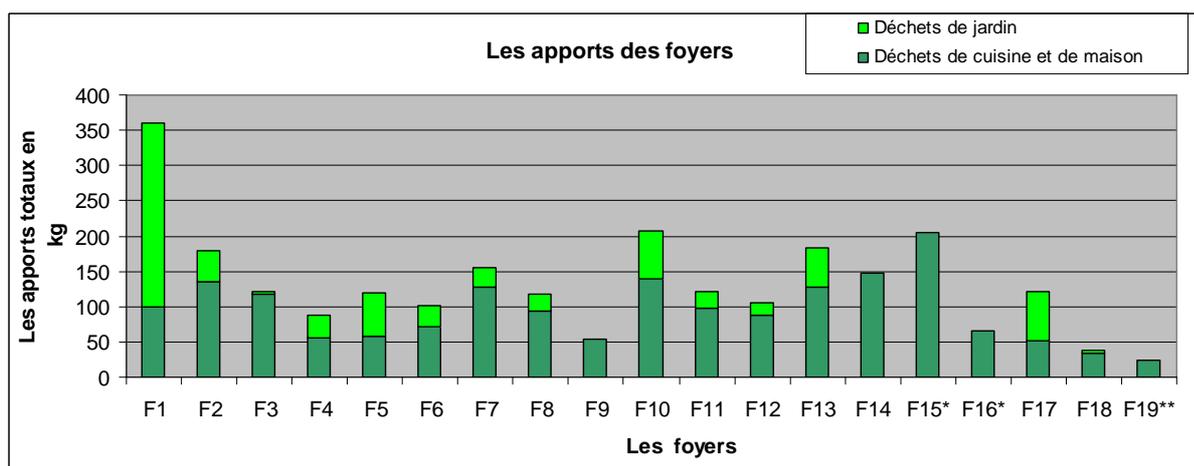


Figure 42: Graphique des apports des foyers

Légende du graphique :

* : Foyers ne pesant pas leurs déchets de jardin

** : Foyer ne possédant pas de jardin

La première chose frappante sur ce graphique est l'importance des apports de déchets de cuisine et de maison. Mis à part les foyers F1 et F17, tous les autres foyers détournent en majorité vers leur compost des déchets de cuisine ou de maison. Le foyer F1 se démarque avec un total des apports de plus de 350 kg, même si les mesures n'ont été faites qu'à partir d'estimations, puisque les reports effectués sur la fiche ont été notés en « bio seaux » (les estimations de calcul ont été faites sur une base de 4.5 kg par seau).

Le foyer 19 se démarque aussi par la faible masse apportée au compost, mais cela s'explique par le fait que, non seulement ce foyer est équipé d'un lombricomposteur, qu'il ne possède pas de jardin, donc n'engendre pas de déchets de ce type mais aussi que le volontaire a interrompu ces apports pendant une vingtaine de jours entre fin février et début mars.

La moyenne des déchets détournés vers le compost par foyer est de 132,3 kg sur l'ensemble de la période (soit environ 6 mois, ce qui fait plus de 260 kg à l'année).

Pour les déchets de cuisine et de maison, la moyenne des masses des apports aux composts sur la période entière est de plus de 94 kg par foyer (soit un peu moins de 190 kg par an).

Pour les déchets de jardin, il faut tenir compte du fait que plusieurs foyers ne semblent pas noter leurs apports en déchets de jardin, et qu'un foyer ne possède pas de jardin, mais la moyenne des déchets de jardin détournés est de 38 kg par foyer sur l'ensemble de la période.

A noter que plusieurs foyers ont procédé à des changements dans leurs pratiques : les foyers F5 et F11 et F17 ont commencé de nouveaux composts, laissant le compost suivi en l'état ou en l'utilisant. Le foyer F11 a commencé son nouveau compost fin décembre, et les foyers F5 et F17 en avril. Pour les foyers F11 et F17, les composts d'origine ont continué à être suivis. Le foyer F5 a effectué une vidange mi-avril pour utiliser son compost, c'est son nouveau compost qui a été suivi.

La faible valeur des quantités de déchets « verts » ou de jardin s'explique sans doute encore une fois par le caractère citadin de l'étude, même s'il n'y a qu'un seul foyer à ne pas posséder de jardin. Sans doute aussi

par le fait que plusieurs foyers n'ont pas noté la totalité de leurs apports de jardin (voire même pas du tout), préférant s'intéresser à la quantité de déchets de cuisine et de maison qu'ils détournent durant l'étude.

La figure 43 suivant confronte les moyennes des apports en déchets de jardin et des apports des déchets de cuisine et de maison :

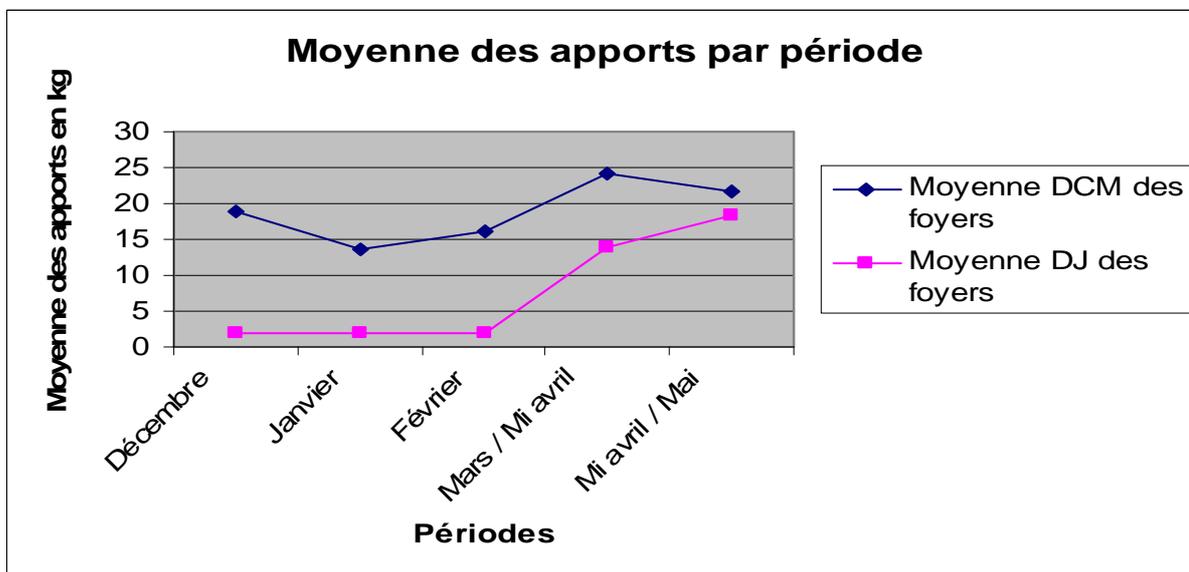


Figure 43: Les moyennes des apports par période

Légende du graphique :

.DCM : Déchets de cuisine et de maison

.DJ : Déchets de jardin

Après une baisse au cours du deuxième mois, c'est au cours du quatrième mois que les apports en déchets de cuisine et de jardin ont été les plus importants pour l'ensemble des ménages. **La moyenne sur la totalité de la période est de 18,8 kg par mois et par foyer.**

La courbe représentant les apports en déchets de jardin aux composts est plus intéressante à analyser. En effet, la quantité de déchets de jardin est multipliée par 7 entre le troisième et le quatrième mois. Ceci s'explique par l'arrivée du printemps, avec les tontes et les déchets de jardinage (mauvaises herbes, déchets du potager). La moyenne des apports en déchets de jardin est de 7,61 kg par mois et par foyer, mais cette valeur est faussée par la différence entre les trois premiers mois (1,95 kg par foyer en moyenne) et les deux derniers (16,1 kg par foyer en moyenne). Il est intéressant de noter que les deux courbes ont tendance à se rejoindre, la moyenne des apports en déchets de jardin « rattrape » celle de la moyenne des déchets de cuisine et de maison.

Il paraît maintenant intéressant d'établir un ratio des apports par habitants de chaque foyer, par mois et au total (tableau annexe 8). Sur l'ensemble de la période, il a déjà été dit que la moyenne de la quantité des déchets détournés vers les composts est de 132,3 kg. Les ratios de déchets correspondent au calcul de la quantité des déchets apportés au compost par chacun des membres d'un foyer. Sur l'ensemble de la période, deux foyers se distinguent par le ratio apports par personne.

Les deux valeurs extrêmes, celle du foyer F19 qui ne produit en moyenne qu'un seul kilo par mois et par personne, et celle du foyer F2, qui en produit 35.7 kg par mois et par habitant (même si ce foyer n'est

composé que d'un seul habitant) se détachent. En moyenne, un habitant de nos foyers témoins produit par mois 9,1 kg de déchets apportés aux composts, sur toute la période de suivi un habitant de ces foyers a apporté en moyenne au compost 45,7 kg de déchets organiques.

Les totalités des apports sont comprises entre 360 kg pour le foyer ayant le plus mis de déchets au compost, et 24,1 pour le foyer ayant le moins composté (en sachant que c'est le foyer possédant le lombricomposteur).

Concernant le ratio des déchets compostés par habitants, c'est un foyer d'une seule personne qui se distingue avec un ratio sur l'ensemble de la période de 178, 6 kg sur l'ensemble de la période de suivi. Le ratio le plus faible dans ces cumuls est toujours celui du foyer possédant un lombricomposteur et il s'élève à 4.8 kg par habitant sur la période de l'étude.

- Les actions reportées sur le calendrier des relevés

Le tableau 37 suivant résume les actions effectuées sur les composts des particuliers, avec la mise en relation des activités déclarées lors de la première visite (sur la fiche d'information) et les actions reportées sur les calendriers de relevés au cours des 6 visites.

Foyers	Brassage déclaré dans la fiche d'information	Arrosage déclaré dans la fiche d'information	Brassages annoncés sur les feuilles de relevés	Arrosages annoncés sur les feuilles de relevés
F1	A chaque apport	Si c'est sec	4	17
F2	Tous les 2 mois	Si c'est sec	1	1
F3	Non	Non	1	0
F4	A chaque apport	De temps en temps	9	1
F5	Non	Non	0	2
F6	A chaque apport	Si c'est sec	31	0
F7	Tous les mois	Non	2	6
F8	Tous les 15 jours	Non	18	3
F9	A chaque apport	Non	11	1
F10	A chaque apport	De temps en temps	31	3
F11	Tous les deux mois	Si c'est sec	2	6
F12	A chaque apport	Si c'est sec	20	0
F13	Tous les mois	Si c'est sec	7	1
F14	Tous les deux mois	Si c'est sec	10	5
F15	A chaque apport	Non	52	0
F16	Toutes les semaines	Si c'est sec	21	2
F17	Tous les 6 mois	Non	2	0
F18	Non	Non	2	0
F19	Non	Non	0	0

Tableau 37 : Les actions déclarées et annoncées

Les chiffres donnés et les fréquences annoncées lors de la visite initiale semblent correspondre dans les grandes lignes aux actions répertoriées sur les fiches récoltées tous les mois. Malgré tout, des brassages effectués ont pu être oubliés dans les notations des volontaires, et certains qui annonçaient ne pas brasser leur compost ont pu effectuer des brassages compte tenu du suivi. Concernant les arrosages, la notion de

« compost sec » est subjective. Trois des volontaires ont « ouvert » leurs composteurs (ceci est comptabilisé comme un arrosage), un des foyers arrose de temps en temps (F1) avec l'eau de lavage de son bio seau, et un autre avec la récupération de l'eau de pluie.

Les fiches d'observation : les appréciations des ménages

Lors de la dernière visite, il a été proposé aux volontaires de remplir une fiche sur laquelle ils ont eu la possibilité de juger leur propre compost. Sur les 19 avis, 10 ont écrit qu'ils estimaient comme bonne la qualité de leurs compost, les 9 autres trouvent leur compost de qualité moyenne. 12 d'entre eux expriment que la qualité du compost obtenu répond à leurs attentes, 2 pensent que le compost est trop long à être utilisable, un trouve que son compost est trop sec, un autre affirme que son compost a déjà été meilleur et un autre pense qu'il pourrait mieux fonctionner, un autre ne sais pas très bien juger son compost.

17 ont décrit l'odeur de leur compost comme agréable ou inexistante, un autre n'a pas donné d'avis et le dernier volontaire a déclaré que ça dépendait des moments.

Concernant la présence d'animaux jugés nuisibles par les volontaires, 13 ont déclaré qu'aucun des animaux n'était gênant voire qu'ils avaient tous une utilité, 3 ne savent pas si ces animaux sont nuisibles ou n'ont pas répondu, et enfin 3 particuliers se sont plaint de certains de ces animaux : c'est le cas des guêpes et des frelons pour un d'entre eux, des fourmis pour un autre et enfin des moucheron pour le dernier ménage.

Les paramètres organoleptiques et les températures

Les paramètres organoleptiques concernent l'apparence d'un objet d'étude, son évaluation par l'ensemble des organes sensoriels humains (comme l'odorat, la vue). L'aspect, l'odeur et la couleur des composts peuvent être des indicateurs de leur degré de maturité. Les mauvaises odeurs se produisent en général au début, avant le début de la phase de fermentation, ou au cours de cette phase de traitement si le compost n'est pas brassé convenablement ou qu'il produit de l'ammoniac. Lorsque le processus de compostage se déroule convenablement, l'odeur s'atténue et tend vers une agréable odeur de terreau, d'humus. La couleur des composts est aussi un critère de maturité, les composts considérés comme matures sont d'une couleur homogène noire ou brune plutôt foncée.

Au niveau de l'odeur, à une exception près, les composts suivis ne dégagent pas d'odeur forte.

Au début de l'étude :

- 15 des composts avaient un aspect hétérogène, contre 4 qui avaient un aspect homogène ;
- 10 des composts avaient une couleur hétérogène, contre 9 qui avaient une couleur unie.

A la fin de l'étude :

- 11 des composts avaient un aspect homogène, contre 8 à l'aspect hétérogène ;
- 11 des composts avaient une couleur unie, contre 8 à la couleur hétérogène ;
- 10 des composts avaient à la fois un aspect homogène et une couleur unie.

Les températures prises au cœur des composts sont aussi des indicateurs de maturation des composts. En compostage à grande échelle (plate-forme industrielle) la phase de fermentation est marquée par des températures assez élevées, puis celles-ci baissent jusqu'à la phase de maturation où elles se stabilisent aux alentours de la température ambiante. Le comportement thermique à l'échelle du compostage individuel est

beaucoup plus modéré. La figure 44 donne la moyenne des températures extérieures lors des visites et celle de températures prises au cœur des composts.

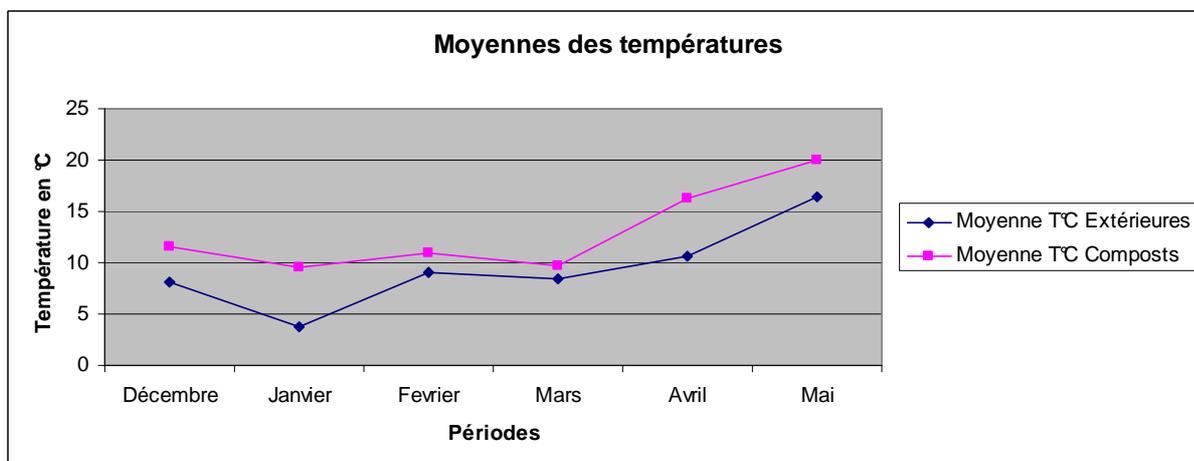


Figure 1: Les températures

Il faut noter que l’hiver 2010 a été assez rigoureux. Durant la période de froid de cet hiver (le mois de janvier en particulier), les composts ont conservé des températures supérieures à celle de l’atmosphère. Il faut signaler que les mesures de la première visite se sont révélées incomplètes à cause d’une défaillance de la sonde.

C’est la deuxième visite, celle de janvier, qui va donc être la première à être prise en compte ici. Durant cette visite de janvier, mis à part un compost extérieur dont la visite a eu lieu en fin de mois, les composts ont affiché des températures plus élevées que la température extérieure. La moyenne des températures extérieures relevées lors des visites du mois de janvier était de 3,8°C. Celle des composts était de 9,5°C. Alors que l’ensemble des températures extérieures se sont échelonnées entre 0 et 10,6, celles des composts ont été comprises entre 4,8°C et 20°C.

La moyenne des températures extérieures lors de la troisième visite en février, était de 9,1°C, et celle des composts, de 11°C. Durant cette période de redoux, huit des composts observés ont affiché des températures moins élevées qu’à l’extérieur. C’est un phénomène qui peut s’expliquer en partie par les plus faibles apports des volontaires lors des deuxièmes et troisièmes mois de suivi (le compost était en activité plus réduite).

La moyenne des températures extérieures comme celle des composts a baissé lors de la quatrième visite. La moyenne des composts est redescendue au dessous de 10°C. Ensuite, le temps s’est considérablement radouci lors des dernières visites.

Evolution des paramètres physico-chimiques

Le suivi des paramètres physico-chimiques au cours des 6 mois d’étude a montré qu’il n’existait pas de différence significative de comportement entre les composts des usagers expérimentés et des usagers non expérimentés. La figure 45 montre qu’au cours de la période de compostage (débutée à l’automne), le compost s’assèche progressivement (augmentation du taux de matière sèche-MS) et se stabilise (diminution

du taux de matière organique –MO- et de Carbone - CT). La perte en azote est assez faible et il est à noter qu'aucune concentration massive d'azote ammoniacal n'a pu être mise en évidence dans les composts.

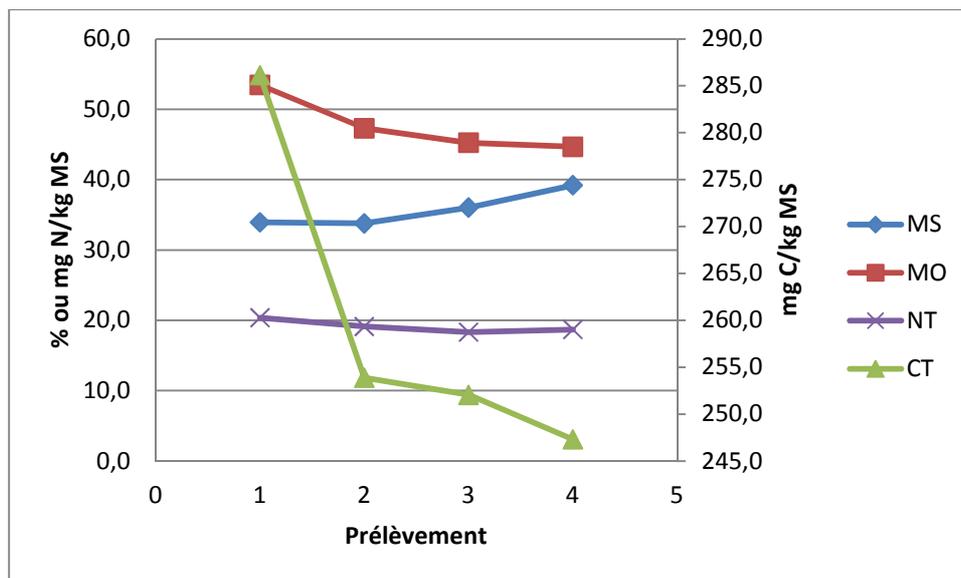


Figure 45 : Evolution des paramètres physico-chimiques au cours du compostage

Qualité des composts a l'issue du suivi

Evaluation sensorielle

Comme indiqué précédemment, une évaluation sensorielle des composts par les usagers a été réalisé en fin de suivi. La moitié du panel a indiqué que la qualité de leur compost leur paraissait bonne et correspondait à leurs attentes. L'autre moitié jugeait leurs compost de qualité moyenne.

Dans tous les cas les composts étaient de couleur brune à noire foncée.

Du point de vue de l'odeur, celle-ci était imperceptible pour la moitié des usagers et agréable (odeurs de terre) pour l'autre moitié.

L'aspect des composts s'est révélé très divers : humide ; pâteux, terreux, fibreux sec

Evaluation physico-chimique

Le tableau 38 récapitule les caractéristiques physico-chimiques des composts de printemps obtenus pour le panel étudiés. Les valeurs sont comparées aux spécifications de la norme NFU 44-051 pour les amendements organiques.

Les composts sont globalement de qualité assez homogène et généralement en deçà des spécifications de la norme pour les paramètres d'innocuité. Quelques dépassement ponctuels sur les métaux lourds sont remarquables probablement dus à des traitements réalisés sur des déchets de jardin.

	Norme	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19
		CI B	CI B	CI B	CI B	CI P	CI P	CI P	CI P	CI P	CI B	CI P	Tas	Tas	Tas	Tas	AC	AC	Tas	L
Date de prélèvement		26/5/10	3/6/10	2/6/10	8/6/10		3/6/10	26/5/10	28/5/10	31/5/10	25/5/10	1/6/10	27/5/10	27/5/10	2/6/10	27/5/10	31/5/10	26/5/10	25/5/10	1/6/10
MS (% MB)	>30 %MB	17,8	59,1	37,2	45,4		33,7	53,2	44,9	21,3	32,6	39,7	58,5	29,8	28,1	30,3	66,3	32,7	45,1	18,7
MO (% MB)	>20 % MB	11,2	10,2	18,0	14,2		16,4	13,9	25,3	11,3	12,3	25,3	16,1	16,2	13,3	16,3	14,6	20,2	17,2	10,1
Cadmium (mg/kg MS)	< 3 mg/kg MS	0,0	0,5	0,0	0,3		0,3	0,2	0,8	0,4	0,6	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,4	0,5
Chrome (mg/kg MS)	< 120 mg/kg MS	12,6	35,8	11,3	12,5		12,2	26,2	11,8	19,2	29,0	14,2	19,4	7,1	49,0	8,4	20,6	42,7	14,0	3,1
Cuivre (mg/kg MS)	< 300 mg /kg MS	40,8	48,1	33,9	55,9		26,1	20,0	63,9	98,1	68,1	66,1	54,0	50,2	53,1	38,0	38,0	54,0	19,0	35,1
Cuivre (mg/kg MO)	< 600 mg/kg MO	75,0	280,4	60,0	160,6		64,0	79,9	100,8	225,7	192,7	126,9	191,9	95,7	115,0	61,4	178,1	90,1	54,7	67,3
Nickel (mg/kg MS)	< 60 mg /kg MS	15,5	31,9	12,2	14,2		15,9	24,6	13,3	47,7	25,6	16,9	34,4	10,4	14,2	11,0	20,3	13,4	10,5	3,1
Zinc (mg/kg MS)	< 600 mg/kg MS	101,0	305,0	74,9	26,0		87,1	105,1	330,1	190,0	177,9	1538,1	174,4	145,9	267,0	120,2	485,0	508,0	108,1	93,8
Zinc (mg/kg MO)	< 1200 mg/kg MO	185,7	1777,4	132,8	74,7		213,4	418,7	520,6	437,2	503,3	2954,5	621,7	278,4	578,2	193,9	2275,3	847,5	310,5	180,2
Mercurure (mg/kg MS)	< 2 mg/g MS	0,5	0,3	0,3	0,3		0,3	1,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,7	0,4	0,8	0,4	0,3	0,0	0,5
Plomb (mg/kg MS)	< 180 mg/g MS	151,0	157,8	11,3	57,8		9,7	16,8	148,1	15,4	23,6	2194,0	33,8	25,2	18,1	49,4	76,2	34,4	31,8	24,7
Sélénium (mg/kg MS)	12 mg/g MS	2,4	0,8	1,3	1,2		1,5	0,9	1,5	0,8	1,4	2,1	0,9	1,0	1,7	0,4	0,7	1,2	1,0	2,1
Arsenic (mg/kg MS)	< 18 mg/kg MS	3,4	14,8	3,8	7,7		4,2	7,3	5,9	8,7	9,3	7,3	6,5	3,9	17,6	4,6	9,0	5,0	6,5	0,6
CT solide (mg/g MS)		334,4	86,3	269,0	174,9		258,9	129,6	302,8	281,5	192,0	339,1	134,6	404,1	246,1	316,3	119,4	338,4	191,7	332,5
NT solide (mg/g MS)		27,4	5,8	24,2	14,2		20,1	8,5	22,0	28,0	15,4	23,2	7,7	27,1	24,2	21,4	9,1	18,0	12,7	27,5
C/N	> 8	12,2	14,9	11,1	12,3		12,9	15,2	13,8	10,1	12,5	14,6	17,5	14,9	10,2	14,8	13,1	18,8	15,1	12,1
NT solide (% MB)	< 3 % MB	0,5	0,3	0,9	0,6		0,7	0,5	1,0	0,6	0,5	0,9	0,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
Potassium (en K2O) (% MB)	< 3 % MB	0,7	0,5	0,6	0,6		0,7	0,6	0,1	0,7	0,4	1,4	0,1	1,0	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,8
Phosphore (en P2O5) (% MB)	< 3 % MB	0,3	0,4	0,3	0,7		0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	1,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3
NT + P2O5 + K2O (% MB)	< 7% MB	1,4	1,2	1,8	1,9		1,8	1,2	1,4	1,6	1,3	2,9	1,0	2,3	2,4	1,4	1,4	1,7	1,2	1,6
Calcium (en CaO) (% MB)		0,4	1,0	2,1	1,9		1,3	0,7	3,0	0,7	0,8	4,0	3,0	2,5	2,7	1,3	1,2	2,2	0,7	2,7
Magnésium (en MgO) (% MB)		0,2	0,7	0,2	0,2		0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,3	0,4	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
Azote ammoniaical (% MB)		0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrates (%MB)		nd	0,0	nd	0,0		0,1	nd	0,1	nd	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	nd	0,0	0,0	nd
Fraction soluble	%MO	42,1	60,6	55,8	nd		16,8	50,3	16,8	41,0	7,6	33,5	8,6	46,2	22,7	22,3	nd	31,6	61,6	20,4
Fraction hemicellulose	%MO	20,4	15,5	16,1	nd		22,8	16,6	18,0	18,3	25,4	24,2	25,2	12,3	20,7	22,5	nd	17,3	8,4	21,1
Fraction cellulose	%MO	17,2	3,5	11,5	nd		25,6	13,7	33,7	14,3	31,4	21,0	36,9	11,9	23,9	17,7	nd	20,5	13,4	17,3
Fraction lignine	%MO	20,3	20,5	16,7	nd		34,8	19,3	31,5	26,4	35,6	21,3	29,4	29,6	32,8	37,5	nd	30,5	16,7	41,2
œufs helminthes parasites /1.5 g	Absence	abs	présence	abs	abs*		présence	abs	présence	abs*	abs*	abs*	abs	abs	abs*	abs	présence	abs	abs	présence
analyses salmonelles/ 25 g	Absence	abs	abs	abs	abs		abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs
Fluoranthène (mg/kg MS)	< 4 mg/kg MS	0,03	1,25	0,02	1,18		0,02	0,02	1,02	0,07	0,09	0,85	0,18	0,07	0,04	0,13	0,63	0,14	0,06	0,04
benzo(b)fluoranthène (mg/kg MS)	< 2.5 mg/kg MS	0,03	1,57	0,02	1,00		0,02	0,02	0,92	0,05	0,07	0,78	0,20	0,05	0,04	0,14	0,56	0,11	0,05	0,03
benzo(a)pyrène (mg/kg MS)	< 1.5 mg/kg MS	0,026	0,88	0,018	0,484		0,02	0,01	0,56	0,05	0,05	0,58	0,12	0,04	0,02	0,85	0,34	0,08	0,04	0,03
Absence de parasites recherchés dans la norme mais présence de parasites d'origine fécale animale non pris en																				
Paramètre non conforme au seuil de la norme Amendement organique NF U 44-051																				

Tableau 38 : Qualité physico-chimique des composts de printemps pour l'habitat individuel.

Il faut noter que les composts domestiques sont des amendements à faible teneur en matière organique (inférieure à la spécification de la norme).

Conclusion

Il n'existe pas de différence notable sur la qualité physico chimique des composts obtenus par des usagers expérimentés et par des usagers inexpérimentés. De même, les pratiques de compostage (type d'apports, retournement, arrosage) semblent peu influencer la qualité physico chimique finale.

La différence entre les composts des usagers expérimentés et inexpérimentés se fait plus spécifiquement sur l'aspect des composts : plus hétérogènes chez les usagers non expérimentés.

Compostage collectif

Méthodes

Six résidences pratiquant le compostage de pied d'immeuble ont été suivies. Étant donné le caractère collectif, aucun suivi des masses de déchets introduites n'a été possible. Une fiche de suivi de pratique a néanmoins été remplie par les référents-compostage des résidences concernées. Enfin, trois prélèvements ont été réalisés sur la période d'étude : P1C en janvier 2010 ; P2C en mars 2010 et P3C en juin 2010.

Résultats

Les déchets compostés semblent identiques à ceux signalés en compostage individuel mais sont plus fréquemment cités les présences de papiers et de sacs plastiques. Des odeurs (supportables) sont généralement rapportées. Les températures peuvent être plus élevées qu'en compostage domestique (jusqu'à 40°C). Les actions rapportées sont : le mélange (surface et profondeur) et l'ajout de broyat.

Les résultats d'analyse physico-chimique sont très comparables aux composts individuels avec des teneurs encore moindres en micropolluants organiques et métaux lourds en raison d'un apport moindre de déchets de jardin.

Emissions gazeuses au cours des pratiques réelles

Matériels et méthodes

Composteurs étudiés

L'étude a porté sur seulement 4 composteurs individuels et 3 composteurs collectifs sélectionnés afin de représenter au mieux tous les types de composteurs et tous les niveaux d'expériences (expérimenté ou peu expérimenté) (tableaux 39 et 40).

Tableau 39 : Caractéristiques des composteurs individuels

Type de compostage		Bac			Tas
Matériaux des composteurs		Bois		Plastique	
Contenance		320 L		320 L	1290 L
Expérience en compostage	expérimenté	oui		oui	
	non expérimenté		oui		oui
Nombre d'habitant par foyer		1	2	5	4
Pratiques de compostage	Brassages	tous les 2 mois	à chaque apport	tous les mois	à chaque apport
	Arrosages	si sec	de temps en temps		si sec
	Activateurs		oui, granulés		
	Broyages		oui		
Foyers		F1	F2	F3	F4

Tableau 40 : Caractéristiques des composteurs en pied d'immeuble.

Type de compostage	Bac		
Matériaux des composteurs	Bois		
Contenance	600 L		
Nombre de composteurs	2	4	2
Nombre de foyers	22	16	20
Brassage	1 fois/semaine	1-2 fois/semaine	1 fois/semaine
Référence	PI 1	PI 2	PI 3

Méthode de prélèvement

Le prélèvement d'échantillon de gaz se fait en utilisant une chambre à flux statique. Le principe est basé sur l'accumulation du gaz au cours du temps par diffusion. Une chambre d'accumulation est composée d'un cadre métallique sur lequel un couvercle étanche, équipé d'un septum, est déposé.

Pour le prélèvement, la surface du composteur doit être aplanie au moins la veille de la mesure pour que lors de la pose de la chambre d'accumulation, il n'y ait pas trop de perturbations.

Le jour du prélèvement, la première étape est la pose de la chambre d'accumulation. Une fois la chambre installée, il est nécessaire d'attendre 15 minutes que le système se stabilise.

Ce temps écoulé, la chambre est fermée à l'aide d'un couvercle et de pinces. Le chronomètre est alors enclenché.

Deux prélèvements sont alors effectués, correspondant à peu près au temps $t=0$. Pour cela, 15 mL d'air sont prélevés à travers le septum du couvercle de la boîte après avoir préalablement rincé la seringue. Ce volume est alors introduit en surpression dans un tube hermétique de 4 mL sous vide.

L'opération est répétée toutes les 10 minutes dans un premier temps jusqu'à 40 minutes. Les autres prélèvements ont lieu après 60 minutes et enfin au bout de 120 minutes.

Une fois les deux derniers prélèvements effectués, la boîte d'accumulation peut être ouverte et retirée.

Les échantillons de gaz prélevés sont ensuite analysés par chromatographie en phase gazeuse.

Analyse par chromatographie phase gazeuse (CPG)

La chromatographie en phase gazeuse est une méthode d'analyse par séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés. L'instrument qui permet la mise en œuvre de la chromatographie en phase gazeuse, le chromatographe, réalise à la fois la séparation des constituants de l'échantillon et la mesure des quantités de composés séparés. Il se compose de 4 éléments fondamentaux : l'injecteur (volume d'injection : 2 mL), la colonne (Pré colonne Porapak N 0.9N, colonne remplie Porapak Q 4M), le four (T=70°C pendant 6,7 min) et le détecteur. L'échantillon est vaporisé dans l'injecteur puis séparé dans la colonne balayée par le gaz vecteur (N₂) et chauffée dans le four.

Dans cette méthode, le détecteur à ionisation de flamme (FID, T=250°C) permet de quantifier le méthane, le dioxyde de carbone (transformé en méthane par un méthaniseur) alors que le détecteur à capture d'électrons permet de quantifier le protoxyde d'azote.

Cette méthode demande un étalonnage pour déterminer les différentes concentrations. Les prélèvements de gaz sont analysés à l'aide d'une méthode déjà existante et utilisée au sein du Cemagref qui permet d'établir des gammes de concentrations pour les différentes gammes étalons. Une fois l'étalonnage réalisé, les concentrations peuvent être calculées.

Détermination des taux de production des différents GES

Les échantillons prélevés sont analysés par chromatographie gazeuse, ce qui permet d'obtenir les concentrations en ppm(v) en CO₂, N₂O et CH₄. Il est alors possible de représenter l'évolution de ces concentrations pendant toute la durée de la mesure (2 heures).

Cette représentation permet de déterminer le facteur d'émission grâce à une régression linéaire sous réserve que le coefficient de régression (R²) obtenu soit supérieur à 0,8.

Afin de pouvoir comparer les valeurs obtenues entre chaque composteur, il est nécessaire d'étudier la production de gaz au cours du temps en fonction de la masse de compost. La représentation graphique permet d'obtenir le taux de production de gaz par unité de temps qui est la pente de la droite de régression.

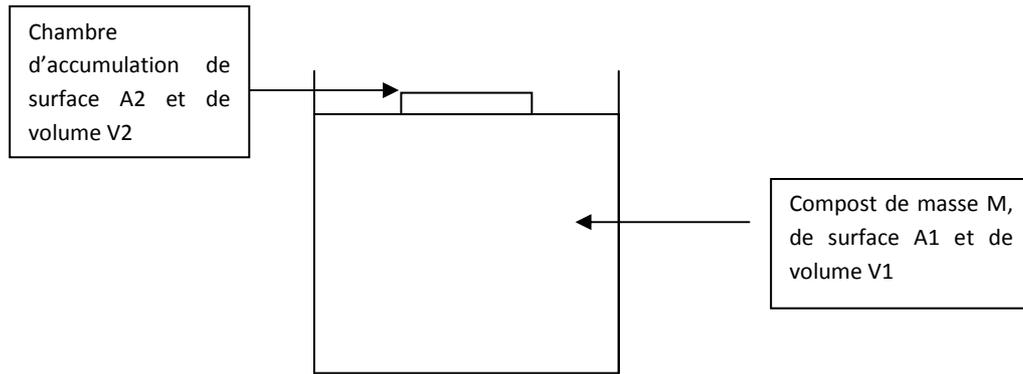


Figure 46 : Schéma de l'installation.

La chambre d'accumulation a un volume V_2 égal à $0,012 \text{ m}^3$. Il est donc possible de déterminer la production de gaz à l'intérieur de la chambre en $\text{m}^3\text{CO}_2.\text{h}^{-1}$.

En général, le taux de production des gaz est exprimé par masse de matière sèche de compost. Le résultat obtenu à ce stade représente uniquement la production pour la surface de compost contenu dans la chambre d'accumulation, A_2 . Dans un premier temps, il est donc nécessaire de rapporter cette valeur à la surface entière du compost A_1 . Puis, dans un deuxième temps, cette valeur doit être exprimée en fonction de la masse de matière sèche de compost contenue. Dans la pratique, cette valeur n'est pas connue. Cependant, lors des prélèvements le volume de compost, V_1 , a été mesuré ainsi que la teneur en MS et la densité du déchet est évaluée à 285 kg.m^{-3} .

Au final, il suffit d'appliquer au taux de production de gaz obtenu, exprimée en ppm(v).h^{-1} , la formule suivante :

$$\text{Taux_emission}(\text{m}^3.\text{h}^{-1}\text{kg}_{\text{matière_seche}}^{-1}) = \frac{x \times 10^{-6} \times V_2 \times A_1}{A_2 \times \rho \times V_1 \times \%MS}$$

Avec x : taux de production en ppm(v).h^{-1}
 % MS : teneur en Matière Sèche
 ρ : masse volumique du déchet en kg.m^{-3}

Résultats

Afin de détailler le traitement des résultats, la démarche sera illustrée en utilisant le cas d'un composteur individuel (F2) sur l'analyse du dioxyde de carbone pour le premier prélèvement réalisé en avril 2010.

Après analyse par CPG, la courbe suivante (Figure 47) est alors obtenue, représentant la concentration en CO_2 (ppm) au cours du temps (h).

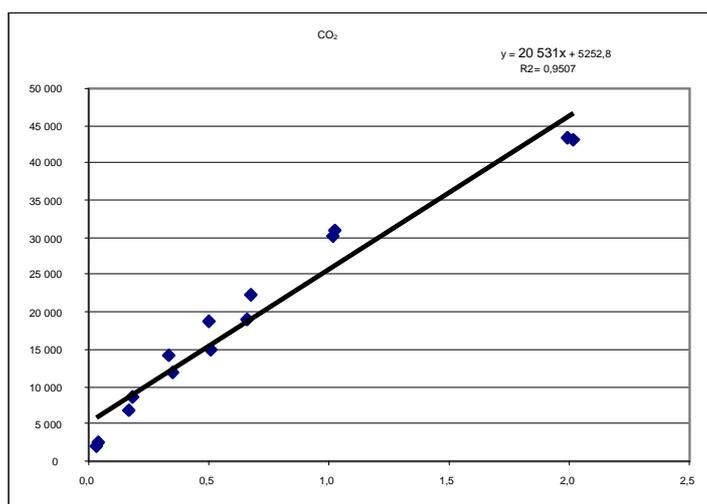


Figure 47 : Evolution de la concentration en CO₂ émis au cours du temps.

Dans le cas de ce composteur, le taux est de 20531 ppm(v).h⁻¹ soit 0,021 m³CO₂.(m³ d'air.h)⁻¹.

En tenant compte du volume de la chambre, la production de CO₂ à l'intérieur de la chambre est donc de 0,00025 m³CO₂.h⁻¹.

Puis en appliquant, la formule énoncée dans le paragraphe « Détermination des taux de production des gaz à effet de serre », pour ce composteur individuel, le taux de CO₂ émis est de 0,0001 m³.h⁻¹.kg⁻¹ de matière sèche soit 101,8 mL.h⁻¹.kg⁻¹ de matière sèche. Les valeurs utilisées étant :

$$A_2 = 0,06 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 0,1098 \text{ m}^3$$

$$\%MS = 46,42\%$$

En appliquant la formule à tous les composteurs et à tous les gaz étudiés et pour les deux prélèvements effectués, les résultats figurant dans les tableaux 41 et 43 sont obtenus. Les différentes courbes obtenues se trouvent en annexe 3.

Tableau 41: Résultats des taux d'émissions en CO₂, CH₄ et N₂O pour les composteurs individuels.

Référence	Date de prélèvement	Taux d'émission de gaz (mL.h ⁻¹ .kg ⁻¹ de MS)					
		CO ₂	R ²	N ₂ O	R ²	CH ₄	R ²
F1	26/04/2010	46,778	0,866	0,087	0,848	0,011	0,848
	23/06/2010	43,096	0,941	0,330	0,956	0,015	0,956
F2	29/04/2010	101,763	0,951	0,219	0,942	0,170	0,783
	08/06/2010	49,918	0,902	0,310	0,924	0,007	0,849
F3	28/04/2010	13,615	0,843	0,036	0,910	0,046	0,795
	09/06/2010	17,408	0,806	0,037	0,906	0,027	0,849
F4	30/04/2010	40,304	0,902	0,027	0,916	n.e.	n.e.
	17/06/2010	21,233	0,806	0,022	0,863	0,004	0,936

n.e. courbe non exploitable

Pour les composteurs individuels, les émissions de dioxyde de carbone sont en moyenne de 41,8 mL.h⁻¹.kg⁻¹ de MS et varient de 13,6 à 101,7 mL.h⁻¹.kg⁻¹ de MS. Les concentrations en N₂O et CH₄ observées sont respectivement en moyenne de 0,134 mL.h⁻¹.kg⁻¹ et de 0,013 L.h⁻¹.kg⁻¹.

Les résultats obtenus sont plutôt dispersés et varient d'un composteur à un autre.

Les foyers F1 et F2 possèdent, les plus fort taux d'émissions de gaz à effet de serre (CO₂ : 43,1 – 101,8 mL.h⁻¹.kg⁻¹, N₂O : 0,09 – 0,33 mL.h⁻¹.kg⁻¹ et CH₄ : 0,007 – 0,015 mL.h⁻¹.kg⁻¹). Ces foyers utilisent des composteurs en bac, il y a donc moins d'aération et d'arrosage naturel par rapport au compostage en tas. Le foyer F1 possède un des plus fort taux d'émission de CH₄. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que l'utilisateur pratique très peu de retournements sur son compost. En effet, pendant la période de mi-mars à fin juin, l'utilisateur n'a effectué qu'un seul retournement et arrosage. Des zones en anaérobies sont donc plus susceptibles de se former provoquant ensuite l'émission de méthane. A l'opposé, le foyer F2 est l'un des foyers possédant le plus faible taux d'émission en CH₄. En observant les pratiques du particulier, ces résultats semblent logiques. Durant la période des prélèvements, l'utilisateur a effectué des retournements à la fréquence d'une fois par semaine et deux arrosages.

Pour le foyer F1, les émissions de CO₂ et CH₄ sont restées constantes lors des deux prélèvements. Par contre la concentration en N₂O a triplé.

Tandis que pour le foyer F2, le taux d'émission en N₂O est presque identique au niveau des deux prélèvements mais la production de CH₄ et de CO₂ a fortement diminué. Les valeurs obtenues pour le premier prélèvement sont nettement supérieures à celles des autres composteurs. Cette différence peut être due soit à un problème de mesure soit à un changement de pratique de l'utilisateur. Sur le suivi de ces pratiques, l'utilisateur n'a mentionné aucun retournement pour le premier prélèvement.

Le foyer F3 est celui qui rejette le plus de méthane (0,027 mL.h⁻¹.kg⁻¹) mais le moins de CO₂ (15,51 mL.h⁻¹.kg⁻¹). La quantité de CH₄ observée peut être expliquée par le fait que le particulier n'a effectué qu'un seul retournement pendant la période du suivi. Cependant, une baisse de production est observée entre les deux prélèvements. Cette baisse pourrait résulter du fait que l'utilisateur a souvent laissé ouvert le couvercle du composteur pendant la deuxième partie du suivi.

Le foyer F4 rejette le moins de gaz à effet de serre (CO₂ : 30,8 mL.h⁻¹.kg⁻¹, N₂O : 0,025 mL.h⁻¹.kg⁻¹ et CH₄ : 0,004 mL.h⁻¹.kg⁻¹). Le fait que ce foyer utilise la technique de compostage en tas peut avoir une influence. Cette méthode permet d'avoir une aération et un arrosage naturels plus réguliers qu'avec des composteurs en bac. De plus, l'utilisateur est celui qui effectue le plus régulièrement des retournements (un peu plus d'une fois par semaine). Cette pratique a également un désavantage. Lors de la mesure des émissions gazeuses, il est possible qu'il y ait des pertes.

Entre les deux prélèvements, les émissions en N₂O et CH₄ sont à peu près constantes. Par contre, le taux d'émission de CO₂ mesuré est divisé par deux. L'émission de CO₂ dépend de l'activité microbologique au sein du compost. Cette diminution s'explique peut être par une diminution de l'activité et donc l'obtention d'un compost plus mûr.

La quantité de déchets mise à composter pourrait également être un facteur influençant l'émission gazeuse. Les apports des usagers ont donc été suivis et sont résumés dans le tableau 42.

Tableau 42 : Bilans des apports pendant la durée du suivi pour les composteurs individuels.

Référence	m apport avant P1	m apport entre P1 et P2	m totale à P2
	(kg)	(kg)	(kg)
F1	159	31	190
F2	45	37	82
F3	139	29	168
F4	84	15	98

Les deux foyers F1 et F2 possédant les plus fort taux d'émission ne détournent pas la même quantité de déchet. En effet, le foyer F1 est celui qui effectue le plus d'apport (au total 190 kg) tandis que le foyer F2 est celui qui en effectue le moins (82 kg). De plus, entre le premier et le deuxième prélèvement, l'usager du foyer F2 a fait un apport plus important contenant en majeure partie de la tonte. Au lieu d'observer une augmentation de l'activité donc une augmentation de la concentration en CO₂, celle-ci est divisée par deux. Cette diminution est peut être justement due à cet important apport de tonte qui, en trop grande quantité, provoque plutôt l'anoxie. Cependant, les concentrations en N₂O et CH₄ n'augmentent pas entre les deux prélèvements.

Le suivi de la température (Figure 6) ne permet pas non plus d'expliquer les résultats obtenus.

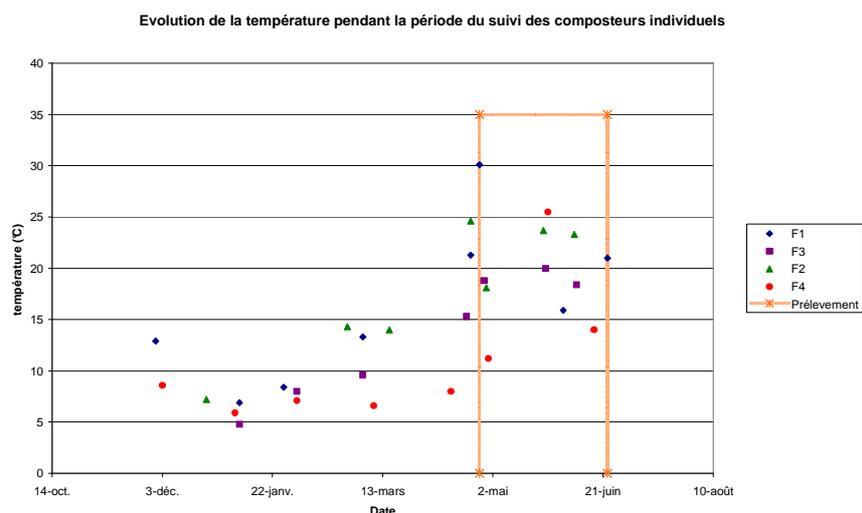


Figure 2 : Suivi de la température au sein des composteurs individuels.

Les températures observées sont relativement basses. En effet, lorsque la matière organique se dégrade, une élévation de la température se produit. Les températures normalement observées à l'intérieur du compost sont supérieures à 40°C. Pour les composteurs individuels, la température la plus élevée est de 30°C. Malgré des températures relativement basses, les émissions gazeuses en CH₄ et N₂O restent faibles et les analyses des composts montrent que les composts sont tout de même mûrs.

Tableau 43 : Résultats des taux d'émissions en CO₂, CH₄ et N₂O pour les composteurs en pied d'immeuble.

Référence	Date de prélèvement	Chambre	Taux d'émission de gaz (mL.h ⁻¹ .kg ⁻¹ en MS)					
			CO ₂	R ²	N ₂ O	R ²	CH ₄	R ²
PI1	07/05/2010	1	135,70	0,90	0,13	0,91	0,32	0,82
		2	186,92	0,86	0,19	0,89	0,42	0,84
		Moyenne	161,31		0,16		0,37	
	16/06/2010	1	63,13	0,55	0,05	0,74	0,08	0,55
		2	60,42	0,72	0,04	0,86	0,05	0,72
		Moyenne	61,78		0,05		0,07	
PI2	18/05/2010	1	73,61	0,51	0,02	0,43	0,23	0,85
		2	105,05	0,46	0,01	0,17	0,21	0,56
		Moyenne	89,33		0,02		0,22	
	17/06/2010	1	119,05	0,85	0,08	0,90	0,53	0,87
		2	45,43	0,84	0,02	0,84	0,09	0,85
		Moyenne	82,24		0,05		0,31	
PI3	07/05/2010	1	304,66	0,89	0,20	0,88	1,73	0,79
		2	168,73	0,86	0,06	0,88	2,06	0,91
		Moyenne	236,69		0,13		1,90	
	16/06/2010	1	78,68	0,62	0,00	0,62	n.e.	n.e.
		2	44,14	0,56	0,03	0,62	0,50	0,59
		Moyenne	61,41		0,02		0,50	

Les composteurs collectifs ayant une plus grande superficie que les composteurs individuels, les mesures se sont déroulées de la même manière mais deux chambres d'accumulation ont été utilisées. En effet, dans le cas d'un procédé de compostage en aération naturelle, l'hétérogénéité des échanges gazeux impose de mesurer les concentrations en plusieurs points de captage.

Pour le composteur en pied d'immeuble PI1, les taux d'émissions en CO₂ et N₂O sont assez importants (CO₂ : 111,5 mL.h⁻¹.kg⁻¹, N₂O : 0,11 mL.h⁻¹.kg⁻¹). Par contre, la production en CH₄ est la plus faible (0,2 mL.h⁻¹.kg⁻¹). Ce taux est dû à des retournements en profondeur effectués très régulièrement (1 à plusieurs par semaine). De plus, le déchet est souvent aéré. Les composteurs en pied d'immeuble sont surtout remplis par des déchets de cuisine (épluchures de légumes et fruits), ce qui est de la matière azotée. Pour que la dégradation se déroule dans les meilleures conditions, il est nécessaire d'avoir un bon rapport entre la matière carbonée (branchages, feuilles) et la matière azotée. Pour ce site, une forte production en CO₂ est observée. Ceci peut être expliqué par le fait que les usagers tiennent compte de ce rapport et ajoutent donc régulièrement des branchages et des feuilles.

Le composteur en pied d'immeuble PI2, quant à lui, est celui qui produit le moins de CO₂ et de N₂O mais par contre produit plus de CH₄ (CO₂ : 85,8 mL.h⁻¹.kg⁻¹, N₂O : 0,04 mL.h⁻¹.kg⁻¹ et CH₄ : 0,3 mL.h⁻¹.kg⁻¹). La plus grande production de CH₄ est due à la pratique de retournement. Les usagers pratiquent régulièrement uniquement des retournements en surface. De plus, l'aération du compost est rarement effectuée. Le plus faible taux de CO₂ peut sans doute être dû au manque d'apport en matière carbonée. En effet, aucun ajout de feuilles ou de branchages n'est signalé.

Le dernier composteur collectif, PI3, est celui pour lequel la production de gaz à effet de serre est la plus importante (CO₂ : 149 mL.h⁻¹.kg⁻¹, N₂O : 0,08 mL.h⁻¹.kg⁻¹ et CH₄ : 1,2 mL.h⁻¹.kg⁻¹). Le plus fort taux

d'émission de CH₄ est difficilement explicable. Les usagers de ce composteur sont ceux qui effectuent le plus régulièrement des retournements en profondeurs (environ tous les deux jours). Cependant, aucune aération n'est signalée. Par contre, les usagers effectuent très souvent des apports en matières carbonées, ce qui explique la forte concentration en CO₂.

Globalement, les mesures ont été moins justes sur les composteurs collectifs, les coefficients de corrélation étant souvent inférieur à 0,8. De plus, des écarts significatifs sont visibles entre les deux chambres. Ces différences peuvent être expliquées. Les déchets et leurs dispositions dans le composteur sont hétérogènes. Ce fait induit la formation de zones d'activité plus ou moins importantes. Des zones où le dégagement gazeux est plus important qu'ailleurs vont donc apparaître. De plus, la structure du compost est telle que des chemins préférentiels peuvent se former. Ce phénomène va donc créer en surface une hétérogénéité des émissions, provoquant des flux gazeux plus importants à certains endroits par rapport à d'autres. Avec les résultats obtenus, il est rapidement visible que les taux d'émissions sont plus importants pour les composteurs collectifs notamment au niveau du CO₂. L'émission de CO₂ traduit l'activité microbologique au sein du compost. Le fort taux d'émission signifie donc que l'activité microbologique est plus forte et donc que le compostage est en phase de fermentation, ce qui est en accord avec les résultats obtenus lors de l'analyse des composts. Les composteurs individuels ont un taux d'émission de CO₂ plus faible, leur maturité est donc plus avancée. De plus, les résultats obtenus sur l'analyse des composts confirment cette hypothèse.

Afin d'estimer au mieux l'impact sur l'environnement de ces émissions, il est nécessaire de les exprimer en équivalent de CO₂. Une fois les résultats convertis, il est possible d'estimer leur impact sur l'environnement en les comparant. A titre d'illustration, les résultats seront convertis pour un seul composteur.

Tableau 44 : Emissions des gaz à effet de serre.

	kg CO ₂ /h/t MS		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
F1	0,09	1,48E-04	0,05
	0,08	2,09E-04	0,19

D'après les résultats exprimés dans le tableau 44, il est possible de remarquer que les émissions de N₂O ont presque le même impact que le CO₂. Tandis que le CH₄ a un impact environ 450 fois plus faible. Les émissions gazeuses exprimées en équivalent de CO₂ peuvent ensuite être sommées afin d'évaluer la quantité totale de gaz à effet de serre émise. Les résultats sont donnés dans le tableau 45.

Tableau 45 : Emissions totales de gaz à effet de serre sur chaque composteur.

	Emission totale de GES (kg CO ₂ .h ⁻¹ .t ⁻¹ MS)
F1	0,14
	0,27
F2	0,31
	0,27
F3	0,05
	0,05

F4	0,09
	0,05

PI1	0,33
	0,46
	0,15
	0,14
PI2	0,15
	0,20
	0,27
	0,10
PI3	0,70
	0,38
	0,15
	0,11

En moyenne, les émissions de gaz à effet de serre sont plus importantes pour les composteurs collectifs. Ces émissions varient de 0,10 à 0,70 kg CO₂.h⁻¹.t⁻¹ MS. Cependant les foyers F1 et F2 ont des taux d'émissions presque similaires. Seuls les foyers F3 et F4, pratiquant le compostage individuel, ont des émissions plus faibles. Ce taux d'émission est trois fois plus faible.

Les émissions les plus importantes concernent les déchets compostés dans des composteurs en bois et les émissions les plus faibles sont obtenues par l'utilisation du compostage en bac en plastique ou en tas.

Amlinger et al. (Amlinger et al., 2008) ont étudié les émissions gazeuses pour différents systèmes de compostage, dont du compostage domestique. Les composteurs domestiques étudiés ont été chargés de biodéchets de façon hebdomadaire pendant 51 semaines. Un suivi des émissions gazeuses a eu lieu pendant 64 semaines à l'aide d'une chambre à flux dynamique. Au cours de la période de suivi les émissions de CH₄ et de N₂O ont été respectivement évaluées à 788 g.t⁻¹ de matière fraîche (MF) et 192 g.t⁻¹ MF. Il serait intéressant de comparer les résultats obtenus à ces valeurs. Cependant, cette comparaison ne peut être faite car il n'est pas précisé si les résultats obtenus sont des résultats cumulés ou moyennés. Les émissions de gaz peuvent beaucoup varier au cours de temps et dans le cadre de l'étude les mesures ont été ponctuelles.

Conclusion

L'analyse des déchets en cours de traitement a permis d'estimer la maturité des composts étudiés à l'aide de différents indices de maturité (teneur en matière organique, rapport C/N, ...). Il en résulte que lors du premier prélèvement les composts issus des composteurs individuels étudiés sont matures. Les analyses des composts issus des composteurs collectifs montrent que lors du prélèvement, ils sont encore en phase de fermentation (forte quantité de matière organique).

Les résultats obtenus par l'étude des émissions gazeuses issues des composts ont en bon accord avec la maturité des composts précédemment exposée. Les productions de dioxyde de carbone ont permis d'évaluer l'activité biologique au sein du compost. Ainsi, les foyers ayant des fortes concentrations indiquent que de la matière organique se dégrade et donc que le compost n'est pas

encore à maturation. Ainsi, les plus fortes productions en dioxyde de carbone ont été mesurées sur les composts issus de composteurs en pied d'immeuble.

Les résultats des émissions gazeuses ont permis de mettre en évidence la relation entre la production de gaz à effet de serre et les pratiques des usagers. Les retournements, les arrosages et l'aération influent sur le taux d'émission des gaz. **Un compost qui est régulièrement retourné et aéré produit moins de méthane.** De plus, l'étude sur les composteurs collectifs a permis de montrer que la façon d'effectuer les retournements a également une influence. **Un retournement régulier uniquement en surface n'a pas un effet aussi important qu'un retournement régulier en profondeur.** Le retournement en surface ne permet pas assez de diminuer les zones en anaérobies.

L'analyse des émissions au niveau des composteurs collectifs a également montré que le rapport matière carbonée/ matière azotée est important. Les usagers faisant régulièrement des ajouts en matière carbonées obtiennent des émissions plus importantes en CO₂, ce qui indique une meilleure dégradation de la matière organique.

Ces premiers résultats demandent à être confortés car ils ne sont pas assez nombreux pour être représentatifs de tout le panel des composteurs suivis. En effet, certains composts issus de composteurs individuels sont plus proches des composteurs collectifs que ceux étudiés dans cette étude.

En ce qui concerne l'analyse des gaz, il serait intéressant d'effectuer un suivi en continu ou au moins plus régulier afin d'estimer au mieux les impacts environnementaux et d'observer l'évolution également au cours des saisons.

Conclusion : Guide d'aide à la mise en place d'une action de promotion du compostage domestique

Ce guide est l'aboutissement du projet **Engagement des Citoyens pour le Compostage et la VALorisation** de leurs déchets ménagers (ECCOVAL – projet soutenu par la Région Bretagne dans le cadre du programme ASOSC 2007), dont l'objectif est de valoriser le compostage individuel ou de proximité comme outil de gestion domestique des déchets ménagers. La particularité du projet ECCOVAL est d'intégrer dans la dynamique de réflexion la forte dimension sociale associée à la mise en œuvre de ce type de pratique. C'est dans cet esprit, qu'il a été décidé de réfléchir aux besoins des collectivités locales et des associations (Rennes Métropole, CIELE¹⁰) en utilisant les méthodes et connaissances des établissements de recherche régionaux (Cemagref Rennes, LAUREPS¹¹ Université Rennes 2). Ce travail s'est également appuyé sur les conseils d'experts en développement de la pratique de compostage (EISENIA, Denis Pépin)

Le travail, réalisé sur 3 ans (de 2008 à 2011), a permis de consolider et compléter les connaissances sur les aspects environnementaux, sociologiques et techniques du compostage individuel et de proximité.

Ce document est un outil d'aide à la mise en place et à la pérennisation d'opérations de compostage individuel ou de proximité. Il expose les principales étapes à mener pour réussir une opération de promotion du compostage. Son ambition consiste à pointer les interrogations pertinentes, qui nous sont apparues grâce aux travaux menés, pour donner à une collectivité les moyens de réaliser les meilleurs choix possibles en fonction de ses besoins et de ses ressources.

¹⁰ Centre Information Energie et Environnement

¹¹ Laboratoire Armoricaïn Universitaire de Recherche en Psychologie Sociale

INTRODUCTION	202
ETAPE 1 : DIAGNOSTIC ET DEFINITION DES OBJECTIFS	205
I. REALISER UN ETAT DES LIEUX	205
a. <i>Pourquoi réaliser un diagnostic ?</i>	205
b. <i>Quels sont les indicateurs de caractérisation d'un territoire ?</i>	205
c. <i>Déclinaison selon les cas de figures</i>	206
d. <i>Comment obtenir les indicateurs nécessitant le recours à l'usager ?</i>	207
II. DEFINIR LES OBJECTIFS ET LE PLAN DE L'OPERATION	209
a. <i>Pourquoi se fixer des objectifs ?</i>	209
b. <i>Quels sont les objectifs que peut se donner une collectivité ?</i>	210
c. <i>Déclinaison selon les cas de figure</i>	210
ETAPE 2 : PREPARATION AU LANCEMENT DE L'OPERATION	212
I. CHOIX DU TYPE DE MATERIEL ET DES MODALITES D'ATTRIBUTION	212
a. <i>Pourquoi est-ce important ?</i>	212
b. <i>Quels sont les éléments à considérer ?</i>	212
II. DEVELOPPER UNE STRATEGIE DE COMMUNICATION ADAPTEE A LA PROMOTION DU COMPOSTAGE.....	213
a. <i>Pourquoi est-ce important ?</i>	213
b. <i>Quelles sont les approches possibles pour élaborer une stratégie de communication ?</i>	214
c. <i>Déclinaison selon les cas de figure</i>	217
III. IMPLICATION ET COORDINATION DES ACTEURS.....	218
ETAPE 3 : ACCOMPAGNEMENT DES MENAGES	219
I. POURQUOI EST-CE IMPORTANT ?.....	219
II. QUELLES SONT LES ACTIONS POSSIBLES ?.....	219
a. <i>Aider l'usager dans sa démarche par des guides et fiches adaptées à sa connaissance du compostage</i>	219
b. <i>Les visites de terrain menées par les techniciens "déchets"</i>	219
c. <i>La création d'espaces d'échanges</i>	220
d. <i>La diffusion d'information aux ménages : le numéro vert et les supports d'information réguliers.....</i>	221
III. DECLINAISON SELON LES CAS DE FIGURE	222
ÉTAPE 4 : EVALUATION ET EXTENSION DE L'OPERATION	223
I. POURQUOI EST-CE IMPORTANT ?.....	223
II. QUELLE DEMARCHE UTILISER?.....	223
a. <i>Evaluation de la pratique lors des visites de terrain en pied d'immeuble et en habitat individuel.....</i>	223
b. <i>Evaluation des actions de formation</i>	224
III. DECLINAISON SELON LES CAS DE FIGURE	225
SYNTHESE	226

INTRODUCTION

Un constat et des mesures...

En 2007, selon l'ADEME, la production d'ordures ménagères en France s'élevait à 391 kg par habitant et par an. La proportion de déchets putrescibles représente 30% du contenu de nos poubelles. Il s'agit d'un gisement non négligeable à détourner du stockage ou de l'incinération et à valoriser pour diminuer notamment les coûts importants de traitement. Conscient de cette situation, le ministre de l'Ecologie et du Développement Durable a relancé, dès 2005, la politique « déchets » et notamment la promotion du compostage domestique. Depuis, les engagements pris lors du Grenelle de l'Environnement renforcent le dispositif d'aide aux collectivités territoriales pour qu'elles développent des plans départementaux et des programmes locaux de prévention des déchets.

...pour développer une pratique ancienne basée sur l'engagement citoyen.

Si le compostage domestique est aujourd'hui la pratique la plus médiatisée, il s'inscrit en réalité dans un ensemble plus large et ancien : la gestion domestique. Sous ce vocable, on regroupe les pratiques des ménages en matière de gestion autonome de leurs bio-déchets (compostage domestique, dépôt au fond du jardin, brûlage à l'air libre ou en cheminée/poêle, paillage au jardin, alimentation des animaux domestiques et d'élevage, cession à des voisins). Alors que seulement 25 % des ménages compostent leurs déchets de cuisine, 62% des français font de la gestion domestique d'au moins un des déchets organiques, et ce chiffre s'élève à 70 % pour les français qui ont un jardin et doivent gérer leurs déchets verts. Les déchets du potager sont majoritairement gérés à domicile et souvent par compostage. Seuls 3% de ces foyers les jettent aux ordures ménagères. La campagne de caractérisation des Ordures Ménagères Résiduelles (OMR) menée en 2007 montre cependant, qu'il reste encore 30% de déchets putrescibles dans les OMR. Cette réalité traduit la nécessité, pour toute collectivité, d'intégrer la gestion domestique à l'élaboration d'un schéma territorial de gestion des déchets ménagers. Il s'agit d'une filière complémentaire aux filières centralisées et dont la maîtrise d'œuvre dépend de l'action volontaire des particuliers.

Aussi, la diminution de production de déchets et, par conséquent, la réduction de la quantité de déchets à collecter, reposent pour partie sur une responsabilisation et un engagement actif des ménages dans la mise en œuvre de leurs propres solutions de traitement de déchets. Les actions de prévention menées par les pouvoirs publics ont donc à cet égard toute leur place.

La promotion du compostage : une action à fort enjeu pour les collectivités...

Le compostage domestique est une composante essentielle à mettre en œuvre sur un territoire donné. Celui-ci se définit comme étant la gestion d'une partie des déchets des ménages par eux-mêmes au moyen d'un traitement par compostage, qu'il soit réalisé en tas, en composteur individuel (un seul foyer) ou collectif (quelques foyers), ou en lombricomposteur.

Nonobstant le fait de répondre aux obligations législatives, il est important pour les collectivités de promouvoir des pratiques de gestion domestique (document ADEME) afin de :

- réduire les tonnages de déchets collectés, transportés et traités ;
- contribuer à la maîtrise des coûts de la gestion des déchets ;
- limiter les quantités stockées ou incinérées ;
 - développer progressivement une filière au sein des collectivités (contrairement à la création d'installations centralisées de traitement, le développement du compostage domestique peut faire l'objet d'un programme « phasé » dans le temps, par territoire géographique) ;
 - responsabiliser les ménages vis-à-vis de leurs déchets : la mise en place d'opérations de promotion du compostage domestique permet de sensibiliser plus largement à la gestion globale des déchets.

...dont la mise en œuvre nécessite des outils d'accompagnement.

L'ADEME en 2009 a fait paraître un guide présentant les étapes permettant de conduire un projet de promotion du compostage. Le projet ECCOVAL reprend certains éléments de ce guide mais porte une réflexion supplémentaire à la problématique de la promotion du compostage, basée notamment sur les apports de la psychologie sociale. Le plan du guide est inspiré de la trame donnée par le guide ADEME réalisé dans le cadre du Plan National de Soutien au Compostage Domestique (PNSCD) ici récapitulé en quatre étapes :

- Etape 1 : diagnostic et définition des objectifs
- Etape 2 : préparation au lancement de l'opération
- Etape 3 : accompagnement des ménages
- Etape 4 : évaluation et extension de l'opération

Le guide présentera une démarche générale mais également une déclinaison des différents objectifs possibles pour une collectivité.

Quatre situations de référence pour les collectivités ont été identifiées. Elles peuvent être regroupées en deux grands axes :

1/ les collectivités qui n'ont jamais effectué d'opération de promotion du compostage ou qui souhaitent toucher de nouvelles zones d'habitat n'ayant jamais été sensibilisées à la pratique.

→ Elles vont donc **démarrer une démarche de promotion du compostage.**

2/ les collectivités qui ont déjà lancé une opération de promotion et qui souhaitent :

→ s'adresser à une population n'effectuant pas la pratique et ainsi **augmenter la participation**

→ viser une population qui effectue mal les gestes du compostage pour **améliorer** les pratiques ;

→ conforter et faire revenir des personnes dans la pratique afin de **maintenir** l'effet du compostage.

Chaque étape de ce document reprend ces situations permettant ainsi à une collectivité donnée de se repérer selon sa problématique.

Réaliser un état des lieux

« Il s'agit de la réflexion préalable sur la mise en place de l'opération, qui doit permettre d'aboutir d'une part à la prise de décision des élus et à la définition d'objectifs et d'autre part de préciser le cadre général de l'opération. » (ADEME- guide « réussir une opération de promotion du compostage domestique »)

a. Pourquoi réaliser un diagnostic ?

Pour définir les objectifs à atteindre, il est important de disposer d'informations précises sur les caractéristiques du territoire concerné. Il s'agit donc de cerner, à partir d'un ensemble d'indicateurs le contexte dans lequel va se dérouler l'opération et de cibler précisément les besoins du territoire et les leviers sur lesquels la collectivité pourra agir pour réaliser une opération de promotion du compostage.

Exemple :

Une ville du littoral n'a pas la même typologie de territoire qu'une ville urbaine « classique ». Il est nécessaire de tenir compte de l'influence touristique, la population n'étant pas la même en période estivale. La communication devra donc être adaptée aux caractéristiques d'une population résidant en habitat secondaire ou effectuant un séjour touristique.

b. Quels sont les indicateurs de caractérisation d'un territoire ?

L'ADEME dans le chapitre 6 du guide « réussir une opération de promotion du compostage domestique » présente un ensemble d'indicateurs à renseigner pour définir le cadre de l'opération. A partir des éléments de ce chapitre, des indicateurs directement accessibles par la collectivité et des indicateurs nécessitant le recours à l'utilisateur ont été relevés. En fonction de la situation de la collectivité (démarrage ou relance d'actions de promotion), ces indicateurs peuvent être plus ou moins pertinents à étudier.

Indicateurs directement accessibles par la collectivité :

- le nombre de foyers susceptibles de composter à domicile (c'est à dire en habitat individuel, à renseigner avec la fiche INSEE),
- la répartition de l'habitat (individuel, vertical...), le type (jardin d'agrément, potager) et la taille des jardins...
- les flux de déchets (quantité d'ordures ménagères résiduelles, de déchets recyclables, de déchets vers en déchèteries, de DIB ...) et équipements associés (nombre de plates-formes de compostage, déchèteries...);
- le coût de la gestion des déchets ; moyens existants (disponibilité du personnel...)
- la composition des déchets (typologie et quantités pour les OMR et les matières recyclables, efficacité du tri)
- les partenaires mobilisables (tissu associatif, jardineries, vendeurs/loueurs matériels de compostage, paysagistes, écoles d'horticulture, ADEME...) et les relais présents (maîtres composteurs, guides composteurs....)

Indicateurs nécessitant le recours à l'utilisateur :

- L'habitude de gestion des déchets de jardin et de cuisine par les ménages (mise en place d'un réseau de foyers volontaires qui vont peser sur une période donnée les déchets de cuisine produits afin de déterminer le potentiel de déchets organiques des ménages pouvant être mis en compostage domestique...)
- L'évaluation de l'antériorité des pratiques de gestion domestique, la connaissance de la destination actuelle des bio-déchets, l'estimation des évolutions possibles des pratiques, le recueil de l'avis des ménages pour déterminer les techniques à proposer (mode de compostage, caractéristiques du matériel, matériaux, volumes...);
- A ces facteurs ont été ajoutés, à partir de l'étude ECCOVAL, des facteurs psychologiques. Il semble en effet important d'évaluer les motivations des usagers à s'engager (pérenniser leur investissement) dans cette pratique éco-citoyenne en vue de cerner les freins et les leviers perçus par les usagers. Cette prise en compte devrait axer la communication sur des éléments plus pertinents pour convaincre les ménages et aussi lever les inquiétudes. Ainsi la peur d'échouer, l'envie d'œuvrer pour la planète, la représentation négative que l'on peut avoir de cette pratique (sale, chronophage, compliqué), l'utilité qu'on lui confère (en terme de détournement des déchets des OMR ou en terme de rendu, i.e. le compost), ou la pression de l'entourage pour s'engager ou non dans cette pratique, sont quelques exemples de facteurs pouvant favoriser ou freiner l'engagement d'un individu dans cette pratique.

c. Déclinaison selon les cas de figures

Comme présenté dans l'introduction, les collectivités peuvent se trouver dans différentes situations et peuvent souhaiter s'adresser à différentes catégories de population réparties en fonction de leur

exposition à une campagne de promotion et de leur maîtrise de la pratique du compostage. Un plan d'action spécifique est proposé pour chacun des cas de figures :

Tableau 1 : indicateurs possibles pour l'établissement d'un diagnostic
selon la situation de la collectivité

	Collectivité qui n'a jamais effectué d'action de promotion	Collectivité qui a déjà réalisé une action de promotion		
Et qui souhaite :	démarrer la promotion du compostage	augmenter le compostage	améliorer les pratiques	maintenir le compostage
Réalisation d'un diagnostic	<ul style="list-style-type: none"> - nombre et typologie des foyers susceptibles de composter - flux de déchets - recherche des partenaires mobilisables - étude des connaissances et de la représentation a priori des ménages sur le compostage 	<ul style="list-style-type: none"> - nombre de foyers ne compostant pas encore - caractéristiques de ces foyers - évaluation des facteurs psychologiques qui impactent l'intention de composter 	<ul style="list-style-type: none"> - connaissance et évaluation des pratiques existantes - ciblage des besoins d'accompagnement 	<ul style="list-style-type: none"> - identification des personnes qui ont eu des difficultés jusqu'à avoir abandonné la pratique - détermination des freins qui ont poussé à l'abandon de la pratique

d. Comment obtenir les indicateurs nécessitant le recours à l'usager ?

Les indicateurs dits « directement accessibles auprès de la collectivité » sont obtenus à partir de bases de données type INSEE. Pour les autres nécessitant le recours à l'usager (évaluation des facteurs psychologiques, des pratiques de compostage ou de gestion domestique des déchets), une démarche d'enquête doit être engagée (cf. fiche méthodologique 1).

Celle-ci doit être rigoureuse afin de répondre aux attentes fixées.

De fait, l'objectif de toute enquête est de répondre à une interrogation. Il faut par conséquent lors d'une première étape établir le projet et poser clairement les questions que l'on cherche à examiner.

La démarche utilisée peut être constituée de deux phases :

- une phase de pré-enquête, permettant de recueillir la représentation qu'ont les individus d'un sujet (compostage, écologie, etc.).
- une phase d'enquête basée sur les éléments ressortis de la pré-enquête. Cette seconde phase doit permettre d'évaluer l'influence de certains facteurs sur une opinion, une attitude,

un comportement (l'intention de composter ou, pour ceux pratiquant déjà cette activité, de continuer à composter). En effet, l'enquête permet de vérifier si les facteurs jugés comme pertinents lors de la première phase ont un véritable impact sur l'objet étudié (l'activité de compostage), et si leur influence diffère selon la population interrogée. Ces résultats permettent par la suite de cibler la communication selon les freins et les leviers identifiés, pour une population donnée. Cette phase peut être réalisée sur la base de données déjà existantes (articles, résultats d'enquêtes préalables) ou, si aucune donnée n'est accessible, nécessitera la mise en place d'une enquête de terrain (entretien, observation, questionnaire).

La figure 1 présente les différentes étapes nécessaires à l'élaboration d'une enquête. Chaque entrée du schéma donne lieu à un développement dans la fiche méthodologique 1.

L'enquête de terrain se déroule selon plusieurs étapes :

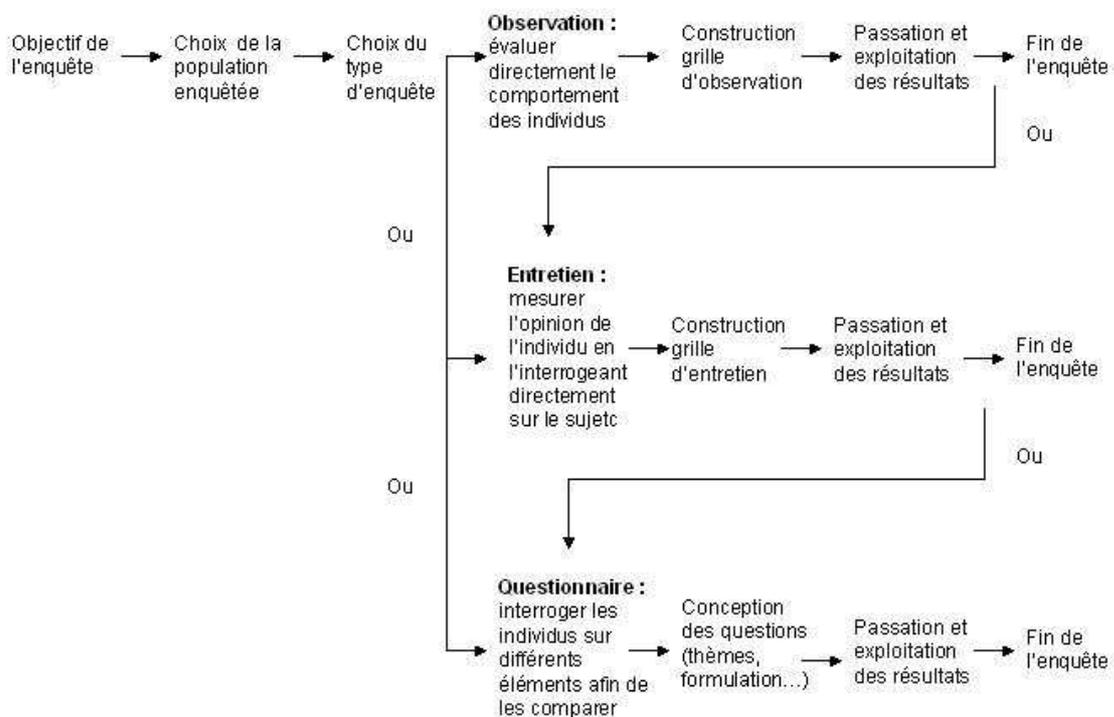


Figure 1 : les étapes d'une démarche d'enquête

Sur ce schéma nous pouvons voir qu'une fois que les objectifs de l'enquête sont clairement définis, la population à interroger peut être ciblée. Pour cela, il faut choisir les critères pertinents permettant de sélectionner la population la plus représentative pour l'enquête. La question posée à partir de l'objectif se limite-t-elle à une zone géographique, à un groupe particulier de personnes, à l'ensemble de la population ?

Il existe plusieurs moyens de sélectionner l'échantillon de la population à interroger (fiche méthodologique 1).

Pour ECCOVAL, le but étant de comparer différentes typologies d'individus afin de mettre en place une campagne de communication plus adaptée à la population ciblée, les populations ont été classées selon les critères suivants : logement collectif ou individuel, en habitat urbain ou rural, dans une commune exposée ou non aux campagnes de communication concernant le compostage.

La phase de choix du type d'enquête, consiste à sélectionner la méthode appropriée répondant au mieux aux objectifs définis au préalable. Elle peut être qualitative (observation, entretien), ce qui permet notamment de saisir les significations que les individus accordent à l'objet étudié (i.e. le compostage) ou quantitative (questionnaires) qui permet d'étudier les relations entre les phénomènes (les liens pouvant exister entre différents facteurs pour justifier le choix de vouloir commencer à composter). La fiche méthodologique 1 présente quelques éléments sur l'entretien, exemplifiés par l'enquête ECCOVAL.

Lors de la réalisation d'une enquête par questionnaire, une attention particulière sera portée sur la conception du questionnaire (rédaction, formulation des questions, thèmes abordés). Le choix du type d'administration du questionnaire dépendra notamment des moyens dont dispose la collectivité. Enfin, le traitement des données recueillies devra être fonction des hypothèses, des objectifs initiaux de l'enquête.

A la fin de l'enquête, il est possible de juger nécessaire d'approfondir les résultats obtenus. Le cycle d'enquête peut alors se poursuivre par la construction d'un outil supplémentaire pour venir interroger (par entretien/questionnaire/observation) l'échantillon ciblé.

Définir les objectifs et le plan de l'opération

Pourquoi se fixer des objectifs ?

Se fixer des objectifs en amont permet de guider son action de promotion et d'ajuster au mieux les moyens aux attentes. C'est également primordial pour permettre une évaluation du dispositif en fin

de processus et ainsi mesurer la réussite de l'opération et étudier son extension possible (cf. étape 4). Pour cela, les objectifs doivent être fixés quantitativement et qualitativement en fonction des résultats du diagnostic pour demeurer réalistes.

Une fois les objectifs clairement définis, l'opération de promotion pourra être planifiée, avec la réalisation d'un rétro-planning et l'élaboration d'un budget (cf. guide ADEME chapitre 6 pour plus d'informations sur ces étapes).

Quels sont les objectifs que peut se donner une collectivité ?

La collectivité va devoir se fixer des objectifs qui peuvent être d'ordre :

Tableau 2 : objectifs qualitatifs et quantitatifs possibles

Qualitatif	Quantitatif
<ul style="list-style-type: none"> ▪ mettre en avant certaines pratiques (compostage en tas; en bac, lombricompostage...) ▪ desservir un territoire défini (zones rurales/urbaines/pavillonnaires...); ▪ atteindre la population ciblée : guidée par l'état des lieux réalisé en amont, la collectivité peut sélectionner la cible qu'elle souhaite toucher (personnes en habitat collectif/individuel, personnes qui compostent/ne compostent pas etc.) ▪ agir sur les enjeux visés : une bonne information des populations, une conformité à la réglementation, une préservation des installations de traitement, ▪ augmenter la satisfaction des ménages 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ augmenter le taux de participation globale à la gestion domestique des biodéchets (nombre de foyers maintenant une pratique de compostage en tas, en bac..., nombre de nouveaux foyers pratiquant le compostage). ▪ augmenter les quantités compostées et quantités détournées du flux des OMR et du flux des déchets verts apportés en déchèterie.

c. Déclinaison selon les cas de figure

La définition des objectifs va dépendre de la situation de la collectivité. Le tableau ci-dessous précise les objectifs qu'il est possible de se donner en fonction des cas de figure déterminés dans le cadre de ce rapport.

Tableau 3 : objectifs possibles pour une action de promotion

selon la situation de la collectivité

	Collectivité qui n'a jamais effectué d'action de promotion	Collectivité qui a déjà réalisé une action de promotion		
Et qui souhaite :	démarrer la promotion du compostage	augmenter le compostage	améliorer les pratiques	maintenir le compostage
Définition des objectifs Quantitatifs	<ul style="list-style-type: none"> - atteindre un % de compostage déterminé. - diminuer les tonnages collectés par la collectivité 	<ul style="list-style-type: none"> - augmenter le taux de participation à la gestion domestique des bio déchets - diminuer les tonnages collectés par la collectivité 	<ul style="list-style-type: none"> - augmenter le taux de participation à la gestion domestique des bio déchets - augmenter les quantités compostées 	<ul style="list-style-type: none"> - maintenir le taux de participation à la gestion domestique des bio déchets - maintenir les quantités compostées
Définition des objectifs qualitatifs	<ul style="list-style-type: none"> - présenter les différentes solutions de gestion domestique aux ménages 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en avant certaines pratiques - toucher un territoire défini - atteindre la population ciblée 	<ul style="list-style-type: none"> - atteindre la population concernée - augmenter la satisfaction des ménages 	<ul style="list-style-type: none"> - atteindre la population concernée - augmenter la satisfaction des ménages
Enjeu de l'action	<ul style="list-style-type: none"> - Informer sur le compostage : sensibiliser la population la plus large à cette pratique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Démarrer la pratique : motiver les personnes qui ne pratiquent pas encore à se lancer dans la pratique 	<ul style="list-style-type: none"> - Accompagner les ménages pour prévenir une mauvaise pratique qui pourrait engendrer des abandons 	<ul style="list-style-type: none"> - Prévenir la lassitude et remotiver les personnes : amener les individus à reprendre une pratique abandonnée (car déception, désintérêt, efforts jugés trop importants)

Etape 2 : préparation au lancement de l'opération

Cette étape comprend un certain nombre d'actions pour préparer concrètement la mise en place de l'opération :
procédures de consultation des fournisseurs de matériel dans le cas où la collectivité a décidé de distribuer des composteurs, demandes d'aides financières, préparation des outils de communication, formation pratique des agents aux techniques de compostage, formation de guides-composteurs... (ADEME, Chapitre 6)

La réalisation d'une action de promotion du compostage domestique nécessite plusieurs types de préparatifs pour une collectivité qui doit se questionner en permanence sur l'utilité, la pertinence, la cohérence, l'adéquation moyens/objectifs qu'elle met en place.

Les réflexions vont porter essentiellement sur trois domaines :

1. choisir les modes de compostage promus et le cas échéant, choisir le type de matériel et les modalités d'attribution qu'elle souhaite proposer aux usagers ;
2. développer une stratégie de communication
3. impliquer et coordonner les acteurs pluriels qui vont intervenir sur le projet.

Choix du type DE MATERIEL ET DES MODALITES D'ATTRIBUTION

Pourquoi est-ce important ?

Il ne faut pas sous estimer l'impact des choix techniques de la collectivité sur l'intention de s'engager à composter. Un choix limité de volumes ou de matériaux pour le composteur peut par exemple constituer un frein pour s'impliquer dans une activité de compostage. En effet, même si le projet ECCOVAL a montré que le matériau du bac (bois, plastique) n'avait aucune incidence sur la qualité du compost, il peut relever d'un critère d'ordre esthétique pour certains ménages.

 Ce n'est pas parce qu'il faut penser aux préparatifs matériels, qu'il faut négliger de promouvoir le compostage dans l'ensemble de ces pratiques (cf. fiche information 1). Le tas doit également faire partie des choix à valoriser pour une collectivité.

Quels sont les éléments à considérer ?

- **les caractéristiques des bacs :**

- soumettre plusieurs volumes ainsi que plusieurs matériaux (bois, plastique...) peut favoriser une perception positive par les ménages.

- **les modalités d'attribution :**

- distribuer automatiquement un composteur aux particuliers ne signifie pas que celui-ci sera forcément utilisé. Beaucoup d'exemples montrent que le composteur peut très facilement être détourné de son usage premier.

- vendre le composteur même pour une somme modique peut constituer un acte d'engagement et de responsabilisation pour le ménage.

- s'inscrire pour obtenir un composteur est aussi un acte d'engagement.

Pour appuyer la mise en place d'une démarche engageante, la mise à disposition du composteur peut être positivement accompagnée par la signature d'une charte d'engagement mutuel entre la collectivité et l'individu. Pour information, un exemple de charte est présent dans le guide ADEME (outil 3a).

Lorsque cette charte d'engagement s'accompagne d'un questionnaire sur les pratiques de compostage, la collectivité peut identifier les nouveaux adeptes au compostage et ainsi préparer l'accompagnement a posteriori de ces ménages.

Au delà des dispositions techniques que doit prendre la collectivité en termes d'offres de compostage, celle-ci doit s'interroger sur les moyens de promotion de cette pratique auprès des particuliers et donc de stratégie de communication.

Développer une stratégie de communication ADAPTEE a la promotion du compostage

a. Pourquoi est-ce important ?

La stratégie de communication est déterminante dans la mise en œuvre d'une action de promotion du compostage. Or celle-ci peut très rapidement se révéler un échec si on néglige l'impact de certains éléments tels que les caractéristiques de la cible visée, du message, de l'émetteur (crédibilité...) ou des médias à disposition (potentiel d'impact...)

Exemple : L'enquête ECCOVAL a pu montrer que porter le message uniquement sur la préservation de l'environnement ne convainc pas nécessairement l'interlocuteur, peut même provoquer de la résistance chez les usagers. On parle alors de réactance.

Le dispositif de communication doit donc être réfléchi et construit en se référant aux acquis théoriques et aux éléments d'enquête.

b. Quelles sont les approches possibles pour élaborer une stratégie de communication ?

La communication persuasive :

Toute action de communication (à des fins marketing ou de sensibilisation et de prévention) vise à agir sur l'attitude des individus, c'est à dire sur ce que l'individu pense, ressent et entend réaliser par rapport à un objet (le tabac, le don du sang...). Pour le compostage, une action de communication cherchera à provoquer ou renforcer des pensées, affects et intentions positives vis à vis de l'activité de compostage. La communication est alors dite persuasive car elle consiste en une présentation d'un message conçu et organisé pour persuader une ou plusieurs personnes en vue de leur faire adopter un certain point de vue (Eagly et Chaikens, 1993).

La communication persuasive apporte des éléments de réponse à la question « Qui dit quoi à qui, comment ? » (Hovland, Janis & Kelley, 1953) afin de trouver les déterminants d'une communication persuasive réussie. Cette question peut se traduire par le schéma ci-dessous :

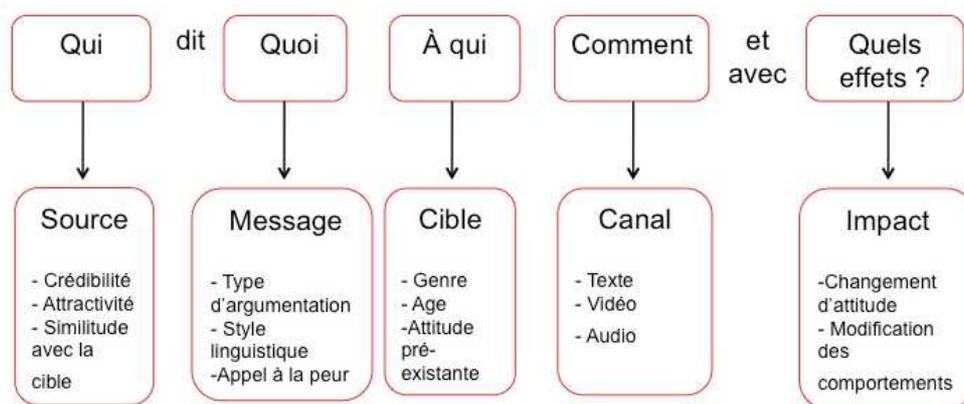


Figure 2 : les différentes composantes de la communication persuasive

Il a été par exemple montré que le type d'argumentation (unilatérale : présentant des arguments dans un unique sens ; bilatérale : présentant des arguments à la fois positifs et négatifs envers un objet) avait un impact sur l'appropriation du message persuasif (plus positif dans le cas d'un message bilatéral). La crédibilité et l'attractivité de l'émetteur du message, les arguments présentés, le

support de communication sont des paramètres déterminant la réussite de la communication persuasive.

La communication engageante

Il ne suffit pas forcément d'avoir les « bonnes idées » pour avoir les « bons comportements » (Bernard & Joule, 2004). Par exemple, on peut être parfaitement convaincu de la nécessité de donner son sang sans jamais le faire. Il peut manquer le déclic, l'impulsion qui nous ferait nous comporter conformément à nos idées. C'est ainsi qu'on peut être favorable au compostage, investir et installer un composteur chez soi et au final ne pas composter, voire même détourner l'utilisation du composteur à d'autres fins comme ranger ses outils par exemple.

Le lien entre attitude positive et comportement réel est loin d'être assuré. D'où la réflexion sur une démarche d'intervention qui permettrait d'agir plus efficacement sur le comportement. Le recours à une communication engageante participe de l'obtention d'un comportement.

La communication engageante (Joule, Girandola & Bernard, 2007) est directement déduite des travaux sur la théorie de l'engagement. En effet, selon ce type de communication c'est par l'action que l'on engage l'individu. Elle part du constat que lorsqu'un individu décide d'émettre librement un comportement, il aura tendance à persévérer dans la mise en œuvre de comportements comparables. Son principe de fonctionnement est basé sur l'obtention auprès d'un interlocuteur de petits actes, pas forcément coûteux, appelés « actes préparatoires » qui, en engageant l'individu, favorisent l'émission du comportement attendu. Ces actes vont :

- rendre l'individu ou le groupe plus réceptif et plus ouvert (open mind) à une argumentation persuasive allant dans le même sens que l'acte précédemment réalisé (principe de la consistance)
- pouvoir le conduire à réaliser l'acte final souhaité

Cette stratégie reprend donc les principes de la communication persuasive mais en conférant à la cible un statut d'acteur et non plus seulement de récepteur, comme c'est le cas dans la démarche de communication classique. Pour cela, elle intègre deux questions supplémentaires qui vont permettre de maximiser les chances d'obtenir un changement comportemental (Joule, Girandola & Bernard, 2007) :

- **que doit-on faire réaliser à la cible ?** On peut obtenir un acte préparatoire fortement engageant en jouant sur plusieurs facteurs de la situation, dont les principaux sont : le contexte de liberté dans lequel l'acte est réalisé ; le caractère public de l'acte ; la répétition de l'acte ; les raisons de l'acte (privilégier les raisons internes = motivation propre à l'individu plutôt qu'externes = présence de récompense). (cf. fiche méthodologie 2)

- **et avec quel niveau d'identification de l'action ?** Il est possible de représenter un acte à différents niveaux pour l'individu. Pour illustration, l'acte éco-citoyen peut être présenté comme le fait de jeter un déchet dans une poubelle ou à un autre niveau comme celui de préserver l'environnement. Pour qu'un individu veuille reproduire un acte, il faut qu'il lui accorde une valeur suffisamment importante. L'idée est donc de permettre l'émergence d'un sentiment d'identification et d'implication au travers de « l'étiquette » accolée à l'action. L'enquête ECCOVAL a montré que pour un acte éco-citoyen, il est peu souhaitable aujourd'hui d'avancer des arguments écologiques pour justifier l'activité de compostage car ceux-là sont connotés politiquement et négativement dans notre société. Néanmoins, introduire l'acte en parlant des bénéfices qu'il peut apporter à une collectivité peut constituer un juste milieu pour situer la valeur de l'action pour l'individu.

Le processus de communication engageante peut se résumer comme suit :

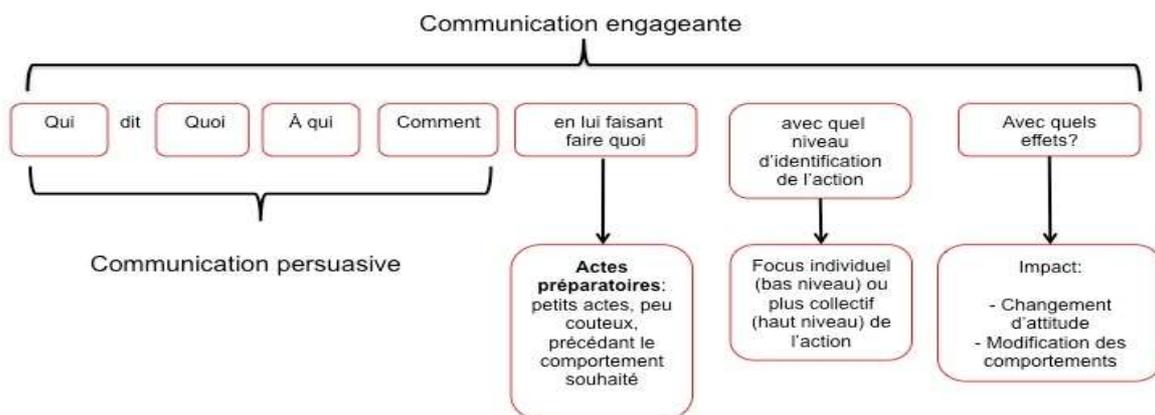


Figure 3 : les différentes composantes de la communication engageante

L'utilisation d'une communication engageante permet d'augmenter la probabilité d'obtenir un impact comportemental. En revanche, son développement est plus coûteux que l'usage d'une communication persuasive. Le point suivant permet de mettre en lien les bénéfices et inconvénients de chaque communication.

La comparaison des avantages/inconvénients des deux formes de communication

Les deux formes de communication n'ont pas les mêmes caractéristiques et donc les mêmes avantages et inconvénients.

Tableau 4 : comparaison des avantages et inconvénients des deux formes de communication.

	Avantages	Inconvénients
Communication persuasive	Permet de cibler une large population	Plus faible probabilité de changement comportemental
	Coût de réalisation plus faible	Plus faible persistance des comportements
Communication engageante	Plus forte probabilité de changement comportemental	Cible de population plus restreinte
	Plus forte persistance des comportements	Coût de réalisation plus élevé

c. Déclinaison selon les cas de figure

Du fait des avantages/inconvénients propres à chaque type de communication, il sera plus ou moins pertinent selon l'objectif de la collectivité de sélectionner l'une ou l'autre des stratégies. Le tableau ci-dessous, propose les choix de communication qui semblent les plus adaptés aux comportements visés.

Tableau 5 : choix de communication selon la situation de la collectivité

	Collectivité qui n'a jamais effectué d'action de promotion	Collectivité qui a déjà réalisé une action de promotion		
Et qui souhaite :	démarrer la promotion du compostage	augmenter le compostage	améliorer les pratiques	maintenir le compostage
Lancement du plan de communication	Communication persuasive	Communication engageante	Accompagnement au développement des compétences	Communication persuasive pour conforter dans la pratique Communication engageante pour faire revenir des personnes au compostage

Ainsi, pour une collectivité qui n'a pas entrepris d'action de promotion, une première étape sera de sensibiliser la population, et pour cela elle pourra avoir recours à une communication persuasive. Celle-ci permettra d'influencer positivement les attitudes des individus par rapport au compostage, et de toucher une large population.

En revanche, dès que la collectivité souhaite s'assurer d'une modification de comportement (adoption/ retour à cette pratique) il sera préférable qu'elle mobilise une démarche de communication engageante, permettant de s'adresser à la population concernée.

La stratégie de communication à adopter selon l'entrée choisie par la collectivité est spécifiée dans la fiche action avec les 4 situations correspondantes (cf. fiche méthodologique 3).

IMPLICATION ET COORDINATION DES ACTEURS

Cette dernière étape comprend essentiellement trois points importants :

- **il faut qu'il existe une continuité dans les actions entreprises, de l'élaboration du dispositif jusqu'au discours du technicien sur le terrain.** Dans un système d'interdépendance des acteurs, il est primordial qu'il existe une connaissance partagée et un cadre d'action commun. Si la collectivité fait appel à des prestataires externes, il faut construire et veiller à l'existence de ce cadre commun (au

niveau des représentations et du discours sur l'action) pour maximiser les chances d'atteindre l'objectif souhaité auprès des usagers.

- **il est nécessaire de former des maîtres composteurs** notamment à l'usage des techniques de communication persuasive et engageante.

- **il faut mettre en place et animer un réseau de relais terrain bénévoles** pour valoriser et étendre l'action sur le territoire.

Le guide PNSCD de l'ADEME (chapitre 6) présente de façon plus détaillée ces éléments.

ETAPE 3 : Accompagnement des ménages

I. Pourquoi est-ce important ?

La réussite d'une campagne de promotion ne s'arrête pas au bon développement d'une campagne de communication. Comme mentionné précédemment, l'utilisateur doit être accompagné afin de l'aider dans sa démarche, de renforcer son implication et de pérenniser sa pratique. En effet, l'adhésion au principe du compostage se renforce au fur et à mesure de l'engagement dans la pratique, sous réserve du déroulement positif de l'action.

II. Quelles sont les actions possibles ?

a. Aider l'utilisateur dans sa démarche par des guides et fiches adaptés à sa connaissance du compostage

Les résultats sur le modèle UTAUT dans le cadre du projet ECCOVAL (cf. fiche information 2) relèvent le caractère néfaste du sentiment de difficulté et d'effort pour l'engagement dans la pratique de compostage. Accompagner les utilisateurs en leur proposant des guides et fiches adaptés à leur niveau de connaissance est donc important pour faciliter l'appropriation de ce savoir-faire.

Une réflexion autour de la création d'une fiche pour les novices en habitat individuel a été entamée dans le cadre du projet ECCOVAL. Les éléments pour guider la collectivité dans ce travail se trouvent dans la fiche méthodologique 4.

b. Les visites de terrain menées par les techniciens "déchets"

Il existe différents types de visites : les visites de courtoisie ou de veille, d'enquête...et les visites d'intervention pour régler un problème signalé.

Ces visites ont des buts différents :

- des visites de courtoisie ou de veille pour s'assurer de la pratique effective du compostage, et le cas échéant de comprendre les raisons de l'abandon,
- des visites de terrain ou d'enquête pour interroger les personnes quant à leur pratique (la fréquence des apports, les types d'apports, etc.), les difficultés rencontrées, et proposer des solutions adaptées et individualisées. Concernant les types d'apport, ces visites peuvent être un moyen de contrôler si les indications délivrées ont été respectées ou le cas échéant de rappeler ces règles,
- des visites d'intervention pour améliorer la qualité du compost et au besoin de donner des conseils pour acquérir les bonnes pratiques.
- des visites d'intervention pour conforter les ménages dans la pratique (renforcements positifs) et remotiver les ménages qui ont abandonné,

L'organisation de visites de groupe peut permettre de maximiser l'engagement dans le comportement. Le fait qu'une personne accepte que soit organisée une visite chez elle en présence d'autres personnes (des pairs plus débutants ou expérimentés) joue sur le caractère public de l'acte et sur l'influence sociale qui impactent l'intention comportementale (élément qui se révèle important lors du test du modèle UTAUT).

c. La création d'espaces d'échanges

Des espaces d'échanges peuvent être créés au travers de la mise en place de blog, forum de discussion mais aussi par des animations de quartier...

L'intérêt est que l'interlocuteur n'est plus uniquement un « professionnel », mais des personnes de même « statut », rencontrant les mêmes difficultés. Le blog/forum permet de questionner anonymement d'autres usagers (évitant ainsi un jugement direct). Quant aux animations de stands de promotion du compostage, journées thématiques, conférences avec témoignages d'habitants praticiens, réunions de quartier, ce sont des moments de soutien et de discussions plus conviviales.

Les formations à différentes pratiques (seul, à plusieurs, lombricompostage, gestion des déchets verts), et de différents niveaux (débutant, perfectionnement) participent également activement à la création d'un espace d'échange sur les pratiques.

d. La diffusion d'information aux ménages : le numéro vert et les supports d'information réguliers

Le service d'information de la collectivité (type numéro vert), l'envoi de supports d'informations réguliers (plaquette, articles de journaux) sont autant de moyens permettant à l'utilisateur d'obtenir des informations sur le déroulement et l'impact de sa pratique sur la collectivité.

La communication doit cibler les informations utiles à fournir aux usagers selon leurs caractéristiques afin d'éviter notamment qu'elles ne deviennent répétitives. Ainsi, l'explication des bases du compostage ne sera plus nécessaire pour une personne s'étant engagée dans la démarche, mais il sera plus adapté de lui fournir des conseils pratiques, un calendrier de l'utilisation du compost, etc.

Présenter par quartier ou au niveau de la ville la quantité de déchets détournés des OMR, la création d'emploi, les espaces verts entretenus grâce au compost, permet à chaque usager de se sentir d'autant plus concerné, sa pratique n'impactant pas seulement son quotidien mais également la vie de la collectivité.

III. Déclinaison selon les cas de figure

Tableau 6 : suivi des pratiques selon de la situation de la collectivité

	Collectivité qui n'a jamais effectué d'action de promotion	Collectivité qui a déjà réalisé une action de promotion		
Et qui souhaite :	démarrer le compostage	augmenter le compostage	améliorer les pratiques	maintenir le compostage
Suivi des pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - Visite de veille chez les nouveaux adeptes du compostage identifiés lors de la signature de la chartre d'engagement pour évaluer l'apprentissage et le renforcer lors de la première année avec si nécessaire appropriation avec le ménage du guide et fiches distribués par la collectivité - Suivi terrain pour accompagner les ménages (proposer de participer à une formation ou d'aller visiter un site de compostage existant ou voir une démonstration de pratique chez un voisin) - Mise à disposition des documents techniques ciblés à la fin de la visite de démonstration ou de formation. - Envoi de tracts (ou publication d'articles dans les magazines locaux) pour valoriser la pratique en montrant son effet sur la vie de la collectivité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Visite d'intervention pour améliorer les pratiques et acquérir les bonnes pratiques (proposition de formation ou d'aller visiter un site de compostage existant pour montrer les bonnes pratiques sans pointer du doigt ce qui ne va pas). - Appropriation avec le ménage du guide et fiches distribués par la collectivité - Mise à disposition de documents techniques ciblés en lien avec la visite ou la formation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Visite d'intervention pour conforter les bonnes pratiques et remotiver les ménages qui ont abandonné (expliquer les règles essentielles du compostage, inciter à venir voir une démonstration de pratique chez un voisin) - Envoi de tracts (ou publication d'articles dans les magazines locaux) pour valoriser la pratique en montrant son effet sur la vie de la collectivité. 	

Ces démarches d'accompagnement sont donc tout aussi importantes que la communication mise en place pour amener les individus à débiter ou continuer le compostage, et nécessitent un engagement réel des personnes impliquées dans ces actions. Comme le précise l'ADEME, « *les actions de communication et d'accompagnement ne doivent pas être limitées dans le temps mais doivent être intégrées à la gestion du service déchets, comme une filière à part entière* ».

I. Pourquoi est-ce important ?

L'évaluation permet de mesurer l'efficacité de l'opération. Cependant, elle nécessite d'avoir correctement réalisé l'étape de diagnostic, afin de disposer des éléments de comparaison "avant/après". Elle permettra d'établir si les objectifs fixés au départ ont été réalisés, ou si certains ajustements doivent être apportés à la démarche de promotion engagée.

II. Quelle démarche utiliser?

Les indicateurs, fonction des objectifs, sont de type qualitatif et quantitatif : nombre de nouveaux praticiens, satisfaction des ménages, réduction des OMR, nombre d'appel au numéro vert, etc... En dehors des quantifications du flux de déchets et des éléments détournés, (quantité totale de déchets collectée ; pourcentage de déchets organiques, alimentaires et de jardin dans les déchets collectés...), l'évaluation va principalement se baser sur les techniques d'enquête par téléphone, courrier ou mail (cf. fiche méthodologique 1 : guide pour la réalisation d'enquêtes). Les indicateurs évalués sont ceux qui ont déjà été mesurés dans l'étape de diagnostic. La comparaison des valeurs permettra d'établir l'efficacité et le bilan de l'action menée.



Pour plus d'efficacité, il faut prévoir plusieurs temps de mesure dans l'évaluation et les espacer suffisamment pour mesurer les effets.

Lors de cette étape, des évaluations concernant aussi bien la pratique de compostage des usagers, que la formation proposée par la collectivité (guides – composteurs) pourront être réalisées.

a. Evaluation de la pratique lors des visites de terrain en pied d'immeuble et en habitat individuel

Moments propices à l'évaluation de la satisfaction, de la motivation et des difficultés des usagers, les visites de terrain peuvent être envisagées de la manière suivante en pied d'immeuble ¹²:

- dès l'inauguration du composteur, on réalise une mesure à temps 0. Cette mesure servira de base et permettra de voir l'évolution des pratiques, motivations et attitudes des usagers à l'égard du compostage, tout au long de leur adoption de ce comportement.

¹² si la collectivité désire respecter l'anonymat des personnes interrogées, elle peut mettre en place un système de code permettant de retrouver chaque personne sur les différents temps de mesures.

- lors d'une visite intermédiaire, ces mesures pourront être répétées, afin de voir si l'entrée dans la pratique confirme les attentes des usagers ou si à l'inverse elle est source d'inquiétude et de difficultés. On pourra par exemple demander l'évaluation perçue (la satisfaction) des individus sur la qualité de leur compost.

S'il est constaté des difficultés, les maîtres composteurs ou les guides composteurs pourront apporter leur aide, pour amener l'utilisateur à réguler son activité et trouver les solutions adaptées.

- lors de la visite de fin d'accompagnement, une dernière évaluation pourra être mise en place, afin de voir si à terme les foyers sont satisfaits de leur pratique et si celle-ci est réellement effective.

Pour évaluer la pratique en habitat individuel, il est possible de proposer lors de la phase d'enquête, des visites ultérieures ou de poser quelques questions au moment du passage de l'ambassadeur du tri. Pareillement, les personnes qui ont signé la charte d'engagement, sont identifiées ce qui devrait faciliter l'accompagnement des nouveaux adeptes.

b. Evaluation des actions de formation

Afin de s'assurer que les réponses apportées aux usagers sont adéquates, il est possible d'évaluer la formation dispensée aux individus. Une fiche action (cf. fiche méthodologique 5) présente le modèle de Kirkpatrick qui permet d'évaluer, en 4 temps, l'efficacité du dispositif de formation. L'intérêt de ce modèle est de permettre une évaluation complète questionnant aussi bien le ressenti de l'individu quant à la qualité de la formation suivie, que l'impact de la formation dans l'activité quotidienne de compostage de l'individu.

III. Déclinaison selon les cas de figure

Tableau 7 : Evaluation du dispositif selon la situation de la collectivité

	Collectivité qui n'a jamais effectué d'action de promotion	Collectivité qui a déjà réalisé une action de promotion		
Et qui souhaite	Démarrer le compostage	Augmenter le compostage	Améliorer les pratiques	Maintenir le compostage
Evaluation	<p>Nombre de personnes qui s'engagent dans la pratique (nombre de contacts établis, de ménages formés, de composteurs attribués...)</p> <p>Enquêtes pour mesurer l'impact des actions de communication sur les attitudes (enquête, cf. fiche méthodologique 1)</p> <p>Visites terrain pour connaître la satisfaction et la motivation des ménages, des difficultés ressenties, de la qualité du compost...)</p> <p>Evaluation des formations d'initiation à la pratique selon le modèle de Kirkpatrick (fiche méthodologique 5)</p>	<p>Diminution du nombre d'appel téléphonique ou de demande de rendez-vous</p> <p>Visites terrain pour évaluer l'amélioration ou non des pratiques après l'intervention de la collectivité, pour mesurer l'évolution de la satisfaction et de la motivation, pour identifier les adaptations nécessaires.</p> <p>Evaluation des formations de perfectionnement selon le modèle de Kirkpatrick (fiche méthodologique 5)</p>	<p>Nombre de ménages qui s'engagent de nouveau dans la pratique</p> <p>Visites terrain pour mesurer de l'évolution de la motivation des ménages, la satisfaction à pratiquer l'activité, les freins qui pourraient demeurer et les adaptations nécessaires pour lever ces freins</p> <p>Evaluation des formations selon le modèle de Kirkpatrick (fiche méthodologique 5)</p>	

Selon les résultats obtenus lors de ces évaluations, de nouvelles actions pourront être mises en place, soit pour remédier à certaines difficultés rencontrées, soit pour étendre l'opération à une nouvelle population, un nouveau territoire, etc.

Synthèse

La promotion du compostage domestique est issue d'un besoin sociétal de valoriser les déchets afin de diminuer les coûts importants de transport et de traitement. Cette pratique repose sur l'engagement actif des personnes pour gérer de manière autonome leurs bio-déchets. De ce fait, il est important de tenir compte des facteurs psychosociologiques qui interviennent dans ce processus. C'est dans cet esprit que ce guide vise à apporter des clés de compréhension et d'action aux collectivités basées sur les apports de la psychologie sociale. Les enquêtes menées durant le projet ECCOVAL ont contribué à l'éclairage de la réalité du compostage domestique à partir des concepts et modèles psychologiques (représentations sociales, modèle UTAUT...) et du suivi de la pratique d'un échantillon de ménages. De ces nouvelles données, couplées aux éléments pré existants du guide de l'ADEME, différentes étapes, avec au sein de celles-ci des points d'attention (⚠) et des idées (💡), ont été retenues pour mener à bien une action de promotion du compostage à l'échelle d'une collectivité :

1/ Le diagnostic

Cette étape est importante car elle permettra de fixer des objectifs adaptés et d'élaborer des indicateurs d'évaluation pour établir en fin de projet les effets de l'action.

Mode opératoire

- Définir des indicateurs quantitatifs et qualitatifs selon la situation de la collectivité (cf. tableau 8)
- Elaborer les méthodes de recueil et collecter les informations recherchées. Pour la réalisation d'enquête, suivre la démarche présentée dans la fiche méthodologique 1.



Poser la démarche d'analyse des données simultanément à la construction de l'enquête.

2/ La définition des objectifs

La collectivité doit se fixer des objectifs quantitatifs et qualitatifs mesurables.

Mode opératoire

- Définir des objectifs quantitatifs et qualitatifs en fonction la situation de la collectivité (cf. tableau 8)
- Réaliser un rétro-planing (cf. chapitre 6 du guide ADEME)
- Déterminer un budget (cf. chapitre 6 du guide ADEME)

3/ La préparation et le lancement de l'opération :

Plusieurs types de préparatifs sont nécessaires pour optimiser les chances de réussir l'action de promotion.

Mode opératoire

- Etablir les choix techniques



Les caractéristiques des bacs (matériaux...) et les modalités de distribution (vente du composteur, signature d'une charte) impactent les perceptions et l'engagement des ménages.

- Préparer et lancer une stratégie de communication en utilisant de la communication persuasive ou engageante



La communication persuasive et la communication engageante n'ont pas les mêmes avantages et inconvénients. Le dispositif de communication à créer dépendra de la situation et des moyens financiers de la collectivité (tableau 8)



Selon l'étude ECCOVAL, l'influence sociale et les efforts perçus sont deux facteurs impactant fortement l'intention de composter. Il est donc pertinent de construire un dispositif de communication intégrant ces deux facteurs.



Prévoir une communication pour consolider les pratiques existantes (tas, nourrissage animal, paillage..)

- Impliquer et coordonner les acteurs



Il faut s'assurer qu'il existe un cadre de compréhension commun (au sein de la collectivité et avec les prestataires externes) pour que le message qui parvient aux utilisateurs soit cohérent et corresponde à celui qui a été pensé à l'origine.

4/ Le suivi de l'action :

L'utilisateur doit être accompagné dans les premiers temps afin de renforcer son implication et de pérenniser sa pratique.

Mode opératoire

- Concevoir et distribuer des guides et fiches adaptés à la pratique et aux connaissances de l'utilisateur pour faciliter le compostage.

- Réaliser des visites de terrain : permet d'interroger le particulier sur sa pratique, de lever les difficultés et de préconiser des solutions mieux adaptées à son environnement.



Des visites collectives peuvent favoriser l'implication dans la pratique du fait du caractère public et de l'influence sociale qui interviennent.

- Création d'espaces d'échanges au travers de blogs, d'animations de stands, de conférences avec des témoignages d'habitants, de formations...



En impliquant des volontaires, l'échange de particuliers à particuliers peut permettre d'optimiser l'effet d'un message positif sur le compostage et d'un engagement dans cette pratique.

- Diffusion d'informations régulières aux ménages :



les retours d'information sur l'impact positif de la pratique des personnes sur la vie du quartier ou de la collectivité (par le biais de tracts par exemple) participent au renforcement du comportement.

Selon la situation de la collectivité, différents types de suivi peuvent être préconisés (cf. tableau 8)

5/ Evaluation et extension de l'opération

Cette étape permet de mesurer l'efficacité de l'action.

Mode opératoire

- Mesurer de nouveaux les indicateurs objectifs et subjectifs de l'étape de diagnostic en fonction de la situation de la collectivité (cf. tableau 8).



Profiter des visites de terrain pour mesurer à plusieurs temps la satisfaction, les motivations et les difficultés des individus

- Mesurer l'efficacité des formations réalisées en élaborant une évaluation selon le modèle de Kirkpatrick (cf. fiche méthodologique 5)

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque étape, les quatre cas possibles pour une collectivité qui ont été développés dans ce guide. Il permet à chacun de choisir l'entrée voulue dans la grille.

Tableau 8 : récapitulatif des actions à réaliser selon la situation d'une collectivité

	Collectivité qui n'a jamais effectué d'action de promotion	Collectivité qui a déjà réalisé une action de promotion		
Et qui souhaite :	démarrer le compostage	augmenter le compostage	améliorer les pratiques	maintenir le compostage
Réalisation d'un diagnostic	<ul style="list-style-type: none"> - nombre et typologie des foyers susceptibles de composter. - flux de déchets - recherche des partenaires mobilisables - étude des connaissances et de la représentation a priori des ménages sur le compostage 	<ul style="list-style-type: none"> - nombre de foyers ne compostant pas - caractéristiques de ces foyers - évaluation des facteurs psychologiques qui impactent l'intention de composter 	<ul style="list-style-type: none"> - connaissance et évaluation des pratiques existantes - ciblage des besoins d'accompagnement 	<ul style="list-style-type: none"> - identifier les personnes qui ont abandonné la pratique - déterminer les freins qui ont poussé à l'abandon de la pratique
Définition des objectifs quantitatifs	<ul style="list-style-type: none"> - atteindre un % de compostage déterminé. - diminuer les tonnages collectés par la collectivité 	<ul style="list-style-type: none"> - augmenter le taux de participation à la gestion domestique des bio déchets - diminuer les tonnages collectés par la collectivité 	<ul style="list-style-type: none"> - augmenter le taux de participation à la gestion domestique des bio déchets - augmenter les quantités compostées 	<ul style="list-style-type: none"> - maintenir le taux de participation à la gestion domestique des bio déchets - maintenir les quantités compostées
Définition des objectifs qualitatifs	<ul style="list-style-type: none"> - présenter les différentes solutions de gestion domestique aux ménages 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en avant certaines pratiques - toucher un territoire défini 	<ul style="list-style-type: none"> - atteindre la population concernée - augmenter la satisfaction des 	<ul style="list-style-type: none"> - atteindre la population concernée - augmenter la

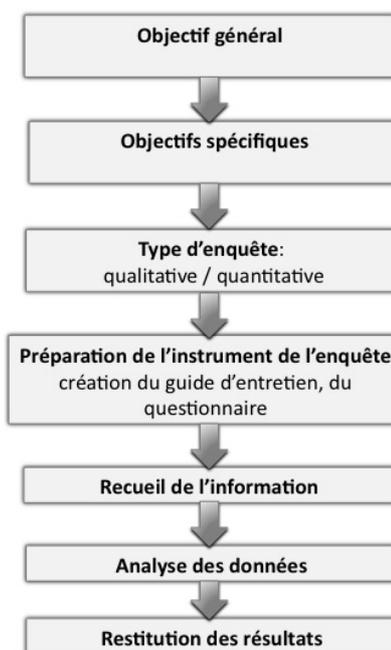
		- atteindre la population ciblée	ménages	satisfaction des ménages
Enjeu de l'action	- Informé sur le compostage : sensibiliser la population la plus large à cette pratique.	- Démarrer la pratique : motiver les personnes qui ne pratiquent pas encore à se lancer dans la pratique	- Accompagner les ménages pour prévenir une mauvaise pratique qui pourraient engendrer des abandons	- Prévenir la lassitude et remotiver les personnes : amener les individus à reprendre une pratique abandonnée (car déception, désintérêt, efforts jugés trop important)
Lancement du plan de communication	Communication persuasive	Communication engageante	Accompagnement au développement des compétences	Communication persuasive pour conforter dans la pratique Communication engageante pour faire revenir des personnes au compostage
Suivi des pratiques	<p>- Visite de veille chez les nouveaux adeptes du compostage identifiés lors de la signature de la chartre d'engagement pour évaluer l'apprentissage et le renforcer lors de la première année avec si nécessaire appropriation avec le ménage du guide et fiches distribués par la collectivité</p> <p>- Suivi terrain pour accompagner les ménages (proposer de participer à une formation ou d'aller visiter un site de compostage existant ou voir une démonstration de pratique chez un voisin)</p> <p>- Mise à disposition des documents techniques ciblés à la fin de la visite de démonstration ou de formation.</p> <p>- Envoi de tracts (ou publication d'articles dans les magazines locaux) pour valoriser la pratique en montrant son effet sur la vie de la collectivité.</p>		<p>- Visite d'intervention pour améliorer les pratiques et acquérir les bonnes pratiques (proposition de formation ou d'aller visiter un site de compostage existant pour montrer les bonnes pratiques sans pointer du doigt ce qui ne va pas).</p> <p>- Appropriation avec le ménage du guide et fiches distribués par la collectivité</p> <p>- Mise à disposition de documents techniques ciblés en lien avec la visite ou la formation.</p>	<p>- Visite d'intervention pour conforter les bonnes pratiques et remotiver les ménages qui ont abandonné (expliquer les règles essentielles du compostage, inciter à venir voir une démonstration de pratique chez un voisin)</p> <p>- Envoi de tracts (ou publication d'articles dans les magazines locaux) pour valoriser la pratique en montrant son effet sur la vie de la collectivité.</p>

<p style="text-align: center;">Evaluation</p>	<p>Nombre de personnes qui s'engagent dans la pratique (nombre de contacts établis, de ménages formés, de composteurs attribués...)</p> <p>Enquêtes pour mesurer l'impact des actions de communication sur les attitudes (enquête, cf. fiche méthodologique 1)</p> <p>Visites terrain pour connaître la satisfaction et la motivation des ménages, des difficultés ressenties, de la qualité du compost...)</p> <p>Evaluation des formations d'initiation à la pratique selon le modèle de Kirkpatrick (fiche méthodologique 5)</p>	<p>Diminution du nombre d'appel téléphonique ou de demande de rendez-vous</p> <p>Visites terrain pour évaluer l'amélioration ou non des pratiques après l'intervention de la collectivité, pour mesurer l'évolution de la satisfaction et de la motivation, pour identifier les adaptations nécessaires.</p> <p>Evaluation des formations de perfectionnement selon le modèle de Kirkpatrick (fiche méthodologique 5)</p>	<p>Nombre de ménages qui s'engagent de nouveau dans la pratique</p> <p>Visites terrain pour mesurer de l'évolution de la motivation des ménages, la satisfaction à pratiquer l'activité, les freins qui pourraient demeurer et les adaptations nécessaires pour lever ces freins</p> <p>Evaluation des formations selon le modèle de Kirkpatrick (fiche méthodologique 5)</p>
--	---	---	---

Guide pour la réalisation d'enquêtes

Ce document est un outil pour guider les collectivités dans la réalisation d'enquêtes de terrain. Les différentes étapes à réaliser jusqu'à l'analyse des données (cf. rétro planning ci-dessous) y sont détaillées pour permettre la conception d'enquêtes (questionnaires, entretiens...) répondant aux objectifs visés par la collectivité.

RETRO PLANNING DE LA CONCEPTION D'UNE ENQUETE



PARTIE 1 : LA CONSTRUCTION DE L'OBJET D'ETUDE

Lors de l'élaboration d'une enquête, la première étape consiste à faire une analyse bibliographique, c'est à dire consulter ce qui a été écrit sur cette thématique, afin d'évaluer ce qui a été démontré, et ce qui interroge encore. Cette première étape va permettre de préciser les objectifs, selon l'état actuel des connaissances. Ainsi, si l'objectif que l'on s'était donné au départ a déjà été largement traité, il conviendra d'affiner l'objet d'étude afin de répondre à un questionnement encore existant.

1. Préciser les objectifs

L'enquête est sous tendue par un ou plusieurs objectifs généraux mais ceux-ci ne comportent pas de critères d'évaluation et ne définissent pas de comportements observables. Par exemple, un objectif général peut être de chercher à comprendre ce qui poussent ou freinent les individus à composter. Cet objectif n'est pas directement évaluable, il est donc nécessaire de le décomposer en objectifs spécifiques. On cherche donc à extraire, d'un objectif général, des objectifs spécifiques, qui eux feront l'objet d'une évaluation, comme par exemple identifier les freins au compostage.

2. Formuler les hypothèses

Les questions de recherche d'une enquête peuvent être énoncées sous forme d'hypothèses, c'est-à-dire de prédiction des résultats attendus. Le plus souvent les hypothèses d'enquête se présentent sous forme d'anticipation d'une relation entre deux éléments.

Une hypothèse :

- doit se référer à des notions mesurables. Ainsi les différents concepts d'intérêt doivent être définis de manière mesurable, autrement dit au travers d'indicateurs.
- doit être plausible. Elle doit ainsi être soutenue par une théorie (par exemple psychologique) ou bien correspondre à des observations tirées d'autres études (par exemple issues de l'état de l'art ECCOVAL)
- n'est pas une certitude. Si on découvre de nouvelles informations sur le sujet, elle peut être remise en cause et modifiée (notamment après la pré enquête, ou lors du travail documentaire). De plus, à la fin de l'enquête, elle peut être infirmée.

3. Définir les contenus : indicateurs, catégories

Comme mentionné précédemment, une hypothèse porte sur des notions mesurables, grâce à plusieurs indicateurs observables, mesurables. Ainsi, un indicateur est une variable descriptive d'une situation, qui permet la mesure d'un élément. Il se construit en fonction des objectifs à atteindre. Il doit donc être sélectionné de manière pertinente, être fiable, valide, spécifique à la situation évaluée, et assez sensible. Il faut toujours être vigilant à ce que les indicateurs retenus permettent réellement de rendre compte du concept qu'ils sont censés représenter.

4. Mener une pré enquête

Avant de se lancer dans la réalisation du questionnaire, il convient de réaliser une pré enquête.

Celle-ci permet de délimiter le champ de la recherche, d'identifier son terrain ou sa population, d'affiner les hypothèses, de définir le contenu des notions, de choisir sa population d'enquête, etc...

De plus, après avoir construit le questionnaire, elle permet également de le tester, d'évaluer s'il est compréhensible, et de le retravailler le cas échéant, en se basant sur les commentaires des personnes l'ayant pré testé. Cette étape est donc primordiale, et permettra de s'assurer de la validité de l'enquête.

PARTIE 2 : CHOIX DE LA POPULATION INTERROGEE

Il est à noter que certains sites permettent de réaliser un échantillonnage online.

Méthode d'échantillonnage	Objectif	Type
Echantillons représentatifs	Les résultats de l'enquête doivent être applicables et généralisables à un cadre plus large que celui des personnes interrogées, <i>i.e.</i> à la population parente. <u>Pré requis :</u> Tous les membres de la population parente doivent avoir la même probabilité de faire partie de l'échantillon	- L'échantillon "aléatoire" = tirage simple au hasard : Sélectionner au hasard, dans une base de sondage, les n éléments à interroger qui vont composer l'échantillon - L'échantillonnage par grappes: Sélectionner au hasard, dans une base de sondage, des <i>GRAPPES</i> d'éléments (groupes d'individus) à interroger qui vont composer l'échantillon - L'échantillon stratifié (l'échantillonnage par strates) : Division de la population en strates (<i>i.e.</i> groupes d'âge, ethnies,..), puis sélection aléatoire d'un sous-échantillon de grandeur équivalente pour chaque strate.

<p>Echantillons par quotas ou échantillonnage proportionnel</p>	<p>Obtenir une représentativité suffisante de la population parente lorsqu'on ne dispose pas de base de sondage.</p> <p><u>Pré requis :</u></p> <p>Reproduire, dans l'échantillon, les distributions de variables telles qu'elles existent dans la population</p> <p>= L'échantillon aura une structure identique à celle de la population parente pour une ou pour plusieurs variables</p> <p>= Échantillonnage stratifié dont les sous échantillons sont de grandeur proportionnelle à l'importance numérique de chaque strate dans la population d'origine.</p>	<p>Comment calculer le quota :</p> <p><i>(Population parente de la catégorie X Taille de l'Echantillon) / Population parente</i></p> <p><i>Admettons que j'enquête sur 420 individus (échantillon), que ma population parente soit composée de 42000 ind. avec 27000 Femmes et 15000 hommes</i></p> <p><i>Mon échantillon sera composé de : $27000 \times 420/42000 = 270$ femmes</i></p> <p>► Comment définir les quotas ? par rapport à quelles variables ?</p> <p>En général, ces quotas sont définis en fonction de <u>caractéristiques simples</u>, genre âge, sexe, CSP ...</p>
<p>Echantillons non représentatifs</p>	<p>Permet par exemple d'étudier l'influence de certaines variables sur d'autres ou conduire des enquêtes auprès de population mal connues.</p> <p>Ils ne permettent pas la généralisation des résultats obtenus au sein de l'échantillon sur l'ensemble de la population parente</p>	<p>- L'échantillonnage sur place : Lorsque la seule information disponible sur une <u>population spécifique</u> est que les personnes recherchées se rencontrent dans <u>certains endroits particuliers</u>. Se rendre sur les lieux et procéder à un tirage au sort parmi les personnes présentes</p>

PARTIE 3: PRESENTATION DES DIFFERENTS TYPES D'ENTRETIEN

On interroge directement le/les individu(s), en contraignant le moins possible leurs possibilités de réponses (question ouverte, encouragements à se confier...). On cherche à obtenir l'opinion de l'individu sur le sujet d'intérêt. Ce type d'enquête permet d'obtenir et de vérifier des informations en direct, permet l'implication des interlocuteurs et favorise l'émergence d'idées. Cependant, il génère une charge de travail importante et nécessite d'être complété par d'autres informations.

L'enquête par entretien peut être utilisée à plusieurs fins :

- explorer et préparer une enquête par questionnaire;
- analyser un problème et constituer la source d'informations principale;
- compléter une enquête notamment au vu des résultats obtenus préalablement par des questionnaires ou par des sources documentaires.

Il existe trois types d'entretien, différant quant au cadre imposé par l'enquêteur, que l'on choisira selon ses objectifs.

Type d' entretien ¹³	Descriptif	Objectif
Non directif	La question de départ sera ouverte, générale, et surtout neutre. On suit la logique propre de l'enquêté. L'intérêt est de pouvoir aborder de nouveaux thèmes. ⇒ intérêt de la méthode d'associations libres...	Définir, préciser une recherche (qualitatif) → Exploration, approfondissement

¹³ peuvent être réalisés individuellement ou collectivement

Semi directif	<p>entretien intermédiaire: on recadre la personne interrogée. On pose des questions à l'enquêté, mais tout en lui laissant l'initiative. Les questions ne sont pas forcément posées dans l'ordre.</p> <p>Les sous thèmes : les informations pertinentes sur l'objet ont été rassemblées dans des catégories qui ont permis de créer des thèmes à aborder.</p> <p>⇒ Pour chaque thème à aborder, une question inductrice</p>	<p>Compléter des résultats (qualitatif)</p> <p>→ Exploration, approfondissement, vérification</p>
Directif	<p>Ce type d'entretien laisse moins d'initiatives à l'enquêté. Les questions sont directes, standardisées et abordées dans l'ordre.</p> <p>Un certain nombre de thèmes sont obligatoires (3, 6, 12...).</p> <p>On utilise alors un guide d'entretien, plus ou moins détaillé et qui peut être construit en arbre (avec rubriques et sous rubriques)</p>	<p>Approfondir un thème connu (quantitatif)</p> <p>→ vérification, contrôle.</p>

Dans l'enquête ECCOVAL, nous avons réalisé une première phase, basée sur des entretiens individuels, dans le but d'obtenir des informations concernant la représentation et les attitudes que possèdent les gens concernant le compostage.

Pour cette première étape, nous avons utilisé deux méthodes pour accéder à l'idée / la conception que se font les gens du compostage :

- nous avons réalisé un entretien non directif, en utilisant la méthode d'association libre. Il était demandé aux personnes d'indiquer le plus spontanément possible tout ce qui leur venait à l'esprit lorsqu'on leur disait « compostage ». Cette méthode permet de voir si un concept (ici le compostage) est plus souvent associé à certains autres concepts (par exemple, est ce que les gens associent directement compostage à environnement, écologie, déchets, mouches, etc...)

- dans un second temps, nous avons réalisé un entretien semi-directif. Certaines questions étaient évoquées avec eux, et nous leur laissions par la suite la possibilité de s'exprimer librement à ce sujet. Deux grands thèmes ont été abordés lors de cette phase : leurs attitudes envers le compostage et leurs attitudes envers l'écologie.

Cette première phase permet donc de recueillir les représentations qu'ont les individus d'un concept tel que le compostage. C'est une partie essentielle qui permet d'orienter le questionnaire sur les éléments auxquels rattachent intuitivement les gens à la notion interrogée.

Ainsi, pour ECCOVAL, les personnes interrogées ont évoqué spontanément des éléments pouvant être définis comme de la performance attendue¹⁴ (e.g., ça réduit les déchets ménagers »), de l'effort attendu¹⁵ (« j'ai pas le temps »), ou de l'influence sociale¹⁶ (« on voudrait bien le faire car ma belle sœur a un composteur »).

¹⁴ degré avec lequel un individu croit que l'utilisation d'un composteur peut l'aider à atteindre un bénéfice (ex. réduction des OMR)

¹⁵ degré de facilité associé à la pratique du compostage

¹⁶ degré avec lequel un individu perçoit que les personnes importantes pour lui pensent qu'il devrait pratiquer le compostage

PARTIE 4 : DIFFERENCE ENTRE ENTRETIEN ET QUESTIONNAIRE

	Entretien	Questionnaire
Type d'approche	Approche qualitative	Approche quantitative
Echantillonnage	Peu de personnes interrogées	Grand nombre d'individus
Avantages	Permet de récolter des informations nuancées	Permet de faire des comparaisons, établir des fréquences mesurer des variables et analyser des facteurs sociaux.
Inconvénients	Très couteux en temps	Moins fiable dans les réponses

PARTIE 5 : L'ENTRETIEN

1. Aide à la construction d'un guide d'entretien

Après avoir sélectionné le type d'entretien, il convient de concevoir le guide d'entretien. Ce guide récapitule tous les thèmes, les questions à aborder avec les interviewés. Sa préparation dépend évidemment de la nature de l'entretien. Dans le cas de l'entretien non directif, il se limitera à une question générale et ouverte pour amorcer la discussion. Dans les autres cas, il conviendra d'élaborer un guide plus complet, comprenant les différents thèmes (et questions sous jacentes) à aborder. Il se différencie du questionnaire dans la mesure où il structure l'interrogation mais ne dirige pas le discours.

Une grille d'entretien comprend généralement deux parties : une consigne initiale, suivies de thèmes à aborder. La consigne initiale permet de présenter le thème abordé, et le déroulement attendu de l'entretien. Elle permet de créer un climat d'échange.

Le guide reprend ensuite les différents domaines de questionnement avec quelques questions clés qui vont guider l'échange. Ces questions doivent être cohérentes et pertinentes avec l'objet de recherche défini, et doivent être directement compréhensibles. Elles sont ouvertes, et ne doivent pas traduire l'opinion de l'interviewer. Elles ne doivent pas non plus suggérer les réponses.

Toutes les questions ne seront pas forcément posées, certaines ayant pu déjà être abordées au fil du discours par l'utilisateur. Ainsi le contenu de la grille peut être adapté, approfondi au fil des entretiens.

2. Les différentes relances

Les relances sont très importantes lors d'un entretien. Elles permettent de dynamiser l'échange, de guider le discours et d'obtenir un maximum d'information.

Elles se basent toujours sur les dires de l'interviewé. Elles doivent être cadrées et pertinentes, car elles peuvent être susceptibles d'entraîner des modifications de l'opinion de l'interviewé, notamment si elles expriment l'opinion de l'interviewer.

Les relances peuvent être de différents types. Chaque catégorie de relance pourra être utilisée lors d'un même entretien, à différents moments, afin de dynamiser l'échange et de permettre à l'interviewer de s'assurer d'avoir récolté l'opinion réelle de l'interviewé :

- Reformulation, clarification ou résumé de contenu : elle nécessite certaines précautions, car il ne faut pas risquer de reformuler ou synthétiser les propos de l'interviewé d'une façon qui ne traduirait pas sa pensée, et qui pourrait montrer un manque d'écoute ou d'intérêt de la part de l'interviewer
- Écho ou miroir (répéter un mot, un groupe de mots ou une phrase)
- Interprétation (reformuler en allant au-delà de la pensée de l'interviewé) : cette technique revient à exprimer une attitude de l'interviewé non explicitée.
- Reflet (c'est expliciter une attitude, une émotion, des sentiments non dit mais largement suscités par le propos)
- Recentrage (revenir sur la question de départ pour limiter les digressions). On peut ainsi répéter le thème, ce qui permet de recentrer le discours. Cependant cela ne doit pas laisser sous-entendre que l'interviewé est hors-sujet, au risque de le « fermer »
- Demandes neutres d'informations complémentaires (invitation à donner des précisions pour décrire une situation : « pourriez-vous m'en dire plus..., » « qu'est-ce que vous entendez par là ? »)
- Demandes d'éclaircissement (tactiques d'incompréhension volontaire)
- Marques d'écoutes (manifester son intérêt et son écoute : je vois, je comprends, oui, hum, hochement de tête, mimique. Celles-ci encouragent la poursuite de l'entretien, elles confirment l'écoute
- Utiliser les silences : cela permet à l'interviewé de réfléchir, de restructurer sa pensée. En revanche, si ces silences durent trop longtemps, l'interviewer doit relancer la discussion

3. Comment terminer un entretien

C'est l'interviewé qui décide de terminer l'entretien, et non l'interviewer. Cependant, ce dernier peut mesurer l'avancée de l'entretien, notamment s'il remarque une certaine redondance dans les

propos de l'interviewé. Afin de s'assurer que l'interviewé a réellement pu exprimer l'ensemble de ses idées, l'interviewer lui demandera toujours s'il ne voit rien à ajouter. Enfin, l'entretien se clôture en discutant avec l'interviewé du vécu de l'entretien.

4. Analyse des entretiens par analyse de contenus thématiques

Avant d'analyser les entretiens, il convient de s'assurer d'avoir correctement retranscrit l'ensemble des entretiens par écrit, sans omission. On passe donc d'un contenu verbal recueilli oralement à un support écrit. Une fois cette première étape réalisée, on va pouvoir analyser l'ensemble du contenu. L'analyse de contenu est « une technique de recherche pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste des communications, ayant pour but de les interpréter » (Berelson 1952).

Cette analyse nécessite l'élaboration d'un cadre de référence auquel on confronte le contenu du texte. Ce cadre peut être établi à priori et se fonder sur des modèles généraux ou au contraire être progressivement construit en cours de lecture et d'analyse.

L'analyse thématique de contenu cherche à mettre en évidence les opinions ou les représentations des personnes qui ont tenu les propos transcrits dans le texte. Elle permet de déterminer les thèmes développés dans le discours. Le but de cette analyse est de repérer les unités sémantiques qui constituent l'univers du discours. L'analyse thématique catégorielle consiste à calculer et à comparer les fréquences de certains éléments (le plus souvent les thèmes évoqués) et à les regrouper en catégories significatives. Ce type d'analyse suppose que plus une idée a une fréquence d'apparition élevée, plus elle est importante.

Plusieurs étapes sont nécessaires à la réalisation cette analyse :

- Découper l'entretien en unité d'analyse : le plus simple est de rechercher les thèmes récurrents. Plusieurs lectures peuvent être nécessaires afin de ne pas omettre certains éléments
- Catégoriser les unités d'analyse : l'ensemble des unités d'analyse peut être regroupé sous différentes catégories. Ainsi, si plusieurs éléments font référence à une même idée (par exemple la contrainte temporelle associée au compostage), ils seront regroupés dans une même catégorie
- Nommer les catégories
- Fréquence de chacune des catégories : une fois les catégories définies et nommer, il est dès lors possible de calculer la fréquence d'apparition de chacune des catégories, et d'évaluer quelle catégorie semble ressortir le plus des discours.

PARTIE 6: LA CONSTRUCTION D'UN QUESTIONNAIRE

1. la conception du questionnaire

a) la rédaction des questions:

Plusieurs formats de questions existent, chacune visant à répondre à un objectif. Ainsi le questionnaire peut comprendre des questions fermées (« avez vous l'intention de composter ? oui – non »), des questions ouvertes (« Temps estimé que nécessite l'activité de compostage par semaine : ___) ou des questions de type auto positionnement sur une échelle d'opinion

Présentation des différents formats (les plus courants) de questions

Type de question	Descriptif	Avantages	Inconvénient
Question fermée	Modèle le plus simple de question qui a pour caractéristique de fixer à l'avance les réponses. question à choix binaire : « <i>Pratiquez-vous le compostage avant cette campagne?</i> » <i>OUI</i> <input type="checkbox"/> <i>NON</i> <input type="checkbox"/> question "cafétéria" : à choix multiple (l'enquêté choisit parmi plusieurs réponses, celles qui conviennent le mieux à	- facile à réaliser - permet de repérer et classer rapidement les réponses et les répondants - Permet une réponse facile	- ne marche que pour obtenir des caractéristiques objectives ou des données facilement avouables → risque de désirabilité sociale (<i>biais qui consiste à vouloir se présenter sous un jour favorable à son interlocuteur</i>)

	<p>son opinion) <i>« Si vous déposez vos déchets verts à la déchetterie, combien de fois y allez-vous par an? »</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> tous les jours <input type="checkbox"/> au moins 3 jours par semaine <input type="checkbox"/> tous les week-ends <input type="checkbox"/> quelques fois par mois <input type="checkbox"/> plus rarement <input type="checkbox"/> jamais ou pratiquement jamais <p>Pour éviter l'aspect négatif d'une question fermée (réponse binaire), il est possible de proposer une question comportant une échelle d'opinion, où la réponse pourra être plus nuancée.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - contraint l'individu à faire un choix - risque de lassitude, si trop grand nombre de questions : les personnes finiront par répondre au hasard - risque de 2 biais : influence des premières questions posées: On adhère fortement aux premiers items présentés. effet des dernières questions posées: On choisit préférentiellement les derniers items.
<p>L'auto position - nement sur une échelle d'opinion</p>	<p>situer sur une échelle graduée son opinion à une question <i>« Le compostage est une activité nécessitant beaucoup de temps »</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> pas du tout d'accord <input type="checkbox"/> plutôt pas d'accord <input type="checkbox"/> plutôt d'accord <input type="checkbox"/> tout à fait d'accord 	<ul style="list-style-type: none"> - permet à l'individu de nuancer sa réponse - facile à construire et à traiter 	<ul style="list-style-type: none"> - les réponses extrêmes sont rarement choisies, la tendance est de rester dans la moyenne. → d'où intérêt de choisir des échelles en 7 ou 9 points plutôt que 3 (peu discriminantes).

<p>Question ouverte</p>	<p>elle ne prévoit pas les réponses et laisse à l'individu la liberté complète de s'exprimer comme il le veut <i>« pensez vous que le fait de composter ses déchets participe à une démarche éco-citoyenne? »</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - permet d'aborder n'importe quel sujet - ne contraint pas l'individu à donner une réponse forcée - implique plus fortement l'individu - permet de mettre en évidence des réponses auxquelles on aurait pas pensé à priori 	<ul style="list-style-type: none"> - nécessite un investissement plus important de la part de l'interviewé. D'où risque qu'il ne réponde pas. - très délicates à formuler, et difficiles à dépouiller → Nécessite une analyse de contenu
<p>Question en éventail</p>	<p>On propose la liste des réponses possibles ou « éventail de réponses ». La liste des items doit donc être complète et appropriée.</p> <p><i>« qu'est ce qui caractérise, d'après vous, un écologiste »</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'attachement à la planète <input type="checkbox"/> L'engagement dans un parti de gauche <input type="checkbox"/> L'importance attachée au tri sélectif <input type="checkbox"/> L'intérêt porté au développement durable <input type="checkbox"/> Se mobiliser dans les manifestations écologiques <input type="checkbox"/> Autres (à préciser) : <p>- Choix unique :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - facilitent la tâche de la personne interviewée, de l'enquêteur et du dépouillement 	<ul style="list-style-type: none"> - peuvent suggérer aux personnes interviewées des réponses auxquelles elles n'auraient pas pensées. - peuvent également ne pas donner à l'interviewé la possibilité d'exprimer fidèlement son opinion. → d'où importance de la catégorie « autre », mais qui est difficile à dépouiller (analyse de contenu)

	<p><i>Quelle est la proposition qui caractérise le mieux un écologiste :</i></p> <p>- Choix multiples simples <i>Parmi l'éventail de réponses proposées, choisissez 3 propositions qui caractérisent le mieux, selon vous, un écologiste</i></p> <p>- Choix multiples avec ordination d'items <i>Classez les propositions ci-dessous de la plus représentative à la moins représentative d'un écologiste.</i></p> <p><i>Ou,</i> <i>Parmi l'éventail de réponses proposées, choisissez 3 propositions qui caractérisent le mieux, selon vous, écologiste et classez les de la plus représentative à la moins représentative</i></p>		
--	--	--	--

b) *la formulation des questions:*

Les questions doivent être formulées de façon simple et compréhensible. Il faut à ce titre éviter les formes négatives (exemple : n'y a-t-il pas des choix que vous n'aimeriez pas faire ?).

De même, toute ambiguïté ou imprécision risque d'engendrer de fausses réponses. Il est donc préférable de ne pas utiliser des termes comme "souvent" qui peuvent être interprétés différemment par les personnes interrogées, mais préférer des notions claires comme "Plus de 2 fois par semaine".

Chaque question ne doit aborder qu'une seule notion à la fois, et ne doit pas induire la réponse (" Ne pensez-vous pas que ... ").

En revanche, il est conseillé d'utiliser plusieurs questions pour interroger une même notion, afin de s'assurer de la validité de la réponse.

Il existe plusieurs types de questions :

- Questions de **comportements** : que font –ils ?

Elles font référence aux actions elles mêmes, déjà effectuées ou en train de se faire. Elles permettent de décrire les pratiques des répondants.

On pose des questions du type: « *Pratiquez-vous le compostage?* ».

- Questions **d'opinions, d'attitude** : que pensent –ils ?

Elles correspondent à ce que pensent les gens, ce qu'ils aiment ou croient aimer.

Les attitudes : Ce que l'on pense, ressent, évalue...

- Affectif - la satisfaction face à divers éléments de la vie, du travail, des études, des services reçus
- Cognitif - les perceptions, les opinions, les valeurs
- Conatif - les intentions de comportement

- Questions **d'intentions ou d'anticipations** : quel projet ont –ils ?

Elles cherchent à évaluer non plus aux actions elles-mêmes, mais l'intention de l'individu d'émettre ou non le comportement.

ex : avez-vous l'intention d'installer chez vous des ampoules à basse consommation ?

- Questions de **connaissances** : que savent – ils ?

Elles font référence à ce que l'on sait ou croit savoir.

Il est conseillé de ne pas gêner le répondant en lui montrant qu'il est ignorant ou en l'obligeant à répondre au hasard. Pour manifester qu'il est acceptable de ne pas savoir; la modalité « ne sait pas » (NSP) sera toujours incorporée.

- Questions **signalétiques**. Qui sont-ils ?

Ces questions ont pour objet de décrire les répondants. Ces questions ne présentent pas beaucoup d'intérêts pour eux; c'est pourquoi il faut les poser à la fin du questionnaire.

De plus, certaines règles sont à respecter, afin d'éviter certains biais.

- Les biais dans la prise de décision : le cadrage

Les décisions sont modifiées en fonction des mots utilisés pour présenter le problème (exemple : utiliser le terme de survie ou de mort). Certains mots utilisés déterminent les réponses des sujets. Ainsi, Certains mots peuvent induire des réactions de rejets; par exemple; les mots: mort, guerre, sexualité, etc. Les réponses positives sont moins fréquentes dans les questions comportant ces mots.

- La tendance à l'acquiescement : c'est une attraction du sujet pour les réponses positives. Ainsi, pour une même idée, les individus pourront répondre positivement à deux questions opposées.

→ **Avoir recours au principe de l'alternance : poser deux fois la même question, en retournant la question, c'est-à-dire faire 2 formulations contre-balancées à la suite.**

- La réaction de prestance. C'est le principe selon lequel le sujet répond en fonction d'une image valorisante. Ceci va entraîner la multiplication des réponses de façade. Par exemple: « Pourquoi compostez-vous? »; un individu pourra dire « Pour protéger l'environnement », alors qu'il composte peut être pour ne pas payer de taxe incitative. Ou bien, lorsque l'on demande à une personne d'évaluer son revenu, les personnes les plus modestes ont tendance à surévaluer leur revenu

Pour éviter ce biais, **il faut expliquer qu'il n'y a pas de bonne ni de mauvaises réponses et qu'il est normal de ne pas savoir.**

- L'ordre des questions : l'effet de contexte : Il faut éviter que les personnes puisent dans le questionnaire - ou les questions précédentes - des réponses aux questions. Cela est courant lorsque les sujets ne savent pas répondre.

- L'ordre des questions : l'effet de halo. C'est un phénomène de contagion des réponses, par besoin de cohérence. C'est le processus par lequel les réponses aux questions précédentes viennent « contaminer » les réponses aux questions suivantes; les individus voulant rester en accord avec leurs premières réponses. Cette contagion peut se faire par organisation logique de la pensée qui repose sur le fait que le sujet ayant donné une réponse se trouve entraîné par déduction à répondre toujours de la même manière.

Pour éviter ce biais, **il est conseillé de disperser les questions susceptibles d'être contaminées tout en évitant des ruptures de thèmes qui peuvent entraîner des abandons.**

- L'effet d'attente: C'est le principe selon lequel la personne réponds ce qu'elle croit que l'on attends d'elle.

Pour éviter ce biais, **il faut éviter de présenter dans le détail les hypothèses et objectifs de l'enquête.**

- La désirabilité sociale: C'est le fait que l'individu tend naturellement à répondre conformément à ce qui est valorisé par la société. Par exemple: on affichera difficilement le fait que l'on n'émet aucun comportement éco citoyen, que l'on jette ses déchets par terre, que l'on ne trie pas, etc.

Pour éviter ce biais, **il faudra examiner les différents items afin de s'assurer qu'ils ne sont pas sensibles à la désirabilité sociale. Si certains items ne peuvent être changés, il faudra inclure une échelle de désirabilité sociale.**

c) les thèmes abordés :

Le questionnaire doit permettre de répondre à l'objectif fixé au départ. Il est important de réfléchir à la manière dont on suppose que les gens se représentent la réalité, en posant des hypothèses sur les facteurs qui peuvent impacter l'activité de compostage. Pour ECCOVAL nous nous sommes inspirés d'un modèle théorique, appelé UTAUT¹⁷ (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*, de Venkatesh, Morris, Davis et Davis, 2003).

Le questionnaire ne doit comprendre que les dimensions pertinentes, et notamment les dimensions ressorties lors de la pré enquête. Il doit également comprendre plusieurs questions signalétiques, permettant de catégoriser la population interrogée en fonction de différents critères (âge, sexe, CSP, etc...).

¹⁷ Selon ces auteurs, l'usage ou la maîtrise d'une technologie (i.e., pratique du compostage) est fonction de l'intention comportementale d'usage et des conditions facilitatrices. L'intention comportementale est à son tour fonction de l'anticipation de performance, de l'anticipation d'effort et de l'influence sociale.

Nous avons intégré dans le questionnaire ECCOVAL plusieurs items pour chaque indicateur issu de la pré enquête:

- 10 items relatifs à la performance attendue
- 9 items concernant les efforts attendus
- 9 items interrogeant l'influence sociale
- 6 questions relatives aux conditions facilitantes

A cela s'ajoute un item mesurant leur intention de composter/ conserver cette pratique de compostage, plusieurs mesures d'attitude envers le compostage, et une fiche signalétique (âge, genre, profession, type d'habitation, de foyer, habitude de consommation, pratique du compostage, etc.).

Quelques exemples d'items issus de l'étude d'ECCOVAL :

- Performance attendue :

Composter c'est utile quand on a beaucoup de déchets de jardin

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

Composter c'est utile quand on produit beaucoup de déchets de cuisine

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

- Effort attendu

Composter prend du temps

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

Composter, pour débiter, c'est facile

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

- Influence sociale

Si je composte/ envisage de composter c'est parce que les gens importants pour moi m'ont poussé à le faire

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait

Je suis motivé (e) à suivre l'avis des gens qui comptent pour moi

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

- Conditions facilitantes

L'existence de guides pratiques portant la pratique du compostage est pour moi:

- un soutien nécessaire pour la pratique

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

- une source d'inquiétude me conduisant à penser qu'il s'agit d'une activité compliquée

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord

J'ai les connaissances nécessaires pour pratiquer le compostage

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait

- Attitude

Le compostage, c'est :

utile	<input type="checkbox"/>	inutile				
propre	<input type="checkbox"/>	sale				
source de plaisir	<input type="checkbox"/>	source de problème				
facile	<input type="checkbox"/>	difficile				
pratique	<input type="checkbox"/>	pas pratique				
agréable	<input type="checkbox"/>	désagréable				
nécessaire	<input type="checkbox"/>	pas nécessaire				
important	<input type="checkbox"/>	pas important				
distrayant	<input type="checkbox"/>	ennuyeux				

- Intention comportementale

Avez-vous l'intention de débiter / de conserver dans cette pratique de compostage ?

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait

- Questions signalétiques

Quelle est votre tranche d'âge ?

- moins de 20 ans 30-40 ans 50-60 ans plus de 70 ans
 20-30 ans 40-50 ans 60-70 ans

Dans votre foyer, combien de personnes prennent :

	semaine	week-end
leur petit déjeuner sur le foyer	personne(s)	personne(s)
leur déjeuner sur le foyer :	personne(s)	personne(s)
leur dîner sur le foyer	personne(s)	personne(s)

2. L'administration du questionnaire :

De façon générale, il existe 2 types de questionnaires : le questionnaire auto-administré, où l'individu est seul devant le questionnaire pour y répondre, et les questionnaires par enquêteur, pour lequel c'est l'enquêteur qui pose les questions et note les réponses.

Questionnaire auto administré : l'individu est seul devant le questionnaire pour y répondre.	Questionnaire par enquêteurs : c'est l'enquêteur qui pose les questions et note les réponses.
--	---

<p>Inconvénient :</p> <ul style="list-style-type: none"> - on ne peut pas toujours s'assurer que l'individu répond seul, sans en discuter avec son entourage - on ne peut garantir la quantité d'information qui va être recueillie (peut y avoir beaucoup de non réponse) 	<p>Inconvénient :</p> <ul style="list-style-type: none"> - biais de désirabilité -biais provenant de l'attitude de l'enquêteur (suggestion)
--	---

Les enquêtes auprès des habitants peuvent être réalisées par le biais de mailings, d'e-mailing, d'enquêtes téléphoniques, d'interviews d'habitants ou encore d'entretiens au porte à porte avec tous les ménages ciblés. Ces méthodes d'administration diffèrent quant au taux de réponse, et au coût de diffusion.

Type de méthode	Démarche	Avantages	Inconvénients
Mailing	Enquête auto-administrée Envoi par courrier	<ul style="list-style-type: none"> • Simple à réaliser • Peut être adressé à un grand nombre d'individus • permet à l'individu de répondre quand il le désire, à son rythme • pas d'influence de l'enquêteur 	<ul style="list-style-type: none"> • faible taux de réponse, 3 à 5 % • Echantillon des réponses non représentatif (non actifs sont surreprésentés, personnes répondant étant les plus motivées)
E.mailing	Enquête auto-administrée Envoi par e-mail	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être adressé à un grand nombre d'individus • permet à l'individu de répondre quand il le désire, à son rythme • pas d'influence de l'enquêteur • Simple, faible cout 	<ul style="list-style-type: none"> • Echantillon des réponses pas toujours représentatif (personnes répondant étant les plus motivées)
Enquêtes téléphoniques	Enquête par enquêteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Rapide et efficace • large couverture géographique 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une pratique et un savoir faire pour réaliser un grand nombre d'appel • durée du questionnaire limitée • non anonyme

Interviews d'habitants	Enquête par enquêteurs Sur un petit échantillon (10 à 20 foyers)	<ul style="list-style-type: none"> • meilleure appréciation des opinions, pratiques des individus • peu de non-réponses 	<ul style="list-style-type: none"> • influence de l'enquêteur • délai de réalisation de l'enquête assez long
Entretiens au porte-à-porte avec tous les ménages ciblés	Enquête par enquêteurs Sur une population ciblée interrogée dans sa totalité	<ul style="list-style-type: none"> • meilleure appréciation des opinions, pratiques des individus • peu de non-réponses • question longue possible 	<ul style="list-style-type: none"> • influence de l'enquêteur • délai de réalisation de l'enquête assez long

Lors de l'enquête ECCOVAL, chaque questionnaire était délivré au porte-à-porte, ce qui permettait de présenter correctement l'objectif de l'enquête et d'engager les gens dans la démarche. Etait fournie lors de ce face à face une enveloppe timbrée pour le retour, afin que chaque individu se sente libre de répondre, au moment le plus opportun pour lui. Cette méthode nous a permis d'obtenir un très bon taux de réponse, mais a été relativement coûteuse en temps et personne pour sa diffusion.

3. La phase d'acquisition des données

Lors de la réception des questionnaires, la première étape consiste à classer et numéroter les questionnaires. Cette étape est indispensable pour s'y retrouver par la suite, notamment si l'on compte interroger plusieurs fois les mêmes personnes.

De plus, les personnes chargées de la saisie doivent être correctement formées. Ainsi, un questionnaire mal rempli (ou contenant des items non remplis) doit être écarté plutôt que de saisir des informations incertaines.

Si le questionnaire contient des questions ouvertes, il faudra les codifier avant la saisie. Il faudra alors relire tous les questionnaires et définir les réponses à coder. Cette étape peut être relativement chronophage (d'où la nécessité de bien réfléchir lors de la conception de l'enquête de l'utilité des questions ouvertes).

De plus, il faudra identifier si les variables sont quantitatives ou qualitatives, et penser à coder ces dernières (exemple : coder 1 pour homme et 2 pour femme).

Pour une enquête « automatisée » (lorsque la personne remplit directement le questionnaire par voie numérique) il reste nécessaire, avant de passer à l'étape de traitement, de procéder à une revue des données et à un nettoyage éventuel des valeurs aberrantes (une personne ayant toujours répondu sur la même extrémité des échelles) ou manquantes.

4. Le traitement des données

Le traitement des données dépend des objectifs de l'étude, et des connaissances statistiques de la personne chargée du traitement. Ainsi, il peut être envisagé de ne réaliser que des analyses descriptives, ou bien de se lancer dans des analyses plus complexes permettant de voir le lien entre les différentes variables.

- L'analyse descriptive des données : elle permet de décrire, de représenter les données. Elle peut se faire facilement à l'aide d'Excel, ou tout autre logiciel de traitement de données (Statistica, SPSS, etc.). Elle permet d'obtenir des indicateurs décrivant les données en les synthétisant tels que la moyenne, médiane, mode, variance, écart type, minimum et maximum, etc.

Elle va également permettre de connaître la répartition des réponses obtenues. Par exemple, le tri-à-plat¹⁸ donne la répartition des réponses pour une seule question (ex : hommes : 56%, femmes : 44%). Mais il est également possible de croiser la répartition des réponses selon deux (ou plusieurs) questions (tri croisé) : par exemple, cela nous permettra de savoir que les ruraux (première question) qui pratiquent le compostage (deuxième question) représentent 33 % des personnes interrogées, etc....

Ces analyses descriptives sont souvent présentées sous forme graphique (histogramme, camembert, etc.).

- Les analyses statistiques avancées : alors que les analyses descriptives sont directement utilisables et compréhensibles par tous, les analyses statistiques avancées nécessitent des connaissances plus approfondies.

Pour rappel, elles doivent être pensées en amont, avant la réalisation même du questionnaire. Elles doivent permettre de répondre aux hypothèses de départ.

Ces analyses peuvent permettre :

- de prédire la valeur de la variable principale en fonction des valeurs des autres variables (par exemple, prédire l'intention de composter selon le sexe des participants et leur perception d'effort associée à cette pratique)
- de résumer plusieurs variables sur un plan en deux dimensions (analyse factorielle)
- etc...

Ces analyses requérant des connaissances plus poussées en statistiques, il peut être nécessaire de faire appel à une personne qualifiée pour en réaliser.

¹⁸ ensemble des résultats de l'enquête indiquant, question par question, le nombre de réponse à chaque modalité, le nombre de "sans réponse" et les % correspondants. Ces % sont calculés automatiquement (par le logiciel informatique) sur l'effectif global (le nombre total de personnes interrogées).

Fiche méthodologique 2-

Créer un acte engageant

« Nous ne sommes pas engagés par nos idées, ou par nos sentiments, par ce qui est, en quelque sorte, dans notre tête, mais par nos conduites effectives, et donc par des agissements que les autres peuvent ou pourraient voir » (Beauvois et Joule, 2005)

Selon Kiesler (1971), seuls les actes nous engagent. Des expériences en psychologie sociale ont montré que pour manipuler la variable de l'engagement, il est nécessaire d'agir sur certains critères :

- **le caractère public de l'acte** : il est plus engageant de faire quelque chose sous le regard d'autrui, ou après avoir décliné son identité que dans l'anonymat ou à l'abri des regards.

Exemple pour la promotion du compostage

 Signer une chartre, s'inscrire pour obtenir un composteur, lever la main dans une réunion pour signifier sa volonté de s'investir dans la pratique de compostage engageant d'autant plus l'individu dans l'action souhaitée.

Un individu sera, davantage lié à son acte par exemple s'il s'inscrit, pour avoir un composteur en habitat individuel ou sur une feuille affichée publiquement sur la porte de l'immeuble, pour aller à une réunion d'information sur le compostage organisée pour son immeuble. Il en est de même si un individu est conduit à apposer sur sa boîte aux lettres un autocollant symbolisant que son foyer participe à la réduction des déchets par la pratique du compostage.

- **la répétition de l'acte** : réaliser plusieurs fois le même acte engage davantage l'individu que de ne le réaliser qu'une fois.

Exemples pour la promotion du compostage

 Accepter à plusieurs reprises (jusqu'à la maîtrise complète du compostage pour les nouveaux adeptes en habitat individuel) la visite de soutien du technicien de la collectivité, ou accepter de participer à des actions de valorisation du compostage dans son voisinage (porte à porte dans

l'immeuble ou dans son quartier) conduit l'individu, par la répétition de l'acte, à devenir de plus en plus impliqué dans cette activité.

- **le sentiment de liberté** : il a été montré, que d'appeler explicitement au sentiment de liberté, pouvait conduire les gens à faire ce qu'ils n'auraient pas fait d'eux-mêmes. Ainsi, le recours à la technique du « mais vous êtes libre de » a permis à des chercheurs de multiplier par 4 leurs chances de se voir offrir de l'argent par un inconnu.

Exemple pour la promotion du compostage

 Utiliser une formule comme : « Mais vous êtes libre d'accepter ou de refuser » peut permettre d'engager à venir à une réunion d'information, à accepter des visites de suivis, à prendre un composteur...

- **les raisons de l'acte** : avancer des raisons internes plutôt que des raisons externes rend l'individu responsable et acteur de son acte et renforce ainsi son engagement.

Exemple pour la promotion du compostage

 Il est préférable d'avoir un discours qui insiste sur la motivation et la responsabilisation des personnes à s'engager dans la pratique plutôt que de prévoir des récompenses (raisons externes) pour les amener à prendre un composteur...

En conclusion, le lien attitude-comportement est renforcé par l'invocation du sentiment de liberté, de raisons internes à l'acte et de l'émission publique et répétée du comportement. Appuyer sur un ou plusieurs de ces éléments lors de la mise en place d'une communication engageante favorise la probabilité qu'un individu émette le comportement souhaité. Aussi, dans le cadre d'une campagne de promotion basée sur de la communication engageante, les collectivités doivent prévoir des actes préparatoires réunissant le maximum de ces critères afin d'atteindre l'objectif visé (augmenter, maintenir l'action de compostage).

Fiche méthodologique 3-

Détail de la stratégie de communication à adopter en fonction de la situation de la collectivité

Les principes de communication persuasive et engageante sont autant applicables à l'habitat individuel qu'à l'habitat collectif. Des exemples de communication engageante sont donnés ci-après pour ces deux cas de figure.

1/ Informer et sensibiliser de nouveaux secteurs sur le compostage

Pour ce type d'action, une **communication persuasive** sera préconisée. En effet, elle permettra de sensibiliser le plus grand nombre de personnes à la pratique du compostage.

Pour ce faire, il est nécessaire de jouer sur différentes composantes du processus de communication :

- rechercher une source pertinente pour diffuser et donner du crédit au message (une personnalité ou un organisme reconnu par la population cible) ;
- mettre au point un message adapté et clair qui tient compte des éléments identifiés pouvant influencer l'adoption ou le maintien du comportement de compostage (cf. encadré). Dans la plupart des cas, la mise au point du message nécessitera plusieurs aller-retour entre les responsables de la campagne et la population visée pour adapter et vérifier la pertinence et la clarté du message délivré. Par cette démarche itérative le message gagnera en lisibilité et deviendra d'autant plus convaincant ;
- s'assurer d'avoir tenu compte des caractéristiques de la cible identifiée (cf. encadré) ;
- sélectionner des moyens de communication adaptés : réflexion à mener sur les supports les plus pertinents en fonction du budget, de la population et du territoire visé (ex : pour la cohérence entre le support et le message, l'utilisation de papier recyclé pour les affiches et les tracts pourrait être privilégiée...)

Les travaux menés durant le projet ECCOVAL montrent que les efforts attendus et l'influence sociale sont les deux facteurs qui impactent en général l'intention de composter. Cependant, des nuances apparaissent en fonction de la cible visée même si certains résultats demandent à être confortés par d'autres études :

- cible logement individuel/collectif : il semble qu'en habitat individuel, l'effort attendu et l'influence sociale jouent sur l'intention d'usage alors qu'en habitat collectif seule l'influence sociale est significative et cela de manière plus forte qu'en individuel.

- cible exposée/non exposée à des campagnes de sensibilisation au compostage : la différence entre les deux est qu'il est important pour les usagers de communes non encore exposées de sentir un réel soutien pour les accompagner vers la pratique.

- cible rural/urbain : l'étude ECCOVAL ne montre pas de réponse significativement différente entre ces deux catégories. L'influence sociale et l'attente d'effort impactent de manière similaire l'intention de composter.

Les résultats qui viennent d'être présentés permettent de connaître les leviers sur lesquels intervenir lors d'une action de communication (influence sociale, facilité d'usage en appuyant sur le fait que le compostage n'est pas une activité difficile ou qui prend du temps) et d'adapter la communication selon les besoins de la cible (pas de différence rural/urbain au niveau des facteurs psychologiques, insister davantage sur le soutien de la collectivité pour une zone d'habitat non encore exposée...)

2/ augmenter la participation au compostage :

Dans un contexte déjà sensibilisé, ce comportement nécessite l'adoption d'une communication engageante pour décider l'utilisateur réticent. La première étape consiste donc en la réalisation d'un ou plusieurs actes préparatoires, qui le rendront plus ouvert à la communication à laquelle il sera par la suite exposé et l'engageront à réaliser l'acte souhaité.

Voici quelques exemples de communication engageante qui pourraient être mis en place.

Exemple pour un habitat individuel :

- le point fort de cette situation est la présence de personnes qui compostent à proximité. C'est à travers elles que doit se faire la communication. En effet, la réussite affichée de l'engagement d'une personne de même statut que soi a plus de chance d'être prise en compte et suivie d'effet. Il s'agit donc de valoriser les pratiques existantes et de proximité afin d'essaimer ces pratiques à de nouveaux adeptes.

- comment amener ses voisins à accepter de pratiquer le compostage ? Pour engager ses voisins dans la démarche de compostage, plusieurs actes préparatoires sont envisageables. Il peut notamment s'agir de délivrer au porte à porte une plaquette d'information très simple sur le compostage et de proposer à chacun de venir voir sur place un composteur dans un jardin à proximité. En complément, lors de la remise du composteur, une charte d'engagement est contractualisée avec la collectivité.

Exemple pour un habitat collectif :

- le point fort de cette situation est qu'il existe déjà une personne sensibilisée à cette pratique : le relais terrain, c'est-à-dire l'individu ayant contacté la collectivité pour la mise en place d'un composteur au pied d'un immeuble. C'est donc à travers elle que doit se faire la communication pour engager d'autres personnes dans la démarche de compostage. Son propre engagement comprend la mobilisation minimale d'un certain nombre d'habitants de l'immeuble à accepter de recevoir de l'information (plaquette/réunion d'information). La demande émanant d'une personne de son immeuble, de même statut que soi a plus de chance d'aboutir. La relation avec la collectivité peut en effet être perçue comme asymétrique, avec le sentiment qu'elle impose cette pratique.

- comment peut-il amener ses voisins à accepter de pratiquer le compostage ? Plusieurs actes préparatoires sont envisageables, comme délivrer au porte à porte une plaquette d'information, très simple, sur le compostage, et demander à chaque personne déjà engagée de distribuer à son voisin une de ces plaquettes (ce qui engage chaque individu). De même, il peut proposer à chacun de s'engager à participer à une réunion d'information, en s'inscrivant dans le hall (visibilité de l'engagement). Lors de cette réunion d'information, l'objectif recherché sera l'acceptation publique d'entrer dans une démarche de compostage concrétisée par la signature de la charte d'engagement avec la collectivité et par la remise des fiches de bonne pratique.

- chaque personne peut par la suite continuer à être engagée dans la pratique en acceptant de gérer une tâche précise pour le collectif (retourner le compost une fois par mois, etc.) ou en décidant de sensibiliser des personnes n'ayant pu être présentes à la réunion.

- à plus long terme, afin de faire perdurer la pratique, il est nécessaire de continuer à s'assurer de l'engagement de chacun, via l'inscription sur le planning des tâches affiché par exemple dans le hall à proximité du composteur. Cela donne une certaine visibilité qui pérennise l'engagement.

Exemple avec les écoles :

- le point fort de cette situation est de pouvoir engager les parents par l'intermédiaire de leurs enfants qui deviennent eux même acteurs du compostage. En effet, les enfants reçoivent un apprentissage sur le compostage par leurs enseignants et peuvent ensuite contribuer, grâce à des devoirs maison, à sensibiliser et former les parents à la pratique. L'ensemble du foyer est ainsi impliqué dans la gestion des déchets.

- Comment passer le relais ? Il s'agit de faire réaliser aux enfants à la maison différentes tâches (comme lister les déchets qui peuvent être compostés, réaliser des dessins ou jeux sur le compostage, etc.). Ces actes préparatoires permettent d'engager à la fois l'enfant et ses parents. En fin d'année, on rend visible l'engagement de l'individu dans la pratique en organisant une exposition des travaux des enfants sur le compostage avec remise publique d'un diplôme (qui pourra être signé par le titulaire) aux enfants ET à leurs parents. A cette occasion, il peut être proposé aux parents de venir à une réunion d'information sur le compostage, ou bien de s'engager à appeler le numéro vert ou encore à prendre un composteur.

Dans la continuité, pour asseoir la réelle adoption du comportement, on propose quelques mois après une nouvelle activité aux enfants comme, par exemple, coller un sticker sur un cahier de bord (acte peu coûteux) à chaque fois qu'ils vident un bio-sceau durant plusieurs semaines. Cette dernière étape constitue un excellent moyen de faire perdurer la pratique (chaque acte visible ré-engage l'individu). Elle permet également de s'assurer de la bonne réalisation de la pratique en demandant de noter à chaque vidage du bio-sceau, les déchets qui sont déposés dans le composteur/sur le tas. Cela permet d'effectuer un contrôle de l'activité, de repérer certaines erreurs (qui à long terme pourraient compromettre la qualité du compost et donc engendrer un arrêt de la pratique) et de préconiser les changements opportuns.

Exemple d'animation grand public :

- le point fort de cette situation est de pouvoir toucher des publics divers et variés suivant le lieu choisi pour l'animation.

- comment passer de l'animation à l'acte d'engagement ? Pour l'animation, on peut entre autre proposer aux passants de coller des gommettes sur des composteurs pour les customiser et ainsi participer à la fabrication du « plus beau composteur » (place de la mairie par exemple, un mercredi/samedi après-midi, afin de toucher des enfants). Puis, on distribue des fiches communication

sur le compostage avec proposition de participer à une réunion d'information à propos du compostage de 25 minutes organisée sur place (inscription sur une liste publique affichée).

A noter qu'ici nous avons deux temps pour sensibiliser l'individu : soit il s'engage à aller à la réunion, où il obtiendra toutes les informations et réponses à ses questions qui devraient l'amener à s'engager dans la pratique, soit il ne peut s'y rendre. Dans ce cas, on lui proposera de prendre un rendez-vous pour une réunion ultérieure. Les actes préparatoires engendrant une plus grande sensibilisation à la communication, ces comportements préalables devraient avoir une plus forte probabilité d'impacter l'individu, et de l'amener à pratiquer le compostage.

A la fin de la réunion : l'animateur procédera à un vote à main levée pour connaître ceux qui sont prêts à s'engager dans la pratique du compostage ou à se rendre au stand technique pour avoir plus d'informations voire pour acheter directement un composteur.

- comment engager les personnes à réellement pratiquer le compostage, et non pas seulement à prendre un composteur ?

Lors de la première réunion, il faut les engager à se rendre à une deuxième réunion durant laquelle ils pourront échanger sur leur pratique du compostage. De plus, un soutien peut être proposé aux personnes en réalisant des visites à domicile.

3/ améliorer la pratique du compostage

Il est possible que certaines personnes pratiquant réellement le compostage, le fassent d'une façon non efficiente. Ces personnes peuvent être identifiées grâce aux appels reçus sur le numéro vert, lors d'une réunion portant sur les bonnes pratiques du compostage ou lors des activités réalisées avec les enfants à l'école (cahier de bord de l'enfant présentant une pratique inadaptée).

Dans ce cas, la collectivité doit intervenir, en proposant une visite à domicile afin de diagnostiquer le problème et d'aider les personnes à adopter les bons gestes pour réaliser un bon compost. Des flyers, brochures, affiches sont à prévoir pour cette étape. Ces documents doivent porter principalement sur les méthodes de compostage. Ils doivent être analysés avec le technicien de la collectivité afin de les aider dans leur démarche. Cette action permet à chacun de se rendre compte du fait que son activité participe à son bien être et à celui de sa collectivité.

La collectivité doit se donner les moyens permettant l'intervention de maitres composteurs, mais aussi s'appuyer sur le numéro vert et développer un forum consacré aux difficultés rencontrées par les usagers, avec le partage de conseils et astuces.

4/ conforter et faire revenir au compostage pour maintenir les effets

Les personnes sont toujours engagées dans le processus, et n'ont besoin que d'un message les confortant dans leur action. Une communication engageante n'est donc pas nécessaire dans ce cas de figure bien que la reconnaissance de l'acte de compostage soit primordiale. Elle peut se faire par flyers, brochures, affiches portant sur les résultats obtenus par la collectivité en termes de réduction des déchets, et insistant sur l'implication des personnes qui compostent. Cette action permet à chacun de se rendre compte du fait que son activité participe à sa qualité de vie et à celle de sa collectivité. Cette étape peut également consister à s'assurer de la pérennité de l'engagement des personnes dans la pratique via une activité demandée aux enfants de l'école ou via une réunion organisée par la collectivité sur les bonnes pratiques de compostage.

En revanche pour faire revenir des personnes au compostage, il est primordial de lever les freins qui les ont poussées à arrêter la pratique, puis de les réengager dans le comportement avec de nouveaux actes préparatoires.

Pour cela, il est possible de faire appel à une procédure d'intervention élaborée dans le cadre d'une recherche action, par le psychosociologue Kurt Lewin en 1947. Cette procédure est utilisée dans le champ de la conduite de changement. Il s'agit d'organiser des réunions collectives qui, dans le cas présent, regrouperaient des personnes ayant cessé de composter (10 maximum par réunion)

Le premier temps de ces réunions consisterait à amener les personnes à évoquer publiquement les raisons qui les ont conduits à interrompre leur pratique. Il s'agira de lever en groupe les blocages et de rechercher ensemble des solutions susceptibles de permettre à chacun de revenir à de bonnes pratiques. L'animateur a ici un rôle clé à jouer car il doit favoriser l'échange entre les participants et veiller à ne pas créer une situation de jugement,

Puis, après avoir trouvé des solutions personnalisées, une phase d'engagement publique dans la réalisation de la pratique permettra de « geler » le comportement (vote à main levée, signature d'une nouvelle charte d'engagement, etc.).

Une réunion de suivi sera par la suite à organiser, afin de pérenniser l'engagement des usagers et faire le point sur leurs pratiques.

Fiche méthodologique 4

Points d'attention et exemple de trame de fiche technique pour les usagers novices

Ce document a pour objectif de fournir une aide aux collectivités en signalant les points d'attention à prendre en compte lors de la réalisation de fiches techniques en direction des usagers. Ces remarques sont issues des travaux menés dans le cadre d'ECCOVAL. Un exemple possible de trame de fiche technique destinée aux usagers novices est proposé en appui.

I/ Points d'attention à retenir lors de l'élaboration de fiches techniques pour une collectivité

Alors que, communément, les guides pour les utilisateurs présentent sur un même support un volet de sensibilisation et de communication (définition du compostage, intérêts de la pratique) et un volet technique (processus de compostage, bons gestes), il nous paraît préférable de proposer deux documents distincts respectant la temporalité de la démarche :

- une fiche communication/sensibilisation avec l'objectif de convaincre l'utilisateur de s'engager dans la pratique ;
- une fiche d'accompagnement technique pour la mise en oeuvre de la pratique.

Ces supports ainsi différenciés permettent d'adapter la communication au réel besoin de l'utilisateur.

L'enquête ECCOVAL a indiqué que la facilité d'usage prédit l'intention de composter. Il importe donc de concevoir une fiche technique adaptée à la population qui la recevra. Une fiche présentant une démarche de compostage simple et facile à mettre en oeuvre, sera délivrée aux novices ; une autre plus détaillée, sera destinée aux personnes plus expérimentées. Ces fiches sont conçues pour un public résidant en habitat individuel. Il appartient à la collectivité de concevoir les fiches pour l'habitat collectif en fonction des apports permis ou proscrits. A noter également que la possession d'un jardin n'apparaît pas comme critère pour faire du compostage, les différences d'intention pour pratiquer le compostage entre habitat individuel et collectif n'étant pas significatives.

Toute fiche technique doit comporter une partie présentant les apports possibles, et les différentes combinaisons de déchets. La liste des déchets à éviter ne doit pas être plus longue que la liste des déchets pouvant être intégrés. De même, il faudra éviter l'utilisation de couleurs associées à l'interdit (rouge). En effet, les travaux d'ECCOVAL confortent les dires d'experts qu'il est possible de composter une grande majorité des éléments communément interdits, mais avec certaines précautions.

II/ Exemple de contenu pour une fiche novice/logement individuel

Les enseignements obtenus qui nous apparaissent intéressants sont proposés dans la conception d'une fiche novice/logement individuel.

1/ Comment composter ?

a. Compostage avec composteur ou en tas

Le processus pour ces deux types de compostage est identique ; seule change la quantité de déchets valorisée. En tas, il est possible de composter plus facilement de grandes quantités.

b. Que composter

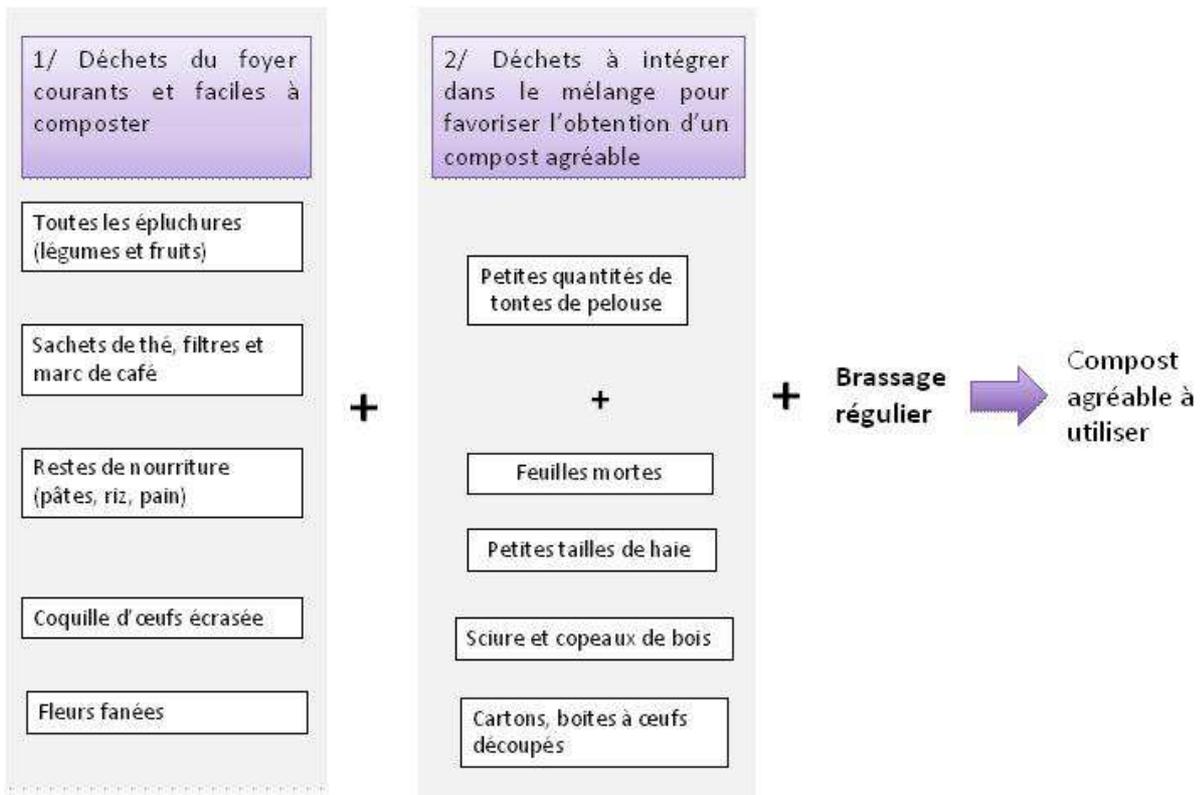
Pour le bon déroulement du compostage (dégradation, montée en température, absence de mauvaises odeurs) il faut diversifier les déchets.

L'apport de viande, os, arrête, n'est pas problématique pour le compostage, mais peut entraîner la présence de nuisibles et d'odeurs

Si vous ne possédez pas de jardin, et ne disposez donc pas de déchets type tontes, feuilles, etc., vous devez brasser plus régulièrement votre compost, ou remplacer ces déchets de jardin par du carton, des boîtes d'œufs découpées, du papier essuie-tout...

Remarque : le compostage réduit significativement le volume initial de déchet ; le temps de remplissage du composteur peut donc être long.

Deux ensembles de déchets complémentaires à intégrer, une action simple à répéter



2/ Comment repérer un compost mûr?

Après 6 mois de compostage, trois éléments permettent d'identifier si un compost est utilisable :

- on ne reconnaît plus le déchet initial
- sa couleur va de « brun » à « noir foncé »
- il dégage une faible odeur de terre

Attention : la qualité du compost ne se vérifie qu'en se référant à la partie inférieure du composteur (le bas du composteur ou la couche inférieure du tas).

3/ Comment vérifier si l'humidité de mon compost est correct ?

Le produit doit être friable mais pas sec et se vérifie par la technique du poing



La technique du poing :

a. Prélevez une poignée de compost.

b. Serrez fort le poing :

Observation	Explication	Préconisations
De l'eau ruisselle	Votre compost est beaucoup trop humide	Apportez des matériaux secs et mélangez
Des gouttes perlent entre les doigts	Votre compost est légèrement trop humide	Veillez à le mélanger régulièrement et si possible apportez un peu de matériaux secs
Pas de perception d'eau	Cf. Étape suivante : rouvrir la main	Cf. Étape suivante : rouvrir la main

c. Si pas de perception d'eau, continuez le test en rouvrant votre main :

Observation	Explication	Préconisations
La poignée reste formée, ne se délite pas	Votre compost a une humidité favorable à une bonne dégradation et à son utilisation	S'il vérifie aussi les conditions de couleur et d'odeur, votre compost est prêt à l'emploi
La poignée se décompose	Votre compost est trop sec	Arrosez le

3/ Comment utiliser son compost?

L'automne et le printemps sont les deux grandes périodes d'utilisation.

Il est préférable de privilégier le printemps pour incorporer le compost au sol. Mélangé avec le sol lors de la préparation pour la plantation, le compost libère rapidement ses éléments fertilisants et améliore aussi la texture du sol.

Si les quantités de compost à utiliser sont trop importantes pour la plantation, il est possible d'en utiliser une partie en superficie sur le sol (paillage) pour conserver l'humidité du sol et éviter le désherbage.

L'usage du compost en automne permet une absorption lente des éléments fertilisants et de vider son composteur même si le compost n'est totalement mûr.

4/ Questions fréquentes

De l'observation ...à l'action

Observations	Causes	Conseils et solutions
Mauvaises Odeurs : - d' œuf pourri - d'ammoniaque	Trop humide Trop de pelouse	Ajouter des matériaux secs (feuilles, copeaux de bois, paille, petites branches, cendre de cheminé, journaux, carton) et mélanger
Présence d'animaux : oui mais lesquels ? - Mouches - Moucherons - Fourmis - petits rongeurs - Vers de terre	Les déchets récemment ajoutés sont visibles Trop humide Sec mais pas excessivement Votre compost est un nid douillet pour eux ! Bonne activité biologique	Mélanger afin de recouvrir les déchets Ajouter des matériaux secs et mélanger Pas d'intervention nécessaire Recouvrir les déchets de pelouse sèche, de feuilles, et mélanger régulièrement C'est parfait ! le compostage se déroule normalement
Le compost présente des filaments blanchâtres	développement de champignons liés à la présence de ligneux	Pas d'intervention nécessaire
Il y a du jus	Trop humide	Ajouter des déchets secs et mélanger

Ne pas oublier de donner le contact de la collectivité en fin de document.

Fiche méthodologique 5-

Evaluer les formations : le modèle de Kirkpatrick

Bien souvent, l'évaluation d'une formation porte sur le critère de la satisfaction du participant par rapport au contenu, au formateur, aux conditions matérielles... Or les objectifs d'une formation sont avant tout de développer des compétences utiles pour les participants. C'est dans cet esprit d'intégration de mesures comportementales, qu'une démarche en quatre étapes est nécessaire (Kirkpatrick, 1950). Elle vise à évaluer la satisfaction mais aussi les connaissances acquises, l'utilisation des compétences développées en contexte réel et les résultats formels obtenus.

Chaque niveau doit être construit à partir des éléments de l'étape précédente afin de s'ajuster au mieux aux résultats trouvés.

Sur cette base, il est possible de réaliser une évaluation rigoureuse d'une formation et de cerner précisément les manques et les pistes d'amélioration possibles. La démarche peut être décrite de la manière suivante :

Niveaux de l'évaluation	Description	Exemples pour une formation sur le compostage
<div data-bbox="236 1077 552 1476" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"><p><u>Niveau 1 – Réactions</u></p><p>Evaluation de la satisfaction éprouvée par les participants</p></div>	<p>- Objectif : connaître les réactions des participants à la formation. Une évaluation positive est un premier indicateur de la réussite d'une formation.</p> <p>- Démarche : il s'agit de relever à chaud (à l'issue de la formation) ou à froid (quelques temps après) le degré de satisfaction des personnes.</p> <p><i>Remarque</i> : ce seul indicateur ne renseigne aucunement sur le niveau d'apprentissage réel des individus.</p>	<p>Les questions, en nombre limité, peuvent porter sur le contenu, l'organisation matérielle et pédagogique...</p> <p>Ce niveau s'effectue immédiatement à l'issue du stage.</p> <p>- Exemple de questions :</p> <ul style="list-style-type: none">- Cette formation a-t-elle répondu à vos attentes ?- Etes-vous satisfait du contenu de la formation ?... <p>- Mode de réponse possible :</p> <p>Pour répondre, il peut être proposé une échelle en 7 points allant de « 1 signifiant pas du tout » à « 7 signifiant tout à fait ».</p>

<div data-bbox="236 237 552 837" style="border: 1px solid black; background-color: #f0e68c; padding: 10px; text-align: center;"> <p><u>Niveau 2 – les acquis d'apprentissage</u> Evaluation de ce qu'ont effectivement appris les participants</p> </div>	<p>- Objectif : établir les connaissances effectivement retenues à l'issue de la formation</p> <p>- Démarche : proposer quelques questions de connaissances sous forme de petit test.</p>	<p>L'essentiel n'est pas dans le nombre de questions mais dans un bon ciblage des éléments qui sont jugés pertinents pour apprécier la maîtrise des acquis délivrés lors de la formation. Les questions sont donc à élaborer en fonction des objectifs fixés à la formation.</p> <p>Ce niveau s'effectue à l'issue de la formation</p> <p>- Exemple de questions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quels sont les déchets pour lesquels il convient d'avoir quelques précautions avant de les les composter ? <p>- Mode de réponse possible :</p> <p>L'interrogation peut se faire sous forme de QCM (avec des items « pièges ») ou de questions amenant à des réponses courtes et précises.</p>
---	---	--

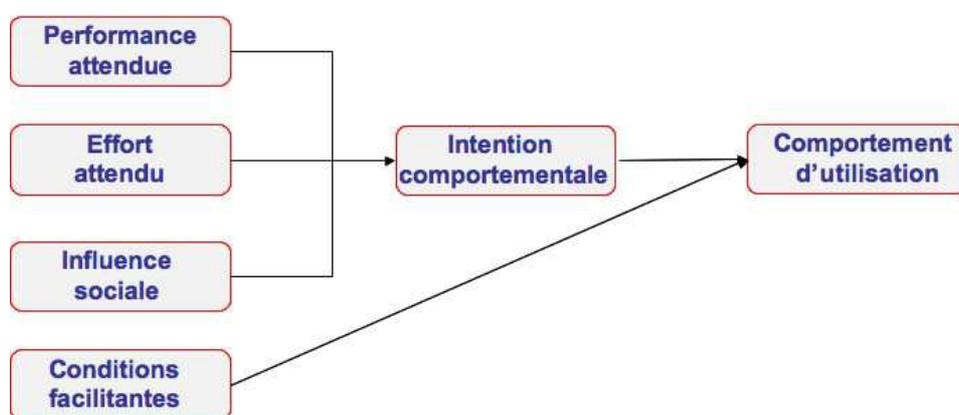
<p style="text-align: center;"><u>Niveau 3 - Comportement</u> Evaluation de l'utilisation de ces apprentissages dans l'environnement quotidien des participants</p>	<p>- Objectif : évaluer le changement comportemental.</p> <p>- Démarche : ce niveau requiert une observation sur le terrain, plusieurs mois après la formation. Il s'agit de savoir si les savoirs maîtrisés impliquent de nouvelles pratiques.</p>	<p>Cette étape est réalisée lors du suivi des pratiques de compostage, plusieurs mois après la formation.</p> <p>Le relais terrain va pouvoir observer et questionner les ménages sur leurs habitudes afin d'évaluer la pérennité de la pratique, le résultat obtenu en terme de compost, les difficultés éprouvées... Cette évaluation permet d'apprécier le réinvestissement des contenus de formation dans le quotidien des personnes.</p> <p>- Exemple de question :</p> <p>Quels sont les aliments que vous composter ?</p> <p>- Mode de réponse :</p> <p>Echange verbal- démonstration</p>
<p style="text-align: center;"><u>Niveau4 - Résultats</u> Evaluation des résultats</p>	<p>- Objectif : obtenir des données quantifiées, des effets factuels générés par la formation.</p> <p>- Démarche : construire des outils pour mesurer les effets.</p>	<p>Cette étape doit permettre de mesurer les effets des modifications de pratiques des participants à la formation à un niveau plus global comme par exemple la collectivité.</p> <p>- Exemple :</p> <p>il peut s'agir pour une collectivité de quantifier la diminution du flux des OMR, de mesurer la quantité de déchets organiques détournée de ce flux...</p>

Fiche information 2-

Mesurer l'acceptation d'un comportement : le modèle UTAUT

Pour qu'une nouvelle technologie, un nouveau comportement nécessitant un apprentissage spécifique puisse aboutir à une certaine productivité, il doit être accepté et utilisé par les individus.

Le modèle rendant à l'heure actuelle le mieux compte de l'acceptation d'un nouveau comportement est le modèle **UTAUT** (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), développé par Venkatesh, Morris, Davis et Davis en 2003.



Selon ces auteurs, l'usage ou la maîtrise d'une technologie (i.e., pratique du compostage) est fonction de l'intention comportementale d'usage et des conditions facilitatrices¹⁹. Ainsi, une façon de prédire l'adoption d'un comportement par les individus est de mesurer leur intention d'émettre ce comportement, ainsi que leur sentiment que des conditions (organisationnelle, technique) vont leur faciliter cette pratique.

L'intention comportementale est à son tour fonction de l'anticipation de performance²⁰, de l'anticipation d'effort²¹ et de l'influence sociale²². Plus une personne réduit ses déchets jetés, a le sentiment que le compostage est une pratique facile, et que les gens importants pour lui désirent son implication dans cette pratique, plus il aura l'intention d'adopter cette pratique, et plus il pratiquera réellement.

Quelques variables viennent en sus affecter l'intention ou le comportement comme l'âge, le genre ou l'expérience.

Le tableau ci-dessous présente des exemples d'items pour chaque facteur :

¹⁹ Conditions facilitantes : degré auquel un individu croit qu'une infrastructure organisationnelle et technique existe pour soutenir sa pratique du compostage (ex. numéro vert/ formation...)

²⁰ Performance attendue : degré avec lequel un individu croit que l'utilisation d'un composteur peut l'aider à atteindre un bénéfice (ex. réduction des OMR)

²¹ Effort attendu : degré de facilité associé à la pratique du compostage

²² Influence sociale : degré avec lequel un individu perçoit que les personnes importantes pour lui pensent qu'il devrait utiliser un composteur (pratiquer le compostage)

facteur	Exemple d'items
Intention comportementale d'usage	Avez-vous l'intention de débiter / de conserver dans cette pratique de compostage ? Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait
conditions facilitatrices	L'existence de guides pratiques portant sur la pratique du compostage est pour moi: - un soutien nécessaire pour la pratique Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord - une source d'inquiétude me conduisant à penser qu'il s'agit d'une activité compliquée Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord
anticipation de performance	Quelles sont les raisons qui vous ont poussé/ vous pousseraient à composter? - diminuer le nombre d'aller/retour à la déchèterie (économie personnelle) Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait - économie d'achat de terreau (économie personnelle) Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait - réduire le coût de collecte et traitement pour la collectivité (économie collectivité) Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait - préserver l'environnement (environnement) Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait
anticipation d'effort	Composter, pour débiter, c'est facile Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord Composter régulièrement est une activité facile Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait d'accord
l'influence sociale	Les personnes dont je suis les conseils estiment qu'il est/ serait bien que je composte Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait Si je composte/ envisage de composter c'est parce que les gens importants pour moi m'ont poussé à le faire Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait Dans mon quartier les gens compostent Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 tout à fait

Résumé

Le projet **Engagement des Citoyens pour le Compostage et la VALorisation** de leurs déchets ménagers (ECCOVAL – projet soutenu par la Région Bretagne dans le cadre du programme ASOSC 2007), avait pour objectif de valoriser le compostage individuel ou de proximité comme outil de gestion domestique des déchets ménagers. La particularité du projet ECCOVAL était d'intégrer dans la dynamique de réflexion la forte dimension sociale associée à la mise en œuvre de ce type de pratique. C'est dans cet esprit, qu'il a été décidé de réfléchir aux besoins des collectivités locales et des associations (Rennes Métropole, CIELE²³) en utilisant les méthodes et connaissances des établissements de recherche régionaux (Cemagref Rennes, LAUREPS²⁴ Université Rennes 2). Ce travail s'est également appuyé sur les conseils d'experts en développement de la pratique de compostage (EISENIA, Denis Pépin).

Le travail, réalisé sur 3 ans (de 2008 à 2011), a permis de consolider et compléter les connaissances sur les aspects environnementaux, sociologiques et techniques du compostage individuel et de proximité.

Ce document rassemble l'ensemble des études menés et des résultats obtenus et présente le produit final du projet : un outil d'aide à la mise en place et à la pérennisation d'opérations de compostage individuel ou de proximité. Il expose les principales étapes à mener pour réussir une opération de promotion du compostage. Son ambition consiste à pointer les interrogations pertinentes, qui nous sont apparues grâce aux travaux menés, pour donner à une collectivité les moyens de réaliser les meilleurs choix possibles en fonction de ses besoins et de ses ressources.

²³ Centre Information Energie et Environnement

²⁴ Laboratoire Armoricaire Universitaire de Recherche en Psychologie Sociale

