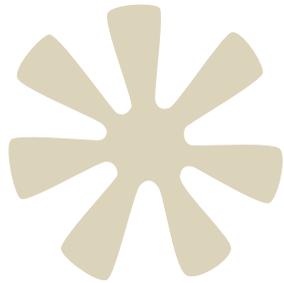


Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique
Un manuel de ressources pour les formateurs

2 GESTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS



coopération
allemande
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Mise en œuvre par

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

FiBL

MENTIONS LÉGALES

Éditeur :

Institut de recherche de l'agriculture biologique
FiBL, Suisse, www.fibl.org

En collaboration avec:

- > IFOAM, Fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique, www.ifoam.org
- > NOGAMU, Mouvement national d'agriculture biologique en Ouganda
- > FENAB, Sénégal
- > OPPAZ, Association de producteurs et transformateurs de produits biologiques de Zambie, www.oppaz.org

Auteurs : Gilles Weidmann et Noah Adamtey (FiBL), Brian Ssebunya

Réviseurs : Andreas Gattinger, Andreas Fliessbach et Irene Kadzere (FiBL)

Illustrateur : Okudi Deogratus Gerard et Andrew Baingana, Ouganda

Version 1.0, 2021. Les commentaires et recommandations d'amélioration sont les bienvenus.

Ce manuel peut être reproduit sans autorisation.

Tous les documents issus des projets liés au manuel de formation à l'agriculture biologique en Afrique sont disponibles gratuitement sur Internet à l'adresse www.organic-africa.net.

La production de l'édition anglaise de ce manuel a été financée par la Fondation Bill et Melinda Gates et la Fondation Syngenta pour l'agriculture durable dans le but de promouvoir l'agriculture biologique en Afrique. La traduction française a été financée dans le cadre du projet global « Centre de Connaissances de l'Agriculture biologique en Afrique », mis en œuvre par la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH pour le compte du Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ).



Toutes les informations contenues dans ce manuel ont été compilées par les auteurs au mieux de leurs connaissances. Des efforts raisonnables ont été faits par l'Institut de recherche de l'agriculture biologique et ses partenaires pour publier des données et des informations fiables. Les auteurs, les rédacteurs et les éditeurs ne peuvent assumer la responsabilité de la validité des documents. Ni les auteurs, ni les éditeurs, ni toute autre personne associée à cette publication, ne peuvent être tenus responsables de toute perte, dommage ou responsabilité directement ou indirectement causés ou supposés être causés par le manuel de formation et ses outils.

Le manuel de formation à l'agriculture biologique pour l'Afrique est basé sur des recherches financées par la Fondation Bill & Melinda Gates et la Fondation Syngenta pour l'agriculture durable. Les résultats, conclusions et recommandations du manuel sont ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions ou les politiques des deux fondations, ni celles de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH ou du Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ).

Veuillez citer cette publication comme suit :
FiBL (2021) : Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique. Version 1.0 2021. Institut de recherche en agriculture biologique FiBL, Frick.
ISBN 978-3-03736-411-6

SOMMAIRE

1. Introduction	1
2. Sols	3
3. Fertilité du sol	10
4. Approche de l'agriculture biologique en matière de gestion de la fertilité des sols	21
5. Conservation des sols et de l'eau	24
6. Augmentation de la teneur en matière organique du sol	41
7. Compléments fertilisants	68
8. Publications et sites web recommandés	73

2 GESTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS



JEU DE TRANSPARENTS



LIVRET 2 : GESTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS



LIVRET 3 : CONSERVATION DES SOLS ET DE L'EAU



LIVRET 4 : GESTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL



LIVRET 5 : COMPLÉMENTS FERTILISANTS

Objectifs d'apprentissage pour les agricultrices et agriculteurs :

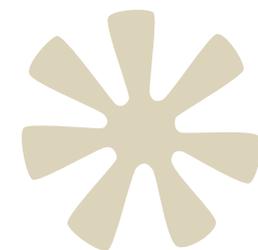
- › Se familiariser avec les sols locaux et leurs caractéristiques.
- › Comprendre que la gestion de la fertilité des sols ne se limite ni à l'apport d'engrais ni à l'augmentation des rendements. Elle consiste avant tout à protéger le sol et à augmenter sa teneur en matière organique ainsi que son activité biologique afin d'éviter la perte de sol, de favoriser une nutrition, une alimentation en eau et une santé des plantes optimales et d'augmenter les rendements ou de les maintenir à un niveau constant.
- › Connaître les outils de la gestion biologique de la fertilité des sols et être capable de les combiner de manière appropriée afin de les faire correspondre aux conditions locales et aux besoins des cultures.

1. Introduction

La durabilité à long terme de l'agriculture suscite de plus en plus de préoccupations. Des terres fertiles et de l'eau en quantité suffisante sont indispensables pour maintenir l'agriculture et assurer les moyens d'existence. Toutefois, en Afrique, la productivité a diminué en raison de l'intensification de l'agriculture qui dégrade les terres. Les causes majeures de la dégradation des terres sont les pratiques agricoles non durables telles que l'agriculture sur les pentes raides sans prendre de mesures suffisantes de conservation du sol et de l'eau, la monoculture, le travail excessif du sol, l'abandon de la jachère sans réapprovisionner le sol en nutriments, la culture sur brûlis, la conversion des forêts, des bois et des brousses en zones agricoles permanentes ou leur exploitation excessive en bois de chauffe et de construction, le surpâturage des prairies et le manque de gestion de la matière organique des sols.

En fonction de l'utilisation des terres, la dégradation des sols prend différentes formes :

- › Sur les terres cultivées, l'érosion du sol est causée par : l'eau et le vent ; la dégradation chimique, notamment la baisse de la fertilité, due à l'appauvrissement du sol en nutriments et à la salinisation ; la dégradation physique,



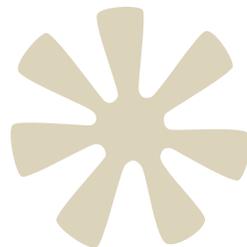
due au compactage du sol, à l'imperméabilisation et à la formation d'une croûte de battance ; la dégradation biologique, causée par un couvert végétal insuffisant et la baisse de la teneur en matière organique du sol ; et la dégradation de l'eau, principalement causée par l'augmentation des eaux de ruissellement (pollution des eaux de surface) et la raréfaction de l'eau due à une évaporation élevée.

- › Sur les pâturages, la dégradation biologique se produit à travers la perte du couvert végétal protecteur et des espèces précieuses. Par conséquent, des espèces étrangères « indésirables » s'installent dans le sol. La dégradation physique des sols se traduit par le ruissellement de l'eau et l'érosion généralisés. En termes de surface affectée, le surpâturage est considéré comme le facteur majeur de dégradation, suivi des mauvaises pratiques agricoles et de la surexploitation.
- › Sur les terrains forestiers, la dégradation biologique se produit à travers : la déforestation ; l'élimination d'espèces précieuses par l'exploitation forestière ; et le remplacement des forêts naturelles par des monocultures ou d'autres utilisations des terres (qui ne protègent pas le sol), ce qui a des répercussions négatives telles que la perte de la biodiversité et la dégradation des sols et de l'eau.

Par conséquent, les tentatives visant à réduire la faim sur le continent africain doivent commencer par : l'examen des sols fortement appauvris ; l'intensification et la diversification de l'utilisation des terres en combinaison avec l'application de pratiques durables de gestion de la fertilité des sols basées sur le contrôle de l'érosion, la protection des sols, la gestion de la matière organique, le travail réduit du sol et l'utilisation appropriée des amendements du sol, des engrais et de l'irrigation. L'utilisation de semences adéquates et un meilleur accès aux intrants et aux marchés alimentaires contribuent également à améliorer la productivité et à soutenir la production alimentaire globale en Afrique.

Le présent module de formation expose les pratiques de gestion de la fertilité des sols qui peuvent contribuer significativement à améliorer la productivité des terres africaines. La publication aidera les agricultrices et agriculteurs à gérer, de manière durable, leurs terres, l'eau et les engrais (de ferme, verts et achetés).

Pour commencer, le module initie les lectrices et lecteurs à percevoir le sol dans sa diversité, comme étant la ressource fondamentale de la production végétale, et à reconnaître les différents types de sols et leurs caractéristiques.



2. Sols

2.1. Qu'est-ce que le sol ?

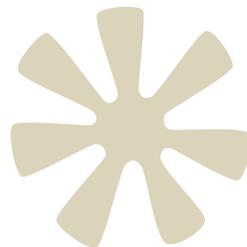
Le sol est le manteau (ou la couche) à la surface terrestre qui agit comme intermédiaire dans la croissance des plantes. Il se développe à travers l'action continue de la météorisation en fonction de facteurs environnementaux. La formation du sol est largement conditionnée par cinq facteurs majeurs : le climat (la pluie, la température, le vent, etc.) ; le relief ou la topographie de la région (la position dans le paysage) ; les organismes vivants (la végétation et les micro-organismes) ; la nature du matériau d'origine (type de roches et de minéraux d'où dérive le sol) ; et le temps.

2.2. De quoi le sol se compose-t-il et quel rôle joue-t-il ?

Les composants fondamentaux du sol sont les minéraux, la matière organique, l'eau et l'air. Le sol idéal (idéal pour la croissance de la plupart des plantes) se compose approximativement de 45 % de minéraux, 25 % d'eau, 25 % d'air et 5 % de matière organique. Dans la réalité, les pourcentages de ces quatre composants varient considérablement selon de nombreux facteurs tels que le climat, l'approvisionnement en eau, les pratiques culturales et le type de sol. L'air et l'eau se trouvent dans les pores entre les particules solides du sol. Souvent, le ratio entre les pores remplis d'air et ceux remplis d'eau change saisonnièrement, chaque semaine ou même tous les jours. Ce ratio est conditionné par les apports en eau à travers les précipitations, les écoulements, les émergences d'eau souterraine et les inondations. Le volume de l'espace poreux lui-même peut être altéré, d'une manière ou d'une autre, par plusieurs processus. La teneur en matière organique est généralement bien inférieure à 5 % dans la plupart des sols où elle n'est pas bien gérée.

Fraction minérale

La fraction minérale du sol est divisée en trois classes granulométriques : les sables, les limons et les argiles. Ces trois classes sont collectivement appelées la fraction fine du sol. Le diamètre de ces particules est inférieur à 2 mm. Les particules plus grosses sont dénommées les fragments rocheux ; ils sont également



divisés en différentes classes en fonction de leur taille (cailloux, pavés, blocs). La texture du sol est la proportion relative de particules de sable, de limon ou d'argile dans un sol. Elle joue un rôle important dans la gestion des nutriments, parce qu'elle influence la rétention de l'eau et des nutriments. Les sols à texture fine, par exemple, ont tendance à avoir une plus grande capacité de stocker les nutriments du sol. Les sols à texture très fine sont appelés sols argileux, tandis que les sols à texture grossière sont nommés sables. En revanche, un sol qui présente un mélange relativement homogène de sable, de limon et d'argile et qui possède les propriétés de chacun de ces composants est appelé terreau.

Eau du sol

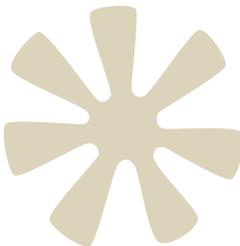
Tous les nutriments du sol fournis aux plantes proviennent de l'eau retenue dans le sol. L'eau joue, en effet, un rôle décisif dans la fertilité du sol et la nutrition des plantes. Seule une quantité modérée d'eau est nécessaire pour permettre l'aération du sol. S'il y a trop d'eau dans le sol et qu'elle y reste pendant plusieurs jours (c'est-à-dire que le sol est gorgé d'eau), le sol est privé d'oxygène. Dans ces conditions, les nutriments ne seront pas disponibles pour les plantes, et la plupart des micro-organismes bénéfiques du sol ne survivront pas. La plupart des plantes mourront, elles aussi, à l'exception de quelques espèces telles que le riz et l'igname.

Voici les principales fonctions de l'eau dans les sols :

- a) promouvoir de nombreuses activités physiques et biologiques du sol ;
- b) agir comme solvant et transporteur de nutriments ;
- c) agir comme agent dans le processus de la photosynthèse ;
- d) servir elle-même de nutriment ;
- e) maintenir la turgescence des plantes ;
- f) agir comme agent dans la désagrégation des roches et des minéraux.

Air du sol

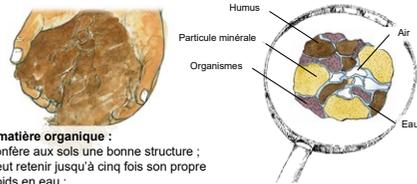
L'oxygène est essentiel à tous les processus biologiques se produisant dans le sol. Il est fourni aux micro-organismes et aux racines des plantes à travers de grands et de petits espaces dans le sol.





VUE MICROSCOPIQUE D'UN AGRÉGAT

Pourquoi la matière organique est-elle si importante ?



La matière organique :

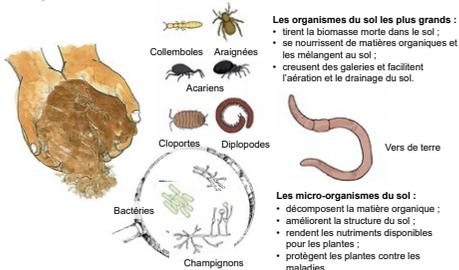
- confère aux sols une bonne structure ;
- peut retenir jusqu'à cinq fois son propre poids en eau ;
- offre de la nourriture et un habitat aux organismes bénéfiques du sol ;
- a une grande capacité à retenir les nutriments et à les libérer continuellement ;
- empêche les sols de devenir trop acides.

Vue microscopique d'un agrégat composé de particules minérales, d'humus et d'organismes du sol



MACRO-ORGANISMES ET MICRO-ORGANISMES

Organismes du sol



- Les organismes du sol les plus grands :**
- tirent la biomasse morte dans le sol ;
 - se nourrissent de matières organiques et les mélangent au sol ;
 - creusent des galeries et facilitent l'aération et le drainage du sol.

- Les micro-organismes du sol :**
- décomposent la matière organique ;
 - améliorent la structure du sol ;
 - rendent les nutriments disponibles pour les plantes ;
 - protègent les plantes contre les maladies.

Matière organique du sol

Connue sous le nom de matière organique, la composante organique du sol peut être divisée en trois groupes généraux : la biomasse vivante de micro-organismes, les résidus frais et ceux partiellement décomposés et l'humus. Issu de la décomposition de la matière organique, l'humus est une matière très stable. La matière organique est présente principalement dans la couche supérieure du sol, laquelle est soumise à un processus de transformation continue. La matière organique décomposée par les organismes du sol peut se recombinaison avec les particules minérales du sol pour former des structures d'humus très stables, qui peuvent rester dans le sol pendant de nombreuses années. Cette matière organique du sol durable ou humus contribue, dans une large mesure, à améliorer la structure du sol. La matière organique constitue 1 à 6 % du poids de la couche arable de la plupart des terres en altitude. Les sols contenant plus de 12 à 18 % de carbone organique (approximativement 20 à 30 % de matière organique) sont appelés sols organiques. Les sols agricoles ayant un niveau stable relativement élevé de matière organique présentent de nombreux avantages. Ces avantages peuvent être regroupés en trois catégories :

- Avantages physiques :** la matière organique du sol accroît la stabilité des agrégats ; améliore l'infiltration de l'eau et l'aération du sol ; réduit le ruissellement ; augmente la capacité de rétention d'eau ; réduit l'adhérence des sols argileux, les rendant ainsi plus faciles à labourer ; réduit la formation d'une croûte de battance ; et facilite la préparation du lit de semences.
- Avantages chimiques :** la matière organique augmente la capacité du sol à retenir et fournir, au fil du temps, des nutriments essentiels tels que le calcium, le magnésium et le potassium, propriété également connue sous le nom de « capacité d'échange cationique ». En outre, la matière organique améliore la capacité du sol à résister au changement de pH (effet tampon) et accélère la désagrégation des minéraux du sol, rendant ainsi les nutriments contenus dans les minéraux disponibles pour l'absorption par les plantes.
- Avantages biologiques :** la matière organique fournit des éléments nutritifs aux organismes qui vivent dans le sol ; elle augmente la biodiversité et l'activité microbiennes dans le sol, ce qui peut contribuer à éliminer les maladies et ravageurs des cultures ; en outre, elle augmente l'espace poreux à travers l'activité des micro-organismes du sol, favorisant une plus grande infiltration de l'eau et un moindre ruissellement.



Démonstration : découvrir le microcosme

Mettez une poignée de terre végétale humide et riche en matière organique (ou du compost) dans une bouteille d'eau coupée en deux (ou dans un tamis). Remplissez un récipient peu profond avec un mélange d'eau et d'alcool. Mettez la bouteille dans un cylindre en papier ou une structure similaire placé(e) au-dessus du récipient, puis placez une lampe puissante au-dessus de l'ensemble de la structure. Veillez à ce que l'intérieur de la partie inférieure de la construction reste à l'abri de la lumière. Sous l'effet de la lumière et de la chaleur, les organismes du sol vont lentement se déplacer vers le bas, tomber dans le récipient et mourir dans l'alcool. Faites comprendre aux agricultrices et agriculteurs que ces organismes



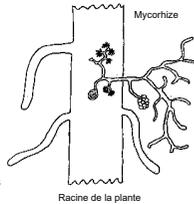


CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS

Les mycorhizes : des organismes bénéfiques

Les mycorhizes :

- sont une association symbiotique entre les racines d'une plante et un champignon mycorhizien ;
- augmentent la surface des racines et pénètrent dans les petits pores du sol ;
- aident les plantes à absorber les nutriments et l'eau ;
- améliorent la structure du sol et préservent l'humidité ;
- sont sensibles aux engrais et pesticides chimiques.



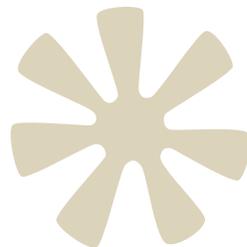
Organismes et micro-organismes du sol

Le sol abrite également de nombreux organismes, dont certains sont visibles à l'œil nu, comme les vers de terre et les termites. D'autres, comme les bactéries, sont minuscules et ne sont visibles qu'à la loupe ; ils sont appelés micro-organismes.

Les vers de terre et les termites comptent parmi les organismes les plus importants du sol. La plupart des agricultrices et agriculteurs savent que la présence de vers de terre est le signe d'un sol fertile. Les vers de terre accomplissent plusieurs fonctions essentielles. Premièrement, ils accélèrent la décomposition de la matière végétale à la surface du sol en éliminant le matériel végétal mort de la surface du sol. Lors de la digestion de la matière organique, ils mélangent les particules organiques et minérales du sol et forment des agrégats stables dans leurs excréments, qui contribuent à améliorer la structure du sol. Les excréments des vers de terre, appelés turricules, contiennent 5 fois plus d'azote, 7 fois plus de phosphate, 11 fois plus de potasse et 2 fois plus de magnésium et de calcium que la terre ordinaire. Les galeries creusées par les vers de terre favorisent l'infiltration et l'écoulement de l'eau de pluie et contribuent par conséquent à prévenir l'érosion du sol et son engorgement. Les vers de terre ont besoin d'un approvisionnement suffisant en biomasse, de températures modérées et de suffisamment d'humidité et d'air. Voilà pourquoi ils préfèrent les endroits couverts de pailis. Le travail fréquent du sol et l'utilisation de pesticides, en revanche, diminuent le nombre de vers de terre dans le sol. En raison de leur activité intense et de leur biomasse, les termites ont eux aussi presque toujours un impact positif sur la structure et les propriétés du sol. Dans certains cas, notamment dans la région du Sahel en Afrique, les termites sont artificiellement introduits afin de dégrader le bois fin pour produire du compost à utiliser comme engrais agricole.

Les principaux micro-organismes sont les bactéries, les champignons, les algues et les protozoaires. Les bactéries du sol telles que les espèces du genre *Rhizobium* aident certaines plantes à fixer l'azote de l'air. Les champignons du sol tels que les champignons mycorhiziens constituent la majeure partie de la biomasse microbienne. Les champignons mycorhiziens poussent en symbiose avec à peu près 90 % des racines des plantes. Cette association symbiotique mutuellement avantageuse est appelée mycorhize. Les racines des plantes fournissent du sucre pour le développement des champignons. En retour, les champignons mycorhiziens explorent le sol et ramènent de l'eau et aussi des éléments nutritifs comme le phosphate, le zinc et le cuivre, qui ne sont pas facilement acces-

sont leurs plus précieux alliés gratuits. Soulignez également que la grande majorité des organismes du sol sont trop petits pour être découverts de cette manière.





DIFFÉRENTS TYPES DE STRUCTURES DU SOL

Types de structures du sol



Structure granulaire



Structure en blocs



Structure prismatique



Structure colonnaire



Structure lamellaire



Structure à grains isolés



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

4

sibles aux plantes. Les champignons mycorhiziens dissolvent aussi les minéraux comme le phosphore et les transportent vers les plantes ; ils stabilisent les agrégats, améliorant ainsi la structure du sol, et captent le carbone de l'air pour le déposer dans la matière organique et les agrégats stables du sol. L'incorporation dans le sol de la biomasse, la maintenance du couvert végétal, la culture associée et la réduction de l'utilisation de produits chimiques favorisent le développement des organismes du sol.

Dans les systèmes de culture biologiques et durables, la vie du sol est le moteur de la fertilité du sol et de la production végétale ainsi que le garant de la santé du sol à long terme.

2.3. Structure du sol

La structure du sol fait référence à l'agencement des particules, qui entraîne la formation de grands et petits pores entre les agrégats. Elle influence la circulation de l'eau dans et à travers le sol, le degré d'aération, la capacité du sol à résister à l'érosion et la capacité des racines des cultures à pousser à travers le profil du sol. Les petits pores servent à préserver l'humidité, tandis que les plus grands permettent une infiltration rapide de la pluie ou de l'eau d'irrigation et contribuent à drainer le sol et à assurer l'aération.

Les matériaux du sol se lient de différentes manières. Dans certains sols, l'adhérence est très faible, dans d'autres, très forte. La taille des agrégats varie elle aussi : certains sont très fins, d'autres grossiers. Certains sols sont constitués d'agrégats denses et comportent peu de pores ; dans d'autres, les agrégats sont presque dispersés, avec beaucoup de pores entre eux.

Dans les sols disposant d'une bonne structure, les particules minérales et la matière organique du sol forment des agrégats stables. Ce processus est soutenu par les organismes du sol tels que les vers de terre, les bactéries et les champignons. Ces organismes sécrètent des substances qui agissent comme du ciment, liant les particules. Les champignons disposent de filaments appelés hyphes, qui s'étendent dans le sol et lient les particules de terre. La matière organique agit comme une sorte de colle, aidant les particules du sol à rester ensemble. Cela montre que la structure du sol peut être améliorée en apportant de la matière organique et en augmentant l'activité biologique du sol. Les mauvaises pratiques de gestion du sol telles que le labour dans des conditions humides entraînent le



Travail en groupe : étude d'échantillons de sol

Collectez des échantillons de sol de la région et conservez-les dans des sachets en plastique pour préserver leur humidité. Placez les échantillons en petits tas sur une table. Notez l'origine et le type de chaque échantillon sur un bout de papier. Retournez le bout de papier : son contenu ne sera révélé qu'à la fin de l'exercice. Invitez les agricultrices et agriculteurs à utiliser le questionnaire d'évaluation des sols pour décrire la composition, la structure, la couleur et l'odeur des échantillons. Laissez-les identifier les types de sol et leurs propriétés en matière de fertilité. Puis discutez ensemble des résultats. Le cas échéant, posez les questions suivantes :

(suite à la page suivante)



QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DES SOLS

Questionnaire d'évaluation des sols

Propriétés tactiles : type de sol	Comment le sol est-il au toucher ? Grâuleux ? → riche en sable ; lisse, mais pas très collant ? → riche en limon ; lisse et collant ? → riche en argile. La terre est-elle assez collante pour former un cube et un boudin ? Essayez de modeler un cube de terre ferme. Écrasez, essayez de rouler le cube pour former un boudin fin. Il n'est pas possible de former un boudin → sable ou limon sableux ; il est possible de former un rouleau fin → limon ou argile. Est-il possible de former un anneau stable ? Si vous avez réussi à former un boudin, essayez de le piler en un anneau. Qu'en est-il ? Il n'est pas possible de former un anneau → limon ; anneau avec fissures à l'extérieur → terre argileuse légère ; anneau ferme sans fissures → terre argileuse lourde.
Propriétés visuelles : couleur et structure	Quelle est la couleur de la terre ? Quelle pourrait être la raison de cette couleur ? Trouvez-vous des résidus de plantes ? Lesquels ? Trouvez-vous des traces d'organismes du sol ? Lesquels ?
Odeur	Le sol a-t-il une odeur ? Quel genre d'odeur ?
Informations sur le site	Dans quel type d'environnement a-t-il été prélevé ou sur quels sites trouve-t-on habituellement ce type de sol ?
Compatibilité avec une utilisation agricole	Comment ces sites sont-ils habituellement utilisés ? Quelles plantes y cultive-t-on ? Ce type de sol est-il adapté à une utilisation agricole ? Restendra-t-il bien l'humidité ? Y aura-t-il de l'engorgement ? Est-il facile à labourer ? A-t-il une bonne structure ? Pensez-vous trouver des vers de terre dans ce type de sol ? Est-il riche en nutriments ? Quelles cultures y feriez-vous pousser ?
Traitements pour améliorer la fertilité des sols	Travail du sol, labour : Fertilisation, fumure : Couvert végétal, paillage : Rotation des cultures, jachères :

compactage du sol et peuvent endommager sa structure. Les couches compactées, les semelles de labour, la formation d'une croûte de battance et le développement limité des racines indiquent une structure du sol endommagée.

2.4. Types de sol et caractéristiques respectives

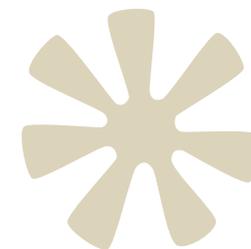
Il existe plusieurs types de sol, dont chacun est une combinaison des trois particules minérales : le sable, le limon et l'argile. La composition chimique du matériau d'origine des particules et la manière dont celles-ci sont combinées définissent le type de sol. Ce dernier aide à déterminer les caractéristiques fondamentales du sol, à savoir s'il est acide, alcalin ou neutre. Les différents types de sol sont les suivants : sols sableux, sols limoneux et sols argileux.

Sols sableux

Les sols sableux résultent de la désintégration et de la désagrégation de roches telles que le calcaire, le granite, le quartz et le schiste. Ils contiennent de grandes particules, visibles à l'œil nu, qui sont généralement de couleur claire. Le sable est grossier au toucher, qu'il soit humide ou sec (sa texture est graveleuse), et ne forme pas de boule lorsqu'il est pressé dans la main. Les sols sableux restent meubles et permettent une pénétration facile de l'humidité, mais ne la gardent pas pour longtemps. Ils s'adaptent très rapidement aux températures de l'air. Le drainage rapide évite les problèmes de pourrissement des racines.

Les sols sableux évacuent plus d'eau que nécessaire, ce qui se traduit par un drainage excessif et la déshydratation des plantes durant les périodes sèches. Par conséquent, si l'on cultive des plantes dans un sol sableux, elles dépendent d'un approvisionnement régulier en eau en période sèche. Les sols sableux contiennent très peu d'humus et sont généralement acides. Pour des cultures comme la poire, qui nécessitent un sol alcalin pour bien fleurir et fructifier, il convient de neutraliser l'acidité chaque année à travers l'addition de chaux hydratée, de chaux en poudre ou de carbonate de calcium, afin de maintenir des conditions optimales. Les sols sableux sont sensibles à l'érosion et doivent donc être protégés du vent et de la pluie. L'apport régulier en matière organique améliore fortement leur capacité de rétention d'eau et de nutriments ainsi que leur résistance à l'érosion. Le paillage aide lui aussi les sols sableux à maintenir l'humidité, en réduisant l'évaporation de l'eau à la surface du sol.

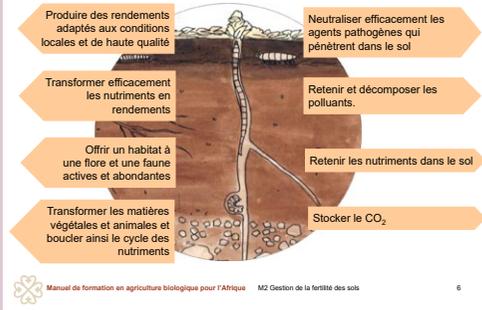
- Quels types de cultures peut-on pratiquer sur un tel sol ?
- Comment peut-on améliorer la fertilité d'un tel sol ?





FONCTIONS DU SOL

Les fonctions naturelles du sol



Sols limoneux

Les sols limoneux sont constitués de particules beaucoup plus petites par rapport aux sols sableux et sont par conséquent doux au toucher. Lorsqu'ils sont humidifiés, ils deviennent glissants comme du savon. Lorsque vous roulez de la terre limoneuse entre vos doigts, un peu de terre reste sur votre peau. Dans la nature, les sols limoneux peuvent se présenter sous forme de sols ou de sédiments suspendus dans la colonne d'eau d'un plan d'eau à la surface de la Terre. Ils sont composés de minéraux comme le quartz et de fines particules organiques. Bien qu'ils soient granuleux comme les sols sableux, ils retiennent mieux les éléments nutritifs et l'humidité. Une croûte de battance se forme facilement à leur surface, empêchant l'infiltration de l'eau et entravant la levée des cultures. Dans des conditions humides, les sols limoneux offrent un bon drainage et sont plus faciles à travailler. Plus leur teneur en matière organique est élevée, mieux ils absorbent l'eau de pluie et maintiennent leur structure même après de fortes précipitations, résistant ainsi à l'érosion.

Sols argileux

Les sols argileux sont constitués de particules très petites et présentent une faible porosité. Ils résultent d'un processus de désintégration et de désagrégation de roches qui dure de nombreuses années. Ils se présentent également sous forme de dépôts sédimentaires après désagrégation, érosion et transport de la roche. En raison de leur processus de formation, les sols argileux sont riches en minéraux. Ils sont glissants et collants lorsqu'ils sont humides, mais lisses lorsqu'ils sont secs. L'argile retient bien l'humidité, mais résiste à l'infiltration de l'eau, surtout lorsqu'elle est sèche. Les sols argileux se tassent facilement et des flaques d'eau se forment souvent à leur surface. En raison de leur faible drainage, du risque d'engorgement et de leur compactage, les sols argileux sont difficiles à travailler. L'apport de compost et de gypse améliore la qualité des sols, les rendant plus flexibles au labour. Le gypse et le compost séparent les particules du sol argileux, facilitant le drainage et la rétention de l'eau. L'apport de matière organique favorise le développement des vers de terre, qui contribueront à leur tour à améliorer la qualité des sols.

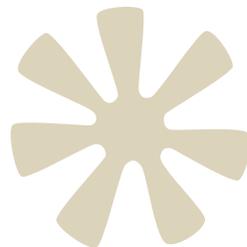
Sols riches en terreau

Les sols riches en terreau sont constitués d'un mélange équilibré de sable, de limon et d'argile, plus de l'humus. Ils sont considérés comme les sols idéaux pour



Discussion : définir la fertilité des sols

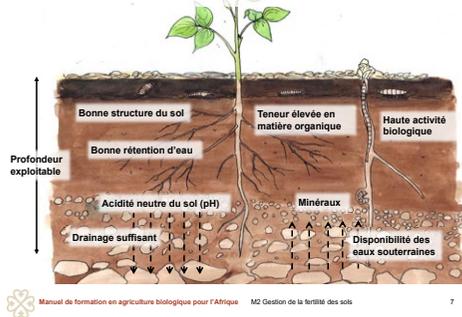
Demandez aux agricultrices et agriculteurs ce qui, à leur sens, rend les sols fertiles. Quelles sont les caractéristiques des sols fertiles ?





PROPRIÉTÉS D'UN SOL FERTILE

Les propriétés mesurables d'un sol fertile



ÉLÉMENTS NUTRITIFS PRIMAIRES

Principaux nutriments primaires : fonctions et symptômes courants de carence

Nutriments	Fonctions dans les plantes	Symptômes de carence	Commentaires
Azote (N)	<ul style="list-style-type: none"> Nécessaire à la formation des acides aminés (les éléments constitutifs des protéines) Essentiel à la division cellulaire (vitale pour la croissance des plantes) Contribue à la production de glucides (composants de la chlorophylle des feuilles) Affecte les réactions énergétiques. 	<ul style="list-style-type: none"> Jaunissement général des plantes en commençant par les feuilles les plus anciennes (bas des plantes) Croissance tardive et lente Réduction de la floraison dans les cas graves 	<ul style="list-style-type: none"> Carence fréquente sur les sols pauvres en matière organique (<0,4%) Les plantes contenant moins de 1,0 % de N sont généralement carencées
Phosphore (P)	<ul style="list-style-type: none"> Intervient dans la photosynthèse, la respiration, le stockage et le transfert d'énergie Favorise la formation précoce des racines Stimule la croissance et la maturité précoce Améliore la qualité des fruits, des légumes et des céréales Important dans la formation des graines et des fruits Augmente l'efficacité de l'utilisation de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Croissance lente, faible et retardée L'extrémité des feuilles à l'air brûlé, puis les feuilles plus anciennes prennent une couleur vert foncé à bleu ou violet Maîtrise retardée et faible production de graines et de fruits 	<ul style="list-style-type: none"> Carence fréquente sur les sols acides, les sols calcaires et les sols à texture grossière pauvres en matière organique Meilleure absorption du P à un pH compris entre 6,5 et 7,5
Potassium (K)	<ul style="list-style-type: none"> Améliore la photosynthèse Augmente l'efficacité de l'utilisation de l'eau Essentiel à la synthèse des protéines Important dans la formation des fruits Améliore la qualité des graines et des fruits Augmente la résistance aux maladies Active les enzymes et contrôle leur vitesse de réaction Requis pour la translocation des glucides 	<ul style="list-style-type: none"> Retard de croissance (fréquent) Chlorose le long du bord des feuilles Tiges affaiblies, qui se couchent au sol (verse) 	<ul style="list-style-type: none"> Carence fréquente sur les sols... intrinsèquement pauvres en K (teneur totale ou K non échangeable) lessivés, à texture grossière soumis à une culture intensive, fertilisés uniquement avec des engrais N et P

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 8

les grandes cultures. Le terreau est de couleur sombre et farineux au toucher. Sa texture est graveleuse ; bien qu'il retienne facilement l'eau, son drainage est bon. Il existe toutes sortes de sols riches en terreau, allant de terres fertiles à des sols très boueux. Néanmoins, parmi les différents types de sols, les sols riches en terreau sont idéaux pour la culture.

3. Fertilité du sol

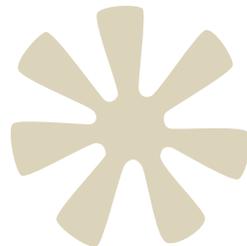
3.1. Qu'est-ce que la fertilité du sol ?

La fertilité du sol se définit par la capacité du sol à fournir tous les éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes en quantités adéquates et dans des proportions équilibrées (indépendamment des applications directes de nutriments), lorsque d'autres facteurs de croissance comme la lumière, la température et l'eau sont favorables. Cette capacité dépend non seulement de la teneur du sol en nutriments, mais aussi de son efficacité à transformer les éléments nutritifs dans le cycle des nutriments de la ferme.

Les organismes du sol jouent un rôle clé dans la transformation des éléments nutritifs. Ils décomposent la biomasse provenant des résidus de culture, des engrais verts et des paillis, contribuant ainsi à l'accumulation de matière organique dans le sol, y compris d'humus, qui est le principal réservoir en nutriments du sol. Les organismes du sol jouent aussi un rôle essentiel dans la minéralisation des nutriments contenus dans la matière organique, les rendant ainsi accessibles aux végétaux. En outre, ils protègent les plantes des maladies et rendent le sol friable.

Un sol fertile est facile à travailler, absorbe bien l'eau de pluie et résiste à l'érosion et à l'engorgement. Il filtre l'eau de pluie et nous offre de l'eau propre à la consommation. En outre, il neutralise les acides qui passent à travers l'air contaminé à la surface du sol (effet tampon) et décompose rapidement les polluants tels que les pesticides. Dernier point, mais non des moindres, un sol fertile est un réservoir efficace d'éléments nutritifs et de CO₂. Ainsi, un sol fertile empêche l'eutrophisation des fleuves, lacs et océans et contribue à la réduction du réchauffement climatique.

Dans le contexte de l'agriculture biologique, la fertilité des sols est donc principalement le résultat de processus biologiques et non de l'apport en nutriments



chimiques. Un sol fertile est en échange actif avec les plantes, se restructure et est capable de se régénérer. Les propriétés biologiques peuvent être observées dans les activités de conversion du sol ainsi que dans la présence des organismes du sol et les traces visibles qu'ils laissent. Les communautés de micro-organismes sont solides et actives au bon moment. Dans l'équilibre écologique autorégulé, les animaux, les plantes et les micro-organismes travaillent tous les uns pour les autres.

Il est de la responsabilité des agricultrices et agriculteurs de comprendre l'écologie du sol au point qu'ils puissent créer ou restaurer les conditions nécessaires à un équilibre solide au sein du sol. Si un sol ne donne pas régulièrement de bons rendements, les agricultrices et agriculteurs doivent en déterminer les causes.

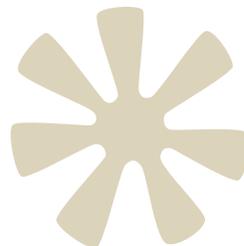
3.2. Propriétés d'un sol fertile

Un sol fertile :

- a) est riche en éléments nutritifs nécessaires à la nutrition de base des plantes (y compris l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et le soufre) ;
- b) contient suffisamment de micronutriments pour la nutrition des plantes (y compris le bore, le cuivre, le fer, le zinc, le manganèse, le chlore et le molybdène) ;
- c) contient une quantité appropriée de matière organique ;
- d) possède un pH convenable à la production végétale (compris entre 6,0 et 6,8) ;
- e) possède une structure friable ;
- f) est biologiquement actif ;
- g) offre une bonne rétention d'eau et de bonnes qualités d'approvisionnement.

Quantité appropriée de nutriments pour les plantes

Il existe 16 nutriments essentiels dont les plantes ont besoin pour se développer correctement. Parmi ces 16 éléments essentiels, l'hydrogène, le carbone et l'oxygène sont obtenus principalement à partir de l'air et de l'eau. Les autres éléments essentiels proviennent du sol et sont généralement gérés par les agricultrices et agriculteurs. Certains de ces nutriments sont requis en grandes quantités par les tissus des plantes et sont appelés macronutriments. D'autres sont



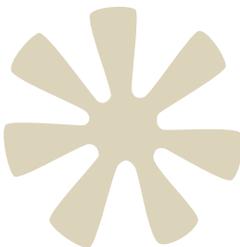
requis en petites quantités et sont dénommés micronutriments. Les macronutriments comprennent l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S). Parmi ceux-ci, N, P et K sont généralement les premiers à faire défaut dans le sol, puisque les plantes en ont besoin en grandes quantités pour leur survie et leur croissance ; voilà pourquoi ils sont connus sous le nom d'éléments nutritifs primaires. Ca, Mg et S sont rarement limitants et sont qualifiés d'éléments nutritifs secondaires. Lorsque les sols sont acides, on y ajoute souvent de la chaux, laquelle contient de grandes quantités de calcium et de magnésium. Le soufre se trouve généralement en quantités suffisantes dans le sol, car il résulte de la décomposition lente de la matière organique. Les micronutriments comprennent le bore (B), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le chlore (Cl), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo) et le zinc (Zn). Recycler les matières organiques telles que les résidus de culture et les feuilles des arbres est un excellent moyen d'apporter des micronutriments aux plantes en croissance.

Certaines conditions doivent être remplies pour que les racines des plantes puissent puiser les nutriments dans le sol :

- a) Premièrement, le sol doit être suffisamment humide pour permettre aux racines d'absorber et de transporter les éléments nutritifs. Parfois, l'approvisionnement en eau des plantes éliminera les symptômes de carence en nutriments.
- b) Deuxièmement, le pH du sol doit être compris dans une certaine fourchette pour que les éléments nutritifs puissent être libérés des particules du sol.
- c) Troisièmement, la température du sol doit se situer dans une certaine plage pour que l'absorption des éléments nutritifs se produise.
- d) Quatrièmement, les éléments nutritifs doivent se trouver dans la rhizosphère pour être accessibles aux racines.

La plage optimale de température, de pH et d'humidité diffère en fonction des espèces de plantes. Par conséquent, il se peut que les éléments nutritifs soient physiquement présents dans le sol, mais qu'ils ne soient pas disponibles pour les plantes. Des connaissances sur le pH du sol, sa texture et son histoire peuvent être utiles pour prédire les éléments nutritifs susceptibles de manquer.

D'autre part, lorsqu'ils sont absorbés en quantités excessives, les éléments nutritifs peuvent être toxiques pour les plantes. Le plus souvent, un tel excès se manifeste par des symptômes de brûlures dues au sel comprenant le brunissement du pourtour des feuilles : entouré d'une fine auréole jaune, le tissu foliaire





SOL À FAIBLE PH

Caractéristiques des sols acides et cultures appropriées

Caractéristiques des sols acides

- › PH inférieur à 6,5
- › Texture ouverte et structure très massive
- › Faible teneur en Ca et en Mg, quantité négligeable de sels solubles
- › Sables ou terres sableuses bruns ou brun rougeâtre

Cultures appropriées

4,5	agrumes, ananas
5,0	pomme, raisin, tabac, pastèque
5,5	manioc, coton, niébé, pois, tomate, sorgho, soja
6,0	chou, carotte, manioc, noix de cajou, chou-fleur, arachide, mangue, oignon, radis, épinard
6,5	luzerne, arachide, betterave à sucre



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

9



SOL À PH ÉLEVÉ

Caractéristiques des sols alcalins et cultures appropriées

Caractéristiques des sols alcalins et symptômes dans les cultures

- › PH supérieur à 7
- › Un taux élevé de sodium échangeable diminue la disponibilité du calcium et du magnésium pour les plantes.
- › Toxicité due à l'excès d'ions hydroxyde et carbonate
- › La croissance des plantes est affectée principalement par un déséquilibre nutritionnel.
- › Chez les variétés sensibles, le système racinaire est restreint et la floraison est retardée.
- › Brûlure des feuilles des plantes annuelles et des plantes ligneuses due à un excès de chlorure et de sodium

Cultures appropriées

7-8	Asperge, banane, betterave, chou, chou-fleur, noix de coco, coton, concombre, datte, colza, goyave, maïs, citrouille, riz, sésame, sorgho, épinard, canne à sucre, tournesol, tomate
-----	--



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

10

reste vert ; la zone brunâtre, aussi appelée nécrose, se développe du bout de la feuille vers sa base, tout au long de son bord.

Sol au pH neutre

Le pH du sol, son acidité ou son alcalinité, joue un rôle central dans la disponibilité des nutriments dans le sol, appelée solubilité des éléments nutritifs. En Afrique, à peu près un tiers des sols sont acides ou sujets à l'acidité et un autre tiers est soit salin soit alcalin ; les deux types de sol sont difficiles à gérer. Les plantes diffèrent dans leur sensibilité face à un pH faible ou élevé : certaines peuvent supporter un niveau de pH plutôt faible ou le préfèrent même, d'autres préfèrent un niveau élevé.

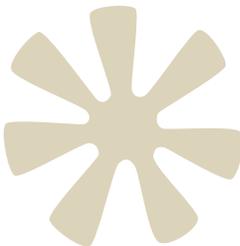
Les sols ayant un pH inférieur à 6,5 qui peuvent être améliorés grâce au chaulage peuvent être considérés comme des sols acides. Lorsque le potassium, le calcium et le magnésium sont lessivés du sol, celui-ci devient acide. Cela peut se produire lorsque de grandes quantités d'eau de pluie (ou d'irrigation) emportent les éléments nutritifs ou que beaucoup d'engrais minéraux azotés sont utilisés.

Dans les sols acides, les racines des plantes ne se développent pas normalement à cause des ions d'hydrogène toxiques. Le phosphore est immobilisé et sa disponibilité est réduite. La plupart des activités des organismes bénéfiques tels que les bactéries du genre Azotobacter et les rhizobiums (bactéries qui forment des nodosités sur les racines des légumineuses) sont affectées lorsque l'acidité augmente. Sous conditions acides, les bactéries fixent moins d'azote et décomposent moins de matière organique ; il en résulte une moindre disponibilité des nutriments.

L'apport de chaux ou de compost ayant un pH élevé (8) aidera à neutraliser l'acidité et à augmenter le pH du sol, afin d'optimiser la disponibilité des nutriments.

Les sols alcalins présentent une forte concentration de sodium échangeable et un pH élevé. Les terres irriguées à faible drainage peuvent conduire à la formation de sols alcalins. Dans les régions côtières, si le sol contient des carbonates, la pénétration de l'eau de mer conduit à la formation d'un sol alcalin en raison du dépôt de carbonate de sodium.

Le pH des sols alcalins peut être corrigé par l'apport de gypse : pour chaque milliéquivalent de sodium échangeable par 100 g de sol, environ 1,7 tonne de gypse doit être ajoutée par acre de terre. S'il faut 3 tonnes par acre, l'application doit se faire en une dose. Si le besoin s'élève à 5 tonnes ou plus par acre, l'appli-





STRUCTURE DU SOL ET LUTTE CONTRE L'ÉROSION

Résistance à l'érosion des sols

Bonne structure du sol :

- › Surface du sol friable avec des agrégats stables
- › De nombreux pores du sol permettant un drainage facile
- › Bonne pénétration des racines et bon enracinement des plantes



Sol fertilisé avec du compost et du fumier

Mauvaise structure du sol :

- › Croûte de battance et mauvaise structure
- › Peu de pores et des couches de sol compactées entraînant un mauvais drainage
- › Mauvaise croissance des racines



Sol fertilisé uniquement avec des engrais minéraux

Photos prises dans le cadre de l'essai comparatif à long terme DOC du FiBL en Suisse après le même événement pluvieux



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique

M2 Gestion de la fertilité des sols

11

tion doit se faire en trois doses séparées. L'application de mélasses ou la culture d'engrais verts et leur incorporation dans le champ peuvent également aider à corriger un sol alcalin.

Structure friable

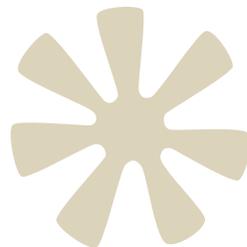
Les racines des plantes préfèrent un sol à structure friable, comme du pain bien fait. Un tel sol est bien aéré et les racines des plantes y pénètrent facilement. Cela leur permet de se développer en largeur et en profondeur et d'accéder ainsi à davantage de nutriments, ce qui favorise leur croissance.

L'agrégation du sol constitue elle aussi un indicateur important de sa maniabilité. Les sols ayant une bonne agrégation sont dits « bons à cultiver ». Une bonne structure du sol contribue en outre à la réduction de l'érosion de la couche arable, puisque l'eau s'infiltré plus facilement dans le sol et les agrégats résistent aux gouttes d'eau.

Forte activité biologique

Même si nous ne pouvons pas voir la plupart des organismes du sol au travail, la majorité d'entre eux sont très importants pour la qualité et la fertilité des sols. Ils contribuent à transformer les résidus de culture et les engrais organiques en matière organique du sol, à améliorer la santé des plantes en luttant contre les organismes nuisibles et pathogènes, et à libérer les nutriments contenus dans les particules minérales. Une forte activité biologique est un indicateur de sol fertile.

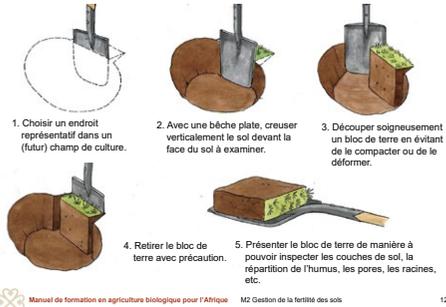
La majorité des organismes du sol préfèrent les mêmes conditions que les racines des plantes : des conditions humides, des températures modérées, de l'air et de la matière organique répondent idéalement à leurs besoins. Ils sont, pour la plupart, très sensibles aux changements de température et d'humidité du sol. Leur activité est généralement faible lorsque les sols sont secs, très humides ou trop chauds. Lorsqu'un sol est tassé, asséché, desséché par le soleil ou qu'il est pauvre en matière organique, il devient dur comme du béton, et les organismes du sol ne peuvent pas bien travailler. Même les bactéries, aussi minuscules soient-elles, ne peuvent être actives dans un sol mort. Une bonne circulation de l'air dans le sol est essentielle pour leur développement. Leur activité est plus intense dans les sols humides et chauds, lorsque la « nourriture » est disponible.





PROCÉDURE DU TEST À LA BÊCHE (1)

Examen du sol à la bêche (1)



3.3. Évaluation de la fertilité des sols

Analyse des sols

Pour en savoir plus sur la fertilité de leurs sols, les agricultrices et agriculteurs peuvent juger utile de faire analyser des échantillons de sol dans un laboratoire. Toutefois, l'analyse du sol ne présente souvent qu'un intérêt limité, puisque l'absorption des nutriments dépend de nombreux facteurs, dont l'activité biologique. Tandis que l'analyse du sol peut donner de bons résultats pour les sols fertilisés à l'aide d'engrais minéraux, l'activité accrue des organismes du sol dans les terres cultivées en bio peut se traduire par une meilleure disponibilité des nutriments, affectant la pertinence et l'exactitude des résultats d'une analyse. En outre, la teneur en azote du sol varie considérablement en seulement quelques jours, si bien que la quantité d'azote présente dans l'échantillon dépend fortement du moment du prélèvement.

L'analyse chimique du sol peut s'avérer utile pour examiner le niveau d'acidité du sol (pH) ou pour détecter les carences ou les toxicités d'éléments nutritifs comme le phosphore (P), le potassium (K) ou le zinc (Zn). Pour les agricultrices et agriculteurs biologiques, il peut être particulièrement intéressant de connaître et de suivre la teneur en matière organique du sol (carbone organique, C_{org}). Pour un sol ayant présenté des problèmes tels que de faibles rendements pendant plusieurs années consécutives, les analyses classiques portant sur le P, le pH et le C_{org} peuvent certainement donner des indications quant aux mesures à prendre pour améliorer la fertilité des sols.

Les analyses chimiques portant sur les résidus de pesticides s'avèrent extrêmement compliquées, puisqu'il faut savoir quel pesticide rechercher ; de plus, une telle analyse s'avère très coûteuse. Les tests physiques relatifs à la capacité de rétention d'eau ou à la structure du sol peuvent fournir des informations non négligeables, mais les échantillons doivent être prélevés avec beaucoup de précaution. L'analyse biologique de l'activité des organismes du sol doit être effectuée dans des laboratoires équipés à cet effet, ce qui revient assez cher.

Lorsqu'ils ont recours à des analyses du sol, les agriculteurs et agricultrices doivent s'assurer que les aspects pertinents soient examinés et que les résultats de l'analyse soient sérieusement discutés avec un·e agent·e de vulgarisation. Pour la plupart des agricultrices et agriculteurs africains, il peut être plus sensé d'effectuer un test à la bêche et de réaliser un profil de sol pour mieux comprendre leurs terres, et d'investir dans la fertilité des sols en général.



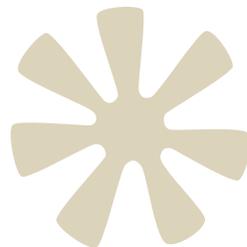
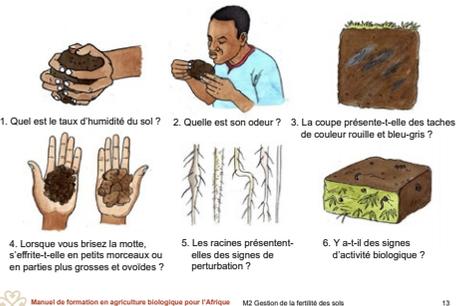
Démonstration pratique du test à la bêche

Démontrez aux agricultrices et agriculteurs comment utiliser une bêche pour prélever un échantillon de sol et évaluer les propriétés visibles du sol. Discutez de la manière dont chacune de ces propriétés affecte la fertilité du sol.



PROCÉDURE DU TEST À LA BÊCHE (2)

Examen du sol à la bêche (2)

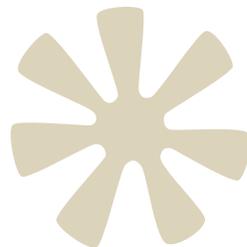


Les agent-es de vulgarisation doivent encourager les agricultrices et agriculteurs à observer l'activité des organismes du sol qui décomposent la matière végétale ainsi que le sort de la matière végétale décomposée. Ces observations peuvent faire partie du test à la bêche, mais elles peuvent aussi être une première étape pour reconnaître le sol comme étant un écosystème vivant et actif.

3.4. État général de fertilité des sols africains

L'Afrique présente une grande variété de sols et de conditions climatiques. La fertilité de ses sols est par nature faible, puisqu'ils se sont formés à partir de roches mères pauvres, qu'ils sont vieux et n'ont pas connu de rajeunissement volcanique. En plus de leur faible fertilité naturelle, environ 65 % des terres arables en Afrique sont dégradées en raison de l'érosion hydrique et éolienne, de la perte d'éléments nutritifs, de la détérioration physique et de la salinisation. La fertilité des sols varie fortement au niveau des fermes, d'un champ à l'autre, et presque aussi fortement au niveau local qu'au niveau continental.

Plusieurs tentatives ont été faites pour gérer et développer la fertilité des sols africains. Pendant les années 1960 et 1970, la fertilité des sols agricoles était maintenue grâce à des jachères de 10 ans ou plus. En raison de la raréfaction des terres, cette pratique n'est cependant plus d'actualité. À l'époque, on défendait l'utilisation judicieuse d'intrants externes tels que les engrais minéraux, la chaux, l'eau d'irrigation et les semences céréalières améliorées, parce que l'on croyait qu'elle permettait d'alléger les contraintes associées à la production agricole. Toutefois, à la différence de l'Asie et de l'Amérique latine, où l'application de ces technologies a stimulé la production agricole, entraînant la « révolution verte », dans le cas de l'Afrique, cela n'a pas fonctionné. En cause, la diversité des systèmes agroécologiques et autres systèmes de culture, la variabilité de la fertilité des sols, la faiblesse des dispositions institutionnelles et l'échec des politiques. Le paradigme de l'agriculture durable à faible apport d'intrants externes (LEISA) a été défendu dans les programmes de recherche et de développement des années 1980. Ce paradigme prônait de passer de l'utilisation exclusive d'intrants externes à un apport limité d'intrants externes associé à une utilisation optimale des ressources disponibles au niveau local. Néanmoins, le manque de ressources organiques et la forte intensité de travail liée à l'approche LEISA ont conduit à un changement dans la gestion de la fertilité des sols. Un progrès notable a éga-



lement été enregistré dans l'utilisation combinée des engrais organiques et minéraux au milieu des années 1980 et dans les années 1990. Toutefois, il reste de nombreux défis à relever dans la gestion de la fertilité des sols.

De nos jours, la plupart des sols africains sont pauvres en matière organique en raison des labours répétés, de l'érosion de la couche arable, de la monoculture et du manque ou de l'apport insuffisant de matières organiques. Ces sols sont caractérisés par une faible capacité à retenir les éléments nutritifs et à les fournir aux plantes, un fort potentiel de lessivage de l'azote et de fixation des phosphates, une capacité de rétention d'eau faible à moyenne, une faible structure et une carence en éléments nutritifs mineurs.

3.5. Défis associés aux engrais minéraux

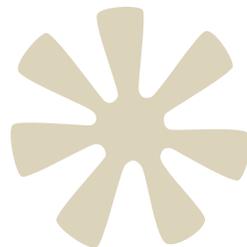
- › Les éléments nutritifs contenus dans les engrais minéraux sont très solubles, faciles à absorber par les plantes, mais aussi facilement lessivés hors du sol (surtout l'azote). Ils doivent être appliqués avec prudence, afin de ne pas finir par polluer les courants d'eau ou les nappes phréatiques, pollution qui cause des problèmes de santé chez les humains. Les nitrates que l'on trouve dans les eaux de puits, par exemple, sont connus pour causer la méthémoglobinémie ou « syndrome du bébé bleu », une maladie caractérisée par un manque d'oxygène dans le sang.
- › Lorsque les plantes reçoivent les éléments nutritifs sous forme d'engrais minéraux à travers l'eau du sol, elles sont contraintes de pousser rapidement, les rendant vulnérables aux maladies et aux ravageurs. D'autre part, lorsque les éléments nutritifs sont fournis à travers l'activité biologique liée au processus de décomposition ou l'humus, par exemple, le flux de nutriments est lent (bien que les nutriments soient solubles dans l'eau) et l'approvisionnement est plus continu comparativement aux engrais minéraux, dont les éléments nutritifs ne sont disponibles que pour une courte période.
- › Les engrais minéraux tels que les engrais ammoniacaux sont des sels qui peuvent contribuer à neutraliser l'alcalinité du sol. Toutefois, dans les sols africains rouges, acides et infertiles, en climats arides et semi-arides, les engrais ammoniacaux contribuent à l'acidité, augmentant ainsi les problèmes liés à la nutrition des plantes.



Partage d'expériences sur l'utilisation des engrais minéraux

Demandez aux agricultrices et agriculteurs de partager leurs expériences en matière d'engrais minéraux.

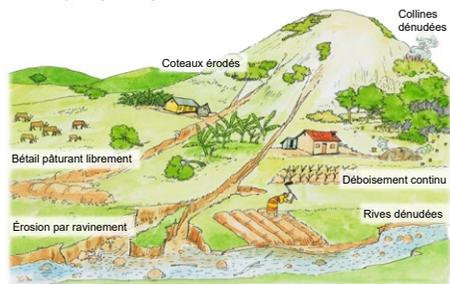
- › Quels engrais ont-ils utilisés ?
- › Comment et en quelle quantité les ont-ils appliqués ?
- › Quels étaient les impacts à court et long terme sur la croissance des cultures, la capacité de rétention d'eau du sol, la structure du sol ou son activité biologique ?
- › Ont-ils comparé l'utilisation des engrais minéraux avec l'utilisation du compost ou du fumier ?





DÉGRADATION DES TERRES

Un paysage dégradé



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 14



PRÉVENTION DE LA DÉGRADATION DES TERRES

Un paysage bien géré



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 15

- › Les engrais minéraux sont très chers pour la plupart des agricultrices et agriculteurs en Afrique. Les fermiers qui contractent un prêt pour acheter des intrants agricoles comptent sur une bonne récolte pour rembourser le crédit. Le remboursement devient un problème lorsque les récoltes sont mauvaises pour d'autres raisons ou que les rendements sont faibles.
- › Le recours aux engrais minéraux ne permet pas d'arrêter la dégradation continue des sols africains, car ces engrais agissent uniquement sur la fraction minérale du sol. Leur utilisation exclusive ne tient pas compte du rôle et du potentiel de la matière organique du sol et de la nécessité de mettre en œuvre des mesures de conservation du sol pour maintenir sa fertilité.

3.6. Facteurs influençant l'amélioration de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne

L'amélioration à long terme des sols peut constituer un défi en raison des circonstances suivantes :

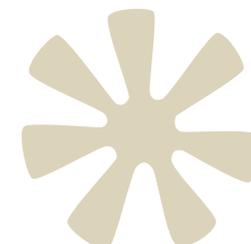
- › **Croyances culturelles et thématiques des premières vulgarisations** : la manière dont les terres ou les sols sont gérés dans de nombreuses régions d'Afrique est profondément ancrée dans les croyances culturelles. Voici quelques pratiques communes qui ne sont généralement pas bonnes pour la fertilité des sols : la coupe des arbres, le brûlage des buissons et des résidus de culture et le labour profond du champ entier. Certaines pratiques avaient vu le jour suite aux tout premiers messages de vulgarisation et ne sont pas des croyances culturelles en soi. Par exemple, longtemps auparavant, les agents de vulgarisation recommandaient d'avoir un champ propre, sans arbres ; néanmoins, les agriculteurs avaient pratiqué une forme d'agroforesterie où ils avaient l'habitude d'épargner quelques arbres. Autre exemple, dans certains pays africains, la pratique consistant à couper et brûler les résidus de cultures telles que le coton et le tabac constitue une mesure réglementaire de lutte préventive contre les ravageurs et les maladies.
- › **Communautés migrantes** : pour les communautés en perpétuel déplacement comme les éleveurs et agriculteurs nomades, la protection du sol représente un véritable défi. Ces communautés se déplacent dans de nouvelles régions, coupent tous les arbres et brûlent les brousses pour mettre en place des cultures ou faire paître des animaux pendant deux à quatre saisons. Lorsque



Évaluation générale de l'état de fertilité des sols locaux

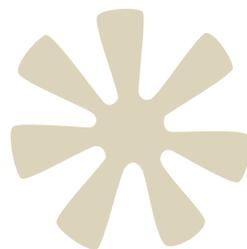
Présentez aux agricultrices et agriculteurs les deux scénarios de paysages illustrés : un paysage dégradé et un paysage bien géré.

- › À quel scénario la situation locale correspond-elle le plus ?
 - › Quelles sont les similitudes et les différences entre les deux situations ?
 - › Quelles qualités se rapportent à la première situation et à la seconde, respectivement ?
- Ensemble, évaluez la situation et déterminez les facteurs qui l'influencent.



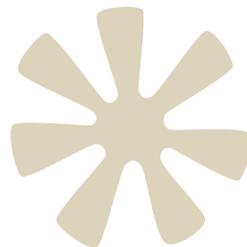
le sol devient moins productif, les communautés se déplacent dans une nouvelle région. Puisque ces communautés ne restent pas longtemps dans une région donnée, elles manquent de motivation pour entreprendre des mesures de conservation des sols.

- › **Régimes fonciers** : la plupart des agricultrices et agriculteurs ne possèdent pas les terres qu'ils exploitent : il s'agit soit de terres détenues de manière coutumière soit de terres louées. De tels régimes fonciers, qui n'offrent aucune sécurité à l'agriculteur, constituent un obstacle majeur à la conservation des sols. Les agricultrices et agriculteurs se trouvant dans de telles situations ne sont pas incités à investir dans des mesures de conservation des sols, surtout si la location est à court terme. Dans certains cas, les agriculteurs ne sont pas autorisés à planter des cultures à long terme comme les arbres.
- › **Rareté des matières organiques** : au cours de la préparation des terres, les matériaux provenant des buissons taillés, des résidus de culture et des mauvaises herbes sont brûlés pour dégager la voie pour la bêche ou la charrue, alors qu'ils pourraient faire de bons paillis. De nombreuses utilisations sont faites des résidus de culture : ils servent de fourrage pour les animaux, de matériau pour les toitures et les clôtures, de combustible pour la cuisine ou sont récupérés pour produire du savon à partir de leurs cendres. Parfois, même les bouses de vache sont séchées et utilisées comme combustible pour la cuisson des repas. Une telle compétition pour les matières organiques pour les différents besoins domestiques limite la disponibilité de ces matières pour les besoins de conservation des sols. La rareté des matières organiques est plus marquée dans les climats secs.
- › **Besoins en combustibles** : la plupart des ménages africains utilisent et produisent du bois de chauffage ou du charbon de bois pour couvrir leurs besoins en combustibles et leurs besoins financiers. Par conséquent, beaucoup de forêts et d'arbres individuels ont été abattus, rendant les terres vulnérables à la dégradation.
- › **Forte densité de la population** : l'accroissement de la population a pour effet l'intensification de l'utilisation des terres, intensification qui exerce une pression croissante sur les terres marginales telles que les forêts, les zones humides et les pentes raides et entraîne des défis liés à la fragmentation des terres. De telles circonstances rendent l'amélioration des sols très difficile.
- › **Changement climatique** : les températures élevées et la pénurie d'eau alternant avec une grande variabilité interannuelle et une répartition inégale des



pluies dans l'espace et dans le temps causent de sévères sécheresses et inondations dans certaines régions. Ces conditions conduiront à une réduction des surfaces adaptées à l'agriculture intensive. En outre, le manque d'eau limite la croissance des cultures et étant donné l'imprévisibilité des pluies, le semis en temps voulu et la mise en place des cultures sont laborieux. Outre son effet négatif sur la croissance des cultures, l'élévation de la température du sol accélère le processus de dégradation des sols. Ces facteurs climatiques difficiles, associés à une mauvaise gestion ont réduit la fertilité des sols en contribuant à l'érosion et à une dégradation générale des sols et de l'eau.

- › **Utilisation inadéquate d'engrais synthétiques** : les agricultrices et agriculteurs n'ont ni accès aux engrais ni les moyens de les acheter en raison des prix élevés résultant de l'arrêt des subventions, des coûts de transaction, du manque d'infrastructures, du faible développement du marché et du manque d'accès aux établissements de crédit. En outre, l'utilisation d'engrais minéraux en Afrique est limitée par le faible rendement des cultures dû au manque d'eau ou à l'approvisionnement excessif en eau, au compactage des sols, à l'application inappropriée des engrais et à la faible teneur en matière organique des sols. Les engrais phosphatés sont souvent peu disponibles pour les cultures, puisqu'ils sont facilement immobilisés dans certains sols. Les engrais minéraux ne suffisent pas à maintenir la productivité des sols, car ils ont très peu d'effet sur la structure des sols, leur résistance à l'érosion, leur rétention de l'humidité et leur activité biologique.
- › **Faible disponibilité des amendements et engrais organiques** : l'application de sources organiques de nutriments telles que le fumier et le compost fournit non seulement des éléments nutritifs aux cultures présentes et futures, mais améliore aussi la qualité physique, chimique et biologique des sols. Sur la plupart des fermes, la disponibilité de fumier ou de matériaux organiques pour faire du compost est faible et l'accès aux amendements et engrais organiques provenant des fermes ou industries voisines est très limité. Une meilleure disponibilité et une utilisation intégrée des engrais de ferme et d'engrais organiques et minéraux externes abordables peuvent contribuer significativement à l'augmentation de la productivité et de la résilience des fermes.





APPROCHE DE GESTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS EN TROIS ÉTAPES

Les trois étapes de la gestion biologique de la fertilité des sols

Étape 3 : application de compléments

Améliorer et équilibrer la nutrition des plantes par l'application d'engrais et d'amendements du sol et l'irrigation



Étape 2 : gestion de la matière organique du sol

Augmenter la teneur en matière organique du sol par l'apport de matières organiques



Étape 1 : conservation des sols et de l'eau

Stabiliser et protéger le sol, récolter et conserver l'eau



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

16

4. Approche de l'agriculture biologique en matière de gestion de la fertilité des sols

Les systèmes de culture intensifs requièrent une bonne gestion de la fertilité des sols pour assurer la viabilité à long terme de la production alimentaire. C'est pourquoi une bonne gestion de la fertilité des sols est d'une importance capitale dans les productions végétale et animale biologiques. L'approche des agricultrices et agriculteurs biologiques en matière de gestion de la fertilité des sols consiste essentiellement à protéger leurs sols du soleil, de la pluie et du vent, et à les enrichir de manière appropriée en matière organique, afin de leur permettre de nourrir les plantes de manière homogène. Lorsqu'un sol est fertile d'un point de vue biologique, il peut produire de bonnes récoltes pendant plusieurs années.

4.1. L'approche en trois étapes

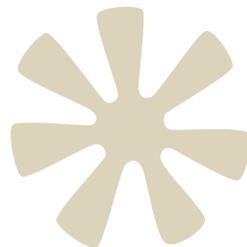
La gestion biologique de la fertilité des sols peut être considérée comme une approche en trois étapes comportant une panoplie d'outils pour gérer la fertilité des sols et la nutrition des plantes.

Étape 1 – La première étape consiste à conserver le sol, la matière organique du sol et l'eau du sol pour éviter leur perte. Les mesures appliquées visent à protéger la surface du sol contre l'exposition au soleil et l'assèchement ainsi que contre l'entraînement de particules de terre par le vent ou la pluie. L'objectif est d'instaurer un sol stable et moins vulnérable, comme base pour gérer sa fertilité.

Étape 2 – La deuxième étape consiste à augmenter la teneur en matière organique et l'activité biologique du sol. Il s'agit d'identifier des ressources organiques appropriées permettant de bâtir un sol actif doté d'une bonne structure, capable de retenir l'eau et de fournir des éléments nutritifs aux plantes.

Étape 3 – La troisième étape consiste à compléter les besoins en éléments nutritifs ainsi qu'à améliorer les conditions de croissance en apportant des amendements.

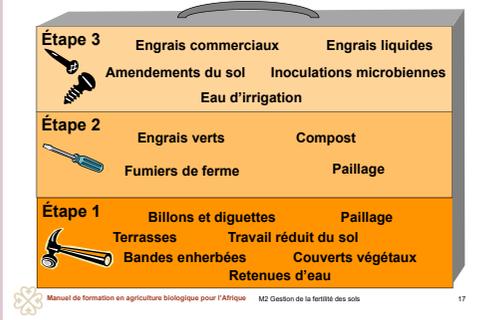
Chaque étape de l'approche en trois étapes constitue la base de l'étape suivante. L'objectif est d'optimiser les étapes 1 et 2, qui favorisent le rajeunissement naturel du sol, et de réduire au minimum l'apport d'engrais externes et d'amendements du sol ainsi que l'irrigation (étape 3). L'application appropriée des me-





BOÎTE À OUTILS POUR LA GESTION BIOLOGIQUE DE LA FERTILITÉ DES SOLS

Les outils de gestion de la fertilité des sols



Les pratiques des étapes 1 et 2 permettent de réduire les dépenses en matière d'engrais et d'autres intrants, et d'éviter les éventuels impacts négatifs sur l'écosystème de la ferme.

4.2. Boîte à outils : outils de gestion biologique de la fertilité des sols

Étape 1 : conservation des sols et de l'eau

Les pratiques de l'étape 1 visent à préserver les ressources précieuses que sont les sols et l'eau.

Elles sont indispensables à l'obtention d'un sol fertile. La conservation du sol peut être réalisée à travers les pratiques suivantes :

- > Prévenir l'érosion des sols en réduisant la circulation de l'eau grâce à des billons et des diguettes, des bandes enherbées, des terrasses et des paillis.
- > Protéger le sol grâce à des paillis et des couverts végétaux.
- > Récolter l'eau dans des fosses et des retenues d'eau.
- > Pratiquer le travail réduit du sol pour perturber le moins possible le sol.

Étape 2 : augmentation de la teneur en matière organique du sol

L'étape 2 vise à augmenter la teneur en matière organique du sol, qui joue un rôle déterminant dans la fertilité du sol et la gestion des éléments nutritifs et de l'eau.

Elle comprend les pratiques suivantes :

- > Produire son propre compost ou apporter du compost ou d'autres matériaux organiques non issus de la ferme. Cet apport enrichit le sol en humus stable, ce qui améliore sa structure et sa capacité de rétention d'eau et contribue à augmenter la teneur en matière organique du sol sur le long terme.
- > Cultiver des engrais verts pour produire de grandes quantités de matières végétales fraîches, qui sont incorporées dans le sol, nourrissent les organismes du sol et se minéralisent rapidement pour fournir des éléments nutritifs à la culture suivante.
- > Recycler de précieux fumiers pour le compostage et la fertilisation des cultures.

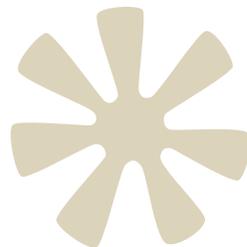
Le meilleur moyen d'améliorer la fertilité des sols consiste à combiner les différentes pratiques. L'adoption d'une seule pratique risque de ne pas suffire à maintenir ou même améliorer la fertilité des sols.



Discussion sur la pertinence des pratiques de conservation du sol

Discutez avec les agricultrices et agriculteurs de la pertinence de l'approche proposée.

- > Parmi les participant-es, certain-es ont-ils/elles déjà mis en œuvre des pratiques de conservation du sol ?
 - > Ces mesures se sont-elles avérées utiles pour limiter l'érosion du sol ?
- Discutez des avantages et des éventuelles difficultés en lien avec ces pratiques.



Étape 3 : compléments fertilisants

Une forte diminution de la disponibilité d'éléments nutritifs ou des conditions de croissance défavorables telles que des niveaux de pH extrêmes peuvent provoquer une grave pénurie de macronutriments et de micronutriments. Des mesures spécifiques peuvent alors s'avérer nécessaires pour accélérer l'amélioration des conditions de croissance des plantes. Ces mesures complémentaires comprennent l'utilisation :

- > d'engrais liquides faits maison, facilement accessibles aux plantes ;
- > d'amendements du sol tels que la chaux pour corriger le pH du sol, et les inoculants microbiens pour augmenter l'activité biologique du sol et la fixation de l'azote dans le sol ;
- > de l'irrigation pour compléter les besoins en eau ;
- > d'engrais organiques et minéraux commerciaux sélectionnés pour satisfaire les besoins spécifiques en éléments nutritifs.

Naturellement, les outils de l'étape 3 ne seront pleinement efficaces que lorsque les outils des deux autres étapes auront été appliqués de manière adéquate. Par exemple, si la précieuse couche arable est perdue en raison d'un contrôle insuffisant de l'érosion, les amendements du sol seront eux aussi perdus.

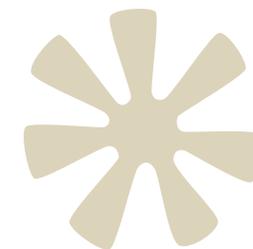
Le potentiel de gestion de la fertilité des sols en Afrique basée sur les ressources propres aux fermes ou les ressources organiques fait l'objet d'un débat général. La gestion intégrée de la fertilité des sols prône l'utilisation d'engrais minéraux synthétiques en complément des ressources organiques, pour apporter les éléments nutritifs qui ont été absorbés par les produits récoltés ou perdus de l'écosystème de la ferme. Cette approche moderne repose sur la perception selon laquelle la ferme ne peut pas fournir suffisamment d'éléments nutritifs résultant de la fixation biologique de l'azote atmosphérique, de la production de biomasse et du transport des éléments nutritifs des couches inférieures du sol vers la surface pour obtenir de bons rendements et augmenter la fertilité des sols.

La gestion biologique de la fertilité des sols, en revanche, compte essentiellement sur les sources naturelles et les processus biologiques, et vise à une amélioration à long terme de la fertilité des sols basée sur l'optimisation de la gestion des nutriments propres à la ferme. Néanmoins, dans certaines conditions, il peut s'avérer nécessaire d'apporter des matériaux organiques externes à la ferme pour augmenter la fertilité des sols et produire des récoltes raison-



Évaluation sur le terrain de la conservation des sols et de l'eau

Répartissez les agricultrices et agriculteurs en petits groupes et envoyez-les dans différents champs pour évaluer les mesures de conservation des sols pratiquées dans la région : ces mesures sont-elles prises pour maintenir le sol couvert, pour réduire l'écoulement de l'eau ou pour garder le sol compact. Partagez vos observations en session plénière et discutez-en.





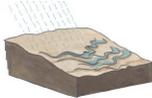
ÉROSION PAR ÉCLABOUSSEMENT, EN NAPPE, EN RIGOLE ET PAR RAVINEMENT

Formes courantes d'érosion

Érosion par éclaboussement



Érosion en nappe



Érosion en rigole



Érosion par ravinement



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

18

nables en peu de temps. En agriculture biologique certifiée, les engrais minéraux ne doivent être utilisés que comme compléments aux méthodes de fertilisation biologiques. Leur utilisation doit être justifiée par une analyse appropriée du sol et des feuilles. Par ailleurs, en agriculture biologique certifiée, seuls les engrais minéraux d'origine naturelle sont autorisés. Le nitrate du Chili et tous les engrais synthétiques, y compris l'urée, y sont interdits.

5. Conservation des sols et de l'eau

Les précipitations deviennent de plus en plus incertaines ; pourtant, la plupart des agricultrices et agriculteurs en Afrique en dépendent fortement pour faire pousser leurs cultures et élever leurs animaux. Les sécheresses inattendues sont fréquentes et conduisent à une baisse des rendements ou, dans certains cas, à une absence totale de récoltes. Parfois, lorsqu'il pleut enfin, les précipitations sont si fortes qu'elles emportent de la terre, détruisent les plantes et causent des inondations ou des glissements de terrain. Les dégâts sont généralement plus importants sur les terres agricoles des pentes de collines. En fonction de l'ampleur des dégâts, la productivité des terres est instantanément ou graduellement réduite, parce que toute ou partie de la couche arable, riche en matière organique et en nutriments, est entraînée vers les plaines, laissant derrière la partie moins productive du sol.

Un tel scénario implique que les agricultrices et agriculteurs doivent protéger le paysage entier pour protéger les sols et conserver l'eau, indispensable à une production végétale et animale durables. Tandis que les terrains plats et drainants conviennent à l'agriculture, les terrains en pente ne peuvent être utilisés qu'à condition que des mesures adéquates de conservation des sols soient prises. Les terres escarpées ne doivent pas être utilisées pour produire des cultures annuelles, mais maintenues enherbées, plantées d'arbres pérennes ou destinées au pâturage contrôlé. Les terres très escarpées dont le sol est peu profond doivent plutôt être laissées dans leur état naturel et servir d'habitat pour la faune et la flore sauvages.

Par conséquent, les deux principaux objectifs de la conservation des sols des terres cultivées sont (i) de maintenir, autant que possible, le sol couvert de matières végétales mortes ou de plantes et arbres vivants pour fixer le sol et briser la force du vent ; (ii) de diminuer la circulation des eaux de surface et de favo-



Évaluation sur le terrain de l'érosion du sol

Avec les agricultrices et agriculteurs, inspectez des champs locaux situés sur des pentes.

Peut-on y observer l'érosion par éclaboussement, en nappe, en rigole ou par ravinement ? Demandez aux agricultrices et agriculteurs ce qu'ils observent pendant les averses. Le sol absorbe-t-il l'eau de pluie facilement ou la majeure partie de l'eau s'écoule-t-elle ? Quel est l'état de leurs sols après de fortes pluies ? Demandez aux agricultrices et agriculteurs les possibilités envisagées pour arrêter le processus d'érosion.



Démonstration

Si possible, versez de l'eau sur un tas de compost mûr. Que peut-on observer ? Les agrégats restent-ils stables ? L'eau s'infilte-t-elle facilement ?



riser l'infiltration de l'eau et son stockage dans le sol. La conservation des sols est réalisée par la lutte contre l'érosion des sols (ampleur des pertes en sol et en matière organique) et l'adaptation des pratiques de travail du sol. Une bonne conservation des sols constitue la base d'une production biologique végétale et animale efficace.

5.1. Lutte contre l'érosion des sols

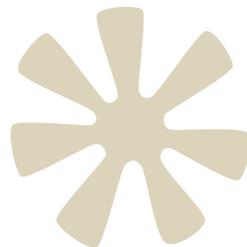
1. Qu'est-ce que l'érosion des sols ?

L'érosion des sols est le déplacement physique de particules de sol et de matière organique sous l'action des gouttes de pluie, du ruissellement ou du vent. L'érosion des sols représente 80 % de la dégradation des terres en Afrique.

Comment reconnaître l'érosion des sols ? Les premiers signes d'un sol sujet à l'érosion se manifestent par la séparation de particules de sol, lesquels ont le plus souvent une couleur différente. L'ampleur de l'érosion des sols évolue de l'érosion en nappe (déplacement uniforme d'une fine couche de terre arable), à l'érosion en rigole (petit canal formé dans le champ), puis à un stade plus destructeur, l'érosion par ravinement (grands canaux formés dans le champ). Les systèmes racinaires apparents sont eux aussi un signe d'érosion.

La perte de la matière organique contenue dans les couches supérieures du sol affecte fortement les propriétés physiques du sol, sa structure, son aération, sa capacité de rétention d'eau et son activité biologique ; en outre, elle implique la perte d'éléments nutritifs, conduisant à des carences en nutriments et à une faible croissance des plantes. L'ampleur de l'érosion sur une terre agricole dépend de la pente de la terre, de la nature de la culture ou du couvert végétal, de l'utilisation de la terre, de l'érodibilité (l'estimation de la capacité de la terre à résister à l'érosion), l'érosivité de l'agent érosif (p. ex. la capacité du vent ou de l'eau à causer l'érosion).

- i. Pente de la terre : naturellement, plus la pente d'un champ est raide, plus la quantité de sol perdu dû à l'érosion hydrique est importante.
- ii. Végétation : le potentiel d'érosion augmente si le sol possède très peu ou pas de couverture végétale sous forme de plantes et/ou de résidus de culture. Les plantes et les résidus de culture protègent le sol de l'impact des gouttes de pluie et des éclaboussures, ont tendance à ralentir le ruissellement de surface et permettent à l'eau de surface en excès de s'infiltrer.



- iii. Utilisation de la terre : certaines mesures de gestion des terres et pratiques culturales (labour, culture en bandes alternantes ou en terrasses) peuvent avoir des répercussions directes sur le problème global de l'érosion des sols dans une ferme et les solutions envisageables.
- iv. Érodibilité du sol : l'érodibilité des sols est une estimation de la capacité des sols à résister à l'érosion, basée sur les caractéristiques physiques de chaque sol. Généralement, les sols présentant un taux d'infiltration et une teneur en matière organique élevés ainsi qu'une bonne structure sont plus résistants à l'érosion. Le terreau sableux et les sols à texture de terreau ont tendance à être moins érodables que le limon et certains sols à texture argileuse.

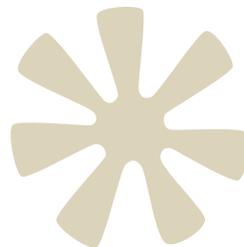
2. Causes de l'érosion des sols

L'érosion des sols se produit naturellement. L'intervention humaine peut toutefois accélérer ce processus naturel, par exemple à travers les pratiques suivantes :

- i. Le surpâturage des prairies réduit la couverture végétale, exposant la surface du sol à la pluie et au piétinement des animaux, ce qui ameublisse à son tour la couche arable, la rendant sensible à l'érosion. Comme le taux d'occupation augmente et que de nouvelles espèces animales telles que les moutons et les chèvres sont introduites, les pâturages finiront par être dénudés.
- ii. La surexploitation des terres cultivées provoque l'épuisement de la matière organique, détruit la structure du sol et rend les terres sensibles à l'érosion.
- iii. L'utilisation des terres sensibles à l'érosion sans la prise de mesures de conservation des sols (terrassement, etc.) entraîne automatiquement l'érosion.
- iv. La destruction continue des forêts à la recherche de bois de chauffage, de matériaux pour la production de charbon et de nouvelles terres cultivables conduit à l'érosion des sols, à des inondations et des glissements de terrain, et réduit le stockage des eaux de pluie dans le sol, modifiant la disponibilité d'eau dans les plans d'eau et les nappes phréatiques.

Comment l'érosion affecte-t-elle l'agriculture ?

- i. Diminution de la production agricole : la perte des couches supérieures des sols, riches en nutriments et biologiquement actives, entraîne la diminution ou la perte de productivité des sols.
- ii. Dans les régions à fortes précipitations, une partie de l'eau, qui ne peut être retenue, s'infiltré dans une couche plus profonde ou la nappe phréatique, emportant les éléments nutritifs hors de la portée des racines des plantes.





POSSIBILITÉS DE COUVRIR LE SOL

Différentes possibilités de couvrir le sol



Semer un couvert végétal



Recouvrir la terre d'un paillis



Couvrir la terre de résidus de culture



Cultiver les plantes dans un système à plusieurs étages



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

19

3. Comment contrôler l'érosion des sols ?

Quelle que soit l'ampleur des dégâts occasionnés par l'érosion des sols, les terres et les sols peuvent encore être réhabilités. Si la couche arable est perdue et l'érosion sévère, la réhabilitation des terres peut demander beaucoup d'efforts et prendre un temps considérable. Généralement, l'engagement de la communauté entière est requis pour améliorer la situation. Néanmoins, même au niveau des ménages individuels, chaque agricultrice ou agriculteur peut mettre en œuvre de nombreuses mesures pour contrôler l'érosion des sols. Ces mesures vont, dans le même temps, contrôler l'érosion et conserver l'humidité des sols.

3.1. Couvrir les sols

La manière la plus simple de protéger les sols de l'érosion par la pluie ou le vent consiste à les garder autant que possible couverts par des plantes ou un paillis. Les sols peuvent être recouverts de plantes vivantes (couverts végétaux), surtout dans les cultures pérennes, ou d'une matière végétale morte (paillis).

L'érosion causée par les pluies s'avère davantage problématique dans les cultures annuelles, où la terre est régulièrement labourée avant chaque plantation, et lorsque la préparation du sol coïncide avec la pluie. Pour éviter l'érosion pendant cette période, il convient de recouvrir le sol de résidus de la culture précédente et d'autres matières végétales sèches, et de réduire le travail du sol en ne labourant la terre qu'en bandes.

a) Couverts végétaux

Les couverts végétaux sont généralement des espèces de plantes vivaces basses, semées avec l'intention principale de protéger le sol, d'empêcher la croissance des mauvaises herbes et de maintenir la fertilité du sol. Ils sont aussi appelés « paillis vivants ». Les couverts végétaux sont utilisés d'une manière similaire aux engrais verts, la principale différence étant que les engrais verts sont essentiellement cultivés pour produire un maximum de biomasse et généralement coupés avant leur floraison pour être incorporés dans le sol. Les couverts végétaux peuvent eux aussi avoir besoin d'être coupés ou pâturés régulièrement pour éviter la compétition avec la culture principale.

Certaines sources d'information ne font aucune distinction entre les couverts végétaux et les engrais verts, puisque les deux peuvent inclure les mêmes espèces et que les différences sont minimales selon leur gestion. Cependant, il est



Partage de connaissances sur les espèces de couverts végétaux cultivées localement

Demandez aux agricultrices et agriculteurs quels couverts végétaux ils connaissent. Pourquoi cultive-t-on ces plantes ? Quelles sont leurs caractéristiques ?



COUVERTS VÉGÉTAUX

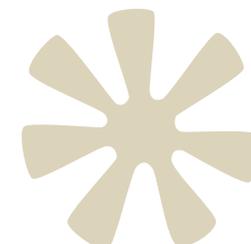
Couverts végétaux pour lutter contre l'érosion

Espèces	Caractéristiques	Autres utilisations/alternatives	Intégration dans la ferme
Arachide sauvage (<i>Arachis pintoi</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Pousse bien dans les climats humides, tolère l'engorgement et survit aux saisons sèches (4 mois) Plante basse ; étouffe bien les adventices une fois établie Convient au pâturage 	<ul style="list-style-type: none"> Fourrage : destiné au pâturage ; s'associe bien aux graminées compétitives aux feuilles tranchantes ou dentées 	<ul style="list-style-type: none"> Couverture du sol sous des cultures arboricoles comme l'avocat, la banane, le manioc, le cacao, le café, les agrumes, la mangue ou l'ananas Pâturages permanents pour les systèmes de pâturage intensif
Luzerne du Brésil (<i>Stylosanthes guianensis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Légumineuse herbacée vivace Pousse dans les climats humides, mais tolère les sécheresses Altère 30 à 120 cm de haut A un faible besoin en P 	<ul style="list-style-type: none"> Fourrage : pâturages, système cut-and-carry ou production d'aliments conservés ; combinaison avec des graminées envisageable 	<ul style="list-style-type: none"> Légumineuse destinée principalement au pâturage Couvert végétal dans les plantations et les vergers Jachère
Sierro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Légumineuse vivace et volubile Pousse dans les climats humides, mais tolère les sécheresses Besoin élevé en P 	<ul style="list-style-type: none"> Fourrage : peut être pâturé (faible pression) ; s'associe à des graminées hautes 	<ul style="list-style-type: none"> Légumineuse destinée au pâturage Couvert végétal dans les plantations Jachère
Cucurbitacées (pastèque, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> Rampantes ou grimpantes Pas de fixation de l'azote 	<ul style="list-style-type: none"> Aliments : fleurs et fruits commercialisables 	<ul style="list-style-type: none"> Culture intercalaire dans les céréales Rotation avec des cultures légumières
Graminées (herbe à éléphant, Tropic Lobe, Paspalum, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> Graminées vivaces stolonifères basses ou moyennes Pas de fixation de l'azote Harmonisent bien avec les légumineuses fourragères 	<ul style="list-style-type: none"> Fourrage : pâturage, système cut-and-carry ou production d'aliments conservés 	<ul style="list-style-type: none"> Couverture du sol dans les cultures permanentes Pâturage permanent ou fourrage Culture en bandes alternées avec des légumineuses fourragères telles que <i>Leucaena</i> sp. et <i>Sabania</i> sp.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

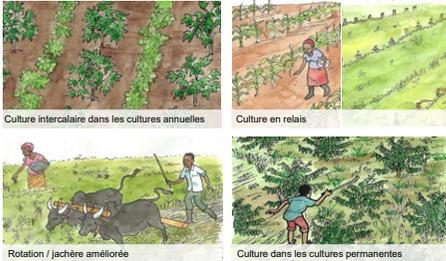
20





INTÉGRATION DES COUVERTS VÉGÉTAUX

Possibilités de cultiver des couverts végétaux

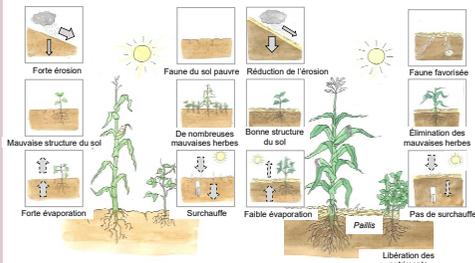


Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 21



AVANTAGES DU PAILLAGE

Pourquoi utiliser du paillis ?



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 22

judicieux de les aborder séparément en raison des différentes fonctions qu'ils peuvent avoir dans un système de culture.

Le principal point fort des couverts végétaux est de couvrir rapidement le sol et de le maintenir couvert en permanence. Les couverts végétaux améliorent la productivité à court et long terme d'un système de culture. Ils améliorent les propriétés physiques du sol, réduisent le ruissellement et l'érosion, étouffent les mauvaises herbes et, s'il s'agit de légumineuses, ils transfèrent de l'azote à la culture principale lorsqu'ils sont utilisés comme paillis. L'apport accru de résidus de culture, la moindre décomposition de la matière organique du sol résultant d'un travail réduit du sol ou d'un semis direct et la diminution de la température du sol sont autant de facteurs contribuant au maintien de la teneur en matière organique du sol sous un couvert végétal.

Les avantages des couverts végétaux peuvent être limités par leur compétition avec la culture principale pour l'eau et les éléments nutritifs et la très faible augmentation de la teneur en matière organique du sol. Le fauchage ou le travail sélectif du sol réduisent temporairement cette compétition. Tandis que les couverts végétaux composés de légumineuses fournissent de l'azote à la culture principale, ceux à base de graminées ont besoin d'azote pour leur propre croissance.

Un couvert végétal idéal présente les caractéristiques suivantes :

- > Il est bas et ne grimpe pas.
- > Il pousse rapidement et couvre le sol en peu de temps.
- > Il résiste aux ravageurs et aux maladies, et ne contamine pas les cultures principales.
- > Il tolère la sécheresse.
- > Il fixe l'azote de l'air.
- > Il développe un système racinaire profond, capable d'ameublir les sols et de contribuer à la régénération des sols dégradés.
- > Il est facile à semer et à gérer, et peut être pâturé ou fauché pour produire du fourrage.
- > Les semences sont bon marché, facilement accessibles ou reproductibles dans la ferme.

Les résidus des couverts végétaux ne sont généralement pas récoltés, mais laissés sur place pour qu'ils se décomposent. Voilà pourquoi on parle également de



Intégration des couverts végétaux

Invitez les agricultrices et agriculteurs à choisir l'une des principales cultures de la région et à établir un calendrier agricole sous forme d'un tableau sur papier. Sur le calendrier doivent figurer les activités agricoles typiques liées à cette culture comme le labour, le semis, le désherbage, la récolte, l'ensemencement d'une seconde culture, etc. Demandez-leur d'indiquer également la saison sèche et la saison des pluies ainsi que les moments où les sols sont le plus affectés par l'érosion. La disponibilité de la main-d'œuvre doit également être prise en compte. Demandez-leur de discuter des options pour adapter le système de culture afin d'éviter l'érosion du sol. Les modifications proposées peuvent être notées sur le calendrier, par exemple avec une couleur différente.





MISE EN PLACE DE PAILLIS

Comment réaliser un paillage ?



Réalisation d'un paillage :

- › Étendre le paillis avant la saison des pluies.
- › La couche ne doit pas être trop épaisse.
- › Étendre le paillis en rangs ou autour de plantes isolées, en évitant le contact direct avec les tiges des plantes, ou le répartir uniformément sur l'ensemble du champ.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

23

paillis vivants. Certains couverts végétaux peuvent être pâturés, fournissent de la nourriture ou peuvent être utilisés comme fourrage. La mise en place d'un couvert végétal limite les possibilités de travail du sol. Par conséquent, les couverts végétaux sont généralement utilisés dans des systèmes de culture qui impliquent un travail réduit du sol. Ils peuvent être subdivisés en légumineuses, graminées et autres groupes tels que les cucurbitacées qui, elles aussi, couvrent bien le sol. Pour une couverture permanente du sol, un mélange de légumineuses et de graminées est idéal : leurs systèmes racinaires se complètent bien en matière de profondeur des racines et, ensemble, elles représentent une source homogène de fourrage pour le bétail.

Comment intégrer les couverts végétaux ?

Les couverts végétaux peuvent être réalisés de différentes manières selon les conditions du site, la culture principale et les avantages attendus.

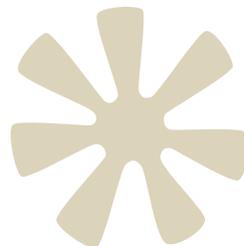
- › **Cultures intercalaires** : le couvert végétal est semé en même temps que la culture principale. Dans ce cas, la culture principale devrait être une plante haute comme le maïs pour éviter qu'elle ne soit étouffée par le couvert végétal. Les couverts végétaux grimpants comme le mucuna sont à éviter, parce qu'ils étoufferaient la culture principale. La culture intercalaire est préférable dans les cultures pérennes.
- › **Cultures en relais** : le couvert végétal est mis en place lorsque la culture principale se trouve à un stade de croissance avancé. Par exemple, dans une culture associée maïs/haricots, le couvert végétal peut être semé après la récolte des haricots. Cette pratique permet d'obtenir un meilleur rendement et réduit fortement le risque de compétition entre les plantes. Ensuite, on laisse le couvert végétal continuer à pousser pour protéger le sol et étouffer les mauvaises herbes.
- › **Rotation des cultures et jachères améliorées** : dans ce cas, le couvert végétal est mis en place après la récolte de la culture principale. Si le sol est suffisamment humide, cela peut se faire immédiatement après la récolte. Le couvert végétal peut faire partie du cycle de rotation de la culture principale ou être incorporé pendant la période de jachère.

Pour réduire le risque de dégâts causés par les maladies et les ravageurs, différentes espèces de couverts végétaux peuvent être cultivées sur divers champs. Lorsqu'ils sont semés en association avec des cultures vivrières, les couverts vé-



Évaluation des possibilités de couvrir le sol

Discutez avec les agricultrices et agriculteurs des possibilités de couvrir le sol pour le protéger. Quels matériels sont disponibles pour le paillage ? Quelles plantes peut-on cultiver pour couvrir le sol ? Quelle approche pourrait être la plus avantageuse pour couvrir le sol ? Certains agriculteurs pratiquent-ils l'une ou l'autre de ces méthodes ?





CORDONS DE DÉCHETS

Comment mettre en place des cordons de déchets ?



Aligner des résidus de culture et d'autres matières végétales encombrantes le long des courbes de niveau.

Pour assurer une lutte plus efficace contre l'érosion, les cordons de déchets sont combinés avec des billons, des fossés et des bandes de culture.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

24

gétaux devraient, eux aussi, être alternés pour éviter la propagation des ravageurs et des maladies des cultures. Les pratiques recommandées pour le semis des couverts végétaux varient selon le système de culture, la taille des semences et le climat. Les petites graines sont semées soit à la volée soit en lignes à la main ou à l'aide d'un semoir. Quant aux grosses semences, il convient de les semer manuellement à la houe ou au moyen d'un semoir à semis direct à traction animale. Alors qu'un espacement étroit est recommandé dans les peuplements purs, en cas de couvert végétal intercalé et dans les climats secs, un espacement large réduit la compétition avec la culture principale. En général, 2 à 4 graines sont semées par poquet. La plupart des couverts végétaux auront besoin d'au moins un désherbage en début de croissance.

b) Paillage

Le paillage consiste à recouvrir la surface du sol de matières végétales telles que des feuilles, de l'herbe, des brindilles, des résidus de culture ou de la paille. Parfois, on utilise des paillis artificiels comme les films de paillage en plastique (essentiellement pour lutter contre les mauvaises herbes ; ils ne procurent pas les mêmes avantages que les paillis organiques). Le paillage présente de nombreux avantages, y compris celui d'éviter à la couche arable d'être emportée en cas de fortes pluies ou asséchée par le soleil. Le paillis diminue l'évaporation de l'eau et maintient donc le sol humide. Par conséquent, les plantes ont besoin de moins d'irrigation ou peuvent utiliser l'eau de pluie disponible plus efficacement. En outre, un sol humide favorise l'activité des organismes du sol comme les vers de terre et les micro-organismes (rhizobiums, champignons mycorhiziens, etc.).

Les paillis organiques constituent une excellente source de nourriture pour les organismes du sol et offrent des conditions favorables à leur croissance. Lors de leur décomposition, les paillis libèrent également leurs éléments nutritifs ; une partie des paillis est transformée en humus stable, contribuant à augmenter la teneur en matière organique du sol. Par ailleurs, une couche épaisse de paillis étouffe les mauvaises herbes en inhibant leur germination. Pour toutes ces raisons, le paillage joue un rôle crucial dans la prévention de l'érosion des sols.

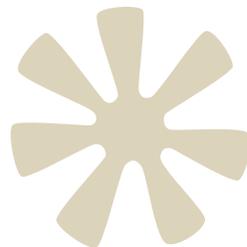
Mise en place des paillis

Les sources de paillis comprennent les adventices, les couverts végétaux, les résidus de culture, l'herbe, les matériaux issus de l'élagage des arbres et de la taille des haies ainsi que les déchets issus de la transformation des produits agricoles



Discussion :

Demandez aux agricultrices et agriculteurs quelles espèces de graminées sont connues pour bien pousser dans les conditions locales. Quelqu'un a-t-il déjà mis en place des bandes enherbées le long des courbes de niveau d'une pente ? Quelles recommandations peut-il/elle donner aux autres agriculteurs ?



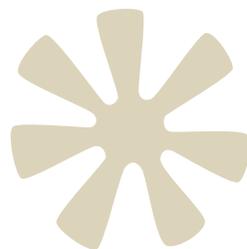
ou de la sylviculture. Les arbustes à croissance rapide fixateurs d'azote qui tolèrent une forte taille donnent des quantités considérables de paillis de qualité. Les arbustes peuvent être plantés en haies.

L'effet du paillage dépend fortement du type de paillis utilisé. Dans les climats humides, les matériaux verts se décomposent rapidement, rendant des éléments nutritifs accessibles aux cultures pendant le processus. La protection du sol se limite alors à une période comprise entre 1 et 3 mois. Dans ce cas, le paillage peut être répété. Les matériaux résistants tels que la paille ou les tiges, au contraire, se décomposent plus lentement et couvrent le sol donc pour une durée plus longue. Là où l'érosion du sol pose problème, les paillis à décomposition lente (avec une faible teneur en azote et un ratio carbone/azote élevé) fournissent une protection à long terme, comparativement aux matériaux à décomposition rapide.

Lorsque des matériaux riches en carbone sont utilisés pour le paillage, l'azote du sol peut être utilisé par les micro-organismes pour décomposer le matériau (processus appelé immobilisation). Pendant ce temps, les microbes concurrencent les plantes pour l'azote et la culture peut souffrir de malnutrition. Pour éviter l'immobilisation de l'azote, les matières végétales vieilles ou dures doivent être étendues sur le sol au moins deux mois avant la plantation ou le semis de la culture principale. La décomposition du paillis peut être accélérée en épandant des engrais organiques tels que le fumier sur le paillis, augmentant ainsi la teneur en azote.

Dans les climats arides, les paillis peuvent être rares et leur production ou collecte implique généralement beaucoup de travail. Par conséquent, ils peuvent entrer en concurrence avec la production des cultures et les activités ménagères. Cependant, la mise en place de paillis vaut la peine, en particulier dans de tels climats.

Dans certaines situations, les organismes tels que les limaces, les escargots, les fourmis et les termites peuvent proliférer dans les conditions humides et protégées de la couche de paillis, et causer des dégâts aux cultures. Les organismes nuisibles comme les foreurs de tige peuvent survivre dans les tiges de cultures telles que le coton, le maïs ou la canne à sucre. Dans de telles situations, les agriculteurs doivent soigneusement sélectionner les paillis pour éviter tout inconvénient ou renoncer au paillage et appliquer d'autres méthodes de protection des sols. En règle générale, les matières végétales infectées par des maladies virales ou fongiques ne doivent pas être utilisées si la maladie risque de se propager à

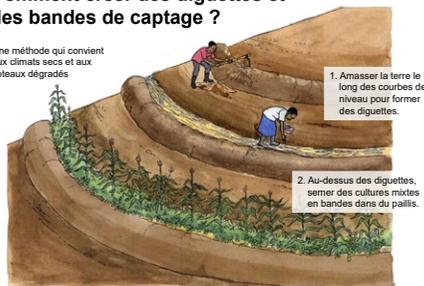




BILLONS DE NIVEAU

Comment créer des diguettes et des bandes de captage ?

Une méthode qui convient aux climats secs et aux coteaux dégradés



1. Amasser la terre le long des courbes de niveau pour former des diguettes.

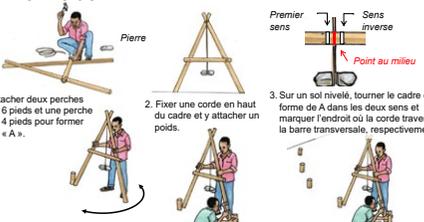
2. Au-dessus des diguettes, semer des cultures mixtes en bandes dans du paillis.

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 25



CADRE EN FORME DE A

Comment fabriquer et utiliser le cadre en forme de A ?



1. Attacher deux perches de 6 pieds et une perche de 4 pieds pour former un « A ».

2. Fixer une corde en haut du cadre et y attacher un poids.

3. Sur un sol nivelé, tourner le cadre en forme de A dans les deux sens et marquer l'endroit où la corde traverse la barre transversale, respectivement.

4. Balancer un pied vers le haut ou vers le bas de la pente, de sorte que la corde traverse la barre transversale exactement à l'endroit marqué.

5. Marquer l'endroit où se trouve le deuxième pied et continuer de la même manière.

6. Ce procédé permet d'obtenir des courbes de niveau en travers de la pente.

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 26

la culture suivante. Une bonne rotation des cultures est essentielle pour venir à bout de ces risques.

Dans la mesure du possible, le paillis doit être mis en place avant la saison des pluies ou au début de celle-ci, étant donné que le sol est alors plus vulnérable. Si le paillage est réalisé avant le semis ou la plantation, la couche de paillis ne doit pas être trop épaisse, pour permettre aux jeunes plants de la pénétrer. Si la couche n'est pas trop épaisse, les semences ou les jeunes plants peuvent être semés ou plantés entre le paillis. Les paillis peuvent également être mis en place dans des cultures existantes, de préférence directement après le travail du sol. Ils peuvent être posés entre les rangs, autour des plantes individuelles (notamment pour les cultures arboricoles) ou répartis uniformément dans les champs. Dans les cultures maraîchères, il est préférable de ne mettre en place le paillis qu'une fois que les jeunes plants sont devenus plus robustes, puisqu'ils peuvent être affectés par les produits résultant de la décomposition du paillis frais.

Dans les climats humides, les matériaux encombrants comme les brindilles sont généralement plus appropriés pour le paillage, puisqu'ils assurent une ventilation adéquate. Les matériaux ne doivent toutefois pas être trop encombrants, pour éviter qu'ils n'endommagent les cultures ou ne soient emportés par le vent. Lorsque du paillis est introduit dans un champ, il faut veiller à ce qu'il ne contienne pas de graines indésirables.

La stratégie idéale de mise en place des paillis dépend, finalement, des conditions locales et des cultures. Des essais menés sur plusieurs saisons sont nécessaires pour déterminer s'il vaut mieux mettre en place le paillis avant ou après la plantation, en bandes tout au long des rangs ou uniformément sur toute la surface, en couche épaisse ou mince.

3.2. Réduire l'écoulement de l'eau

a) Diguettes et billons

Une mesure efficace pour limiter la circulation de l'eau à la surface du sol consiste à creuser des tranchées le long des courbes de niveau d'une pente pour former des billons. Une autre possibilité consiste à identifier les endroits où l'eau s'écoule naturellement et à y planter de l'herbe pour permettre à l'eau de pluie de couler doucement dans les champs sans former de ravines. Ces zones nécessitent une végétation vigoureuse et dense et l'eau doit être dirigée par des déviations. Des fossés peuvent être creusés le long des courbes de niveau pour piéger l'eau qui coule et favoriser son infiltration dans le sol. Ce procédé est souvent



Discussion sur le terrain à propos des structures antiérosives

Amenez les agricultrices et agriculteurs sur un site affecté par l'érosion du sol. Discutez avec eux des possibilités d'arrêter la dégradation du sol. Quelles suggestions font-ils pour le site et pourquoi ?



Exercice pratique pour fabriquer et utiliser un cadre en forme de A

Répartissez les agricultrices et agriculteurs en groupes de quatre personnes. Montrez-leur comment fabriquer et utiliser un cadre en forme de A. Ensuite, laissez-les fabriquer un cadre en forme de A et l'utiliser dans le champ.

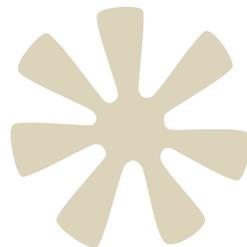


combiné avec la culture en bandes entre les billons de niveau : sur le flanc de la colline, on alterne des bandes de cultures comme le maïs avec des bandes d'une végétation plus dense comme les légumineuses. Une grande partie du sol emporté en aval de chaque bande de culture en lignes est piégée par la bande de végétation plus dense qui pousse en dessous d'elle. Il peut également être judicieux de mettre en place des cordons de déchets composés de tiges et d'autres résidus de culture au lieu de la végétation dense.

Pour marquer les courbes de niveau le long d'une pente, on peut utiliser un cadre en forme de A. Bon marché et facile à construire, cet outil simple est immédiatement accessible aux agricultrices et agriculteurs africains. Pour construire un cadre en forme de A, il faut trois perches, de la corde, une pierre et des piquets.

Comment construire et utiliser un cadre en forme de A ?

1. Attacher trois perches d'une longueur d'environ 2,5 m chacune pour former un « A » équilibré. Si la corde ne permet pas de bien attacher les bouts, utiliser des clous.
2. Fixer le bout d'un morceau de corde en haut du A et attacher une pierre à l'autre bout, de sorte que la pierre soit à une certaine distance du sol et de la barre transversale du A.
3. Placer le cadre en forme de A à la verticale et marquer la position de chacun des deux pieds. Puis marquer l'endroit où la corde traverse la barre transversale du A.
4. Tourner le cadre en forme de A de sorte que la position des pieds soit inversée. Marquer une nouvelle fois l'endroit où la corde traverse la barre transversale. Si les deux points ne sont pas au même endroit, marquer un troisième point à l'aide d'un couteau exactement au milieu des deux premiers.
5. Planter le premier piquet à l'extrémité supérieure du champ. Placer un pied du cadre en forme de A au-dessus du piquet, en contact avec celui-ci. Placer l'autre pied de sorte que la corde traverse le point marqué sur la barre transversale.
6. Planter un autre piquet dans le sol juste en dessous du deuxième pied. Faire bouger le cadre en forme de A et continuer de la même manière à travers le champ.
7. La courbe de niveau suivante est placée 3 à 6 mètres en dessous de la première courbe. Plus la pente est raide, plus les courbes doivent être rapprochées.





BANDES ENHERBÉES COMME BARRIÈRES

Comment mettre en place et utiliser des bandes enherbées ?

2. Couper l'herbe lorsqu'elle a poussé et l'utiliser comme fourrage ou comme paille.

1. Planter de l'herbe le long des courbes de niveau.

3. Cultiver régulièrement un engrais vert pour améliorer la fertilité du sol dans la bande de culture.

Bandes enherbées servant de barrières

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

27



BANQUETTES ET CORDONS PIERREUX

Construire une banquette et une terrasse en pierres

Faire pousser des légumineuses arborescentes ou arbustives ou des arbres fruitiers sur les bords de la terrasse, le cas échéant.

Creuser la pente sur un angle et placer les pierres contre la pente.



Faire pousser de l'herbe sur les pentes pour stabiliser la terrasse.

Utiliser de grosses pierres pour créer une terrasse en pierres.

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

28

b) Bandes enherbées

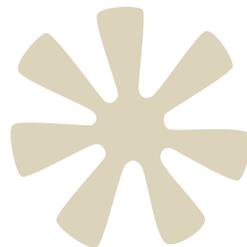
Des plantes fourragères telles que le vétiver (*Vetiveria zizanioides*), l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*), l'herbe de Guinée (*Panicum maximum*) et *Paspalum notatum* peuvent être cultivées en bandes à intervalles en travers de la pente pour ralentir le ruissellement de l'eau. En plus de réduire l'érosion du sol, ces plantes fournissent du fourrage pour les animaux. Les bandes enherbées peuvent être associées à ou remplacées par une haie de légumineuses fourragères arborescentes comme *Leucaena diversifolia*, *Calliandra calothyrsus*, *Sesbania sesban* et *Gliricidia sepium*.

c) Terrassement

Les mesures mécaniques de lutte contre l'érosion sont généralement plus chères que celles reposant principalement sur la végétation. Leur mise en œuvre demande davantage de main-d'œuvre, de matériel et de savoir-faire. Le terrassement comprend de nombreux types de terrasses, de déviations et de structures de stabilisation des pentes. Les terrasses divisent une longue pente en une série de courtes pentes. Chaque terrasse collecte et contrôle l'excès d'eau d'une zone déterminée de la pente au-dessus d'elle. L'eau collectée dans le canal d'une terrasse peut être acheminée vers des déversoirs protégés tels que des bassins artificiels ou des cours d'eau naturels où elle ne causera pas de dommage. Si le sol du champ est suffisamment perméable, on peut construire des terrasses nivelées et laisser l'eau stagner et s'infiltrer dans le sol. Même les terrasses bien construites ont besoin d'être réparées régulièrement pour être efficaces. À moins d'être maintenues en bon état, les terrasses peuvent causer plus d'érosion que si elles n'étaient pas construites.

Banquettes : on les trouve sur les pentes moyennes ; elles transforment la pente raide en une série de planches ou de lits construits en travers de la pente sur lesquels les plantes sont cultivées. Les marches sont séparées par des contremarches presque verticales (murs ou diguettes) en pierre ou en terre, protégées par une végétation dense. Pour maintenir leur stabilité, les contremarches doivent disposer d'une couverture végétale permanente et être continuellement réparées. Bien que leur construction demande beaucoup de travail et de temps, les banquettes peuvent durer longtemps si elles sont bien entretenues.

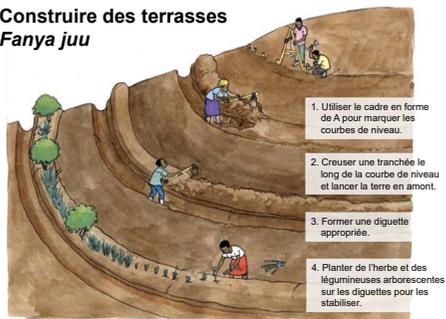
Cordons pierreux : l'utilisation de cordons pierreux est surtout pertinente lorsque des pierres sont facilement accessibles dans la zone. Les pierres sont entassées en travers de la pente, la divisant en petites sections où les plantes sont





TERRASSES FANYA JUU

Construire des terrasses Fanya juu



1. Utiliser le cadre en forme de A pour marquer les courbes de niveau.

2. Creuser une tranchée le long de la courbe de niveau et lancer la terre en amont.

3. Former une diguette appropriée.

4. Planter de l'herbe et des légumineuses arborescentes sur les diguettes pour les stabiliser.

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 29



POQUETS

Creuser des poquets



1. Creuser de petits trous (poquets) le long d'une corde.



2. Remplir chaque trou d'un peu de compost ou de fumier pourri et le recouvrir de terre végétale.



3. Placer les graines dans les trous remplis.



4. Recouvrir les lignes de semis d'un paillis sec.

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 30

cultivées. Elles ralentissent le ruissellement et la terre finit par s'accumuler derrière elles, formant des lits presque nivelés.

Terrasses Fanya juu : les terrasses Fanya juu (« lance-le vers le haut » en kiswahili) sont construites en creusant des tranchées le long des courbes de niveau tout en lançant la terre en amont pour former des diguettes, lesquelles sont stabilisées à l'aide de plantes fourragères telles que l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*) et d'arbres agroforestiers à usages multiples. On cultive des plantes dans l'espace entre les diguettes et, au fil du temps, les Fanya juu se transforment en banquettes. Dans les zones semi-arides, ces terrasses servent à collecter et conserver l'eau.

d) Conservation de la végétation

Les racines des plantes agglomèrent les particules du sol et protègent celui-ci contre l'érosion hydrique et éolienne. Une terre couverte de végétation est donc moins sensible à l'érosion qu'une terre non cultivée. Voilà pourquoi il convient de maintenir la couverture végétale naturelle dans les cultures pérennes ou de semer un couvert végétal. Les pentes très raides, en revanche, ne devraient pas être cultivées ; on devrait y planter des arbres.

Les arbres plantés en rangées (culture en bandes alternées) et les haies plantées dans les champs ou autour de ceux-ci réduisent la vitesse du vent. En outre, ils créent un microclimat qui réduit l'évaporation et protège le sol et les cultures des effets desséchants du vent. Lorsque les arbres sont plantés en rangées au sein du champ, ils concurrencent le plus souvent les cultures pour l'eau ; dans les zones plus sèches, cette concurrence réduira le rendement des grandes cultures. Dans de telles régions, il est recommandé de planter des haies. Lorsque les arbres sont plantés au sein des cultures, ils doivent être élagués au début de la saison de croissance des cultures pour réduire la compétition. Pendant la saison sèche, les arbres auront repoussé et seront capables d'ombrager le sol.

5.2. Récupération de l'eau

Dans les régions arides et semi-arides, les stratégies pour collecter et économiser l'eau et conserver l'humidité des sols sont la priorité absolue. Comme l'eau est le facteur limitant pour le rendement des cultures, chaque goutte d'eau de pluie ou d'irrigation doit être retenue dans le champ. Pour assurer un approvisionnement



Discussion : collecte de l'eau

Demandez aux agricultrices et agriculteurs comment ils recueillent l'eau. Prennent-ils des mesures pour assurer une collecte optimale de l'eau de pluie ?



Démonstration : comparaison des profils de sols

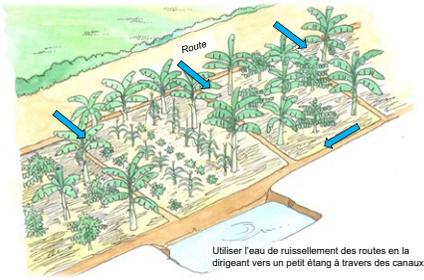
Amenez les agricultrices et agriculteurs dans une forêt ou un champ dont le sol n'est pas perturbé et ensuite dans un champ labouré régulièrement. Sur chaque site, réalisez un profil de sol. Discutez avec les agricultrices et agriculteurs les qualités des deux sols. Quelles couches sont visibles ? Quelle couleur ont les différentes couches ? Quelle est la structure du sol ? Y a-t-il une couche compactée (semelle de labour) ? Quel sol semble être plus actif et plus fertile ?





RETENUES D'EAU

Retenues d'eau



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

31

ment suffisant en eau des sols, il faut collecter l'eau de pluie disponible, réduire le ruissellement et mettre en œuvre des stratégies de gestion des sols permettant d'augmenter l'infiltration de l'eau, d'accroître la capacité de rétention d'eau et de diminuer l'évaporation par le paillage et un travail minimal du sol. Même lorsque de l'eau d'irrigation est disponible, son utilisation doit être maintenue au strict minimum pour éviter des problèmes liés à la salinité et à la surexploitation de la nappe phréatique.

Les agricultrices et agriculteurs biologiques cherchent à optimiser l'utilisation des ressources de leurs fermes pour la gestion de l'eau en vue d'améliorer leurs sols et de mettre au point des systèmes agricoles permettant de collecter l'eau et de la stocker pour une utilisation future. Les mesures suivantes ont été mises en œuvre avec succès dans de nombreuses régions :

Poquets ou trous de rétention d'eau : les trous de rétention d'eau (également connus sous le nom de zai au Burkina Faso et de tassa au Niger) sont des trous circulaires creusés à la main le long des rangées de plantation qui recueillent et stockent l'eau. La terre provenant des trous est utilisée pour construire des diguettes autour des trous. La taille des trous dépend de la quantité d'eau de ruissellement. On peut ajouter du fumier ou du compost dans les trous avant de les planter. Après la plantation, les trous ne sont pas complètement couverts pour pouvoir collecter davantage d'eau. On peut utiliser les trous saison après saison tout en améliorant la fertilité du sol en y apportant du fumier ou du compost.

Retenues d'eau : l'eau provenant des routes et de la ferme peut être acheminée vers les champs par des fossés ou un bassin. Ensuite, l'eau peut être doucement déviée vers le champ ou utilisée pour l'irrigation.

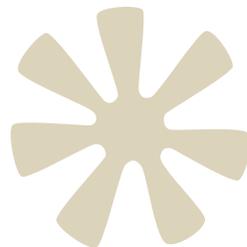
5.3. Réduction des perturbations du sol

Les agricultrices et agriculteurs travaillent le sol pour diverses raisons : pour ameublir la terre et préparer un lit de semences afin de favoriser la germination des graines, pour lutter contre les mauvaises herbes ou incorporer du fumier et des matières végétales dans le sol. Dans de nombreux pays africains, il est courant de retourner la terre sur toute la surface du champ à planter. Le labour, le hersage ou le travail du sol avec un outil à disques généralisés sont favorisés par la mécanisation. Cependant, le billonnage à l'aide d'une houe provoque lui aussi la perturbation de toute la surface du sol. Ces systèmes de travail du sol laissent



Discussions sur les pratiques locales de travail du sol

Demandez aux agricultrices et agriculteurs comment on travaille le sol au niveau local. Utilisent-ils des tracteurs, des bœufs ou des houes manuelles ? À quelle fréquence travaillent-ils le sol, pour quelles raisons et dans quelles circonstances ? Doivent-ils attendre la pluie pour labourer leurs terres ? Le travail du sol entraîne-t-il un retard dans le semis ? Y a-t-il quelqu'un qui a déjà pratiqué le semis direct ou le travail réduit du sol ? Discutez ensemble des avantages et des inconvénients du travail du sol.



le sol nu, l'exposant à l'érosion et à la perte d'eau par évaporation, entraînent le recouvrement de la surface du sol par les eaux, accélèrent la décomposition de la matière organique et contribuent à la destruction de la structure du sol. Un travail répété du sol à la même profondeur ou dans des conditions humides comporte le risque de compactage et de formation d'une semelle de labour au niveau de la profondeur de travail. Par ailleurs, le mélange des couches du sol peut gravement nuire à certains organismes du sol comme les vers de terre.

La plupart des agricultrices et agriculteurs qui labourent leurs terres doivent attendre les pluies pour travailler le sol. Dans ce cas, les semis ne peuvent pas avoir lieu tant que les terres ne sont pas préparées. Dans de nombreuses régions, chaque jour de retard dans l'ensemencement après les premières pluies entraîne des pertes de rendement. Le travail du sol de la surface entière d'un champ exige beaucoup de travail, d'énergie et de temps. La préparation d'un champ peut prendre plusieurs jours ou plusieurs semaines, requiert une puissance de traction élevée et beaucoup de carburant en cas d'utilisation d'un tracteur.

Les pratiques d'agriculture biologique traditionnelles impliquent un travail profond du sol avec retournement de la terre pour permettre l'incorporation de matières végétales et de fumier et l'enfouissement des mauvaises herbes. Une meilleure compréhension des impacts négatifs de telles pratiques sur la matière organique du sol, les pertes d'éléments nutritifs, la biologie du sol, le climat, la consommation d'énergie et les coûts entraîne actuellement un changement fondamental dans l'approche du travail du sol avec l'adoption croissante de pratiques telles qu'elles sont promues par l'approche de l'agriculture de conservation des sols.

Toute activité de travail du sol a un impact plus ou moins destructif sur la structure du sol. Cependant, il existe des systèmes qui réduisent la perturbation du sol au minimum, maintiennent une couverture protectrice sur la surface du sol et permettent une préparation précoce de la terre avant les pluies. De tels systèmes contribuent à une bonne structure du sol, réduisent le risque de compactage, augmentent l'infiltration de l'eau, diminuent le ruissellement et réduisent l'évaporation, améliorant ainsi le stockage de l'eau. Lorsque le sol est protégé et n'est pas perturbé, la couche arable devient un habitat favorable aux racines des plantes, vers, insectes et micro-organismes tels que les champignons et les bactéries. Ces organismes du sol recyclent la matière organique de la couverture végétale et la transforment en humus et en éléments nutritifs, contribuant ainsi



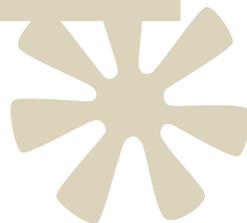
Visite de terrain

Si possible, amenez les agricultrices et agriculteurs dans un champ cultivé selon les principes de l'agriculture de conservation. Invitez le ou la propriétaire du champ à partager ses expériences. Quels avantages a-t-il/elle remarqués ? Quels sont les défis auxquels il/elle fait face ? À côté, il y a probablement un champ conventionnel. Quelles différences sont visibles ?



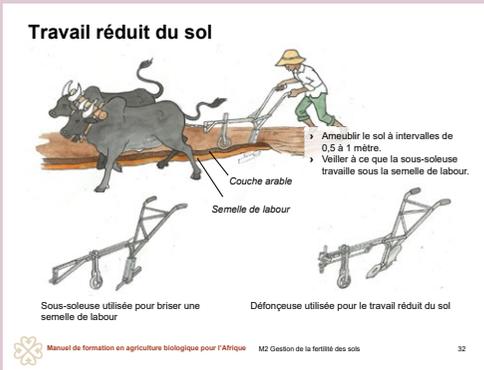
Discussion sur le semis direct

Y a-t-il des agricultrices ou agriculteurs qui pratiquent la culture sans travail du sol ou semis direct ? Quelles sont leurs expériences ? Quels avantages et contraintes connaissent-ils ? Les sols conviennent-ils au semis direct ? Le semis direct est-il pratiqué sans l'utilisation d'herbicides ?





OUTILS POUR LE TRAVAIL RÉDUIT DU SOL



à rendre le sol fertile et à nourrir les plantes. Ce processus peut également être appelé « travail biologique du sol ».

Le travail réduit du sol et sa couverture permanente, tels que recommandés par l'approche de l'agriculture de conservation des sols, permettent aux agricultrices et agriculteurs de préparer leur terre après la récolte de la culture précédente. La préparation précoce des terres permet un semis au début de la saison des pluies et un désherbage précoce. L'approche de l'agriculture de conservation des sols convient très bien aux femmes, étant donné que le travail du sol est réduit et peut être exécuté sur une longue période sans perte d'éléments nutritifs et de temps précieux.

Le travail du sol vise à fournir de bonnes conditions de croissance aux semences et aux jeunes plants, à ameublir le sol de sorte à faciliter la pénétration des racines des jeunes plants, à lutter si nécessaire contre les mauvaises herbes et les ravageurs terricoles et à réparer le compactage causé par les activités précédentes. Se servir ou non du travail du sol pour incorporer dans le sol les résidus de culture et les fumiers est une décision fondamentale qui doit être prise dans le contexte local.

Pour réduire autant que possible les impacts négatifs du travail du sol tout en bénéficiant de ses avantages, les agricultrices et agriculteurs doivent viser à réduire au minimum le nombre d'interventions et choisir des méthodes qui conservent au maximum les qualités naturelles du sol.

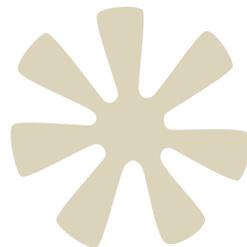
Il n'existe pas qu'une seule bonne façon de travailler la terre ; les options sont nombreuses. Pour trouver la méthode de travail du sol la plus appropriée, il faut tenir compte des plantes cultivées, du système cultural, du type de sol, du climat, de la pression des mauvaises herbes et de bien d'autres facteurs. Chaque agricultrice ou agriculteur doit donc évaluer la pratique qui est la plus adaptée aux conditions de sa ferme et qui lui permet de réduire les impacts négatifs du travail du sol tout en bénéficiant de ses avantages. Les agricultrices et agriculteurs biologiques doivent viser à réduire autant que possible le nombre d'interventions et choisir des méthodes qui préservent les qualités naturelles du sol. L'adoption d'un travail réduit du sol par les agricultrices et agriculteurs qui s'en remettent entièrement aux pratiques naturelles et renoncent à l'utilisation d'herbicides et d'engrais chimiques pourrait nécessiter des adaptations spécifiques pour éviter les problèmes liés aux mauvaises herbes et assurer une bonne nutrition des plantes.



Partage d'expériences sur le travail réduit du sol

Invitez les agricultrices et agriculteurs à partager leurs expériences en matière de travail réduit du sol en leur posant les questions suivantes :

- › L'équipement appartient-il aux agriculteurs individuels ou est-il partagé au sein d'un groupe ? Le travail du sol et le semis sont-ils exécutés par un entrepreneur ?
- › L'équipement convient-il aux sols locaux et aux différents champs ?
- › Comment luttent-ils contre les mauvaises herbes ?
- › Comment assurent-ils l'apport de nutriments aux cultures ? Utilisent-ils des engrais minéraux ?





MISE EN ŒUVRE DU TRAVAIL RÉDUIT DU SOL

Remise en culture des jachères



1. Couper la couverture végétale épaisse et l'utiliser comme paillis.



2. Semer des pois mascate dans le paillis sec.



3. Rouler les tiges du pois mascate à l'aide d'une poutre.



4. Défoncer la terre à travers le paillis sec avant de semer la culture régulière suivante.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique

M2 Gestion de la fertilité des sols

33

1. Systèmes de culture sans travail du sol ou de semis direct

Les systèmes de semis direct fonctionnent sans travail du sol : on sème les graines directement dans le couvert végétal sans préparer de lit de semences. Les résidus de culture sont laissés à la surface du sol. Pour empêcher la concurrence entre la culture et la végétation couvrant le sol, on détruit la couverture végétale et les mauvaises herbes en les coupant manuellement ou mécaniquement ou en utilisant des herbicides. En agriculture conventionnelle, les engrais chimiques sont soit épandus à la volée soit appliqués au cours du semis. Pour les semis, on n'ouvre généralement qu'une fente de semis étroite, juste assez large et profonde pour bien couvrir les semences, tandis que les résidus de culture restent à la surface du sol et ne sont, dans l'ensemble, pas perturbés.

Les systèmes de culture sans travail du sol aident à donner au sol une structure naturelle, avec une couche arable friable et riche en matière organique et en organismes. Les pertes en éléments nutritifs sont réduites au minimum, puisqu'il n'y a pas de décomposition soudaine de la matière organique et que les nutriments sont captés par un réseau dense de racines. L'érosion du sol ne posera pas de problème tant qu'il y a une couverture végétale permanente ou un apport suffisant de matières organiques. Dernier point mais non des moindres, les agricultrices et agriculteurs peuvent économiser beaucoup de main-d'œuvre.

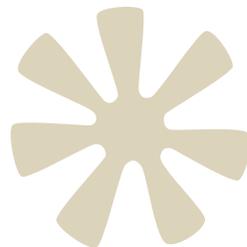
La culture sans travail du sol nécessite des sols bien drainés. Les sols gorgés d'eau ou mal drainés ne conviennent pas au semis direct parce que les semences et les racines de plantes pourriraient dans le sol. Dans les sols compactés, un sous-solage au-delà de la semelle de labour peut s'avérer nécessaire pour améliorer le drainage. Une autre possibilité consiste à intégrer dans la rotation des cultures des plantes à racines profondes comme les pois d'Angole pour briser la semelle de labour avant de semer des cultures à racines plus faibles.

Le succès du semis direct dépend d'une production élevée de biomasse pour assurer un paillis épais. Une bonne rotation des cultures comprenant des engrais verts à base de légumineuses est essentielle à ce système. La gestion de la croissance des mauvaises herbes pourrait constituer un défi pour les agricultrices et agriculteurs biologiques, qui renoncent à l'utilisation d'herbicides et ne comptent que sur des méthodes mécaniques ou naturelles pour lutter contre les mauvaises herbes. Néanmoins, il existe un potentiel pour introduire le semis direct dans l'agriculture biologique.



Discussion sur l'importance de la matière organique du sol pour une agriculture durable

Demandez aux agricultrices et agriculteurs comment ils nourrissent le sol. Quelle attention accordent-ils à la gestion de la matière organique du sol ? Pensez-vous que les efforts déployés pour augmenter la teneur en matière organique du sol sont payants ? Les mesures prises ont-elles porté leurs fruits ?



Dans les cultures annuelles, par exemple, on peut facilement pratiquer la culture sans travail du sol en semant une légumineuse entre les tiges d'une céréale comme le maïs, le blé ou le millet.

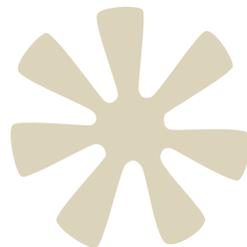
Le semis direct sous paillis vivant convient principalement aux cultures pérennes telles que le café ou la banane, où la concurrence par la végétation annuelle est limitée et où les mauvaises herbes peuvent être maîtrisées grâce à une coupe régulière.

2. Systèmes de travail réduit ou minimal du sol

Le travail réduit du sol consiste à travailler le sol à faible profondeur ou à l'ameublir à l'aide d'un chisel, sans travail profond du sol, ou encore à faire des sillons ou des poquets pour y enfouir les graines. Le travail minimal du sol favorise l'augmentation de la teneur en matière organique du sol et l'activité des organismes du sol, et contribue à renforcer la stabilité des agrégats, ce qui se traduit par une meilleure infiltration de l'eau. Le travail minimal du sol implique également une réduction du travail et permet de consommer deux fois moins d'énergie pour la préparation de la terre. Plus la partie de la surface du sol qui reste non perturbée et couverte est grande, plus l'impact est positif. Idéalement, le lit de semences n'est préparé que là où les graines sont semées et les résidus restent à la surface du sol et ne sont pas enterrés.

Le travail minimal du sol comprend des techniques telles que le creusement de poquets (trous de plantation) peu profonds à l'aide d'une houe, le semis au plantoir ou le creusement de sillons étroits au moyen d'une défonceuse en forme de chisel tirée par des animaux ou un tracteur. La distance entre les sillons dépend de l'espacement recommandé pour la culture. Comparée à une charrue conventionnelle, une défonceuse est plus petite, plus légère et plus facile à utiliser ; en outre, son achat et son entretien coûtent moins cher. Comme une défonceuse nécessite environ deux fois moins de force de traction par rapport à une charrue, les agricultrices et agriculteurs peuvent également utiliser des animaux plus petits et moins forts. Pour faire des poquets à l'aide d'une houe, l'utilisation d'une longue corde avec des nœuds ou des bouchons de bouteilles indiquant la distance de plantation s'avère utile.

Le travail minimal ou réduit du sol convient bien à de nombreux sols tropicaux, sur lesquels le labour intensif conduit à un effondrement rapide de la structure du sol et à une perte d'eau et de matière organique. Cependant, l'adoption du travail réduit du sol implique également quelques défis, dont le plus impor-





SOURCES DE MATIÈRE ORGANIQUE

Sources de matières organiques de l'exploitation



Rotation appropriée des cultures

Résidus de culture

Pailis

Couverts végétaux



Élagage

Engrais verts

Engrais organiques

Compost

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 34

tant est la lutte contre les mauvaises herbes. Les agricultrices et agriculteurs qui renoncent à l'utilisation d'herbicides dépendent du désherbage mécanique ou d'un paillis épais ou encore de couverts végétaux et d'une bonne rotation des cultures pour empêcher la croissance des mauvaises herbes.

Cependant, dans les systèmes où l'inter-rang n'est jamais labouré, la pression des mauvaises herbes diminue avec le temps, comme elles sont empêchées de germer.

6. Augmentation de la teneur en matière organique du sol

Lorsque de la matière végétale et du fumier sont incorporés dans le sol, ils sont décomposés et partiellement transformés en humus. L'humus assure plusieurs fonctions :

- › Il sert de réservoir d'éléments nutritifs, lesquels sont fournis aux plantes de manière homogène, contribuant à une bonne santé des cultures. La matière organique du sol constitue la principale réserve d'éléments nutritifs pour les plantes hormis l'azote issu de la fixation symbiotique.
- › L'humus augmente la capacité de rétention d'eau du sol, puisqu'il agit comme une éponge pouvant absorber et retenir jusqu'à 90 % de son poids en eau.
- › Il contribue à la formation d'agrégats stables comportant des particules d'argile, qui améliorent la structure du sol et augmentent, par conséquent, l'infiltration de l'eau, rendant ainsi le sol plus résistant à l'érosion. Une meilleure structure du sol favorise également la croissance des racines.
- › L'humus améliore la capacité d'échange cationique, qui influence la capacité du sol à retenir les nutriments et évite son acidification.
- › Il accroît l'activité biologique du sol, améliorant ainsi la mobilité des éléments nutritifs issus de sources biologiques et minérales et la décomposition des substances toxiques.
- › L'humus favorise la colonisation mycorhizienne, améliorant ainsi l'approvisionnement en phosphore.
- › Le compost peut tuer les pathogènes transmis par le sol une fois épandu.

En agriculture biologique, la nutrition des plantes repose sur une bonne gestion de l'humus. Pour bien gérer la matière organique du sol, il faut disposer de connaissances de base sur sa dynamique. En combinaison avec l'humidité et la



Identification des sources locales de biomasse

Identifiez, avec les agricultrices et agriculteurs, les sources locales de biomasse qui peuvent être utilisées pour gérer la fertilité des sols.

- › Le fumier est-il disponible ? Comment est-il utilisé ?
- › Les résidus de culture sont-ils recyclés dans les champs, utilisés comme fourrage et recyclés comme fumier ou compostés ?
- › Les agricultrices et agriculteurs cultivent-ils des engrais verts ?
- › Existe-t-il d'autres sources de biomasse, inutilisées jusque-là, comme l'élagage des légumineuses arborescentes, les nutriments provenant des bassins à poissons et autres ?
- › Dans les environs, y a-t-il des sous-produits organiques ou des déchets issus de la transformation agroalimentaire



température élevée, l'aération du sol crée des conditions favorables aux organismes du sol et accroît l'activité biologique, augmentant ainsi la décomposition de la matière organique dans le sol. Dans des conditions sèches et fraîches, l'activité biologique du sol est fortement réduite, ce qui conduit à un ralentissement ou même à un arrêt des processus de transformation. La gestion de la teneur en matière organique du sol et de la nutrition des plantes implique de savoir quand et comment gérer la température, l'oxygène et les conditions d'humidité du sol et interférer (ou ne pas interférer) pour stimuler ou réduire la décomposition ou la formation de la matière organique du sol. Le travail excessif du sol, par exemple, stimule la décomposition de la matière organique du sol, tandis que le refroidissement du sol dû à une couverture végétale la ralentit.

L'augmentation de la teneur en matière organique du sol est un processus de longue haleine, mais l'investissement dans ce domaine est très bénéfique pour la production de cultures vivrières et de fourrages, et contribue à obtenir des rendements plus élevés et plus sûrs.

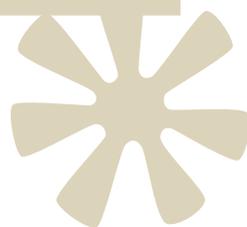
Il existe différentes manières de maintenir ou d'augmenter la teneur en matière organique du sol :

- › Les engrais verts, principalement des légumineuses, sont cultivés pour la quantité de biomasse qu'ils produisent. On les coupe avant qu'ils ne fleurissent et on les incorpore au sol.
- › Les couverts végétaux tels que le pois mascate, les espèces du genre *Tithonia*, le lablab et autres sont cultivés en tant que paillis vivants. S'ils font trop de concurrence à la culture principale, on les coupe régulièrement.
- › Les paillis à base de matériaux difficiles à composter ou ligneux comme les résidus de culture secs ou les engrais verts arrivés à maturité peuvent, à long terme, contribuer à une lente augmentation de la teneur en matière organique du sol.
- › Les arbres et les arbustes agroforestiers peuvent être plantés dans les champs cultivés, où ils sont régulièrement élagués et où les branches sont utilisées comme paillis. Ils peuvent être également plantés en bordure des champs ou dans les jachères.
- › Les résidus des cultures récoltées, sous forme d'enveloppes, de feuilles, de racines, d'épluchures, de branches et de brindilles, doivent être retournés aux champs soit comme compost, soit comme paillis, soit pour être incorporés au sol.

tels que les tourteaux, la farine de poisson ou la farine d'os qui pourraient être utilisés ?

- › Existe-t-il des élevages de bétail dans la région dont on peut obtenir du fumier ?
- › Existe-t-il des producteurs à grande échelle de compost dans la région ?
- › Existe-t-il des sources de déchets issus de la transformation des produits agricoles comme les parches de café ?

Discutez avec les agricultrices et agriculteurs au sujet des potentiels et des contraintes liés à l'augmentation de l'apport en matériaux organiques aux sols en utilisant les sources de biomasse propres à la ferme de manière plus efficace, en augmentant la production d'engrais organiques à la ferme ou en introduisant des intrants externes provenant des environs.



- › Selon la situation financière de la ferme, on peut acheter des matériaux supplémentaires issus de la transformation des produits agricoles tels que les copeaux de bois, les parches de café ou les balles de riz ou provenant de l'industrie alimentaire comme les tourteaux.
- › L'intégration dans la ferme de bétail aide à augmenter rapidement la teneur en matière organique du sol, à condition que les excréments des bêtes et la litière soient convenablement recyclés.

La quantité de matière organique apportée au sol et sa qualité influencent la teneur en matière organique du sol. Un apport régulier en matière organique offre les meilleures conditions pour une nutrition équilibrée des plantes. Selon les estimations, il faut 8,5 tonnes de biomasse par hectare et par an dans les climats tropicaux humides, 4 tonnes dans les climats subhumides et 2 tonnes dans les climats semi-arides pour maintenir la teneur en carbone du sol à 2, 1 et 0,5 %, respectivement.

Le brûlage des résidus organiques et de la biomasse morte (comme les cultures laissées dans un champ) constitue un crime contre l'environnement. Tous les bénéfices qui peuvent dériver de l'incorporation au sol de la matière organique sont perdus et, lorsque la matière végétale est brûlée, l'atmosphère est polluée. Les cendres contiennent des éléments nutritifs qui sont directement accessibles aux plantes ; toutefois, de grandes quantités de carbone, d'azote et de soufre sont libérées sous forme de gaz et sont perdues. En outre, les nutriments contenus dans les cendres sont facilement lessivés dès la première pluie. Par ailleurs, le brûlage nuit aux insectes utiles et aux organismes du sol.

Identification des sources de biomasse

La majorité des agricultrices et agriculteurs sont loin d'exploiter le potentiel de production à la ferme d'intrants organiques pour le sol. Pour assurer la viabilité à long terme de l'exploitation, il peut être essentiel de connaître les potentiels des ressources propres à la ferme. Ces ressources contribuent, en effet, à diminuer les dépenses liées à l'achat de matières organiques comme le fumier ou les engrais minéraux. Au lieu d'acheter des intrants agricoles, les agricultrices et agriculteurs peuvent consacrer une partie de leurs économies à l'achat de semences d'engrais verts ou de plantes fourragères ou encore du bétail.

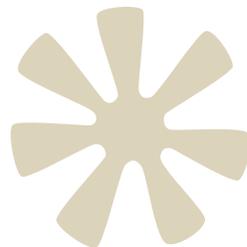
En raison d'une propriété foncière limitée et d'un manque de bétail, certains agriculteurs sont incapables de produire des quantités suffisantes d'engrais



Évaluation d'approches alternatives de production de biomasse

Discutez des approches alternatives de production de biomasse ou de compost visant à améliorer la fertilité du sol.

- › Production par les agriculteurs de grandes quantités d'engrais verts destinés à la vente, comme fourrage ou pour la production de compost
- › Choix de sites stratégiques pour la production commerciale de compost, par exemple à proximité de systèmes d'irrigation



verts et de compost. Ces agriculteurs dépendront de sources externes de matières organiques pour maintenir la fertilité de leurs sols.

6.1. Engrais verts

1. Défis et contraintes

La culture d'engrais verts consiste à faire pousser des plantes essentiellement dans le but d'incorporer leur biomasse dans le sol pour fournir de la « nourriture organique » au sol afin d'augmenter sa teneur en nutriments et, par conséquent, sa fertilité. Les termes « couverts végétaux » et « engrais verts » sont quasiment synonymes. Tandis que l'objectif principal de la culture de couverts végétaux est de couvrir le sol d'une couverture végétale basse pour le protéger du soleil et de la pluie ainsi que pour étouffer les mauvaises herbes, les engrais verts sont principalement cultivés dans le but de produire un maximum de biomasse.

Les engrais verts jouent un rôle clé en agriculture biologique. Ils constituent une source importante de nourriture pour les organismes du sol et, par conséquent, de nutriments pour la culture suivante. Il s'agit d'engrais produits à la ferme, ce qui fait d'eux une alternative bon marché aux engrais achetés. Les engrais verts complètent bien les fumiers et sont de grande valeur dans les fermes où ces derniers se font rares. Si leurs avantages sont suffisamment importants, les engrais verts peuvent fournir une incitation à abandonner les pratiques traditionnelles néfastes telles que le brûlage des résidus de culture ou le pâturage pendant la saison sèche.

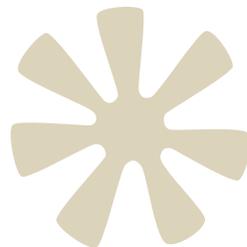
En Afrique, le potentiel des engrais verts n'est pas suffisamment exploité. Dans certaines régions, les agricultrices et agriculteurs cultivent depuis longtemps des engrais verts dans le cadre de leurs systèmes agricoles traditionnels, par exemple en semant des légumineuses et des composées dans les champs de millet en cours de maturation. Dans d'autres régions, les agricultrices et agriculteurs ramassent des feuilles d'arbres et les incorporent au sol des terres arables. Bien que les légumineuses à graines, en particulier le niébé, soient largement présentes dans les systèmes de culture traditionnels, peu d'agricultrices et d'agriculteurs utilisent les légumineuses pour gérer la fertilité des sols. Les légumineuses ne sont généralement cultivées que dans des systèmes de production relativement intensifs, où les agriculteurs sont orientés vers les marchés. La plupart des agricultrices et agriculteurs africains, qui pratiquent une agriculture de



Évaluation de la pertinence de la culture d'engrais verts au niveau local

Collectez des informations, auprès des agricultrices et agriculteurs, sur l'utilisation des engrais verts.

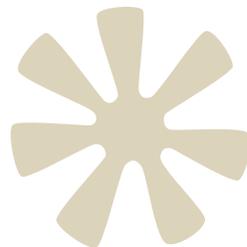
- > Cultivent-ils des engrais verts ? Dans la négative, pourquoi pas ?
- > Comment intègrent-ils les engrais verts dans leur système de culture ?



subsistance, ne cultivent des légumineuses que si elles fournissent des aliments précieux.

Défis et contraintes liés à la culture d'engrais verts :

- › Si la culture d'engrais verts n'est pas adoptée à une échelle plus large en Afrique, c'est parce que de nombreux agriculteurs et agricultrices dépendent des récoltes et ont besoin que toutes les plantes cultivées produisent des aliments commercialisables tels que les céréales. Tandis qu'on laisse pousser les légumineuses cultivées pour leurs graines jusqu'à ce qu'elles arrivent à maturité, les engrais verts sont idéalement « récoltés » lorsqu'ils sont encore verts et qu'ils ont produit une biomasse maximale.
- › Malgré les avantages que présentent les engrais verts, beaucoup d'agricultrices et d'agriculteurs ne peuvent pas se permettre d'abandonner des terres cultivées pour faire pousser un amendement du sol sur une partie ou la totalité d'un champ en raison de la rareté des terres agricoles. Les légumineuses ne sont cultivées dans le cadre d'une rotation que si le bénéfice supplémentaire qu'elles apportent est très élevé, par exemple si elles peuvent être utilisées en tant que fourrage ou commercialisées. La culture d'engrais verts parmi les cultures traditionnelles en lignes (cultures intercalaires) est plus courante, car elle permet de cultiver des engrais verts sans réduire la surface de terres disponible pour d'autres cultures. Parfois, les engrais verts sont intercalés entre la culture principale lorsque la récolte de celle-ci rapproche. Cette pratique, appelée culture en relais, permet d'éviter la concurrence entre la culture principale et l'engrais vert, puisque ce dernier se développe principalement pendant la saison sèche. D'autres fois, les engrais verts, par exemple le pois sabre ou le pois mascate, sont cultivés en bandes.
- › L'eau peut être considérée comme le facteur limitant de la culture d'un engrais vert dans les climats arides et semi-arides. Néanmoins, le fait est que la culture d'engrais verts nécessite beaucoup moins d'eau que la production de compost. Les plantes cherchent l'eau elles-mêmes et profitent de l'eau de pluie disponible.
- › La culture d'engrais verts engendre du travail supplémentaire.
- › Surtout au début, les semences peuvent ne pas être facilement disponibles.





AVANTAGES DES ENGRAIS VERTS

Avantages des engrais verts

Les engrais verts empêchent la perte de nutriments.

Les engrais verts fournissent de la matière organique au sol.

Les engrais verts à base de légumineuses fixent l'azote de l'air.



Les engrais verts couvrent le sol, empêchant ainsi l'érosion.

Les engrais verts étouffent les mauvaises herbes.

Certains engrais verts offrent un fourrage de haute qualité.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

35

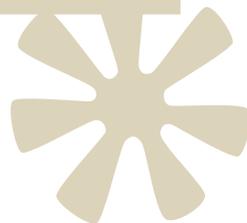
2. Avantages des engrais verts

- › **Recyclage des éléments nutritifs** : les engrais verts contribuent au recyclage des éléments nutritifs. Lorsqu'ils sont cultivés pendant la saison des pluies, ils permettent d'éviter que les éléments nutritifs ne soient lessivés du sol. Ils absorbent les éléments nutritifs, les stockent dans leur biomasse et les libèrent lorsqu'ils sont « récoltés » et décomposés dans le sol, les rendant disponibles pour la culture suivante. Afin d'empêcher la perte d'éléments nutritifs, il est indispensable de couper les engrais verts au bon moment.
- › **Production de biomasse** : les engrais verts fournissent au sol de grandes quantités de biomasse fraîche. Une fois incorporée dans le sol, cette matière est facilement décomposée par les organismes du sol en l'espace d'environ deux semaines dans des conditions humides et chaudes. La plupart des éléments nutritifs sont alors facilement disponibles pour les plantes. Un petit pourcentage de la biomasse est transformé en matière organique stable du sol, contribuant à améliorer la structure du sol, son aération, son drainage et sa capacité de rétention d'eau et de nutriments.
- › **Fixation de l'azote** : les légumineuses et autres plantes fixatrices d'azote peuvent fournir des quantités considérables d'azote au sol et sont particulièrement bénéfiques. Cependant, les légumineuses ne contribuent pas de manière significative à l'augmentation de la teneur en azote du sol lorsque leurs graines et résidus sont utilisés pour l'alimentation humaine et/ou animale. Les bilans nutritifs sont négatifs lorsque la biomasse ou les résidus des légumineuses sont brûlés ou complètement retirés des champs où les plantes sont cultivées. Il importe donc de s'assurer que tous les résidus des légumineuses ou une partie de ceux-ci restent dans les champs, si l'on veut maintenir la teneur en matière organique du sol. Lorsque les légumineuses sont associées à des céréales, ces dernières peuvent absorber une partie de l'azote fixé par les légumineuses. Cependant, l'évaluation des systèmes de culture traditionnels en Afrique a montré qu'il est de loin plus rentable d'alterner légumineuses et céréales que de les associer.
- › **Prévention de l'érosion des sols** : les engrais verts permettent d'éviter que le sol ne soit emporté par le vent ou la pluie en fournissant une couverture végétale pendant leur croissance et un système racinaire qui stabilise le sol. En contribuant à augmenter la teneur en humus du sol, ils contribuent également à une meilleure structure du sol, améliorant ainsi l'infiltration de l'eau et réduisant le risque du sol à être emporté par les eaux de ruissellement.



Discussion sur les avantages et les inconvénients des engrais verts

Demandez aux agricultrices et agriculteurs ce qu'ils pensent des engrais verts. Ont-ils remarqué d'autres avantages en plus de ceux mentionnés ? Quel impact les légumineuses ont-elles sur le rendement des cultures suivantes ? Ont-elles contribué à augmenter la sécurité alimentaire du foyer ? Les agricultrices et agriculteurs ont-ils observé des changements quant aux propriétés du sol ? Quelles contraintes ont-ils rencontrées en cultivant des engrais verts ? Cela vaut-il la peine de cultiver des engrais verts même s'il faut recruter de la main-d'œuvre pour le semis et la coupe et que leur culture ne permet pas de gagner de l'argent pour couvrir les dépenses ?



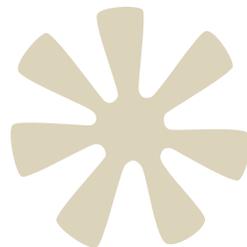
- › **Lutte contre les mauvaises herbes** : la plupart des engrais verts sont des plantes à croissance rapide qui forment une couverture végétale dense. Ils étouffent les mauvaises herbes et permettent ainsi d'économiser du temps et de la main-d'œuvre qui seraient autrement nécessaires pour lutter contre ces dernières. Les engrais verts qui donnent une épaisse couche de paillis sec à la fin de leur cycle de vie peuvent offrir des conditions favorables au semis de la culture suivante sans qu'il soit nécessaire de désherber le champ ou de préparer le sol.
- › **Fourrage de haute qualité** : certains engrais verts peuvent fournir des quantités généreuses de fourrage riche en protéines pour le bétail. Ce fourrage peut être particulièrement précieux s'il est disponible pendant les derniers mois de la saison sèche. D'une part, la valeur de l'engrais vert pour l'amélioration de la fertilité du sol est réduite si les parties aériennes des plantes sont utilisées comme fourrage. D'autre part, le bétail produira du fumier, qui peut être de grande valeur s'il est géré convenablement.
- › **Pas de transport** : les engrais verts sont le plus souvent cultivés sur le terrain et n'ont généralement pas besoin d'être transportés, contrairement au compost et aux autres engrais organiques. Les engrais verts sont probablement les mieux adaptés pour fournir des quantités adéquates de biomasse et d'azote aux terres arables. Cependant, lorsqu'ils sont utilisés comme seule mesure de gestion de la fertilité des sols, ils peuvent ne pas suffire à maintenir ou même améliorer la fertilité des sols.

3. Intégration d'engrais verts dans le système de culture

De nombreux agriculteurs et agricultrices ne cultivent pas d'engrais verts parce qu'ils ne savent pas quelles espèces semer et comment les intégrer dans leur système de culture. Pour obtenir de bons résultats, il est donc important de planifier où, quand et comment semer quelles espèces.

Il existe plusieurs manières d'intégrer les engrais verts dans le système agricole :

- i. Les légumineuses vivrières et non vivrières peuvent être cultivées en association avec des céréales et des cultures arboricoles.
- ii. Les légumineuses non vivrières qui ont une courte période de culture peuvent être cultivées vers la fin de la période de croissance des céréales en utilisant l'humidité résiduelle.





ENGRAIS VERTS INTÉGRÉS AUX ROTATIONS DE CULTURES

Engrais verts en rotation ou en jachère améliorée

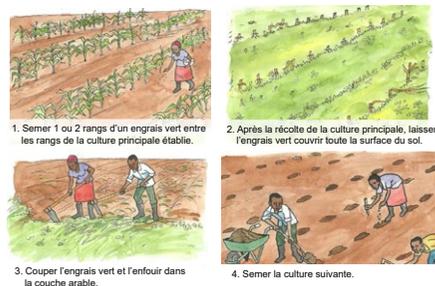


Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 36



CULTURE EN RELAIS D'ENGRAIS VERTS

Engrais verts cultivés en relais



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 37

- iii. Les légumineuses sont cultivées comme des jachères à court terme dans le cadre d'une rotation.
- iv. Les engrais verts pérennes sont cultivés pendant plus d'une saison.
- v. Les légumineuses arborescentes sont cultivées dans un système agroforestier pour fournir de la matière végétale riche en nutriments.

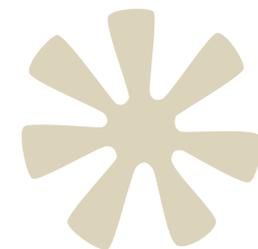
a) Engrais verts dans une rotation de cultures

L'intégration d'engrais verts dans une rotation de cultures fournit des éléments nutritifs à la rotation et compense les cultures qui puisent dans le sol de nombreux nutriments. Lorsqu'ils sont cultivés entre des espèces de la même famille, les engrais verts peuvent également servir à briser les cycles de vie des ravageurs et des agents pathogènes.

On peut intégrer des engrais verts dans une rotation chaque fois que le sol n'est pas cultivé, plutôt que de laisser la terre nue, empêchant ainsi le développement des mauvaises herbes et le lessivage des nutriments. Pour éviter que les éléments nutritifs contenus dans l'engrais vert ne soient lessivés du sol avant d'être absorbés par la culture suivante, l'intervalle entre l'enfouissement de l'engrais vert et le semis de la culture suivante ne doit pas excéder deux semaines en période de pluie. D'un point de vue nutritionnel, l'intégration des engrais verts dans une rotation est particulièrement utile lorsqu'ils précèdent des cultures très gourmandes en nutriments.

b) Cultures intercalaires ou cultures en relais dans les cultures annuelles

Les engrais verts peuvent être cultivés entre les cultures en lignes comme le maïs, le millet et le sorgho. Pour éviter ou réduire la concurrence avec la culture, ils sont généralement semés vers le milieu ou la fin de la saison de croissance, lorsque la culture est bien établie ou arrive presque à maturité. Les engrais verts semés comme cultures en relais poussent principalement pendant la saison sèche, après la récolte de la culture principale. Cette procédure présente les avantages suivants : l'engrais vert utilise des terres qui ne seraient normalement pas cultivées et prolonge la période où le sol est couvert. Dans les cultures en relais, le semis de l'engrais vert est souvent combiné au désherbage de la culture : dans le cas du maïs, par exemple, il a lieu après le deuxième désherbage. Les graines de l'engrais vert sont semées soit à la volée soit dans des poquets sur les collines.





ENGRAIS VERTS ET CULTURE EN BANDES ALTERNÉES

Culture en bandes alternées

La culture d'arbres en rangs entre des cultures annuelles crée un microclimat favorable à la croissance des cultures.



1. Pendant la saison sèche, les arbres offrent un ombrage dense sur les cultures annuelles.
2. Au début de la saison des pluies, on élague les arbres et sème les cultures annuelles.
3. Pendant la saison de croissance, on élague les arbres périodiquement, pour éviter la concurrence pour la lumière, et on utilise les feuilles comme paillis.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

38



ENGRAIS VERTS ANNUELS DANS UN SYSTÈME DE CULTURE EN BANDES ALTERNÉES

Combiner culture en bandes alternées et engrais verts



1. Avant les pluies, élaguer les légumineuses arborescentes et semer les cultures annuelles.
2. Pendant la saison des pluies, le sol est couvert et les cultures annuelles peuvent pousser.
3. À la fin de la saison des pluies, lorsque les cultures annuelles sont prêtes à être récoltées, semer l'engrais vert.
4. Pendant la saison sèche, l'engrais vert pousse et recouvre le sol. Avant les nouvelles pluies, l'engrais vert est coupé et incorporé au sol.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

39

c) Engrais verts pérennes

Les engrais verts peuvent être cultivés pendant plus d'une saison dans les conditions suivantes :

- > dans un système de jachère arbustive pour restaurer un sol pauvre ; ils sont alors semés à la volée et on les laisse pousser sans interruption aussi longtemps que nécessaire ; plus la période de culture est longue, plus l'effet bénéfique sur la fertilité du sol est important ;
- > sur une nouvelle terre agricole avant qu'elle ne soit préparée à l'utilisation, en particulier pour contribuer à la lutte contre les mauvaises herbes vivaces, difficiles à maîtriser comme le chiendent ;
- > pour produire de grandes quantités de matière végétale verte, qui est ensuite coupée et transportée vers d'autres champs, donnée à manger au bétail ou utilisée pour le compostage ; un exemple d'une telle espèce vivace est la luzerne (*Medicago sativa*).

d) Engrais verts dans les systèmes d'agroforesterie

L'agroforesterie consiste à faire pousser des arbres et des arbustes en association avec des cultures. Les arbres ou arbustes servent d'engrais verts pérennes, leurs feuilles étant répandues sur le sol et enfouies dans la couche arable. Par exemple, à chaque sixième rangée, des pois d'Angole sont intercalés à des cultures céréalières traditionnelles. À la fin de la saison, on rassemble les résidus de culture sous les plantes de pois d'Angole pour qu'ils se décomposent avec les feuilles de pois d'Angole. Après six mois, on répand le mélange sur toute la surface et on l'incorpore au sol.

L'élagage régulier des arbres agroforestiers avant ou dès leur floraison permet d'augmenter la quantité de matériaux verts obtenus et réduit la concurrence avec la culture principale.

4. Sélection d'espèces appropriées d'engrais verts

Une bonne sélection des engrais verts est essentielle pour optimiser leur potentiel et réduire au minimum les éventuels inconvénients comme la concurrence avec les cultures. Les engrais verts doivent être adaptés au climat local, au sol, à la pression des ravageurs et des maladies, et s'intégrer au système de culture. Par conséquent, lors du choix des plantes d'engrais verts à utiliser, les aspects suivants doivent être pris en compte :



Évaluation des espèces d'engrais verts en vue de leur intégration dans le système de culture

Définissez, avec les agricultrices et agriculteurs, les critères de sélection des espèces végétales d'engrais verts pour une utilisation locale.

Les questions suivantes peuvent vous permettre de vous orienter :

- > Y a-t-il assez de terres pour cultiver les engrais verts seuls ou faut-il les cultiver en association avec les cultures existantes (culture intercalaire) ?
- > En cas de culture intercalaire, à quelle(s) culture(s) doivent-ils être associés (céréale, culture basse ou culture permanente) ?
- > Quel type d'engrais vert est plus approprié : une espèce annuelle ou une espèce vivace ?

(suite à la page suivante)





ESPÈCES D'ENGRAIS VERTS

Engrais verts couvrant bien le sol

Espèces	Caractéristiques	Autres utilisations/alternatives	Intégration dans la ferme
Desmodium à feuilles vertes (<i>Desmodium intortum</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Pousse sur un grand nombre de sols, mais ne tolère pas la salinité Faible tolérance à la sécheresse Vivace ; rampant et grimpant Production élevée de biomasse Taux élevés de fixation de l'azote Tolère l'ombre, mais pas la défoliation constante ou répétée (pâturage) 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation : convient aux pâturages irrigués et non irrigués, à la conservation en tant que foin ou ensilage ainsi qu'aux systèmes cut-and-carry Fourrage : convient aux pâturages irrigués et non irrigués, à la conservation en tant que foin ou ensilage ainsi qu'aux systèmes cut-and-carry 	<ul style="list-style-type: none"> Culture intercalaire avec le maïs et le sorgho dans des climats humides pour contrôler le foras de tige, Chilo partellus et les herbes sorolères Couverture du sol sous les cultures permanentes Peuplements mixtes avec des légumineuses ou des graminées
Lablab (<i>Dalmanella lablab</i>), Lablab purpuréus (<i>Desmodium purpurium</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Tolérance élevée à la sécheresse une fois établi ; peut rester vert pendant toute la saison sèche Grimpant Production élevée de biomasse Fixation de l'azote moyenne à élevée 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation : feuilles, boutons floraux et gousses vertes comestibles Fourrage : feuilles vertes ou séchées et graines séchées ; plantes vertes pour l'ensilage 	<ul style="list-style-type: none"> Jachère améliorée après le maïs, pendant la saison sèche Plante de couverture pour les cultures de plantations Culture mixte avec des graminées d'été (fourrage de haute qualité)
Pois mascate (<i>Mucuna pruriens</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Peut également pousser sur des sols très pauvres Préfère les climats humides (mais pas l'engorgement) ; tolère une certaine sécheresse ; meurt pendant la saison sèche Grimpant Production élevée de biomasse Fixe jusqu'à 150 kg de N par ha Élimine les nématodes 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation : jeunes feuilles, pois cuits Fourrage : feuilles mélangées à de l'herbe à éléphant (4 fois plus que de feuilles) Graines utilisables uniquement si elles sont bouillies pour faire des aliments concentrés Résidu utilisables comme ensilage ou foin 	<ul style="list-style-type: none"> Jachère améliorée sur des sols fortement dégradés (semis au début de la saison des pluies) Cultures en relais dans les cultures céréalières avec élague répété (et jachère de pois mascate alternance) ; semis de la culture suivante dans le paillis mort Couverture du sol dans les agrumes ou le café

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 40



ESPÈCES D'ENGRAIS VERTS

Engrais verts à croissance verticale

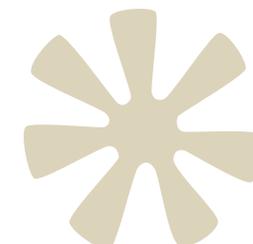
Espèces	Caractéristiques	Autres utilisations/alternatives	Intégration dans la ferme
Niébé (<i>Vigna unguiculata</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Grimpants, buissonnants ou dressé Tolérance modérée à la sécheresse ; ne tolère pas l'humidité excessive du sol Production modérée de biomasse Fixation de l'azote : 50 à 100 kg par ha 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation : jeunes feuilles, gousses vertes et haricots secs Fourrage : fourrage frais (cut-and-carry), foin et ensilage (mélange avec du sorgho ou du millet fourragers) 	<ul style="list-style-type: none"> Culture intercalaire avec du maïs, du sorgho, du millet ou du manioc
Pois sabre (<i>Canavalia ensiformis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Pour les climats humides et subhumides ; mais tolérance élevée à la sécheresse Pousse sur des sols pauvres ou dégradés Production modérée de biomasse Fixation de l'azote : jusqu'à 230 kg par ha La culture mature convient au paillage 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation : jeunes feuilles, gousses tendres Fourrage : utilisé en de petites proportions ; graines mûres broyées 	<ul style="list-style-type: none"> Culture intercalaire dans les jeunes bananiers, le cacao, le café, le manioc ou les patates douces Culture en relais dans les cultures céréalières
Chanvre du Bengale (<i>Crotalaria juncea</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Pousse sur des sols pauvres ou dégradés Annuel ; atteint jusqu'à 3 m de haut Production modérée de biomasse Fixation de l'azote : 100 à 200 kg par ha Lutte contre les nématodes Reposse si coupé avant la floraison La culture mature convient au paillage 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation : uniquement les jeunes feuilles Fourrage : pas plus de 10 % de l'alimentation des bovins, ne pas le donner aux porcs Répulsiif pour insectes Production de fibres textiles 	<ul style="list-style-type: none"> En rotation culturale Culture intercalaire dans des céréales ou cultures fourragères plus hautes Culture intercalaire ou en relais dans les légumes, haricots, patates douces, manioc ou ananas
Crotalaria ochroleuca	<ul style="list-style-type: none"> Tolérance élevée à la sécheresse Atteint jusqu'à 2 m de haut ; repousse, si il n'est pas coupé trop bas Élimine les nématodes Peut également être utilisé comme paillis 	<ul style="list-style-type: none"> Aliment : jeunes feuilles, gousses, fœus Fourrage : les feuilles seraient non toxiques avant la floraison Insecticide : graines utilisées lors du stockage pour éloigner les charançons 	<ul style="list-style-type: none"> Culture intercalaire dans des cultures vivrières ou de rente

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 41

- Les engrais verts annuels doivent être des plantes à croissance rapide, vigoureuses et non ligneuses.
- Les engrais verts doivent bien pousser dans les sols les plus pauvres et ne pas nécessiter de fertilisants.
- Ils doivent être adaptés au climat local. Dans les climats secs, ils ne doivent pas nécessiter d'irrigation supplémentaire.
- Ils doivent avoir assez peu d'ennemis naturels et croître vigoureusement sans pesticides.
- Ils ne doivent pas appartenir à la même famille que la culture suivante, car ils pourraient attirer des ravageurs et des maladies et affecter cette dernière. Ils doivent être soit très tolérants à l'ombre, en cas de culture intercalaire, soit résistants à la sécheresse, lorsqu'ils sont cultivés pendant la saison sèche.
- Ils doivent d'abord bien couvrir le sol pour le protéger et étouffer les mauvaises herbes, puis grimper, si nécessaire, mais ne doivent pas étouffer la culture principale.
- Les engrais verts à base de légumineuses peuvent fixer des quantités considérables d'azote. Néanmoins, d'autres espèces de plantes peuvent également être cultivées, à condition qu'elles produisent suffisamment de biomasse et développent un bon système racinaire. Il se peut également que ces autres espèces survivent mieux dans les conditions locales, poussent plus rapidement et tolèrent des conditions climatiques extrêmes ou des sols pauvres.
- Les agricultrices et agriculteurs peuvent exiger que les engrais verts fournissent de la nourriture, si celle-ci se fait rare et que peu de terres sont disponibles.
- Les semences doivent être facilement disponibles et abordables. Pour assurer la viabilité à long terme de la pratique, les agricultrices et agriculteurs doivent être en mesure de produire leurs propres semences d'engrais verts. Si les engrais verts sont coupés avant que les graines ne soient mûres, les semences doivent être produites sur une petite parcelle séparée.

Certains engrais verts peuvent pousser trop vigoureusement et envahir les cultures principales ou même se répandre dans de nouvelles zones. Cela est particulièrement vrai pour les espèces qui ne sont pas locales. Généralement, les engrais verts dont les graines sont légères et donc facilement emportées par le vent et ceux dont les tiges sont grimpantes sont problématiques, car ils peuvent se répandre de manière incontrôlée. La culture d'engrais verts pérennes sur une

- Le foyer a-t-il besoin d'un aliment supplémentaire ou existe-t-il un marché pour les légumineuses à graines ?
- Les engrais verts doivent-ils étouffer les mauvaises herbes persistantes ?
- Doivent-ils laisser un paillis épais ?
- Doivent-ils tuer les nématodes ?



seule saison permet d'éviter qu'ils ne prennent le dessus sur d'autres cultures et qu'ils ne poussent dans des endroits où ils ne sont pas désirés. En cas de climat incertain, des plantes similaires ayant des propriétés différentes peuvent être associées à une variété ayant une bonne résistance à la sécheresse.

L'engrais vert doit pouvoir produire suffisamment de biomasse pendant la période où la terre est libre (lorsque l'on n'y trouve pas de culture principale). Par conséquent, les espèces doivent être sélectionnées en fonction de la période pendant laquelle la terre est libre pour que l'engrais vert puisse pousser jusqu'à sa floraison et se décomposer après avoir été coupé.

Si un engrais vert doit être utilisé pour la première fois dans une zone, il faut d'abord l'essayer sur une petite parcelle pour observer son développement.

Après avoir coupé l'engrais vert, on peut laisser les plantes se flétrir pendant quelques jours ou les incorporer immédiatement dans le sol. Les engrais verts ne doivent être enfouis que dans la couche arable.

Le flétrissement permet d'économiser de la main-d'œuvre pour l'incorporation, mais entraîne des pertes de nutriments tels que l'azote. L'incorporation de l'engrais vert doit se faire avant la saison des pluies. Dans les sols lourds, l'incorporation pendant la saison sèche peut s'avérer difficile. Si tel est le cas, on peut couper l'engrais vert partiellement dès les premières pluies et le couper entièrement deux semaines plus tard. Lorsque l'engrais vert est cultivé dans le cadre d'une rotation, le délai entre son enfouissement dans le sol et le semis de la culture suivante ne doit pas excéder deux semaines afin d'éviter le lessivage des nutriments du sol.

Si les engrais verts deviennent trop vieux et trop durs pour se décomposer facilement, on peut les couper en petits morceaux et les composter ou les utiliser comme paillis. Le paillage libère lentement les nutriments, mais il présente d'autres avantages : il empêche la croissance des mauvaises herbes, protège le sol de l'érosion et réduit la perte d'eau par évaporation.

5. Gestion des engrais verts

Pour maintenir la productivité des terres agricoles, les engrais verts doivent produire au moins 10 à 25 tonnes de matières organiques fraîches par hectare et par an. Dans des conditions favorables, les espèces d'engrais verts communes peuvent produire jusqu'à deux fois plus de biomasse et fixer au moins 80 kg d'azote par hectare et par an.



Évaluation des espèces d'engrais verts en vue de leur intégration dans la ferme

Dressez la liste des espèces d'engrais verts connues des agricultrices et agriculteurs et évaluez-les en vous basant sur les critères sélectionnés avec les participant-es.

Présentez d'autres engrais verts, si des espèces de grande valeur n'ont pas été mentionnées.

Discutez les possibilités d'introduction dans les systèmes de culture :

- > culture en rotation avec des cultures annuelles ;
- > culture intercalaire ou culture en relais avec des cultures annuelles ;
- > culture sur des terres abandonnées ou en tant que jachère améliorée ;
- > introduction d'arbres agroforestiers ou introduction d'engrais verts dans les systèmes d'agroforesterie ;
- > culture à côté de cultures vivrières.



Idéalement, on laisse les engrais verts pousser jusqu'à leur floraison. À ce stade, la biomasse est à son plus haut niveau et la matière végétale est encore facile à décomposer, car elle est toujours verte et qu'elle n'est pas encore ligneuse. Si les plantes deviennent trop vieilles et dures, elles seront plus difficiles à enfouir et les organismes du sol auront du mal à décomposer la biomasse.

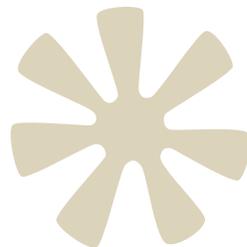
Au lieu d'incorporer les légumineuses dans le sol pour améliorer directement la fertilité et l'humidité de ce dernier ou augmenter l'efficacité des légumineuses, on peut les composter avec les résidus d'autres plantes et du fumier. Une fois apporté au sol, le compost ainsi produit améliorera la fertilité du sol et les conditions physiques telles que sa structure et l'infiltration de l'eau, et contribuera donc à améliorer la récupération de l'eau de pluie, la capacité de rétention d'humidité et l'aération du sol.

Une autre possibilité consiste à utiliser le matériel des engrais verts comme paillis pour couvrir la surface du sol. Comparativement à l'incorporation de la matière végétale dans le sol, le paillis libère lentement les nutriments, contribue à étouffer les mauvaises herbes, protège le sol de l'érosion et le maintient humide pendant la saison sèche. Dans ce cas, il est préférable de cultiver les engrais verts jusqu'à la fin de leur cycle de vie ; il en résultera davantage de matière végétale ligneuse, laquelle est plus adaptée au paillage. Cette approche permet de prolonger la période pendant laquelle le sol est couvert d'une couverture végétale vivante et de récolter de grandes quantités de graines mûres. Ensuite, on peut utiliser les résidus pour couvrir toute la surface du sol ou les disposer en bandes le long des courbes de niveau, si une autre culture doit être plantée.

Les engrais verts à base de légumineuses poussent bien dans les sols déficients en azote. Cependant, leur développement dépend de la disponibilité d'une quantité suffisante de phosphore, de la présence du bon rhizobium et d'une humidité suffisante du sol. Une forte pression des ravageurs et des maladies peut entraver le bon développement de la culture et l'obtention de rendements raisonnables en graines. Par ailleurs, il est indispensable d'utiliser des semences non contaminées, de respecter les distances de plantation et les densités de semis recommandées, et de prendre en compte d'autres mesures de gestion.

Les mesures de gestion suivantes peuvent s'avérer pertinentes lors de la culture d'engrais verts :

- › Lorsque les légumineuses sont cultivées dans un champ pour la première fois, l'inoculation des semences avec le rhizobium spécifique peut être nécessaire pour profiter de la fixation potentielle de l'azote. Les agricultrices et agricul-





AVANTAGES DU COMPOST

Pourquoi investir dans la production de compost ?



La phase d'échauffement détruit les agents pathogènes présents sur les résidus de culture et les graines de mauvaises herbes.

Le compost élimine les agents pathogènes transmis par le sol.

Le compost est un engrais équilibré.

Le compost augmente la valeur du fumier.

Le compost améliore la fertilité des sols à long terme.

Le compost augmente le pH des sols acides.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique

M2 Gestion de la fertilité des sols

42

- › Les agriculteurs et agricultrices peuvent consulter les agent-es de vulgarisation pour obtenir des informations concernant l'achat du rhizobium et la manière de l'appliquer.
- › La culture continue d'une même légumineuse dans le même champ peut entraîner une augmentation du nombre de ravageurs et de maladies et une moindre performance de l'engrais vert. Par conséquent, il est recommandé d'alterner entre différentes espèces sur le même champ.
- › La performance des engrais verts dépend également de la densité de semis et des distances de plantation. Ces deux facteurs peuvent varier d'une espèce à l'autre et doivent être testés pour chaque situation individuelle.
- › Les engrais verts ont besoin d'un sol suffisamment humide pour pouvoir germer et pousser.
- › Les engrais verts à base de légumineuses ne nécessitent normalement pas de fertilisation supplémentaire.
- › Les légumineuses grimpantes peuvent nécessiter un élagage régulier.
- › La disponibilité des nutriments et l'impact sur la qualité du sol peuvent être augmentés grâce à l'épandage d'une faible quantité de compost (même de mauvaise qualité) sur la biomasse verte qui sera incorporée dans le sol.

6.2. Compostage

1. Avantages du compost

Le terme « compost » est couramment utilisé pour désigner les matières végétales et animales (principalement du fumier) entièrement décomposées dans un processus ciblé, initié et contrôlé par l'homme. Par rapport à la décomposition non contrôlée de matières organiques telle que produite naturellement, la décomposition lors du processus de compostage se fait plus rapidement, atteint des températures plus élevées et donne un produit de meilleure qualité.

Le compostage constitue un moyen d'assurer ou d'améliorer la fertilité des sols à long terme, en particulier pour les petit-es exploitant-es qui n'ont pas ou que difficilement accès aux fumiers et aux engrais. Le compost est plus qu'un engrais. Il constitue non seulement une source de nutriments, mais agit également sur la structure du sol et sur sa capacité à retenir et à fournir des nutriments et de l'eau. Sa plus-value réside dans son effet à long terme sur la fertilité des sols.

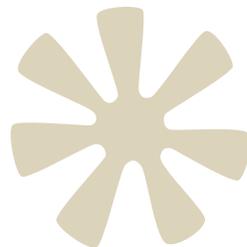


Évaluation des connaissances en matière de compostage

Cherchez à comprendre ce que les agricultrices et agriculteurs connaissent du compostage.

- › Les agricultrices et agriculteurs ont-ils déjà entendu parler du compostage ?
- › Quelle est leur perception du compostage ?
- › Comment estiment-ils la valeur du compost ?
- › Pensent-ils que cela vaut la peine d'investir dans le compostage ?

Si possible, rendez-vous sur la ferme d'un agriculteur ou d'une agricultrice qui pratique le compostage depuis plusieurs années. Invitez-le/la à partager ses expériences en matière de compostage et les résultats obtenus grâce à l'utilisation du compost.



Le compost contribue à augmenter la teneur en matière organique du sol et, par conséquent, à améliorer sa structure. Il accroît nettement la résistance à la sécheresse des cultures.

Pendant le processus de compostage, les agents pathogènes, les ravageurs et les graines de mauvaises herbes sont détruits. Même les virus sont tués lors de températures élevées. Ainsi, le compostage aide à résoudre des problèmes courants liés à la gestion des résidus de culture. Le compost accroît également l'activité biologique du sol et sa capacité à influencer positivement la lutte biologique contre les pourritures des racines causées par des champignons, des bactéries et des nématodes.

Au cours du processus de compostage, les éléments nutritifs sont absorbés sur la matière organique, les micro-organismes et l'humus. Les substances humiques sont relativement résistantes à la décomposition microbienne. Par conséquent, les nutriments sont libérés lentement et ne sont pas facilement perdus.

La teneur totale en nutriments du compost est similaire à celle du fumier de vache, avec en moyenne 0,5 % d'azote (N), 0,1 % de phosphore (P) et 0,5 à 2 % de potassium (K). Néanmoins, il est difficile d'estimer le compost à sa juste valeur. Le compost s'est avéré être le meilleur type d'engrais organiques dans les climats secs. Par ailleurs, il augmente l'effet même de petites quantités de fumier. Comme le compost contient également des oligo-éléments, les carences en ces éléments sont moins probables lorsqu'on apporte du compost. En outre, le compost augmente la disponibilité du phosphore pour les plantes dans les sols riches en oxydes de fer. En raison de son pH neutre, il améliore la disponibilité des nutriments dans les sols acides. Là où les sols ont tendance à être gorgés d'eau, le compost aide à éviter les pertes d'azote induites en cas d'incorporation de matières végétales vertes dans de telles conditions.

2. Potentiels et contraintes liés au compostage

Du point de vue d'une agricultrice ou d'un agriculteur, investir du temps et des efforts dans la fabrication d'un bon compost est justifié pour plusieurs raisons. La production de compost demande beaucoup de travail et fait l'objet d'une attention régulière. La collecte des matières à composter, la mise en place du tas, l'arrosage régulier et le retournement répété font du compostage une activité laborieuse. Néanmoins, ce travail peut être effectué lorsque la main-d'œuvre de l'exploitation est disponible. Le bétail peut faciliter le transport des matières végétales vers la zone de compostage et l'épandage du compost sur les champs.



Discussion sur l'investissement dans la production de compost

Discutez avec les agricultrices et agriculteurs des avantages et des contraintes liés à la production de compost dans les conditions locales, comparativement à la culture d'engrais verts, au paillage et aux autres approches visant à améliorer la fertilité du sol.

Au lieu de faire du compost soi-même, on peut l'acheter auprès de producteurs voisins. Existe-t-il des producteurs commerciaux de compost dans la région ? Leurs composts sont-ils convenables en termes de disponibilité (quantité et distance de la ferme), de prix et de qualité (y compris les risques de présence de métaux lourds ou d'autres résidus) ? Discutez la faisabilité d'une telle approche et de l'acceptation de tels produits.



Si l'on prend en compte les besoins en main-d'œuvre, le compostage peut ne pas être rentable lorsque le compost est utilisé sur des cultures céréalières telles que le maïs ou le millet. En revanche, l'apport de compost aux cultures maraîchères ou à d'autres cultures de rente peut être très fructueux.

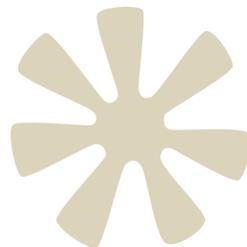
Dans le contexte africain, il est plus rentable de produire du compost que d'acheter une quantité équivalente de nutriments sous forme minérale. Cela est particulièrement vrai si l'on prend en compte l'effet du compost sur l'amélioration de la qualité du sol.

Fondamentalement, la production de compost ne nécessite pas ou que peu d'argent, car elle repose sur des matériaux disponibles dans l'exploitation et ne requiert pas d'équipement spécial pour une production à petite échelle. Les risques financiers sont donc très faibles, alors que les dépenses pour les intrants avant les récoltes comportent toujours un certain risque.

Pour le compostage, des quantités considérables d'eau sont nécessaires afin de maintenir des conditions humides dans le tas et d'assurer le développement des bactéries responsables de la décomposition. La rareté de l'eau ou la distance entre la source d'eau et les champs peuvent être problématiques pour la fabrication de compost. Lorsque l'eau se fait rare, elle devrait être davantage utilisée pour le compostage que pour l'irrigation. Dans la mesure où le compost améliore la fertilité du sol et sa capacité de rétention d'eau à long terme, cette approche permettra en effet une utilisation plus efficace de l'eau. Si l'on ne dispose pas d'eau ou que d'une faible quantité pour humidifier les matériaux de compostage, on peut mettre en place les tas de compost pendant les pluies en entassant les matériaux humides. Pour faciliter l'arrosage, la zone de compostage doit être située à proximité d'une source permanente d'eau. En général, il est plus facile de produire un bon compost pendant la saison humide, car la pluie permet d'économiser de la main-d'œuvre pour l'arrosage. La récupération de l'eau de pluie permet d'avoir de l'eau disponible pour le compostage pendant la saison sèche.

Lorsque les matières organiques se font rares et que la concurrence pour d'autres utilisations des matières organiques est grande, il peut être difficile de se lancer dans le compostage. Dans ce cas, des efforts particuliers sont nécessaires pour produire davantage de matières organiques dans l'exploitation : on met en place des haies, on établit des systèmes agroforestiers et on cultive d'autres plantes fournissant du matériel pour le compostage.

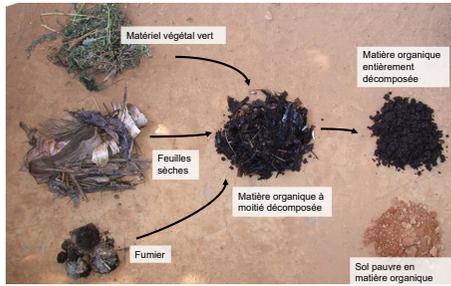
Pendant le processus de compostage, le volume des matières organiques diminue de moitié. Autrement dit, 2 tonnes de matières organiques sont néces-





FORMATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

La formation de la matière organique du sol

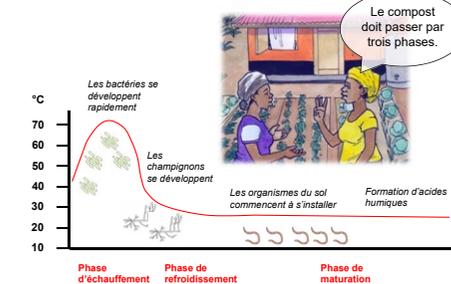


Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 43



LE PROCESSUS DE COMPOSTAGE

Processus de compostage



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols 44

saires pour produire 1 tonne de compost. Les rendements en biomasse d'espèces d'engrais verts comme le mucuna pouvant atteindre 35 à 50 tonnes de matière fraîche ou 7 à 9 tonnes de matière sèche par hectare, la quantité de matière organique fraîche nécessaire pour produire 1 tonne de compost peut facilement être obtenue à partir d'une surface d'environ 0,05 hectare.

Afin de rendre à nouveau cultivables les sols appauvris des climats arides, on peut y apporter 10 tonnes de compost par hectare sur plusieurs années. L'apport de compost doit être limité à 40 tonnes de compost humide (ou 25 tonnes de matière sèche, soit 90 m³) par hectare en 3 ans. L'épandage de grandes quantités de compost riche en débris de bois peut entraîner une indisponibilité temporaire de l'azote dans le sol et rendrait donc nécessaire un apport supplémentaire d'une ressource riche en azote. Bien que la teneur du compost en phosphore soit comparable à celle en potassium (environ 1,5 kg/m³ respectivement), un apport annuel de 30 m³ de compost par hectare couvre les besoins des plantes en phosphore, alors que les besoins en potassium ne sont couverts qu'à hauteur de 20 %. La teneur totale en azote du compost est basse (environ 1 %) et seulement 10 % de cet azote est facilement disponible pour les plantes.

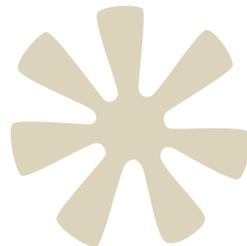
Le compostage constitue une mesure appropriée pour améliorer la fertilité du sol, notamment lorsque cette dernière est faible, que les terres se font rares et que des matières organiques, de la main-d'œuvre et une source d'eau à proximité des champs sont disponibles.

3. Le processus de compostage

Un bon compost passe par trois phases : la phase d'échauffement, la phase de refroidissement et la phase de maturation.

La phase d'échauffement : pendant la phase d'échauffement, dans les trois jours qui suivent la mise en place du tas de compost, la température au centre du tas augmente pour atteindre entre 60 et 70 °C. Elle reste généralement constante pendant deux à trois semaines. La température élevée est le résultat de l'énergie libérée par les bactéries lors de la décomposition des matières facilement digestibles. La chaleur est typique et essentielle pour le processus de compostage : elle détruit les agents pathogènes, les ravageurs, les racines et les graines des mauvaises herbes, empêchant ainsi leur propagation.

En raison du développement rapide de leur population, le besoin en oxygène des bactéries est très élevé pendant cette phase du processus de compostage. Des températures élevées dans le tas indiquent que l'apport en oxygène est suf-



fisant. Si la température reste basse ou que le compost dégage une mauvaise odeur, cela peut indiquer que le tas est compacté et que l'apport en oxygène est faible.

Pour leur développement, les bactéries dépendent non seulement de l'oxygène, mais aussi de l'humidité. En raison de l'activité biologique élevée et de l'évaporation importante, les besoins en humidité sont les plus élevés pendant la première phase du compostage.

La phase de refroidissement : après la décomposition de la matière végétale verte par les bactéries, la température du tas de compost diminue lentement pour atteindre 25 à 45 °C. Lorsque la température baisse, les champignons s'installent et commencent à décomposer la paille, les fibres et les matériaux ligneux. Comme ce processus de décomposition est plus lent, la température du tas n'augmente pas.

La phase de maturation : pendant la phase de maturation, les vers de compost, rouges, et d'autres organismes du sol commencent à habiter le tas de compost. Les éléments nutritifs sont minéralisés et des acides humiques et des antibiotiques apparaissent. À la fin de cette phase, le compost a perdu environ la moitié de son volume initial, il a pris une couleur sombre et l'odeur d'un sol fertile, et il est prêt à être utilisé. Les besoins en eau pendant cette phase sont faibles.

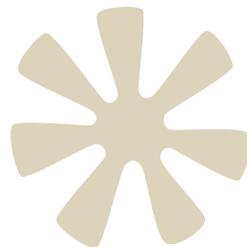
Plus le compost est stocké longtemps, plus il perd sa qualité d'engrais. En revanche, sa capacité à améliorer la structure du sol augmente avec le temps.

4. Comment faire du compost ?

a) Choix d'un site convenable de compostage

Le processus de compostage doit être réalisé dans un endroit facile d'accès, pour assurer un transport aisé des matériaux vers le site de compostage. Celui-ci doit en outre se situer à proximité des champs, où le compost sera utilisé une fois produit, et d'une source d'eau. Un terrain bien drainé et nivelé réduit le risque de pertes d'éléments nutritifs par ruissellement. L'ombrage naturel (arbres, etc.) ou un abri diminuent l'évaporation. Si l'abri est amovible, on peut le retirer pendant la pluie.

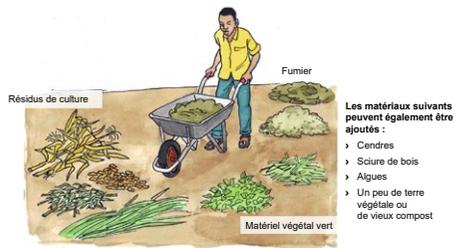
Une distance appropriée doit être respectée par rapport aux cultures telles que les légumes pour éviter le risque de contamination, surtout si des déjections animales sont utilisées.





MATÉRIEL POUR LA PRODUCTION DE COMPOST

Matériaux utilisés pour le compostage



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique

M2 Gestion de la fertilité des sols

45

b) Matériaux et outils nécessaires à la production de compost

Idéalement, le matériel végétal à composter est un mélange de 50 % de matières vertes fraîches et de 50 % de matières sèches. Le taux de matériaux grossiers ne doit pas dépasser 10 %. Si l'on utilise trop de matière fraîche, l'aération du tas sera insuffisante. En conséquence, le tas commencera à sentir mauvais et l'azote sera perdu. Si l'on utilise trop de matière sèche, les bactéries manqueront de nourriture et le processus de compostage ne démarrera pas. Il est donc préférable de laisser les matières sèches dans les champs, lorsqu'elles sont présentes en grandes quantités, et de les utiliser pour protéger la surface du sol du dessèchement et de l'érosion.

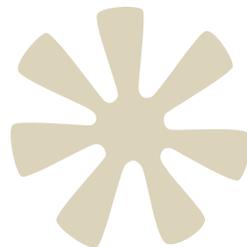
Comme la plupart des résidus de culture sont pauvres en azote, on peut utiliser des sources riches en cet élément telles que les feuilles et les tiges de légumineuses ou l'élagage de légumineuses arborescentes pour assurer une quantité suffisante d'azote pour le processus de compostage. Les feuilles d'arbustes tels que *Tithonia*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Sesbania*, *Crotalaria* et *Lantana* se prêtent également bien au compostage.

Dans la mesure du possible, les matières végétales doivent être compostées avec du fumier. L'ajout de fumier accélère le processus de compostage et permet d'obtenir un compost à plus forte valeur fertilisante. Le fumier peut être dissous dans de l'eau ou mélangé à de l'eau et versé sur le tas de compost pendant sa préparation. L'urine et le lisier, tous deux riches en azote, peuvent favoriser la décomposition de la matière sèche lorsqu'ils sont versés sur celle-ci.

Des cendres peuvent être épandues en fines couches entre les autres matériaux. Cependant, lorsqu'on les ajoute en grandes quantités, elles peuvent entraîner des pertes d'azote gazeux. De la terre ou du vieux compost peuvent également être utilisés. La terre absorbe bien l'azote qui s'échappe.

Là où les sols ont tendance à fixer le phosphate, il est préférable d'ajouter du phosphate naturel au compost, car il sera plus facilement disponible pour les plantes que s'il est apporté directement au sol. La chaux peut être ajoutée en petites quantités, mais elle n'est généralement pas indispensable au processus de compostage.

Les outils nécessaires au compostage comprennent une houe manuelle, une machette (panga), des piquets, une bêche ou une houe fourchue, un arrosoir, une brouette, un bâton pointu ou un thermomètre à compost (pour surveiller les changements de température dans le tas de compost). Pour l'arrosage, il est





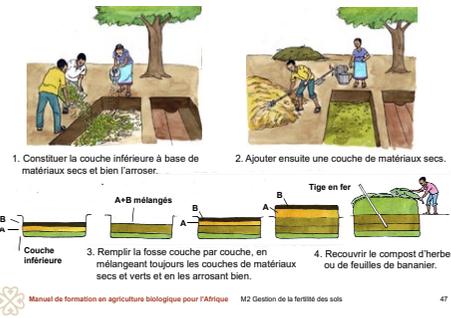
PRODUCTION DE COMPOST (1)

Comment faire un bon compost ? (1)



PRODUCTION DE COMPOST (2)

Comment faire un bon compost ? (2)



préférable d'utiliser un arrosoir ou un pulvérisateur plutôt qu'un seau, car cela permet aux matériaux de mieux absorber l'eau.

Les matériaux qui ne doivent pas être utilisés pour le compostage comprennent les matières provenant de plantes malades ou infestées de ravageurs ou de plantes qui ont été traitées avec des pesticides ou des herbicides ainsi que les matières comportant des épines qui peuvent blesser les personnes qui manipulent le compost. Les mauvaises herbes vivaces persistantes ne doivent pas non plus être compostées. Il faut plutôt les détruire en les étalant au soleil pour les faire sécher ou même les brûler. La matière séchée ou les cendres peuvent ensuite être ajoutées au tas de compost. Les matières non organiques telles que le métal et le plastique, le caoutchouc, le cuir et les matières textiles ne peuvent pas être compostées.

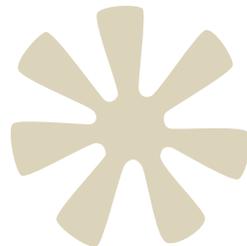
c) Procédure de fabrication du compost

Il existe plusieurs méthodes de fabrication du compost de différentes origines et basées sur différentes approches : les méthodes Indore et Bangalore, qui ont été mises au point en Inde, le processus d'échauffement/la méthode des blocs, la méthode chinoise de compostage à température élevée, le compostage en fosse, en tranchée, en paniers ou le compostage Boma. Chacune de ces méthodes présente des avantages et des inconvénients.

La méthode Bangalore consiste à mélanger les matériaux à composter avec de l'urine, du lisier ou du fumier. Une fois mis en place, le tas est recouvert d'une couche de boue et n'est pas retourné. À cause de la couche de boue, le processus de compostage devient semi-anaérobie après quelques semaines. Cette méthode est simple à utiliser et nécessite peu de main-d'œuvre et d'eau. Elle entraîne moins de pertes d'éléments nutritifs que la méthode Indore, mais elle risque de ne pas détruire tous les agents pathogènes et le compost nécessite plus de temps pour arriver à maturité.

Dans la méthode Indore, le tas est retourné deux fois. Cette méthode demande plus de travail et nécessite plus d'eau que la méthode Bangalore, mais la période de compostage est plus courte. Les matériaux passent par une phase d'échauffement intensif.

Dans les climats secs, le compostage est principalement pratiqué dans des fosses pour garder le compost humide et économiser de l'eau et de la main-d'œuvre nécessaires au maintien de conditions idéales.





PRODUCTION DE COMPOST (3)

Comment faire un bon compost ? (3)



Le lombricompostage utilise des vers de terre spécialement introduits pour la décomposition. Il s'agit d'une bonne technique pour recycler les déchets alimentaires et les résidus de culture des jardins potagers à proximité de la maison. La période de compostage est plus longue comparativement à d'autres méthodes et varie entre 6 et 12 semaines.

Dans le présent manuel, seules la méthode du tas/de la fosse et celle du lombricompostage sont décrites plus en détail.

Comment procéder pour faire du compost ?

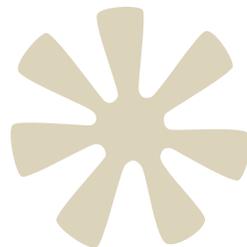
1. Collecter en quantités adéquates les matériaux nécessaires.
2. Mesurer une surface de 1,5 m de large et d'une longueur appropriée. La largeur doit permettre de manipuler le compost sans avoir à marcher dessus.
3. Creuser une fosse peu profonde de la taille prévue pour le tas de compost. Plus le climat est aride, plus la fosse est généralement creusée profondément. Cependant, la profondeur des fosses à compost ne doit pas excéder 50 cm pour assurer une bonne aération. Dans un climat humide, si aucune fosse n'est creusée, il faut ameublir le sol à l'endroit où se trouvera le tas de compost, car les matériaux ont besoin d'être en contact étroit avec le sol meuble au fond du tas. La terre végétale obtenue lors du creusement de la tranchée doit être soigneusement mise de côté, à côté de la tranchée, afin qu'elle puisse être utilisée pour le compost.
4. Les matériaux ligneux doivent être soit coupés en morceaux de 5 à 10 cm de long, soit étalés sur une route, soit utilisés comme litière pour le bétail avant le compostage, afin de les écraser et d'augmenter leur surface pour assurer une meilleure décomposition. Les matières végétales humides telles que les algues ou l'herbe fraîche doivent flétrir avant d'être mélangées à d'autres matières. La paille doit, si possible, être préalablement trempée dans de l'eau. Idéalement, les matières sèches sont soigneusement mélangées à de l'urine et à du fumier.
5. Étaler des matières végétales grossières comme des tiges de maïs ou des branches de haies pour constituer la couche inférieure du tas. Cette couche doit avoir une épaisseur d'environ 30 cm. De tels matériaux permettent la circulation de l'air dans le tas.
6. Ajouter ensuite une couche de matières vertes mélangées à du fumier (si disponible), puis une couche de matières sèches. Mélanger les deux couches et bien arroser. Mieux les différents matériaux sont mélangés, meilleur est



Démonstration pratique de la préparation du compost :

Procurez-vous les différents matériels nécessaires à la production de compost et montrez aux agricultrices et agriculteurs comment l'on fait du compost.

Au cours du processus de fabrication, expliquez aux participant·es les points essentiels à prendre en considération.

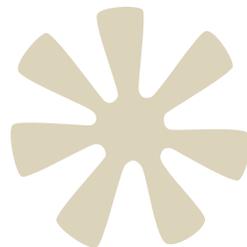


le processus de compostage. La matière végétale infectée par des virus doit être placée au centre du compost et rapidement recouverte pour éviter que les insectes suceurs ne transmettent les virus aux plantes saines.

7. Répéter le processus jusqu'à obtenir un tas d'une hauteur comprise entre 1 et 1,5 m. Veiller à bien arroser chaque nouvelle couche pour créer des conditions humides. Comme une bonne aération est indispensable au processus de compostage, le tas de compost ne doit pas être tassé. Un tas bien fait se caractérise par des côtés presque verticaux et par une partie supérieure plane. Si vous disposez de beaucoup de matériaux, il est préférable de faire plusieurs tas d'environ 2 m de long.
8. Pour compléter le tas de compost, le recouvrir idéalement de 10 cm de terre végétale pour éviter que les gaz ne s'échappent. Enfin, recouvrir l'ensemble du tas d'une matière végétale sèche ou de feuilles de bananier pour éviter la perte d'humidité par évaporation.
9. Prendre un long bâton pointu et l'enfoncer dans le tas à un angle. Le bâton permet de vérifier de temps en temps l'état du tas. Si vous retirez le bâton après 2 à 3 jours et qu'il est chaud, cela indique que la décomposition a commencé. Si le bâton est blanc, cela indique que le tas est sec à l'intérieur. Le tas doit être retourné et bien arrosé.
10. Ne pas cultiver de plantes couvre-sol comme les citrouilles sur le tas de compost pour éviter son dessèchement ; les planter plutôt à côté du tas.

Comment entretenir le tas de compost ?

1. Environ tous les 3 jours, selon les conditions climatiques et les précipitations, il faut arroser le tas.
2. Si tout va bien, le tas doit être retourné après 3 semaines, une fois que sa température a baissé. Les tas de compost sont généralement retournés 2 à 3 fois aux premiers stades. En retournant le tas de compost, veiller à ce que les matières extérieures rentrent à l'intérieur. Ainsi, en retournant le tas, prendre d'abord la matière du haut et de l'extérieur pour constituer le nouveau tas. Cette procédure garantit que toutes les parties du compost soient soumises à une bonne phase d'échauffement. Ne pas ajouter de nouveaux matériaux au cours du retournement.
3. Après 3 à 6 semaines, le tas doit être retourné à nouveau. À ce stade, le compost doit avoir une odeur de terre fraîche, et aucune herbe, feuille ou déjec-



tion animale ne doit être visible. Il se peut qu'il y ait encore quelques branches ou tiges ligneuses, car elles mettent plus de temps à pourrir.

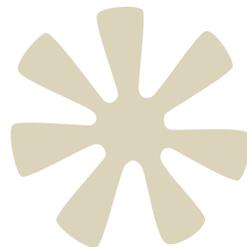
4. Entre 3 à 6 semaines après le deuxième retournement, le compost devrait être prêt à être utilisé. Le compost mûr prend une couleur brun noirâtre et dégage une odeur agréable. Si la saison des semis est encore lointaine, laisser le tas couvert là où il est. Le tas doit toujours être maintenu humide et recouvert de matériaux secs. Si le tas devient trop humide, il faut l'ouvrir et le mélanger avec de la matière organique sèche ou le laisser sécher au soleil avant de reconstituer le tas.

On peut accélérer le processus de décomposition en ajoutant de grandes quantités de fumier frais et en retournant le tas plus fréquemment.

d) Épandage du compost dans le champ

Dans le contexte africain, il n'y a jamais trop de compost. En général, la quantité de compost qui peut être produite par un·e petit·e exploitant·e agricole est plutôt faible. Il importe donc que le compost soit épandu là où les plantes cultivées peuvent l'utiliser et où il contribue directement à une meilleure nutrition des plantes et à une meilleure rétention de l'eau. On peut améliorer l'efficacité du compost en l'épandant soit de manière ciblée sur la zone racinaire des plantes cultivées soit en bandes ou en le mettant dans les trous de plantation plutôt que de l'épandre sur l'ensemble du champ. En cas d'application ciblée, les besoins en main-d'œuvre peuvent être plus élevés ; toutefois, cette approche peut permettre d'accroître la productivité et contribuer à réduire la surface de terre nécessaire à la production des quantités requises de nourriture.

Dans les cultures plantées, il est préférable d'apporter le compost dans les trous de plantation et de le mélanger à la terre végétale. Le compost doit être apporté en premier lieu aux cultures ayant des besoins élevés en nutriments comme les tomates. Dans les cultures semées, il est préférable d'apporter le compost aux lignes de semis avant l'ensemencement et de l'incorporer dans la couche arable. Dans les cultures arboricoles pérennes, il est plus efficace d'apporter le compost le long du système d'arrosage goutte à goutte (et non au pied des arbres). Un compost de bonne qualité convient aussi idéalement aux lits de semences. Le compost ne doit pas être enfoui profondément dans le sol. En revanche, il peut être épandu en surface et incorporé à la couche arable à l'aide d'une houe.



L'effet de l'azote contenu dans le compost est généralement faible et s'étend sur une longue période. On peut augmenter la disponibilité de l'azote et des autres éléments nutritifs contenus dans le compost en complétant le compost avec du lisier riche en azote ou du fumier frais après son épandage, avant la mise en place des cultures.

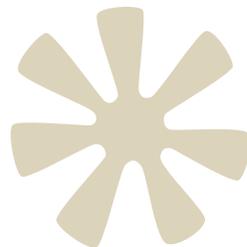
Le compost qui n'est pas entièrement décomposé peut être utilisé comme paillis entre les rangées de cultures ou autour des cultures arboricoles. Il continuera à mûrir au sol, puis les organismes terricoles le tireront dans le sol, où il continuera à se décomposer. Lorsque le compost est utilisé comme paillis, il doit être recouvert d'une fine couche de paille, d'herbe sèche ou de feuilles sèches. Cette mesure permet d'éviter la perte de nutriments due à l'exposition directe aux rayons du soleil et à la chaleur. Il est préférable d'apporter les jeunes composts au sol en même temps que des matières végétales riches en azote comme les engrais verts ou de les épandre avant le semis d'un engrais vert.

Le compost peut être utilisé immédiatement ou stocké pour une utilisation ultérieure. Le compost mûr doit être conservé à l'ombre et recouvert de 10 cm de terre végétale pour rester humide et éviter les pertes de nutriments.

5. Le lombricompostage

Le lombricompostage (ou vermicompostage) consiste à fabriquer du compost en utilisant des vers de terre spécialement introduits comme agents de décomposition, les vers rouges (*Lumbricus rubellus* ou *Eisenia foetida*). Contrairement au compostage ordinaire, le lombricompostage est principalement basé sur l'activité des vers et ne comporte pas de phase d'échauffement. Il constitue une bonne technique pour recycler les déchets alimentaires et les résidus de culture des jardins potagers situés à proximité de la maison. Il permet d'obtenir de petits volumes d'engrais très riche. Bien que le lombricompost soit un très bon engrais, il nécessite des investissements plus importants (achat d'une citerne et de vers), davantage de travail et des soins plus permanents, comparativement au compostage ordinaire. Néanmoins, laisser les vers recycler les déchets agricoles ou ménagers permet d'économiser du temps et de la main-d'œuvre, car il n'est pas nécessaire de retourner le compost pour l'aérer.

Les vers rouges se reproduisent vite, s'adaptent bien à la vie dans un milieu confiné et compostent rapidement la nourriture, car ils consomment leur poids en nourriture par jour. Ils mesurent entre 7 et 12 cm de long, sont de couleur rouge foncé et tolèrent des températures allant de 12 à 30 °C ; ils préfèrent vivre



dans des endroits sombres et humides. Il faut environ un demi-kilogramme de vers rouges pour fonder une colonie.

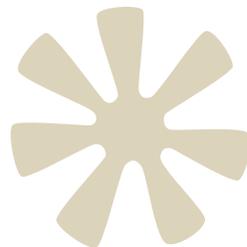
Les vers sont toutefois très sensibles aux fluctuations d'humidité et de température et ils ont besoin d'un apport continu de matière organique pour se nourrir. Pour protéger les vers des prédateurs, un fond solide est nécessaire, car ils sont également attaqués par les fourmis et les termites.

Certains agriculteurs expérimentés utilisent le lombrithé, le liquide recueilli sur le tas de compost après l'arrosage, comme engrais foliaire et tonique pour plantes. Cette substance peut même aider les plantes à se débarrasser des ravageurs tels que les pucerons et des maladies. Le lombricompost peut également être utilisé pour faire du thé de compost.

Comment procéder pour le lombricompostage ?

Construire un enclos en briques et en mortier avec un fond en béton, un ou deux compartiments et des sorties d'eau appropriées. La taille convenable d'un compartiment est de 2 m x 1 m x 0,75 m. Toutefois, la taille des compartiments doit être déterminée en fonction du volume des matériaux à composter. On peut aussi utiliser un grand récipient en plastique ou en métal ou encore des caisses en bois munis d'un couvercle amovible, pour empêcher les prédateurs d'entrer, de trous d'aération sur les parois latérales et de trous sur le fond pour évacuer l'excès d'humidité du récipient, mais si possible suffisamment petits pour empêcher les mouches d'entrer. La méthode des « quatre réservoirs » ou des « quatre compartiments » est également couramment utilisée, car elle facilite le déplacement aisé et continu des vers de terre d'un compartiment contenant des matières entièrement compostées vers un compartiment contenant des matières fraîches. Quel que soit le récipient utilisé ou construit, il doit être placé dans un endroit sombre et humide.

- > Une couche de bonne terre, humide et riche en terreau (« lit de vers ») est placée au fond, sur une épaisseur de 15 à 20 cm, au-dessus d'une fine couche (5 cm) de briques cassées et de sable grossier.
- > Des vers de terre (environ 150) sont introduits dans la terre riche en terreau qu'ils vont habiter.
- > Puis une petite quantité de fumier frais de bovins est placée sur le « lit de vers ».
- > Le tas de compost est ensuite recouvert d'une couche d'environ 5 cm composée de feuilles sèches, de foin/paille haché(e), ou de déchets agricoles tels que



les épluchures de légumes, les restes de nourriture, les feuilles et les plantes mortes. Les coquilles d'œufs peuvent également être cassées en petits morceaux et ajoutées au tas.

- › Pendant les 30 jours qui suivent, d'autres matériaux sont continuellement ajoutés au tas jusqu'à ce que le récipient soit plein. En outre, on maintient le tas humide en l'arrosant chaque fois que nécessaire. Les restes de viande ou de poisson, les aliments gras, les produits laitiers ou les os ne doivent pas être ajoutés au compost, car ils attirent les fourmis et les rongeurs. Le tas doit être recouvert d'un matériau poreux pour éloigner les prédateurs.

Le compost devrait être prêt dans les 60 à 90 jours. Le matériau sera alors modérément meuble, moins lourd et de couleur brun foncé.

Dans le système à deux ou à quatre tas, il faut arrêter l'arrosage dans le premier compartiment pour que les vers se déplacent automatiquement vers un autre compartiment, où l'on maintient les conditions favorables aux vers de manière cyclique ; la récolte du compost peut se faire de manière continue par cycles.

Pour enlever une partie du compost, laisser le dessus du tas se dessécher en arrêtant l'arrosage pendant 2 à 3 jours, pour que les vers descendent vers la base fraîche du tas. On peut alors retirer le compost et constituer un nouveau tas.

6.3. Fumier de ferme

Le terme « fumier de ferme » est couramment utilisé pour désigner un mélange plus ou moins décomposé d'excréments et d'urine de bétail (généralement de bovins), de paille et d'autres matières végétales ayant été utilisées comme litière. Le fumier peut également contenir des résidus du fourrage donné au bétail et des déchets ménagers décomposés.

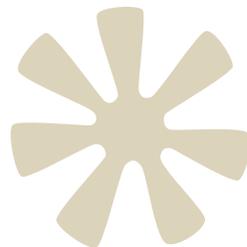
Le fumier de ferme est un engrais organique extrêmement précieux. Il contient de grandes quantités de nutriments. La disponibilité du phosphore et du potassium contenus dans le fumier de ferme est similaire à celle des engrais chimiques. Le fumier de poule est riche en phosphore. Lorsque le fumier et l'urine des bovins sont mélangés, ils constituent une source homogène de nutriments pour les plantes.

Beaucoup d'agriculteurs et d'agricultrices sous-estiment encore la valeur du fumier. Dans de nombreux endroits, il est séché et brûlé pour cuisiner ou n'est



Discussion : le fumier de ferme n'est-il qu'un déchet ?

Échangez avec les agricultrices et agriculteurs au sujet du rôle que joue le fumier de ferme dans la nutrition des plantes cultivées localement. Comment le fumier est-il stocké ? Comment est-il utilisé ? Si possible, rendez visite à un agriculteur ou une agricultrice locale qui pratique une gestion appropriée du fumier. Échangez avec le fermier/la fermière et le groupe au sujet des avantages, des contraintes et des possibilités liés au stockage du fumier de ferme.



tout simplement pas reconnu comme une source de nutriments et de matière organique. Lors du séchage ou du brûlage du fumier de ferme, de grandes quantités de matière organique et de nutriments sont perdues dans les systèmes agricoles. Le recyclage approprié des éléments nutritifs à la ferme, surtout s'ils proviennent d'une source de grande valeur, est l'un des principes de l'agriculture biologique. Par conséquent, une manipulation et une utilisation appropriées des fumiers sont essentielles pour garantir la préservation des éléments nutritifs contenus dans les fumiers et la réduction des risques de pollution environnementale.

La plupart des agricultrices et agriculteurs ne possèdent pas d'animaux et n'ont pas non plus accès au fumier. La culture de fourrages et l'intégration du bétail dans la ferme fournissent non seulement du lait et/ou de la viande et d'autres produits d'origine animale, mais aussi du fumier. Dans les régions où les systèmes de production sont mixtes (cultures-élevage), le fumier est susceptible d'être disponible pour la plupart des ménages, bien que ce soit à des niveaux variables.

Amélioration de la qualité du fumier

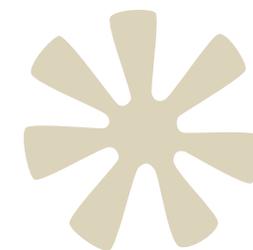
Les agricultrices et agriculteurs doivent optimiser l'utilisation et l'efficacité du fumier. Plutôt que d'épandre du fumier brut, ils doivent être encouragés à composter le fumier de bovins et d'autres ruminants, tout en fabriquant des engrais liquides à partir du fumier de volaille, qui se prête moins au compostage en raison de sa forte teneur en humidité.

Le fumier de ferme est idéalement collecté et stocké pendant un certain temps avant d'être utilisé. Lorsqu'il est utilisé à l'état frais, le fumier peut inhiber considérablement la croissance des cultures. Le fumier frais peut en effet entraîner un blocage temporaire de l'azote, car celui-ci est utilisé par les micro-organismes pour décomposer le fumier frais. En outre, le fumier frais ne contribue pas à augmenter la teneur en humus du sol. Le fumier contenant une petite quantité de litière est idéalement composté ou mélangé à des matières végétales destinées à être compostées. En revanche, le fumier contenant une forte proportion de litière est idéalement conservé dans des conditions anaérobies. La compression du fumier ralentit sa décomposition et évite la surchauffe, réduisant ainsi la perte d'éléments nutritifs. La collecte du fumier de ferme s'avère plus facile si les animaux sont gardés dans des étables. Pour le stockage, le fumier doit être mélangé à des matières végétales sèches comme la paille, l'herbe, les résidus de



Discussion sur l'investissement dans le bétail

Lancez une discussion avec les agricultrices et agriculteurs au sujet des investissements en matière d'élevage de bétail. Discutez des avantages de l'introduction de bétail dans la ferme, y compris les activités génératrices de revenus telles que la vente de produits laitiers, l'augmentation de la productivité globale de la ferme et l'accès amélioré au fumier pour la production végétale. Quels défis les agricultrices et agriculteurs rencontrent-ils ?



culture ou les feuilles pour absorber le liquide. La paille qui a été coupée ou étalée au bord d'une route pour être écrasée peut absorber plus d'eau que la paille longue.

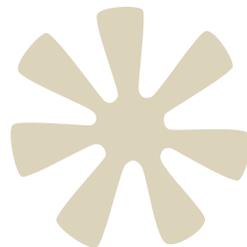
Le fumier peut être stocké à côté de l'étable, en tas ou dans des fosses couvertes. Il peut également être stocké à l'intérieur de l'étable comme litière, à condition qu'il soit recouvert de litière fraîche.

Pour réduire autant que possible les pertes d'éléments nutritifs, le fumier de ferme doit être protégé du soleil, du vent et de la pluie. Idéalement, une tranchée recueille le liquide du tas de fumier et les urines de l'étable. Une digue autour du tas empêche l'entrée et la sortie incontrôlées de l'urine et de l'eau.

Il faut éviter aussi bien l'engorgement que le dessèchement du tas de fumier. Si des champignons blancs apparaissent (fils et taches blanches), le fumier est trop sec et doit être humidifié avec de l'eau ou de l'urine. Une couleur jaunâtre et/ou une mauvaise odeur sont des signes indiquant que le fumier est trop humide et pas suffisamment aéré. Si le fumier présente une couleur brune à noire sur l'ensemble du tas, les conditions sont idéales. Le stockage du fumier dans des fosses est particulièrement adapté aux zones et aux saisons sèches. Cette méthode de stockage réduit le risque de dessèchement et le nombre d'arrosages nécessaires. Cependant, le risque d'engorgement est plus élevé et des efforts supplémentaires sont nécessaires pour creuser la fosse. Pour cette méthode, on creuse une fosse de 90 cm de profondeur avec une légère pente au fond. Le fond est comprimé, puis recouvert de paille. La fosse est remplie de couches d'environ 30 cm d'épaisseur, chaque couche étant comprimée et recouverte d'une fine couche de terre. La fosse est remplie jusqu'à ce que le tas dépasse la surface du sol de 30 cm, puis elle est recouverte de 10 cm de terre.

La qualité et la valeur du fumier peuvent être améliorées :

- > en assurant la conception adéquate du logement des animaux, pour rendre la collecte du fumier plus facile et plus efficace ;
- > en mettant à disposition une litière adéquate, composée de paille ou d'herbe sèche, pour recueillir autant d'excréments que possible ; plus la litière est utilisée, mieux c'est ;
- > en compostant le fumier ; le fumier composté s'est en effet avéré être plus efficace sur les sols sableux et acides par rapport au fumier brut, même si l'azote se perd au cours du processus de compostage.





ENGRAIS ORGANIQUES

Engrais organiques autorisés en agriculture biologique

Engrais	Effet fertilisant	Disp. de l'azote	Origine	Commentaires
Guano	N, P	***	Fientes séchées d'oiseaux de mer	→ Teneur en P supérieure aux besoins des plantes
Poudre de sabot et de corne	N, P	•(•)	Déchets d'abattoir	→ Plus la poudre est broyée finement, plus N est disponible rapidement
Algues	Minéraux		Algues	→ Peuvent contenir des métaux lourds
Tourteaux	N, P	•(•)	Sous-produits de la production d'huile	→ Exemples : tourteau de ricin, de neem, d'arachide ou de colza
Poils, laine, plumes	N	••(•)	Déchets d'abattoir	
Sous-produits de l'industrie agroalimentaire	N, P, K	••	Sous-produits de brasserie, de distillerie, de l'industrie textile ou de la transformation des aliments, enveloppes et épiluchures	→ Doivent être exempts de contaminants importants → Il est préférable de les composter avant de les épandre sur le sol
Composts	N, P, K	•	Déchets de champignons, humus de vers et d'insectes, déchets urbains et ménagers	→ Doivent être exempts de contaminants importants
Préparations à base de plantes et extraits de plantes	N, P, K	***	Extraits de plantes fraîches ou séchées	→ L'effet varie selon le matériel d'origine



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

51

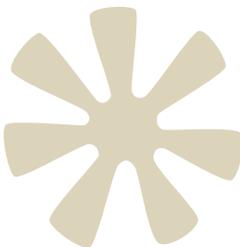
7. Compléments fertilisants

En dépit d'une bonne gestion de la matière organique du sol, l'utilisation d'engrais organiques ou minéraux, fabriqués à la ferme ou commerciaux, peut être recommandée pour remédier à certaines carences en nutriments. Les carences peuvent être dues à un déséquilibre du pH du sol ou à la libération lente des éléments nutritifs provenant d'une source organique. Des sols secs ou des sols froids en haute altitude peuvent intensifier le problème. Avant de choisir un engrais spécifique, les agricultrices et agriculteurs doivent connaître la raison du problème. L'utilisation d'engrais externes ne devrait constituer que la dernière étape d'une approche intégrée de gestion de la fertilité des sols et de la nutrition des plantes. S'en remettre à un mauvais engrais peut représenter un gaspillage d'argent. En cas de signes de carences en nutriments ou de ralentissement de la croissance, les engrais organiques liquides fabriqués à la ferme peuvent stimuler la croissance des plantes. De tels engrais liquides sont simples à produire et sont disponibles gratuitement.

7.1 Engrais liquides naturels

Les engrais liquides sont utiles pour remédier aux carences temporaires en nutriments et pour stimuler la croissance des plantes. Ils peuvent être produits à partir de fumier, de compost ou de matières végétales vertes : le purin de fumier est fabriqué à partir de fumier frais, le thé de compost à partir de compost mûr et le purin de plantes à partir de matières végétales riches en azote. Le purin de fumier et le purin de plantes constituent tous deux une source rapide d'azote, tandis que le thé de compost est un engrais général plus équilibré sur le plan nutritionnel.

Les engrais liquides sont principalement appliqués sur les cultures maraîchères, mais ils peuvent également être utilisés pour les céréales et d'autres cultures. Bien que tous ces engrais liquides puissent être fabriqués de la même manière, il n'est généralement pas recommandé d'appliquer le purin de fumier par pulvérisation foliaire ; il convient plutôt à une application à la base des plantes. Si le purin de fumier est appliqué sur les feuilles de cultures maraîchères destinées à être consommées crues, un délai d'attente avant la récolte d'au





PRODUCTION DE PURIN DE PLANTES

Comment faire du purin de plantes ?



1. Ramasser et couper des feuilles vertes succulentes.



2. Immerger la matière végétale dans de l'eau douce et couvrir le baril. Remuer tous les 3 jours.



3. Après 15 jours, tamiser le mélange et le diluer avec 2 volumes d'eau.



4. Appliquer le purin de plantes sur les cultures tôt le matin.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique

M2 Gestion de la fertilité des sols

49

moins 100 jours doit être respecté afin d'éviter le risque de transfert de pathogènes humains et animaux.

L'application d'engrais liquides sur les feuilles constitue une option intéressante en cas de carences en nutriments, car les plantes absorbent les éléments nutritifs environ 20 fois plus vite par les feuilles que par les racines. En plus de favoriser la santé et la productivité des cultures, les engrais liquides appliqués sur les feuilles peuvent également agir comme un répulsif efficace contre les insectes suceurs et perturber le cycle de vie de certains insectes suceurs de sève dès le stade d'œuf. Ils peuvent aussi interférer avec les spores fongiques.

1. Procédure pour faire du purin de plantes

Pour faire du purin de plantes, des matières riches en nutriments sont trempées dans de l'eau pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines pour subir une fermentation. Un brassage fréquent favorise l'activité microbienne. Le liquide ainsi obtenu peut être utilisé comme engrais foliaire ou appliqué au sol.

Comment faire du purin de plantes ?

- › Hacher des matières végétales vertes issues de plantes telles que Tithonia, le pois mascate ou tout autre végétal succulent, puis les mettre dans un baril ou tout autre récipient de taille convenable jusqu'à ce qu'il soit rempli aux $\frac{3}{4}$. Remplir le baril d'eau et le garder à l'ombre ou le couvrir pour éviter une évaporation excessive.
- › Remuer tous les 3 jours ; le mélange sera prêt à être appliqué au bout de 15 jours environ.
- › Retirer les restes des matières végétales, tamiser le mélange et diluer le purin avec 2 volumes d'eau pour chaque volume de purin. Utiliser le mélange dilué en tant que traitement de surface en appliquant entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{2}$ litre par plante aussi longtemps que nécessaire. Couvrir le reste du mélange non dilué et le conserver dans un endroit frais.

2. Procédure pour faire du purin de fumier

Pour faire du purin de fumier, on peut utiliser du fumier frais de bovins, de poules, de caprins, d'ovins, de lapins ou un mélange de tous ces fumiers. La procédure à suivre est la suivante :



PRODUCTION DE PURIN DE FUMIER

Comment faire du purin de fumier ?



1. Remplir un sac de fumier.



2. Immerger le sac dans un baril rempli d'eau fraîche et le couvrir. Remuer le mélange tous les 3 à 5 jours.

3. Après 2 à 3 semaines, diluer le mélange avec 2 à 3 volumes d'eau.

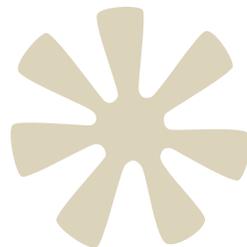
4. Appliquer le purin de fumier au pied des plantes.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique

M2 Gestion de la fertilité des sols

50

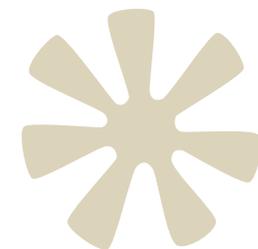


- 1) Remplir un sac avec environ 50 kg de fumier et le fermer solidement à l'aide d'une corde. Accrocher le sac de fumier à une perche placée au-dessus d'un baril d'une capacité de 200 litres, de sorte qu'il soit suspendu dans le baril, puis remplir le baril d'eau.
- 2) Recouvrir le baril d'un film en polyéthylène pour éviter que l'azote ne s'échappe et le laisser à l'abri de la lumière.
- 3) Remuer le mélange dans le baril tous les 3 à 5 jours en soulevant le sac plusieurs fois à l'aide de la perche pour le sortir partiellement de l'eau et l'immerger à nouveau.
- 4) Au bout de 2 à 3 semaines, l'eau sera devenue foncée et la plupart des nutriments auront été dissous dans l'eau. Plus la couleur est foncée, plus le mélange est concentré. Il est alors prêt à l'utilisation. Retirer du baril le sac contenant les restes de fumier. La solution aqueuse est prête à être diluée pour être appliquée.
- 5) Diluer le purin de fumier avec 2 volumes d'eau pour 1 volume de purin. Toutefois, si le purin de fumier est très concentré (très foncé), utiliser 3 volumes d'eau pour 1 volume de purin.
- 6) Appliquer le purin de fumier sur les cultures à raison de $\frac{3}{4}$ à $\frac{1}{2}$ litre par plante en commençant 2 à 3 semaines après la plantation. Appliquer le purin de fumier autour de la tige et non sur les feuilles. Répéter l'application toutes les 3 à 4 semaines. Éviter l'application en plein soleil en raison du risque élevé de brûlures des feuilles et de pertes de nutriments. L'appliquer tôt le matin ou par temps nuageux.

3. Application du thé de compost

On peut utiliser le thé de compost sans le filtrer, en l'appliquant directement au sol, au pied des plantes.

S'il est utilisé en pulvérisation foliaire, il doit, en revanche, être filtré à travers un tissu à mailles fines, puis dilué avec de l'eau de puits ou de pluie de bonne qualité, dans un rapport de 10 volumes d'eau pour 1 volume de thé. La couleur doit être celle d'un thé léger. L'ajout de $\frac{1}{8}$ cuillère à soupe d'huile végétale ou d'un liquide vaisselle par gallon (3,78 l) aide le liquide pulvérisé à adhérer aux feuilles. L'application sur les feuilles ne doit pas être effectuée pendant les heures chaudes de la journée ; il est préférable d'effectuer le traitement tôt le matin ou par temps nuageux. Après des précipitations, il convient de renouveler l'application.



7.2. Engrais commerciaux autorisés en agriculture biologique

Selon les « Normes IFOAM pour la production et la préparation en agriculture biologique », l'application d'engrais commerciaux (y compris la chaux) est autorisée en agriculture biologique certifiée, avec certaines restrictions. Alors que les engrais synthétiques tels que l'urée ne sont pas autorisés, l'utilisation d'engrais commerciaux doit être justifiée par des recommandations faites suite aux analyses des sols ou des plantes. Les engrais commerciaux ne doivent être appliqués que sous leur forme naturelle et utilisés en combinaison avec d'autres techniques telles que l'apport de matières organiques appropriées, la culture d'engrais verts, la rotation de cultures et les plantes fixatrices d'azote.

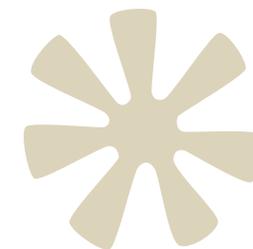
Différents engrais commerciaux disponibles sur les marchés sont produits à partir de substances naturelles et ne contiennent pas de résidus chimiques. Toutefois, pour la plupart des agricultrices et agriculteurs africains, les engrais organiques commerciaux sont difficilement accessibles, principalement en raison d'obstacles économiques et physiques. En outre, ces engrais ont tendance à être assez chers. Par conséquent, ils ne doivent être appliqués que lorsque la culture d'engrais verts et l'apport de compost ne sont pas envisageables ou n'ont pas fourni suffisamment de nutriments aux plantes, ou encore lorsque les cultures présentent des symptômes de carences spécifiques. En agriculture biologique certifiée, il est de la responsabilité de l'agricultrice ou de l'agriculteur de se renseigner auprès de ses collègues agriculteurs biologiques, des formateurs ou des agents de son organisme de certification, si un engrais donné est naturel ou non.

Dans de nombreuses régions où il est possible d'apporter de la chaux, dans le cas de sols acides, et du soufre, dans le cas de sols alcalins, une approche conventionnelle serait possible, même si elle ne représente pas la meilleure solution. Cependant, compte tenu des contraintes auxquelles les agricultrices et agriculteurs africains sont confrontés pour accéder aux engrais en général, le chaulage ou le sulfurage à grande échelle semblent constituer une approche non durable pour résoudre le problème. Ainsi, en règle générale, avant d'être appliqués, les engrais organiques commerciaux doivent être soit mélangés à d'autres matières organiques issues de la ferme soit compostés.

Selon les East African Organic Product Standards (2007), les agricultrices et agriculteurs biologiques d'Afrique de l'Est peuvent utiliser les engrais suivants d'origine minérale : scories de déphosphoration, amendements calciques et magnésiens, calcaire, gypse, marne, maërl, craie, chaux au sucre de betterave,



Invitez les agricultrices et agriculteurs à dresser une liste des engrais organiques commerciaux disponibles dans la région. Amenez les participant·es à partager leurs expériences en matière d'utilisation de tels engrais et discutez des résultats obtenus.





ENGRAIS MINÉRAUX (1)

Engrais minéraux autorisés en agriculture biologique (1)

Engrais	Origine	Caractéristiques	Application
Cendres de plantes	Matières organiques brûlées	<ul style="list-style-type: none"> Composition minérale similaire à celle des plantes Absorption facile des minéraux Cendres de bois riches en K et en Ca 	<ul style="list-style-type: none"> À composer (idéalement) Application à la base des plantes
Chaux	Calcaire moulu, algues	<ul style="list-style-type: none"> A un effet tampon sur les pH faibles (la teneur en Ca et en Mg est secondaire) Algues : riches en oligo-éléments 	<ul style="list-style-type: none"> Appliquer de la chaux tous les 2 ou 3 ans, lorsque le pH du sol est faible (éviter une utilisation excessive, car elle réduit la disponibilité du P et augmente les carences en oligo-éléments)
Poudre de roche	Roches en poudre	<ul style="list-style-type: none"> Oligo-éléments (en fonction de la composition de la source) Plus le broyage est fin, meilleure est l'adsorption 	<ul style="list-style-type: none"> Ajouter la poudre de roche au fumier de ferme (réduit la volatilisation de l'azote et favorise le processus de transformation)

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

52



ENGRAIS MINÉRAUX (2)

Engrais minéraux autorisés en agriculture biologique (2)

Engrais	Origine	Caractéristiques	Application
Potassium minéral	Sels de potassium naturels (sulfate de potasse, muriate de potasse, kainite, sylvanite, patentkali)	<ul style="list-style-type: none"> Le sulfate de potasse est facilement disponible Patentkali : teneur élevée en Mg et en S ; facilement disponible Roche : réaction lente 	<ul style="list-style-type: none"> Uniquement en cas de carence avérée
Phosphate naturel	Roche réduite en poudre contenant du P	<ul style="list-style-type: none"> Facilement adsorbé sur les minéraux du sol Faiblement adsorbé sur la matière organique Réaction lente 	<ul style="list-style-type: none"> À composer Ne pas utiliser sur les sols rougeâtres (car adsorbé de manière irréversible) ni sur les sols à pH élevé
Argile	Naturelle	<ul style="list-style-type: none"> Bonne capacité de rétention des nutriments et de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> De grandes quantités sont nécessaires pour améliorer le sol
Soufre	Volcanique	<ul style="list-style-type: none"> Le sulfate de potasse : facilement disponible, mais peut être lessivé Soufre élémentaire : réaction lente 	
Oligo-éléments	Sels minéraux ou complexes	<ul style="list-style-type: none"> Les sels complexes sont plus facilement disponibles pour les plantes par rapport aux sels minéraux, mais ils sont plus chers 	<ul style="list-style-type: none"> Pulvérisation en cas de carence en nutriments avérée (analyses du sol ou des tissus)

Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M2 Gestion de la fertilité des sols

53

chlorure de calcium, roche magnésienne, kiésérite et epsomite (sulfate de magnésium), potassium minéral (sulfate de potasse, muriate de potasse, kainite, sylvanite, patentkali, etc.), phosphates naturels, poudres de roches, argile (bentonite, perlite, vermiculite, zéolite, etc.), chlorure de sodium et soufre. Cette liste exclut le nitrate du Chili.

Les agricultrices et agriculteurs sont invité·es à consulter les agent·es de vulgarisation ou les agent·es de leur organisme de certification avant d'utiliser l'un de ces engrais, car les conditions spécifiques peuvent varier.

Engrais organiques commerciaux

Les engrais organiques commerciaux sont pour la plupart des sous-produits de la transformation des produits agricoles ou des déchets de l'industrie alimentaire. Il s'agit, par exemple, de tourteaux (de soja, de tournesol, de neem, d'arachide), de fumier de poule en granulés, de sous-produits de brasserie, de pelures de fruits, de parches de café, de copeaux et de poussières de bois, de balles de riz, de cendres de plantes, de farine d'os, de farine de plumes, de farine de poisson, de farine de corne et de sabot et aussi de composts commerciaux.

Engrais minéraux commerciaux

Les engrais minéraux autorisés en agriculture biologique proviennent de ressources naturelles terrestres. Ils comprennent la chaux, la poudre de roche, le phosphate naturel, le gypse, le sulfate de potassium et de magnésium, le nitrate de sodium, la vermiculite et d'autres ressources naturelles comme le guano de chauve-souris.

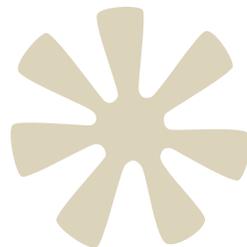
Engrais microbiens

Les micro-organismes jouent un rôle crucial dans le sol en fournissant des éléments nutritifs aux plantes. Certains microbes apportent des nutriments au sol par minéralisation, d'autres fixent de l'azote atmosphérique. Ces derniers comprennent les bactéries des genres *Rhizobium*, *Azospirillum* et *Azotobacter*. D'autres microbes encore, par exemple les champignons mycorrhiziens, contribuent à fournir du phosphore aux plantes. Les espèces du genre *Pseudomonas* constituent un groupe diversifié de bactéries qui peuvent utiliser un large éventail de composés que les plantes libèrent lorsque leurs racines sont blessées ou meurent. Elles sont capables de solubiliser le phosphore et peuvent contribuer à lutter contre les maladies des plantes transmises par le sol.



Discussion sur les engrais organiques commerciaux

Avec les agricultrices et agriculteurs, dressez une liste des engrais organiques commerciaux couramment disponibles dans la région. Amenez les participant·es à partager leurs expériences en matière d'utilisation de tels engrais et discutez des résultats obtenus.





MICRO-ORGANISMES

Quelques ingrédients actifs des engrais microbiens



Rhizobium	Azotobacter	Azospirillum	Pseudomonas	Mycorhize
<ul style="list-style-type: none">› Une bactérie› Vit dans le sol, autour et à l'intérieur des racines des légumineuses› Forme une symbiose avec les légumineuses› Fixe l'azote atmosphérique	<ul style="list-style-type: none">› Une bactérie› Vit librement dans le sol› Peut fixer l'azote	<ul style="list-style-type: none">› Une bactérie› Vit dans le sol› Est capable de vivre seul dans le sol ou en association étroite avec les racines des plantes› A. brasilense est capable de fixer l'azote	<ul style="list-style-type: none">› Un groupe diversifié de bactéries› Peut utiliser un large éventail de composés que les plantes libèrent lorsque leurs racines sont blessées ou meurent› Div. fonctions : solubiliser le phosphore et le rendre disponible, etc.	<ul style="list-style-type: none">› Une symbiose entre des champignons et des racines ; vit avec les racines de presque toutes les plantes› Vit dans la racine et s'étend dans le sol› Aide la plante en recueillant l'eau et les nutriments› Améliore la structure du sol



Certains agriculteurs et certaines entreprises recommandent l'apport de micro-organismes au sol pour améliorer les processus de décomposition et lutter contre les maladies. Ces engrais microbiens sont généralement vendus sous forme de produits prêts à l'emploi pour être appliqués en pulvérisation ou par l'eau d'irrigation ou pour être mélangés au compost. Ces produits contiennent des micro-organismes vivants et doivent donc être stockés et appliqués avec précaution. Les produits microbiens doivent être utilisés avant leur date de péremption. Il est recommandé de déterminer d'abord l'effet de ces produits en les testant à petite échelle et en comparant les résultats obtenus avec les parcelles non traitées.

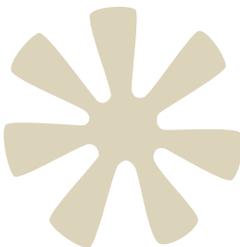
Les engrais microbiens ne peuvent pas remplacer les bonnes pratiques de gestion des sols à la ferme. La plupart des bactéries, champignons et autres micro-organismes sont naturellement présents dans le sol et leur développement peut être favorisé grâce à un apport approprié de compost.

8. Publications et sites web recommandés

Supports de formation recommandés :

Conservation des sols et de l'eau :

- › Soil and Water Conservation in Organic Agriculture. Farmers' Training Notes. Kenya Organic Agriculture Network KOAN. www.koan.co.ke
- › Conservation Farming & Conservation Agriculture. Handbook for Hoe Farmers in Agro-Ecological Regions I & IIa – Flat Culture. 2009. Conservation Farming Unit. Zambia National Farmers Union. www.conservationagriculture.net
- › Conservation Farming & Conservation Agriculture. Handbook for Ox Farmers in Agro-Ecological Regions I & IIa. 2007. Conservation Farming Unit. Zambia National Farmers Union. www.conservationagriculture.net
- › Conservation Tillage with Oxen. Conservation Farming Handbook. No. 2. 2002. Study Circle Material. Land Management and Conservation Farming programme. Republic of Zambia. Ministry of Agriculture & Cooperatives
- › Combatting soil erosion. Sustainable production practices COLEACP.PIP. www.coleacp.org/pip



Compostage :

- › Preparation and use of compost. Agrodok 8. 2005. Agromisa Foundation, NL. www.agromisa.org
- › Enriched Compost for Higher Yields. CTA Practical Guide Series, No. 7. 2007: Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation CTA, NL. www.anancy.net
- › Composting in the Tropics. 1998. Henry Doubleday Research Association HDRA. www.gardenorganic.org.uk
- › Composting in the Tropics II. 2001. Henry Doubleday Research Association HDRA. www.gardenorganic.org.uk

Engrais verts :

- › Green fertiliser. Conservation Farming Handbook No.3. 2002. Study Circle Material. Land Management and Conservation Farming programme. Republic of Zambia. Ministry of Agriculture & Cooperatives
- › Green manure / cover crops for biomass transfer. Action sheet 39. www.paceproject.net
- › Green manure information leaflets from CIAT-Africa. www.ciat.cgiar.org
- › Green manure. Farmers' Training Notes. Kenya Organic Agriculture Network KOAN. www.koan.co.ke

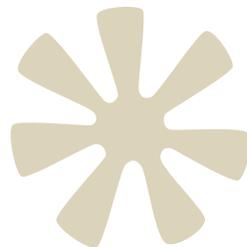
Utilisation du fumier :

- › Better manure, better crops. Kenya Agriculture Research Institute KARI, Henry Doubleday Research Association HDRA. www.kari.org

Lectures complémentaires recommandées pour les formateurs et les conseillers :

Conservation des sols et de l'eau :

- › Erosion control in the tropics. Agrodok 11. 2005. Agromisa Foundation, NL. www.agromisa.org
- › Producing in Harmony with Nature through Conservation Tillage. 2002. African Conservation Tillage Network. www.act-africa.org
- › Integrated soil management and conservation practices. 2000. FAO. www.fao.org
- › Water harvesting and soil moisture retention. Agrodok 13. 2005. Agromisa Foundation, NL. www.agromisa.org



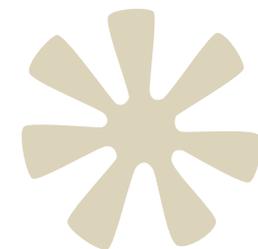
- › Conservation Agriculture. A manual for farmers and extension workers in Africa. 2005. International Institute of Rural Reconstruction IRR; African Conservation Tillage Network ACT.

Gestion de la fertilité des sols :

- › Sustainable Land Management in Practice – Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa (2011). TerrAfrica, World Overview of Conservation Approaches and Technologies WOCAT and Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. www.wocat.net
- › Integrated soil, water and nutrient management in semi-arid Zimbabwe. Farmer Field School Facilitators' Manual, Vol. 1. 2005. Zimbabwe. FAO. www.fao.org
- › Integrated Soil Fertility Management in Africa: Principles, Practices and Development Process (2009). www.ciat.cgiar.org
- › Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa. 2004. Academy Science Publishers ASP in association with the Tropical Soil Biology and Fertility Institute of CIAT. www.aasciences.org
- › Guidelines and Reference Material on integrated Soil and Nutrient Management and Conservation for Farmer Field Schools. 2000. FAO. www.fao.org
- › Farmer Field Schools Facilitators' Manual – Volume 1. Integrated Soil, Water and Nutrient Management in Semi-Arid Zimbabwe. 2005. FAO. www.fao.org
- › Sustainable Agriculture. Study circle material. 2007. Kasisi Agricultural Training Centre and Swedish Cooperative Centre. Zambia. www.loyno.edu; www.sccportal.org
- › Sustaining Growth. Soil fertility management in tropical smallholdings. 1994. Müller-Sämman & Kotschi. GTZ/CTA.
- › Soil fertility management. Agrodok 2. 2007. Agromisa Foundation, NL. www.agromisa.org

Compostage :

- › On-Farm Composting Methods. R.V. Misra, R.N. Roy, H. Hiraoka. 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. www.fao.org
- › How to make and use compost. Sue Edwards & Hailu Araya. 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. www.fao.org
- › On-farm composting methods. R.V. Misra & R. N. Roy: Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Rome. www.fao.org



Engrais verts :

- › Green manure crops. 1985. Echo technical note. Educational Concerns for Hunger Organization ECHO, US. www.echonet.org
- › Green Manure / Cover Crops and Crop Rotation in Conservation Agriculture on Small Farms. 2011. Plant Production and Protection Division. FAO. www.fao.org
- › Leaflets on green manure species. Henry Doubleday Research Association HDRA. www.gardenorganic.org.uk

Utilisation du fumier :

- › Manure Handling and Storage. Study Circle Manual. 2004. Kasisi Agricultural Training Centre and Swedish Cooperative Centre. Zambia. www.loyno.edu; www.sccportal.org

Sites web utiles :

- › www.organic-africa.net : fournit de nombreux liens vers des supports de formation, qui sont disponibles en téléchargement gratuit
- › www.fao.org/ag/ca/ : site web de la FAO sur l'agriculture de conservation offrant des informations sur les couverts végétaux, les machines, etc.
- › www.agriculturesnetwork.org : ressources sur l'agriculture durable pour les formateurs
- › www.fao.org/documents : dépôt de documents de la FAO avec des fichiers sur les pratiques de conservation des sols, le compostage, les engrais verts et d'autres sujets
- › www.act-africa.org : site web de l'African Conservation Tillage Network (ACT) offrant des informations sur le travail de conservation du sol et des publications connexes

