

Dossier pratique sur la gestion de la fertilité des sols

Renforcement des conseillers CEF en production végétale

Juin 2012
CELCOR/PADYP

AVERTISSEMENT

Ce dossier pratique a été rédigé pour les conseillers CEF du PADYP. Ce support vient compléter la session de formation sur les productions végétales.

Ce dossier n'est pas exhaustif. Il est composé de rappels sur des principes de bases et sur des connaissances sur l'agriculture au Bénin.

Avant propos

Le Bénin, comme la plupart des pays du tiers-monde, a une population constituée à près de 80 % de ruraux (Adam et Boko, 1993). Cette couche contribue pour près de 40 % au produit intérieur brut du pays (Biaou, 1998) à travers l'agriculture. L'un des problèmes majeurs qui affectent aujourd'hui cette agriculture dans le nord du Bénin est la baisse de la fertilité des sols (Alohou et Agossou, 1998). Elle est due à la forte poussée démographique, doublée d'une extension rapide de la culture cotonnière.

Traditionnellement, les paysans restauraient la fertilité de leur sol par la pratique de la jachère, mais la pression démographique actuelle ne permet plus cette pratique et on assiste à une accélération de la mise en culture de certaines terres marginales. Ceci a des conséquences désastreuses sur l'environnement, notamment à cause de la dégradation continue des sols. L'agriculture africaine a toujours été caractérisée comme une agriculture « minière » en ce sens qu'elle prélève du sol, chaque année, plus d'éléments nutritifs qu'elle n'en retourne au sol. Le bas niveau de fertilité naturelle, la faible utilisation des engrais combinés à une faible restitution de la matière organique sont les principales raisons pour lesquelles les sols de la zone semi-aride de l'Afrique de l'Ouest produisent bien en dessous de leur pouvoir potentiel. Il est ainsi reconnu de nos jours, que la seule voie possible pour l'Afrique de l'Ouest de relever le défi est une meilleure gestion de la fertilité des sols grâce à des systèmes de culture intégrés (agriculture de conservation, agriculture raisonnée...) combinée à l'adoption de variétés améliorées, à l'utilisation d'engrais organiques et chimique et surtout à l'intégration agriculture élevage.

1. Définition de la fertilité

Lorsqu'on s'interroge sur le sens des mots « fertilité » ou « fertile », la première idée qui vient généralement à l'esprit est celle d'un *niveau de production utile*. Cela traduit des résultats tangibles, concrets. Un sol fertile apparaît donc en premier lieu comme un sol fécond, c'est-à-dire un sol qui produit d'abondantes récoltes. On attribut aussi à la fertilité un autre sens, abstrait, celui de *capacité de production*, ou encore d'une *faculté* ou d'une *aptitude à produire*.

La plupart des sols de la zone semi-aride de l'Afrique de l'Ouest se caractérisent par leur faible teneur en éléments nutritifs et la fertilité de ces sols s'avère souvent un facteur plus limitatif à la production agricole que la pluviométrie. La réponse des cultures à l'azote dans cette zone dépend de la quantité totale de pluie et aussi de sa distribution. Certaines recherches montrent que les pertes d'azote par volatilisation sont énormes et peuvent atteindre plus de 50% de l'azote appliquée. L'introduction de la rotation céréales/légumineuses permet de diminuer et parfois d'éliminer l'application des engrais azotés minéraux.

Le recyclage des résidus organiques est une condition préalable nécessaire pour une production agricole durable. La culture continue sans recyclage des résidus de récolte se traduit par une baisse rapide du niveau de matière organique dans les sols, un lessivage des bases suivi d'une apparition de toxicité de l'aluminium. Bien que beaucoup de technologies en matière de gestion intégrée de la fertilité des sols aient été développées dans la région, très peu de paysans les utilisent. Les cultivateurs extraient systématiquement toute matière organique présente sur le sol lors de la préparation et avant les semis (notamment par le brûlis).

2. Les sols

Au Bénin il existe cinq catégories de sols dominants. Ces sols se sont formés à partir des roches sédimentaires, du socle cristallin et des dépôts alluviaux. Les principaux types de sols sont: les sols ferrugineux tropicaux (65 %); les sols peu évolués (20 %); les sols ferralitiques (10 %); les sols hydromorphes (3 %); les vertisols (2 %). La répartition géographique des sols du sud au nord se présente comme suit :

- sur le cordon sableux du littoral : sols minéraux bruts ou peu évolués d'apports,
- dans le bassin sédimentaire sud : sols ferralitiques formés sur le Continental Terminal,
- dans la dépression de la Lama : vertisols,
- dans les vallées alluviales et plaines inondables : sols hydromorphes,
- dans la partie restante (socle granito-gneissique, massif de l'Atacora, les schistes de la Pendjari et les grès de Kandi), ce sont essentiellement des sols ferrugineux tropicaux avec quelques enclaves de sols ferralitiques et de vertisols. On y trouve également des sols minéraux bruts et peu évolués d'apport ou d'érosion au piedmont des reliefs résiduels et sur les massifs.

Compte tenu des caractéristiques des sols béninois, ils peuvent être répartis en deux grandes catégories :

- les sols développés sous un climat à deux saisons sèches et deux saisons de pluie et sous une végétation de bush arbustif dense du sud,
- Les sols développés sous un climat à une saison sèche et une saison de pluie et sous une végétation de savane.

Les sols de la première catégorie ont de bonnes propriétés physiques à savoir : grande perméabilité, grande profondeur, forte résistance à l'érosion, et indice d'instabilité structurale bon à moyen. Mais leur réserve hydrique est faible.

Les propriétés physiques de la deuxième catégorie de sols sont moins bonnes : perméabilité moyenne, profondeur parfois assez réduite, résistance moyenne à l'érosion, indice d'instabilité structurale moyen à élevé.

2.1. Les sols ferrugineux tropicaux

Ces sols, les plus répandus au Bénin, couvrent près de 65 % de la surface du pays, soit environ 84 467 km². Ils se caractérisent par une altération forte mais moins poussée que dans le cas des sols ferralitiques et par l'accumulation d'hydrates ferriques associés à très peu d'oxydes aluminiques. Ils se répartissent en :

- sols ferrugineux tropicaux lessivés bien drainés,
- sols ferrugineux tropicaux lessivés à engorgement de profondeur,
- sols ferrugineux tropicaux lessivés mal drainés.

Les caractéristiques principales sont les suivantes :

- profondeur de sol variable (en tout cas moins de 3 m),
- une nette horization des profils pédologiques,
- horizon de surface riche en matière organique : 1,5 % dans la partie supérieure, moins de 1 % dans sa partie inférieure,
- présence, parfois, d'un horizon de transition lessivé (30-40 cm) et d'un horizon d'accumulation en argile et en fer avec ou sans concrétions et nodules,
- le rapport limon fin sur argile est toujours supérieur à 0,20 et celui SiO₂ / Al₂O₃ à 2,
- le drainage interne généralement bon est parfois mauvais,
- présence d'horizon induré (surtout dans les bas-versants).

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont les sols les mieux représentés au Bénin. On les rencontre:

- au nord des formations sédimentaires côtières, entre les 7e et 9e parallèles,
- entre les 9e et 12e parallèles sous climat soudano-guinéen,
- à l'extrême nord du pays sous climat soudanien.

2.2. La valeur agricole des sols ferrugineux tropicaux

Ces sols ont des caractéristiques agronomiques très variables et souvent hétérogènes. Ils constituent d'excellents milieux de croissance pour les plantes malgré leur faible teneur en éléments nutritifs. En effet, ils présentent souvent des déficiences en phosphore (P), en potassium (K) et en azote (N). Par rapport aux sols ferralitiques ils ont une fertilité chimique meilleure.

Ils conviennent bien aux cultures suivantes: coton (sous réserve de complément en N, P, K), arachide, maïs, sorgho, mil, igname, manioc, ricin, tabac. A certains endroits de topographie basse, la culture du riz est aussi pratiquée. Lorsque la profondeur utile et la texture le permettent, certains de ces sols abritent de belles plantations d'arbres fruitiers et de beaux peuplements forestiers. Les contraintes de leur mise en valeur :

- bon nombre de ces sols sont sujets à l'érosion hydrique,
- les déficiences en N P K sont notoires pour la plupart de ces sols,
- les pH sont faiblement acides,
- les réserves en eau utilisable faibles,
- profondeurs limitées (par concrétions), pour certains sols,
- dans l'extrême nord, phénomène de sahélisation et d'érosion éolienne.

3. L'agriculture de conservation ou agroécologie : vers une solution durable

Que cela soit le monde agricole, le monde de la recherche, les politiques, les financiers, les organisations internationales, les ONG, etc., tous cherchent à concilier productivité, durabilité et protection de l'environnement. La prise de conscience est maintenant mondiale. Que ce soit au Nord ou au Sud, dans les petites exploitations comme dans les grandes, il y a une attente générale pour trouver les techniques qui répondent à ces préoccupations : c'est le défi agricole du 21ème siècle. Les techniques de semis-direct (sans aucun travail du sol) développées en zones subtropical (Brésil) et tempérées (U.S.A.) qui sont construites sur les seuls résidus de récolte, se sont révélées insuffisantes en climat tropical pour restaurer rapidement, puis pour maintenir la fertilité globale du sol, au moindre coût et cela pour plusieurs raisons :

- la minéralisation de la matière organique consomme davantage d'humus qu'il n'en reçoit par les systèmes de culture (hors prairies),
- la restructuration de l'espace poral est insuffisante pour le développement favorable de la plupart des cultures,
- la couverture du sol n'est plus assurée au bout de quelques semaines, le laissant exposé à l'agression climatique, au passage des outils, et facilitant son envahissement par les adventices.

A partir de ce constat, ont été conçues et mises en pratique de nouvelles techniques de Semis Direct, inspirées directement du fonctionnement de l'écosystème forestier. **C'est ce que l'on appelle les Systèmes de Cultures sur Couverts Végétaux (SCV) ou gestion agro-écologique des sols**

Cette appellation met plus l'accent sur les effets à long terme des techniques que sur les techniques elles-mêmes. On peut dire que les systèmes de culture agro-écologiques consistent à cultiver sans travailler le sol, un champ préalablement couvert d'une couverture végétale permanente, morte ou vivante. Aujourd'hui, la superficie mondiale cultivée dans ces

systèmes, en semis direct sur couverture végétale permanente du sol, est évaluée à 60 000 hectares (les cinq premiers pays étant : U.S.A., Brésil, Argentine, Australie, Canada). Trois grandes catégories de systèmes de culture ont été construites à l'image de l'écosystème forestier :

- ceux sur couverture mortes (paillage). Cela peut-être des résidus de récolte ou des matériaux transportés jusqu'à la parcelle,
- ceux sur couverture vivantes. On parle de couverture vive. Il s'agit d'une plante installée sur la parcelle afin de constituer un tapis protecteur permanent vivant ("pelouse" de chiendent ou autres graminées comme les *Brachiaria* ou kikuyu...ou un tapis de légumineuse (trèfle, Vigna, Pueraria, cassia...). Ces couvertures vives devront être contrôlées pour ne pas faire de concurrence à la culture principale,
- ceux sur couverture à vocation mixte

Dans ces systèmes, la couverture du sol est assurée à la fois **par l'association de différentes espèces sur la même parcelle et par des successions culturales qui ne laissent pratiquement jamais le sol nu**. C'est donc cet objectif qui est recherché dans les SCV et qui en constitue la caractéristique principale, **le semis direct n'étant qu'une conséquence du maintien d'une couverture végétale permanente du sol.**

Si dans la construction de ces systèmes, la recherche CIRAD (L.Séguy, S.Bouzinac...) a pris pour modèle global de fonctionnement celui de la forêt, elle a dû, pour y parvenir, développer une série de concepts fondamentaux complémentaires :

- la biomasse renouvelable appelée pompe biologique,
- la multifonctionnalité des biomasses végétales de couvertures renouvelables

3.1. Les techniques de Systèmes de cultures sur Couverts Végétaux (SCV)

On peut noter que plusieurs appellations sont utilisées pour désigner l'absence de travail du sol. On entend parler d'agriculture de conservation (AC), de zéro labour, de semis-direct (SD), de techniques culturales simplifiées (TCS), de systèmes sur couverts végétaux (SCV), de semis direct sur couverture permanente du sol (SDCV)... Un rappel de sémantique¹ s'impose donc, car il est évident que ces différentes appellations amènent à beaucoup de confusion et de contresens :

- "non labour" ou « zéro labour » ou en anglais « no tillage » ou « zéro tillage » : on ne laboure plus mais on peut travailler superficiellement le sol,
- « TCS » : ce sont les techniques culturales simplifiées,
- "semis direct" ou en anglais « direct sowing » ou « no tillage » : le semis direct est le "non travail du sol" et non le "non labour".

Il est bon de rappeler que nous allons, ici, parler de systèmes de culture sur couvert végétal (SCV) ou des techniques de Semis Direct sur Couverture Permanente du Sol (SDCV)² que l'on peut caractériser par principes essentiels :

- pas de travail du sol même superficiel,
- semis direct,
- couverture végétale permanente du sol (couverture vive ou morte).

3.2. La biomasse³ renouvelable, appelé "Pompe biologique"

Ce concept de biomasse renouvelable, appelé "pompe biologique" consiste à garantir une couverture permanente du sol, même dans les conditions les plus propices à la

¹ Sémantique : étude scientifique du sens des mots

² SDCV : appellation pour parler des SCV, utilisée à Madagascar par plusieurs ONG Internationales qui diffusaient ses systèmes.

³ Biomasse = masse totale de végétaux à un endroit donné

minéralisation active de la matière organique (pluviométrie et température élevée) et possède de multiples fonctions essentielles et complémentaires :

Au dessus du sol

- **protection totale et permanente de la surface** contre les excès climatiques (rôle d'écran régulateur pour l'eau et la température, et d'écran protecteur pour la faune et les molécules de pesticides, d'amortisseur pour le passage des engins et animaux lourds),
- **fonction alimentaire pour la culture principale** (réglée par C/N et teneur en lignine des parties aériennes et racinaires) et Fonction alimentaire pour les animaux (intégration de l'élevage, vocation fourragère des biomasses),
- **fonction de contrôle des adventices** par effets d'ombrage et/ou allélopathiques.

Au dessous du sol

- **restructuration du sol** par un puissant pouvoir agrégant du système racinaire (à l'image du fer dans du béton armé), qui lui confère des propriétés physiques et biologiques très performantes,
- **recyclage des nutriments lixiviés en profondeur**, en particulier les nitrates, la potasse et le calcium, qui sont remontés en surface grâce aux systèmes racinaires des biomasses "pompes biologiques" très puissants à la fois dans leur capacité de développement en profondeur, et dans leur fort pouvoir d'interception des nutriments et molécules organiques,
- **utilisation de l'eau profonde du sol**, en dessous de la zone de pompage des cultures commerciales à l'image de l'écosystème forestier en saison sèche. Cette capacité de se connecter à la réserve d'eau profonde permet de produire de la biomasse verte en saison sèche, d'injecter du carbone en continu dans le profil cultural et d'entretenir une activité biologique soutenue,
- **capacité à mobiliser de la fertilité** (extraction de nutriments par le système racinaire, puis remise à la disposition des cultures par minéralisation de la matière sèche). Et ceci, surtout en conditions de sols considérées comme improductives pour la plupart des cultures commerciales et/ou alimentaires, industrielles (selon les seuils critiques classiques de carences),
- **développement d'une forte activité biologique** soutenue toute l'année (les puissants systèmes racinaires de sustentation du sol constituent des milieux privilégiés, car protégés et jamais remaniés, et sont ainsi propices au développement et à l'activité de la faune et de la microflore),
- **pouvoir désintoxiquant des biomasses végétales** de couverture = contre la toxicité aluminique par exemple (le genre *Brachiaria*) ou contre la salinité (acides organiques divers lors de la minéralisation des biomasses de couverture).

Remarque :

Il est évident que toutes les biomasses de couverture renouvelables ne possèdent pas forcément l'ensemble des qualités et ne peuvent assurer toutes les fonctions décrites.

3.3. La multifonctionnalité des biomasses végétales de couverture renouvelables

Le concept de la « multifonctionnalité des biomasses végétales de couverture renouvelables » a été développé, au fur et à mesure de la construction de systèmes de culture de plus en plus performants et à vocations multiples. Ce concept a permis de forger des principes originaux de gestion de la fertilité et de l'enherbement au moindre coût, qui sont des atouts décisifs du Semis Direct, à la portée des agricultures les plus démunies.

3.4. Les principes de la gestion de la fertilité des sols

Sur sols très pauvres ferrugineux, ferralitiques (*ou/et très dégradés*), avec un minimum d'engrais minéraux, voire sans engrais minéraux, il faut simultanément utiliser des biomasses capables d'extraire de la fertilité de sols improductifs pour les cultures (*grâce à l'activité de leurs excréments racinaires*) et les associer, si possible, à la pratique de l'écobuage, limitée à la ligne de semis sur culture à large espacement.

L'écobuage, c'est une technique ancestrale (Ouest Cameroun, vallée du Niari en Afrique) est utilisé pour contrôler les adventices et mobiliser les nutriments essentiels non utilisables par les cultures avec travail du sol. Sa pratique, modérée et localisée, seulement sous la ligne de semis des cultures semées à grand espacement (*maïs, mil, coton, riz en doubles lignes*), oxyde fortement la matière organique et accélère sa minéralisation. Quand elle est associée au Semis Direct sur couvertures végétales à partir de systèmes forts producteurs de biomasse (*systèmes de production basés sur l'intégration agriculture-élevage*), la technique de l'écobuage permet immédiatement, sans aucun apport d'engrais ou un minimum (*fumier traditionnel, compost, faible niveau NPK*), d'atteindre des niveaux de productivités élevés et rémunérateurs, même sur des sols très pauvres que la tradition n'a pas su exploiter. Cette technique n'est pratiquée que comme effet « starter » pour mettre en route la minéralisation de la matière organique ; même s'il y a effectivement une perte notable instantanée de matière organique très localement sous la ligne de semis au cours de cette opération, la pratique associée du Semis Direct sur fortes biomasses permet de regagner cette perte très rapidement et assure ensuite un bilan en matière organique positif.

Valorisation des jachères ou jachères productives :

Les SCV permettent de supprimer la jachère sauvage, où l'on « abandonne les terres sans les valoriser » pendant plusieurs années. Le semis direct sur couverture végétale permanente permet, en effet, de supprimer totalement la jachère, remettant ainsi dans le circuit de production agricole tropicale, un énorme réservoir de terres aujourd'hui immobilisées. La remise en production de ce potentiel paralysé se fait à partir d'espèces fourragères qui restaurent rapidement la fertilité (*physique, biologique*), dominant totalement les adventices (*perte de fertilité naturelle et pression des adventices sont les 2 facteurs principaux d'abandon des terres à la jachère, en milieu tropical*). Ces espèces fourragères, ouvrent la voie immédiate à la construction de systèmes agriculture-élevage en Semis Direct, répondant de ce fait à la tradition d'élevage sous les tropiques.

Utilisation des légumineuses :

Beaucoup d'espèces, en particulier un très grand nombre de légumineuses, ont été étudiées pour leur potentiel à participer à des jachères améliorées ou à des couvertures vivantes. Cependant, les coûts, en termes de surface de terre et de main-d'œuvre, pour faire pousser et répartir le paillis pour la couverture de sol, ont découragé les exploitants agricoles d'adopter un tel système. Le système de culture en couloir utilisé dans certains endroits inclut la plantation de rangées de *Leucaena leucocephala* avec des maïs et des niébés cultivés entre les rangées. D'autres espèces de légumineuses arborées à croissance rapide ont été également employées. Les arbres légumineux utilisés jusqu'à présent demandent des niveaux appropriés de phosphore dans le sol et ne tolèrent pas l'acidité.

Culture intercalaire de *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) et de maïs au Ghana :



3.5. Les principes de gestion de l'enherbement en semis direct

- revoir, nuancer la notion de "mauvaise herbe" : ne pas éliminer systématiquement toutes les espèces,
- utiliser des biomasses de couverture qui sont, toutes, exclusives des autres espèces (relations dominantes de concurrence sur les adventices); ces biomasses ont développé des capacités exceptionnelles de compétition vis à vis des autres espèces, notamment par leur vitesse de croissance, leur aptitude à se nourrir préférentiellement et donc à exploiter, mobiliser efficacement les conditions de fertilité existantes. Au lieu de scénarios très diversifiés d'adventices concurrentes des cultures, on passe à un seul scénario avec une seule espèce à contrôler (forts atouts pour la formation et la diffusion). Ces biomasses, exclusives des autres espèces, sont la plupart du temps des espèces fourragères, des espèces alimentaires dominantes en conditions marginales d'alimentation hydrique (mil, sorgho, Eleusine), ou des pestes végétales (qui peuvent être des alliées précieuses pour le Semis Direct, à condition de savoir les maîtriser au moindre coût),
- contrôler les plantes de couverture avant l'implantation de la culture en Semis Direct :
 - soit sans herbicide, par roulage et/ou fauchage,
 - soit avec des herbicides totaux (*glyphosate seul ou associé ...*)
- Les adventices sont maintenus sous contrôle, sous les fortes biomasses desséchées, par effets d'ombrage et allélopathiques⁴. Ce concept des biomasses de couverture, dominantes et exclusives des autres espèces d'adventices, conduit à bâtir des itinéraires techniques sans herbicide, dès lors que ces biomasses offrent un écran d'ombrage protecteur très efficace (*importance et uniformité de la couverture sèche*) et des effets allélopathiques performants (*nature des molécules à effet herbicide, durée d'actions de ces principes chimiques qui est liée à la vitesse de décomposition des biomasses, elle même fonction de leur teneur en lignine et de leur rapport Carbone/Azote*). Cette voie de contrôle de l'enherbement constitue un mode de gestion, ou totalement naturel sans herbicide (*difficile cependant avec les pestes végétales et les espèces fourragères les plus puissantes; possible avec des biomasses annuelles telles que mil, sorgho, Eleusine, Crotalaires*), ou avec utilisation seulement d'herbicides totaux pour dessécher la biomasse avant semis; ensuite, aucun herbicide n'est employé dans la culture.

Compte tenu des relations de dominance totale que les meilleures biomasses de couverture manifestent vis à vis des adventices, il est possible, par un choix judicieux de la nature de biomasse, de faire évoluer à tout moment la flore adventice diversifiée vers un peuplement

⁴ Allélopathique : lorsqu'un végétal mort ou vivant, dégage des substances toxiques qui empêchent une autre plante de se développer.

mono spécifique qui soit facilement contrôlable et au moindre coût (*susceptibilité au roulage, au fauchage ou aux herbicides totaux très bon marché comme le glyphosate ou le sulfosate*); il y a donc possibilité d'adéquation entre choix de la biomasse de couverture et les meilleures molécules herbicides du moment (*les moins polluantes et les moins coûteuses*).

Il est nécessaire cependant, d'organiser dans la parcelle cultivée les peuplements des cultures commerciales, alimentaires ou industrielles, de manière à pouvoir intervenir rapidement avec facilité et efficacité, si nécessaire :

- soit avec des herbicides totaux (les plus faciles à utiliser),
- soit avec des outils manuels (houe ...).

3.6. Les avantages de ces techniques

Au niveau du sol :

- sol protégé contre l'érosion
- activité micro biologique du sol augmentée
- la fertilité s'améliore
- semis précoces, on peut profiter des premières pluies
- toutes les pluies s'infiltrant donc diminution du ruissellement
- réduction de l'évapotranspiration du sol
- minéralisation des couvertures
- amélioration des conditions de porosité

Au niveau des cultures

- meilleure nutrition hydrique et minérale : meilleurs rendements
- contrôle des adventices
- réduction des temps de travaux agricoles
- les itinéraires techniques sont simplifiés et le calendrier plus flexible

Au niveau économique

- augmentation ou stabilisation de la production
- diminution des coûts
- diminution des temps de travaux
- augmentation de la productivité du travail

Au niveau de la protection de l'environnement

- suppression de l'érosion
- diminution de la pollution des nappes et cours d'eau
- réduction de la déforestation en zone tropicale

3.7. Quelques faiblesses ...

- Il n'est pas toujours facile d'avoir une couverture de sol parfaite. Les herbicides totaux appliqués avant la mise en place de la culture ou avec un cache une fois la culture installée permettent de contrôler à bas coût les repousses d'adventices. Au bout de quelques années avec couverture permanente et complément d'herbicide, le stock semencier des mauvaises herbes s'épuise et le contrôle devient de plus en plus facile. Des herbicides sélectifs peuvent aussi s'avérer intéressants.
- Les systèmes avec semis direct et couverture permanente favorisent la vie de la microfaune et de la microflore dans le sol donc il est nécessaire de protéger les semences et la jeune plantule contre les insectes et les champignons qui compromettent un bon peuplement en début de cycle. Les expérimentations

conduites avec différentes molécules démontrent l'intérêt d'insecticides systémiques sur les céréales et d'associations de fongicides à large spectre sur les légumineuses.

4. La recherche au Bénin et les plantes améliorantes

A partir des années 1980, devant le constat de la faiblesse de l'utilisation des engrais minéraux en milieu paysan et surtout de la dégradation des zones en culture continue du fait de la pression démographique, la recherche a orienté ses travaux dans deux directions :

- l'utilisation des ressources locales et notamment des phosphates naturels,
- la régénération du statut organique des sols.

De cette époque date le démarrage des programmes de coopération internationale de la recherche béninoise avec différents instituts (IFDC, IITA) ou universités (Louvain, Hohenheim).

L'IITA a initié un programme de **cultures en couloir** avec *Leucaena* et *Cajanus*, et de **plantes de couverture** avec *Mucuna*. Les cultures en couloir n'ont pas connu de succès en milieu paysan et aujourd'hui la recherche préconise plutôt les cultures en bandes alternées. Le *Mucuna* a été vulgarisé dans le Sud, à compter de 1990. Les paysans ont adopté son introduction non pas tant pour un objectif de gestion de la fertilité mais plutôt parce qu'il s'avère un moyen de lutte efficace contre le chiendent. Ailleurs, le *Mucuna* est utilisé comme fourrage mais les paysans lui reprochent que ses graines ne soient pas comestibles. L'étude sur l'utilisation du *Mucuna* est approfondie tant par le RAMR que par l'IITA au sein de l'INRAB.

Mais d'autres plantes de couverture (*Glyricidia*, *Cajanus cajan* ou pois d'Angole, *Leucaena*, *Pueraria* et *Vigna*) sont aussi introduites dans les réseaux d'observations en milieu paysan.

Les essais d'utilisation de **phosphates naturels** (calcaire broyé du Bénin ou "fines" du Togo) ont montré que dans le Sud, les apports de phosphate devaient être associés à une régénération du taux de M.O. Dans le Nord, les essais ont été probants. La technologie proposée ne peut se diffuser car il n'y a pas de source organisée d'approvisionnement en phosphate naturel et le rapport coût/bénéfice de la technologie n'est pas satisfaisant avec les phosphates du Togo. Des essais sur légumineuses (niébé, soja, arachide) ont eu lieu avec analyse des autres besoins en fertilisation azotée et potassique.

Les tentatives de diffusion de **fabrication de fumier ou de compost** fait par la recherche ont abouti à de modestes résultats. Les procédés de fabrication classique avec stabulation sous abri et fosse fumièrre n'ont pas été adoptés car ils supposent des transports importants de matières des champs vers l'exploitation, un travail pratiquement quotidien de charge de la fosse et un arrosage. Il suppose aussi une alimentation apportée aux animaux en stabulation. Pour fabriquer une quantité significative de fumier, il faut un minimum de 3 à 4 têtes de bovins. Ceci explique que, même dans les exploitations équipées en culture attelée, la technique ne connaît pas un grand succès. Le parage des animaux, la stabulation sur des couches successives de résidus de récoltes ou même d'herbes de brousses apportées régulièrement ont connu un développement plus rapide. Une autre solution préconisée par la recherche cotonnière pour permettre la restitution des tiges de coton est, dans le Nord, de faire pâturer les champs de coton dès la fin de la récolte jusqu'à la fin de la saison sèche. Les champs sont débarrassés, le bétail trouve un complément d'unités fourragères et il y a une certaine restitution par les fèces. L'utilisation de la matière organique, obtenue sous une forme ou une autre, continue à poser des problèmes compte tenu de la faiblesse de l'équipement en moyens de transport et de charrues des producteurs.

Les techniques de **rotation à base de légumineuses** et de plantes fourragères ont été testées

(Stylosanthés, jachères à base de plantes herbacées améliorantes), les plantes de couvertures, les arbres et arbustes en agroforesterie (*Acacia auriculiformis*) ou simplement les associations de cultures (maïs, sorgho, arachide pour lutter contre le striga). L'intégration agriculture-élevage à travers ces différents essais ne mobilise pas les agriculteurs malgré des initiatives intéressantes de certains producteurs dans les régions du Nord principalement. Les conclusions assez unanimes des chercheurs sont que le problème de la matière organique est fondamental surtout sur les terres les plus dégradées du Sud, que les restitutions des résidus de récoltes sont à rechercher et que l'apport de fumure minérale en complément reste indispensable.

Les techniques culturales recommandant un **travail minimum du sol** n'ont pas fait l'objet de programmes de recherche. La pratique de non travail du sol et de semis direct sous couverture est peu connue des chercheurs et des développeurs. Par contre les techniques culturales et les dispositifs de **lutte antiérosive** ont été préconisés. Les structures foncières dans le Sud (faibles surfaces et faibles disponibilités en terre, spéculation) et la gestion foncière traditionnelle dans le Nord (défrichements incontrôlés, refus par les "ayants droits" des marques de propriété par les plantations d'arbres) freinent les initiatives et l'adoption de ces solutions.

La diffusion des solutions a pris une autre voie par deux canaux principaux :

- **La recherche développement** animée par la recherche agricole nationale avec l'appui d'Instituts ou d'Universités étrangères. La RD intervient sur des villages choisis comme représentatifs des différentes situations du pays. Elle a utilisé pour l'approche des villages les outils de la Méthode Accélérée de Recherche Participative. Dans les problèmes posés par les producteurs, la gestion de la fertilité constitue la première préoccupation. La RD s'inscrit dans la dimension "terroir" de la gestion de la fertilité plutôt qu'au niveau parcelle. Les thèmes relatifs aux plantes de couverture, aux assolements-rotations et à la production de matière organique ont été présentés aux producteurs et des plantes fourragères ont été introduites (*Stylosanthés hamata*, *panicum*). La gestion des conflits entre éleveurs et agriculteurs a aussi fait l'objet de mises au point de procédures d'arbitrage, de répartition de l'espace entre les zones de parcours, les couloirs de passage et les zones agricoles. De son côté l'IITA a poursuivi des tests en milieu paysan, soit par une approche thématique (essais randomisés) et établissement de courbes de production, soit par des essais plus intégrés en diverses situations agro pédologiques ou socio-économiques. Dans toutes ces approches qui sont participatives, on recherche la réaction des producteurs et son évaluation de la solution proposée. Ce canal de diffusion ne dépasse pas le proche environnement des villages choisis mais il sert de support aux visites de techniciens et de responsables du développement (administration, bureaux d'études, ONG, OP). Il permet un échange direct entre chercheurs et producteurs;

- **le développement** qui est géré du côté de l'administration par les CARDER puis CeRPA et par les Organisations paysannes (OP) du côté des agriculteurs. Aujourd'hui le transfert des fonctions de développement s'effectue vers ces OP. Si la fonction de conseil technique n'a fait l'objet que de quelques tentatives, cela est dû entre autres, à la difficulté pour ces OP de dégager les financements pour s'attacher les services de techniciens. La gestion de la fertilité s'inscrit dans ces programmes. L'ONG Songhaï installée dans le Sud diffuse les bases techniques d'une agriculture durable par le canal de la formation de jeunes et de responsables paysans sur un centre spécialisé. Des bureaux d'études nationaux sont chargés de l'exécution du Projet de gestion des ressources naturelles (PGRN) dans les cinq zones d'intervention qu'il a retenues. L'approche participative choisie, là aussi, amène les utilisateurs à avoir une vision globale de la gestion de terroirs et des techniques de

protection des ressources naturelles dont le sol. C'est dans ce programme que sont introduites les opérations de sécurisation foncière qui devraient déboucher sur un Plan foncier national.

L'analyse des taux d'**adoption** et d'application de ces différentes technologies ont fait l'objet de travaux d'enquêtes du Projet RAMR4. Sur l'ensemble des technologies proposées, on constate que celles considérées par les producteurs pour la gestion de la fertilité sont :

- l'application de la fumure minérale,
- la préparation et l'utilisation du fumier,
- la fabrication et l'utilisation du compost,
- la gestion des résidus de récolte,
- l'assolement et la rotation des cultures.

5. Le compost ou le fumier ?

Pour assurer le maintien à long terme de la fertilité des sols, l'utilisation des engrais minéraux ne suffit pas s'il n'y a pas de recyclage des résidus organiques. Avec seulement l'application des engrais minéraux, on assiste à une baisse de la matière organique du sol, un lessivage des bases échangeables et l'acidification des sols. Avec le temps, il en résulte une baisse progressive et conséquente des rendements.

Cette diminution des rendements en culture continue a surtout été attribuée à l'apparition de la toxicité en aluminium et à la déficience en d'autres éléments qui ne sont pas apportés par les engrais minéraux. Aussi, depuis plusieurs années, les chercheurs ont tenté de combiner le recyclage des résidus de récolte avec les engrais minéraux pour une production agricole durable dans la région. Dans la zone sahéenne, une réponse très significative suite à l'application des résidus de récolte et des plus hauts rendements sont obtenus quand on combine ces résidus de récolte avec les engrais minéraux. Par contre, dans la zone soudano-sahéenne, l'application des résidus de récolte n'a eu aucun effet sur les rendements du mil alors que les rendements en coques et en fanes de l'arachide ont augmenté très significativement suite à l'application des résidus de récolte.

Dans la zone soudanienne, des chercheurs ont montré que les rendements de sorgho diminuaient graduellement avec l'application des engrais minéraux et qu'ils ne pouvaient être maintenus qu'avec la combinaison du fumier et des engrais minéraux. Dans la zone sahéenne, les chercheurs ont aussi montré l'importance des amendements organiques pour le maintien de l'azote dans le profil du sol et la lutte contre le processus d'acidification des sols. Les mêmes résultats ont été obtenus dans la zone soudanienne où l'application des résidus de récolte a permis de maintenir une bonne saturation en bases échangeables et donc le maintien de faibles teneurs en aluminium échangeables.

Les résidus de récolte sont surtout utilisés sur la ferme comme source d'aliments pour le bétail, pour la cuisson des aliments et pour la fabrication des habitations et des clôtures. Il en reste en fait très peu pour l'utilisation en agriculture. Cette compétition pour les résidus de récolte suggère qu'il serait très important d'augmenter leur niveau de production au niveau de la ferme en utilisant dans un premier temps les engrais minéraux afin d'en avoir suffisamment pour l'amendement des sols.

5.1. Le fumier

En moyenne, les producteurs Béninois du Nord obtiennent 5 à 6 tonnes de fumier à l'hectare. Pour produire cette quantité, il faut 8 têtes de bœuf pendant cinq mois de parcage nocturne. Par animal, il faut 800 kg de matières sèches pour obtenir à la fin 700 kg de fumier par animal. La production du fumier se fait en contenant les animaux dans des étables qui

se couchent sur de la paille sèche apportée régulièrement par l'éleveur. Aussi, cette paille s'imprègne des urines et bouses des animaux, ce qui constitue le fumier.

L'utilisation de fumier implique donc de construire une étable, de rechercher régulièrement de la litière, de transporter le fumier au champ à la charrette et de réaliser l'épandage sur les parcelles de culture. Aussi, ces activités peuvent être couteuses et consommatrices de main d'œuvre : dans les zones où la végétation est très pauvre en biomasse, la production de fumier sera plus difficile

5.2. Le parage direct

Le parage direct est une forme de fertilisation endogène des sols régie par des contrats entre agriculteurs et éleveurs. Elle est surtout pratiquée dans le Nord Bénin. Les animaux passent les nuits sur la même aire pendant une dizaine de jours dans le champ et se déplacent ensuite sur une autre aire. En moyenne un animal peut fumer 250 m² pendant cinq mois. Pour fumer un hectare, il faut faire circuler un troupeau de bœufs de 30 à 40 têtes pendant environ quatre à cinq mois. Le grand nombre d'animaux qu'exige cette forme de fertilisation fait que seulement quelques exploitations parviennent à l'utiliser.

5.3. Le compost

Le compostage consiste à faire fermenter, dans des conditions contrôlées, des déchets organiques (paille, fumier frais, herbes, feuilles, écorces, déchets de culture, ...) en présence de l'oxygène de l'air. Il peut s'effectuer toute l'année, pour autant que l'on ait assez d'eau à disposition. Le compost peut avoir trois utilisations selon son état de maturité (durée du compostage) :

- frais (après 1 à 2 semaines), il peut servir en paillage (couverture du sol) pour limiter les adventices, diminuer la battance des pluies, l'échauffement du sol et l'évaporation ; à ce stade, il peut aussi servir pour la culture de champignons,
- après fermentation chaude (4 à 6 semaines), il est utilisable comme engrais/amendement organique à enfouir dans le sol (l'engrais vise à nourrir la plante ; l'amendement vise à améliorer la structure du sol). La matière organique agit dans le sol comme une éponge, en retenant l'eau et les engrais minéraux et en les diffusant à la plante au fur et à mesure de ses besoins. L'apport moyen en éléments fertilisants est de : N 0,5 à 2 ; P 0,4 à 1,2 ; K 0,2 à 1,
- après maturation (3 à 5 mois depuis le début du compostage), le compost peut servir pour la pépinière ou comme support de culture (cultures hors sol, plantes en pot, ...). En pépinière, on l'utilisera comme engrais/amendement localisé et pour les semis en caissettes, en mottes ou en godets ainsi que pour le bouturage (en sacs plastiques).

Enfin, il ne faut pas oublier que la matière organique joue également un rôle important de prévention phytosanitaire (nématodes à galles, etc.).

6. Les éléments minéraux : Azote, Phosphore et Potasse

Trois éléments minéraux majeurs sont indispensables à la croissance des plantes : l'azote (N) pour le développement de la plante, le phosphore (P) pour la résistance et le potassium (K) pour le rendement, la qualité et la résistance au stress (maladie et sécheresse). On les nomme communément NPK.

6.1. L'azote (N)

Bien que l'importance de l'application des engrais azotés ait été bien établie, leur utilisation reste très limitée en Afrique de l'Ouest à cause du coût élevé de l'azote, l'inefficacité du

système de distribution, les politiques agricoles inadéquates, le faible taux de recouvrement des engrais azotés et d'autres facteurs socio-économiques. Ces dernières années, les chercheurs se sont penchés sur d'autres moyens moins coûteux pour apporter l'azote dans les systèmes de culture et notamment sur la rotation légumineuses et céréales. Les légumineuses sont reconnues pour augmenter la fertilité du sol à cause de la fixation symbiotique de l'azote.

Une étude montre l'effet de la culture continue du mil, la rotation entre le mil et les légumineuses comme l'arachide et le niébé et la rotation entre le mil et la jachère dans les différentes zones de la région Nord du Bénin. Il en est ressorti que la culture continue du mil s'est traduite par une forte réduction des rendements alors que la rotation avec les légumineuses permet parfois de presque doubler les rendements, même sans apport d'azote. Il a toujours été assumé que l'effet bénéfique de la rotation était dû à l'apport d'azote par les légumineuses mais les rendements des légumineuses sont aussi faibles en culture continue par rapport à la rotation avec les céréales. D'autres avantages tels que la conservation du sol, le contrôle des maladies et des insectes, le maintien de la matière organique du sol, sont liés à la rotation. Nous pouvons donc conclure que l'adoption de la rotation céréales et légumineuses en plus de la culture associée pratiquée actuellement avec de très faibles densités de semis des légumineuses, pourrait diminuer voire même éliminer parfois les besoins d'application des engrais azotés.

6.2. Le phosphore (P)

La déficience constitue le facteur le plus limitatif à la production agricole dans la zone semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. Pendant plusieurs années, différents chercheurs ont entrepris plusieurs travaux afin de déterminer jusqu'à quel point se situe la déficience en phosphore et le besoin en phosphore des différentes cultures de la région. Ils ont également tenté d'évaluer le potentiel agronomique de différentes sources de phosphore et plus particulièrement les phosphates naturels locaux. Des chercheurs ont conclu que, pour les zones sèches, la réponse à l'azote ne peut être obtenue qu'une fois que la déficience en phosphore a été corrigée.

L'utilisation des engrais phosphatés commerciaux est très limitée dans la région à cause du coût élevé des engrais chimiques mais il existe des dépôts importants de phosphates naturels dans plusieurs pays. L'application directe des ressources locales de phosphates naturels peut être une alternative économique à l'utilisation des engrais importés et peut permettre une économie de devises.

L'efficacité agronomique des phosphates naturels dépend de leur composition chimique et minéralogique, ainsi que des facteurs du sol et du type de culture. En comparant différents phosphates naturels de l'Afrique de l'Ouest d'autres chercheurs ont trouvé que seuls les phosphates naturels de Tilemsi au Mali et Tahoua au Niger étaient aptes pour l'application directe.

L'efficacité des phosphates naturels est due à leur faible solubilité, ce qui se traduit par leur faible capacité à pourvoir le phosphore dans la solution du sol. L'acidification partielle des phosphates naturels (PNPA) peut être une façon d'augmenter leur solubilité. Le terme PNPA se réfère à des phosphates naturels qui ont été traités avec seulement une portion de l'acide (sulfurique ou phosphorique) requis pour convertir le phosphate tricalcium insoluble en phosphate monohydrate soluble à l'eau. Ainsi, le terme PNPA50 indique que 50% de l'acide requis pour complètement acidifier les phosphates naturels ont été utilisés pour préparer le produit. Ce produit peut être attractif parce que c'est un des moyens pour utiliser les phosphates non réactifs et qui permet de faire des économies. Par exemple, le coût de phosphate dans le PNPA est estimé être d'environ 80% de celui du superphosphate simple à la sortie de l'usine. De façon générale, les PNPA ont une efficacité agronomique très proche des engrais commerciaux importés.

6.3. La potasse (K)

Le mot potasse vient de l'anglais « Pot ash », qui veut dire pot de cendre, il y a deux siècles la potasse était extraite de cendre de bois dans de grands pots en fer. La potasse permet de diminuer la transpiration de la plante, ainsi sa consommation d'eau diminue et la plante résiste mieux à la sécheresse. A noter que les propriétés de la potasse sur la plante (fruit plus gros, résistance et sécheresse) correspondent aux problèmes actuels et futurs de l'agriculture (rendement, manque d'eau, maladie).

La potasse est utilisée à 95% par l'agriculture, le reste est consommé pour les détergents, les savons et le verre. Les engrais comptent pour environ 95 % de la consommation mondiale de potasse, et de petites quantités servent à la fabrication de savons, de verre, de céramique, de colorants chimiques, de médicaments, de caoutchouc synthétique, d'agents de déglacage, d'adoucisseurs d'eau et d'explosifs. Le sulfate de potassium (K_2SO_4) et le nitrate de potassium (KNO_3) sont les principaux autres engrais potassiques.

La potasse joue un rôle essentiel dans la synthèse des sucres et de l'amidon. Elle permet une meilleure mise en valeur de la fertilisation azotée. De plus, elle favorise la résistance au gel, à la sécheresse, aux maladies et au stockage. La potasse est aussi indispensable à la formation des racines ou tubercules. La potasse intensifie la coloration des feuilles, des fleurs et améliore la saveur des fruits. Une carence en potasse se manifeste par des tiges et feuilles molles, les fanes de pomme de terre brunissent prématurément. Les pois et haricots donnent peu. Les légumes se conservent mal. Les feuilles du sommet des arbres fruitiers se dégarnissent tôt

Conclusion

Il convient donc de **proposer au choix des agriculteurs une gamme de système de culture avec couverture végétale** qui combine différentes techniques en relation avec différents niveaux d'efficacité. A partir de l'évolution de leur compréhension des systèmes, de leur technicité et des conditions du milieu, les systèmes retenus évolueront naturellement vers ce qui leur convient le mieux.

Une condition essentielle pour la réussite et la durabilité des systèmes réside dans l'aptitude à **produire et gérer à moindre coût une biomasse végétale en quantité suffisante** pour assurer à la fois un rôle alimentaire (qui tend naturellement vers la disparition progressive de la biomasse du fait de sa minéralisation) et un rôle protecteur contre l'érosion et l'enherbement (qui suppose la pérennité d'une litière suffisante). Et c'est donc la bonne gestion de ces deux fonctions qui assurera la durabilité des systèmes de culture. En fonction de la saison, on pourra favoriser l'une ou l'autre des fonctions. Par exemple, en saison chaude et pluvieuse, c'est la fonction de protection qui pourra être favorisée par le choix de couverture à vitesse de minéralisation plus lente. Et c'est en inter ou contre saison que les fonctions de recyclage seront recherchées, la technique permettant de gérer l'association entre les plantes cultivées et les couvertures. Pour les systèmes avec couverture pérenne, la durabilité est étroitement liée à la maîtrise des couvertures pour qu'elles n'entrent pas en compétition avec les plantes alimentaires ou commerciales.

Il n'y a pas une solution mais des solutions techniques pour chaque exploitation. Il est important de répondre aux besoins des exploitants et cela en fonction de leurs objectifs et de leurs ressources.

Annexe : fiche technique sur la fabrication de compost

Le compostage consiste à faire fermenter, dans des conditions contrôlées, des déchets organiques (paille, fumier frais, herbes, feuilles, écorces, déchets de culture, ...) en présence de l'oxygène de l'air. Il peut s'effectuer toute l'année, pour autant que l'on ait assez d'eau à disposition.

Aménagement du site

Le site de compostage sera donc placé à proximité des champs, et situé près du point d'eau (bassin, puits, rivière, canal...). Afin de protéger les tas de compost des fortes pluies ou de l'effet desséchant du soleil, le site de compostage sera placé sous un abri léger ou à l'ombre d'un grand arbre. Cette ombrière devra couvrir une surface supérieure à celle occupée par les tas de compost en fermentation afin de laisser de la place pour les retourner. L'ombrière peut être constituée de quatre pieux et d'une toiture légère en bambous tressés, en paille ou feuilles de palmier. Le site de compostage sera entouré d'un brise-vent, placé à distance raisonnable afin de ne pas gêner les opérations de retournement. En dessous de l'ombrière, le sol pourra être bétonné si l'on craint la présence de termites. Ceci permet également d'éviter l'apport de terre lors des retournements.

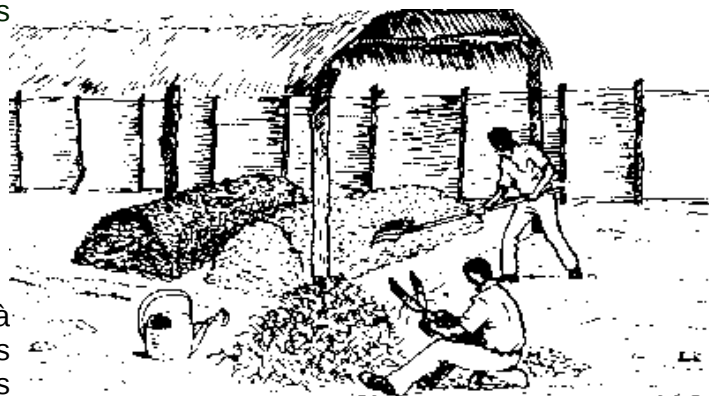
Si la gestion de l'humidité est bien faite (arrosage et ombre), la fabrication de fosses compostières n'est pas utile : outre le travail énorme que demande leur fabrication, les fosses rendent difficiles les opérations d'aération.

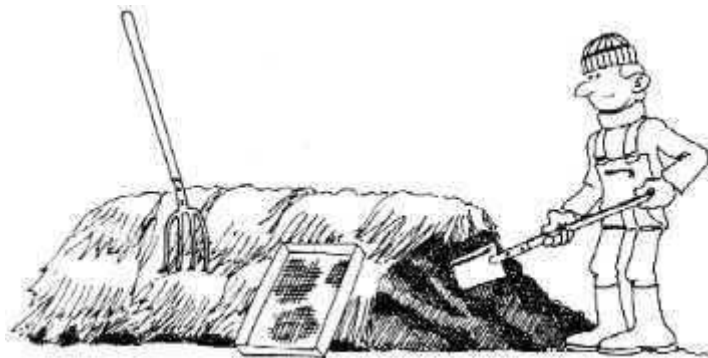
Matériel à prévoir

- Fourche,
- Machette,
- Brouette ou paniers,

Opérations pré-compostage

- Hacher ou broyer les matériaux à composter pour obtenir des morceaux de quelques centimètres de long. Si possible, faire tremper une journée dans un bassin d'eau les matériaux très secs (écorces, broussailles, coques d'arachide, ...)
- Mélanger des produits de différente composition,
- Former un tas allongé (andain) en arrosant chaque fois qu'une couche de 10 à 15 cm a été étendue; la hauteur du tas sera de 1 à 1,5 mètres et la largeur de 1,5 à 2 mètres; la longueur du tas dépend de l'espace disponible,
- La quantité d'eau à apporter dépend de l'état de sécheresse des matériaux de départ. L'idéal est d'obtenir un compost humide, mais pas mouillé. Il faut éviter que de l'eau coule à la base du tas (pertes d'azote). Ceci nécessite cependant l'apport de plusieurs m³ d'eau (fractionnés lors des retournements) par m³ de compost fini.





Fermentation chaude

Il est important que la fermentation de la matière organique se déroule à haute température (70°C) pendant plusieurs jours afin de réduire au maximum la présence des parasites et de semences de mauvaises herbes (qui sont sensibles à la température). Pour cela, il faut apporter de l'oxygène au centre du tas de compost en l'aérant régulièrement. L'aération est réalisée en retournant le tas à la fourche de telle façon que la partie extérieure du tas se retrouve au milieu et vice-versa. Lors de cette opération, il est important de casser les mottes qui se seraient formées et d'arroser si le compost est trop sec. On peut également améliorer l'aération en plaçant des fagots de bois ou de tiges de sorgho ou canne à sucre sur toute la longueur du tas, au niveau du sol. Les retournements pour aération auront lieu selon le schéma suivant :



(C = construction du tas ; R1, R2, R3 = retournements du tas pour aération)

Le nombre de jours entre les retournements est approximatif. Il faut retenir que l'aération doit être fréquente au début de la fermentation, puis de plus en plus espacée. Un compost frais peut être obtenu en 3 semaines alors qu'un compost mûr sera obtenu après 2 à 3 mois.

Maturation

Lorsque la fermentation est terminée, le compost est mis en tas, protégé par une couche de paille ou par l'ombre d'un arbre. La maturation du compost conduit à une diminution de la température (environ 45°C) et à la stabilisation de la matière organique. Cette phase dure de 8 à 12 semaines. Elle est très importante pour éliminer la toxicité éventuelle du compost (salinité, méthane, ammoniac, pathogènes, ...). Plus les plantes sont sensibles, plus cette phase de maturation devra être longue.

Opérations post-compostage

Avant utilisation, le compost peut être tamisé afin d'éliminer les particules trop grosses ou indésirables. Le tamisage se fait au travers de grillages plus ou moins serrés selon le résultat désiré :

- non tamisé = compost grossier pour paillage ou pour engrais/amendement organique
- mailles de 12 mm = substrat pour la culture hors sol ou le bouturage
- mailles de 5 à 6 mm = substrat pour semis

Les particules qui restent sur le tamis peuvent être remises dans le compost.

Pour vérifier l'état de maturité du compost, on prélève à différents endroits du tas une poignée de compost. Ces échantillons sont mélangés pour homogénéiser puis mis dans un

godet en plastique transparent et humidifiés. On y sème ensuite 20 graines de laitue et on pose un couvercle sur le godet. Pour faciliter la comparaison, on sème également 20 graines dans un godet contenant du sable humide que l'on aura préalablement désinfecté. Après 7 jours, on compte le nombre de graines germées. Lorsque le nombre de graines qui germent sur le compost et sur le sable est similaire, le compost est mûr et utilisable en pépinière (ou pour toute autre utilisation).

Produits à composter

La plupart des produits d'origine organique peuvent être compostés :

- pailles de céréales (riz, mil, sorgho, maïs...),
- balle de riz, fumier (zébu, poulet, mouton...),
- feuilles fraîches ou mortes (filaos, manguiers, neem, canne à sucre...),
- déchets d'élagage,
- écorce,
- déchets de cultures, etc.

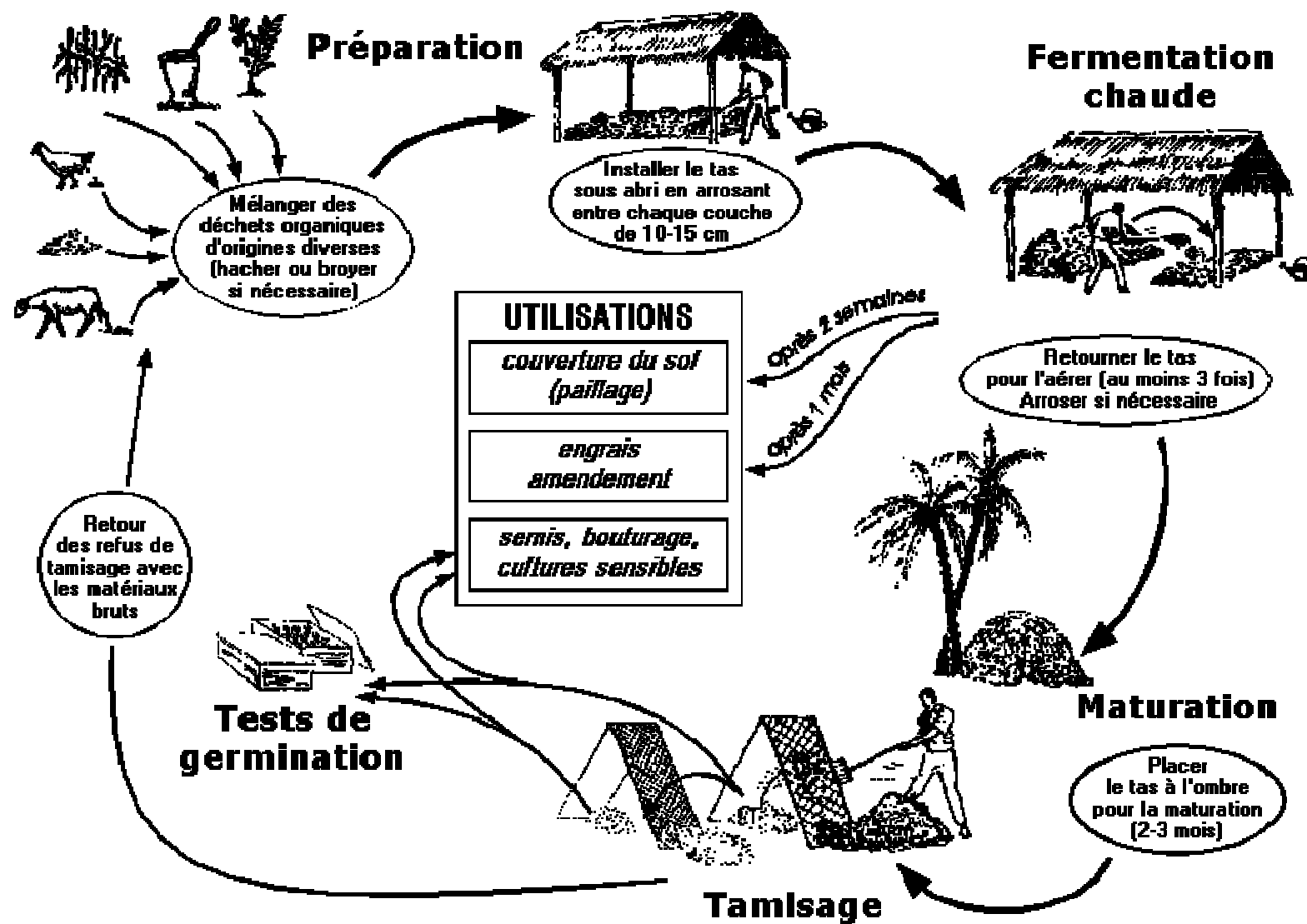
On évitera cependant d'utiliser les ordures ménagères en cultures légumières pour ne pas risquer de réintégrer des maladies et des graines indésirables.

D'autre part, il est important de respecter un équilibre dans la composition du compost en mélangeant des produits complémentaires. Il faut en effet assurer un équilibre nutritionnel aux micro-organismes qui vont transformer la matière organique brute en terreau de qualité. On pourra apporter également du calcaire, de l'urée (azote), de la corne ou des os broyés (azote et phosphore), de la cendre de bois (potasse), etc.

Guide pratique

Bien que la production de compost soit aisée à réaliser, une fiche technique ne remplacera jamais l'expérience et le savoir-faire. Les quelques conseils donnés ci-après pourront rappeler des points essentiels ou aider à résoudre certains problèmes quand rien ne va plus.

Problème	Origine possible	Solutions proposées
La température du compost n'augmente pas ou chute brutalement.	Compost trop mouillé	– laisser évaporer l'excès d'eau en exposant le compost au soleil; – protéger des fortes pluies (abri) ; – ajouter au mélange un matériau plus drainant (type P) ; – aérer et retourner plus souvent les tas de compost.
	Compost trop sec	– arroser la masse en fermentation ; – laisser tremper les produits avant de les composter ; – protéger le compost (ombrage, couche de paille, toiture, ...).
	Rapport carbone/azote (C/N) trop élevé	– ajouter de l'azote (urée, matériau de type N, ...).
	Manque de matières à fermentation rapide	– ajouter des produits de type F (fumier, feuilles fraîches, ...).
Le compost dégage de mauvaises odeurs.	Odeur d'œuf pourri ou de méthane (= manque d'oxygène)	– augmenter l'aération du compost (retourner les tas) ; – diminuer l'humidité (voir ci-dessus : "Compost trop mouillé") ; – améliorer la structure du tas (ajouter un matériau sec, drainant, ou pouvant absorber l'excès d'eau).
	Odeur d'ammoniac	– ajouter du matériau de type C pour réduire l'excès d'azote ; – vérifier le pH qui doit être neutre ou légèrement acide.



Le compostage en silo

Un silo a un volume de +/- 1 m³. Cette capacité est généralement suffisante si vous avez une parcelle d'une superficie de 3 à 10 ares. Pour faciliter le travail, vous pouvez construire 1, 2 ou 3 bacs (ou plus si nécessaire...). La technique du compostage en silo(s) est sensiblement la même que le tas mais adaptée à la quantité de matière à traiter. Elle est un peu plus simple et un peu plus propre.

L'aspect général du silo

Il existe différentes sortes de silos ou bacs. Ils peuvent être en bois ou bambous, munis de couvercles ou non, sur support ou non, avec ou sans porte ou face amovible. Si vous construisez un bac, vérifiez bien les points suivants:

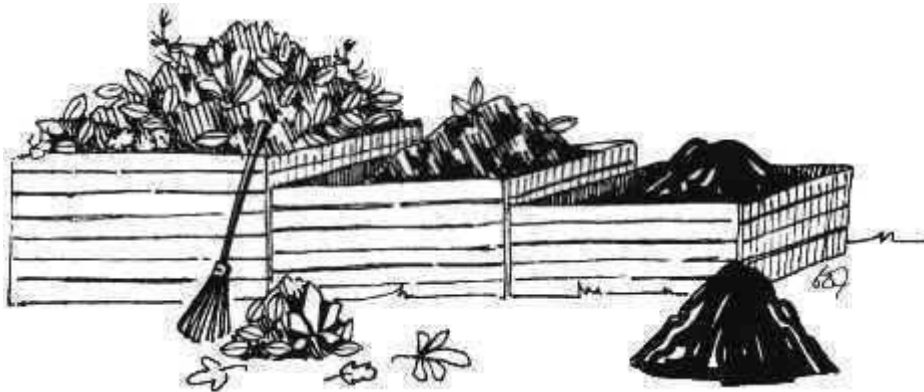
- L'accès à l'intérieur du bac par la face avant doit être aisé. Le retournement du compost ou son transfert doivent être faciles,
- La ventilation doit être bonne. Idéalement sur tous les côtés. Mais, les fentes ne doivent pas être trop grandes (1-2 cm entre les planches) surtout s'il est installé en plein vent,
- S'il est muni d'un fond, il doit être suffisamment percé.

Dans la pratique, il est plus facile d'avoir 2 à 3 silos. Le premier pour le compost jeune, le deuxième pour le retournement. Le troisième pour un deuxième retournement ou pour une réserve de matières carbonées. Vous pouvez aussi avoir 3 bacs + un bac de réserve carbonée avec éventuellement un bac d'eau pour le trempage des herbacées en graine ou du broyat. Toutes les variantes sont possibles. C'est à vous de voir selon la place disponible et la quantité de matières que vous composterez.

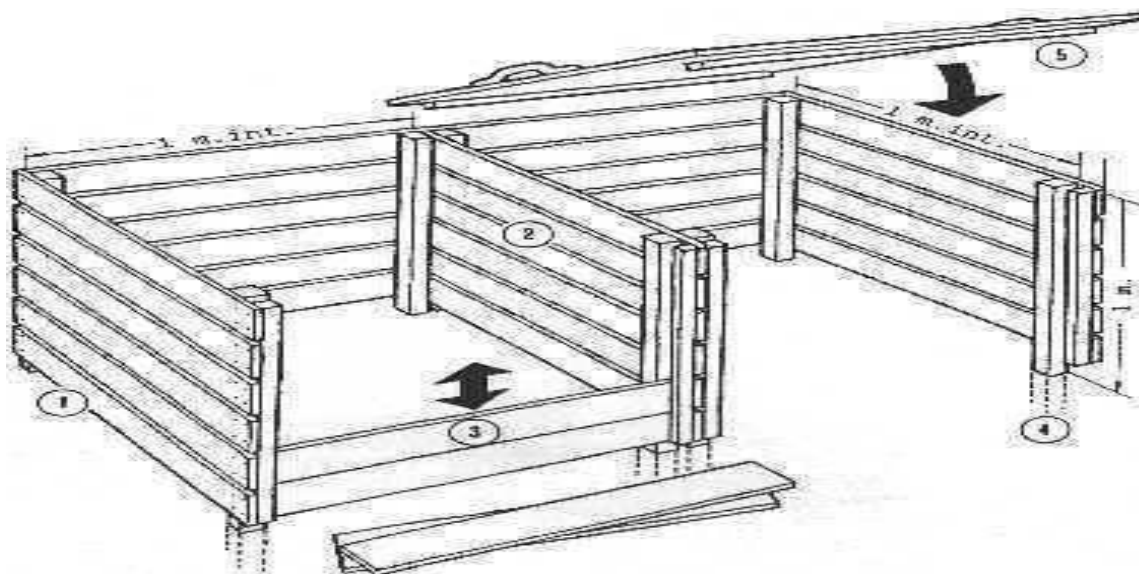
Fabrication d'un bac à compostage

Silos en bois : il est assez simple de fabriquer des bacs en bois. Le tout étant de respecter certains points:

- gardez un espace de 1-2 cm entre les planches composant les côtés pour la ventilation,
- faites une "porte" à la face avant du bac ou garder cette palette amovible.



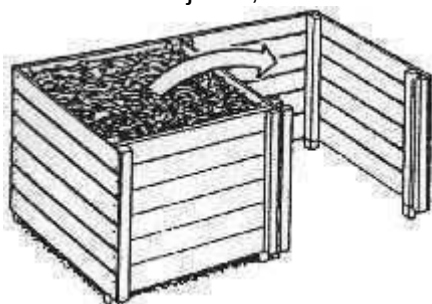
- Pas de fond, mettez un treillis sur le sol légèrement bêcher.
- Espaces entre les planches entre 1 et 2 cm.
- Face avant amovible pour faciliter les retournements.
- Piquets enfoncés dans le sol pour la stabilité.
- Couvercle amovible (avec ou sans charnière).



L'aération

Comme dans toutes les techniques de compostage, il est important que l'aération du compost soit très bonne. L'aération devra se faire par les côtés du silo mais aussi par le fond. Placez donc une couche de branchage ou de broyat sur le fond avant de commencer à mettre vos matières organiques. Dans le cas d'un silo en treillis, les trous dans le plastique permettent à l'air de passer par les côtés. Le couvercle évitera l'évapo-transpiration lors de la montée en température du tas et lorsque le temps est trop sec.

Comme toujours, le retournement est très important, surtout pour les gros volumes. Il



permet de ré aérer le tas. Les matières organiques vont en effet se tasser pendant la phase thermophile. Retourner le tas dans le deuxième bac avec la technique de la "fourche légère". Le premier retournement se fera après 1 mois. Les suivants peuvent être espacés (le deuxième à 3 mois, le troisième à 6 mois) ou se faire seulement sur les parties plus fraîches mais attention à l'anaérobiose. Si vous avec le temps, retourner le tas tous les mois...

L'humidité

La gestion de l'humidité dans un silo est un peu plus difficile à gérer que dans un fût. Elle dépend beaucoup des conditions atmosphériques. Avec l'expérience, vous trouverez les bonnes quantités d'eau à apporter. Si vous monter votre tas en une fois, vider un arrosoir +/- tous les 15-20 cm. Si vous montez votre tas au fur et à mesure, vérifiez et rectifiez l'humidité toutes les 2 semaines environ.

Le tas est généralement plus sec sur les bords. Ceci est dû à la ventilation. Un retournement avec un petit coup d'arrosoir arrangera cela. Le retournement est le moment idéal pour rectifier l'humidification du compost.

Une bonne gestion

Comme pour le tas, 2 gestions peuvent être exécutées:

- Le silo peut être monté une fois. Vous récoltez 1 m³ de matières (avec un bon équilibre C/N), vous mélangez bien pour avoir une bonne aération et vous montez le tas. L'avantage de cette technique est que la montée de température sera plus importante et plus longue.
- Le silo est monté par de petits apports réguliers. Il faudra alors mélanger de temps en temps. La montée de température sera moins importante.

Quels que soient les cas, il est bien entendu important de respecter les trois paramètres du compostage: rapport C/N, humidité, aération.

Pour éviter les odeurs et les prédateurs (mouchettes, rats, souris,...) il faudra toujours couvrir le dernier apport de matières organiques par une couche de carboné (feuilles, broyat,...). Le retournement est important. Il se fera avec la technique dite 'de la fourche légère'. Le premier retournement se fera après 1 mois, le deuxième après 3 mois, le dernier (normalement) après six mois. Si vous avez du temps à consacrer à votre compost, retournez-le tous les mois. Il sera toujours bien aéré et sera plus vite décomposé.

Le silo est plein ! Il ne vous reste plus qu'à le vider...

- Si votre silo est plein en trois mois, posez-vous la question... Construisez donc un second conteneur ou passez au compostage en tas.
- Le compost de votre bac sera utilisable après 6 ou 9 mois (ou plus en région froide) de sa mise en service. Il faut maintenant récupérer le compost mûr.
- Si votre système ne possède qu'un ou deux bacs, la technique la plus aisée est la suivante : Placez éventuellement un plastique au sol à côté du silo. Retirer la partie du dessus (non compostée) et mettez-la de côté. Dans la partie inférieure, récupérez le compost mi-mûr ou mûr et mettez-le à sécher. S'il en reste, retirer les brindilles du fond. Lavez éventuellement le bac. Replacer les brindilles (complétez éventuellement), ensuite le compost non fini, terminez par un peu de matières carbonées. Et voilà...
- Si vous possédez 3 bacs ou plus, après deux transvasements de bacs, dans le troisième silo, le compost obtenu sera homogène à la fin de sa maturation.