

# Conception du programme de bilan gaz à effet de serre de l'activité de compostage des déchets organiques « Carbone Expert »

Simon Boullier – Trame / Agriculteurs Composteurs de France, [s.boullier@trame.org](mailto:s.boullier@trame.org)

## Introduction : la réponse de deux associations à une demande sociétale

La société actuelle prend progressivement conscience de l'impact de ses activités sur l'environnement, et de l'importance de le réduire. A l'échelle internationale, les pays s'imposent des réductions d'émissions de gaz à effet de serre, pour lutter contre l'accroissement du réchauffement climatique annoncé par les grandes institutions scientifiques comme le GIEC. Ces volontés sont relayées au niveau national par des programmes de réduction d'émissions, de performance énergétique ou d'introduction de critères environnementaux dans l'allocation des marchés publics par exemple. La gestion des déchets, avec des volumes à gérer en constante augmentation et une pression croissante des citoyens par rapport à son impact environnemental et sanitaire, est devenue un problème mondial. Les collectivités, qui sont responsables du traitement des déchets produits sur leur territoire, se doivent donc de les orienter vers des filières de valorisation les plus respectueuses possibles de l'environnement. Le compostage est apparu comme une alternative intéressante à l'enfouissement et l'incinération pour les déchets organiques biodégradables. Cette pratique permet de les transformer biologiquement en un amendement utilisable en agriculture. Pour réaliser ces arbitrages en cohérence avec les différents programmes de lutte contre le réchauffement climatique, certaines collectivités désirent connaître le bilan gaz à effet de serre du traitement des déchets qu'elles génèrent.

Face à cette demande croissante, les membres des associations Agriculteurs Composteurs de France<sup>1</sup> et Trame<sup>2</sup> ont décidé de développer conjointement un outil de calcul de l'impact de l'activité de traitement des déchets organiques par compostage sur le réchauffement climatique. Ces agriculteurs garantissent à leurs clients une qualité de processus irréprochable, étant donné qu'ils sont les premiers utilisateurs du compost qu'ils produisent. Ils désirent cependant se donner les capacités de connaître et d'améliorer leur performance environnementale, en diminuant leurs émissions de gaz à effet de serre.

Ce travail a fait l'objet d'un mémoire et d'une soutenance de fin d'études (Boullier, 2009).

## Méthodologie

L'objectif du travail réalisé était de construire un outil intégrant les dernières connaissances disponibles, garantes de sa reconnaissance scientifique et institutionnelle, utilisable par les chercheurs et les agriculteurs composteurs. Il était donc indispensable de les associer à sa conception dès le début.

La construction de l'outil s'est basée sur une large phase de bibliographie, complétée par la consultation d'experts et de scientifiques. Ce travail a permis d'établir une liste quasi exhaustive des postes d'émission potentiels, et d'appréhender le fonctionnement complexe des processus biologiques responsables d'émissions de GES lors du compostage.

Des visites chez les adhérents sont également organisées dans le but de repérer de nouveaux postes d'émission potentiels, mais surtout de déterminer les données techniques facilement disponibles, pour adapter les formules et l'ergonomie de l'outil aux possibilités de collectes d'information.

Un scientifique du Cemagref assure un suivi méthodologique de la conception de l'outil. Les avancées et résultats sont également régulièrement soumis à la critique des agriculteurs.

---

<sup>1</sup> L'association Agriculteurs Composteurs de France regroupe des agriculteurs qui ont développé une gamme de services environnementaux pour les collectivités, les entreprises et les particuliers. Ils proposent ainsi une prestation de compostage des déchets organiques sur leurs plateformes. [www.composteursdefrance.com](http://www.composteursdefrance.com)

<sup>2</sup> Trame est un organisme de développement qui accompagne l'innovation en agriculture. L'association est un centre de ressources et la tête de réseau de 4 associations nationales (ANCEMA, BCMA, FNASAVPA, FNGEDA). Elle forme des responsables, et accompagne des démarches collectives d'agriculteurs. C'est dans ce cadre qu'elle a accompagné la création et est en charge de l'animation des Agriculteurs Composteurs de France. [www.trame.org](http://www.trame.org)

## Utilisation / Ergonomie

L'outil doit permettre de réaliser le bilan personnalisé d'une compostière, en fonction des déchets traités, du mode de collecte, de valorisation, et des pratiques de compostage. Sa conception laisse donc la possibilité de détailler très largement ces postes, puisqu'il étudie les émissions de GES dues à :

- la collecte des déchets et le transport des composts (fabrication des véhicules et consommation de carburant) ;
- la construction des infrastructures et des engins de compostage ;
- l'utilisation des engins (consommation de carburant et d'électricité) ;
- les émissions de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> des déchets en compostage (les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la dégradation de la matière organique ne sont pas comptabilisées, car elles sont d'origine biogénique, le CO<sub>2</sub> émis ayant été absorbé par les plantes par photosynthèse lors de leur croissance) ;
- les émissions évitées grâce à la substitution des engrais chimiques par du compost (fabrication, transport, épandage et volatilisation des engrais) ;
- la substitution de tourbe (émissions liées à la dégradation de la tourbe évitées) ;
- la séquestration du carbone du compost dans les sols agricoles ;
- la valorisation énergétique des refus de criblage.

Dans le but d'initier des démarches d'échange et d'amélioration des pratiques, la phase de compostage est décomposée en opérations élémentaires :

- reprise du déchargement / tri des indésirables ;
- broyage des déchets ;
- mélange ;
- mise en andains ;
- retournements ;
- arrosage ;
- criblages (2) ;
- remise en tas ;
- chargement départ plateforme.

Afin de s'adapter à l'ensemble des modes de valorisation possible sur les plateformes de compostage, il est possible de répartir le compost produit entre différents « clients » agriculteurs, particuliers ou professionnels (paysagistes), et de décrire les modes de transports correspondants. Les impacts de la valorisation sont différents en fonction de l'utilisation finale.

L'outil reste cependant très ergonomique, facile et agréable à utiliser, ludique et pédagogique. Le contenu et la forme des résultats permettent à l'utilisateur de communiquer avec les collectivités locales notamment sur les impacts environnementaux de sa prestation de compostage, et de valoriser ses bonnes pratiques. Pour aider l'utilisateur dans le remplissage du tableur, un tutorial en Flash peut être consulté à tout moment. Un système d'archivage permet enfin de sauvegarder et de recharger tous les scénarios en un clic. Il constitue ainsi une base de données sur les pratiques de compostage. Le programme s'accompagne également d'un outil d'analyse économique des besoins en carburant et en main d'œuvre pour chaque étape du processus.

## Méthode de calcul

L'outil de calcul est basé sur le principe de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). D'après la méthodologie utilisée dans le Bilan Carbone® de l'ADEME, l'estimation des émissions de GES est réalisée grâce au calcul de flux d'énergie ou de matière, dont la production ou la consommation sont responsables d'émissions de GES (ADEME, 2007). L'utilisateur saisit dans un tableur des données techniques qui décrivent et caractérisent l'activité de la compostière (de la collecte des déchets à la l'utilisation finale du compost). Le programme transforme ces informations via des formules en flux d'énergie ou de matière. Des facteurs d'émission permettent enfin de convertir ces flux en émissions de gaz à effet de serre. Les facteurs d'émission retenus dans le programme sont issus des bases de données reconnues :

- la base de facteurs d'émissions du Bilan Carbone de l'ADEME (ADEME, 2007) ;
- la base de facteurs d'émission du programme Planète (Risoud et al., 2002) ;
- la base de données INIES pour les matériaux de construction ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)) ;
- la base de données GES'TIM pour les postes d'émission liés à l'activité agricole (Deltour et al., 2009) ;
- les différents rapports du GIEC (GIEC, 2006, 2007 ; Pipatti et al., 2006).

Certaines émissions de GES sont liées à des processus biologiques complexes, qu'il serait intéressant de modéliser, en fonction des caractéristiques des déchets et des pratiques de compostage et de valorisation. Par exemple, lors de leur décomposition, les déchets sont susceptibles d'émettre du méthane (CH<sub>4</sub>) et du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), deux puissants GES. Les émissions de méthane peuvent apparaître lorsque les conditions de dégradation deviennent anaérobies. Elles sont donc principalement influencées par la porosité du mélange de déchets, l'aération forcée et la fréquence des retournements. Les émissions de N<sub>2</sub>O sont plus complexes à étudier. Le protoxyde d'azote est un produit intermédiaire de la nitrification et de la dénitrification. Son émission est favorisée par l'alternance de conditions anaérobies et aérobies et les situations intermédiaires. Elles sont inhibées au dessus de 45 °C. L'impact des pratiques est donc très difficilement modélisable. Les expérimentations scientifiques sur ces émissions sont insuffisantes en qualité et en quantité pour permettre une modélisation des émissions en fonction des caractéristiques des déchets et des pratiques de compostage. D'ailleurs, elles sont souvent omises dans les études de type ACV, alors qu'elles peuvent avoir un poids important dans le bilan.

Les émissions évitées grâce à la substitution des engrais minéraux par le compost dépendent de la disponibilité des éléments fertilisants de ce dernier, et donc des caractéristiques de sa matière organique. Il en est de même pour les dynamiques de décomposition des composts épandus, et donc la capacité du sol à en séquestrer le carbone. D'après la littérature disponible, ces trois processus biologiques sont fortement liés au type de déchets compostés. Les déchets entrants sont donc classés en 3 grandes catégories, en fonction de leur rapport C/N (voir tableau ci-dessous).

A chacune de ces catégories sont associés des facteurs d'émissions CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, un coefficient apparent d'utilisation des éléments fertilisants, et un taux de séquestration du carbone de la matière organique. Les facteurs et coefficients globaux sont ensuite calculés en fonction des proportions de matière sèche de chacun des déchets dans le mélange. Cette ébauche de modélisation est à utiliser avec prudence, car les facteurs d'émission sont entachés de très fortes incertitudes. Elle permet cependant une première sensibilisation des utilisateurs aux processus biologiques impliqués dans les émissions de GES et aux paramètres pouvant les influencer. Les facteurs d'émission utilisés sont présentés dans le tableau suivant :

C/N	Classification du déchet (type)	Facteur d'émissions de N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O /tonne de MB de déchet)		Facteur d'émissions de CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> /tonne de MB de déchet)		Coefficient apparent d'utilisation des éléments fertilisants			Taux de séquestration du carbone de la matière organique (à 100 ans)
		Sans biofiltre	Avec biofiltre	Sans biofiltre	Avec biofiltre	N (année N + arrière effet N+1)	P	K	
C/N < 10	C/N faible (type boue de STEP, lisiers)	0,3	0,2	0,25	0,25	50 %	70 %	100 %	11 %
10 < C/N < 25	C/N moyen (type FFOM, tontes de pelouse)	0,26	0,17	0,13	0,13	50 %	70 %	100 %	9 %
C/N > 25	C/N élevé (type déchet vert ligneux, bois)	0,2	0,1	0,026	0,026	22 %	70 %	100 %	12 %

## Conclusion

Depuis sa création, l'outil Carbone Expert a été largement utilisé au sein du réseau Agriculteurs Composteurs de France. Le niveau de précision atteint dans la description des pratiques de compostage a permis d'initier des échanges d'expérience fructueux entre les membres. Il pose donc de bonnes bases de réflexion, mais reste perfectible. En effet, il ne permet qu'une analyse monocritère (émissions de GES) du processus de compostage. Il est pour l'instant difficile de l'utiliser pour comparer plusieurs filières de traitement des déchets organiques (compostage ou enfouissement par exemple). La mise en place d'une démarche d'amélioration globale n'est pas évidente car le scénario le moins émetteur est celui réalisant le moins d'opérations, étant donné que les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O ne sont pas liées aux pratiques de compostage. Ainsi, un agriculteur qui retourne souvent son compost pour éviter les émissions de CH<sub>4</sub> aura un bilan moins bon que s'il ne faisait rien, à cause des émissions dues à l'utilisation de son retourneur. Le programme peut donc permettre de repérer les différents postes d'émissions, mais la comparaison des résultats entre différents scénarios doit être réalisée avec prudence. L'idéal serait de mettre en place une modélisation des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O en fonction des caractéristiques des déchets et des pratiques de compostage, mais les expérimentations et les ressources bibliographiques nécessaires sont trop insuffisantes. Son utilisation par les composteurs et les scientifiques intéressés par ce type d'évaluation est donc un vecteur indispensable à sa diffusion, sa critique, et donc son évolution.

Le programme Carbone Expert est disponible sur simple demande. Pour plus d'informations sur sa conception et son utilisation, contactez Simon Boullier : [s.boullier@trame.org](mailto:s.boullier@trame.org).

## Références bibliographiques

ADEME, 2007. Guide des facteurs d'émissions Version 5.0. Bilan Carbone® Entreprises et Collectivités. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, 240 p.

BOULLIER S., 2009. Conception d'un programme de bilan gaz à effet de serre de l'activité de compostage des déchets organiques. Mémoire de fin d'études de l'Ecole d'Ingénieurs de Purpan, Toulouse. 128 p.

DELTOUR L., CARIOLLE M., DOLLE J.B., ESPAGNOL S., FLENET F., GUIGAND N., LAGADEC S., LE GALL A., LELLAHI A., MALAVAL C. et PONCHANT P., 2009. GES'TIM Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. Document de travail - Version 1, 136 p.

GIEC, 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 5 : Déchets. GIEC, Japon.

GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, 103 p.

PIPATTI R., SILVA ALVES J.W., GAO Q., LÓPEZ CABRERA C., MARECKOVA K., OONK H., SCHEEHLE E., SHARMA C., SMITH A., SVARDAL P. et YAMADA M., 2006. Traitement biologique des déchets solides. In: GIEC, Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 5 : Déchets. EGGLESTON H.S., BUENDIA L., MIWA K., NGARA T. et TANABE K. (Eds.), Hayama.

RISOUD B., BOCHU J.L., SAVARY M.C., WAVRESKI P., CHOPINET B., FERRIERE J.M., ROYET P., GREGOIRE A., HOFFMAN M., SCHMITT N., DUSSELDORF T. et LIOY R., 2002. Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global. Méthode et résultats sur 140 fermes françaises. Annexe 2 : Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et son pouvoir de réchauffement global. Rapport d'étude pour l'ADEME. 43 p.

Représentation graphique du champ de l'étude :

