

Impacts environnementaux associés au traitement biologique et à l'utilisation agricole des déchets organiques – Bilan des connaissances en vue de l'évaluation environnementale globale des filières

Pascal Mallard ^a, Benoît Gabrielle ^b, Estelle Vial ^c, Didier Rogeau ^a, Mireille Vignoles ^d, Caroline Sablayrolles ^d, Matthieu Carrère ^e, Sébastien Renou ^f, Nelly Pierre ^g, Olivier Muller ^c et Yves Coppin ^h

Face à l'accroissement des exigences sociales et environnementales, les pays européens s'engagent de plus en plus dans une politique de gestion des déchets organiques tournée vers les filières de traitement biologique de ces déchets et leur utilisation agricole. Ces filières de gestion, qui mettent en jeu des phénomènes biologiques et physico-chimiques spécifiques et complexes, demandent encore à être confortées quant à leur coût, leur efficacité et leur impact environnemental. Cet article nous présente ici la démarche et les résultats d'une étude de synthèse bibliographique visant à rassembler les connaissances de base nécessaires à la réalisation d'évaluations environnementales de ces filières.

La valorisation organique des déchets biodégradables constitue une des priorités de la politique de gestion des déchets, tant en France qu'en Europe et dans de nombreux autres pays. L'enjeu est de favoriser la gestion biologique des déchets, tout en maîtrisant les impacts environnementaux et sanitaires qui y sont potentiellement associés. Cette volonté de promouvoir une valorisation organique durable des déchets biodégradables s'inscrit dans la hiérarchie généralement adoptée pour la gestion des déchets : prévention, réutilisation, valorisation matière, valorisation énergétique et élimination. Plus spécifiquement, elle se justifie par l'intérêt supposé du « retour au sol » de la matière organique, et par les nuisances qu'occasionnent les déchets biodégradables introduits dans les autres filières de traitement, notamment la mise en décharge. Il est souhaitable, cependant, que cette politique de promotion de la valorisation organique puisse s'appuyer sur une démonstration objective du bénéfice environnemental qu'on peut en attendre.

L'évaluation environnementale des filières de gestion biologique des déchets est effectuée actuellement à l'aide d'outils du type analyse de cycle de vie (ACV), notamment pour comparer entre eux des scénarios multi-filières. Cette méthodologie apparaît cependant fragile à bien des égards : sur les critères pris en compte, comme la toxicité, elle se heurte à de nombreuses incertitudes, tandis que d'autres critères *a priori* importants sont tout simplement ignorés : nuisances locales (bruit,

odeurs, paysage), amélioration des sols, effets de dilution ou d'accumulation... (Hellebaut et De Caebel, 2005 ; Chenu *et al.*, 2004).

De fait, la gestion biologique des déchets constitue un domaine complexe, en systèmes ouverts et où interviennent des phénomènes biologiques et physico-chimiques spécifiques et souvent difficilement quantifiables, comme la biodégradation de la matière organique lors du traitement ou bien la dynamique des éléments dans le sol. Pourtant, la connaissance scientifique et la modélisation de ces phénomènes ont sensiblement progressé ces dernières années. Sans que toutes les questions soient encore résolues, la prise en compte de ces nouveaux acquis pour l'évaluation environnementale des filières de gestion biologique est susceptible d'en renforcer significativement la pertinence.

Cet article présente la démarche et les résultats d'une étude de synthèse bibliographique menée par différents partenaires de la recherche publique et privée (Mallard *et al.*, 2005), visant : i/ à faire un bilan aussi complet que possible des connaissances disponibles sur le thème des impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets, d'en proposer une synthèse et d'en déterminer les limites ; et ii/ à mobiliser les connaissances ainsi rassemblées, pour les adapter aux exigences méthodologiques de l'évaluation environnementale (de l'outil ACV en particulier), qui doivent se baser sur un ensemble complet et homogène de données et d'hypothèses de calcul.

Les contacts

a. Cemagref, UR Gestion environnementale et traitement biologique des déchets, 17 avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex

b. UMR INRA INA P-G, Environnement et grandes cultures, 78850 Thiverval-Grignon

c. Ecobilan, 63 rue de Villiers, 92200 Neuilly-sur-Seine

d. Laboratoire de Chimie Agro-Industrielle, INP-ENSIACET, 118 route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex 4

e. Centre de recherches sur l'énergie, l'environnement et les déchets, 291 avenue D. Ducas, 78520 Limay

f. Anjou Recherche, 36 rue de Liège, 75008 Paris

g. ORVAL, 69140 Rillieux-la-Pape

h. ADEME, DDS/DGBS, 2 square Lafayette, BP 90406, 49004 Angers Cedex 01

1. Dans cette logique, le lagunage des déjections animales (non pratiqué en Europe) a été assimilé à du stockage. La technique consiste à laisser se décomposer en bassins les déjections animales mélangées à de l'eau. Cette décomposition a lieu en conditions généralement anaérobies.

2. Le traitement de biodéchets ménagers par chaulage est une technique proposée par certains prestataires, mais qui n'a guère dépassé le stade du prototype pour le moment.

Méthode suivie

Champ de l'étude

Le parti pris a été de n'exclure *a priori* aucune filière de gestion biologique des déchets, du moins parmi celles aboutissant à une valorisation agronomique par retour au sol des produits, représentées significativement en Europe ou bien à valeur d'avenir. Toutes les étapes des filières ont été prises en compte, depuis la production du déchet jusqu'à l'utilisation agricole des produits, y compris leur devenir dans le sol, hormis les étapes éventuelles de collecte et de transport des déchets ou des produits, jugées non spécifiques de la gestion biologique.

En pratique, il s'est avéré que certaines filières étaient quasi-totalement ignorées quant à la quantification de leurs impacts environnementaux, comme les procédés de séchage des boues et des fientes de volailles, ou de traitement des résidus industriels (agro-alimentaires, papetiers...). Finalement, outre l'épandage proprement dit et le devenir des produits après épandage (accumulation dans le sol ou exportation des éléments vers l'air, l'eau ou les plantes), quatre modes de traitement préalable à l'utilisation agricole ont été distingués :

- le traitement anaérobie (ou digestion anaérobie, ou méthanisation). La biodégradation a lieu en l'absence d'oxygène et aboutit à la formation d'un produit plus ou moins liquide, appelé digestat, et de biogaz, composé essentiellement de gaz carbonique et de méthane. Le digestat fait souvent l'objet d'un pressage, en vue d'un traitement séparé des jus et de la fraction solide. Mises à part les étapes de pré et post-traitement, la digestion anaérobie a lieu en enceinte fermée, dans des conditions contrôlées¹ ;

- le compostage en phase solide (traitement aérobie). De même que le traitement anaérobie, le compostage peut concerner une grande variété de déchets et produits organiques (y compris des digestats issus du traitement anaérobie), traités seuls ou en mélange (co-compostage). Le compostage de produits humides et peu aérés comme les boues, par exemple, suppose l'utilisation en co-substrat d'un produit structurant, copeaux ou déchets verts typiquement ;

- le stockage en phase liquide ou solide. Il s'agit ici de stockage temporaire, préalable au traitement ou à l'épandage. Le lagunage a été rangé dans cette catégorie, ainsi que le traitement par

aération en fosse. Ce dernier, appliqué aux lisiers porcin ou bovin essentiellement (ou à leur phase liquide après séparation de phase), est basé classiquement sur une alternance de périodes d'aération et d'anoxie permettant la nitrification puis la dénitrification de l'azote contenu dans les déjections ;

- les « autres traitements ». Des traitements plus spécifiques aux boues, comme le séchage et le chaulage².

De même, dans la mesure où l'objectif était de répondre au caractère sommaire des évaluations environnementales existantes pour la gestion biologique des déchets, l'étude a voulu porter sur l'ensemble des catégories d'impacts environnementaux, y compris et notamment les effets positifs de l'utilisation agricole des produits organiques qui ne sont ordinairement pas considérés dans les évaluations environnementales globales des filières. Plus précisément, les catégories d'impacts environnementaux jugées pertinentes vis-à-vis des filières de gestion biologique et considérées dans l'étude ont été :

- l'effet de serre, à savoir les émissions de gaz à effet de serre et le stockage de carbone dans les sols ;

- les nuisances olfactives ;

- les retombées atmosphériques de composés acides ou nutritifs (surtout l'ammoniac en l'occurrence), causes d'eutrophisation et d'acidification des milieux ;

- la dégradation des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ;

- la dégradation de la qualité de l'eau, concrètement l'eutrophisation des milieux aquatiques ;

- les problèmes de santé et de toxicité (y compris l'écotoxicité) ;

- les impacts liés à des flux intermédiaires, comme la consommation d'énergie, la consommation de ressources, l'utilisation d'engrais minéraux et la production de déchets résiduels.

Le risque microbiologique, sujet très spécifique et complexe, n'a cependant pas été traité.

Enfin, il s'est agi dans cette étude de caractériser, non pas les impacts environnementaux des filières à proprement parler, mais les flux de substances responsables de ces impacts, dits « facteurs d'impacts ». On s'est attaché, par exemple, à

quantifier les transferts de nutriments vers les eaux liés à l'utilisation agricole de produits organiques, et non d'évaluer l'effet de ces transferts sur l'eutrophisation des eaux de surface. Ce sont les facteurs d'impacts qui alimentent en effet les évaluations environnementales du type ACV, dès lors qu'ils se présentent sous une forme adaptée à cet usage. La synthèse et l'adaptation des données aux contraintes d'utilisation des ACV ont fait l'objet d'une seconde phase de l'étude, après celle de recueil et d'analyse des connaissances disponibles (voir ci-après). La figure 1 présente les différents facteurs d'impacts étudiés et les étapes des filières associées.

Analyse bibliographique et synthèse des résultats

Suite à l'inventaire des filières et des impacts potentiels à prendre en compte, la recherche bibliographique a été structurée par thèmes, comme compostage et gaz à effet de serre, épandage et consommation d'énergie, ou fertilisation organique et pollution de l'eau.

La première étape du travail a consisté à choisir un ensemble de publications donnant, pour

chaque thème défini, un bon aperçu de l'état des connaissances, sans prétendre à l'exhaustivité. Hormis quelques-unes connues au préalable ou accessibles *via* Internet, elles ont été le plus souvent identifiées *via* une recherche dans les bases bibliographiques classiques ou dans les bases documentaires des organismes impliqués dans l'étude (dont l'ADEME³).

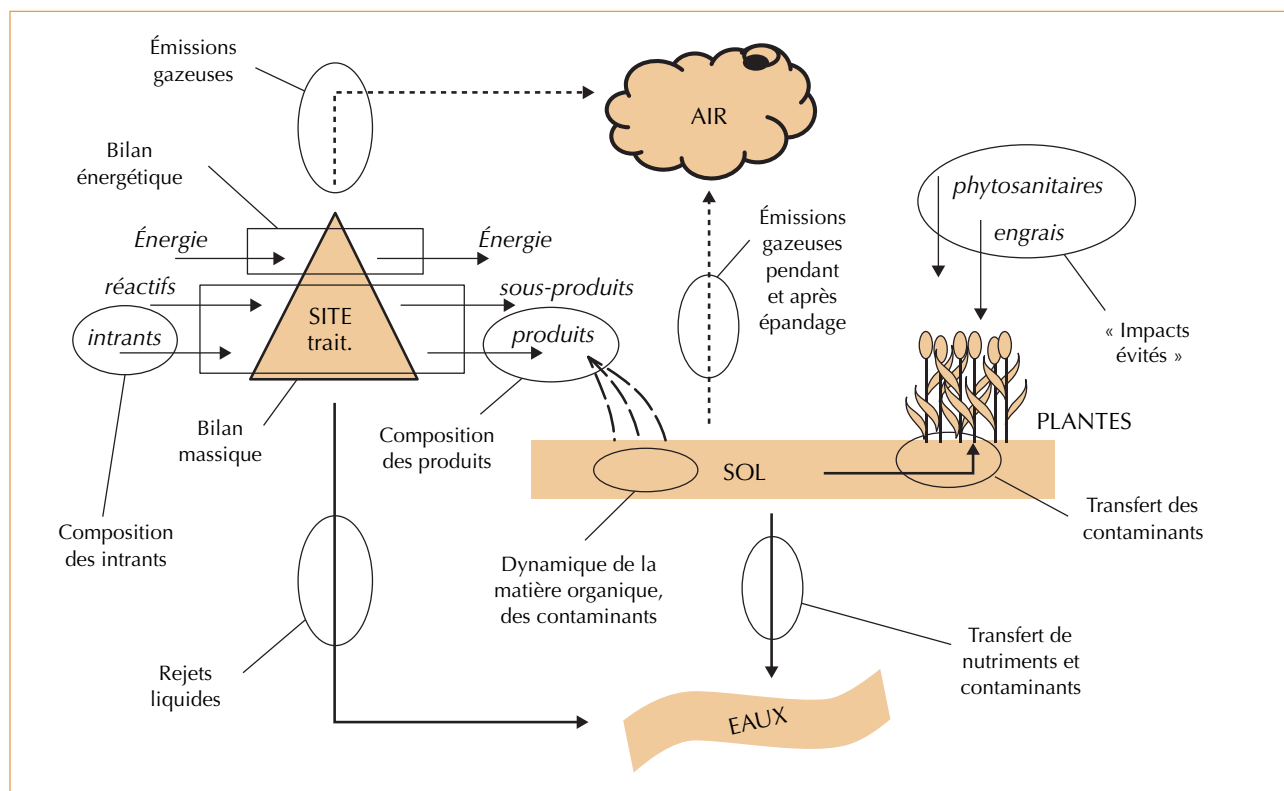
La littérature en langue germanique ou des pays d'Europe du Nord, quoique bien pourvue en matière de traitement biologique, n'a pas été exploitée. De même, il n'a pu être accédé que de façon partielle aux données résultant d'études confidentielles ou n'ayant pas été publiées.

Pour le dépouillement des publications, une grille d'analyse a été construite, comprenant des mots clés relatifs aux déchets ou produits, aux modes de traitement ou étapes techniques, et aux catégories d'impacts considérées, et des rubriques décrivant exactement la méthodologie employée et les résultats obtenus. Au total, plus de 150 fiches de lecture ont ainsi été rédigées.

À l'issue de cette analyse critique des connaissances, des données de référence ont été proposées

3. Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

▼ Figure 1 – Les différents facteurs d'impacts étudiés pour les étapes successives des filières de gestion biologique.



pour chaque facteur d'impact. Ces données ont été adaptées afin d'être plus facilement exploitables par la suite, en vue de la réalisation d'évaluations environnementales globales du type analyse de cycle de vie. Elles ont ainsi été rassemblées par étape de traitement (y compris post-épandage) et leur représentativité en vue d'une utilisation ultérieure a été caractérisée. Pour cela, la méthodologie préconisée dans la norme ISO 14040 (ISO, 2006) fixant les conditions de réalisation des analyses de cycle de vie a été prise comme référence. Ce travail a permis de présenter un bilan synthétique et cohérent des données recueillies, et de mettre ainsi en évidence les lacunes des connaissances disponibles ou de notre analyse pour les différentes filières et catégories d'impacts considérées. Les données issues de l'étude ont ensuite été comparées à celles provenant d'autres sources de données. Enfin, différents points méthodologiques ont été traités et des recommandations formulées afin de faciliter l'utilisation ultérieure de ces données pour l'évaluation environnementale de la gestion biologique des déchets.

Résultats par étape élémentaire

Compte tenu du volume important de données élémentaires obtenues dans le cadre de l'étude, nous présentons ici seulement deux exemples, l'un concernant les émissions de gaz à effet de serre au cours des différentes étapes de la filière, l'autre sur la valeur fertilisante des produits épandus.

Émissions de gaz à effet de serre

Les principaux gaz à effet de serre issus du traitement biologique (de la biodégradation de la matière organique, en fait) sont le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O). Le dioxyde de carbone émis (CO_2), principal produit de la biodégradation, n'est pas pris en compte dans les bilans effet de serre, car il s'agit de carbone d'origine végétale (biogénique, donc) et l'on considère qu'il est réabsorbé par les plantes au cours du cycle de production⁴.

Les deux graphiques de la figure 2 permettent de comparer les contributions en termes d'effet de serre des différentes étapes des filières telles que résultant de la revue bibliographique. Les émissions sont exprimées en équivalent CO_2 à échéance de 100 ans, le méthane et le protoxyde d'azote ayant sur cette durée un pouvoir

de réchauffement global (PRG) respectivement égal à 23 et 296 fois celui du CO_2 (GIEC⁵, 2001).

Les chiffres, donnés ici globalement pour tous types de produits organiques, sont à considérer avec précaution :

- pour chaque étape (stockage...), le rond représente la valeur « moyenne plausible ». Cette valeur a été approchée souvent à partir d'un petit nombre de données, souvent aussi très inégales. Elle souffre donc parfois d'une large incertitude ;

- pour les mêmes raisons, les valeurs d'émissions minimales et maximales relevées, correspondant aux extrémités de chaque barre verticale, ne sont pas toujours représentatives des situations réelles ;

- outre l'incidence des conditions de traitement ou de milieu (température, oxygénation, type de sol...), les valeurs d'émissions peuvent varier sensiblement selon la nature des déchets. Or, les données d'émissions de CH_4 et N_2O disponibles dans la littérature concernent le plus souvent des déjections animales. Il serait donc hasardeux de les extrapoler directement à tous les types de déchets, boues, déchets ménagers ou industriels, ayant subi ou non un traitement préalable.

Au-delà des incertitudes soulignées, on constate par exemple que le compostage émet moins de CH_4 que le stockage solide mais, qu'en termes d'effet de serre (pouvoir de réchauffement global), cette différence peut être plus que compensée par les émissions de N_2O .

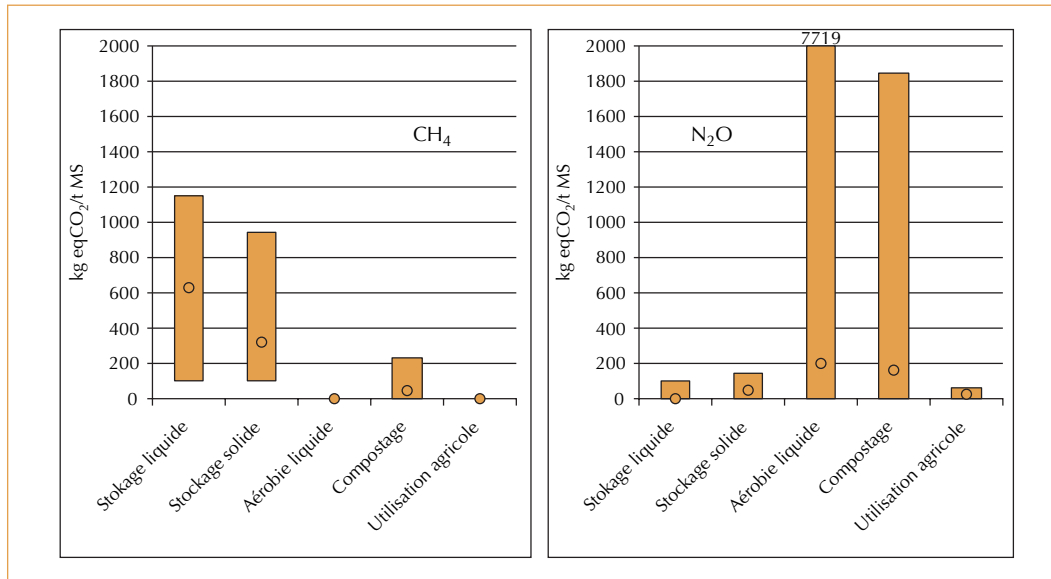
Valeur fertilisante

La valeur fertilisante des produits organiques correspond à une équivalence avec un engrais minéral N et P de référence, du point de vue de la production agronomique (figure 3). Cette valeur représente donc l'économie d'engrais minéraux que permet, en pratique, l'usage de l'amendement considéré, et non son contenu en éléments nutritifs (qui est plus élevé). Dans les évaluations environnementales, l'économie d'engrais minéraux réalisée se traduit, notamment, par une économie de consommation énergétique.

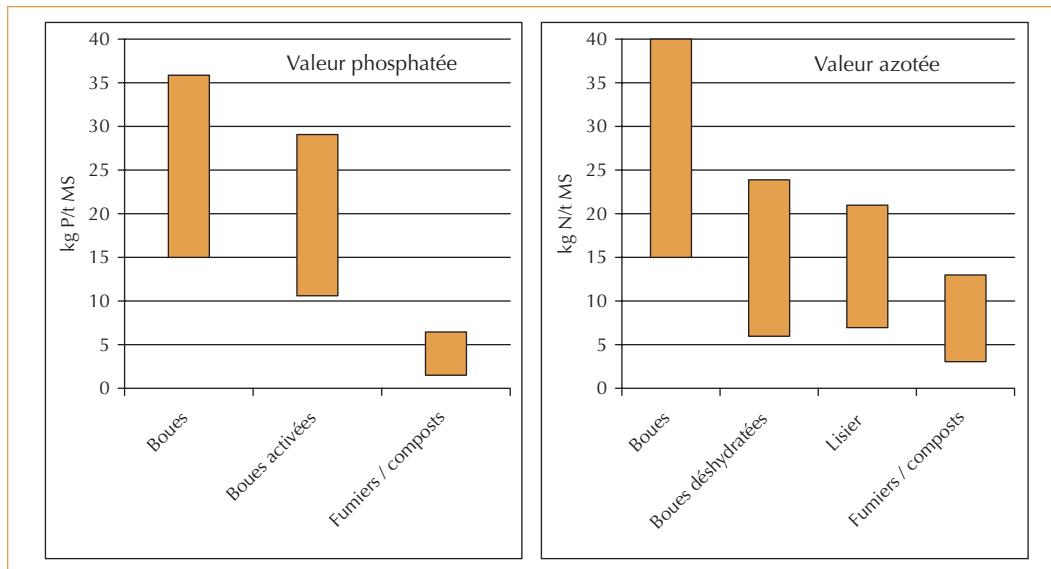
Il existe très peu de données sur les autres éléments : K, S, et micro-éléments (hormis Ca pour la valeur d'amendement basique des boues chaulées).

4. Les émissions de CO_2 ont été chiffrées malgré tout dans l'étude, car ce point de méthode fait parfois l'objet d'arguments contraires.

5. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.



◀ Figure 2 – Émissions de gaz à effet de serre, par tonne de matière sèche traitée et hors épuration des gaz sortants, liées aux différentes étapes des filières de gestion biologique. L'utilisation agricole désigne l'épandage et le devenir ultérieur du produit dans le sol.



◀ Figure 3 – Valeurs fertilisantes azotée et phosphatée de différents types d'amendements organiques.

Conclusion sur l'analyse bibliographique

De façon générale, des fourchettes de valeurs ont pu être proposées pour les différents facteurs d'impacts, faisant apparaître une grande sensibilité à la nature des produits ainsi qu'aux conditions de traitement et de milieu (température, type de sol...). Une valeur médiane a également été retenue, si les références disponibles étaient suffisamment nombreuses et concordantes. Enfin les émissions ont été rapportées à un flux de référence en rapport au service rendu (élimination/recyclage des déchets), qui par défaut était la

tonne de matière sèche (MS) de déchets. D'autres unités ayant un meilleur pouvoir explicatif ont aussi été utilisées : flux polluant par kg N ou kg P contenu dans les déchets, ou par kg de matière organique dégradée, par exemple.

Des lacunes de connaissances ont été identifiées à différents niveaux dans l'analyse bibliographique : sur certaines filières « orphelines » et certains impacts ou facteurs d'impacts ; sur la compréhension des phénomènes pour expliquer les émissions ; et sur la compatibilité des résultats avec l'approche ACV (données non traduisibles

6. La base de données consacrée à l'agriculture aborde le domaine de la gestion des déchets biologiques. Cette base de données a été compilée par FAT, le laboratoire fédéral suisse d'économie et d'ingénierie agricole et par FAL, le laboratoire fédéral suisse d'écologie agricole sous la direction de Thomas Nemecek du FAL.

7. Le logiciel WISARD™ utilise la méthode de l'ACV pour calculer les impacts environnementaux du traitement des déchets ménagers et assimilés. Il a été développé par la société Ecobilan, suite notamment à des études menées pour Eco-Emballages et l'ADEME depuis 1993. La version utilisée ici est la version 4.0 datant de 2002.

en flux). Sur le premier point, les filières les moins connues globalement sont les résidus industriels et le traitement des boues en particulier. La méthanisation des déjections animales et les impacts liés à la présence d'éléments traces métalliques (ETM) dans les déjections sont peu étudiés, de même que les émissions gazeuses liées au stockage et au compostage des boues et biodéchets.

Concernant les facteurs d'impacts, les lacunes varient selon les filières et leurs étapes respectives. Sont apparus comme peu ou pas documentées : les pertes sous forme liquide au stockage ; les émissions de composés organiques volatils (COV) ; la composition des jus et du digestat de méthanisation ; les transferts de composés traces organiques (CTO) et ETM vers les eaux et les plantes ; sur la protection phytosanitaire et sur la valeur fertilisante (oligo-éléments) des déchets.

Les connaissances sur les processus en jeu se sont souvent avérées trop partielles pour expliquer et prédire la variabilité des émissions en fonction des conditions physiques ou de la nature des déchets traités ou épandus, en particulier le lien entre qualité de la matière organique des déchets et impacts, faute d'informations sur les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques ou microbiologiques des déchets, de même qu'une description complète du procédé de traitement. Beaucoup des données ont également été obtenues en conditions contrôlées de laboratoire, sans que les auteurs indiquent dans quelle mesure leurs résultats pouvaient être extrapolés à l'échelle du champ cultivé. Enfin, pour certains facteurs d'impacts, c'est la métrologie même de mesure des flux qui reste à développer, notamment *in situ* : émissions gazeuses lors des phases de traitement, ou des CTO lors de l'épandage.

La connaissance des émissions gazeuses constitue un enjeu de recherche d'importance, dans la mesure où c'est sous cette forme que se retrouve l'essentiel de la matière organique biodégradable, du moins la partie qui n'est ni prélevée par les cultures ni évacuée vers les eaux (ou temporairement stockée dans le sol).

Synthèse et construction de bases de données

Au terme de l'analyse, les valeurs de référence proposées ont été présentées et adaptées de façon à être directement exploitables dans le cadre

d'évaluations environnementales du type analyse de cycle de vie.

Plusieurs niveaux de lecture sont proposés par type de traitement pour exploiter les données collectées durant la revue bibliographique. Un premier niveau de lecture (niveau 1) correspond à la synthèse des données collectées ramenées à un flux de référence qui est 1 000 kg de matière sèche de déchet entrant sur site. Un niveau de lecture plus approfondi (niveau 2) correspond à une mise en forme des données de référence selon un format détaillant la représentativité, la variabilité ainsi que les sources des données utilisées.

Dans les tableaux de niveau 2, des valeurs de référence ainsi que les valeurs minimales et maximales relevées dans la littérature sont données pour chaque type de déchets et pour chaque entrant (consommation d'énergie, d'eau, etc.) et sortant (produit en sortie, émissions dans l'air, dans l'eau, etc.). Ces tableaux permettent de disposer d'un jeu de données directement utilisable dans une analyse de cycle de vie, avec une fourchette de variation pour réaliser des analyses de sensibilité. Un extrait du tableau de niveau 2 relatif aux pertes d'azote vers les eaux liées au stockage en plein champ de fumier est présenté page suivante (tableau 1).

Ce format permet de mieux appréhender la qualité des données notamment en matière de :

- sources de données et traitement de ces données pour obtenir la valeur de référence et la fourchette de variation,
- représentativité temporelle (date à laquelle les données bibliographiques ont été relevées),
- représentativité géographique (climat...), technologique (type de compostage...),
- durée de l'émission considérée pour la valeur retenue et durée totale théorique de l'émission.

Cette description de la qualité des données reprend les principales exigences de la norme ISO/TS 14048 relative au format de documentation des données en analyse de cycle de vie (ISO, 2002).

Les données collectées lors de cette étude ont été comparées avec des données issues de base de données ACV publiques existantes (EcoInvent⁶, Wisard^{TM7}). Concernant l'effet de serre, une comparaison a également été réalisée avec les données du GIEC.

▼ Tableau 1 – Extrait du tableau de niveau 2 relatif aux pertes d'azote vers les eaux liées au stockage en plein champ de fumier (Mallard et al., 2005).

Caractérisation du flux				Donnée retenue, description de la donnée, variabilité								Source						
Entrant / Sortant	Nom du flux	Unité du flux	Type de déchet concerné	Compartment d'émission	Valeur retenue pour le flux	Valeur minimum du flux (si disponible)	Valeur maximum du flux (si disponible)	Paramètres opérationnels occasionnant la variation de la valeur (quantifiable ou pas)	Durée de l'émission considérée pour la valeur retenue et durée totale théorique de l'émission	Description technologique	Description temporelle	Description géographique (lieu, type de climat, type de sol)	Variabilité de la donnée	Commentaires sur la variabilité	Sources primaires utilisées (nombre de publications sur modèles nombre de publications basée sur labo, nombre de publications sites) (si applicable)	Traitement secondaire (aucun, moyenne, avis d'expert)	Représentativité de la donnée retenue	Commentaires sur la représentativité
Sortant	Azote	% N initial	Fumier	Émission dans l'eau	2	0,3	4	Tend à diminuer quand la proportion de paille augmente	3 à 6 mois	Tas	1999–2001	Europe, climat tempéré-froid	Forte	Trop peu de données pour paramétrer l'influence de la saison ou du climat	11 essais sur site (3 publications)	Moyenne	Faible-moyenne	

La comparaison avec les données issues de la base de données EcoInvent consacrée à l'agriculture et du logiciel Wisard™ montre des résultats du même ordre de grandeur excepté les émissions dans l'eau, qui sont très supérieures dans la présente étude aux données du logiciel Wisard™, différence qui s'explique en partie seulement par la prise en compte d'un traitement avant rejet pour la base de données du logiciel Wisard™.

Par rapport au cadre méthodologique proposé par le GIEC pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre, les données rassemblées dans la présente étude sont cohérentes, aux précisions suivantes près. Pour les boues, les indications du GIEC sont maigres, et la présente étude n'a pas permis de trouver plus de données. Les émissions de protoxyde d'azote collectées durant la présente étude sont plus faibles que les données du GIEC pour tous les traitements confondus. Selon la recherche bibliographique effectuée lors de la présente étude et au contraire des valeurs données par le GIEC, il n'est pas fait état par exemple d'émissions de méthane lors du traitement aéro-

bie liquide ou de méthane fugitif pour la digestion anaérobie. Les émissions de protoxyde d'azote sont également systématiquement inférieures aux émissions du GIEC.

Pour ces différentes bases de données, les différences constatées avec nos résultats ne sont pas surprenantes, compte tenu de la rareté des sources de données pour certains facteurs d'impact et de la forte variabilité déjà mentionnée, s'agissant de phénomènes biologiques. Aussi bien dans notre étude que dans les bases de données considérées, les valeurs proposées sont souvent basées sur quelques sources, voire une seule. Cela ne fait que souligner la fragilité de certaines données utilisées dans les méthodes globales d'évaluation environnementale, et donc l'attention qui doit être portée aux hypothèses de base des calculs dans ce type d'analyses.

Conclusion générale

L'étude rapportée ici a permis de souligner les forces et faiblesses des connaissances actuelles

sur les impacts des filières biologiques, et de pointer des besoins en matière de recherche et développement. Ces derniers concernent principalement l'acquisition de nouvelles données en conditions réelles (par rapport à des données de laboratoire), la compréhension et la modélisation des phénomènes mis en jeu pour lier les conditions locales de la gestion biologique des déchets aux impacts environnementaux. Les composés à étudier en priorité sont les émissions gazeuses (gaz à effet de serre, COV...), et les composés traces dans les produits.

L'étude a permis de compléter les bases de données publiques d'ACV du traitement des déchets biologiques, sur le stockage solide et liquide, sur le traitement aérobie en fosse,

le chaulage et le traitement des déjections animales. Pour les étapes déjà couvertes par des données d'ACV, comme le compostage, la digestion anaérobie et l'utilisation agricole, elle a permis de préciser et d'améliorer les jeux de données existants.

Concernant le cas particulier des émissions de gaz à effet de serre, les données rassemblées apportent des compléments pour certaines sources d'émissions non prises en compte par le GIEC. Notamment, le GIEC ne considère les émissions liées au compostage que dans le cas des déjections animales, et non des autres déchets. Par ailleurs, certains facteurs d'émission de méthane et de protoxyde d'azote fixés pourraient être sensiblement surestimés. □

Résumé

Quoique l'utilisation agricole des déchets ou produits organiques (déjections animales, boues, composts...) apparaisse intuitivement comme une pratique bénéfique pour l'environnement, la démonstration objective du bien-fondé environnemental des filières de gestion biologique se révèle difficile, tant sur le choix des critères à prendre en compte que sur l'évaluation de ces critères. Le travail présenté ici visait à rassembler les connaissances de base nécessaires à la réalisation d'évaluations environnementales globales du type « analyse de cycle de vie » de ces filières. Autant que possible, toutes les catégories d'impact potentiel, ainsi que toutes les étapes de traitement ont été considérées, y compris la phase suivant le retour au sol des produits. L'étude a comporté deux phases : la collecte des données disponibles dans la littérature sur les rejets et consommations de substances et d'énergie associés à ces différentes étapes, puis la mise en cohérence des valeurs retenues pour chaque facteur d'impact dans un format directement utilisable par les outils d'évaluation environnementale. Globalement, au regard de la grande sensibilité des facteurs d'impact à la nature des produits ainsi qu'aux conditions de traitement et de milieu (température, type de sol...), les connaissances disponibles s'avèrent souvent beaucoup trop partielles en termes, à la fois, d'acquisition de données en conditions réelles et de compréhension des phénomènes mis en jeu.

Abstract

The organic recovery of biodegradable waste intuitively appears to be environmentally sound. However, this assumption in favour of biological waste management is not easy to justify objectively, owing both to the choice of comparison criteria to consider and to the valuation of these criteria. The work presented here aimed at gathering the basic data necessary to perform global environmental assessments (like life cycle analysis) of biological waste treatment. As much as possible, all potential impact categories, along with all different stages of treatment were taken into account, including the stage following land application. The study consisted, firstly in collecting in literature obtainable data on the consumption and rejets of matter and energy associated to this different stages, and secondly in compiling the data retained for each impact factor in a form directly useable in environmental assessment tools. Globally, considering the huge sensitiveness of impact factors to the nature of substrates and to the treatment and background conditions (temperature, soil type...), the available data appear to be much too scarce, both in term of on-site data acquisition and of the understanding of the underlying mechanisms.

Bibliographie

GIEC, 2001, *Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques. Résumés du Groupe de travail I du GIEC*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 97 p.

HELLEBAUT, F., DE CAEVEL, B., 2005, *Bilan des connaissances ACV sur les enjeux environnementaux de la gestion des déchets organiques. Rapport de synthèse*, ADEME/RDC Environment, 61 p.

ISO, 2002, *Management environnemental – Analyse du cycle de la vie – Format de documentation des données (EN/TS ISO 14048)*, International Organization for Standardization, 41 p.

ISO, 2006, *Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre (EN ISO 14040)*, International Organization for Standardization, 20 p.

MALLARD, P., GABRIELLE, B., VIAL, E., ROGEAU, D., VIGNOLES, M., SABLAYROLLES, C., LE CORE, V. et al., 2005, *Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets. Bilan des connaissances*, ADEME/Cemagref – INRA – Ecobilan – ENSIACET – CReeD – Anjou Recherche – Orval, 692 p.

MULLER, H., CHENU, C., HOUOT, S., LINERES, M., NICOLARDOT, B., PARNAUDEAU, V., ARROUAYS, D. et al., 2004, *Effet sur le sol et le stockage du carbone des apports de matières organiques issues de déchets*, ADEME (version provisoire).