

Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole



Pour se procurer les publications de la FAO, s'adresser au:

GRUPE DES VENTES ET DE LA COMMERCIALISATION
Division de l'information
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Viale delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italie

Courriel: publications-sales@fao.org

Télécopie: (+39) 06 57053360

Site Internet: <http://www.fao.org>

Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole

DOCUMENTS
DE TRAVAIL
SUR LES TERRES
ET LES EAUX

2

Rédigé par

R.V. Misra
Consultant FAO

R.N. Roy
Division de la mise en valeur des terres et des eaux
FAO, Rome

H. Hiraoka
Bureau régional pour l'Asie et le Pacifique
FAO, Bangkok

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au:

Chef du Service de la gestion des publications
Division de l'information, FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie
ou, par courrier électronique, à:
copyright@fao.org

Table des matières

Remerciements	vi
Préface	vii
Acronymes	viii
Résumé	ix
1. Techniques et processus de compostage	1
Types de compostage	1
Le processus de compostage aérobic	2
Facteurs influençant le compostage aérobic	3
Aération	3
Humidité	3
Éléments nutritifs	3
Température	3
Teneur en lignine	3
Polyphénols	4
Valeur du pH	4
Techniques pour un compostage aérobic efficace	4
Aération améliorée	4
Inoculation	5
Apport nutritionnel supplémentaire	6
2. Compostage à petite échelle	7
Méthodes traditionnelles	7
Compostage anaérobic	7
Le compostage aérobic avec une aération passive	8
Méthodes rapides	10
Compostage aérobic à température élevée	10
Compostage aérobic à température élevée avec inoculation	14
Enrichissement du compost	19
3. Compostage à grande échelle	21
Compostage en andain	21
Andains retournés	21
Andains aérés passivement	22
Tas statique aéré	23
Compostage en récipient clos	24
Compostage en casier	24
Compostage en casier passivement aéré des déchets municipaux de Phnom Penh	25
Lits rectangulaires remués	26
Silos	27
Tambours rotatifs	27
Conteneurs transportables	28

4. Vermicompostage	29
Types de vers de terre	29
Études de cas	30
Vermicompostage aux Philippines	30
Vermicompostage à Cuba	31
Vermicompostage en Inde	31
Amélioration de la production de vermicompost	33
Intégration du compostage traditionnel au vermicompostage	33
Références	35

Liste des tableaux

1. Principales caractéristiques de techniques de compostage aérobie à petite échelle 6

Liste des figures

1. Les changements de température et les populations de champignons dans un compost à base de paille de blé 2
2. Compostage en tas en Équateur 11
3. Schéma du tas statique aéré 23
4. Système de compostage en lits rectangulaires remués 26

Liste des photographies

1. Déchets organiques déversés dans une fosse où ils sont dispersés en couche régulière. 10
2. Unité de compostage rapide basé sur les micro-organismes efficaces à Myanmar
3. Fosses à compost 15
4. Tas de compost en préparation 16
5. Le tas est recouvert d'une bâche en plastique quand la hauteur désirée est atteinte 16
6. Le tas est retourné 16
7. Andains dans une exploitation agricole 21
8. Compostage en casier 25
9. Élevage de vers de terre 29

Remerciements

Ce document a bénéficié des contributions apportées par les participants à la conférence électronique. Des remerciements particuliers sont adressés à MM. R.N. Roy et R.V. Misra pour leur contribution à l'élaboration de cette publication et à la conception et au lancement de la conférence électronique. M. H. Hiraoka est remercié pour ses suggestions et ses contributions. Nos remerciements vont également à M^{elle} I. Verbeke et M. W. Burgos León qui ont préparé la version française de ce document.

Préface

Le compostage offre des solutions très intéressantes permettant de transformer en ressource les déchets organiques de l'exploitation agricole. Cependant, les agriculteurs de nombreuses régions du monde, et tout particulièrement dans les pays en voie de développement, ne réussissent pas à utiliser les potentialités offertes par le compostage. En effet, ils doivent faire face à diverses contraintes dont un manque de sensibilisation à l'égard de technologies efficaces et rapides qui facilitent le travail.

De nombreuses approches des techniques de compostage ont été utilisées par les agriculteurs dans différentes situations. Cependant, les informations relatives aux méthodologies de compostage récemment mises au point, particulièrement celles s'adressant aux petits exploitants, restent dispersées et nécessitent une compilation. Afin de prendre en compte ce problème, la Division de la mise en valeur des terres et des eaux (AGL) de la FAO a organisé une conférence électronique de mai 2002 à mars 2003 intitulée «Recyclage des matières organiques: méthodes de compostage au sein de l'exploitation agricole». Cette conférence électronique a servi de plate-forme aux institutions, aux agences et aux scientifiques et leur a permis d'échanger et de partager des idées, des informations, des opinions et des expériences à cet égard. Un document de base examinant les approches et les méthodologies existantes, mis à la disposition des participants, a servi de point de départ aux débats.

Cette publication est le résultat d'une synthèse des contenus techniques du document de base et des contributions de la conférence électronique, complétée ultérieurement par des analyses et publications plus récentes. La publication présente un aperçu de la situation actuelle des méthodes de compostage dans l'exploitation agricole, et insiste sur l'importance des processus rapides de compostage adaptés aux petits exploitants des pays en voie de développement. Elle met l'accent sur les caractéristiques des différentes approches et les améliorations apportées au cours du temps.

L'objectif de la publication est d'offrir une information mise à jour sur les méthodes de production du compost à l'intention de la communauté scientifique, des agents de vulgarisation, des organisations non gouvernementales, des communautés paysannes, et des acteurs impliqués dans le développement agricole. De plus, elle vise à promouvoir l'adoption à grande échelle de techniques de compostage efficaces et rapides, et a comme objectif fondamental d'améliorer la productivité du sol dans les pays en voie de développement et de protéger l'environnement de la dégradation.

Acronymes

ACF	Activateur de compost fongique
C	Carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
IBS	Institut des sciences biologiques, Philippines
K	Potassium
ME	Micro-organisme efficace
N	Azote
O	Oxygène
ONG	Organisation non gouvernementale
P	Phosphore

Résumé

Les préoccupations croissantes relatives à la dégradation des terres, à l'utilisation irrationnelle des engrais minéraux, à la pollution de l'air, à la qualité du sol, à la biodiversité du sol et à la santé publique ont ravivé l'intérêt à l'égard des pratiques de recyclage des matières organiques telles que le compostage. Le potentiel offert par le compostage, qui permet de transformer les déchets de l'exploitation agricole en ressources pour cette même exploitation, se révèle être une proposition très intéressante. Le compostage présente des intérêts tels que l'amélioration de la fertilité et de la qualité du sol, provoquant ainsi une augmentation de la productivité agricole, une meilleure biodiversité du sol, une réduction des risques écologiques et un environnement plus favorable. Malgré cela, de nombreux agriculteurs, tout particulièrement dans les pays en voie de développement, ne réussissent pas à utiliser au mieux les possibilités offertes par le recyclage de la matière organique. Ces agriculteurs doivent faire face dans leur travail quotidien à diverses contraintes comme le manque de connaissance des techniques rapides et efficaces, des délais importants, un fort besoin de main-d'œuvre, de terres et d'investissement et des facteurs économiques.

Compte tenu du nombre important d'ouvrages consacrés aux méthodes de compostage, cette publication ne présente qu'un bref compte-rendu sélectif des principales approches tout en distinguant les pratiques de compostage à petite et à grande échelle. Alors que les systèmes de production à petite échelle utilisent des techniques et une infrastructure en général plus adaptées aux agriculteurs d'un point de vue technique et financier, les systèmes à grande échelle nécessitent un investissement pour des conteneurs et/ou pour le retournement, ainsi que de plus grandes connaissances et compétences pour surveiller le processus. Ainsi, les systèmes de production à petite échelle pourront aider les petits exploitants individuels avec des technologies adaptées aux circonstances spécifiques, alors que les systèmes de production à grande échelle permettront de satisfaire la demande d'un agriculteur ou d'un groupe d'agriculteurs.

La publication fait aussi une distinction entre les pratiques de compostage rapides et les traditionnelles. Cette distinction est principalement basée sur la différence entre les pratiques conventionnelles et celles ayant subi récemment des changements qui permettent d'accélérer le processus. Ces dernières impliquent l'application seule ou en combinaison de traitements tels que le broyage et des retournements fréquents, des composés minéraux azotés, des micro-organismes efficaces, l'utilisation de vers, d'organismes cellulolytiques, l'aération forcée et les retournements mécaniques.

Les méthodes traditionnelles adoptent généralement une approche basée sur la décomposition anaérobie ou sur la décomposition aérobie utilisant une aération passive par le biais de retournements limités et peu fréquents ou d'approvisionnements fixes en air tels que des bâtons ou tuyaux perforés. Ce processus prend plusieurs mois. Par contre, en utilisant les techniques récemment développées mentionnées ci-dessus, les méthodes rapides accélèrent le processus de décomposition aérobie et réduisent la période de compostage à environ 4 à 5 semaines. La plupart de ces méthodes permettent d'obtenir une température élevée donnant un produit final avec une plus grande valeur du fait de l'élimination des pathogènes et des graines d'adventices.

Les méthodes traditionnelles basées sur le compostage passif impliquent de disposer les matières en tas ou dans des fosses afin qu'elles se décomposent sur une longue période avec un minimum de retournement et de gestion. Utilisant cette approche, la méthode indienne de Bangalore utilise une décomposition anaérobie pour la majeure partie des opérations et nécessite entre 6 et 8 mois pour produire du compost. Cette

méthode est principalement employée pour traiter les déchets urbains dans les pays en voie de développement. Le compostage passif des tas de fumier, utilisé dans les grandes exploitations agricoles des pays occidentaux, emploie une méthode similaire. La période active de ce processus de compostage peut prendre de un à deux ans.

Les méthodes indiennes Indore augmentent légèrement l'aération passive grâce à quelques retournements, permettant ainsi une décomposition aérobie et la production de compost dans un délai d'environ quatre mois. La méthode rurale chinoise de compostage en fosses utilise une aération passive par le biais de retournements afin d'obtenir un produit fini en deux ou trois mois. Ces méthodes sont fréquemment utilisées dans les pays en voie de développement. Bien que les besoins en main-d'œuvre soient très importants, ces méthodes n'impliquent pas de budgets considérables et ne nécessitent pas une infrastructure et des équipements sophistiqués. Les petits exploitants les considèrent comme facilement utilisables, surtout si la main-d'œuvre ne représente pas une contrainte. Cependant, le faible rendement et la longueur du processus sont les principaux inconvénients de ces méthodes.

Les méthodes rapides, telles que le compostage rapide Berkley et le compostage à chaud de l'université d'état du Nord Dakota, mettent en jeu une décomposition aérobie couplée à une série de techniques: broyage des matières premières en petits morceaux; utilisation de composés minéraux tels que le sulfate d'ammonium, les fientes de poulet et l'urine; et retournement quotidien du compost. Alors que le broyage est possible avec une assistance mécanique réduite pour de petites installations, la mécanisation pourra être nécessaire pour les applications à grande échelle. Alors que la méthode de compostage rapide Berkley demande une période active de compostage de deux à trois semaines du fait d'un retournement extrêmement fréquent, la méthode de compostage à chaud de l'université d'état du Nord Dakota peut nécessiter de quatre à six semaines.

Le processus de compostage rapide basé sur les micro-organismes efficaces (MEs) implique une décomposition aérobie, dans des fosses ou sur une surface plane, des matières premières telles que la balle ou le son de riz, la paille de riz et la bouse de vache. Cette méthode utilise les MEs comme activateurs pour accélérer le processus de décomposition. L'utilisation des MEs comme activateurs réduit la période de compostage de 12 à 4 semaines. Un exemple de méthode basée sur une culture cellulolytique est le compostage rapide développé par l'Institut des sciences biologiques aux Philippines. Ses principales caractéristiques sont les suivantes: broyage des matières organiques végétales, dépôt des matériaux broyés en andains, aération passive grâce à des conduits permettant le passage de l'air, et utilisation de champignons décomposant la cellulose (*Trichoderma harzianum*). Le processus prend environ quatre semaines.

La méthode des andains retournés a été utilisée dans les exploitations agricoles de grandes dimensions, tout particulièrement dans les pays développés. Les andains sont retournés périodiquement grâce à un chargeur à godet ou grâce à une machine spéciale permettant de retourner les andains. L'opération de retournement mélange les matériaux en compostage, augmente l'aération passive et offre de bonnes conditions pour la décomposition aérobie. Les opérations de compostage peuvent prendre jusqu'à huit semaines. Les andains aérés de façon passive évitent le retournement car l'air est fourni au compost via des tuyaux qui font office de conduit. La période active de compostage dure de 10 à 12 semaines.

Les méthodes d'aération mécanique forcée, telles que la technique des tas immobiles aérés, réduisent les durées de compostage de façon significative, permettent d'obtenir des tas plus larges et plus hauts, et ont besoin de moins de surface que les méthodes utilisant le retournement du fourrage et d'andains aérés passivement. Cependant, les connaissances relatives à l'utilisation de tas aérés immobiles avec les déchets agricoles sont limitées. Cette technologie est communément utilisée pour traiter les boues d'épuration urbaines. La période active de compostage dure de trois à cinq semaines.

Les méthodes d'aération mécanique forcée et de retournement mécanique accéléré telles que le compostage en conteneurs sont des systèmes commerciaux spécialement conçus, et dont les avantages potentiels comprennent: une main-d'œuvre réduite, une moindre sensibilité aux intempéries, un contrôle efficace du processus, un compostage plus rapide, de faibles exigences en surface occupée, et une bonne qualité du produit final. Parmi ces systèmes, le bac à compost et les lits rectangulaires remués ont été utilisés dans certaines grandes exploitations agricoles de pays développés. Le compostage en bacs implique: une aération forcée dans le bas du bac; un léger retournement du compost; et le transfert du compost d'un bac à un autre. Bien que l'investissement initial soit élevé et que les coûts récurrents de fonctionnement et de maintenance nécessaires au compostage en bacs puissent limiter son adoption, il existe des pratiques techniquement et financièrement abordables pour les pays en voie de développement telles que le compostage des déchets urbains en bacs aérés passivement (à Phnom Penh).

De plus, il existe une autre approche récemment introduite, appelée vermicompostage (ou lombricompostage). Le vermicompostage n'est pas un compostage en tant que tel car les matières organiques ne sont pas décomposées par les micro-organismes, mais par dégradation enzymatique via le système digestif des vers de terre. Ce sont les déjections des vers qui sont utilisées. Le vermicompostage donne un compost de haute qualité et ne nécessite pas un retournement physique du tas de compost. Afin de maintenir les conditions aérobies et de limiter l'augmentation de la température, le tas de compost doit être de taille limitée. Les températures ont besoin d'être régulées afin de favoriser la croissance et l'activité des vers. Cependant, cette approche a un rendement plus faible que d'autres méthodes rapides et le processus de compostage prend de six à douze semaines.

Dans certains cas, une combinaison des méthodes de décomposition aérobie, anaérobie et vermicompostage peut être utile pour obtenir une production plus efficace d'un compost de haute qualité. Par exemple, le compostage traditionnel peut être associé au vermicompostage. En effet, alors qu'une température élevée assure une meilleure qualité de compost grâce à la destruction des pathogènes et des graines d'adventices, les vers se chargent du retournement et de l'aération, réduisant ainsi les besoins de main-d'œuvre et d'investissement.

Chapitre 1

Techniques et processus de compostage

Le compostage est un processus naturel de «dégradation» ou de décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions bien définies. Les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets animaux, les restes alimentaires, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés, peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisant, une fois le processus de compostage terminé.

Le compost est une source importante de matière organique. La matière organique du sol joue un rôle important dans la durabilité de la fertilité, et donc pour une production agricole durable. En plus d'être une source d'éléments nutritifs pour les cultures, la matière organique améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol. Suite à ces améliorations, le sol: (i) devient plus résistant aux agressions telles que la sécheresse, les maladies et la toxicité, (ii) aide la culture à mieux prélever les éléments nutritifs, (iii) présente un cycle nutritif de bonne qualité en raison d'une activité microbienne vigoureuse. Ces avantages se manifestent par une réduction des risques pour les cultures, des rendements plus élevés et une réduction des dépenses des agriculteurs pour l'achat d'engrais minéraux.

TYPES DE COMPOSTAGE

Le compostage peut être divisé en deux catégories selon la nature du processus de décomposition. Lors du compostage anaérobie, la décomposition se produit quand l'oxygène (O) est absent ou présent en quantité limitée. Dans ce processus, les micro-organismes anaérobies dominent et élaborent des composés intermédiaires comme du méthane, des acides organiques, du sulfure d'hydrogène et d'autres substances. En l'absence d'oxygène, ces composés s'accumulent et ne sont pas métabolisés. Un grand nombre de ces composés ont des odeurs fortes et certains d'entre eux présentent une phytotoxicité. Comme le compostage anaérobie est un processus s'effectuant à basse température, les graines d'adventices et les pathogènes ne sont pas affectés. De plus, le processus nécessite souvent plus de temps que le compostage aérobie. Ces inconvénients contrebalancent les avantages de ce processus, à savoir le peu de travail nécessaire et la perte limitée d'éléments nutritifs au cours du processus.

Le compostage aérobie a lieu en présence d'une grande quantité d'oxygène. Au cours de ce processus, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent du gaz carbonique (CO₂), de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus, qui est le produit organique final relativement stable. Bien que le compostage aérobie puisse produire des composés organiques intermédiaires comme certains acides organiques, ceux-ci sont ensuite décomposés par des micro-organismes aérobies. Le compost ainsi obtenu, qui a une forme relativement instable de matière organique, ne comporte que très peu de risque de phytotoxicité. La chaleur générée accélère la décomposition des protéines, des graisses et des sucres complexes tels que la cellulose et l'hémicellulose et réduit la durée du processus. De plus, ce processus détruit de nombreux micro-organismes, qui sont des pathogènes pour les humains ou les plantes, ainsi que les graines d'adventices, dans la mesure où la température atteinte est suffisamment élevée. Bien que les éléments nutritifs soient perdus en quantité plus importante lors du compostage aérobie, celui-ci est considéré plus efficace et utile que

le compostage anaérobie pour la production agricole. La présente publication traite d'ailleurs majoritairement du compostage aérobie.

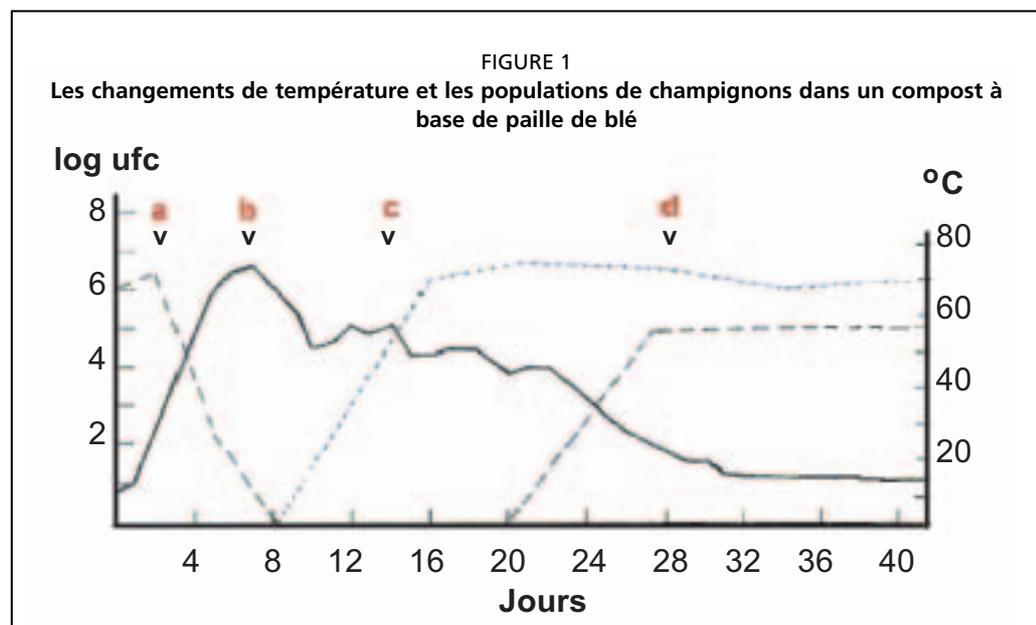
Un effet de compostage peut aussi être obtenu par dégradation enzymatique des matières organiques qui passent à travers le système digestif des vers de terre. Ce processus est appelé vermicompostage.

LE PROCESSUS DE COMPOSTAGE AÉROBIE

Le processus de compostage aérobie débute par la formation du tas. Dans de nombreux cas, la température atteint rapidement 70 à 80°C au cours des deux premiers jours. Tout d'abord, des organismes mésophiles (dont la température de croissance optimale est comprise entre 20 et 45°C) se multiplient rapidement grâce aux sucres et acides aminés facilement disponibles (figure 1). Ils produisent de la chaleur par leur propre métabolisme et élèvent la température à un point tel que leurs propres activités sont inhibées. Alors, quelques champignons ainsi que de nombreuses bactéries thermophiles (dont la température de croissance optimale est comprise entre 50 et 70°C) poursuivent le processus, en augmentant la température du compost à 65°C, voire même plus. Cette hausse de température est cruciale pour la qualité du compost car la chaleur tue les pathogènes et les graines d'adventices.

La phase active de compostage est suivie par une période de maturation, pendant laquelle la température du tas diminue graduellement. Le début de cette phase est identifiable lorsque le retournement ne provoque plus d'augmentation de la température du mélange. A ce stade, un autre groupe de champignons thermophiles apparaît, responsables d'une étape importante de décomposition des matériaux composant les membranes cellulaires végétales comme la cellulose et l'hémicellulose. La maturation du compost permet d'éviter les risques entraînés par l'utilisation d'un compost immature: faim d'azote (N) et déficience en oxygène, et effets toxiques des acides organiques sur les plantes.

Finalement, la température diminue jusqu'à la température ambiante. Quand le compost est prêt, le tas devient plus homogène et moins biologiquement actif bien que des organismes mésophiles recolonisent le compost. Le matériau devient brun foncé à



Note: Ligne continue = température; ligne en tiret = population de champignons mésophiles; ligne en pointillée = population de champignons thermophiles; axe des Y (gauche) = populations fongiques (logarithme du nombre d'unités formant des colonies (ufc) par gramme de compost placé dans une boîte de gélose); axe des Y (droit) = température au cœur du compost. a, b, c et d = différentes phases de la courbe de température.

Source: <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/thermo.htm>

noir. Les particules sont plus petites et homogènes, et la texture ressemble à celle d'un sol. Au cours du processus, la quantité d'humus augmente, le rapport entre le carbone et l'azote (C/N) diminue, le pH devient neutre, et la capacité d'échange du matériau augmente.

FACTEURS INFLUENÇANT LE COMPOSTAGE AÉROBIE

Aération

Le compostage aérobie nécessite d'importantes quantités d'oxygène, tout particulièrement lors du stade initial. L'aération est la source d'oxygène, et se trouve être ainsi un facteur indispensable pour le compostage aérobie. Quand l'approvisionnement en oxygène n'est pas suffisant, la croissance des micro-organismes aérobies se trouve limitée, ce qui ralentit la décomposition. De plus, l'aération permet de diminuer l'excès de chaleur et d'éliminer la vapeur d'eau et les autres gaz piégés dans le tas. L'évacuation de la chaleur est particulièrement importante dans les climats chauds, compte tenu des risques plus élevés de surchauffe et d'incendie. Par conséquent, une bonne aération est indispensable pour un compostage efficace. Celle-ci pourra être atteinte si la qualité physique des matériaux (taille des particules et teneur en eau), la taille du tas et la ventilation sont contrôlées et si le mélange est fréquemment retourné.

Humidité

L'humidité est nécessaire pour assurer l'activité métabolique des micro-organismes. Le compost devrait avoir une teneur en eau de 40 à 65 pour cent. Si le tas est trop sec, le processus de compostage est plus lent, alors qu'au-dessus de 65 pour cent d'humidité, des conditions anaérobies se rencontrent. En pratique, il est conseillé de commencer le tas avec une teneur en eau de 50 à 60 pour cent, pour atteindre à la fin du processus, une humidité de 30 pour cent.

Éléments nutritifs

Les micro-organismes ont besoin de C, N, phosphore (P) et potassium (K) comme éléments nutritifs principaux. Le rapport C/N est un facteur particulièrement important. Le rapport optimal C/N se situe entre 25 et 30 bien que des rapports situés entre 20 et 40 soient aussi acceptables. Quand le C/N est supérieur à 40, la croissance des micro-organismes est limitée, et implique une durée de compostage plus longue. Un rapport C/N inférieur à 20 entraîne une sous-utilisation de l'azote et le surplus d'azote pourra alors être perdu dans l'atmosphère sous forme d'ammoniac ou d'oxyde nitreux, et l'odeur pourra devenir un problème. Le rapport final C/N devrait se situer entre 10/1 et 15/1.

Température

Le processus de compostage met en œuvre deux gammes de température: mésophile et thermophile. Alors que la température idéale pour la phase initiale de compostage est de 20 à 45°C, par la suite, les organismes thermophiles ayant pris le contrôle des étapes ultérieures, une température située entre 50 et 70°C est idéale. Les températures élevées caractérisent les processus de compostage aérobie et sont les indicateurs d'une activité microbienne importante. Les pathogènes sont en général détruits à 55°C et plus, alors que le point critique d'élimination des graines d'adventices est de 62°C. Le retournement et l'aération peuvent être utilisés pour réguler la température.

Teneur en lignine

La lignine est un des principaux constituants des parois cellulaires des plantes, et sa structure chimique complexe la rend hautement résistante à la dégradation microbienne (Richard, 1996). La nature de la lignine a deux implications. Premièrement, la lignine réduit la biodisponibilité des autres constituants des parois cellulaires, ce qui se traduit

par un rapport réel C/N (rapport entre C biodégradable et N) plus faible que celui généralement mentionné. Deuxièmement, la lignine sert d'amplificateur de porosité, ce qui crée des conditions favorables pour le compostage aérobie. Par conséquent, alors que l'apport de champignons décomposeurs de lignine peut dans certains cas augmenter le carbone disponible, accélérer le compostage et réduire les pertes azotées, dans d'autres cas, cela risque d'entraîner un rapport réel C/N plus élevé et une porosité médiocre, deux facteurs responsables d'un allongement de la durée de compostage.

Polyphénols

Les polyphénols comprennent les tannins hydrolysables et condensés (Schorth, 2003). Les tannins insolubles condensés lient les parois cellulaires et les protéines et les rendent physiquement et chimiquement moins accessibles aux décomposeurs. Les tannins solubles condensés et hydrolysables réagissent avec les protéines et réduisent leur dégradation microbienne et donc les rejets azotés. Les polyphénols et la lignine attirent plus l'attention en tant que facteurs inhibiteurs. Palm *et al.* (2001) ont suggéré que les teneurs de ces deux substances soient utilisées pour classer les matières organiques afin d'obtenir une meilleure utilisation des ressources naturelles au sein de l'exploitation agricole, y compris le compostage.

Valeur du pH

Bien que l'effet tampon naturel du compostage permette l'utilisation de substances dans une large gamme de pH, celui-ci ne devrait pas être supérieur à 8. A des pH plus élevés, une plus grande quantité d'ammoniac est générée et risque d'être perdue dans l'atmosphère.

TECHNIQUES POUR UN COMPOSTAGE AÉROBIE EFFICACE

Une simple reproduction des pratiques de compostage ne donne pas toujours le meilleur résultat. En effet, le compostage a lieu dans diverses régions, sous des climats différents et utilise des matières différentes dotées de propriétés physiques, chimiques et biologiques variées. La compréhension des principes, des options techniques et de leurs applications pourra être précieuse pour offrir un environnement optimal au tas de compost.

Aération améliorée

Afin d'obtenir un produit final de qualité homogène, l'ensemble du tas devrait recevoir une quantité suffisante d'oxygène pour que les micro-organismes aérobies prospèrent de manière uniforme. Les méthodologies présentées dans cette publication ont utilisé les techniques décrites ci-dessous.

Taille du tas et porosité du compost

La taille du tas est d'importance capitale et est évoquée dans les sections relatives au compostage passif des tas de fumier (chapitre 2) et au retournement des andains (chapitre 3). Quand le tas ou l'andain est trop grand, des zones anaérobies peuvent se former à proximité du centre, ce qui ralentit le processus dans ces zones. Par contre, les tas ou les andains qui sont de trop petite taille perdent rapidement leur chaleur et ne vont pas atteindre une température suffisamment élevée pour permettre l'évaporation de l'eau et l'élimination des pathogènes et des graines d'adventices. Les paramètres tels que certaines propriétés physiques (porosité) du compost et la façon de former le tas devraient être pris en compte pour définir la taille optimale des tas et des andains. Alors que les matières plus poreuses permettent de créer des tas plus grands, des poids importants ne devraient pas être placés au sommet du tas et les matières devraient être gardées aussi foisonnantes que possible. Le climat est aussi un facteur à prendre en compte. Afin de minimiser les pertes de chaleur, les tas de grande dimension sont appropriés pour les

climats froids. Cependant, dans les climats plus chauds, ces tas peuvent surchauffer, voire même dans certains cas extrêmes (75°C et plus) prendre feu.

Ventilation

La possibilité de ventiler complète les efforts visant à optimiser la taille du tas. Les méthodes de ventilation sont variées. La méthode la plus simple est de faire des trous dans le tas à plusieurs endroits. La méthode chinoise de compostage à température élevée (chapitre 2) implique l'insertion de tiges de bambou dans le tas, tiges qui sont enlevées un jour plus tard, laissant ainsi des trous d'aération. L'aération est améliorée en apportant davantage d'air à la base du tas, où l'insuffisance en oxygène est fréquente. En plus des tronçons verticaux de bambous mentionnés ci-dessus, le compostage dans une exploitation agricole en Équateur utilise un treillage de branches mortes à la base afin de permettre à une plus grande surface du tas de rester en contact avec l'air. La durée de compostage est ainsi réduite de deux à trois mois pendant les saisons chaudes. Cette technique est aussi utilisée par la méthode de compostage rapide élaborée par l'Institut des sciences biologiques (IBS) aux Philippines (chapitre 2), où la plate-forme devrait se trouver à 30 cm au-dessus du sol. La méthode des andains aérés passivement (chapitre 3) utilise une méthode plus sophistiquée, exigeant un enfouissement de tuyaux perforés dans le tas. Compte tenu de l'ouverture à l'extrémité des tuyaux, un flux d'air apparaît et l'oxygène est ainsi apporté continuellement au tas. Le système d'aération utilisé dans la méthode du tas aéré statique (chapitre 3) va encore plus loin car un ventilateur produit un flux d'air afin de créer une dépression (aspiration) dans le tas et de l'air frais est ainsi apporté de l'extérieur.

Retournement

Une fois le tas formé et la décomposition débutée, la seule technique permettant d'améliorer l'aération est le retournement. Comme le montre le tableau 1, la fréquence de retournement est cruciale pour la durée de compostage. Alors que la méthode indienne Bangalore (chapitre 2) demande entre six et huit mois pour arriver à maturation, la méthode indienne Coimbatore (chapitre 2), avec un seul retournement, ne nécessite que quatre mois, et trois mois sont exigés pour la méthode rurale chinoise de compostage en fosses (tas retourné trois fois). Un exemple extrême est celui de la méthode de compostage rapide Berkley (chapitre 2), où le retournement se fait quotidiennement, et le produit final est obtenu au bout de deux semaines. Dans certains cas, non seulement le retournement répartit l'air dans tout le tas, mais il permet d'éviter la surchauffe en éliminant les micro-organismes dans le tas et met fin à la décomposition. Cependant, un retournement trop fréquent peut s'avérer être un facteur de diminution de la température.

Inoculation

Alors qu'une aération améliorée peut suffire pour augmenter les activités microbiennes, l'inoculation de micro-organismes peut parfois s'avérer nécessaire. Les micro-organismes utilisés pour le compostage sont principalement des champignons tels que *Trichoderma* sp. (compostage rapide IBS et compostage des adventices– chapitre 2) et *Pleurotus* sp. (compostage Coir Pith (chapitre 2) et compostage des adventices). Cette publication s'intéresse également aux «micro-organismes efficaces» (processus de production rapide de compost basé sur les ME, chapitre 2). Les inoculums sont économiquement abordables pour les agriculteurs qui ont accès au marché et ceux qui n'ont que très peu de ressources. Le coût de production peut être réduit dans la mesure où les inoculums utilisés sont prélevés dans les fosses à compost (méthode indienne Indore, chapitre 2), en achetant le produit commercial et en le multipliant au niveau de l'exploitation (processus de production rapide de compost basé sur les ME), et en utilisant des inoculums naturels issus des sols et des feuilles de plantes.

TABLEAU 1
Principales caractéristiques de techniques de compostage aérobie à petite échelle

Méthode	Caractéristiques principales					Durée
	Réduction de la taille du substrat	Intervalle entre les retournements (jours)	Apport d'un surplus d'aération	Inoculation microbienne	Amélioration de la nutrition microbienne	
Fosses Indore		+15, +30, +60		Inoculum des anciennes fosses		4 mois
Tas Indore	Hachage	+42, +84				4 mois
Fosse chinoise		+30, +60, +75			Superphosphate	3 mois
Compost chinois à haute température	Hachage	+15	Trous d'aération dans le tas grâce à des tiges de bambous / tiges de maïs		Superphosphate	2 mois
Compostage à la ferme en Équateur		+21	Treillage de branches mortes / bâtons à la base du tas			2-3 mois en été; 5-6 mois en hiver
Compostage rapide Berkley	Broyage	Retournement quotidien ou un jour sur deux				2 semaines avec retournement quotidien et 3 semaines avec retournement un jour sur deux
Compostage à chaud de l'université de l'état du Nord Dakota	Hachage	+3 ou +4	4-5 trous au centre du tas		0,12 kg N pour 90 cm de matière sèche	4-6 semaines
Compostage rapide basé sur les micro-organismes efficaces		+14, +21		ME	Mélasses	4-5 semaines
Compostage rapide de l'IBS	Hachage	+7, +14, et ensuite chaque deux semaines	Plate-forme surélevée / tiges de bambous perforées	<i>Trichoderma</i> sp.		3-7 semaines

Apport nutritionnel supplémentaire

Les techniques mentionnées ci-dessus ont souvent besoin d'être associées à un apport d'éléments nutritifs. Une des pratiques les plus courantes est d'ajouter des engrais minéraux, tout particulièrement de l'azote, afin de diminuer un rapport C/N élevé. De la même manière, du phosphate est quelquefois appliqué car le rapport C/P du mélange est également un facteur important (ce rapport devrait se situer entre 75 et 150). Lorsque des micro-organismes sont inoculés, ils ont besoin de sucres et d'acides aminés afin de stimuler leurs premières activités, aussi des mélasses sont souvent ajoutées à cet effet.

Déchiquetage/hachage/broyage

La réduction de la taille ou le déchiquetage/broyage des matières, est une technique très utilisée qui augmente la surface disponible pour l'action des micro-organismes et offre une meilleure aération. Cette technique est d'ailleurs particulièrement efficace et nécessaire pour des matières dures comme le bois.

Autres mesures

L'addition de chaux est aussi présentée dans cette publication. La chaux est supposée affaiblir la structure ligneuse des plantes et augmenter la population microbienne. Cependant, dans certains cas, le chaulage n'est pas recommandé car le tas risque de devenir trop alcalin ce qui pourrait ainsi provoquer une importante perte d'azote.

Chapitre 2

Compostage à petite échelle

MÉTHODES TRADITIONNELLES

Compostage anaérobie

Méthode indienne Bangalore

Cette méthode de compostage a été mise au point à Bangalore (Inde) en 1939 (FAO, 1980). Elle est recommandée quand des matières fécales et des déchets sont utilisés pour préparer du compost. Cette méthode limite bon nombre de désavantages de la méthode Indore (voir ci-dessous), comme la nécessité de protéger le tas de compost des conditions climatiques défavorables, les pertes en éléments nutritifs causées par les vents et un soleil forts, l'exigence de retournement fréquent et les gênes dues aux mouches. Cependant, la durée de production du compost est nettement plus longue. La méthode est appropriée pour des zones caractérisées par de faibles précipitations.

Préparation de la fosse

Des tranchées ou des fosses d'environ 1 mètre de profondeur sont creusées; la largeur et la longueur des tranchées peuvent varier selon la surface disponible et le type de matériau à composter. Le choix du site est identique à celui de la méthode Indore. Les tranchées devraient avoir des parois inclinées et le fond avec une pente de 90 cm afin d'empêcher l'engorgement du mélange.

Remplissage de la fosse

Les résidus organiques et les matières fécales sont disposés en couches successives. Une fois remplie, la fosse est recouverte par une couche de matière organique de 15 à 20 cm. Les matériaux peuvent rester dans la fosse sans retournement ni arrosage pendant trois mois. Au cours de cette période, les matières se tassent en raison de la réduction du volume de la biomasse. Des déchets et des matières fécales supplémentaires sont ajoutés au-dessus de la fosse en couches successives, et couverts de boue ou de terre pour éviter les pertes en eau et la reproduction des mouches. A la suite du premier compostage aérobie (d'environ huit à dix jours), la matière subit une décomposition anaérobie à un rythme très lent. L'obtention du produit final peut prendre de six à huit mois.

Compostage passif des tas de fumier

Le compostage passif implique l'entassement des matières afin d'obtenir une décomposition avec peu de retournement et de gestion (NRAES, 1992). Le processus a été utilisé pour le compostage des déchets animaux. Cependant, le simple fait de poser du fumier en tas ne va pas satisfaire les exigences de compostage continu aérobie. Sans une bonne litière, la teneur en eau du fumier dépasse le niveau permettant l'existence d'une structure poreuse ouverte dans le tas. Très peu d'air, voire pas du tout, passe alors au travers du tas. Dans ces circonstances, les micro-organismes anaérobies effectuent la dégradation. Des effets indésirables, associés à la dégradation anaérobie, apparaissent.

Quand un système d'élevage de bétail utilise de la litière afin d'offrir au bétail confort et propreté, celle-ci se mêle au fumier et crée un mélange plus sec et poreux. Ceci donne une certaine structure, et selon la quantité de litière, permet au mélange d'être empilé en vrais tas. La litière a aussi tendance à augmenter le rapport C/N du fumier.

Un mélange de fumier et de litière exige une proportion considérable de litière pour offrir la porosité nécessaire au compostage. Des volumes au moins égaux de litière et

de fumier sont requis. Quand la quantité de litière est insuffisante pour donner un mélange poreux, des amendements supplémentaires secs doivent être apportés soit en augmentant la litière utilisée dans l'étable soit en ajoutant des amendements lors de la préparation des tas. Le fumier issu des écuries ou les mélanges de fumier et de litière peuvent souvent être compostés en tas sans autre ajout, alors que le fumier sans litière provenant des étables de bovins, de porcs et de volailles nécessite des amendements supplémentaires et doit être séché.

Le tas doit être suffisamment petit (généralement 2 m de haut sur 4 m de large) pour permettre à l'air de passer de manière passive. Cette méthode passive de compostage est un compostage en andain mais avec un rythme de retournement beaucoup moins fréquent. C'est une méthode courante pour le compostage des feuilles. Elle exige une main-d'œuvre et un équipement minimums. Le compostage passif est lent en raison de sa faible aération, et les risques de problèmes liés aux odeurs sont plus importants.

Le compostage aérobique avec une aération passive

La méthode indienne Coimbatore

Cette méthode (Manickam, 1967) implique de creuser une fosse (360 cm de long × 180 cm de large × 90 cm de profondeur) dans une zone ombragée (la longueur peut varier selon le volume de déchets disponibles). Les déchets de l'exploitation agricole tels que la paille, les restes de légumes, les adventices et les feuilles sont étalés sur une épaisseur de 15-20 cm. Les excréments humides des animaux (5 cm environ) sont étalés sur cette couche. De l'eau est apportée afin d'humidifier les matériaux (50-60 pour cent en masse). Cette procédure est répétée jusqu'à ce que l'ensemble atteigne une hauteur de 60 cm au-dessus du sol. Le tas est alors recouvert de boue et la décomposition anaérobie commence. Au bout de quatre semaines, la masse se réduit et l'andain s'aplatit. La couverture de boue est enlevée et la masse tout entière est retournée. La décomposition aérobique commence alors. On pulvérise de l'eau dessus afin de garder une certaine humidité. Le compost peut être utilisé quatre mois plus tard.

Méthode indienne Indore en fosse

Une grande avancée dans la pratique du compostage a eu lieu à Indore en Inde par Howard au milieu des années 20. La procédure traditionnelle a été formalisée en une méthode de compostage qui est maintenant connue comme la méthode Indore (FAO, 1980).

Matières premières

Les matières premières sont un mélange de résidus de plantes, d'excréments et d'urines d'animaux, de terre, de cendres de bois et d'eau. Tous les déchets organiques disponibles sur l'exploitation agricole, tels que les adventices, les tiges, les feuilles tombées au sol, les émondes, les restes de balle et de fourrage, sont ramassés et empilés dans la fosse. Pour commencer, les matériaux ligneux durs tels que les tiges de coton et de pois d'Angole sont étalés dans l'exploitation agricole, et écrasés par les véhicules (tracteurs ou chars à bœufs) avant d'être entassés. Ces éléments très durs ne devraient pas être présents en quantité supérieure à 10 pour cent du total des résidus végétaux. Les déchets verts, qui sont tendres et humides, peuvent être séchés pendant deux ou trois jours afin que le surplus d'humidité puisse être éliminé préalablement à l'empilement; ceux-ci ont tendance à prendre en masse quand ils sont entassés frais. Le mélange de différents types de résidus organiques assure une décomposition plus efficace. Au cours de la mise en tas, chaque catégorie de matériaux est étalée en couches successives de 15 cm d'épaisseur jusqu'à ce que le tas atteigne une hauteur d'environ 1,5 m. Le tas est ensuite découpé en tranches verticales et environ 20 à 25 kg sont placés sous les pieds du bétail dans les abris pour animaux comme litière pour la nuit. Le lendemain matin, la litière, additionnée d'excrément et d'urine, est amenée à la fosse de compostage.

Site et taille de la fosse

Le site de la fosse à compost devrait être à un niveau suffisamment élevé pour éviter la pénétration de l'eau au cours de la mousson; il devrait se trouver à proximité des abris à bétail et d'une source d'eau. Un abri temporaire peut être éventuellement construit pour protéger le compost des importantes précipitations. La fosse devrait avoir les dimensions suivantes: 1 m de profondeur, 1,5 à 2 m de large, et une longueur adéquate.

Remplissage de la fosse

Les matériaux, provenant des abris à bétail, sont étalés dans la fosse en couches régulières de 10-15 cm. Une bouillie préparée avec 4,5 kg d'excréments, 3,5 kg d'urine et 4,5 kg d'inoculum provenant d'une fosse à compost vieille de 15 jours est réparti au-dessus de chaque couche. On arrose avec de l'eau en quantité suffisante afin d'humidifier les résidus. Le remplissage de la fosse s'effectue couche par couche en une semaine maximum. Un soin particulier sera apporté de manière à éviter que les matériaux ne se compactent.

Retournement

Le compost est retourné trois fois dans la fosse: la première fois, 15 jours après le remplissage de la fosse; la seconde fois, 15 jours plus tard, et une dernière fois, un mois plus tard. A chaque retournement, le compost est parfaitement mélangé et humidifié avec de l'eau.

Méthode indienne Indore en tas

Site et taille du tas

Au cours de la saison des pluies ou dans les régions avec de fortes précipitations, le compost peut être préparé en tas posés sur le sol et protégés par un abri. Le tas est large d'environ 2 m à sa base, haut de 1,5 m et long de 2 m. Les côtés sont inclinés afin que le sommet mesure environ 50 centimètres de moins que la base (soit 1,5 m). Un petit mur de protection est quelquefois construit autour du tas afin de le protéger du vent, qui a tendance à dessécher le mélange.

Formation du tas

Une première couche de 20 cm est d'abord formée par des matières carbonées telles que des feuilles, du foin, de la paille, de la sciure, des copeaux de bois et des tiges de maïs hachées grossièrement. Cette couche est recouverte de 10 cm de matières azotées telles que de l'herbe fraîche, des adventices ou des résidus végétaux de jardins, du fumier frais ou sec, ou des boues de station d'épuration digérées. Cette succession, composée d'une couche de 20 cm de matières carbonées et d'une couche de 10 cm de matières azotées, est ainsi répétée jusqu'à ce que le tas atteigne une hauteur de 1,5 m. Le compost est arrosé jusqu'à ce qu'il soit mouillé mais pas détrempé. Le tas est quelquefois recouvert de terre ou de foin afin que la chaleur soit conservée et il est retourné après 6 et 12 semaines. En République de Corée, les tas sont recouverts de feuilles de plastique fines afin de garder la chaleur et empêcher la reproduction des insectes.

Quand les matières premières sont peu abondantes, des couches successives peuvent être ajoutées lorsqu'elles deviennent disponibles. Le déchiquetage accélère de façon considérable la décomposition. La plupart des matières peuvent être déchiquetées par passage répété d'une faucheuse rotative ou tondeuse à gazon. Si les matières azotées ne sont pas présentes en quantité suffisante, des engrais verts ou des légumineuses comme des crotalaires sont cultivés directement sur le tas en semant des graines juste après le premier retournement. La matière verte est alors enfouie au moment du deuxième retournement. Le produit final est obtenu au bout de quatre mois.



FAO

Photographie 1

Déchets organiques déversés dans une fosse où ils sont dispersés en couche régulière.

Méthode rurale chinoise de compostage en fosse

Avec cette méthode, le compostage s'effectue généralement dans un coin du champ dans une fosse circulaire ou rectangulaire (FAO, 1980). On utilise la paille de riz, les excréments d'animaux (en général les cochons), les plantes aquatiques et les cultures d'engrais vert. La vase récupérée dans le lit des rivières est souvent mélangée aux résidus de récolte. Les fosses sont remplies par couches, chacune d'elles ayant une épaisseur de 15 cm. En général, la première couche est une culture d'engrais vert ou des jacinthes d'eau, la deuxième couche est un mélange de paille (photographie 1) et la troisième couche est composée d'excréments d'animaux. Ces couches sont alternées jusqu'à ce que la fosse soit pleine, et une dernière couche de boue est alors ajoutée. Quatre centimètres d'eau environ sont maintenus à la surface du mélange afin de créer des conditions anaérobies qui permettent de réduire les pertes azotées. Les quantités approximatives des différents composants par fosse sont les suivantes: 7,5 tonnes de sédiments de lits de rivière, 150 kg de paille de riz; 1 tonne d'excrément d'animaux; 750 kg de plantes aquatiques ou d'engrais vert et 20 kg de superphosphate. Il y a en tout trois retournements. Le premier s'effectue un mois après le remplissage de la fosse, et c'est à ce moment que le superphosphate est ajouté et soigneusement mélangé. De l'eau est ajoutée si besoin est. Le deuxième retournement est réalisé un mois plus tard, et, deux semaines après, est effectué le dernier. Les matériaux se décomposent pendant trois mois et 8 tonnes environ de compost sont produites par fosse.

MÉTHODES RAPIDES**Compostage aérobie à température élevée*****Méthode rurale chinoise de compostage à température élevée***

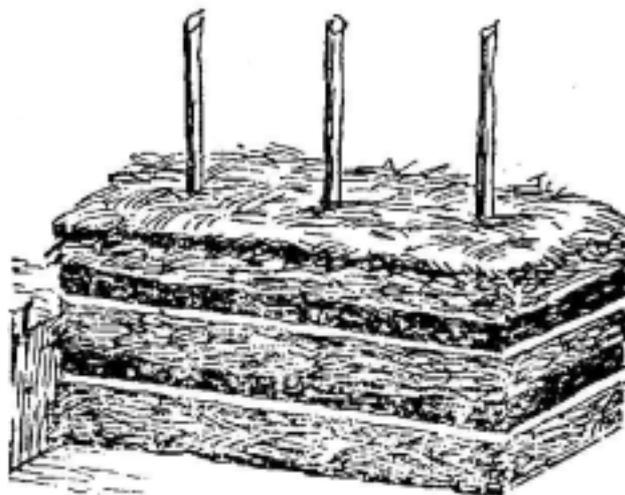
Ce compost est préparé essentiellement à partir de matières fécales, d'urine, d'eaux usées, d'excréments d'animaux et de résidus de plantes déchiquetés dans un rapport 1: 4. Les matériaux sont entassés en couches successives en commençant par les tiges de végétaux coupées en morceaux, et suivies par les déchets animaux et humains, de l'eau est ajoutée jusqu'à l'optimum.

Au moment de former le tas, quelques tiges de bambous sont enfoncées afin de faciliter l'aération. Une fois le tas prêt, celui-ci est entouré d'une couche de boue de 3 cm d'épaisseur. Les tiges de bambous sont retirées au deuxième jour de compostage, en laissant les trous qui permettent l'aération. Au bout de quatre ou cinq jours, la température monte jusqu'à 60-70°C et les trous sont fermés à leur tour. Le premier retournement a généralement lieu après trois semaines. L'humidité du tas est ajustée avec de l'eau ou des excréments humains ou animaux, et le tas retourné est de nouveau

isolé de l'air avec de la boue. Le compost est prêt à l'emploi au bout de deux mois.

A certains endroits, une méthode modifiée de compostage à température élevée est utilisée. Les matières premières, les tiges de plantes cultivées (30 pour cent), les matières fécales (30 pour cent) et de la vase (30 pour cent), sont mélangées avec du superphosphate à la dose de 20 kg de superphosphate par tonne de matière organique. Les tas de compost ont des trous d'aération résultant de l'insertion de bottes de tiges de maïs, qui viennent en remplacement des tiges de bambous.

FIGURE 2
Compostage en tas en Équateur



Compostage à la ferme en Équateur

Cette méthode utilise les matières suivantes pour préparer le compost:

- fumier animal: bovins, cochons, volailles, chevaux, ânes, canards, etc.;
- résidus de culture et adventices: maïs, haricot, fève, arachide et caféier;
- déchets agro-industriels, cendres et phosphates naturels;
- copeaux de bois;
- couche de terre superficielle provenant des forêts ou de zones faiblement ou pas cultivées;
- eau douce.

Les matières premières sont disposées en couches selon la succession suivante (figure 2):

- une couche de résidus de culture (20 cm);
- une couche de terre superficielle (2 cm);
- une couche de fumier (5-10 cm).

Les cendres ou le phosphate naturel (50 g/m²) sont alors répartis sur la surface, et on arrose avec de l'eau douce.

Les différentes étapes indiquées ci-dessus sont répétées jusqu'à ce que la hauteur atteigne 1 m à 1,2 m. Il est recommandé de commencer le tas en construisant un treillage de branches mortes, et de placer deux ou trois branches d'arbres verticalement au milieu du treillage afin de favoriser la ventilation. Le tas devrait avoir les dimensions suivantes: 2 m × 1-1,2 m × 1-1,2 m. Une fois par semaine, de l'eau devrait être apportée sur le tas. Cependant, une trop grande quantité d'eau risque de provoquer le lessivage des éléments nutritifs. Après trois semaines, le tas doit être mélangé de façon que toutes les matières passent au centre du tas. Au cours du processus, la température monte jusqu'à 60-70°C et la plupart des graines d'adventices et les pathogènes sont tués.

Alors que la préparation du compost dans les climats chauds peut prendre de deux à trois mois, dans les régions froides, cinq à six mois peuvent être nécessaires.

Méthode de compostage rapide Berkley – déchiquetage et retournement fréquent

Cette méthode (Raabe, 2001) corrige certains des problèmes associés avec les précédentes méthodes de compostage. Le processus peut produire du compost en deux ou trois semaines. Plusieurs facteurs sont essentiels pour cette méthode rapide de compostage:

- Les matériaux se compostent mieux quand les éléments ont une taille de 1,25 à 3,75 cm. Les tissus tendres et succulents ne doivent pas être coupés en très petits

morceaux car ils se décomposent rapidement. Plus les tissus sont durs ou ligneux, plus ceux-ci devront être petits afin de se décomposer rapidement. Les matériaux ligneux devraient être passés au broyeur. Le déchiquetage des matériaux avec une pelle affûtée est efficace. Lors de la taille des végétaux, les émondes devraient être coupées en petits morceaux en utilisant un sécateur. Un petit effort est nécessaire à ce niveau, mais le résultat en vaut la peine.

- Afin que le processus de compostage fonctionne le plus efficacement possible, le mélange à composter devrait avoir un rapport C/N de 30. Le mélange en quantité égale de matériel végétal vert avec du matériel végétal naturellement sec permet d'atteindre ce rapport. La matière verte peut être composée d'herbes coupées, de fleurs fanées, d'émondes, d'adventices, d'ordures fraîches, et de déchets de légumes. Les matériaux secs peuvent être des feuilles tombées à terre, des herbes sèches, de la paille et les matériaux ligneux des émondes.
- Les matériaux qui ne devraient pas être ajoutés au compost sont les suivants: la terre, les cendres provenant d'un fourneau ou d'une cheminée, et le fumier issu d'animaux carnivores. Le fumier des animaux herbivores tels que lapins, chèvres, bovins, chevaux, éléphants et animaux de basse-cour peut être utilisé. Une fois le tas formé, rien d'autre ne doit être ajouté. Comme la décomposition demande du temps, et que tout ajout de matière provoque le redémarrage de la décomposition; le temps de décomposition du tas tout entier est ainsi rallongé. Les surplus de matières devraient être conservés aussi secs que possible jusqu'à ce qu'un nouveau tas soit formé. En effet, si les matières stockées sont humides, elles commencent à se décomposer. Dans l'éventualité où ceci se produit, ces matières ne seront plus efficaces dans le tas de compost. Rien ne doit être ajouté aux matières organiques afin qu'elles se décomposent. Les micro-organismes actifs lors du processus de décomposition sont omniprésents dans les végétaux et se développent rapidement dans tout tas de compost.
- Le taux d'humidité des matières du tas doit être d'environ 50 pour cent pour que le compostage soit le plus efficace. Une humidité trop importante donne une masse détrempée, dont la décomposition sera très lente et le tas dégagera une mauvaise odeur. Si la matière organique est trop sèche, la décomposition sera très lente, voire même absente.
- La chaleur, facteur très important pour le compostage rapide, est fournie par la respiration des micro-organismes décomposant les matières organiques. Afin d'éviter les pertes de chaleur et accumuler la chaleur nécessaire, une quantité minimum de matières est indispensable. Les dimensions minimales du tas sont les suivantes: 90 cm × 90 cm × 90 cm. Si les dimensions sont inférieures à 80 cm, le processus rapide n'aura pas lieu. La conservation de la chaleur est favorisée dans les casiers et l'est moins dans les tas à l'air libre. Le compostage rapide est donc plus efficace quand des casiers sont utilisés. De plus, l'utilisation de casiers donne un aspect plus soigné. Les températures élevées avantagent les micro-organismes qui sont les décomposeurs les plus rapides; ces micro-organismes agissent à une température d'environ 71°C et un bon tas se maintient environ à cette température.
- Le tas de compost doit être tourné afin d'éviter la surchauffe. Si la température du tas s'élève à plus de 71°C, les micro-organismes seront éliminés, la température du tas diminuera, et le processus dans son ensemble devra recommencer depuis le début. Le retournement du tas évite la surchauffe et permet l'aération du mélange, deux conditions nécessaires qui permettent de maintenir les activités optimales des décomposeurs. Le tas devrait être retourné de façon à ce que les matériaux soient déplacés de l'extérieur vers le centre. Ainsi, tous les matériaux atteignent des températures optimales à différents moments. En raison de la perte de chaleur à proximité des bords, seule la portion centrale du tas est à une température optimale.

Compte tenu du besoin de retournement du tas, il peut être envisagé d'avoir deux cassiers afin que le compost soit déplacé et ainsi retourné d'un casier dans l'autre. Des cassiers, dotés de lattes amovibles sur le devant, facilitent le processus de retournement. Les cassiers ayant des couvercles retiennent la chaleur mieux que ne le font les bacs sans couvercles. Une fois le processus de décomposition débuté, le tas devient plus petit, et comme le casier n'est plus rempli, un peu de chaleur sera perdue dans la partie supérieure. Ceci peut être évité en utilisant une feuille de plastique polyéthylène légèrement plus grande que la surface du bac. Une fois le compost retourné, le plastique est posé directement au-dessus du compost et est fixé sur les bords du bac. Si le compost est retourné chaque jour, il faudra deux semaines, ou à peine plus, pour obtenir le produit final. Si celui-ci est tourné un jour sur deux, il faudra trois semaines. Plus l'intervalle de temps entre chaque retournement est grand, plus l'attente pour l'obtention du compost sera longue.

- Dans la mesure où la procédure est minutieusement suivie, le tas atteint une température élevée après 24 à 48 heures. Dans le cas contraire, ceci signifie que le mélange est soit trop humide soit trop sec ou qu'il n'y a pas suffisamment de matière verte (ou azotée). Si le compost est trop humide, celui-ci devra être étalé afin de sécher. Par contre, s'il est trop sec, de l'eau devra être ajoutée. Si aucune de ces hypothèses ne se vérifie, alors les éléments azotés ne sont pas présents en quantité suffisante (ce qui donne un rapport C/N élevé). Ceci peut être rectifié par des ajouts de substances à forte teneur azotée (comme le sulfate d'ammonium, des déchets de tonte, du fumier frais de poulet ou de l'urine diluée cinq fois).
- Quand le rapport C/N est inférieur à 30, la matière organique se décompose très rapidement mais avec une perte d'azote sous forme ammoniacale. Quand cette odeur apparaît dans le tas ou aux alentours, ceci signifie qu'une quantité précieuse d'azote est perdue dans l'atmosphère. Afin d'arrêter cette perte, de la sciure de bois (qui a une teneur élevée en C et faible en N) peut être ajoutée aux zones du tas qui dégagent une odeur ammoniacale. Le compost pourra être protégé afin d'éviter qu'il ne devienne trop humide pendant la saison des pluies.
- Une décomposition rapide peut être détectée par une odeur agréable, par la chaleur produite (visible grâce à la vapeur d'eau se dégageant lors du retournement du tas), par la croissance de champignons blancs sur la matière organique qui se décompose, par une réduction du volume, et par le changement de couleur du compost qui devient brun foncé. Alors que la fin du compostage approche, la température baisse et, finalement, très peu de chaleur, voire pas du tout, est produite. Le compost est alors prêt à être utilisé. Si les matières n'ont pas été coupées en petits morceaux pendant la phase de préparation, un criblage des éléments à composter à travers une grille, dotée de mailles de 2,5 cm, va retenir les plus gros morceaux. Ceux-ci peuvent être ajoutés au prochain tas et vont progressivement se décomposer.

Méthode de compostage à chaud de l'université de l'état du Dakota du Nord – utilisation d'un activateur à base d'azote minéral

Cette méthode (Smith, 1995) nécessite la préparation de tas de 1,8 m de hauteur. Les matières à composter devraient avoir une taille maximale de 15 à 23 cm de long. Des cassiers de dimension 152 × 152 × 183 cm produisent 4,3 m³ de compost en quatre à six semaines.

Afin de garder la population bactérienne aérobie en quantité importante et active, des quantités proportionnelles d'engrais azotés devraient être ajoutées (1,2 kg d'engrais pour 0,283 m³ de matière sèche) et quatre ou cinq trous devraient être percés jusqu'au centre du tas. Il est préférable de procéder à l'application d'engrais par étapes au fur et à mesure de la formation du tas. Par exemple, pour 4,3 m³ de matière sèche, et pour un tas construit en trois couches de 60, 120 et 180 cm, 5,7 kg d'engrais azoté

devraient être ajoutés à chaque étape. Le total devrait être de 17 à 18 kg d'engrais pour le tas entier.

A cette température élevée, le système est actif d'un point de vue bactériologique, et il est préférable de retourner le compost tous les trois ou quatre jours. La température devrait varier de 49 à 71°C. La décomposition s'effectue plus rapidement en été (entre trois et quatre semaines) et prend plus de temps au printemps et en automne. Aucune activité mesurable n'apparaît au cours des hivers du Dakota Nord (USA). Une fois que le compost n'est plus chaud, s'effrite et est inodore, il est prêt à l'emploi.

Compostage des matières organiques ayant une teneur élevée en lignine– traitement à la chaux

Si des déchets organiques tels que la sciure de bois, des copeaux de bois, la bourre de l'enveloppe de la noix de coco, les aiguilles de pin et les feuilles sèches tombées au sol sont ajoutés, tout en préparant un mélange de déchets organiques pour le compostage, le compost produit contiendra de l'humus en quantité suffisante et pour longtemps. Cependant, les jardiniers s'aperçoivent souvent que lorsqu'ils utilisent des matières végétales riches en lignine, le compost n'arrive pas rapidement à maturation. Une technique permettant de préparer un compost à partir de végétaux durs consiste à mélanger 5 kg de chaux avec 1000 kg de déchets. La chaux peut être appliquée sous forme de poudre ou après avoir été mélangée avec une quantité suffisante d'eau. L'utilisation de chaux favorise le processus de décomposition des matières dures. Le chaulage peut améliorer le processus d'humification des résidus végétaux en augmentant la population et l'activité microbiennes et en affaiblissant la structure ligneuse. Il améliore également la qualité de l'humus en faisant évoluer le rapport entre les acides humiques et fulviques et en diminuant la quantité de goudron, qui interfère avec le processus de décomposition. En remplacement de la chaux, du phosphate naturel en poudre peut être utilisé dans un rapport de 20 kg pour 1 000 kg de déchets organiques. Le phosphate naturel contient beaucoup de calcium. Les phosphates et les oligoéléments contenus dans le phosphate naturel enrichissent les composts en éléments nutritifs.

Compostage aérobic à température élevée avec inoculation

Compostage rapide basé sur les micro-organismes efficaces

Les micro-organismes efficaces (ME) se composent de micro-organismes aérobies et anaérobies communs et de qualité alimentaire: bactéries photosynthétiques, lactobacilles, Streptomyces, actinomycètes, levures, etc. Les souches de micro-organismes sont communément disponibles auprès des banques microbiennes ou dans l'environnement. Des souches génétiquement modifiées ne sont pas utilisées. Depuis 1999, sept petites unités d'engrais organiques au Myanmar utilisent le processus de production rapide basé sur les micro-organismes efficaces (FAO, 2002). Ces unités appartiennent et sont gérées par les femmes des groupes générateurs de revenus. Une unité est composée de neuf fosses mesurant environ 180 cm (longueur) × 120 cm (largeur) × 90 cm (profondeur). Les fosses sont entourées par des murs de petite taille et sont recouvertes d'un toit (photographie 2).

Matières premières

Les matières premières pour la production d'engrais organiques sont les suivantes:

- fumier de bovins – 2 doses;
- balle de riz – 1 dose;
- balle de riz-charbon de bois – 1 dose;
- son de riz, broyé – 1 dose;
- accélérateur – 33 litres de solution de ME ou de solution de *Trichoderma* par fosse.



Photographie 2

Unité de compostage rapide basé sur les micro-organismes efficaces à Myanmar

Préparation d'une solution de ME (accélérateur)

Un litre d'une solution instantanée est préparé en mélangeant 10 ml de ME, 40 ml de mélasse et 950 ml d'eau. Après 5 à 7 jours, selon la température, la solution est ajoutée à un litre de mélasse et 98 litres d'eau afin d'obtenir une solution de ME prête à l'emploi. Cette quantité est suffisante pour trois fosses. La solution de ME fait office d'accélérateur et réduit la période de compostage de trois à un mois.

Procédure

Tous les composants sont mélangés, sauf l'accélérateur. Une couche de 15 cm de mélange est étalée dans la fosse et est arrosée avec l'accélérateur. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que la fosse soit pleine. La fosse est couverte par une feuille de plastique (photographie 3). Deux ou trois semaines plus tard, le contenu de toute la fosse est mélangé afin de stimuler la décomposition aérobie. Le compost est prêt à être utilisé deux semaines plus tard. Une fosse produit 900 kg de produit final. Le produit est généralement emballé dans des sacs en plastique de 30 kg. En supposant que 30 jours en moyenne sont nécessaires pour produire du compost et que huit fosses seulement peuvent être utilisées pour des raisons techniques, la capacité potentielle de production annuelle est de 86,4 tonnes (0,9 tonne × 8 fosses × 12 mois).

Dans le cadre du projet du Programme de coopération technique de la FAO sur la promotion des engrais organiques au Laos (TCP/LAO/2901), une méthode simple de compostage rapide basé sur des micro-organismes efficaces, décrite ci-dessous, est utilisée.

Matières premières

Les matières premières pour la production de compost sont les suivantes:

- paille de riz;
- fumier de ferme;
- urée;
- solution de ME.

Procédure

La paille est empilée en couches de 20 cm de hauteur, 1 m de large et 5 m de longueur afin de former un tas. Le tas a les dimensions suivantes: 5 m de long, 1 m de large et 1 m de hauteur. Il est arrosé d'eau (photographie 4) afin



Photographie 3
Fosses à compost



Photographie 4
Tas de compost en préparation



Photographie 5
Le tas est recouvert d'une bâche en plastique quand la hauteur désirée est atteinte



Photographie 6
Le tas est retourné

d'avoir une humidité adéquate, puis une couche de 5 cm de fumier est étalée et quelques poignées (100-200 g) d'urée sont saupoudrées. La solution de micro-organismes efficaces, préparée de la même façon que dans l'exemple au Myanmar, est apportée afin d'accélérer la décomposition aérobie. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que le tas ait atteint 1 m de haut et est alors recouvert d'une bâche en plastique (photographie 5). Le tas est retourné au bout de deux semaines (photographie 6) et une dernière fois une semaine plus tard. En général, le compost est prêt deux semaines plus tard quand le tas s'est refroidi et que la hauteur du tas est passée à 70 cm.

Compostage rapide de l'IBS

La technologie de compostage rapide de l'IBS (Virginia, 1997) implique l'inoculation de substrats végétaux utilisés pour le compostage avec des cultures de *Trichoderma harzianum*, un champignon décomposant la cellulose. Le champignon, qui pousse dans un milieu de sciure de bois mélangé avec les feuilles d'un arbre fixateur d'azote,

le leucaena ou ipil ipil (*Leucaena leucocephala*), est nommé activateur fongique de compostage (AFC). Cette technologie implique de former des andains. En utilisant cette procédure, la durée de compostage varie de 21 à 45 jours selon les substrats végétaux utilisés.

La procédure s'effectue en deux étapes: la production d'AFC, et le processus de compostage.

Préparation des substrats

Les substrats tels que paille de riz, adventices et herbes doivent être broyés. Le déchiquetage/broyage permet d'accélérer la décomposition en augmentant la surface disponible pour l'action microbienne et en offrant une meilleure aération. Lorsque de grandes quantités de substrats sont utilisées (par exemple plusieurs tonnes), un hache-paille ou une faucheuse est nécessaire. Il est possible de se passer du déchiquetage/broyage dans la mesure où le compost ne doit pas être disponible à court terme.

Ajustement du taux d'humidité

Les substrats devraient être humidifiés avec de l'eau. Les substrats végétaux peuvent être mis à tremper pour une nuit dans un bassin, ce qui réduit le besoin en eau. Dans la mesure où une grande quantité de substrat doit être compostée, un arroseur semble plus pratique.

Le mélange des matériaux à composter

Les substrats carbonés devraient être mélangés avec les matières azotées dans un rapport 4:1 voire moins, mais ce rapport ne doit jamais être inférieur à 1:1 (sur la base du poids sec). Quelques combinaisons possibles sont les suivantes:

- 3 doses de paille de riz pour 1 dose de ipil ipil (leucaena);
- 4 doses de paille de riz pour 1 dose de fientes de poulet;
- 4 doses d'herbe pour 1 dose de légumineuses + 1 dose de fumier;
- 4 doses d'herbe pour 1 dose de *Chromolaena odorata* (une adventice à larges feuilles) ou *Mikania cordata* (une plante grimpante herbacée) + 1 dose de fumier animal; il est important d'utiliser des herbes et des adventices qui n'ont pas de fleurs ni de graines.

Procédure de compostage

Les substrats devraient être entassés de façon aérée dans un parc à compost afin d'offrir la meilleure aération possible dans le tas. Le compost ne devrait pas être trop compacté et des masses importantes ne devraient pas être placées au sommet du tas. Le compost devrait être placé dans des zones ombragées, par exemple en dessous de grands arbres. La base du tas devrait être surélevée de 30 cm afin d'offrir une aération satisfaisante. Sinon, l'aération peut être fournie avec des bâtons de bambous perforés et placés horizontalement et verticalement à intervalles réguliers.

L'AFC est épandu sur les substrats pendant la formation du tas. La quantité d'activateur utilisée est généralement de 1 pour cent du poids total du substrat (c'est-à-dire 1 kg d'activateur de compost pour 100 kg de substrat). La décomposition est plus rapide si l'activateur est parfaitement mélangé avec le substrat. Une plus grande quantité d'activateur peut être utilisée si une décomposition plus rapide est nécessaire.

Le tas devrait être complètement couvert, ce qui permet de garder la chaleur de décomposition, et de minimiser l'évaporation de l'eau et la volatilisation de l'ammoniac. Des films plastiques, ou des sacs en plastique ouverts cousus ensemble, peuvent servir de protection. La température du tas de compost augmente généralement après 24 à 48 heures.

La température devrait être maintenue à 50°C ou plus, et le tas devrait être retourné tous les cinq ou sept jours lors des deux premières semaines, et par la suite une fois

toutes les deux semaines. Au bout de la première semaine, le volume du tas devrait être réduit d'un tiers. Après deux semaines, le volume du tas devrait être réduit de moitié par rapport au volume initial.

Le compost mûr devrait être retiré du parc à compost et séché au soleil pendant deux jours. Il peut être ensuite emballé dans des sacs et stocké dans une zone ombragée. La décomposition devrait continuer jusqu'à ce que le substrat soit finement fractionné et que le produit final ait une texture poudreuse. Une fois la décomposition terminée, le compost devrait être de nouveau séché au soleil jusqu'à ce que le taux d'humidité soit de 10 à 20 pour cent.

Si du compost mûr doit être utilisé rapidement, il peut être séché au soleil pendant une journée dès que sa température a atteint 30°C. Le séchage élimine le surplus d'humidité et facilite la manipulation. Bien que le compost conserve toujours quelques fibres, celui-ci peut être immédiatement utilisé comme engrais.

Lors de la production commerciale de compost à grande échelle, les opérations suivantes doivent être mécanisées:

- Déchiquetage/broyage des substrats – un hache paille peut être utilisé.
- Mélanger/retourner – quand il y a plusieurs tonnes de substrat, une pelleteuse facilite le mélange des substrats et le retournement des tas.
- Un broyeur à marteaux peut être utilisé pour désagréger les grosses mottes de compost avant le séchage.
- Durant la saison pluvieuse, il est plus intéressant économiquement de sécher le compost mécaniquement plutôt qu'au soleil.

Compostage des matières organiques ayant une teneur importante en lignine – la bourre de noix de coco

La bourre de noix de coco est un déchet de l'industrie de la fibre de coco (TNAU, 1999). C'est une industrie importante qui utilise des noix de coco à grande échelle. Au cours du processus qui consiste à séparer la fibre de la coque de la noix de coco, une quantité importante de bourre est recueillie, bourre qui contient 30 pour cent de lignine et 26 pour cent de cellulose, ne se dégrade pas facilement, et pose un problème important relatif à son élimination. Cependant, celle-ci peut être compostée en utilisant le champignon *Pleurotus* sp. et de l'urée. Afin de composter 1 tonne de bourre de coco, les ingrédients suivants sont nécessaires: cinq bouteilles (250 g) de *Pleurotus* sp. frais et 5 kg d'urée.

La première étape de préparation du compost est de sélectionner un endroit ombragé surélevé, ou de dresser un abri en chaume. La surface est nivelée et une superficie de 500 cm × 300 cm est délimitée. Pour commencer, 100 kg de bourre de coco sont épanchés. Environ 50 g de *Pleurotus* sont répartis sur cette couche, puis 100 kg de bourre de coco. Sur cette dernière couche, 1 kg d'urée est étalé de façon uniforme. Le processus est répété jusqu'à épuisement de la bourre (1 tonne). De l'eau est apportée à plusieurs reprises de façon à obtenir une humidité optimale de 50 pour cent. Un compost noir bien décomposé est prêt au bout d'un mois environ. Le rapport C/N diminue à environ 24 et la teneur en azote s'élève de 0,26 à 1,06 pour cent.

Compostage des adventices

Cette méthode a été élaborée afin de composter les adventices comme le parthenium, la jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes*), le cyperus faux-souchet (*Cyperus rotundus*) et le cynodon (*Cynodon dactylon*). Les ingrédients nécessaires sont les suivants: un mélange de 250 g de *Trichoderma viride* et de *Pleurotus sajor-caju*, et 5 kg d'urée. Un endroit ombragé surélevé est sélectionné, ou un abri en chaume est construit. Une superficie de 500 cm × 150 cm est délimitée. Les matériaux à composter sont coupés en morceaux de 10 à 15 cm. Environ 100 kg de ces matières déchiquetées sont étalés sur la zone délimitée et environ 50 g de mélange microbien sont ajoutés. Environ 100

kg d'adventices sont alors étalés sur cette couche. Un kilogramme d'urée est apporté de façon uniforme sur cette couche. Ce processus est répété jusqu'à ce que le niveau atteigne un mètre de haut. De l'eau est apportée si besoin est, afin de conserver un niveau d'humidité de 50-60 pour cent. Par la suite, la surface du tas est recouverte par une fine couche de terre. Le tas doit être parfaitement retourné au 21^{ème} jour. Le compost est prêt en approximativement 40 jours.

ENRICHISSEMENT DU COMPOST

Le compost provenant de l'exploitation agricole est pauvre en P (0,4-0,8 pour cent). Des compléments phosphatés rendent le compost plus équilibré, et fournissent des éléments nutritifs aux micro-organismes afin de favoriser leur multiplication et accélérer la décomposition. L'ajout de P réduit également les pertes azotées. Le compost peut être enrichi par:

- l'application de superphosphate, de farine d'os ou de phosphate naturel (Ramasami, 1975): 1 kg de superphosphate ou de farine d'os est réparti sur les excréments d'animaux, du phosphate naturel de qualité inférieure peut aussi être utilisé à cet effet.
- l'utilisation d'os d'animaux: ceux-ci peuvent être brisés en petits morceaux, bouillis avec une lessive à base de cendre de bois ou d'eau de chaux, et les résidus sont répartis dans les fosses. Cette procédure, consistant à bouillir les os, facilite leur décomposition. Même l'addition d'os non traités, brisés en petits morceaux et ajoutés aux fosses, améliore sensiblement la valeur en éléments nutritifs du compost.
- Les cendres de bois peuvent également être ajoutées afin d'augmenter la teneur en K du compost.

L'addition de cultures de micro-organismes fixateurs d'azote et capables de solubiliser le P (IARI, 1989) peut améliorer la qualité du compost si l'on procède à une inoculation complémentaire avec *Azotobacter*, *Azospirillum lipoferum*, et *Azospirillum brasilense* (fixateurs de l'azote); et *Bacillus megaterium* ou *Pseudomonas* sp. (capables de solubiliser le P). Ces micro-organismes, qui apparaissent sous la forme d'un mélange de cultures ou d'une solution de produits bio fertilisants, peuvent être apportés au moment du retournement un mois plus tard. A ce moment, la température du compost s'est stabilisée à 35°C. A la suite de cette inoculation, la teneur en azote du compost à base de paille peut être augmentée d'environ 2 pour cent. En plus de l'amélioration de la teneur azotée et de la disponibilité d'autres éléments nutritifs des plantes, ces additions permettent aussi de réduire considérablement la durée de compostage.

Chapitre 3

Compostage à grande échelle

COMPOSTAGE EN ANDAIN

Andains retournés

Le compostage en andain consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés andains (photographie 7) qui sont remués ou tournés de façon régulière (NRAES, 1992). L'opération de retournement mélange les composants du compost et améliore l'aération passive. De manière générale, les andains ont une hauteur qui varie de 90 cm pour les matières denses telles que le fumier, à 360 cm de haut pour les matières légères, volumineuses telles que les feuilles. Leur largeur varie de 300 à 600 cm. L'équipement utilisé pour retourner les andains est déterminé par leur taille et leur espacement. Les chargeuses/pelleteuses, dotées d'une longue portée, peuvent construire des andains hauts. Les retourneuses produisent des andains larges et bas.

Les andains sont aérés essentiellement par un mouvement passif ou naturel de l'air (convection et diffusion gazeuse). Le taux d'échange avec l'air dépend de la porosité de l'andain. Ainsi, la taille de l'andain qui peut être effectivement aéré de cette manière est déterminée par sa porosité. Un andain composé de feuilles peut être bien plus grand qu'un andain humide contenant du fumier. Quand l'andain est trop grand, des zones anaérobies apparaissent à proximité du centre. Des odeurs sont libérées quand l'andain est retourné. Par contre, les petits andains perdent rapidement de la chaleur et risquent de ne pas réussir à atteindre une température suffisamment élevée pour permettre l'évaporation de l'eau et l'élimination des pathogènes et des graines d'adventices.

Pour les compostages à petites et moyennes échelles, le retournement peut être effectué à l'aide d'un chargeur frontal ou d'une pelle portée par un tracteur ou un tractopelle. Le chargeur soulève les matériaux de l'andain et les déverse à nouveau, mélangeant ainsi les matières et remettant le mélange sous forme d'un andain plus aéré. Le chargeur peut mélanger les matières se trouvant à la base de l'andain avec celles du haut, formant ainsi un nouvel andain à proximité de l'ancien. Afin de minimiser la compaction, l'opération doit s'effectuer sans rouler sur l'andain. Les andains, retournés avec un chargeur, sont souvent construits par paires assez serrées et sont ensuite rassemblés une fois que les andains auront diminué de volume. Si les matières doivent être de nouveau mélangées, un chargeur peut être utilisé en combinaison avec un épandeur de fumier.



NRAES-114, 1999/R, RVNK

Photographie 7

Andains dans une exploitation agricole

Il existe un certain nombre de machines spécialisées pour retourner les andains, qui réduisent considérablement la durée des interventions et le travail demandé, mélangent parfaitement les matériaux, et produisent un compost plus homogène. Certaines de ces machines s'attachent à un tracteur agricole ou à un chargeur, d'autres sont autopropulsées. Quelques-unes peuvent aussi charger des camions et des remorques à partir de l'andain.

Il est très important de suivre un programme de retournement. La fréquence de retournement est fonction du taux de décomposition, du taux d'humidité et de la porosité des matériaux, ainsi que de la durée désirée de compostage. Comme le taux de décomposition est plus important au début du processus, la fréquence de retournement diminue au fur et à mesure que les andains mûrissent. Des mélanges de composés facilement dégradables ou avec de fortes teneurs azotées pourront nécessiter des retournements quotidiens au début du processus. Au fur et à mesure du déroulement du compostage, la fréquence de retournement pourra être réduite à un seul par semaine.

Lors de la première semaine de compostage, la hauteur de l'andain diminue sensiblement et à la fin de la deuxième semaine, elle pourrait être de 60 cm. A ce stade, le rassemblement de deux andains semble être une option prudente tout en continuant le programme de retournement des andains. La combinaison des andains est une bonne pratique hivernale pour retenir la chaleur générée durant le compostage. Ceci est un des avantages du compostage en andain, qui est un système polyvalent pouvant être ajusté selon les changements saisonniers.

Avec la méthode de compostage en andain, l'étape de compostage actif dure généralement entre trois et neuf semaines selon la nature des composants et la fréquence de retournement. Huit semaines sont nécessaires pour les opérations de compostage du fumier. Si la durée désirée de compostage est de trois semaines, il faudra retourner l'andain de une à deux fois par jour pendant la première semaine, et tous les trois à cinq jours par la suite.

Andains aérés passivement

Avec la méthode des andains aérés passivement, de l'air est fourni au compost grâce à des tuyaux perforés enfoncés dans l'andain, ce qui élimine la nécessité du retournement. Les extrémités des tuyaux sont ouvertes. L'air circule dans les tuyaux et à travers l'andain en raison de l'effet de tirage créé par les gaz chauds qui s'élèvent hors de l'andain.

Les andains devraient avoir une hauteur de 90 à 120 cm, être bâtis sur une base de paille, de tourbe ou de compost prêt à l'emploi afin d'absorber l'humidité et isoler l'andain. Une couverture composée de tourbe ou de compost isole également l'andain, éloigne les mouches, et permet de conserver l'humidité, les odeurs et l'ammoniac.

Le tuyau en plastique est similaire à celui utilisé pour le système des champs d'épandage de fosse septique avec deux rangées de trous de 1,27 cm de diamètre. Dans beaucoup de tas aérés, les trous des tuyaux sont orientés vers le bas afin de minimiser le colmatage et de permettre au condensat d'être évacué. Cependant, certains chercheurs recommandent que les trous soient orientés vers le haut.

Les andains sont généralement formés selon les procédures décrites pour la méthode des tas statiques aérés. Comme les matières premières ne sont pas retournées quand les andains sont achevés, celles-ci doivent être parfaitement mélangées préalablement à leur mise en andain. Il est crucial d'éviter le compactage des matières lors de la préparation des andains. Des tuyaux d'aération sont placés au-dessus de la base de compost/tourbe. Une fois la période de compostage achevée, les tuyaux sont retirés, et les composants de la base sont alors mélangés avec le compost.

Cette méthode a été étudiée et utilisée au Canada pour composter des déchets de fruits de mer avec de la tourbe, du lisier avec de la tourbe, et du fumier solide avec de la paille ou des copeaux de bois. Du fumier de bovin, de porc et de mouton a été utilisé.

Tas statique aéré

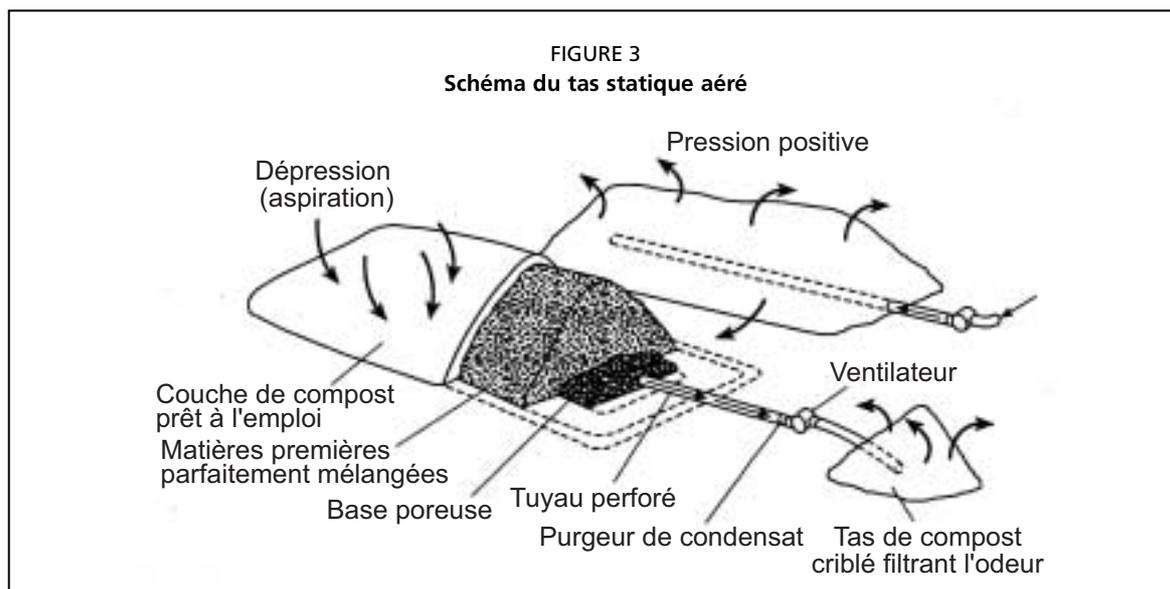
La méthode du tas statique aéré utilise le système d'aération par tuyau mais est plus avancée, car elle utilise un ventilateur pour fournir de l'air au compost. Le ventilateur offre un contrôle direct du processus et permet de travailler avec des tas de taille plus importante, sans retournement après le début du compostage. Une fois le tas correctement formé et dans la mesure où l'air est fourni en quantité suffisante et est réparti de façon uniforme, la période de compostage actif est achevée en trois à cinq semaines.

Selon la technique du tas statique aéré, le mélange de matériaux bruts est empilé sur une base de copeaux de bois, de paille hachée ou toute autre matière poreuse (figure 3). Cette base poreuse comporte un tuyau d'aération perforé. Ce tuyau est connecté au ventilateur, qui aspire ou souffle de l'air à travers le tas.

La hauteur initiale des tas devrait être d'environ 150 à 245 cm, selon la porosité des matériaux, les conditions climatiques et la portée de la machine utilisée pour former le tas. Il peut être avantageux d'avoir un tas plus grand en période hivernale car la chaleur sera mieux conservée. Le tas peut être couvert par une couche de 15 cm de compost prêt à l'emploi ou d'un agent de foisonnement. La couche de compost protège la surface du tas de la déshydratation, l'isole des pertes de chaleur, éloigne les mouches, et filtre l'ammoniac et les odeurs potentielles générées par le mélange.

Il existe deux formes courantes de tas statiques aérés: les tas individuels et les tas étendus. Les tas individuels sont de longs andains triangulaires dont la largeur (environ 300 à 490 cm, sans la couverture) est égale à environ le double de la hauteur du tas. Le tuyau d'aération passe très en dessous de l'arête de l'andain. Les tas individuels contiennent une seule grande masse de matières ou quelques composants ayant plus ou moins la même nature et maturité (par exemple dans une période de trois jours). Les tas individuels sont pratiques dans la mesure où les matières premières sont disponibles pour le compostage de temps en temps plutôt que de façon continue.

Comme le tas ne sera pas retourné par la suite, la sélection et le mélange initial des matières premières sont cruciaux afin d'éviter une mauvaise répartition de l'air et un compostage irrégulier. Le mélange a également besoin d'une bonne structure afin de conserver sa porosité tout au long de la période de compostage. Ceci nécessite souvent un agent de foisonnement puissant comme de la paille ou des copeaux de bois. Les copeaux de bois sont souvent utilisés pour composter les boues de station d'épuration



par cette méthode. En raison de leur grande taille, les copeaux de bois sont seulement partiellement compostés lors de ce processus. Ils sont souvent sortis du compost obtenu et réutilisés comme agents de foisonnement pour deux ou trois autres cycles. Compte tenu de la décomposition de la paille au cours de la période de compostage, un tas ayant de la paille comme agent de foisonnement peut perdre progressivement de sa structure. Ceci est partiellement compensé par le séchage qui a lieu au fur et à mesure du compostage. D'autres agents de foisonnement et amendements possibles pour le compostage statique en tas sont les suivants: compost recyclé, tourbe, rafles de maïs, résidus de culture, écorces, feuilles, coquilles de crustacés, vieux papiers, et morceaux de pneus. Les matières non compostées telles que les morceaux de pneus et les coquilles de mollusques doivent être criblées et retirées du compost afin d'être réutilisées. Afin d'obtenir une bonne répartition de l'air, le fumier ou le lisier doivent être mélangés minutieusement avec l'agent de foisonnement préalablement à la formation du tas.

Les débits de circulation d'air et le choix des ventilateurs et des tuyaux d'aération dépendent de la façon dont est gérée l'aération, c'est-à-dire comment le ventilateur est contrôlé. Le ventilateur peut fonctionner sans interruption ou par intermittence. Dans ce dernier cas, le contrôle peut s'effectuer grâce à une minuterie programmée ou à un détecteur de température.

Les débits d'air sont basés sur le poids sec des matériaux bruts, tel que les boues ou le fumier. Ceux-ci doivent prendre en compte la présence d'agents de foisonnement classiques tels que les copeaux de bois, la paille et le compost. En pratique, il pourra être nécessaire d'ajuster le cycle du minuteur, la taille du tas, et le ventilateur afin de s'adapter le mieux possible aux conditions spécifiques et aux matériaux.

Pour le compostage statique en tas, l'air peut être fourni de deux façons: un système d'aspiration avec l'air aspiré à travers le tas; ou un système de soufflage grâce au ventilateur injectant de l'air dans le tas. L'aspiration tire l'air de la surface extérieure à travers le tas et le récupère dans les tuyaux d'aération. L'air évacué se trouve dans le tuyau d'aspiration, et peut donc facilement être filtré si des odeurs apparaissent au cours du processus de compostage.

Avec l'aération positive avec soufflage, l'air évacué quitte le tas de compost sur toute la surface du tas. Par conséquent, il est difficile de récupérer l'air afin de traiter les odeurs. Si un contrôle des odeurs est nécessaire, une couche extérieure épaisse de compost doit être utilisée. L'aération par soufflage donne un meilleur débit d'air que l'aspiration, du fait de la non-filtration des odeurs. La perte de pression plus faible donne un meilleur débit avec une même puissance de ventilateur. Par conséquent, les systèmes de soufflage peuvent être plus efficaces pour refroidir le tas et sont préférés si le contrôle de la température est la préoccupation principale.

COMPOSTAGE EN RÉCIPIENT CLOS

Le compostage en récipient fait référence à un ensemble de méthodes qui confinent les matières à composter dans un bâtiment, un container ou un récipient (NRAES, 1992). Ces méthodes sont basées sur l'aération forcée et des techniques de retournement mécanique qui visent à accélérer le processus de compostage. Beaucoup de méthodes combinent les techniques des andains et des tas aérés dans le but de surmonter les faiblesses et exploiter les avantages de chaque méthode.

Il existe une gamme de méthodes de compostage en containers utilisant différentes combinaisons de récipients, de systèmes d'aération et de mécanismes de retournement. Les méthodes examinées ci-après ont été utilisées ou proposées pour le compostage au niveau de l'exploitation agricole.

Compostage en casier

Le compostage en casier est peut être la méthode de compostage en récipient la plus simple. Les matières sont contenues par des murs avec le plus souvent un toit. Le casier



NRAES-114, 1999/R, RVNK

Photographie 8
Compostage en casier

peut simplement être un ensemble de lattes de bois (avec ou sans toit), un silo à grain, ou un bâtiment de stockage en vrac. Les bâtiments ou les silos permettent de stocker des quantités plus importantes de matériaux et d'utiliser l'espace au sol de manière plus efficace que ne le font les tas indépendants. Les casiers permettent aussi d'éliminer les problèmes climatiques, de maîtriser les odeurs et d'offrir un meilleur contrôle de la température.

Les méthodes de compostage en casier fonctionnent de la même façon que la méthode du tas statique aéré. Elles comprennent des procédés d'aération forcée à la base du casier et un petit nombre, voire aucun retournement des matériaux. Un mélange occasionnel des matières dans les casiers peut faire redémarrer le processus. Si plusieurs casiers sont utilisés, les matières à composter peuvent être déplacées d'un casier à l'autre. La plupart des principes et des conseils suggérés pour le tas aéré s'appliquent également au compostage en casier. Une exception se situe au niveau des casiers de hauteur relativement élevée. Dans ce cas, il existe un degré plus important de compaction et une épaisseur plus importante des matières limitant le passage de l'air au travers du tas. Ces deux facteurs augmentent la résistance à la circulation de l'air (perte de pression). Une matière première avec une structure plus grossière et/ou un ventilateur plus puissant peuvent être nécessaires, par rapport à la méthode du tas statique aéré.

Compostage en casier passivement aéré des déchets municipaux de Phnom Penh

Les insuffisances des services de gestion des déchets provoquent des problèmes environnementaux et sanitaires. Ceci est d'ailleurs un problème majeur dans les villes des pays en voie de développement. Il existe de nombreux projets, pour la plupart développés par les organisations non gouvernementales locales (ONGs), ayant pour objectif d'implanter des installations de gestion des déchets à l'échelle des communautés. Le Centre de développement du recyclage des déchets est dirigé par l'Organisation communautaire des installations sanitaires et de recyclage (site Web: <http://www.bigpond.com.kh/users/csaro/>), une ONG locale de Phnom Penh au Cambodge. Celle-ci est dotée d'une unité de compostage en casier aéré passivement de petite capacité. Bien que ceci ne soit pas un compostage au «niveau d'une exploitation agricole» au sens strict du terme, les techniques sont valables et économiquement abordables pour la production sur l'exploitation, et, plus important encore, ceci représente un bon exemple de compostage des déchets applicable à l'agriculture périurbaine.

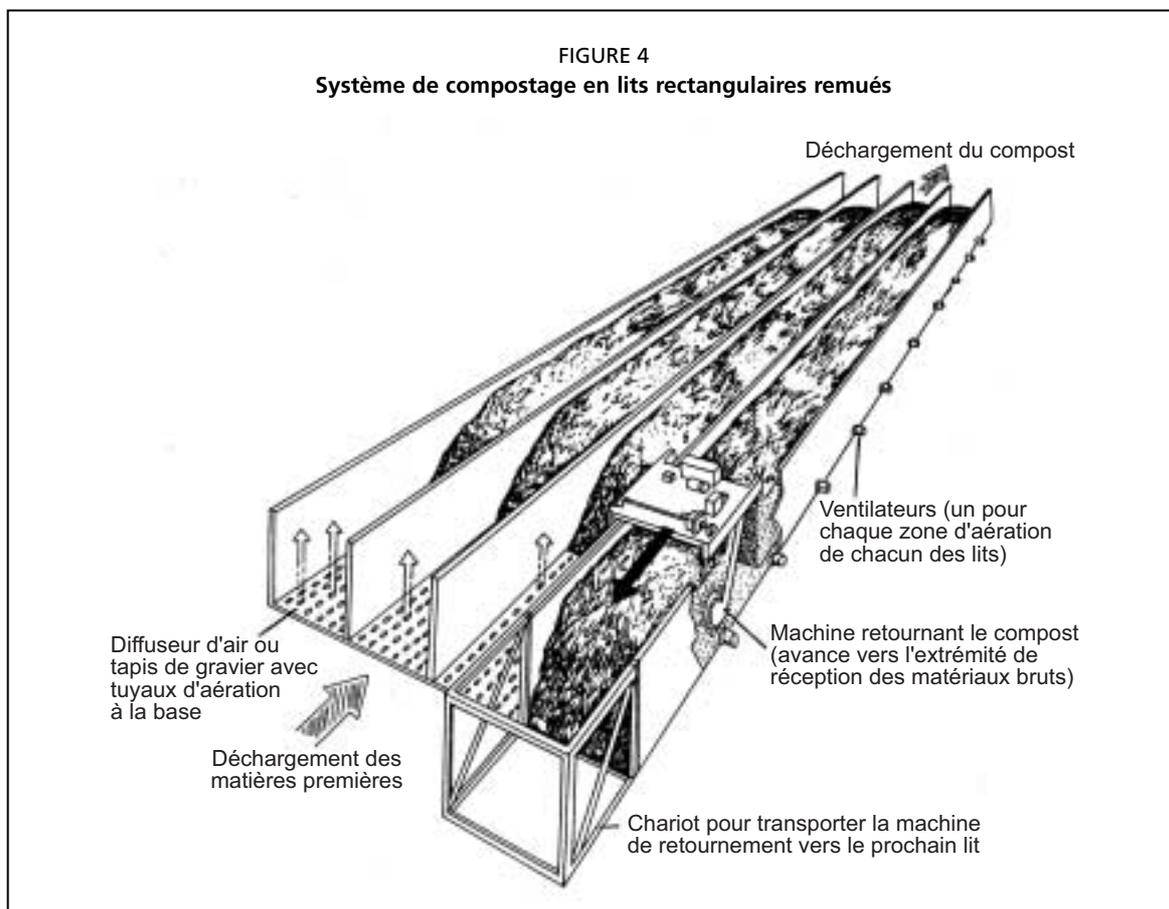
Les matières pouvant être compostées, telles que les déchets de cuisine, les feuilles d'arbres et les bourres de noix de coco sont récupérées et triées pour obtenir un rapport C/N et une teneur en eau efficaces. Ces matériaux sont alors hachés grâce à une machine

fabriquée localement afin d'accélérer le compostage préalablement à l'entassement dans un casier de 2 m (largeur) × 2 m (longueur) × 1 m (hauteur). Chaque casier est entouré par des murs sur trois côtés. Les murs sont en béton percé de trous. La surface du sol est recouverte de coques de noix de coco afin d'améliorer l'aération dans la partie inférieure du tas. Il y a également deux séries de tuyaux en plastique perforés, chacun consistant en un tube horizontal connecté à deux tubes verticaux. Le tas accumule rapidement de la chaleur et la température augmente jusqu'à 70°C. De l'eau est ajoutée afin de conserver une humidité adéquate. Le tas est normalement retourné un mois plus tard. Il peut aussi être retourné si la température devient inférieure à 48°C afin de stimuler la décomposition aérobie. Le compostage est achevé en environ deux mois, quand le tas a atteint une température inférieure à 27°C. Finalement, le compost est tamisé, emballé dans des sacs de 30 kg et vendu.

Lits rectangulaires remués

Le système de lit remué est une combinaison des méthodes d'aération contrôlée et de retournement périodique. Le compostage a lieu entre des murs qui forment de longs et étroits couloirs appelés lits (figure 4). Un rail ou une saignée en haut de chaque mur supporte et guide la machine retournant le compost.

Un chargeur place les matières premières à l'extrémité frontale du lit. Au fur et à mesure que la machine retournant les matières avance sur les rails, elle mélange le compost et le repose derrière elle. A chaque retournement, la machine déplace le compost à une distance bien déterminée, en direction de l'extrémité du lit. Les machines retournant le compost fonctionnent de façon similaire aux retourneurs d'andains. En effet, elles utilisent des pales ou fléaux rotatifs qui permettent de remuer les matières, de



casser les mottes et de conserver la porosité. Certaines machines sont aussi dotées d'un tapis roulant qui déplace le compost. Les machines fonctionnent automatiquement sans opérateur et sont contrôlées grâce à des interrupteurs à l'extrémité du couloir.

La plupart des systèmes commerciaux comprennent des tuyaux d'aération ou une chambre de diffusion d'air encastrés dans le fond du lit, lui-même recouvert par un revêtement et/ou des graviers. Entre les retournements, l'aération est fournie par des ventilateurs afin d'aérer et de refroidir le compost. Comme les matières se trouvant le long du lit sont à différentes étapes de compostage, le lit est divisé en différentes zones d'aération. Plusieurs ventilateurs sont utilisés pour chaque lit. Chaque ventilateur fournit de l'air à une zone du lit et est contrôlé individuellement par un détecteur de température ou une minuterie.

La capacité du système dépend du nombre et de la taille des lits. La largeur des lits des systèmes disponibles dans le commerce varie de 180 à 600 cm, et les profondeurs de lit oscillent entre 90 et 300 cm. Les lits doivent être adaptés à la taille des machines retournant le compost, et les murs doivent être particulièrement droits. Afin de protéger l'équipement et contrôler les conditions de compostage, les lits sont abrités dans des bâtiments ou des serres, ou peuvent être recouverts par un toit dans les climats chauds.

La longueur d'un lit et la fréquence de retournement déterminent la période de compostage. Quand la machine déplace les matières de 3 m à chaque retournement et si le lit est long de 30 m, la période de compostage est de 10 jours avec des retournements quotidiens. Celle-ci passe à 20 jours si le retournement ne se fait qu'un jour sur deux. Les périodes de compostage recommandées pour les systèmes commerciaux de lits remués varient de deux à quatre semaines, bien qu'une longue période de maturation puisse être nécessaire par la suite.

Silos

Une autre technique de compostage en récipient clos ressemble à un silo à déchargement par le bas. Chaque jour, une vis transporteuse retire les matières compostées se trouvant en bas du silo, et un mélange de matières premières est chargé à son sommet. Le système d'aération à la base du silo souffle de l'air à travers les matières à composter. L'air évacué peut être recueilli au sommet du silo de façon à traiter les odeurs. Généralement, la durée de compostage est d'environ 14 jours, et 1/14^{ième} du volume du silo est alors retiré et remplacé quotidiennement. Une fois que le compost a quitté le silo, il est conservé pour maturation, le plus souvent dans un second silo aéré. Ce système minimise la surface de compostage car les matières sont empilées verticalement. Cependant, l'empilement présente des problèmes au niveau de la compaction, du contrôle de la température et de la circulation de l'air. Comme les matières ne sont que très peu mélangées dans le silo, les matières premières doivent être mélangées préalablement à leur chargement dans le silo.

Tambours rotatifs

Ce système utilise un tambour horizontal rotatif pour mélanger, aérer et déplacer les matières à travers le système. Le tambour est monté sur de larges paliers et est retourné grâce à une couronne d'entraînement dentée. Un tambour d'environ 3,35 m de diamètre et de 36,58 m de long a une capacité quotidienne de 50 tonnes avec un temps de séjour de trois jours. Dans le tambour, le processus de compostage démarre rapidement, et les matières très dégradables et demandeuses d'oxygène sont décomposées. Les matières doivent cependant être décomposées davantage grâce à un second processus de compostage, le plus souvent un compostage en andain ou dans des tas statiques aérés. Dans certains systèmes commerciaux, les matières à composter restent moins d'une journée dans le tambour. Dans ce cas de figure, le tambour sert essentiellement de dispositif permettant de mélanger les matières entre elles.

De l'air est fourni à partir de l'extrémité de déchargement et est intégré aux matières alors que celles-ci sont remuées. L'air circule dans la direction opposée à celle des matières. Le compost arrivant à proximité du déchargement se refroidit grâce à l'air frais entrant. Au centre, les matériaux reçoivent de l'air réchauffé, ce qui stimule le processus; et les matières à peine introduites reçoivent l'air le plus chaud afin de débiter le processus.

Le tambour peut être ouvert ou cloisonné. Un tambour ouvert fait circuler toutes les matières sans interruption dans l'ordre dans lequel elles sont entrées. La vitesse de rotation du tambour et l'inclinaison de l'axe de rotation déterminent le temps de séjour des matières. Un tambour cloisonné peut être utilisé pour gérer le processus de compostage plus finement qu'avec un tambour ouvert. Le tambour est divisé en deux ou trois chambres par des cloisons. Chaque cloison contient une boîte de transfert équipée d'une porte commandée à distance. A la fin de chaque journée, la porte de transfert à l'extrémité de déchargement du tambour est ouverte et le compartiment est ainsi vidé de son contenu. Les autres compartiments sont alors ouverts et transférés dans le compartiment suivant, et finalement un nouveau lot est introduit dans le premier compartiment. Un rebord, placé à chacune des portes de transfert, retient 15 pour cent de la quantité évacuée pour faire office d'inoculum pour le lot à venir. Lors du déchargement, le compost peut être directement criblé afin d'éliminer les morceaux trop grands. Ceux-ci peuvent alors être renvoyés dans le tambour et être ainsi de nouveau compostés.

A une échelle plus petite, les tambours de compostage peuvent être adaptés à partir d'un équipement existant tel que des bétonnières, des mélangeurs d'aliments, et des fours à ciment. Bien que moins sophistiqués que les modèles commerciaux, les fonctions restent les mêmes: mélanger, aérer, et s'assurer que le processus de compostage débute rapidement.

Conteneurs transportables

Un autre type de système en récipient clos est basé sur un conteneur transportable et une installation centrale de compostage. Un certain nombre d'agriculteurs locaux participent en fournissant le fumier comme matière première. Chaque exploitation agricole reçoit un conteneur transportable, qui ressemble à un conteneur à déchets solides sur roulettes. A sa base, le conteneur est doté de tuyaux d'aération qui sont connectés à un ventilateur. Au niveau de l'exploitation agricole, le fumier et les amendements secs sont chargés quotidiennement dans le conteneur et sont aérés pendant plusieurs jours jusqu'à ce que le conteneur soit récupéré par l'installation centrale qui se charge d'achever le compostage. Quand le conteneur est récupéré, un autre conteneur est fourni à l'exploitation agricole, qui peut ainsi continuer le cycle de compostage. L'exploitation agricole donne le fumier et reçoit en échange un agent de foisonnement, du compost et/ou des revenus.

Chapitre 4

Vermicompostage

Le terme vermicompostage (ou lombricompostage) se réfère à l'utilisation de vers de terre pour composter les résidus organiques (photographie 9). Les vers de terre peuvent consommer pratiquement tous les types de matière organique et peuvent absorber l'équivalent de leur propre poids par jour, par exemple 1 kg de vers de terre peut consommer un kg de résidus chaque jour. Les excréments (turricules) des vers de terre sont riches en nitrates, et en formes disponibles de P, K, Ca et Mg. Le passage du sol à travers les vers de terre favorise la croissance des bactéries et des actinomycètes. Les actinomycètes se développent en présence de vers de terre et leur teneur dans les déjections de vers de terre est six fois supérieure à celle du sol d'origine.

TYPES DE VERS DE TERRE

Un tas de compost humide de 2,4 m × 1,2 m × 0,6 m de haut peut supporter une population de plus de 50 000 vers de terre. L'introduction de vers de terre dans un tas de compost permet de mélanger les matières, aérer le tas et accélérer la décomposition. Si des vers de terre sont présents, le tas peut ne pas être retourné car ceux-ci se chargent de mélanger et d'aérer. L'environnement idéal pour les vers de terre est une fosse peu profonde, mais une bonne sélection de vers de terre est nécessaire. *Lumbricus rubellus* (ver rouge) et *Eisenia foetida* tolèrent la chaleur et sont donc particulièrement utiles. Les vers des champs (*Allolobophora caliginosa*) et les lombrics (*Lumbricus terrestris*) attaquent la matière organique par en dessous, mais ces derniers ne se développent pas au cours du compostage actif, car ils sont éliminés plus facilement que les autres par les températures élevées.

Les vers de terre européens (*Dendrobaena veneta* ou *Eisenia hortensis*) sont produits commercialement et ont été utilisés avec succès sous la plupart des climats. Ces vers de terre atteignent une dimension d'environ 10 à 20 cm. Le vers de terre africain (*Eudrilus eugeniae*), est une espèce tropicale de grande taille. Il résiste à des températures plus élevées que ne peut le faire *Eisenia foetida*, dans la mesure où il y a suffisamment d'humidité. Cependant, sa tolérance à la température est plus restreinte, et il ne peut survivre à des températures inférieures à 7°C. Le vermicompostage est utilisé dans de nombreux pays. Des expériences provenant de pays sélectionnés sont décrites comme études de cas.



Photographie 9
Élevage de vers de terre

ÉTUDES DE CAS

Vermicompostage aux Philippines

Les vers utilisés dans cette étude (FAO, 1980) ont été les suivants: *Lumbricus rubellus* et/ou *Perionyx excavator*. Ceux-ci ont été élevés et multipliés, grâce à des reproducteurs obtenus commercialement, dans des boîtes en bois peu profondes conservées dans un hangar. Les boîtes avaient approximativement les dimensions suivantes: 45 cm × 60 cm × 20 cm, et étaient dotées de trous de drainage. Elles étaient conservées sur des étagères et disposées en rang et sur différents niveaux.

La litière était composée de divers résidus organiques tels que sciure de bois, paille de céréales, balle de riz, bagasse et carton, bien humidifiés avec de l'eau. Le mélange humide a été conservé pendant environ un mois, recouvert par un sac humide afin de minimiser l'évaporation, et a été mélangé plusieurs fois minutieusement. Une fois la fermentation achevée, des fientes de poulet et des déchets verts, comme les feuilles de leucaena ou de jacinthe d'eau, ont été ajoutés. Les matières ont alors été disposées dans des boîtes. Les matériaux n'étaient pas compactés afin de permettre aux vers de creuser et conservaient l'humidité. Les proportions des différentes matières ont varié selon la nature des composants, mais l'objectif était d'atteindre une teneur finale en protéines d'environ 15 pour cent. Une valeur de pH aussi neutre que possible était nécessaire et les boîtes ont été gardées à une température variant entre 20 et 27°C (à des températures plus élevées, les vers entrent en estivation; à des températures plus basses, ils hibernent).

Bien que les vers soient capables de se nourrir de la litière, ils ont été régulièrement alimentés à ce stade: chaque kilogramme de vers de terre a reçu 1 kg de nourriture chaque 24 heures. Pour 0,1 m² de surface, 100 g de vers reproducteurs ont été ajoutés aux boîtes. Les aliments incluaient les fientes de poulet, le leucaena et les déchets végétaux. Dans une exploitation agricole, la jacinthe d'eau a été spécialement cultivée et utilisée fraîche (hachée) comme unique source d'alimentation. Certaines formes de protection ont été nécessaires vis-à-vis des prédateurs (oiseaux, fourmis, sangsues, rats, grenouilles et mille-pattes).

Procédure de compostage

Des séries de fosses de 3 m × 4 m (le nombre dépend de l'espace disponible) ont été creusées à approximativement 1 m de profondeur, avec des parois inclinées. Des tiges de bambous ont été disposées en une rangée parallèle à la base de la fosse et recouvertes avec un treillis composé de bandes de bois. Ceci permettait le drainage nécessaire compte tenu du fait que les vers n'auraient pas pu survivre dans un environnement engorgé.

Les fosses ont été bordées de vieux sacs d'aliments afin d'éviter aux vers de s'échapper dans les sols environnants mais aussi pour permettre de drainer le surplus d'eau. Les fosses ont alors été remplies de résidus agricoles organiques comme de la paille et autres résidus de récolte, du fumier animal, des adventices et des feuilles. Les fosses ainsi remplies ont été recouvertes de sol non compacté et l'humidité a été conservée pendant environ une semaine. Un ou deux emplacements au sommet du tas ont été bien arrosés et les vers provenant des boîtes de reproduction ont alors été placés au sommet du tas. Ils se sont alors immédiatement enfoncés dans le sol humide.

Afin de récolter les vers présents dans la boîte, les deux tiers de celle-ci ont été vidés dans une autre boîte tapissée de feuilles de bananier ou de vieux journaux. La boîte d'origine a alors été remplie de litière fraîche et les vers restants se sont multipliés de nouveau. Les vers retirés de la boîte ont été ramassés à la main et ajoutés au tas.

Les fosses à compost ont été laissées pendant une période de deux mois. Idéalement, de telles fosses devraient être gardées à l'abri du soleil et toujours humides. Au bout de deux mois, environ 10 kg d'excréments sont produits par kilogramme de vers. Les fosses sont alors creusées des deux tiers aux trois quarts, et la plupart des vers sont

retirés à la main ou tamisés. Ainsi, suffisamment de vers restent dans la fosse pour un nouveau compostage, et la fosse peut être ainsi remplie avec de nouveaux résidus organiques frais. Le compost est séché au soleil et tamisé pour produire un matériel de bonne qualité, avec une composition type représentant: matière organique, 9,3 pour cent; N, 8,3 pour cent; P, 4,5 pour cent; K, 1,0 pour cent (soluble dans l'eau); Ca, 0,4 pour cent; et Mg, 0,1 pour cent.

Le surplus de vers cultivés dans les fosses est alors utilisé dans d'autres fosses, vendus à d'autres agriculteurs à des fins identiques, utilisés ou vendus en tant que complément d'alimentation animale ou comme aliment pour poisson ou utilisés pour certaines préparations culinaires.

Vermicompostage à Cuba

A Cuba, différentes méthodes sont utilisées pour la propagation des vers et le vermicompostage (Cracas, 2000).

Rangées de bacs à vers

La méthode la plus courante utilise des bacs en ciment (60 cm × 180 cm) pour élever des vers et créer du compost avec les vers de terre. En raison du climat, ces bacs sont arrosés d'eau chaque jour. Dans ces bacs, le seul aliment pour les vers est le fumier. Celui-ci est mûri pendant environ une semaine avant d'être ajouté au bac. En premier lieu, une couche de 7,5-10 cm de fumier est disposée dans le bac vide, et les vers sont alors ajoutés. Au fur et à mesure que les vers consomment le fumier, une couche supplémentaire de fumier est ajoutée, environ tous les dix jours jusqu'à ce que le compost soit à environ 5 cm du haut du bac (environ deux mois). Les vers sont alors séparés du compost et transférés dans un autre bac.

Andains

Une autre méthode de vermicompostage est l'andain. Du fumier de vache est entassé sur environ 90 cm de large et 90 cm de haut et des vers sont alorsensemencés. Au fur et à mesure que les vers passent au travers du compost, du fumier frais est ajouté à l'extrémité de l'andain, et les vers avancent ainsi. Les andains sont recouverts de frondes ou de feuilles de palmier afin de les conserver à l'abri de la lumière et au frais. Certains de ces andains ont un système de goutte à goutte (un tuyau percé de trous passant à côté des andains) mais la plupart sont arrosés à la main. Certains de ces andains s'étalent sur des dizaines de mètres de longueur. Le compost est rassemblé à l'extrémité opposée une fois que les vers ont avancé. Il est alors emballé et vendu. Le fumier frais,ensemencé de vers, initie un andain et le processus reprend. Certains andains sont entourés de briques, mais la plupart sont de simples tas de fumier sans murs ou protections. Le fumier est composté de façon statique pour 30 jours, et est alors transféré aux andains pour que des vers y soient ajoutés. Après 90 jours, les tas atteignent une hauteur d'environ 90 cm. Les andains sont aussi utilisés pour composter les balles de riz et la bagasse (la bagasse est ce qui reste une fois terminé le processus de traitement de la canne à sucre), mais cette dernière est mélangée avec du fumier animal. De petits morceaux de nourriture sont quelquefois ajoutés aux lits de vers de terre.

Vermicompostage en Inde

Cette approche (Jambhhekar, 2002) utilise les matières suivantes: des vers reproducteurs, un lit en bois et des déchets organiques. Le lit devrait avoir la longueur désirée et environ 75 cm de haut sur 120 cm de large. Les vers devraient être appliqués partout où sont présents les déchets. Les autres étapes du processus sont les suivantes:

- Tamisage et hachage/broyage – la décomposition peut être accélérée en déchiétant les matières premières en petits morceaux.

- Mélange – les substances carbonées telles que la sciure de bois, le carton, la paille peuvent être mélangées avec les matières riches en azote comme les boues d'épuration, les résidus de biogaz, et de petits morceaux de poissons afin d'obtenir le rapport C/N le plus optimal possible. Un mélange varié de substances produit un compost de bonne qualité, riche en éléments nutritifs majeurs et en oligoéléments.
- Début de digestion– les matières premières doivent être gardées en tas et la température peut atteindre 50-55°C. Les tas devraient rester à cette température pendant sept à dix jours.
- Conserver l'humidité, la température et le pH – le niveau d'humidité optimal pour maintenir des conditions aérobies est de 40 à 45 pour cent. Une humidité et une aération correctes peuvent être maintenues en mélangeant des matières fibreuses avec des matières riches en azote. La température des tas devrait être de 28-30°C. Des températures plus élevées ou plus basses réduisent l'activité de la microflore et des vers de terre. La hauteur du lit peut aider à contrôler l'augmentation de température. Le pH de la matière première ne devrait pas être supérieur à 6,5-7.

Le compost est prêt un mois plus tard. Il est noir, granuleux, léger et riche en humus. Afin de faciliter la séparation des vers du compost, l'arrosage devrait cesser deux à trois jours avant que les lits ne soient vidés. Ceci pousse environ 80 pour cent des vers à se déplacer vers le fond du lit. Les vers restants peuvent être retirés à la main. Le vermicompost est alors prêt à être utilisé.

Certains producteurs ont opéré des modifications, par exemple en rendant le sol imperméable aux fuites et en offrant de l'ombre afin d'assurer une régulation de la température et une protection contre l'accumulation d'eau lors de la saison des pluies. Bien que ceci provoque un coût supplémentaire, l'efficacité améliorée du vermicompostage et le taux de croissance accéléré des vers terre compensent largement ces coûts additionnels.

Le surplus d'eau, qui risque de s'écouler en lessivant les extraits de vers de terre, est également recueilli sur le revêtement de sol en béton et est remis en circulation. Ceci garantit une teneur élevée en azote dans le produit fini et également une meilleure qualité en raison de la préservation des extraits de vers de terre. Les étapes de ce processus sont:

- Les excréments de bétail sont ramassés dans les étables.
- Les excréments sont conservés pendant 7 à 10 jours afin de les laisser refroidir.
- Des lits/andains d'excréments et de résidus de récolte/feuilles, etc. d'environ 1 m de large, 75 cm de haut et distants de 75 cm sont construits.
- Dans les lits/andains, les résidus de culture, comme les feuilles, la paille etc., sont disposés en couches successives avec les excréments pour atteindre une hauteur de 75 cm. Les lits sont laissés tels quels pendant 4 à 5 jours pour refroidir.
- De l'eau est apportée pour permettre au compost de refroidir.
- Des vers de terre sont déposés au sommet de l'andain/lit de fumier. Environ 1 kg de vers est appliqué pour chaque mètre d'andain de fumier.
- Après avoir recouvert les lits/andains de feuilles de bananier, tout est laissé au repos pour deux ou trois jours. Recouvrir de sacs de jute n'est pas recommandé, compte tenu du réchauffement du lit de compost.
- Le lit est ouvert après deux ou trois jours. La partie supérieure (environ 10 cm) de fumier est décompactée grâce à un outil approprié.
- Le lit est de nouveau recouvert. Les vers tirent leur nourriture de la partie supérieure du lit qui est de 10 cm. Cette portion est peuplée de vers en environ 7 à 10 jours.
- Cette même portion est retirée et disposée à côté du lit. Une autre portion de 10 cm est décompactée et recouverte de feuilles.

- L'humidité est conservée dans le lit par un arrosage régulier d'eau.
- La portion supérieure décompactée du fumier, est de nouveau peuplée de vers en 7 à 10 jours et est retirée de nouveau.
- Par conséquent, en environ 40 jours, approximativement 60 cm du lit seront transformés en vermicompost, recueilli en trois à quatre fois.
- Le lit restant, qui a une hauteur d'environ 10 cm, est un mélange de fumier et de vers.
- Un mélange de fumier frais et de résidus organiques, etc. est de nouveau disposé sur le lit restant avec des vers de terre et le processus de compostage recommence ainsi.
- Le fumier récolté du lit est séparé des vers par criblage. Les matières non compostées ou étrangères sont aussi retirées de la même façon.
- Le compost ainsi criblé est emballé et utilisé ou vendu selon les exigences.

AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION DE VERMICOMPOST

La production de vermicompost, utilisant des vers épigés tels que *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* et *Eudrilus eugeniae*, peut être efficacement améliorée en ajoutant aux déchets organiques utilisés pour le vermicompostage de l'urine de vache. De l'urine non diluée peut être utilisée pour humidifier les déchets organiques au cours de la période préliminaire de compostage (préalablement à l'addition de vers). Après le début de l'activité des vers, l'urine peut être diluée avec une quantité équivalente d'eau. Aucun problème n'a été observé suite à l'utilisation quotidienne d'urine de vache diluée pour humidifier le lit de vermicompost. Cette simple technique peut produire un vermicompost ayant une teneur azotée plus élevée. De plus, il a été découvert que les vers deviennent très actifs et le vermicompost peut être récolté une dizaine de jours en avance.

INTÉGRATION DU COMPOSTAGE TRADITIONNEL AU VERMICOMPOSTAGE

Les problèmes associés au compostage thermophile traditionnel ont traités: à la longueur du processus, au retournement fréquent des matières, à la réduction de la taille des matières pour augmenter la superficie, à la perte d'éléments nutritifs lors du processus prolongé, et au produit hétérogène obtenu. Cependant, le principal avantage du compostage thermophile est incarné par le fait que les températures atteintes lors du processus sont suffisamment élevées pour une élimination satisfaisante des pathogènes.

Lors du vermicompostage, les vers de terre permettent aussi bien de retourner que de conserver le matériel dans des conditions aérobies, réduisant par la même occasion le besoin d'opérations mécaniques. De plus, le produit obtenu (vermicompost) est homogène. Cependant, la température atteinte n'étant pas suffisamment élevée pour éliminer les pathogènes de façon acceptable représente le principal inconvénient du processus de vermicompostage. Alors que la température atteinte dépasse les 70°C lors du compostage thermophile traditionnel, au cours des processus de vermicompostage, la température doit être maintenue à moins de 35°C.

Une étude a examiné la possibilité d'intégrer le compostage traditionnel thermophile et le vermicompostage (Ndegwa et Thompson, 2001). Les caractéristiques de chacun des deux processus ont été combinées afin d'améliorer l'ensemble du processus ainsi que les qualités du produit. Les deux approches examinées dans cette étude ont été les suivantes: (i) pré-compostage suivi du vermicompostage; (ii) pré-vermicompostage suivi du compostage. La durée de chacune des opérations combinées, à savoir le compostage et le vermicompostage, a été de quatre semaines. Une comparaison a été établie dans le cas de figure où il n'y a eu que le vermicompostage (durée: 56 jours). Les résultats

ont indiqué que la combinaison des deux processus réduit le temps de stabilisation et améliore la qualité du produit. De plus, le produit obtenu est plus stable et homogène, a un impact potentiel moins important sur l'environnement, et répond aux exigences de réduction du nombre de pathogènes.

Références

- Community Sanitation and Recycle Organization (CSARO).** Web site: <http://www.bigpond.com.kh/users/csaro/>
- Cracas, P.** 2000. Vermicomposting Cuban style. *Worm Dig. Iss.*, 25 – online articles.
- FAO.** 1980. *A manual of rural composting*. FAO/UNDP Regional Project RAS/75/004 Field Document No. 15. Rome.
- FAO.** 2002. *Biofertilizer production plant, Myanmar (FAO/UNDP Project)*, by H. Hiraoka. Back to Office Report. Bangkok, FAO–RAP.
- Indian Agricultural Research Institute (IARI).** 1989. *Biofertilizers*. New Delhi, Division of Microbiology.
- Jambhhekar, H.** 2002. *Vermiculture in India – online training material*. Pune, India, Maharashtra, Agricultural Bioteks.
- Manickam, T.S.** 1967. *Chemistry of fertilizers and manures*. Coimbatore, India, Division of Soil Science and Agricultural Chemistry, Agricultural Research Institute.
- Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES).** 1992. *On-farm composting*, edited by R. Rynk. Ithaca, USA, NRAES Cooperative Extension.
- Ndegwa, P.M. & Thompson, S.A.** 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Biores. Tech.*, 76(2): 107–112.
- Palm, C.A., Gachengo, C.N., Delve, R.J., Cadisch, G. et Giller, K.E.** 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Ag. Ecosys. Env.*, 83: 27–42.
- Raabe, R.D.** 2001. *The rapid composting method*. University of California, US, Co-operative Extension, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Ramasami, S.** 1975. *Processing of bones into bonemeal and its effect on plant growth*. New Delhi, Indian Agricultural Research Institute. (PhD thesis)
- Richard, T.** 1996. The effect of lignin on biodegradability. *In: Cornell composting*. (available at <http://www.cfe.cornell.edu/compost/calc/lignin.html>)
- Schorth, G.** 2003. Decomposition and nutrient supply from biomass. *In* G. Schorth & F.L. Sinclari, eds. *Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods*. CABI Publishing, ISBN– 0851995934.
- Smith, R.C.** 1995. *Composting practices*. NDSU Extension Service, North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, and USDA.
- Tamilnadu Agricultural University (TNAU).** 1999. *Crop production guide*. Coimbatore, India.
- Virginia, C.C.** 1997. *Rapid composting technology in Philippines: its role in producing good quality organic fertilizers*. Extension Bulletin. Taiwan Province of China, FFTC.

CAHIERS TECHNIQUES DE LA FAO

DOCUMENTS DE TRAVAIL SUR LES TERRES ET LES EAUX

1. A perspective on water control in southern Africa – support to regional investment initiatives, 2003 (A)
2. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, 2005 (A, F)
3. Payment schemes for environmental services in watersheds / Sistemas de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas, 2004 (A/E)
4. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin – a situation analysis, 2004 (A)

Disponibilité: mai 2005

<i>A</i>	–	<i>Anglais</i>		<i>Multil</i>	–	<i>Multilingue</i>
<i>Ar</i>	–	<i>Arabe</i>		*		<i>Épuisé</i>
<i>C</i>	–	<i>Chinois</i>		**		<i>En préparation</i>
<i>E</i>	–	<i>Espagnol</i>				
<i>F</i>	–	<i>Français</i>				
<i>P</i>	–	<i>Portugais</i>				

On peut se procurer les Cahiers techniques de la FAO auprès des points de vente des publications de la FAO, ou en s'adressant directement au Groupe des ventes et de la commercialisation, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie.

Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole

Les problèmes liés à la productivité des sols et à la détérioration de l'environnement ont ravivé l'intérêt pour les pratiques de recyclage des matières organiques telles que le compostage. Le compostage offre des solutions très intéressantes permettant de transformer les déchets organiques de l'exploitation agricole en ressource.

Un éventail d'approches de compostage pour diverses situations a été utilisé. Cependant, l'information relative aux méthodes rapides de compostage récemment mises au point, tout particulièrement celles destinées aux petits agriculteurs, reste éparpillée et a besoin d'être compilée. Cette publication présente un aperçu des méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, tout particulièrement les processus de compostage rapides. Elle vise à promouvoir l'adoption à grande échelle de technologies de compostage efficaces et rapides, en vue d'améliorer la productivité du sol dans les pays en développement tout en protégeant l'environnement.