UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

La gestion durable des eaux et la restauration de la productivité des sols sur des pentes fortes densément peuplées pour une agriculture tropicale raisonnée : Synthèse de 58 années de recherches

Roose, Eric

2023
Montpellier
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1464

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

La gestion durable des eaux et la restauration de la productivité des sols sur des pentes fortes densément peuplées

POUR UNE AGRICULTURE TROPICALE RAISONNEE

Synthèse de 58 années de recherches



Par Eric Roose, éditeur scientifique

Avec la participation de 25 coauteurs

Montpellier, Mai 2023

Chapitre 16

Quelques plantes utiles pour maîtriser l'érosion et restaurer la fertilité des sols tropicaux

Par Henri-Dominique Klein, Eric ROOSE et Régis Peltier

1. Problématique

Depuis 50 ans, on assiste dans les pays du Sud au doublement de la population tous les 20 ans, au développement des villes, à la réduction des parcours, à l'appauvrissement de la fertilité des sols, à la réduction du couvert végétal et à l'augmentation des risques de ruissellement et d'érosion. En outre, le changement climatique risque fort d'augmenter les phénomènes pluviaux ou cycloniques extrêmes, alternant avec des sécheresses.

Pour faire face à l'augmentation des besoins de base, on a développé la mécanisation des travaux culturaux (labour, sarclage, billonnage) et de la lutte antiérosive (fossés, diguettes, banquettes, terrasses) entraînant l'extension des cultures plus que la productivité des terres.

Comme la conservation de l'eau et des sols (CES) réduit les pertes en terre, mais n'augmente pas nécessairement les rendements des cultures, la révolution verte a poussé à l'apport des intrants (engrais, herbicides, pesticides, irrigation) au point de ruiner les petits paysans, lors des années sèches, obligés d'abandonner leur terre aux grosses sociétés qui leur ont prêté le financement des intrants.

Dès les années 1980, des agronomes ont cherché à développer des systèmes de production intensifs mais exigeant moins d'investissement et respectant mieux les paysans et l'environnement (Roose, 1994 ; Dupriez, 1993 ; Billaz, 2016). Vu l'augmentation du coût des engrais minéraux, les agronomes ont poussé les paysans à développer les fumures organiques et les méthodes biologiques de gestion de l'eau et des nutriments des sols (Roose, 1994, 2017).

C'est pourquoi il nous a semblé utile de réunir dans ce chapitre des plantes (ligneuses et herbacées) et particulièrement des légumineuses qui peuvent être utiles pour protéger les sols cultivés de l'énergie des pluies et du ruissellement, augmenter le stock d'eau disponible pour les cultures, produire une abondante biomasse capable de séquestrer du carbone et produire de l'humus stable, nourrir le bétail, pailler les sols, fournir divers nutriments à la surface et dans le sol (jachère, compost, paillage, fumier) et restaurer leur fertilité (fixation de l'azote de l'air, phosphore assimilable + Ca +Mg +K qui vont améliorer le pH).

2. Les zones écologiques

Dans la liste des plantes utiles qui suit, on distinguera 7 groupes de plantes capables d'aider à la lutte antiérosive et à la restauration de la fertilité des sols en fonction de six situations écologiques :

1- les montagnes humides (MH) : des sols volcaniques fertiles, des sols humifères acides ou des sols caillouteux superficiels, un climat tropical d'altitude (alt.>1000 m), des pentes fortes, des prairies et des forêts d'altitude ;

2- les plaines et collines équatoriales humides (Eq): sols ferrallitiques acides lessivés, pluies abondantes (>1500 mm et saison sèche de <3 mois), des collines en demi-orange, des plateaux interrompus par des vallées à pentes raides ;

3- les plaines tropicales subhumides (Th = soudanien) ; des sols ferrugineux sableux lessivés et acides, des vertisols argileux fertiles, des savanes arbustives fréquemment brûlées, une seule saison des pluies, agressives mais irrégulières, de 1000 à >1500 mm, une saison sèche de 4 à 6 mois ;

4- les plaines et collines à climat tropical sec (TS) (P= 1000 à 400 mm avec 6 à 8 mois secs et des orages erratiques), des sols ferrugineux sableux peu lessivés, des vertisols ou des sols alluviaux dans les plaines, des savanes herbeuses ou des steppes ;

5- les plaines sahéliennes et montagnes subdésertiques (SD) (Pluies de 400 à 100 mm/an, une courte saison humide et des averses irrégulières), des sols bruns rouges, des sols salés ou calcaires ou des dunes sablonneuses. La température varie de 15 à 35°C au Sahel, avec des écarts nocturnes importants. Il s'agit d'une vaste étendue de steppes herbeuses et arbustives sahéliennes entre Dakar et la Somalie.

6- les collines méditerranéennes ; pluies de 400 à 1500 mm, une longue saison sèche et chaude et une saison humide et froide, des sols rouges, des sols noirs vertiques et bruns sur marnes ou roches sédimentaires dures, des sols calcaires ou salés, depuis des montagnes jadis recouvertes de forêts jusqu'aux plaines semi-arides.

3. Des plantes de couverture associées aux cultures (en vue du semis direct)

Il s'agit de plantes herbacées semées entre les lignes de maïs, sorgho, coton, etc., avec 2 ou 3 semaines de retard par rapport à la culture principale, lors du premier sarclage, en même temps que l'apport d'un complément minéral. Leur croissance est d'abord lente sous le couvert principal, mais suffisant pour réduire la croissance des adventices, sans trop

concurrencer la culture. Dès que la récolte principale est terminée, ces légumineuses envahissent le terrain et étouffent les adventices résiduels.

Si on protège ces champs des feux de brousse et du bétail, le sol reste couvert d'une végétation sèche qui a produit un grand nombre de graines, si bien qu'il est relativement aisé de procéder au semis direct de la culture principale sous cette litière dès la première pluie de la deuxième campagne (économie du labour et du sarclage). Problème : en Afrique, les feux de brousse et la vaine pâture sont traditionnels.

***Montagnes :**

- *Dactylis glomerata*, *Pennisetum pedicellatum*, *Chloris gayana, Brachiaria ruziziensis, Setaria sphacelata* (Rwanda, Neuman *et al*., 1985 ; Ndayizigiye, 2017) : graminées fourragères.

***Plaines équatoriales :**

- ***Stylosanthes gracilis* et *S. guyanensis*, (**légumineuses des zones forestières humides de Côte d'Ivoire et des plateaux de Madagascar) : graines abondantes, germination après 24 heures de trempage dans l'eau chaude ; bon fourrage à couper et à pâturer.

- *Pueraria phaseoloides* : peut être utilisé comme plante de couverture avec des plantes pérennes, comme le palmier à huile, l'hévéa ou le cocotier, mais cette légumineuse lianescente peut devenir invasive et étouffer la culture principale. Chez les petits agriculteurs, mieux vaut préférer des légumineuses moins envahissantes et produisant des graines comestibles (arachide, niébé, etc.).

- ***Centrosema pubescens*** : fournit un bon fourrage pour le bétail.

- Crotalaires, *Arachis pintoi* (Martinique) : légumineuses à semer entre les lignes de maïs ou de bananiers.

***Plaines tropicales subhumides :**

- *Mucuna pruriens* var. *utilis* : (ex. Sud Bénin), légumineuse rampante, semis entre les rangs de maïs/coton, se développe bien avant la 2eme campagne, se ressème naturellement, restaure bien le C, N pH du sol et améliore durablement les rendements ; fourrage peu appété par le bétail. Il peut être utilisé pour contrôler les herbacées invasives comme *Imperata cylindrica*.

- ***Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Crotalaria sp.*** : légumineuses intercalaires utilisées au Nigeria central (Lal).

***Plaines tropicales sèches :**

- *Calopogonium mucunoïdes* : zone soudano-sahélienne, plaines semi-arides (Nord-Cameroun : Boli *et al*., 2017) ; graines abondantes ; convient pour le semis-direct ; restaure bien le sol, bon paillis qui protège contre le ruissellement et l'érosion ; fourrage consommé seulement par les ânes et les bovins quand il ne reste rien d'autre à brouter.

- *Stylosanthes hamata* : convient pour les zones de savanes plus sèches (Nord-Côte d'Ivoire, Nord Burkina, savanes du N.E.du Rwanda) : graines abondantes à tremper dans l'eau chaude durant la nuit ; cette légumineuse couvre lentement le sol et améliore sa fertilité mais elle a un effet sur la résistance à l'érosion moindre que certaines graminées ; un mélange Graminées-Stylosanthes est à rechercher ; un des meilleurs fourrages tropicaux pour le gros et petit bétail.

-***Pueraria phaseolides, Desmodium intortum, Centrosema pubescens :*** bons fourrages utilisés à Madagascar et dans toute l'Afrique.

4. Des jachères forestières : la jachère est le plus vieux moyen utilisé par les agriculteurs pour restaurer la fertilité des sols épuisés par la culture sans intrant et pour contrôler les plantes envahissantes, les maladies des cultures et les insectes qui leur sont nuisibles.

Tant que le sol contient des graines, tubercules, souches d'arbres et racines capables d'émettre des rejets, drageons et marcottes, mieux vaut laisser se développer la végétation forestière naturelle. Celle-ci a une bonne biodiversité et contient de nombreuses espèces bien adaptées aux conditions écologiques locales.

Mais les agriculteurs seront d'autant plus motivés pour conserver ce recru et le protéger du feu, qu'il contiendra des plantes utiles pour leurs productions (bois, fruits, pharmacopée, chenilles comestibles, gomme, produits de vannerie, etc.) et des services (protection et restauration de la fertilité du sol, régulation de l'infiltration des eaux de pluie, abri du gibier, abri et pâturage aérien du bétail, etc.). Pour enrichir ces jachères naturelles en plantes utiles, on pourra procéder à des plantations dites d'enrichissement ou, le plus souvent, à la technique de La Régénération Naturelle Assistée ou RNA (Peltier *et al.*, 2014). Par exemple, en République Centrafricaine, au sud de Bangui, les agriculteurs qui pratiquent l'agriculture sur brûlis en zone de contact entre forêt et savane, craignent la « savanisation » de leurs terroirs. Appuyés par le projet PDRSO, ils pratiquent la RNA au cours du sarclage de leurs champs de manioc et de leurs bananeraies. Les espèces de grands arbres qu'ils ont conservés en plus grand nombre sont : *Ceiba pentandra, Terminalia superba, Ricinodendron heudelotii, Albizia zygia, Pycnanthus angolensis, Triplochiton scleroxylon, Entandrophragma angolense, Morus mesozygia, Staudtia kamerunensis, Piptadeniastrum africanum* et *Pouteria altissima*. Les arbres de taille moyenne sont : *Myrianthus arboreus, Ficus mucuso* et *Macaranga barteri*. Les petits arbres sont représentés par : *Ficus exasperata, Dracaena arborea, Rauvolfia caffra* et *Tabernaemontana crassa* ; les arbustes par *Trema orientalis.*

Par contre, en savane naturelle, ou lorsque le sol a été dégradé et la végétation naturelle remplacée par des plantes invasives, en particulier en raison du passage répété des feux, la plantation s'avère souvent indispensable, doublée par une protection contre la concurrence herbacée et le feu (installation des jeunes arbres en association avec des cultures (méthode Taungya) et ouverture d'un pare-feu désherbé de 10 m de largeur autour de la plantation. Notons que l'espèce herbacée invasive *Imperata cylindrica* est particulièrement difficile à éradiquer et nécessite souvent un coûteux arrachage manuel ou l'utilisation de désherbants chimiques qui présentent des risques pour les utilisateurs et l'environnement. Mieux vaut donc intervenir avant d'en être arrivé à une prairie d'Imperata !

Il s'agit alors de planter toute la surface du terrain avec des arbustes ou des arbres à croissance rapide et à écartement relativement faible (3 x 3m pour les acacias), capables de contrôler les herbacées invasives et de restaurer la fertilité du sol en quelques années (5 à 10 ans, au lieu de 20 à 30 ans pour une jachère naturelle sur savane). Par leur réseau racinaire, leur litière et la biomasse (hors bois de chauffe) enfouie par labour ou déposée en paillage à la surface du sol, ces jachères favorisent les activités de la faune et de la microflore du sol, la formation d'humus, la porosité du sol et la richesse en nutriments assimilables extraits de la roche altérée, de l'air, des poussières et des pluies (Harmand et Balle Pity, 2001). Parmi les espèces les plus citées dans la littérature, on peut noter :

******Tephrosia vogelii* **:** Alt : 1500 m, haut plateau Madagascar) M.A. Razafindrakoto, 2017.

******Tephrosia candida* : SE Nigeria, plaines humides, ultisol acide (Ikpe et Gbaraneh, 2017).

******Acacia auriculiformis* : Rép. du Congo Kinshasa, Congo Brazza, Rép. Centrafricaine, tropical humide, sol sableux (Peltier *et al.*, 2017). Cette légumineuse arborée contrôle bien les plantes invasives (*Chromolaena odorata* et *Imperata cylindrica*) et produit de grandes quantités de bois utilisé pour la fabrication de charbon de bois, ce qui fournit de bons revenus aux agriculteurs qui l'introduisent en rotation avec leurs cultures. Cependant, si on utilise plusieurs fois la rotation entre culture de maïs + manioc et jachère à acacias, sans aucun amendement, on finit par appauvrir et acidifier le sol (Dubiez *et al*., 2018). Un apport de roche broyée contenant du calcium et du magnésium peut corriger cette baisse progressive de fertilité.

******Acacia polyacantha* **et** *Acacia senegal* **:** en zones soudano-sahéliennes, ces légumineuses arborées fournissent du bois de feu, de la gomme arabique et du fourrage pour les petits ruminants et peuvent redonner leur fertilité en une dizaine d'années de plantation à des sols épuisés par les rotations de culture sorgho-coton pratiquées pendant plusieurs décennies.

* ***Senna siamea*** **(caesalpiniacée)** fournit un bon bois de feu et de services**,** mais les agriculteurs préfèrent planter cette espèce en bord de route ou de parcelle, où ces arbres peuvent être émondés « en têtard »: Nord Cameroun, climat tropical sub-humide, sol ferrugineux très sableux, (Harmand *et al.*, 2017*)* ; produit en même temps du bon bois de feu et de construction (Burkina, Dupriez *et al.,* 1993).

***Calliandra calothyrsus* :** haies vives en montagne sur sol acide (Rwanda, Ndayizigiye),

***Flemingia congesta* :** climat tropical humide (Plateau malgache, Razafindrakoto)

***Leucaena leucocephala* (plateau malgache, Razafindrakoto**) (attention, cette légumineuse qui produit de nombreuses graines peut devenir envahissante, en particulier sur les talus, bords de canaux et de route) : arbuste très utilisé comme haie vive (Rwanda, König, Ndayizigiye, 2017).

***Jachère bananière** considérée plus efficace que la jachère forestière au Burundi (Duchaufour, 2017). Grâce à la production très élevée de biomasse, le bananier améliore la fertilité du sol plus que les autres types de jachère, tout en produisant des bananes.

5. Parcs et arbres fertilitaires

Il s'agit d'arbres isolés (30 à 100 arbres par ha), préservés lors du défrichement sélectif, sélectionnés parmi les repousses ou plantés, qui rendent des services particuliers : fruits, feuilles nutritives, litière, écorces/médicaments, gousses et feuillages fourragers, bois de chauffe, ombrage, remontées biologiques par les racines, la litière ou les déjections des animaux qui s'abritent à l'ombre. Légumineuses ou non, ces arbres sont connus par la population pour améliorer la fertilité du sol et favoriser la production des cultures sous et alentour de ces arbres (Charreau *et al.*, 1965 ; Dupriez, de Leener, 1993).

*** Karité (*Butyrospermum parkii*) :** produit des fruits et de l'huile en zone de savanes soudaniennes (Burkina Faso), cet arbre peut être émondé tous les 8 ans et fournir ainsi du bois de feu et du fourrage d'appoint pour les zébus, en fin de saison sèche (Peltier *et al.*, 2007) .

*** Baobab (*Adansonia digitata*),** zone soudano-sahélienne du Sénégal au Tchad : feuilles et fruits comestibles, stockage des récoltes de céréales et d'eau (Madagascar).

*** Néré (*Parkia biglobosa*)** (légumineuse) plateau du Burkina Faso, N. Côte d'Ivoire, Mali; zone soudanienne (Roose, 1993), feuilles et gousses fourragères, les graines fermentées fournissent un condiment apprécié en cuisine soudanienne (soumbala), fertilitaire.

*** Faidherbia (*Acacia albida*)** (Sénégal, Nord Côte d'Ivoire, Burkina, Niger, jusqu'en Ethiopie) Savane sahélienne semi-aride, feuilles et gousses en saison sèche = fourrages, pas d'ombrage en saison des pluies, fertilitaire (Charreau *et al*., 1965 ; Peltier, 1994).

*** Cassias (*Senna siamea et Senna spectabilis*) :** zone soudano-sahélienne, usages multiples, mais surtout bois-énergie par émondage de haies (Nord-Cameroun).

*** Tamaris parviflora**; fruits utilisés pour faire une sorte de limonade en zone soudanienne humide (Mali sud, Dupriez, 1993).

*** Palmier rônier (*Borassus aethiopum*) :** sa sève fermentée sert à fabriquer un vin de palme, son bois fendu sert à fabriquer des chevrons résistants aux termites, le germe de la graine est consommé comme légume, les feuilles peuvent couvrir les toits, fabriquer des clôtures et des nattes (zone soudanienne, Côte d'Ivoire). Dans les bas-fonds de la zone sahélienne, le palmier Doum (*Hyphaene thebaica*) joue le même rôle, mais avec une production de vannerie plus importante (Peltier *et al.*, 2008), quoique concurrencée par les produits en plastique importés du Nigeria.

*** *Prosopis juliflora*** : originaire d'Amérique centrale, fertilitaire, savane sèche, (Dupriez 1993), donne un bois de feu mais peut devenir envahissant dans les bas-fonds et sur les sols salés (lac Tchad, Tanzanie).

*** *Erythrina abyssinica* :** fertilitaire des montagnes d'Afrique de l'Est (Dupriez, 1993).

*** *Grevillea robusta* :** Le « chêne soyeux d'Australie », utilisé en agriculture écologique, est largement planté en moyenne altitude au Rwanda et au Burundi ; il fournit du fourrage, du paillis et surtout un bon bois de sciage, (Dupriez, 1993). En Inde centrale, il est associé aux plantations de café arabica. Sur le plateau central d'Haïti, il borde les chemins.

* ***Polyscias fulva, Maesopsis eminii, Cedrella odorata, Grevillea robusta*** + agriculture écologique ont augmenté les rendements des cultures et amélioré les sols (pH, P, K, Ca, Mg), mais diminé l'humus (N + MO) car minéralisation activée (König, 2017).

*** *Guiera senegalensis*** : zone soudano-sahélienne, après la récolte des cultures, les rejets de cet arbuste fixent le sable contre l'érosion éolienne ; puis ils sont coupés avant remise en culture et sont récupérés comme bois-énergie, paillage et fertilisant après la saison sèche (Louppe, 1991, Roose *et al*., 1993).

*** *Piliostigma reticulatum* et P. *thoningii* :** zone soudano-sahélienne, légumineuse non fourragère. Les branches sont récupérées comme paillage et fertilisant ou haie vive, bon bois de feu, l'écorce sert de liens (Roose *et al*., 1993).

*** Caïlcedrat (*Khaya senegalensis*), *Ficus sp*., *Diospiros mespiliformis*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia albida*, *Vitex doniana*, *Acacia polyacantha, Anogeissus leiocarpus, Terminalia brownii* :** Monts Mandara, Nord-Cameroun, crevasses entre rochers, création de champs en terrasses (Seignobos et Tchotsua, 2017).

*** *Casuarina equisetifolia, Prosopis juliflora, Simamba glauca*** : versants érodés des collines de Haïti (Brochet *et al.*, 2017).

*** *Populus alba* et *P. nigra, Alnus glutinosa*** (espèce non légumineuse dont les racines sont associées à des bactéries fixatrice d'azote), **Frêne (*Fraxinus excelsior*)** (fourrages, bois de

construction et d'artisanat), **fruitiers, noyers, cerisiers, pommiers en Haut Atlas marocain >1000 m d'altitude,** souvent plantés sur lithosols colluvio-alluvionnaires sur les terrasses actuelles, vallées N'fiss, Rhéraya, Ourika, en montagnes semi-arides (Roose et Sabir, 2017)

6. Haies vives arbustives ou herbeuses : terrasses progressives

Montagnes humides:** ***Leucaena leucocephala, Caliandra calothyrsus, Tephrosia vogelii (Rwanda, Ndayizigiyé et Madagascar, Ratsivalaka, 2017) ;

Subéquatorial humide :** ***Flemingia congesta , Gliricidia sepium;

Tropical sec :** ***Leucaena leucocephala, Euphorbia balsamifera, Jatropha curcas **(huile carburant).** ***Citrus aurantifolia, Erythrina senegalensis, Ziziphus mauritiana*** **:** climat soudano-sahélien, fruits, épineux pour haies de limite de champs, ***Moringa oleifera*****,** ***Commiphora africana, Prosopis juliflora, Acacia ataxacantha*****,** ***A. senegal*** et ***A. nilotica.***

******Desmodium, Andropogon gayanus/tectorum, Pennisetum purpureum, Digitaria umfolozi*** pour le renforcement des diguettes et talus en terre (Nord-Côte d'Ivoire, Roose, 1993).

Tropical sec, Haïti :** ***Euphorbia lactea **et** ***E. tiruculati*** **(Brochet, 2017)**

Sahélien semi-aride:** ***Opuntia, cactus, agave, amandiers, Euphorbia balsamifera

semi-aride méditerranéen :** ***Atriplex numularia, Medicago arborea, Casuarina**, Abricotier sur cordons de pierres : steppe sur sol calcimagnésique en Algérie (Arabi** ***et al.*** **2017).**

7. Bandes d'arrêt enherbées :

***** ***Andropogon gayanus :*** tropical humide, sol ferrallitique, Nord-Côte d'Ivoire, Burkina Faso.

******Pennisetum purpureum*** : tropical soudano-sahélien, plateau Burkina

******Setaria sphacelata, S. splendida, Pennisetum purpureum, Tripsacum fasciculatum + Musa sinensis* **:** lignes d'arrêt au Cameroun et Rwanda : Ndayizigiye Roose, 1994)

Bandes d'arrêt « manger » (Haiti) : canne à sucre, ananas, bananiers (Brochet** ***et al.**, 2017) ; Agaves : fibres , alcool (Mexique : Prat, 2017).**

8. Fixation des ravines

S'il s'agit de petites ravines conservant un peu de sol meuble, il suffit généralement de planter quelques seuils de macro-boutures pour ralentir le ruissellement et accumuler des sédiments. Si le ravinement a entaillé le versant jusqu'à la roche altérée, il faut d'abord stabiliser le fond à l'aide de petits seuils en grillage, en pierres sèches ou en gabions et ensuite planter dans les sédiments des herbes fourragères et des arbres supportant l'excès d'eau en saison des pluies et la sécheresse en saison sèche : par exemple, peupliers, frênes, aulnes en zone méditerranéenne (ex. en Algérie : Roose *et al.*, 2017). Enfin s'il s'agit d'un gros ravin entaillé jusqu'à la roche et qui roule des pierres couvrant tout le fond, il faut d'abord implanter des seuils bétonnés solidement au fond et dans les rives (Lilin & Koohafkan, 1987 ; Brochet, 2017, en Haïti), puis installer un système multi-étagé comportant des bananiers plantains, des cannes à sucre, des cultures vivrières produisant rapidement, des arbres fruitiers (manguiers, arbres à pain, goyaviers, citrus, etc.) et des haies vives de cactus , opuntia et acacias épineux pour défendre les cultures des animaux .

****Montagnes et collines semi-arides méditerranéennes*** : *Populus alba, Fraxinus excelsior, Salix (saules), Alnus glutinosa, Eucalyptus camaldulensis* (dans les zones où il ne gèle pas), Lauriers roses, Oliviers, Palmiers dattiers, Noyers, Bambous divers, *Chamaerops humilis*, Opuntia linguiformis (figues de barbarie), cannes de Provence.

****Zones tropicales semi-arides :*** *Ipomea fistulosa, Ipomea triloba* (Lebourgeois et Seignobos, 1995), Vetiver (National Research council, 1993).

9. Discussion et conclusions

*On observe une grande diversité de plantes à retenir en fonction du microclimat et des produits multiples attendus. Il est parfois difficile de choisir entre des plantes fertilisantes, à croissance rapide pour produire de l'énergie et des fourrages et des plantes à croissance plus lente mais résistantes aux dégâts causés par les animaux en parcours libre et par les feux de brousse (chasse, défrichement, imprudences). Il est donc indispensable de tenir compte de l'avis de la communauté des villageois, de l'impliquer dans les projets et d'introduire progressivement des nouveautés qui semblent alléchantes aux techniciens de la LAE : il est nécessaire de faire chaque année une évaluation critique sur la réussite, les écueils et les aménagements à prévoir.

*Plus l'environnement est aride, plus l'implantation de végétaux en milieu dégradé est aléatoire et demande de s'appuyer sur des structures mécaniques légères favorisant l'infiltration des pluies sur les sites où on espère introduire une végétation nouvelle (ex. cuvettes du ZAI, demi-lune, réseau de diguettes et fosses d'infiltration sur les planosols « Hardé » du Nord-Cameroun (Peltier, 2013) ou cordons pierreux (plateaux du Niger, etc.) sur lesquels on installe des lignes de défense arbustives ou arborées).

*En pratique, le choix de l'espèce dépendra aussi de la disponibilité locale en graines, boutures ou plants : les ONG ont souvent un rôle important pour fournir les semences des plantes convenant aux aménagements préconisés et pour lancer des pépinières, après avoir observé d'abord la flore indigène bien adaptée aux conditions locales. Une solution

pragmatique consiste à planter une espèce exotique à croissance rapide, dont on espère un revenu assez rapide, puis à laisser se développer, à son abri, des espèces locales spontanées (herbacées, lianes, arbustes et arbres ligneux) (Tassin, 2019). Le fait d'espérer un revenu à court terme, motive l'agriculteur pour protéger sa plantation contre le feu, le bétail et les plantes invasives ; il pourra ensuite laisser pousser les plantes à usages multiples à croissance plus lente, pour profiter de leurs produits ou services pendant sa vieillesse.

*Dans l'espace cultivé, choisir des espèces à usages multiples, à croissance rapide mais pas envahissantes, à ombrage faible (ou émondées) et faible concurrence en eau et nutriments : prévoir la taille des branches (3 à 5 émondages par an) et des racines superficielles (sous-solage à 50 cm de la ligne de plantation pour favoriser l'enracinement profond). Les émondes servent de fourrage en saison sèche et de paillage en saison des pluies. Il reste à trouver les outils adaptés à l'émondage (sécateurs et pinces locales).

*Les graminées se développent plus vite que les légumineuses et les arbustes, mais elles épuisent les nutriments du sol : après 3 à 5 ans, les touffes s'épuisent et retiennent mal les eaux de ruissellement et les sédiments érodés. Il est déconseillé d'aménager des haies combinées de lignes d'herbes et d'arbustes ou d'arbres (plus lents à installer) car les herbacées ont un impact négatif de longue durée sur la croissance des arbres (König, 2017). Par contre il est conseillé d'associer diverses légumineuses et arbres fertilitaires pour produire durablement du fourrage pendant que se forment les terrasses progressives.

* Les arbres produisent plus de biomasse que les herbacées : ils redistribuent plus de carbone et de nutriments à la fois au niveau de la litière et des racines et améliorent la porosité du sol et sa capacité d'infiltration en profondeur. Les légumineuses captent l'azote de l'air, mais ont besoin d'un milieu à pH neutre et à phosphore plus disponible : sur les sols acides, l'apport de bases, de phosphate de chaux et de mycorhizes est indispensable pour développer leur capacité de fixer l'azote de l'air (Dupriez et Leener, 1993 ; König, 2017).

* La conservation des sols déjà largement dégradés ne suffit pas aux gestionnaires des terres qui ont besoin d'en tirer les ressources nécessaires à la vie épanouie de leur famille : ils recherchent les moyens techniques de restaurer la productivité de leurs terres et, pour cela, les techniques mécaniques et hydrauliques ne suffisent pas. Seule la définition d'un agrosystème équilibré, comportant des ressources diversifiées et durables pourront convaincre les paysans d'investir dans la santé de leur terre, et de s'inspirer des systèmes forestiers multi-étagés couvrant parfaitement le sol, produisant une grande biomasse dans le sol et à sa surface qui nourrit un nombre impressionnant de microbes, bactéries et champignons utiles à la santé du sol, à la production d'un humus et à la restitution des nutriments. C'est ce sol restauré qui, *in fine*, améliorera la production des cultures et des pâturages.

10. Eléments de bibliographie

Arabi M., Bourougaa L., Kedaid O., 2017. Lutte antiérosive et intensification de l'agriculture en milieu steppique (Algérie). In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens » E. Roose Eds., IRD Editions : 625-634.

Azontonde A., 1993. Dégradation et restauration des terres de barre au Bénin.

Cah. ORSTOM Pédol., 28, 2 : 217-226.

Barthès B., Azontonde A., Feller Ch., 2017. Effets du Mucuna sur la production et la durabilité de systèmes de culture à base de maïs au Sud-Bénin. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens». E. ROOSE Eds, Editions IRD : 403-414.

Billaz R., 2016. Faire du Sahel un pays de cocagne : le défi agroécologique. L'Harmattan, 280 p.

Boli Z., Diallo Dr., Roose E., 2017. Potentiel du semis direct et des matières organiques pour restaurer durablement la productivité des sols ferrugineux sableux du Nord-Cameroun et du Sud-Mali. In Roose E. Eds « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens ». Editions IRD : 367-376.

Brochet M., Clossy S., Lilin Ch., Roose E., 2017. Aménagements hydro-agricoles : capture des eaux et restauration de la productivité des sols du bassin du Gros Morne en Haïti. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens». Eds. Roose E., IRD Editions : 565-579.

Charreau C., Vidal P., 1965. Influence de l'*Acacia albida* sur les sols. *Agronomie Tropicale,* 20, 7.

Dubiez E., Freycon V., Marien J-N., Peltier R., Harmand J-M., 2018. Long term impact of *Acacia auriculiformis* woodlots growing in rotation with cassava and maize on the carbon and nutrient contents of savannah sandy soils in the humid tropics (Democratic Republic of Congo). *AgroForestry Systems*, p.1-12.

Duchaufour H., 2017. La jachère bananière en milieu agroforestier montagnard tropical densément peuplé du Burundi. In "Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens" E. Roose, IRD Editions: 103-116.

Dupriez H., De Leener, Ph., 1993. Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique. CTA, Terre et Vie, 280 p.

Harmand J-M, Balle Pity. 2001. La jachère agroforestière (arborée ou arbustive) en Afrique tropicale. In : La jachère en Afrique tropicale : Rôles, aménagement, alternatives. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances = Fallows in tropical Africa. Roles, management, alternatives. Floret Christian (ed.), Pontanier Roger (ed.), Paris: John Libbey Eurotext, 265-292. ISBN 2-7420-0302-9

Harmand J-M, Forkong Njiti Cl., Bernard-Reversat Fr., Oliver R., Peltier R., 2017. Effets de jachères agroforestières sur la réhabilitation et la productivité de sols ferrugineux tropicaux des savanes soudaniennes du Nord-Cameroun. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens » E. Roose Eds, IRD Editions : 117-126.

Ikpe F., Gbaraneh L.D., 2017. Influences de jachères améliorées et pâturées sur le rendement des cultures et les propriétés chimiques des sols ferrallitiques acides dans la

région des forêts humides du S.E. du Nigéria. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens. » E. Roose Eds, IRD Editions : 83-92.

Klein H.D., Rippstein G., Huguenin J., Toutain B., Guerin H., Louppe D., 2014. Les cultures fourragères. Ed. Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux : 262 p.

König D., 2017. Potentialités de l'agro-foresterie pour la restauration de la productivité des sols ferrallitiques acides du Rwanda. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens » E. ROOSE, IRD Editions: 613-623.

Lebourgeois T., Seignobos C., 1995. Végétations anthropophiles des villages de pasteurs et d'agriculteurs (région du Diamaré, Nord-Cameroun). *In*: *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée,* 37, 2 : 93-113.

Louppe D., 1991. *Guiera senegalensis* : espèce agroforestière? *Bois et Forêts des Tropiques,* 228 : 41-47.

Lilin CH., Koohafkan A., 1987. Techniques biologiques de conservation des sols en Haïti. Rapport FAO, Min. Agriculture de Haiti, 36 p.

Neumann I., Egli M.A., Pietrowicz P., 1985. L'arbre et la haie dans l'exploitation paysanne. Projet agro-pastoral de Nyabisindu, Rwanda. Fiche technique n° 3, 91 p.

National Research Council, 1993. Vetiver grass: a thin green line against erosion. Nat. Acad. Press, Washington DC, 170 p.

Ndayizigiye Fr., 2017. Haies vives de légumineuses arbustives et fumures organiques et minérales complémentaires pour la restauration de la fertilité des sols ferrallitiques acides du Rwanda. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et Méditerranéens » E. Roose Eds, IRD editions : 591-604.

Peltier, R., 1993. Les Terres Hardé, caractérisation et réhabilitation dans le bassin du Lac Tchad. *Cahiers Scientifiques du Cirad-Forêt* n°11, 121 p.

Peltier, R., Eds, 1996. Les Parcs à Faidherbia. *Cahiers Scientifiques du Cirad-Forêt*, 12 : 312 p.

Peltier R., Njiti Forkong C., Ntoupka M., Manlay R., Henry M., Morillon V., 2007. Evaluation du stock de carbone et de la productivité en bois d'un parc à karité du Nord-Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques* 294, 4 : 39-50.

Peltier R., Serre Duhem C. et Ichaou A., 2008. Valoriser les produits du palmier doum pour gérer durablement le système agroforestier d'une vallée sahélienne du Niger et éviter sa désertification. Revue électronique *Vertigo* La revue en sciences de l'environnement, Vol. 8, no1, 15p. http://vertigo.revues.org/1452

Peltier R., Dubiez E., Diowo S., Gigaud M., Marien J-N., Marquant B., Peroches A., Proces P., Vermeulen C., 2014. Assisted Natural Regeneration in slash-and-burn agriculture: Results in the Democratic Republic of the Congo. *Bois et Forêts des Tropiques* 321(3) : 67-79. http://bft.cirad.fr/cd/BFT_321_67-79.pdf

Peltier R., Bisiaux F., Dubiez E., Marien Jn, Freycon V. , 2017. Agriculture sur brûlis de jachère à acacia sur les sables du plateau Batéké en République Démocratique du Congo. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens. Eds. E.ROOSE, Editions IRD Montpellier : 127-140.

Prat Ch., Palacios A.M., Patron E.R., 2017. Restauration de sols volcaniques par plantations d'agaves, d'herbes et d'arbres. In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et Méditerranéens » E.Roose Eds., IRD Editions : 535-546.

Razafindrakoto M.A., 2017. Influences de diverses jachères de légumineuses arbustives sur la fertilité et la productivité d'un sol ferrallitique acide (Manankazo, Madagascar). In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens » E.Roose Eds, IRD Editions : 93-102.

Roose E., Ndayizigiye Fr., Sekayange L., 1993. L'agroforesterie et la GCES au Rwanda. *Cah.Orstom.Pédol.*, 28, 2 : 327-350.

Roose E., Kabore V., Guénat C., 1993. Fonctionnement, limites et améliorations d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées : le zaï en régions soudano-sahélienne (Burkina Faso). *Cahier Orstom Pédol.* 28, 2 : 159-173.

Roose E., 1994. Introduction à la GCES. *Bull. Pédol. FAO*, Rome 420 p.

Roose E., 2017. Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens : contribution à l'agroécologie. IRD Editions, Montpellier, 713 p.

Roose E., Sabir M., 2017. Restauration des basses terrasses dévastées par les torrents dans le Haut Atlas (Maroc). In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et Médierranéens » E. Roose Eds., IRD Editions : 547-554.

Seignobos Ch., Tchotsoua M., 2017. Création de champs cultivés en terrasses dans les Monts Mandara et réhabilitation des vertisols dans la plaine du Diamaré (Nord-Cameroun). In « Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens » Eds. E.Roose, IRD Editions : 467-481.

Tassin J., 2019. Arbres évadés : du marronnage au compagnonnage. *Jardins de France. N°* 653 : 55-57.