



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



AgriBio 3



La qualité des composts en Guadeloupe

Jorge Sierra et Julie Favérial

Rapport d'étude

Unité Astro, INRA Antilles-Guyane
Equipe AgroEcoSyst

Juillet 2017

Participants aux recherches*

Jorge Sierra (Directeur de Recherches INRA)
Julie Favérial (Thésarde Région Guadeloupe/INRA)
Franck Solvar (Technicien INRA)
Maryline Boval (Directeur de Recherches INRA)
Gladys Loranger-Merciris (Maître de Conférences Université des Antilles)
Dominique David (Gérant Carib Agro)
Laure de Roffignac (Directrice ASSOFWI)
Lucienne Desfontaines (Ingénieur INRA)
Maurice Mahieu (Ingénieur INRA)
Rémy Arquet (Ingénieur INRA)
Denis Cornet (Chercheur CIRAD)
Daniel Sauvart (Directeur de Recherches AgroParisTech)
Axelle Simphor (Stagiaire M2 Université des Antilles)
Jean-Pierre Cinna (Ingénieur INRA)
Jocelyne Leinster (Technicien INRA)
Nilson Badri (Technicien INRA)
Jacky Paul (Thésard ADEME)
Jérôme Tirolien (Ingénieur IT²)
Roseyline Vinglassalon (Ingénieur UPROFIG)
Cécile Defèche (Ingénieur UPROFIG)

* L'organisme indiqué correspond à l'affectation du collègue au moment de la collaboration.

Résumé

Dans ce rapport nous présentons une synthèse des résultats obtenus à l'INRA Antilles-Guyane depuis 2007, sur la qualité des composts. Nos travaux ont concerné : i- l'analyse de 118 composts (industriels, domestiques, à la ferme, et issus de nos expérimentations) et 30 vermicomposts (issus de nos expérimentations), ii- quatre essais au champ et un essai en serre pour évaluer la réponse des cultures à l'application des composts et des vermicomposts, iii- un travail d'expérimentation au champ et de modélisation pour évaluer l'impact des composts sur l'évolution de la fertilité organique des sols de Guadeloupe, et iv- une méta-analyse de la littérature internationale incluant 442 composts afin de comparer la qualité des composts tropicaux et tempérés.

Dans la rubrique I nous analysons les gisements de déchets organiques en Guadeloupe, et concluons que la production potentielle de composts peut recouvrir entre 50% et 80% des besoins en matière organique (MO) des sols guadeloupéens à l'horizon 2040. Après avoir rappelé les processus biologiques et physico-chimiques caractérisant le compostage (rubrique II), nous détaillons les principaux avantages et contraintes des différentes méthodes de compostage observées en Guadeloupe, en termes de qualité et d'hygiénisation du produit final (rubrique III).

Les rubriques IV et V sont dédiées à la discussion sur la valeur agronomique des composts élaborés en Guadeloupe. Nous montrons que la plupart des composts sont du type Riche en Minéraux, avec des teneurs en MO et des valeurs amendantes moyennes, lesquelles dépendent fortement des matières premières utilisées (valeur amendante plus forte pour les composts fabriqués avec de déchets verts et de fumiers) et de la méthode de compostage appliquée (valeur amendante plus forte pour les composts fabriqués à la ferme). De ce fait, les doses nécessaires pour conserver le statut organique des sols de Guadeloupe sont relativement élevées (de 10 à 30 tonnes de compost/ha/an), ce qui peut représenter une contrainte pour les agriculteurs.

Dans la rubrique VI nous démontrons que les caractéristiques des composts produits en Guadeloupe sont communes à tous les composts tropicaux, ce qui est associé à l'effet des conditions climatiques pendant le compostage (fortes températures et pluies). Les vermicomposts n'échappent pas à cette contrainte climatique et leur valeur agronomique n'a pas été significativement différente de celle des composts fabriqués avec les mêmes matières premières (rubrique VII). Une conséquence de l'effet climatique est la relativement forte variabilité inter-saisonnière et inter-annuelle de la qualité des composts observée en Guadeloupe (rubrique VIII). Nous soulignons quelques aspects de la procédure de compostage (matières premières, gestion de la biomasse en compostage) qui pourraient être modifiés afin d'améliorer la qualité des composts et de la rendre plus stable dans le temps, ce qui permettra de réduire les doses appliquées.

Dans la rubrique IX nous démontrons que, malgré les contraintes citées ci-dessus, l'utilisation régulière des composts a un effet très important sur la conservation des teneurs en MO des sols guadeloupéens, aussi bien sous culture d'exportation que sous culture de diversification. Ainsi, de doses de l'ordre de 50 tonnes/ha à la plantation pour les premières, et de 10 tonnes/ha/an pour le maraîchage, suffisent pour assurer la durabilité de la fertilité organique des sols. En revanche, la réponse de la plante à l'application de composts est moindre car leur valeur fertilisante ne permet pas de remplacer complètement les engrais minéraux. Encore une fois, nous n'avons pas observé de différences entre les composts et les vermicomposts en ce qui concerne la réponse de la plante. Nous concluons que la valeur fertilisante des composts doit être gérée dans le moyen terme, afin de donner le temps à la MO issue de l'apport des composts de jouer son rôle de fourniture de nutriments.

La rubrique X est consacrée aux conclusions et perspectives. Nous soulignons l'importance de l'utilisation de composts pour faire face aux impacts négatifs du réchauffement climatique sur les sols guadeloupéens, le besoin d'améliorer leur qualité afin d'accroître leur adoption par les agriculteurs, et la nécessité d'une adaptation des politiques publiques afin d'atteindre cet objectif.



Transmission des traditions, Crédit photo J. Sierra

SOMMAIRE

Préface.....	2
I- Gisement de déchets organiques en Guadeloupe	3
II- Rappel du processus de compostage	4
III- Méthodes de compostage observées en Guadeloupe	5
IV- Valeur agronomique des composts produits en Guadeloupe	7
V- Evaluation de la valeur amendante des composts produits en Guadeloupe	10
VI- Comparaison de la qualité des composts élaborés en milieu tempéré et tropical	11
VII- Valeur agronomique des vermicomposts	12
VIII- Stabilité dans le temps de la qualité de composts et teneur en nutriments.....	13
IX- Réponse du sol et de la plante à l'application de composts	14
X- Conclusions & Perspectives.....	18

Préface

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) définit le compostage comme *"un processus biologique aérobie de décomposition et transformation des matières organiques (déchets animaux et végétaux, restes alimentaires, certains déchets urbains et industriels) en un produit stabilisé et hygiénisé¹, semblable à un terreau, riche en composés humiques, le compost. Ce produit peut alors être appliqué aux sols en tant que fertilisant organique."* (FAO, 2005).

Le compostage est une pratique très ancienne dont les premières traces écrites remontent à Pline le Jeune, célèbre sénateur et avocat romain du premier siècle de notre ère, qui était un passionné du jardinage (Allain, 1902). A cette époque, et pendant bien longtemps, le compostage était utilisé exclusivement comme un moyen pour produire de la fumure pour les cultures. La problématique environnementale liée à l'élimination des ordures ne faisait pas partie des contraintes des sociétés antiques, caractérisées par une relativement faible production de déchets. La situation a beaucoup évolué depuis et, bien que le compostage ne puisse pas être considéré comme une pratique innovante, elle a réveillé un intérêt renouvelé depuis une vingtaine d'années en tant que méthode à privilégier pour le recyclage des déchets organiques, dont leur production et élimination sont devenues des enjeux majeurs de nos sociétés modernes de consommation². Plus de 18.000 articles scientifiques et techniques ont été publiés depuis 1990, lesquels traitent de divers aspects de la pratique (p.ex. méthodes de compostage, matières premières les plus adaptées, vermicompostage, etc.) et de la qualité des composts (p.ex. qualité chimique, biochimique et physique, effet du climat, valeur agronomique, etc.) (Favérial et al., 2016)³.



Photo 1 : Collecte de déchets en Guadeloupe.
Crédit photo ADEME (2012).

En Guadeloupe, feu Maurice Clairon a été un pionnier du compostage des matières premières locales et les résultats de ses recherches, commencées à l'INRA dans les années 1980, ont été un facteur clé de la prise de conscience des agriculteurs guadeloupéens sur l'importance de l'utilisation des amendements organiques afin de conserver la qualité des sols. Ce dernier aspect est aujourd'hui crucial à cause de l'impact que le réchauffement climatique et l'intensification de



Photo 2 : Expérimentation de compostage à l'INRA en Guadeloupe. Crédit photo J. Favérial.

l'agriculture moderne ont sur la dégradation de la matière organique (MO) et la fertilité des sols (Sierra et al., 2015). Dans ce contexte, les travaux que l'INRA Antilles-Guyane mène sur le compostage depuis une dizaine d'années ont ciblé sur : (i) l'évaluation de la qualité et de la valeur agronomique des composts produits en Guadeloupe (composts industriels, domestiques et à la ferme), et (ii) les facteurs qui affectent l'adoption de la fertilisation organique par les agriculteurs. L'objectif est de proposer des pistes pour l'amélioration de la qualité des composts afin de maintenir, voire d'augmenter, la fertilité organique des sols, tout en participant à la promotion et la pérennisation de la filière de recyclage de déchets en Guadeloupe. Nos travaux ont été réalisés dans le cadre de plusieurs projets financés par le Conseil Régional, le Conseil Départemental, l'ADEME, le FEDER, le Programme RITA du Conseil Interministériel de l'Outre-Mer (CIOM) et le Programme AgriBio3 de l'INRA.

¹ Nous verrons par la suite que certains composts ne sont pas hygiénisés.

² Nous ne traiterons pas ici les avantages de l'utilisation de composts par rapport à l'épandage direct de certains déchets. Le lecteur intéressé par ce sujet peut se référer à l'expertise réalisée par Houot et al. (2016) en France métropolitaine, citée dans la rubrique IV.

³ Etude bibliographique réalisée dans le cadre d'une thèse financée par la Région Guadeloupe.

L'objectif de cette publication est d'offrir une information mise à jour sur les résultats obtenus par l'INRA en Guadeloupe concernant la qualité et la valeur agronomique des composts élaborés localement⁴. Nous ferons aussi un rappel sur les gisements de déchets compostables en Guadeloupe et sur le processus de compostage. Cette présentation se veut synthétique afin de mettre en avant les principaux résultats. Le lecteur souhaitant approfondir les différents aspects traités, trouvera dans les sections *POUR EN SAVOIR PLUS*, à la fin de chaque rubrique, la bibliographie issue de nos travaux et de celle de nos partenaires, ainsi que quelques références générales.

POUR EN SAVOIR PLUS

Allain E, 1902. Pline le Jeune et ses héritiers. Albert Fontemoing, Paris, France.

FAO, 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. <http://www.fao.org/docrep/008/y5104f/y5104f00.htm>

Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>

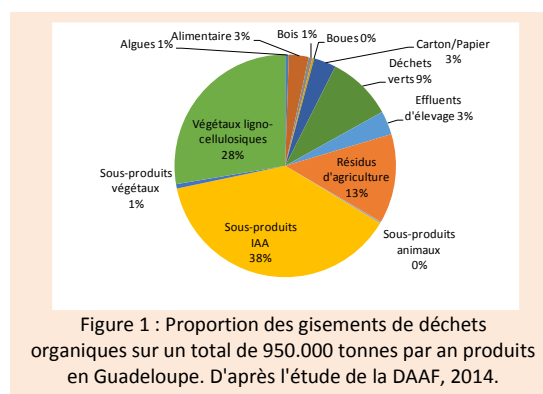
Sierra J, Causseret F, Diman JL, Publicol M, Desfontaines L, Cavalier A, Chopin P, 2005. Observed and predicted changes in soil carbon stocks under export and diversified agriculture in the Caribbean. The case study of Guadeloupe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 213: 252-264. (article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).

I- Gisement de déchets organiques en Guadeloupe

L'accroissement du volume des déchets produits en Guadeloupe ces dernières années a amené les collectivités territoriales, les services de l'Etat et les organismes publics à évaluer les divers gisements de déchets, y compris ceux qui pourraient être recyclés via le compostage industriel, domestique et à la ferme. Cette évaluation était un préalable à la quantification du potentiel de production de composts en Guadeloupe. Le Plan de Prévention et de Gestion des Déchets Non Dangereux (PPGDND) élaboré par le Conseil Départemental en 2016, l'étude réalisée par l'ADEME en 2012 sur le gisement des déchets ménagers et assimilés, et l'étude réalisée par la DAAF de Guadeloupe en 2014 concernant le gisement de déchets qui pourrait être valorisé par voie énergétique ou biologique (compostage), sont issus de cette préoccupation.

L'étude de la DAAF indique que le gisement qui pourrait être mobilisé pour le compostage, sans trop de contraintes associées à leur récupération et transport, représente 160.000 tonnes par an, sur une production totale de 950.000 tonnes de déchets d'origine organique (Figure 1)⁵. Le gisement mobilisable est constitué essentiellement de déchets animaux et végétaux, vinasses, boues de STEP et de déchets de l'agro-industrie et, d'après les travaux de l'INRA, il correspondrait à un potentiel de production de composts industriels d'environ 80.000 tonnes par an. Le potentiel de production de composts serait ainsi cinq fois supérieur à la production actuelle en Guadeloupe (p.ex. 20.000 tonnes/an). De sa part, l'étude de l'ADEME a montré que le compostage domestique pourrait concerner un gisement de 40.000 tonnes par an, constitué de déchets alimentaires (55%) et de déchets de jardins (45%). La production potentielle de composts domestiques se situerait ainsi aux alentours de 15.000 tonnes par an à utiliser dans les jardins particuliers.

La production potentielle de composts recouvrirait entre 50% et 80% des besoins en MO des sols guadeloupéens à l'horizon 2040, en tenant compte de l'impact du changement climatique et de l'intensification de l'agriculture (p.ex. diversification). Pouvoir atteindre cette production potentielle sous-entend la mise en relation des producteurs de composts avec les besoins objectifs (sols et



⁴ Le sujet concernant les facteurs qui affectent l'adoption de la fertilisation organique en Guadeloupe fera l'objet d'une future publication.

⁵ Les résultats de cette étude n'ont pas été publiés.

cultures) et subjectifs (demande des agriculteurs) de l'agriculture en Guadeloupe (p.ex. exploitations agricoles, régions pédoclimatiques, territoire). Cette démarche devrait permettre d'identifier les contraintes liées à l'utilisation des composts, et les leviers d'action à mettre en place afin de booster et pérenniser la filière.

POUR EN SAVOIR PLUS

ADEME, 2012. Campagne de caractérisation des déchets ménagers et assimilés de la Guadeloupe. <https://guadeloupe.ademe.fr/sites/default/files/files/Mediatheque/Publications/campagne-caracterisation-dechets-menagers-assimiles-Guadeloupe.pdf>

Conseil Départemental de Guadeloupe, 2016. Projet de Plan de Prévention et de Gestion des Déchets Non Dangereux (PPGDND). <http://www.cg971.fr>

II- Rappel du processus de compostage

Le processus de compostage se caractérise par deux phases bien distinctes (Figure 2). Dans un premier temps (phase thermophile), la température augmente rapidement à cause de la décomposition rapide de la MO des déchets, pour redescendre au bout de quelques semaines à une température légèrement supérieure à celle de l'air. Des retournements du tas ou de l'andain sont réalisés durant cette phase afin d'assurer l'aération et l'homogénéisation de la masse du compost. Cette homogénéisation provoque une augmentation récurrente de la température associée à la décomposition des matières qui étaient placées à l'extérieur du tas. Des températures supérieures à

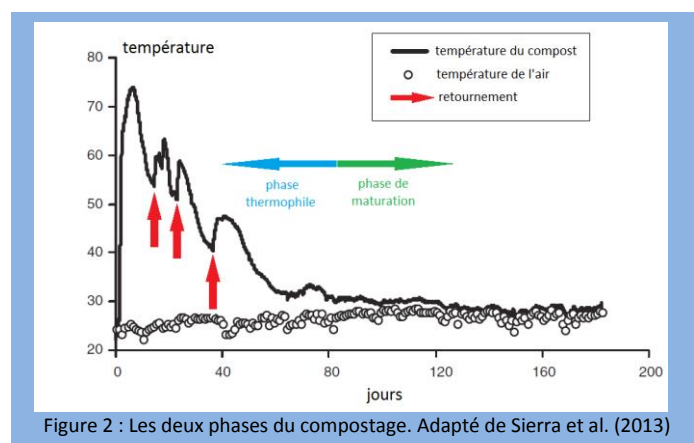


Figure 2 : Les deux phases du compostage. Adapté de Sierra et al. (2013)

55°C pendant 5 jours permettent l'hygiénisation du compost, c'est-à-dire la destruction par la chaleur des germes et parasites vecteurs de maladies, ainsi que des graines d'adventices (FAO, 2005).

La phase de maturation (ou stabilisation) est nécessaire pour la réorganisation des composés minéralisés lors de la phase thermophile, et pour obtenir ainsi des substances humiques apparentées à celles de la MO du sol. En Guadeloupe, la durée totale du

processus de compostage varie entre 4 à 7 mois en dépendant de la matière première utilisée et des conditions climatiques pendant le compostage (température et pluies).

Plusieurs processus biologiques et physico-chimiques se développent durant le compostage (Figure 3). La décomposition de la MO est menée par les microorganismes présents dans la masse de compost dont la respiration produit du CO_2 , de l'eau, de la chaleur, des composés organiques simples et des composés inorganiques (nitrates, phosphates, etc.). Pendant la phase thermophile, la chaleur est produite à une vitesse majeure à celle de son transfert vers l'extérieur du tas, ce qui induit l'augmentation de la température décrite ci-dessus. L'eau issue de la respiration doit être considérée dans la gestion du compostage afin de ne pas arroser en excès. En effet, un excès d'eau limite l'aération du compost et peut déclencher des processus anaérobies comme la dénitrification (perte d'azote (N)) et le lessivage des

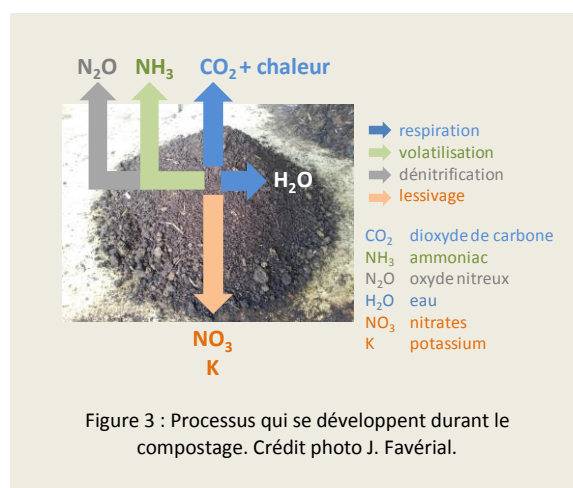
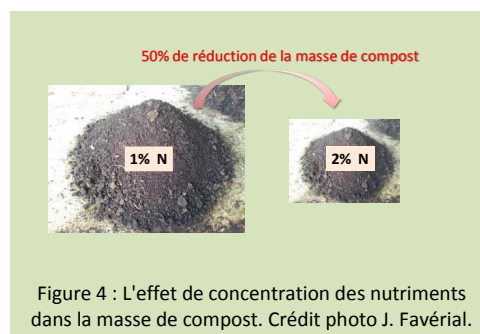


Figure 3 : Processus qui se développent durant le compostage. Crédit photo J. Favérial.

éléments solubles comme les nitrates et le potassium (K) (perte de nutriments) (Figure 3). Aussi, un pH supérieur à 8 peut induire un processus de volatilisation d'ammoniac (perte d'N), produit de la transformation de l'ammonium présent dans le compost. Cela est le cas de la plupart des composts élaborés à base de fientes de poule.

La perte d'une partie de la MO des déchets, sous la forme de CO_2 ⁶, provoque une réduction de la masse initiale de déchets. Cette réduction peut varier entre 50% et 60% de la masse initiale en fonction de la matière première utilisée (p.ex. la réduction est majeure pour les déchets verts que pour les fumiers). De ce fait, les teneurs en nutriments ont une tendance à augmenter dans le produit final en relation à celles du mélange initial. La Figure 4 illustre une situation où la masse initiale a diminué de 50% à la fin du compostage, sans subir des pertes d'N par lessivage, volatilisation ou dénitrification. Dans ce cas, la concentration finale d'N aura doublé à cause de l'effet de concentration. Evidemment, la concentration finale d'un nutriment donné peut diminuer si les pertes ont été supérieures à celle de la MO.



POUR EN SAVOIR PLUS

FAO, 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. <http://www.fao.org/docrep/008/y5104f/y5104f00.htm>

Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>

Sierra J, Desfontaines L, Favérial J, Loranger-Merciris G, Boval M, 2013. Composting and vermicomposting of cattle manure and green wastes under tropical conditions: carbon and nutrient balances and end-product quality. Soil Research 51: 142-151. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).

III- Méthodes de compostage observées en Guadeloupe

1) Industrielle : Cette méthode est celle utilisée par Sita Verde, Le Moule, la seule plateforme de compostage industriel existant en Guadeloupe. Les principales matières premières utilisées par Sita Verde sont les déchets verts, le bois (élagage et palettes), les vinasses et, pour certains produits, les



Photo 3 : Exemple de compostage en andain. Crédit photo Université de Gembloux

Le fait de subir l'effet des pluies peut induire une perte importante d'éléments solubles (p.ex. N et K). Les pertes de nutriments par lessivage peuvent varier en fonction de la saison (p.ex. carême vs. hivernage) et induire donc une certaine variabilité de la

boues de station d'épuration et les fientes de poule. Le compostage se réalise à l'air libre en andain (Photo 3) avec des retournements mécaniques (Photo 4). L'hygiénisation du compost se réalise convenablement parce que la chaleur dégagée pendant la décomposition peut être stockée à l'intérieur d'une grande masse de compost. Tous les processus décrits dans la rubrique Il peuvent être présents dans ce type de



Photo 4 : Exemple de retournement mécanique d'un andain. Crédit photo Hantsch (www.hantsch.fr).

⁶ Le carbone (C) est l'élément le plus abondant dans la MO du compost et du sol. Dans ce rapport nous utiliserons les termes "stock de C" et "stock de MO" comme des synonymes.

qualité des composts dans le temps (voir rubrique VIII). Cette méthode permet de composter un grand volume de déchets en toute sécurité, car la plateforme est soumise à une réglementation stricte concernant la gestion des déchets et la procédure de compostage.

2) *A la ferme* : La méthode décrite ici (type "sandwich") est celle utilisée par un certain nombre d'agriculteurs en Guadeloupe, et a été testée par l'AssoFWI, l'IT2 et l'INRA dans le cadre du Projet Rita⁷ (p.ex. co-composts de fumier et de déchets verts). Il s'agit d'installer un tas de compost constitué de couches successives de matières végétales et animales (p.ex. 4-5 couches de chaque matière) (Photo 5). Le tas est ensuite recouvert de papier kraft afin de le protéger des pluies (Photo 6). Il convient de réaliser au moins un retournement afin d'homogénéiser les différentes couches de



Photo 5 : Elaboration d'un compost à la ferme du type "sandwich". Crédit photo J. Favérial.



Photo 6 : Tas de compost recouvert du papier kraft. Crédit photo J. Favérial.

matières. Cela peut constituer une contrainte pour l'agriculteur car le retournement s'effectue manuellement. Comme pour le compostage industriel, l'hygiénisation se réalise convenablement à l'intérieur d'une masse de compost relativement importante. A cause de la couverture du tas les pertes de nutriments sont moindres que dans le cas du compostage industriel. Cette méthode permet de recycler une partie des déchets produits à la ferme (p.ex. déchets verts et d'élagage, fumiers, déchets alimentaires, etc.). Il s'agit d'une procédure

intéressante pour le compostage des fumiers de proximité, compte tenu que le coût de leur transport à la plateforme de compostage est une contrainte pour les éleveurs.

3) *Domestique* : Dans la plupart des cas il se réalise en composteur dont les caractéristiques varient d'après l'expérience de l'habitant (p.ex. composteur commercial en plastique ou en bois, fosse, etc.) et le matériel disponible dans les foyers (p.ex. tôles, bambou, bois de palettes, etc.) (Photo 7). Le principe du compostage est similaire indépendamment de la procédure utilisée : les déchets alimentaires et de jardin sont déposés graduellement dans le composteur et l'aération est assurée par le biais de retournements limités (dans le cas des fosses), ou à l'aide d'un bâton ou piquet pour remuer la masse de compost (dans le cas des composteurs en plastique ou en bois).



Photo 7 : Différents types de composteurs (plastique, bambou, fosse). Crédit photo J. Sierra et J. Tirolien.

⁷ Projet financé par le CIOM, le FEDER et la Région Guadeloupe. AssoFWI, Association des producteurs de fruits et de cristophines de Guadeloupe; IT2, Institut technique tropical.

L'hygiénisation du compost domestique n'est pas assurée : la chaleur produite par la décomposition d'un relativement petit volume de déchets déposés progressivement échappe rapidement vers l'atmosphère. Une étude réalisée à l'INRA en Guadeloupe a montré que la température à 15 cm de la surface du compost ne dépasse pas les 42°C, ce qui est insuffisant pour éliminer d'éventuels pathogènes et les grains d'adventices (Sierra et Favérial, 2013)⁸. Pour cette raison, il est déconseillé d'y apporter les déchets d'animaux domestiques et d'adventices en floraison. Comme il a été mentionné auparavant, le compostage domestique permet de recycler une partie importante des déchets ménagers, tout en les valorisant au niveau des foyers. Nous verrons par la suite que les teneurs en MO et en nutriments de ce type de composts est très variable, ce qui reflète la grande diversité des procédures et des matières premières utilisées dans les foyers. Néanmoins, l'étude citée ci-dessus a indiqué que 85% des composts domestiques élaborés en Guadeloupe sont tout à fait convenables pour être recyclés dans les jardins potagers particuliers.

POUR EN SAVOIR PLUS

Favérial J, Sierra J, 2014 Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). Journal of Cleaner Production 83: 238-244. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).

Sierra J, de Roffignac L, 2013. Comment fabriquer un bon compost à la ferme ?. <http://prodinra.inra.fr/record/277730>

Sierra J, de Roffignac L, 2013. Calculatrice pour estimer le rapport C/N du mélange initial d'un compost. (Application Excel disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).

Sierra J, Favérial J, 2013. Valeur fertilisante des composts réalisés dans le cadre de l'opération pilote de promotion du compostage domestique - Synthèse des résultats de l'étude. <http://prodinra.inra.fr/record/365888>

Sierra J, Simphor A, 2011. Caractérisation biochimique et estimation du potentiel humique des composts de Sita Verde (Guadeloupe). <http://prodinra.inra.fr/record/45710>

Tirolien J, Sierra J, De Roffignac, 2014. Le compostage à la ferme. Rapport du Programme Rita Guadeloupe. <http://prodinra.inra.fr/record/277728>

IV- Valeur agronomique des composts produits en Guadeloupe

La valeur agronomique d'un compost a deux composantes: la valeur amendante, associée à l'apport de MO au sol, et la valeur fertilisante, associée à l'apport des nutriments disponibles pour les plantes. Ces deux composantes ne sont pas indépendantes puisqu'elles dépendent toutes les deux de la MO du compost. Ainsi, la fraction stable de la MO (moins biodégradable) détermine la valeur amendante, tandis que la fraction (complémentaire) facilement biodégradable et la fraction minérale du compost contribuent à la valeur fertilisante (Houot et al., 2016).

Bien que la valeur fertilisante d'un compost contribue à sa qualité, elle ne constitue pas le critère essentiel pour définir la valeur agronomique. En effet, les teneurs en nutriments des composts sont, dans la plupart des cas, beaucoup plus faibles que celles des engrais minéraux (p.ex. la teneur en N est 1%-2% pour les composts et 10%-45% pour les engrais), et donc les composts ne peuvent pas se substituer totalement aux engrais dans le court terme⁹. D'ailleurs, la proportion des nutriments disponibles dans les composts ne correspond pas nécessairement à celle dont les plantes ont besoin. Ce déséquilibre constitue une contrainte majeure dans la gestion de l'application des composts quand l'objectif est la fertilisation des cultures, car il peut conduire à une accumulation de certains éléments dans le sol et à un transfert vers les eaux. Ainsi, le critère prioritaire



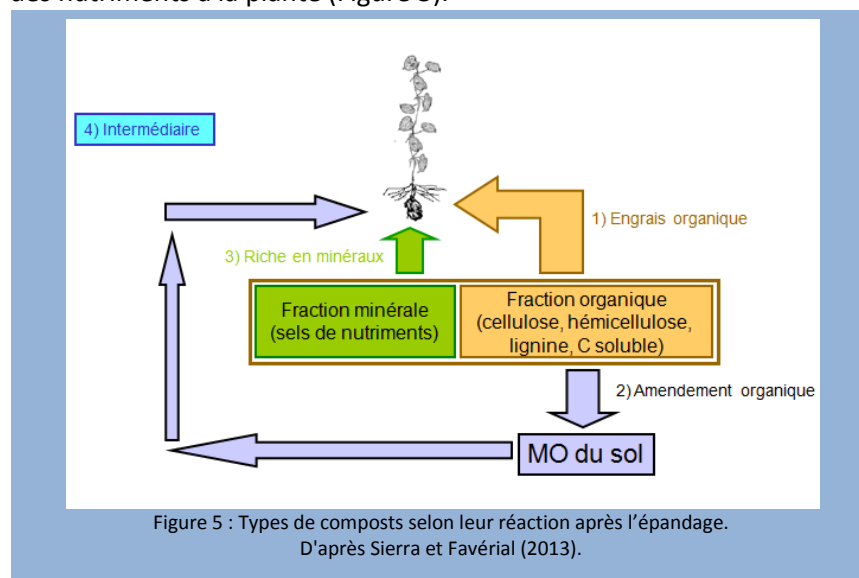
Photo 8 : Compost à base de fumier de bovin (expérimentation INRA).
Crédit photo J Sierra.

⁸ Etude réalisée dans le cadre de l'Opération Pilote de Promotion du Compostage Domestique organisé par le Conseil Départemental de Guadeloupe et l'ADEME en 2013, l'étude a concerné dix communes.

⁹ Il est important de souligner que seulement une partie des nutriments est disponible dans le court terme. Par exemple, la plupart de l'N et du phosphore (P) des composts fabriqués en Guadeloupe se trouve sous des formes organiques non disponibles lors d'un cycle de culture (voir rubrique IX).

pour déterminer la valeur agronomique d'un compost concerne sa valeur amendante, en termes de teneurs et de stabilité de sa MO. Ces deux paramètres déterminent la quantité totale de MO apportée et la fraction de cette MO qui sera effectivement humifiée dans le sol.

Pour analyser la valeur agronomique de composts produits en Guadeloupe, nous utiliserons la classification des composts proposée par Robin (1997), laquelle est basée sur la proportion des constituants du compost (C soluble, lignine, cellulose, hémicellulose, minéraux). Cet auteur définit quatre types de composts : 1) engrais organique, dont la teneur en C soluble est supérieure à 30% de la masse du compost, 2) amendement organique, dont la somme des teneurs en lignine et en cellulose est supérieure à 62% de la fraction organique, 3) intermédiaire, dont la somme des teneurs en carbone soluble et en hémicellulose est supérieure à 45% de la fraction organique et, 4) riche en minéraux, dont la fraction minérale est supérieure à 40% de la masse du compost. Cette classification correspond à des comportements différents des composts vis-à-vis de la fourniture de MO au sol et des nutriments à la plante (Figure 5).



L'engrais organique se caractérise pour avoir une MO facilement dégradables dans le sol et donc il fournira plus de nutriments à la plante que les autres types de compost. En revanche, son apport de MO au sol sera relativement faible. L'amendement organique se caractérise pour avoir une MO résistante à la dégradation, il fournira de la MO au sol (par humification). Son apport de nutriments sera très

faible dans le court terme, ses nutriments seront accumulés dans la MO du sol et seront disponibles pour la plante suite à la minéralisation de la MO du sol, même quelques années après l'épandage. Les composts riches en minéraux se caractérisent pour avoir une fraction minérale importante où les nutriments, présentes sous leurs formes disponibles, peuvent être immédiatement absorbés par une culture. La teneur en MO de ce type de compost est relativement faible. Le quatrième type correspond à des composts intermédiaires entre les engrais organiques et les amendements organiques et leur comportement dans le sol est donc très variable.

Le Tableau 1 montre que la plupart des composts élaborés en Guadeloupe appartiennent au type de produit riche en minéraux, donc avec une relativement faible teneur en MO. Cette fraction minérale est riche en calcium et les teneurs en N et P sont très variables. Les composts industriels fabriqués actuellement en Guadeloupe ont des teneurs en K très élevées (1.5%-3.0%) à cause de l'utilisation des vinasses de distillerie. Cette matière première augmente la fraction minérale de ces composts et les confère une valeur fertilisante potassique très intéressante. Il faut pourtant souligner que leur dose d'application doit être calculée prudemment afin d'éviter qu'un excès de K ne remplace pas le calcium et le magnésium adsorbés sur les argiles, ce qui pourrait provoquer une perte de ces cations par lessivage et une acidification progressive du sol.

Les composts les plus riches en MO (types amendement organique et intermédiaire) sont ceux produits en utilisant des déchets verts et des fumiers (composts à la ferme et ceux issus des

expérimentations réalisées à l'INRA)¹⁰. La présence de 15% d'amendements organiques issus du compostage domestique est surprenant, compte tenu de l'utilisation de déchets très fermentescibles (donc dégradables) issus de restes alimentaires. Ce résultat serait associé au compostage du matériel ligneux issu des tailles (p.ex. petites branches). Cela confirme que le compostage domestique peut produire des composts de très bonne qualité, ayant un potentiel d'humification important.

Compost	Type de composts			
	Engrais organique	Amendement organique	Intermédiaire	Riche en minéraux
	% de composts			
Industriel (n = 10)	0	0	20	80
A la ferme (n = 10)	0	20	20	60
Domestique (n = 60)	0	15	6	79
Expérimentation INRA (n = 68)	0	4	61	35

Tableau 1 : Pourcentage de composts de chaque type en fonction de leur origine. n indique le nombre de composts de chaque origine.
Adapté de Favérial (2016).

Les expérimentations menées à l'INRA en Guadeloupe ont indiqué que le vermicompostage n'affecte pas le type de compost obtenu. En effet, le type dépend davantage de la matière première utilisée (déchets verts, fumiers) et de la méthode de compostage (industrielle, domestique, à la ferme). Ce résultat va sûrement décevoir les passionnés du vermicompostage, lesquels pourraient espérer retrouver plus d'amendements organiques ou d'engrais organiques en utilisant cette technique. Nous reviendrons sur ce sujet dans la rubrique VII.

Il convient de signaler que certains composts avec une relativement faible fraction organique (p.ex. composts industriels du type riche en minéraux) peuvent parfois présenter une MO avec une capacité d'humification importante, ce qui peut partiellement compenser sa faible teneur¹¹. Il est aussi intéressant de souligner l'absence d'engrais organiques pour toutes les origines analysées (Table 1). Ce résultat est dû aux conditions climatiques des tropiques et sera discuté dans la rubrique VI.

Les résultats obtenus indiquent qu'une première limitation des composts élaborés en Guadeloupe concerne leur relativement faible teneur en MO stable, ce qui implique que, en moyenne, ils ont une relativement faible valeur amendante. Nous verrons par la suite que les résultats obtenus en Guadeloupe sont généralisables à l'ensemble du monde tropical, où l'amélioration de la qualité des composts passe par un changement dans les procédures de compostage.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>
- Houot S et collaborateurs, 2014. Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier, impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques (MAFOR). Expertise scientifique collective. <http://prodinra.inra.fr/record/334404>
- Robin, D., 1997. Intérêt de la caractérisation biochimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable après décomposition dans le sol et la classification des produits organominéraux. Agronomie. 17, 157-171. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).
- Sierra J, Favérial J, 2013. Valeur fertilisante des composts réalisés dans le cadre de l'opération pilote de promotion du compostage domestique - Synthèse des résultats de l'étude. <http://prodinra.inra.fr/record/365888>
- Sierra J, Simphor A, 2011. Caractérisation biochimique et estimation du potentiel humique des composts de Sita Verde (Guadeloupe). <http://prodinra.inra.fr/record/45710>
- Tirolien J, Sierra J, De Roffignac, 2014. Le compostage à la ferme. Rapport du Programme Rita Guadeloupe. <http://prodinra.inra.fr/record/277728>

¹⁰ Les composts des expérimentations réalisées à l'INRA sont élaborés en tas de 2-3 m³, et ils sont retournés trois fois pendant la phase thermophile. Il s'agit de co-composts et de vermicomposts de déchets verts (50%) et de fumiers (50%) de bovin, caprin, cheval et fientes de poule. Ils sont réalisés sous abri. Ces études ont été financées par la Région Guadeloupe et le FEDER.

¹¹ Etude réalisée dans le cadre du projet AgroEcoTrop financé par le FEDER.

V- Evaluation de la valeur amendante des composts produits en Guadeloupe

L'analyse de la valeur amendante a été réalisée pour les composts produits en Guadeloupe décrits dans la rubrique IV. Pour cela, nous avons utilisé le coefficient ISMO¹² (Indice de Stabilité de la Matière Organique, déterminé au laboratoire de la SADEF¹³) et la teneur en C des composts (Tableau 2). Avec ces deux paramètres, nous avons estimé la dose nécessaire de chaque type de compost pour compenser les pertes annuelles par dégradation de la MO d'un sol ferrallitique du nord de la Basse-Terre. Les calculs ont été faits pour un sol sous culture maraîchère, correspondant au système qui présente les plus grandes pertes de MO en Guadeloupe (Sierra et al., 2015)¹⁴.

Compost	C % MS	ISMO kg C humifié/kg C compost	Dose de compost tonnes/ha/an
Industriel	22	0.34	24
A la ferme	28	0.49	15
Domestique	25	0.45	22
INRA/Fumier de bovin	33	0.49	13
INRA/Fumier de caprin	34	0.39	16
INRA/Fumier de cheval	24	0.31	29
INRA/Fientes de poules	34	0.40	15
INRA/Déchets verts	37	0.56	10

Tableau 2 : Valeurs moyennes de C et d'ISMO de composts et dose à appliquer afin de compenser les pertes de C d'un sol ferrallitique (voir le texte pour explication). Les valeurs de C sont exprimées en matière sèche (MS). Compte tenu de l'absence de différences entre composts et vermicomposts, les valeurs issues des expérimentations INRA sont des moyennes des deux produits. Adapté de Favérial (2016).

De notre analyse, il ressort que les composts à base de déchets verts sont les plus riches en C et, en même temps, possèdent le coefficient d'humification le plus élevé, ce qui est associé à leur taux de lignine (p.ex. plus fort pour les déchets d'origine végétale). De ce fait, la dose à appliquer est la plus petite ; et par conséquent, c'est le compost le plus efficace pour compenser les pertes de MO à cause du climat tropical et/ou d'un travail de sol intensif. Les composts à la ferme et ceux issus des expérimentations de l'INRA, fabriqués à base d'effluents d'élevage bovin et caprin et de fientes de poule, ont une efficacité intermédiaire. La plus faible efficacité a été observée pour les composts industriels, domestiques et pour ceux produits à partir de fumier de cheval.

La plus faible efficacité des composts industriels (p.ex. faible teneur en C et faible ISMO) n'est pas surprenante compte tenu que, à la différence des autres types de composts analysés ici, ils sont élaborés en conditions ambiantes et subissent de ce fait l'effet direct des facteurs climatiques (voir rubrique III). Néanmoins, les résultats soulignent qu'il y a un potentiel intéressant d'amélioration de la qualité des composts de type industriel (p.ex. par l'utilisation des fientes de poule).

La plupart des doses présentées dans le Tableau 2, notamment celles des composts les plus efficaces, sont dans la gamme des valeurs fréquemment considérées dans les Mesures Agro-Environnementales Climatiques (MAEC) proposées en Guadeloupe afin de promouvoir l'utilisation des composts (p.ex. entre 8 et 15 tonnes/ha, dépendant de la MAEC). Cela implique que la qualité des composts produits en Guadeloupe, même s'il y a encore une marge d'amélioration, sont tout à fait compatibles avec ce type de mesure incitative.

POUR EN SAVOIR PLUS

Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>

Sierra J, Simphor A, 2011. Caractérisation biochimique et estimation du potentiel humique des composts de Sita Verde (Guadeloupe). <http://prodinra.inra.fr/record/45710>

¹² Le coefficient ISMO est un indicateur du coefficient d'humification et représente la fraction du C du compost (entre 0 et 1) qui rentrera par humification dans la MO du sol. Il est calculé sur la base des teneurs de différentes fractions organiques du compost.

¹³ Laboratoire biochimique à Aspach-le-Bas, France.

¹⁴ Ces pertes sont liées au travail du sol intensif et à la faible restitution de C par les résidus après récolte.

VI- Comparaison de la qualité des composts élaborés en milieu tempéré et tropical

Les résultats présentés dans cette rubrique sont issus d'une méta-analyse réalisée sur 109 publications internationales correspondant à 442 composts, 2/3 provenant des pays tempérés et 1/3 des pays tropicaux (Favérial et al., 2016). L'analyse a mis en évidence que les composts de milieu tempéré sont plus riches en C (c'est-à-dire, en MO), N, K, en fraction soluble de la MO et ont une conductivité électrique plus faible que les composts tropicaux (Tableau 2). Cette étude a démontré que ces différences ne sont pas liées à la qualité des matières premières ou à la procédure de compostage, mais elles sont provoquées par les caractéristiques du climat.

Élément	Région	
	tempérée	tropicale
C (% MS)	29.9	25.1
N (% MS)	1.9	1.3
C/N	19.5	19.4
P (% MS)	0.6	0.6
K (% MS)	1.2	0.7
pH	7.7	7.8
CE (dS.cm ⁻¹)	3.1	6.8
SOL (% MS)	25.1	13.2
LIG (% MS)	20.6	19.0

Tableau 3 : Valeurs moyennes des paramètres caractérisant les composts en milieu tempéré et tropical.
C, carbone; N, azote; P, phosphore; K, potassium; CE, conductivité électrique; SOL, carbone soluble; LIG, lignine; MS, matière sèche.
La différence de couleur indique une différence statistiquement significative. Adapté de Favérial et al. (2016).

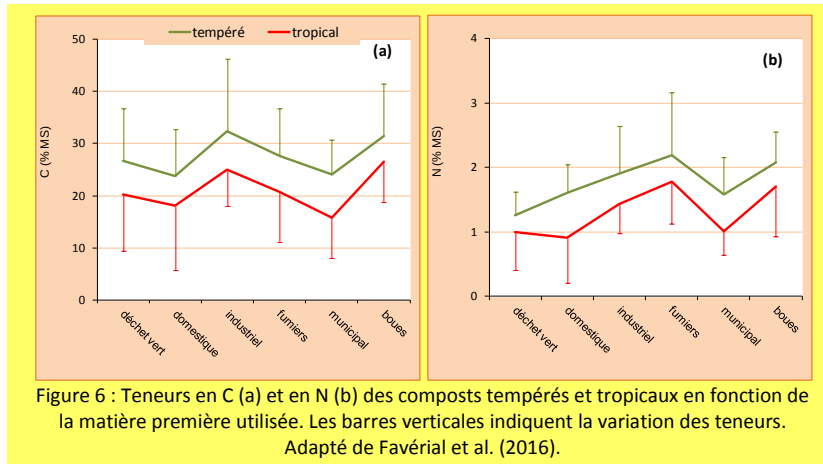
Ainsi, une température plus élevée dans les tropiques, notamment pendant la phase de maturation, induit une dégradation supplémentaire de la MO du compost ce qui entraîne une perte de C (donc de MO), une augmentation des teneurs en éléments minéraux (ce qui provoque l'augmentation de la conductivité électrique), et une diminution de la fraction soluble (facilement dégradable) de la MO. Des pluies plus intenses et fréquentes dans les tropiques humides sont les responsables des pertes de N et de K par lessivage. Ces résultats expliquent que la plupart des composts produits en Guadeloupe ont une relativement faible teneur en MO stable et appartiennent à la classe de composts riches en minéraux. Il faut souligner qu'une plus grande conductivité électrique dans les composts d'origine tropicale, exige une plus grande attention concernant les risques de toxicité saline chez les cultures les plus susceptibles (p.ex. le maraîchage).

La Figure 6 montre que l'effet de l'origine des matières premières sur les teneurs en C et N des composts est similaire dans les deux milieux. Les composts élaborés à partir des déchets des



Photo 9 : Mesure de la température de la masse de compost (expérimentation INRA). Crédit photo J. Sierra.

industries agro-alimentaires¹⁵ et des boues de station d'épuration sont les plus riches en C, et ceux produits à partir des fumiers et des boues sont les plus riches en N, indépendamment de la région considérée.



Les résultats de cette étude sont extrêmement utiles afin de proposer des améliorations aux méthodes de compostage couramment utilisées en milieu tropical, et pour contourner les contraintes imposées par le climat. Ainsi, il s'agirait de réduire la température de la masse du compost lors de la phase de maturation et de limiter les pertes par lessivage (p.ex. compostage

sous abri, recouvrement du tas, etc.) et d'utiliser davantage des déchets d'origine animale et des boues, afin d'utiliser les nutriments de ces déchets pour fixer (ou séquestrer) le C.

POUR EN SAVOIR PLUS

Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>

Favérial J, Boval M, Sierra J, Sauvart D, 2016. End-product quality of composts produced under tropical and temperate climates using different raw materials: A meta-analysis. Journal of Environmental Management 183: 909-916. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).

VII- Valeur agronomique des vermicomposts

A l'INRA nous avons élaboré et analysé une trentaine de vermicomposts à base de mélanges de déchets verts et de fumiers divers¹⁶. Les résultats obtenus montrent que, à égalité des matières premières, il n'y a pas de différences significatives entre les vermicomposts et les composts élaborés sans vers de terre. La présence de vers de terre a une tendance à diminuer les teneurs en C et en K, et à augmenter les teneurs en N, mais ces effets sont très variables et minces.



Photo 10 : Collecte de vers de terre (gauche) et vermicompostage (droite). Crédit photo J. Sierra.

D'après la bibliographie internationale et les résultats de nos travaux, il apparaît que l'effet de l'activité des vers de terre pourrait être associé à une plus grande aération de la masse de compost (p.ex. accélération de la décomposition de la MO et augmentation du lessivage des

¹⁵ Par exemple : industrie brassicole en Allemagne, de l'huile d'olive et du vin en Espagne, de l'olive en Grèce, de l'élevage du saumon en Finlande, du café en Colombie, du sucre et du rhum dans la Caraïbe, du lait en Inde et de l'huile de palme en Malaisie.

¹⁶ Etude financée par le Programme AgriBio3 de l'INRA, par le projet AgroEcotrop du FEDER et par la Région Guadeloupe.

éléments solubles, tel que le K). Une réduction accrue de la masse du compost pourrait ainsi provoquer une augmentation de certains éléments chimiques, tel que l'N, via l'effet de concentration discuté auparavant (Figure 4).

Nos résultats ont aussi montré qu'une fois appliqué au sol, le vermicompost a une tendance à décomposer moins rapidement que le compost (Figure 7 : le dégagement de CO₂ à cause de la

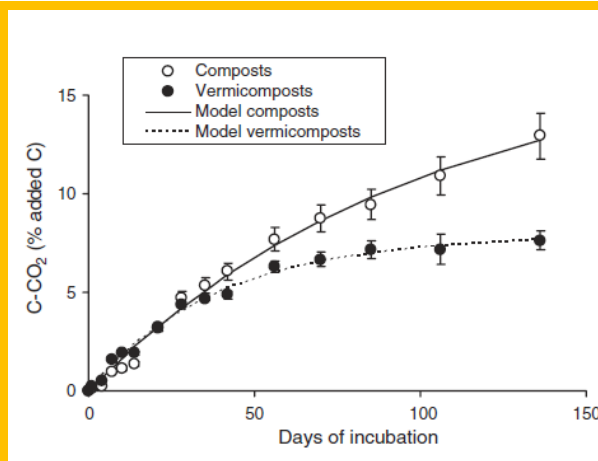


Figure 7 : Décomposition dans le sol d'un vermicompost et d'un compost élaborés à partir de 50% de déchets verts et 50% de fumier de bovin. D'après Sierra et al. (2013).

décomposition microbienne est plus faible pour le vermicompost). Cela indiquerait que la MO présente dans le vermicompost est plus stable que celle du compost, ce qui pourrait se traduire par une plus grande humification dans le sol. Il est nécessaire de souligner que ces différences ne sont pas suffisamment importantes pour classer les vermicomposts dans un type différent de celui des composts fabriqués avec les mêmes matières premières (voir rubrique V).

Malgré ces résultats encourageants concernant une plus grande stabilité de la MO des vermicomposts, des tests plus poussés effectués récemment n'ont pas permis de les confirmer : les différences de dégradation entre les vermicomposts et les composts ont

été négligeables. Actuellement nous mettons au point d'autres méthodes de caractérisation de la MO des composts et des vermicomposts afin d'identifier des éventuelles différences concernant leur valeur amendante.

Les résultats obtenus jusqu'ici ne permettent pas de confirmer un avantage substantiel du vermicompostage concernant la qualité du produit final : il a de légers effets positifs (sur la teneur en N et la stabilité de la MO) et de légers effets négatifs (sur les teneurs en MO et en K), mais ces effets sont faibles et varient dans le temps, ce qui est probablement associé aux conditions climatiques pendant le (vermi)compostage.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>
- Sierra J, Desfontaines L, Favérial J, Loranger-Merciris G, Boval M, 2013. Composting and vermicomposting of cattle manure and green wastes under tropical conditions: carbon and nutrient balances and end-product quality. *Soil Research* 51: 142-151. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).
- Simphor A, Loranger-Merciris G, Sierra J, Boval M, 2010. Synthèse bibliographique des travaux publiés liés au vermicompost. Rapport intermédiaire du Projet Verpat de l'AIP INRA AgriBio3. 40 p. (Rapport disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).

VIII- Stabilité dans le temps de la qualité de composts et teneur en nutriments

L'un des problèmes de l'utilisation des composts pour exploiter leur valeur fertilisante et remplacer partiellement les engrais minéraux, réside dans l'instabilité temporelle de leur qualité; c'est-à-dire, la variabilité dans le temps des teneurs en nutriments. Cela peut être dû à la variation de la qualité des matières premières et aussi aux différences saisonnières du climat, notamment dans le cas de composts industriels (p.ex. effet des pluies et de la température ambiante).

La Figure 8 montre les résultats d'un essai conduit à l'INRA sur quatre ans, où le compostage de déchets verts a été réalisé en tas sous les conditions ambiantes du Nord de la Basse-Terre. Les résultats indiquent clairement que la teneur en N peut varier du simple au double en fonction du moment de l'élaboration du compost.

Evidemment, les conseils d'application basés sur les teneurs en N déterminées à un moment donné peuvent s'avérer erronés, par excès ou par défaut. Comme il a été discuté auparavant (voir rubrique VI), la stabilité de la qualité des composts dans les tropiques dépend fortement des variations du climat, et cela exige une adéquation des procédures de compostage (p.ex. compostage sous abri, recouvrement du tas).

La variabilité des teneurs en nutriments fait qu'il est extrêmement difficile de réaliser une synthèse de nos résultats. Nous donnerons donc quelques indications concernant les trois nutriments les plus importants :

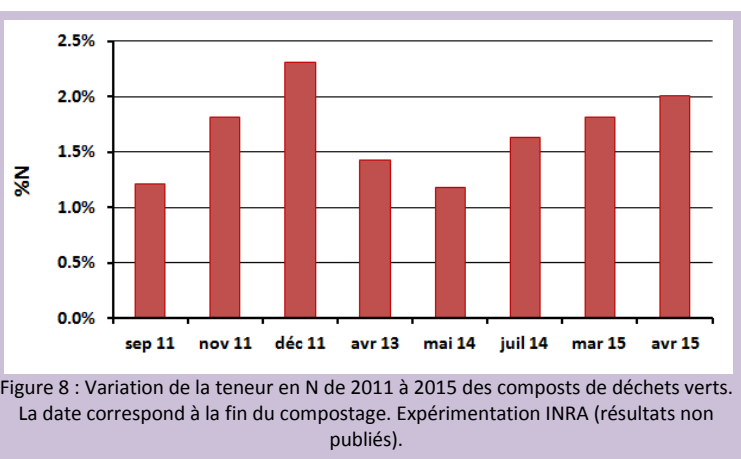
- **Azote** : il s'agit du nutriment le plus variable car il est fortement affecté par la qualité de la matière première et par les conditions de compostage. Les teneurs les plus élevées (3%-4%) sont généralement observées pour les composts à base de fumier de caprin et de fientes de poule. Les composts de déchets verts ont des teneurs en N allant de 0.8% (déchets verts communaux) à 2% (tonte de gazon pour les composts à la ferme).
- **Phosphore** : les teneurs sont de l'ordre de 0.6%-0.9%, mais les composts à base de fientes de poule peuvent atteindre 2%. Certains composts domestiques peuvent présenter des teneurs très élevées en P (jusque 3%).
- **Potassium** : en Guadeloupe, les composts les plus riches en K sont ceux du type industriel à cause de l'utilisation des vinasses (1.5%-3%). Les composts à base de fientes de poule présentent aussi des teneurs parfois très élevées en K (jusque 4%).

100% du K présent dans un compost est immédiatement disponible pour la plante car il se trouve sous une forme minérale (p.ex. sel inorganique) et la MO de compost retient très faiblement cet élément. En revanche, la plupart du N et du P se trouvent sous des formes organiques assez récalcitrantes et leur disponibilité dans le court terme ne dépasserait pas 10% de leur concentration totale.

POUR EN SAVOIR PLUS

Favérial J, 2016. Compostage d'effluents d'élevage : une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale en Guadeloupe. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles. <http://prodinra.inra.fr/record/358792>

Houot S et collaborateurs, 2014. Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier, impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques (MAFOR). Expertise scientifique collective. <http://prodinra.inra.fr/record/334404>



IX- Réponse du sol et de la plante à l'application de composts

Dans cette rubrique nous présentons les résultats de plusieurs études menées à l'INRA afin d'évaluer l'impact de l'application de composts produits en Guadeloupe sur, d'une part, le stock de MO du sol et, d'autre part, la réponse de la plante dans le court et le moyen terme.

Impact sur le sol

La Figure 9 montre un exemple de résultats obtenus dans le cadre du projet TropEmis¹⁷ du Programme Reactif de l'ADEME (Sierra et al., 2015). Il s'agit d'une parcelle sous monoculture de banane dans le sud de la Basse-Terre, dont les teneurs en C du sol avaient été déterminées en 1999, 2005, 2012 et 2013 (points noirs). Une application d'un compost industriel avait été réalisée en 2011 à une dose de 50 tonnes/ha à la plantation. L'augmentation du stock de C à partir de 2011 reflète donc l'humification d'une partie du C du compost. Le modèle MorGwanik¹⁸ (ligne noire dans la Figure 9), paramétré avec les coefficients ISMO présentés dans la rubrique V, simule assez bien l'évolution du stock carboné, et peut donc être utilisé pour évaluer l'impact de l'application de composts.

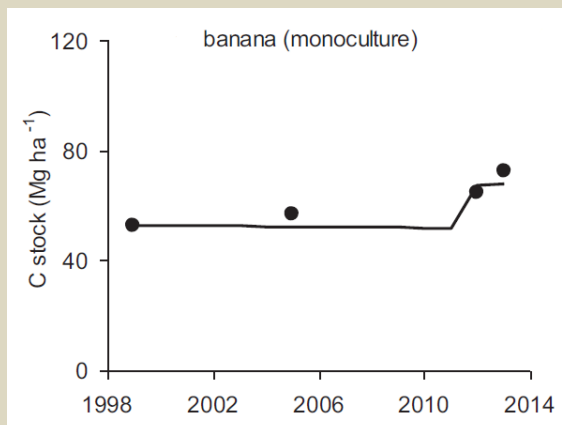


Figure 9 : Effet de l'application d'un compost (50 tonnes/ha) sur le stock de C dans un sol du sud de la Basse-Terre (andosol) sous monoculture de banane. Les points noirs indiquent les mesures de C et la ligne correspond à la simulation faite avec le modèle MorGwanik. D'après Sierra et al. (2015).

Des résultats similaires à ceux de la Figure 9 on été observés pour d'autres systèmes de culture, y compris le maraîchage (Sierra et al., 2015). Dans une étude plus récente (Sierra et al., 2017) nous avons évalué les stocks de C chez 71 agriculteurs, afin d'analyser l'impact du maraîchage sur la MO des sols de Guadeloupe. Nos observations ont mis en évidence que l'application de 10 tonnes/ha/an d'un compost industriel suffit pour conserver la teneur en MO, et éviter ainsi la dégradation des sols sous monoculture maraîchère. En revanche, des pertes de MO de l'ordre de 10% sur 10-12 ans de maraîchage ont été observées dans les parcelles sans application d'aucun amendement organique.

L'ensemble de nos résultats indiquent qu'une utilisation régulière des composts permet de répondre efficacement à la problématique de la décomposition rapide de la MO des sols sous climat tropical.

Impact sur la plante dans le court terme (cycle d'une culture)

Les résultats que nous présentons ici sont issus d'une étude conduite sur la culture d'igname à la demande de l'UPROFIG¹⁹. Nous avons réalisé quatre essais au champ (2 agriculteurs x 2 années) avec quatre traitements, détaillés dans la Figure 10. Nous avons confirmé que la culture d'igname n'a pas une réponse claire et nette à la fertilisation minérale, et le même constat a été effectué pour l'application d'un compost de type industriel.

Les résultats sont cohérents avec notre discussion de la rubrique IV sur la valeur fertilisante des composts. Néanmoins, les résultats de quatre essais ont indiqué une forte interaction "compost x



Photo 11 : Récolte d'igname sur la parcelle amendée d'Arnouville. Crédit photo J. Sierra.

¹⁷ TropEmis : Evaluation régionalisée de l'ÉMISSION et de la séquestration de carbone dans les sols TROPICAUX de Guadeloupe; Reactif : REcherche sur l'Atténuation du Changement Climatique par l'agriculture et la Forêt. Lors de cette étude nous avons analysé l'évolution de la MO sur 253 parcelles représentant toutes les régions pédoclimatiques et les systèmes de culture présents en Guadeloupe.

¹⁸ MorGwanik est un modèle élaboré dans le cadre du projet TropEmis afin d'évaluer l'évolution des teneurs en MO des sols de Guadeloupe sous l'impact du changement climatique.

¹⁹ Union des PRODUCTEURS de la Filière Igname de la Guadeloupe.

engrais", avec des rendements de 30-40% supérieurs pour le traitement CE (Figure 10). Notre hypothèse est que cette interaction est le produit d'un effet des mycorhizes²⁰ appliquées avec le compost, lesquelles ont facilité l'absorption des nutriments apportés par l'engrais.

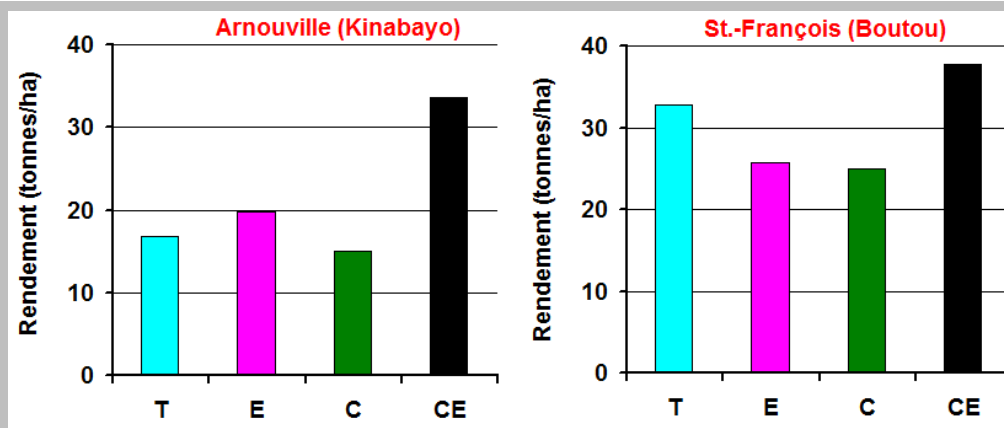


Figure 10 : Réponse de l'igname à l'application des engrais minéraux et d'un compost industriel élaboré en Guadeloupe. T, témoin sans rien; E, engrais minéral NPK (120/60/150 kg/ha); C, compost (15 tonnes/ha); CE, compost + engrais minéral. Les résultats correspondent à la deuxième année d'essai. D'après Sierra et al. (2016).

Ce résultat suggère que la valeur agronomique d'un compost pourrait aller au-delà de deux critères définis dans la rubrique IV : la valeur fertilisante et la valeur amendante. En effet, si ce résultat est confirmé par d'autres recherches, il serait possible d'utiliser un compost à des doses faibles, et en application localisée dans le trou de plantation, afin de booster l'absorption de nutriments par la plante. Pour cela, il faudra analyser si l'effet d'interaction est commun à tous les composts ou particulier à ceux fabriqués à partir d'une matière première spécifique (p.ex. bagasse et déchets verts pour les essais discutés ici).

Afin de comparer l'effet des composts et des vermicomposts, nous avons réalisé une expérimentation en serre avec une plante très sensible à l'apport de nutriments (variété locale de maïs). Nous avons utilisé un sol ferrallitique pauvre en nutriments afin d'augmenter la sensibilité de l'observation des différences entre les traitements (Figure 11). Les résultats ont montré que l'application des composts et des vermicomposts a augmenté de 30% la biomasse de la plante,

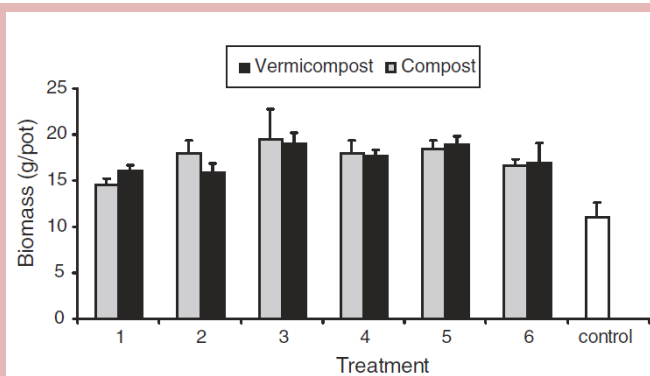


Figure 11 : Réponse du maïs à l'application d'un compost et d'un vermicompost. Les traitements font référence aux % de déchets verts (DV) et de fumier de bovin (FB) dans les co-composts: 1, 100% DV; 2, 80% DV/20% FB; 3, 60% DV/40% FB; 4, 40% DV/60% FB; 5, 20% DV/80% FB; 6, 100% FB. Le contrôle était un témoin sans aucun apport. D'après Sierra et al. (2013).

mais l'effet principal était associé aux pourcentages de déchets verts et du fumier dans le compost plutôt qu'à la différence compost vs. vermicompost (Figure 11). La plus grande biomasse obtenue dans les traitements aux pourcentages intermédiaires est expliquée par l'interaction entre les déchets verts, plus riches en N, et le fumier, plus riche en P.

Plusieurs auteurs ont proposé qu'un effet positif des vermicomposts sur la croissance des plantes soit lié à la présence de phytohormones dans les vermicomposts. D'autres chercheurs ont insisté sur la plus grande richesse des fractions facilement décomposables dans les vermicomposts,

²⁰ Les mycorhizes sont des champignons présents dans le sol dont les hyphes colonisent les racines des plantes ce que favorise l'absorption de nutriments.

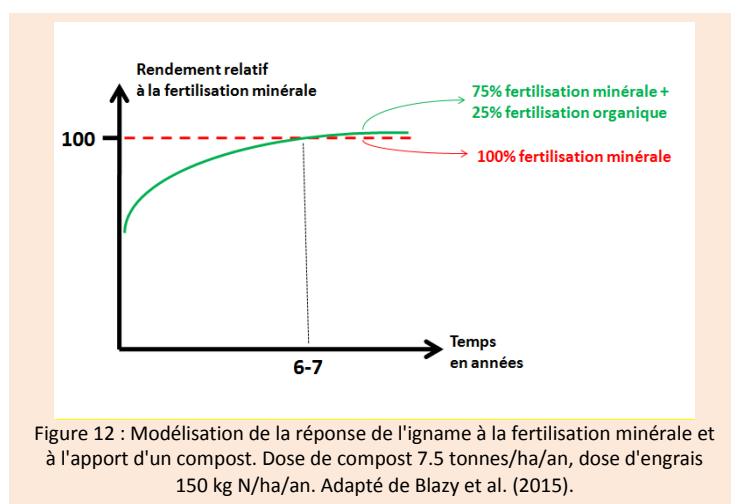
ce que augmenterait leur valeur fertilisante et favoriserait la croissance végétale. Ces hypothèses n'ont pas été vérifiées dans nos études. D'ailleurs, les résultats présentés dans la Figure 7 indiquent que, à égalité des matières premières, les vermicomposts auraient une valeur amendante légèrement supérieure à celle des composts, ce qui va à l'encontre d'un effet plus grand sur la croissance végétale dans le court terme.

Les résultats obtenus pour l'igname au champ (p.ex. non réponse au compost appliqué seul, Figure 10) semblent être en contradiction avec ceux obtenus pour le maïs en serre (p.ex. réponse généralisée positive aux composts et vermicomposts, Figure 11). Pour les composts produits en Guadeloupe, la réponse de la plante à l'application d'un compost dépend essentiellement de l'importance de sa fraction minérale, c'est à dire de la teneur en nutriments immédiatement disponibles (voir rubrique VIII). Il en résulte que ces nutriments ont été mieux conservés dans le sol de l'expérimentation en serre, avec un arrosage contrôlé, que dans l'expérimentation au champ, où leur lessivage a été favorisé par les pluies.

L'ensemble de nos résultats montre que, en Guadeloupe, la réponse d'une culture à l'application des composts peut être affectée par la qualité du produit (p.ex. teneur en fraction minérale), par les conditions climatiques (p.ex. pluies favorisant le lessivage des nutriments) et par la capacité de la plante à absorber les nutriments apportés (p.ex. plus faible pour l'igname).

Impact sur la plante dans le moyen terme (plusieurs cycles de culture)

Dans le monde, il y a peu d'essais sur l'impact de l'application des composts dans le long terme, et les seuls qui existent concernent leur effet sur l'évolution de la MO du sol. Le travail de modélisation est donc une voie à explorer afin d'appréhender leur effet sur la plante au delà d'un cycle de culture. Nous avons utilisé le modèle CropSyst-Yam, adapté et paramétré à l'INRA en Guadeloupe, afin de simuler l'évolution des rendements de l'igname en réponse à l'application d'un compost de type industriel produit en Guadeloupe. Nous avons testé plusieurs scénarii de fertilisation minérale et organique, en nous basant sur les MAEC proposés localement. La Figure 12 montre deux de ces scénarii.



Afin de simplifier la comparaison entre scénarii, nous avons exprimé les rendements en relation au scénario à 100% de fertilisation minérale. Nous traiterons ici seulement le cas de l'N.

L'utilisation de la fertilisation organique induit une chute initiale des rendements à cause de sa faible valeur fertilisante : la plupart de l'N appliqué avec le compost rentre par humification dans la MO du sol, il n'est pas donc disponible pour la plante dans le court terme, ce qu'induit une carence en N.

L'augmentation progressive de la teneur en MO, à cause de l'apport du compost, et la minéralisation de l'N stocké dans cette MO renforce progressivement la disponibilité azotée, ce qui favorise l'amélioration des rendements. Au bout d'une période de 6-7 ans, la disponibilité de N dans le sol et les rendements de la culture sont similaires dans les deux scénarii. C'est à la fin de cette période de transition que la dose de fertilisation minérale peut être réduite et celle du compost augmentée afin de passer à une agriculture plus organique.

Ces résultats sont cohérents avec notre précédente discussion sur le remplacement des engrais minéraux (voir rubrique IV) : les composts ne peuvent pas se substituer complètement aux engrais minéraux dans le court terme sans subir une perte de rendement. Le remplacement doit être progressif afin d'assurer le revenu des agriculteurs et permettre à la MO du sol de jouer son rôle de

fourniture de nutriments dans les moyen et long termes. D'un point de vue pratique, la perte de rendement durant la période de transition pourrait faire l'objet d'une compensation financière via les MAEC.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Blazy JM, Barlagne C, Sierra J, 2015. Environmental and economic impacts of agri-environmental schemes designed in French West Indies to enhance soil C sequestration and reduce pollution risks. A modelling approach. *Agricultural Systems* 140: 11-18. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).
- Sierra J, 2014. Evaluation agronomique, environnementale et économique des Mesures Agro-Environnementales (MAE) concernant l'utilisation de composts en Guadeloupe. Cas d'une culture vivrière. Rapport d'expertise réalisé dans le cadre du projet AgroEcoTrop financé par le FEDER et la Région Guadeloupe. <http://prodinra.inra.fr/record/256113>
- Sierra J, Causeret F, Chopin P, 2017 A framework coupling farm typology and biophysical modelling to assess the impact of vegetable crop-based systems on soil carbon stocks. Application in the Caribbean. *Agricultural Systems* 153: 172-180. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).
- Sierra J, Causeret F, Diman JL, Publicol M, Desfontaines L, Cavalier A, Chopin P, 2015. Observed and predicted changes in soil carbon stocks under export and diversified agriculture in the Caribbean. The case study of Guadeloupe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 213: 252-264. (Article disponible sur demande à jorge.sierra@inra.fr).
- Sierra J, Cornet D, Tournébeze R, Hammouya D, Solvar F, 2016. Réponse de l'igname à la fertilisation et à l'application de composts. 4èmes Journées annuelles des RITA, Paris. <http://coatis.rita-dom.fr/wakka.php?wiki=BibliothequeE&facette>

X- Conclusions & Perspectives

Nos résultats montrent que l'utilisation de composts est une pratique efficace afin de conserver, voire augmenter, la fertilité des sols et pour contribuer au recyclage des déchets organiques en Guadeloupe. Même si la valeur amendante des composts reste à améliorer, appliqués à une dose de 10-15 tonnes/ha/an (50 tonnes/ha à la plantation pour les cultures pluriannuelles) ils permettent de compenser les pertes annuelles de matière organique des sols dans la plupart des systèmes de culture. Cela est d'autant plus important que le réchauffement climatique induit actuellement une accélération de la dégradation de la matière organique, notamment dans les systèmes où le travail du sol est le plus intensif.

Améliorer la qualité des composts implique d'augmenter et de stabiliser leur valeurs amendante et fertilisante. Cela est nécessaire afin, d'une part, de réduire les doses à appliquer (p.ex. réduire le coût de la pratique) et, d'autre part, de fiabiliser les estimations de la quantité de matière organique à apporter pour atteindre un objectif donné (p.ex. accroître la précision des conseils). Il reste encore un travail de développement à réaliser pour définir les modalités de compostage à mettre en œuvre (procédures et matières premières) qui soient à la fois efficaces pour diminuer les pertes de matière organique et des nutriments durant le processus, et accessibles en termes opérationnelles et économiques (p.ex. compostage sous abri, recyclage des lixiviats, etc.).

L'exploitation de la valeur fertilisante des composts, notamment azotée et phosphorée, doit être raisonnée dans le moyen terme afin de donner le temps à la matière organique du sol de jouer son rôle de source de ces nutriments. Ce constat implique que, dans un premier temps, la fertilisation organique doit être gérée pour remplacer partiellement les engrais. La dose de compost pourra par la suite être augmentée et celle des engrais minéraux diminuée, dans le cadre d'une transition du "tout minéral" vers une agriculture plus organique.

Les MAEC devraient être adaptées pour atteindre cet objectif dans le moyen terme, et compenser les pertes de rendements pendant la période de transition. L'objectif de remplacement des engrais minéraux peut aussi être atteint en utilisant d'autres ressources, non compostées, telles que les fumiers, les vinasses, les écumes et les cendres de bagasse. Ce sujet n'a pas été traité ici mais fait partie du projet Vamafor-G du programme Rita 2 (VALorisation des MATières Fertilisantes d'Origine Résiduaire en Guadeloupe)²¹, dont le démarrage est prévu en 2017.

²¹ Les partenaires de ce projet sont la Chambre d'Agriculture, l'INRA, le CTCs, l'IT2, Iguacanne et Ikare.

Toutes les formes de compostage devraient être promues en Guadeloupe (domestique, à la ferme, industriel) à la fois pour des raisons environnementales, économiques et agronomiques. Pour certains déchets organiques, cela nécessitera des arbitrages entre les différentes modalités de valorisation (p.ex. production d'amendement ou d'énergie). En tout état de cause, l'évaluation des performances agro-environnementales et économiques de ces filières requiert la prise en compte des pertes carbonées du sol, avec l'augmentation simultanée d'émissions des gaz à effet de serre, et des pertes de productivité agricole, en absence des restitutions conséquentes au sol.



Crédit photo J. Tirolien, L. de Roffignac, Conseil Départemental, J. Sierra