



Dossier d'actualité proposé par
le Comité Scientifique Français de la Désertification (CSFD)
www.csf-desertification.org/grande-muraille-verte

Le projet africain de Grande Muraille Verte : quels conseils les scientifiques peuvent-ils apporter ?

Une synthèse de résultats publiés

Coordinateur : R. Escadafal, *Président du CSFD*

Auteurs : R. Bellefontaine, M. Bernoux, B. Bonnet, A. Cornet, C. Cudennec,
P. D'Aquino, I. Droy, S. Jauffret, M. Leroy, M. Malagnoux, M. Réquier-
Desjardins, *Membres du CSFD*

Rédactrice : S. Jauffret, *Ecologue consultante*

Ce dossier d'actualité du Comité Scientifique Français de la Désertification se veut une réponse à la question que des journalistes et des bailleurs de fonds nous ont posée : "*Croyez-vous que tenter de stopper le Sahara en construisant un mur d'arbres de 15 km de large traversant le Sahel est une bonne méthode pour lutter contre la désertification ?*"

En tant que chercheurs travaillant et ayant travaillé dans cette région, connaissant les travaux publiés sur la question, nous n'avons d'autre choix que de répondre que ce n'est certainement pas une bonne méthode. Mais le projet Grande Muraille Verte, c'est bien plus que cela, et notre réponse présente ici les principales connaissances scientifiques que ce projet devra prendre en compte pour réussir.

Le Comité Scientifique Français de la Désertification

Le **CSFD** a été créé en 1997 pour fournir un soutien aux ministères en charge de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD ou *UNCCD en anglais*). Il a pour objectifs de mobiliser la communauté scientifique française, en particulier au niveau international, de servir de guide et de conseil aux décideurs politiques et aux acteurs de la lutte.

Le CSFD est composé d'une vingtaine de membres et d'un président, qui est le correspondant scientifique et technique de la France pour la Convention. Ils sont nommés par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et issus des différents champs disciplinaires et des principaux organismes et universités concernés.

Le financement de son fonctionnement est assuré par des subventions du ministère des Affaires étrangères et européennes, du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, et de l'Agence Française de Développement.

CSFD - Comité Scientifique Français de la Désertification

Agropolis International

Avenue Agropolis

F-34394 Montpellier CEDEX 5

France

Tél. : +33 (0)4 67 04 75 75 – Fax. : +33 (0)4 67 04 75 99

csfd@agropolis.fr - www.csf-desertification.org

PREAMBULE

Suite aux périodes de sécheresses qu'a connues l'Afrique dans les années 1960-70, le monde entier a compris que la sécurité alimentaire de la population caractérisée par une forte croissance démographique n'était plus assurée en raison de :

- la fragilité des systèmes agricoles et des *écosystèmes* (cultures, parcours, forêts...), et de la difficulté de maintenir la productivité des terres en zones arides et semi-arides, en particulier dans la zone sahélienne, limitrophe du Sahara,
- la gravité des conséquences de la *dégradation des terres* pour les populations locales dont les besoins s'accroissent et dépendent des ressources naturelles renouvelables.

Dans ce contexte, les scientifiques se sont alors mobilisés dans les années 1970-80 en menant des projets et programmes d'appui au développement (reboisement, récupération des sols dégradés, stockage et usage de l'eau...). Les succès n'ont pas toujours été au rendez-vous, mais cela a permis de mieux cerner la complexité écologique, technique et sociale de la question de la *désertification*. Grâce à cette accumulation de projets et d'expériences, nous bénéficions aujourd'hui de connaissances scientifiques et techniques solides à la fois en sciences agronomiques (agriculture, élevage, foresterie...), en sciences naturelles (écologie, biologie, hydrologie, géologie, pédologie...) et en sciences sociales (sociologie, démographie, géographie, économie...) qui permettent de mieux orienter les décisions d'aménagements et de gestion des territoires, et ce de façon durable.

Forts de l'impulsion donnée par les scientifiques, les décideurs au plus haut niveau se sont alors engagés à mettre en œuvre tous les moyens humains, techniques et financiers pour relever le défi de la lutte contre la désertification. La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CCD) finalisée en 1994 en est l'aboutissement.

Aujourd'hui, la lutte contre la désertification est toujours d'actualité (Mellouhi 2006) et l'ambitieux projet de « Grande Muraille Verte » vise en particulier cet objectif. Présentée comme une ceinture de végétation multi-espèces, large de 15 km reliant Dakar à Djibouti sur une longueur d'environ 7000 km, elle devrait traverser 11 pays : Burkina Faso, Djibouti, Érythrée, Éthiopie, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria, Sénégal, Soudan et Tchad (UA, CENSAD, Sénégal, 2008b). Cette image d'une « plantation d'un rideau d'arbres pour stopper le désert » est donc bien plus que cela, suscitant ainsi enthousiasme et interrogations.

Enthousiasme, car il s'agit d'une initiative africaine, impliquant tous les pays sahéliens, portée au plus haut niveau de décision politique, qui vise à reverdir une partie des zones arides et semi-arides affectées par la désertification en adoptant des pratiques de gestion durable des terres.

Interrogations, parce qu'un projet d'une telle ampleur, mené dans différents pays dont les conditions climatiques, écologiques, sociales, foncières, législatives, économiques... sont différentes, nécessite forcément une réflexion approfondie pour orienter au mieux les travaux devant être réalisés sur le terrain, à l'échelle locale. Cette réflexion doit prendre en compte la valorisation des connaissances scientifiques et des expériences du passé dans ces régions peu propices aux plantations, en analysant leurs rares succès mais aussi leurs échecs.

Cette note vise ainsi à apporter une vue d'ensemble **des principales connaissances scientifiques à mettre au service d'une telle initiative** et des questions sous-jacentes à traiter en priorité pour sa mise en œuvre opérationnelle et efficace. Elle ne prétend pas apporter une synthèse exhaustive, mais un résumé factuel à l'usage des décideurs et responsables ainsi que du grand public.

INTRODUCTION

Si l'idée d'édifier une muraille verte marque les esprits et l'imaginaire, la désertification ne peut être enrayerée seulement par des plantations d'arbres, qui stopperaient le désert aux portes de la civilisation ; comme en sont conscients les porteurs de l'initiative en Afrique. Il s'agit d'une idée reçue parmi d'autres sur le Sahara et la désertification, qui persistent aujourd'hui dans l'opinion publique et qu'il convient de clarifier en introduction de notre document.

Le Sahara est un chef-d'œuvre de la Nature !

Le Sahara est le plus vaste désert chaud du monde. D'après la découverte et l'analyse de formations dunaires fossiles au Tchad (Schuster et al. 2006), il se serait formé il y a au moins 7 millions d'années. S'il est difficile de délimiter très précisément le Sahara (Rognon 2010), les études géologiques et géomorphologiques ont montré que depuis des millénaires la limite du Sahara fluctue légèrement, mais ne se déplace pas. Localement, il y a des avancées de sable et d'ensablement lié à l'érosion du sol.

Le Sahara n'avance pas mais les hommes créent des conditions désertiques au Sahel !

En effet, si le Sahara est un écosystème désertique stable, le Sahel souffre de désertification. La désertification n'est pas l'envahissement par le désert, c'est la forme particulière que prend la dégradation des terres dans ces régions sèches où il pleut, mais de façon irrégulière et en quantités faibles au total (entre 100 et 600 mm de pluie par an).

La concentration de la population et le développement d'*activités agro-sylvo-pastorales* non adaptées en sont le principal moteur (encadré 1). Les ressources naturelles renouvelables (eau, sol, faune, flore) sont alors surexploitées sans leur laisser le temps de se régénérer ; la sécheresse venant aggraver la dégradation des terres (Mainguet 1994 et 1999 ; Mainguet et Da Silva 1998 ; Jauffret 2001).

Encadré 1. L'exemple de la Mauritanie

Les sécheresses des années 1970 ont provoqué la concentration des hommes et de leurs troupeaux dans les rares zones du sud du pays où la végétation avait relativement résisté. Cette pression accrue a provoqué la destruction du couvert végétal par surpâturage et piétinement. Une illustration spectaculaire de ce phénomène a été la mobilisation d'anciennes dunes autrefois fixées par la végétation le long de la route de Nouakchott à Néma, villes distantes de 1 500 km. Lors de la conception du projet de route, trois points menacés par l'ensablement avaient été identifiés. Cette route a pris le nom de « Route de l'Espoir » par le rôle qu'elle a joué dans l'acheminement des secours lors des grandes sécheresses. Les populations nomades, affectées par la perte de leurs pâturages, se sont concentrées avec leurs troupeaux, le long de l'axe routier et le nombre de points menacés par les dunes vives a augmenté. En 5 ans, il est passé de 5 points en 1983 à 721 points en 1988 (Malagnoux et Jeanjean, 1989).

Lutter contre la désertification n'est pas si simple !

Si les slogans attractifs ont le pouvoir de marquer les esprits et de lancer la mobilisation tant des populations que des bailleurs de fonds, il est souhaitable d'éviter de véhiculer des clichés et des idées reçues (encadré 2) porteurs de concepts simplifiés et donc contre-productifs. Les images véhiculant ces idées reçues peuvent, au final, transmettre une vision incomplète, voire fautive, perturbant la définition des objectifs et actions à entreprendre ainsi que le choix de bons principes pour guider une lutte durable contre la désertification.

Encadré 2. Des idées reçues qui sèment le doute

Idee reçue n°1 : l'état de "désert" serait une « maladie »

La première idée reçue est celle du désert en tant que "maladie" des écosystèmes sahéliens, le Sahara étant perçu comme une sorte de cancer qui gagnerait les zones voisines. Le Sahara est un écosystème parfaitement "sain" qui existe sur notre planète depuis bien avant l'homme et contribue, à l'instar des autres déserts du monde, de façon très précieuse à sa diversité et sa richesse (biologique, paysagère, culturelle). Il ne constitue en rien l'expression d'un mauvais état de santé du milieu. Les changements du climat ont par le passé modifié son extension, et de nos jours les changements en cours peuvent en déplacer graduellement certaines limites.

Idee reçue n°2 : une mer de sable serait en train d'envahir le Sahel

Pour autant la deuxième idée reçue, celle d'une mer de dunes sahariennes rampantes envahissant inexorablement le Sahel est tout aussi fautive, car ce n'est pas ce que les scientifiques observent. Il y a bien localement des mises en mouvement de certaines zones sableuses qui, lorsqu'elles sont près d'infrastructures ou d'habitations, les envahissent. C'est un phénomène local qui peut être traité et le sable ne vient pas forcément du nord. Il ne s'agit donc pas d'un mouvement généralisé sur le continent qui devrait être stoppé comme un envahisseur. La désertification est essentiellement un phénomène diffus de dégradation des terres, au niveau local, sous l'effet conjugué des aléas climatiques dus à l'aridité et d'utilisations non durables par l'homme. Ces effets se font ressentir quelle que soit la distance au désert et ne sont pas obligatoirement plus intenses à proximité du désert.

Idee reçue n°3 : une grande muraille d'arbres pourrait être installée dans des zones non ou peu habitées

La Grande Muraille Verte ne sera pas déployée en plein désert dans des zones non ou peu habitées. Bien au contraire, le tracé (carte n°3) tel qu'il est proposé passe par des régions habitées, et où l'agriculture et l'élevage sont déjà bien développés et distribués sur des terres selon les traditions locales. L'utilisation des arbres avec l'objectif de lutter contre la désertification doit donc associer les populations à l'initiative en gardant à l'esprit la nécessité d'assurer à la fois des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques durables.

La lutte contre la désertification, le maintien de la capacité productive des sols et l'amélioration des conditions de vie des populations locales sont des questions complexes. Les scientifiques ont bien sûr des données sur le choix des espèces, les modes de plantation et de régénération des arbres (voir § *Tirer les leçons du passé*). Mais ils peuvent aussi aider les décideurs à cibler des priorités et à définir leurs actions pour y répondre.

➡ Où et comment agir ?

Où seraient les zones d'intervention et quelles en seraient les limites (climatiques, foncières, sociales...) ? Comment seraient menées toutes les activités agricoles, sylvicoles et pastorales pour gérer le territoire de manière durable et ce, avec tous ses acteurs (agriculteurs, sylviculteurs, éleveurs...) ? Qui serait responsable de sa mise en œuvre ? Comment la question foncière (droit de propriété et d'usages) et les droits d'accès aux terres seraient-ils pris en considération ? Comment l'initiative s'appuierait-elle sur le processus de décentralisation ? Qui va en fin de compte bénéficier des produits qu'on attend du projet : le bois, mais aussi les fourrages, les fruits, les résines... ?

☛ Quels connaissances et savoir-faire locaux devraient être valorisés ?

Quelle est la meilleure façon de penser le projet en identifiant avec les populations locales leurs problèmes majeurs de développement et d'environnement dans leur contexte ? Ne sont-ils pas les mieux placés pour aider à identifier cette multitude d'usages et de droits qui risquent d'être perturbés par l'intervention ? Ne sont-ils pas aussi les mieux placés pour aider à identifier quels peuvent être les modes d'intervention qui amélioreraient le mieux la situation de toutes ces multiples parties prenantes ?

Autant de thèmes auxquels les scientifiques peuvent apporter des éléments de réponses, en s'appuyant sur les connaissances et les résultats de la recherche, puis par des analyses et des suivis en accompagnement du projet.

Les arbres pour la Gestion durable des terres

Planter des arbres au Sahel est certainement un objectif utile. Dans certains cas, il peut être justifié de le faire sous forme de plantations forestières continues, mais il y a bien d'autres façons d'impliquer les arbres dans la *Gestion durable des terres* (encadré 3) au Sahel, l'arbre n'étant qu'un des éléments de l'aménagement et de la gestion durables des territoires et de leurs ressources. Cette gestion doit être prise dans son sens le plus large possible (eau, sol, flore, faune...) idéalement sur la totalité du territoire. Dans un premier temps, de façon réaliste cela ne peut concerner qu'une bande, aussi large que possible, en encourageant les initiatives à l'intérieur de celle-ci, mais aussi au-delà pour prendre en compte les spécificités nationales.

Encadré 3. Qu'est ce que la Gestion durable des terres ?

Lors du Sommet de la Terre de Rio (1992), la Gestion durable des terres ou GDT a été définie comme « l'utilisation des ressources en terres, notamment des sols, de l'eau, des animaux et des plantes pour produire des biens et satisfaire les besoins humains sans cesse croissant, tout en préservant leur potentiel de production à long terme et leurs fonctions dans l'environnement ».

La GDT s'adresse donc à tous les secteurs du développement (agriculture, élevage, hydraulique, foresterie...). Elle répond aussi à des préoccupations environnementales globales en atténuant la vulnérabilité de la population à la variabilité du climat et aux changements climatiques et en assurant son adaptation (Woodfine 2009), notamment par la préservation de la *biodiversité* et des *services rendus par les écosystèmes*.

LES CONNAISSANCES SUR LE ROLE DES ARBRES AU SAHEL

La biomasse végétale que produit un arbre est très généralement la motivation première pour le planter, bien plus que son éventuelle capacité à arrêter le désert. Définie par les biologistes comme la masse de tous les organismes vivants en un lieu donné (microorganismes, champignons, végétaux, insectes, invertébrés et vertébrés), la biomasse est un indicateur important de la dynamique des écosystèmes et le rôle de l'arbre dans leur bon fonctionnement est aujourd'hui bien connu. L'arbre et ses productions diverses jouent aussi un rôle de premier plan pour les populations.

Production et utilisation de la biomasse forestière

Les données sur la productivité des écosystèmes forestiers des zones tropicales sèches sont rares et à l'exception de quelques études (Poupon 1976 ; Bellefontaine et al. 2000 ; Peltier et al. 2009), les mesures passées ont porté essentiellement sur la biomasse ligneuse « gros bois » (troncs et grosses branches d'un diamètre supérieur à 10 cm et plus rarement sur des diamètres < 5 cm ; Clément 1982). Ce dernier a compilé les résultats d'études réalisées dans huit pays soudano-sahéliens d'Afrique de l'ouest et a établi des valeurs de référence sur la productivité potentielle des peuplements soumis à trois types de situations (sans protection, protégés des feux de brousse ou aménagés, dégradés). Ces courbes (figure 1) restent une référence, bien que des études ultérieures aient montré que la productivité potentielle pour une pluviométrie donnée avait été sous-estimée. De plus, la production des forêts des zones tropicales sèches ne se limite pas à la seule production ligneuse. L'évaluation des productivités fourragère, fruitière, gommère et des autres produits forestiers non ligneux reste très souvent à faire. Si la rentabilité de la forêt naturelle a été jugée mauvaise par certains économistes ou techniciens, l'ensemble de ces productions présente un intérêt indéniable pour les populations locales.

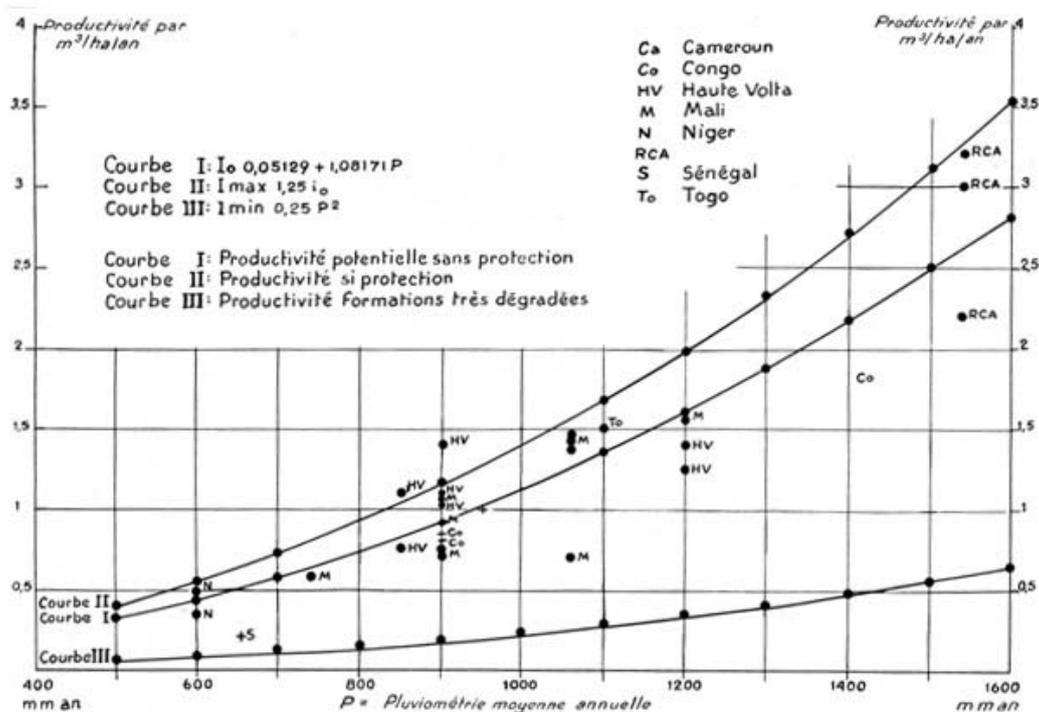


Figure 1. Productivité potentielle de peuplements forestiers soumis à trois types de situations (sans protection, protégés des feux de brousse ou aménagés, dégradés) en fonction de la pluviométrie moyenne annuelle (Clément 1982)

Concernant la biomasse ligneuse, deux utilisations principales sont à retenir :

- **le bois énergie.** En zones rurales, le bois est la principale source d'énergie domestique (cuisine et chauffage). Les quantités nécessaires obligent les villageois à aller en chercher de plus en plus loin au fur et à mesure que les arbres des abords ont été coupés. Le charbon de bois est une solution locale pour rendre cette énergie plus aisément transportable, vendue aux citoyens. C'est un produit très demandé, qui génère rapidement un revenu, mais de façon souvent non durable : les arbres sont coupés sans se préoccuper de leur renouvellement. Dans les deux cas, le rendement de la conversion de biomasse en énergie est faible et source de polluants. De meilleurs rendements peuvent être atteints avec des techniques simples (ex : fourneaux améliorés, Doat 1982) tout en divisant la consommation en bois par deux ou trois. Ceci diminue d'autant la pollution et la pression de coupe d'arbres pour cet usage de bois de feu qui reste la principale consommation de biomasse (Minvielle 1999 ; Girard 2002) ;
- **le bois de construction.** Consommé localement, le bois est utilisé pour la construction de clôtures, palissades, charpentes, cases et pour la confection d'ustensiles.

En dehors de l'utilisation du bois, la biomasse non ligneuse permet de disposer de substances médicinales (encadré 4), fourrages pour le bétail (encadré 5), feuilles (source de protéines), fruits, gommés, résines, tanins, etc.

Encadré 4. Médecine traditionnelle

Des usages médicaux sont connus pour un grand nombre d'espèces végétales de la flore soudano-sahélienne (Kerharo et Adam 1974). A titre d'exemples, nous pouvons citer :

- La gomme arabique, exsudat de *Acacia senegal*, connue depuis l'antiquité, grâce à l'Egypte et exploitée sur la côte ouest africaine depuis le XV^{ème} siècle, entre dans la composition de nombreux médicaments. Des études récentes attribuent à la gomme arabique un rôle préventif des maladies rénales chez les populations sahéniennes qui en consomment traditionnellement. Son utilisation pour le traitement des malades sous dialyse ou en attente d'une transplantation rénale est en cours au Soudan (Dr. Hanza Haron, comm. Pers.).
- Le kinkeliba, *Combretum micranthum*, est utilisé pour soigner : la malaria (préventif et curatif), la fièvre bilieuse hémoglobulinurique du paludisme (en décoction) ; les troubles digestifs par insuffisance hépatobiliaire, la lithiase biliaire ; le drainage hépatorénal (utilisé dans l'obésité).

Encadré 5. Arbres et élevage : le sylvopastoralisme

Les pasteurs et leurs troupeaux sont souvent présentés comme les ennemis des arbres. En fait, ils en ont besoin et en prennent souvent soin, sauf dans les situations de crise. Dans les parcours normalement exploités par les pasteurs, **l'arbre est considéré comme une ressource communautaire au même titre que l'herbe et une grande variété d'espèces végétales est généralement conservée.** Suivant les périodes, les éleveurs font usage de la strate herbacée en saison humide, de la strate arbustive en milieu de saison sèche et de la strate arborée en fin de saison sèche. Dans les zones semi-arides, le surpâturage répété provoque une régression de la végétation ligneuse lorsque le nombre de têtes de bétail est trop important et l'espace réduit. La résilience naturelle des écosystèmes sahéniens favorise parfois une régénération de certaines espèces feuillues, soit par dissémination de semences, soit par voie végétative.

L'éleveur nomade n'est généralement pas le grand responsable de la destruction des espaces arborés, sauf en cas de sécheresses trop répétées. Les bergers jouent sur les complémentarités des végétations dans le choix des parcours, faisant paître le troupeau dans des écosystèmes aux espèces fourragères diversifiées, mettant à profit leur expérience et leurs observations du milieu (Petit, 2000). Au Fouta-Djalou, certains agro-éleveurs ont façonné un paysage de bocage composé de haies soigneusement entretenues et aux fonctions variées. Les concessions sont entourées d'une clôture de ligneux maintenus par une palissade, qui protège les cultures du bétail qui n'est pas gardé. Ces clôtures fournissent du fourrage et délimitent l'espace **(suite page suivante).**

Dans les parcs arborés, les éleveurs peuvent bénéficier de contrats de location où les propriétaires leur accordent l'utilisation du feuillage des arbres. Face à la pression exercée sur les arbres en périphérie de grandes agglomérations ou parfois de petits villages, il est indispensable d'améliorer les techniques de taille des arbres fourragers, en respect de leur architecture et de leurs possibilités de régénération. Les diverses techniques de taille et la périodicité des tailles devraient prendre en compte divers facteurs : l'espèce, le rythme de feuillaison, la nature du sol, la distribution du ruissellement des pluies, la présence de germes infectieux au niveau des plaies causant à brève échéance la mort de l'arbre taillé, etc. Les études sont trop peu nombreuses. Sachant que l'ébranchage des arbres dans les *parcs agroforestiers* et les savanes est interdit par le code forestier de nombreux pays, il semble indispensable de réactualiser la législation afin de permettre une exploitation durable du fourrage aérien. Mais il existe une condition préalable : que les termes relatifs à l'exploitation de jeunes pousses ou de parties de branches et les techniques adéquates soient parfaitement explicités, puis respectés.

La plantation de cultures fourragères arborées n'est encore qu'exceptionnelle et devrait être encouragée.

Voir aussi : Lhoste 1995 ; Basset et Boutrais 2000 ; D'Aquino 2000

Rôles des arbres dans le fonctionnement des écosystèmes

Parmi les nombreux effets bénéfiques des arbres, on peut distinguer :

➤ L'amélioration des caractéristiques physiques du milieu

- sous l'effet de leurs racines souvent profondes, les arbres améliorent la structure des sols qui deviennent plus meubles, plus profonds, formant un meilleur support pour les cultures ;
- en améliorant la porosité des sols, les arbres favorisent l'infiltration des eaux de pluie, de plus leur feuillage et la litière protègent la surface du sol de l'impact direct de la pluie, diminuant son érosivité (encadré 6) ;
- dans certaines configurations, les arbres permettent même la régulation des crues et l'épuration des eaux ;
- la partie aérienne des arbres joue aussi un rôle important en atténuant les effets du vent, formant des brise-vent naturels qui contribuent à limiter l'abrasion des sols et sont un des moyens de lutte contre l'érosion éolienne (encadré 7, ex : *le zai*) ;
- sous leurs frondaisons, certaines essences créent des conditions micro-climatiques plus favorables qui ont un impact sur l'environnement immédiat ;

➤ les effets de nature biologique

- les arbres favorisent la végétation herbacée et sa diversité, tout en augmentant la biomasse produite et en améliorant la régénération (ex. dans le Ferlo sénégalais, Grouzis et Akpo, 2003). Les arbres permettent ainsi d'augmenter les rendements des cultures sous ombrage ;
- certaines espèces d'arbres enrichissent les sols grâce à leurs racines qui portent des nodules à bactéries fixant l'azote de l'air, tels que le *Filao*, favorisant la régénération spectaculaire de sols dégradés. D'une façon générale, la possibilité de fixer l'azote grâce aux *symbioses mycorhiziennes* est un important critère pour le choix des espèces ligneuses à planter dans les sols pauvres des régions sahéliennes (Dia *et al.*, 2010) ;
- les arbres absorbent d'énormes quantités de CO₂ et le stockent dans leur biomasse et dans le sol pour de longues périodes. Ils jouent ainsi le rôle de puits de carbone, réduisant les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (à l'origine des changements climatiques). Le potentiel de séquestration de carbone dans les systèmes agroforestiers traditionnels ou améliorés a d'ailleurs été démontré (Polglase *et al.* 2000 ; Farage *et al.* 2007 ; Takimoto *et al.* 2008 ; Nair *et al.* 2009 ; Skutsch et Ba 2010) ;
- l'enrichissement en matière organique et la régulation du micro-climat par les arbres permettent d'avoir des conditions favorables au développement d'une certaine diversité animale tant aérienne que souterraine.

Il faut aussi être prudent et ne pas occulter les impacts négatifs de certaines plantations. En effet, tous les arbres n'ont pas un effet bénéfique sur les écosystèmes. Certaines litières contiennent des produits relativement toxiques. C'est le cas des plantations d'Eucalyptus qui engendrent la diminution de la diversité floristique sous leur couvert. D'autres encore sont des espèces invasives qui, en plus de se propager, modifient le milieu dans lequel les espèces locales ne trouvent plus les conditions favorables à leur développement. Les invasions biologiques sont une des causes majeures de la perte de biodiversité. Enfin, plus leur système aérien est développé, plus les arbres transpirent, ils peuvent alors augmenter les pertes en eau. Il est donc primordial de bien choisir les espèces d'arbres à planter, préférant les espèces autochtones, bien adaptées aux conditions de climat (Weber *et al.* 2008) et de sols du Sahel.

Encadré 6. Les arbres pour lutter contre l'érosion éolienne

Dans les zones sèches, l'érosion éolienne entraîne deux phénomènes bien connus :

- des effets à l'échelle locale se manifestant par l'ensablement et la formation de dunes,
- des effets à distance, à l'échelle continentale, marqués par la production de poussières envahissant l'atmosphère sous forme de vents ou tempêtes de fines particules et circulant sur de très grandes distances.

Dans le premier cas, la formation de nouveaux dépôts de sable sous forme de dunes résulte le plus souvent de la mise en mouvement de sols sableux "voisins" perturbés par des labours et/ou par le bétail. La connaissance du régime des vents alimentant le circuit des particules depuis ces zones sources, de la zone de transit, de la topographie et des obstacles provoquant le dépôt est indispensable pour juguler l'extension de ces dépôts lorsqu'ils posent problème (abords d'agglomérations ou d'infrastructures, zones irriguées, jardins, oasis...). Dans ce contexte, la plantation directe d'arbres dans des dunes actives des zones de dépôts, dont le sable est mobile et réalimenté, est vouée à l'échec. Les jeunes arbres ne peuvent s'enraciner et le volume de sol qu'ils peuvent exploiter ne retient que très peu d'eau dans un contexte déjà aride. Si la diminution de la production de sable dans les zones sources n'est pas envisageable, il faut alors tenter de créer des obstacles dans la zone de transit pour accumuler le sable à un endroit où il est moins gênant, ce qui limite l'alimentation de la zone actuelle de dépôt problématique. Lorsqu'il faut absolument fixer des dunes vives menaçantes, la première étape est l'implantation d'obstacles mécaniques, pour ralentir le sable à la surface par exemple avec des carroyages en palmes, pour permettre ensuite la plantation de graminées fixatrices. Cela favorise l'activité biologique et une croûte algale peut s'installer en surface, stabilisant le sable. La plantation d'arbres concomitante est alors possible, et souvent réussie. Le problème de la lutte contre l'érosion éolienne est complexe et résumé dans le dossier CSFD n°3. Les bandes forestières pour se protéger des sables en mouvement sont une des techniques utilisées.

Dans le deuxième cas, les vents de sable sont une nuisance affectant de bien plus larges surfaces que les dunes mobiles et une population bien plus nombreuse. Les efforts de plantation de la muraille verte chinoise ont ainsi été motivés par la protection des grandes villes chinoises, dont la capitale, contre les vents de sable. Ils perturbent sérieusement les transports aériens mais créent aussi de gros problèmes de santé (voies respiratoires). Ainsi, au niveau transcontinental, les bilans récents montrent que l'Amazonie, dont les sols sont très pauvres, bénéficie d'apports considérables en éléments fertilisants en provenance d'Afrique grâce aux poussières sahariennes transportées (Bristow *et al.* 2010). Si donc elles sont redoutées des habitants des zones désertiques et leurs périphéries, ces poussières n'ont pas que des effets négatifs. Il est même envisageable qu'un projet de stabilisation et de fixation de certaines zones sources puisse avoir un effet négatif sur la fertilité des zones puits. Le bilan entre les effets positifs et négatifs est donc variable selon l'échelle à laquelle on se place et selon qu'on se préoccupe de santé, trafic aérien ou fertilité des zones humides.

Voir aussi : Brenner *et al.* 1995 ; Tengberg 1995 ; Mohammed *et al.* 1996 ; Biolders *et al.* 2004 ; Lamers *et al.* 1994 ; Cornelis *et al.* 2005 ; Laurent *et al.* 2008 ; Goudie 2009

Encadré 7. Le Zaï pour lutter contre l'érosion hydrique

La forte intensité des pluies au Sahel provoque une érosion intense des sols lorsqu'ils sont peu protégés. Les techniques de lutte contre l'érosion hydrique telles que les terrasses, les cordons pierreux, les demi-lunes associées avec profit les arbres et arbustes notamment pour stabiliser les sols. Les arbres judicieusement plantés sont donc un des outils de lutte contre l'érosion hydrique facilitant, en outre, l'installation d'autres plantes stabilisant la surface, et protégeant les sols de l'impact des pluies. Une des illustrations les plus parlantes en est le "zaï forestier" (Koutou *et al.* 2007). C'est une technique traditionnelle de culture en poquet qui permet de concentrer l'eau et la fumure dans des microbassins où les graines seront semées (photo n°1).

Cette technique a pour objectifs de :

- permettre la mise en valeur des espaces dénudés ou abandonnés,
- réduire l'érosion hydrique et favoriser l'infiltration sur les sols imperméables,
- obtenir des récoltes normales en dessous de 300 mm de précipitations,
- collecter les eaux et les mettre à la disposition des plantes.

Cette technique simple a pour avantages d'augmenter la superficie cultivable à faibles coûts. Elle s'applique préférentiellement sur les terres dégradées, les glacis et les plateaux latéritiques.



Photo n°1. Zaï sur les plateaux de la région de Badaguichiri, Niger (B. Bonnet)

LES DIFFERENTES FAÇONS DE DENSIFIER LE COUVERT ARBORE

Les connaissances scientifiques existantes permettent d'orienter les travaux de plantations et/ou de gestion et d'aménagement de l'existant, et de guider :

- le choix des zones en prenant en considération la pluviométrie, le bilan hydrique de l'espèce et l'accès à l'eau,
- le choix des espèces à planter et des techniques à utiliser,
- la protection des buissons, arbustes et arbres qui existent, et leur multiplication sexuée ou asexuée,
- la prise en compte du statut foncier des terres utilisées,
- la participation, le soutien et l'encadrement des populations,
- le rôle des femmes...

Prendre en compte la pluviométrie et l'accès à l'eau pour la réalisation des plantations

Au Sahel, les précipitations diminuent considérablement du sud vers le nord et les potentiels de production de biomasse varient fortement. Les arbres du Sahel ne sont donc pas dans les meilleures conditions climatiques pour pousser, mais les différentes espèces autochtones ou importées montrent une grande variété de stratégies d'adaptation au milieu ainsi qu'une remarquable capacité de régénération après des années de déficit pluviométrique (ex : *A. senegal*, Poupon 1980). Lorsque les précipitations deviennent trop faibles, la quantité d'eau contenue dans le volume de sol exploité par les racines ne suffit plus à alimenter correctement un couvert continu d'arbres. Le couvert se contracte alors, et les arbres bénéficient du ruissellement des parties non couvertes, qui se traduit dans les conditions naturelles par l'apparition de végétation en bandes, donnant un aspect "tigre" à la brousse (D'Herbès *et al.* 1997). Dans les zones sahéliennes les plus au nord, proches du Sahara, où la pluviosité est inférieure à 100 mm, les arbres ne poussent que s'ils bénéficient d'apports d'eau supplémentaires conséquents dans les configurations qui concentrent les eaux de ruissellement (talwegs, dépressions...) où lorsqu'il y a une nappe d'eau superficielle. Bien sûr, l'irrigation d'appoint peut être une alternative, mais elle est rarement possible. En conclusion, plus on va vers le nord du Sahel, plus il est difficile d'envisager de réaliser des plantations continues en mesure de former un rideau d'arbres. **Il faut prévoir de les limiter aux endroits favorables, où l'eau s'accumule et où le sol peut la stocker pour alimenter ensuite les arbres pendant la période sèche.**

Il est aussi nécessaire de valoriser l'expérience des populations locales qui ont mis en œuvre différents systèmes de collecte de l'eau pour alimenter leurs cultures et leurs arbres, en s'inspirant du modèle de la brousse tigrée (Malagnoux, 2008). Lorsqu'il ne tombe pas suffisamment de pluie pour maintenir un couvert de végétation continu, le couvert végétal est fragmenté, séparé par des bandes de terre plus ou moins larges. Les ruissellements provenant des bandes de terre nues fournissent à la végétation l'eau dont elle a besoin ; les bandes de terre se comportent donc comme de petits bassins d'alimentation. Des agronomes ont perfectionné ces techniques traditionnelles, et des forestiers les ont adaptées à la taille et aux besoins de leurs arbres. La superficie des terres remises en état a été considérablement accrue grâce à des technologies mécanisées qui ont permis de travailler plus rapidement la terre et à un moindre coût et de creuser des bandes plus profondes pour mieux retenir l'eau.

Dans tout programme de boisement axé sur la lutte contre la désertification, le bilan hydrique actuel et futur du peuplement devrait être systématiquement estimé pour chaque phase de son évolution.

Il faudrait promouvoir des pratiques sylvicoles appropriées – choix des essences, superficie à planter, densité de boisement, entretien des boisements (éclaircies, élagage...), conversion en peuplement dense, en parc agroforestier ou en prairie – de façon à ce que la consommation annuelle d'eau reste inférieure à l'apport annuel.

Outre la pluie, il existe d'autres sources d'eau, telles que l'eau réutilisée et les aquifères profonds, dont il faut tenir compte. Beaucoup de terres arides et de déserts ont des nappes souterraines profondes qui pourraient être exploitées. Pendant une courte période, certaines activités de remise en état pourraient reposer sur l'exploitation des aquifères fossiles en gardant à l'esprit que ces eaux ne se renouvellent pas. Avec l'urbanisation croissante des contrées arides, la foresterie urbaine et l'aménagement des espaces verts avec des espèces végétales moins gourmandes en eau que les arbres (broussailles et plantes herbacées, par exemple) gagnent en importance. Dans quelques pays, l'eau réutilisée, y compris les eaux usées (après traitement ou non), sont valorisées (Bellefontaine, 1998). Cette pratique prometteuse devrait se développer à l'avenir, à condition de maîtriser les risques sanitaires associés.

Agir, oui mais de manière concertée

Les sécheresses répétées et la variabilité climatique, ayant abouti à une réduction de la production et des rendements, ont conduit les agriculteurs à développer des systèmes de production extensifs en défrichant les espaces forestiers existants. Parallèlement, la disparition du tapis herbacé et des points d'eau durant la saison sèche a aussi entraîné des problèmes de migration et de mortalité du bétail, incitant les éleveurs à accroître leur prélèvement sur les ligneux pour nourrir leurs animaux. Dans ce contexte de raréfaction des ressources, il n'est pas rare que des conflits éclatent entre agriculteurs et éleveurs, devant se partager momentanément un même espace et les mêmes ressources. Il est donc indispensable que l'ensemble des acteurs d'un territoire intervienne pour **aménager les ressources agro-sylvo-pastorales en prenant en compte à la fois la dynamique des formations végétales à gérer et les pratiques agricoles et pastorales** (encadré 8).

Dans les zones sèches, le succès des cultures dépend notamment de la **disponibilité d'une main d'œuvre nombreuse, mobilisable rapidement et pendant une très courte période de temps favorable aux semis, puis aux cultures**. Cet investissement en travail humain demeure souvent à court terme la seule possibilité d'accroissement de la production agricole, du moins tant que des améliorations notoires des techniques et du matériel végétal n'auront pas révolutionné le monde agricole des zones sèches.

Le **droit foncier favorisant les femmes** est aussi à aménager, notamment dans le cas de plantations d'arbres hors forêt (Bellefontaine et Pain-Orcet 2001 ; Bellefontaine *et al.* 2002).

Enfin, les espaces forestiers ont très souvent été perçus comme un stock de produits sans propriétaire où la récolte était libre : les arbres sont détruits sans considération des conséquences à long terme. Il faut donc **procéder à une réappropriation de l'espace forestier**. Pour ce faire, la prise en compte de l'ensemble des aspects sociaux, économiques et fonciers, qui se traduisent dans l'expression des politiques foncières, forestières, agricoles et d'aménagement du territoire, est essentielle.

Encadré 8. L'utilité écologique de la mobilité pastorale

La bande de territoire comprise entre les isohyètes 400 et 100 mm de précipitations moyennes, retenue pour le tracé de la GMV, correspond à un espace fortement dominé par les activités pastorales transhumantes et d'agriculture pluviales. Saturées et surpeuplées, les zones pastorales font face à la remontée des fronts agricoles. La végétation ligneuse contractée s'y régénère après avoir subi une très grande destruction suite aux grandes sécheresses de 1973 et 1984 (Herrmann, Anyamba et Tucker 2005). Cette végétation dominée par les graminées annuelles est de grande qualité pastorale (pour la production laitière et la reproduction). Cette végétation couvre très ponctuellement des superficies considérables, desservies par de nombreuses mares temporaires. Cela est à l'origine des grands mouvements de transhumance qui permettent aux pasteurs, agro-pasteurs et éleveurs de valoriser ces terres pendant quelques mois de l'année avant de se replier plus au sud vers les zones où la pluviométrie est plus favorable.

L'économie de ces espaces est donc largement dominée par l'élevage pastoral et agro-pastoral qui permet de valoriser des ressources naturelles extrêmement variables d'une année sur l'autre et ce, en fonction de la pluviométrie. L'implantation des sociétés humaines sous de telles contraintes n'est possible que grâce à des points d'eau permanents en saison sèche et à la mobilité des troupeaux indispensable pour s'adapter à la disponibilité très irrégulière des pâturages car essentiellement dictée par la pluviosité.

L'élevage mobile et transhumant, par le caractère parfois massif de ses mouvements ou de sa concentration autour des points d'eau en fin de saison sèche, a souvent été considéré comme facteur de dégradation des écosystèmes en zone sahélienne. Depuis une dizaine d'années, pour se conformer aux principes de précaution environnementale dans l'implantation des puits pastoraux, plusieurs programmes ont réalisé des études spécifiques sur les impacts du pâturage sur les écosystèmes de la région (Hiernaux et Maïdagi 2006). Les conclusions de ce travail d'analyse des dynamiques de végétation en relation avec les modes de pâturage et les autres modes d'exploitation des écosystèmes font ressortir que **les effets du pâturage sont d'autant moins marqués que les troupeaux sont appelés à se déplacer et à développer la mobilité.**

Par contre, **la sédentarisation des troupeaux** a des effets conséquents en matière de dégradation des écosystèmes. La notion de **surpâturage s'applique plus à une exploitation continue** des ressources pastorales car les animaux, même peu nombreux, exploitent de manière sélective les espèces les plus palatables et tendent à les faire disparaître. **La réduction des aires de pâturages, des couloirs de transhumance et des aires de repos** jusque-là exploités par les pasteurs en zone agro-pastorale et pastorale, en réduisant la mobilité des troupeaux, augmente ainsi les risques environnementaux.

Ces zones sont ainsi parmi les plus exposées aux phénomènes de dégradation des sols et de la végétation. Elles sont aussi actuellement l'objet de conflits d'affectation des usages entre le pâturage qu'elles portent depuis toujours et la mise en culture sous la pression de la remontée des fronts agricoles. Cette agriculture à très haut risque à moins de 300 mm/an prend la forme de systèmes de culture très extensifs beaucoup moins productifs que l'élevage (Collin de Verdière 1995) et laisse les sols à nu exposés aux vents pendant la majeure partie de l'année (Hiernaux et Bagoudou 2006).

Comme la saison des pluies 2009 a pu encore le montrer au Mali, au Niger et au Tchad, la mobilité des troupeaux reste la principale stratégie d'adaptation aux mains des populations locales. C'est donc là une donnée fondamentale à prendre en compte dans la conception d'une initiative comme la GMV, pour que le pastoralisme y soit pleinement intégré et que la muraille demeure perméable comme le demeurent ces zones de transition entre les espaces habités densément peuplés et le désert.

« Globalement en zone pastorale, les risques environnementaux liés à l'élevage pastoral sont faibles en raison de la mobilité du bétail qui ajuste la pression de pâture aux disponibilités fourragères locales et saisonnières.

Par contre, les mises en cultures en zone pastorale vulnérabilisent l'écosystème aride à l'érosion des sols, surtout éolienne, mais aussi hydrique et biochimique. En outre, l'extension de ces cultures contribue à réduire la mobilité locale et régionale du bétail ce qui pourrait, à terme, fragiliser la production animale de type pastoral et aggraver l'impact de l'élevage pastoral sur l'environnement ». Hiernaux P., 2006.

Tirer les leçons du passé

Régénération, protection et multiplication des arbres à l'échelle locale

Comment densifier et protéger le couvert ligneux au niveau villageois ?

Diverses actions permettant de densifier le couvert ligneux sont possibles. La plus simple, avec l'accord et l'appui des populations (et souvent des femmes), est de **protéger ce qui existe et de l'aménager**. L'efficacité de la **régénération naturelle assistée** (RNA, photo n°2) et celle de la **protection individuelle d'arbres hors forêt** sont très faibles dans les champs, sauf exceptions comme dans certains parcs agroforestiers ou pays comme le Niger et le Mali (encadré 9). Cependant, la RNA est un excellent moyen pour à la fois rétablir les conditions favorables au bon fonctionnement écologique des systèmes agroforestiers (plus productifs, Reij et Botoni, 2009), et contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations locales qui assurent elles-mêmes la mise en œuvre de cette technique de GDT dont elles perçoivent bien les avantages (Zarafi *et al.* 2002).



Photo n°2. Régénération Naturelle Assistée – Région de Maradi, Niger (S. Jauffret)

Encadré 9. La Régénération Naturelle Assistée au Niger – Un cas d'école

Dès 1985, au Sud du Niger, dans les régions de Maradi et Zinder (carte n°1), régions densément peuplées, les agriculteurs ont commencé à protéger et à assurer la régénération naturelle assistée (RNA) des arbres dans leurs champs (photo n°3), en favorisant la croissance d'espèces d'arbres locales bien adaptées et à haute valeur ajoutée (*Faidherbia albida*, *Acacia* sp.,...). L'échelle de cette régénération est évaluée à 5 millions d'hectares (15 à 20 fois plus d'arbres en 2005 qu'en 1975).

Ces arbres n'ont pas été plantés, mais sont le résultat de la protection et de la gestion de la régénération spontanée par les agriculteurs. Ces derniers reconnaissent sans ambiguïté les multiples impacts de ce reverdissement : « les arbres sont pour nous comme le mil », « les arbres servent comme un brise-vent », « sans arbres nos animaux n'auraient rien à manger »... Les arbres font partie du système de production et ont permis une plus forte intégration de l'agriculture, de l'élevage et de la foresterie (Reij et Botoni 2009).

Agroforesterie, voir aussi : Szott 1991 ; Peltier 1996 ; Breman et Kessler 1997 ; Griffon et Mallet 1999



Carte n° 1. Localisation des régions de Maradi et Zinder au Niger



Photo n°3. Village dans la région de Maradi au Niger, vu du ciel : les points verts sont des arbres (résultat de la régénération naturelle assistée)

Source : Google Earth, 2011

La préservation des arbres dans les champs, la protection et la conduite de la RNA sont les techniques les moins coûteuses et les plus faciles à adopter à grande échelle afin d'assurer la gestion durable des ressources forestières. Il est donc meilleur marché et plus efficace de promouvoir la régénération d'arbres que de les planter (Bellefontaine 2005 ; Reij et Smaling 2008 ; Reij et Botoni, 2009).

Les populations locales ayant acquis ce savoir-faire remarquable doivent donc être associées à la mise en place de ces bonnes pratiques de gestion durable des terres, notamment grâce à la réalisation de formations par les paysans expérimentés auprès des autres agriculteurs et agro-pasteurs et des échanges d'expériences. Pour amplifier et adopter la RNA à grande échelle, Reij et Botoni (2008) ont recommandé un ensemble d'actions afin de définir, dans la législation forestière, des conditions incitatives d'exploitation des ligneux, non plantés mais protégés et entretenus et de prendre en compte les réglementations locales. En plus de la protection et de la conduite de la RNA, les auteurs recommandent que les activités s'articulent autour de :

- la réalisation de plantations individuelles à but de production de bois (arbres hors forêt sous forme de haies, bosquets, etc.) dans les exploitations agricoles en mettant l'accent sur les essences autochtones dans les zones favorables ;
- la réintroduction des espèces disparues ou en voie de disparition en créant des parcelles de biodiversité soit dans les terroirs, les communes ou dans chaque zone agro-climatique.

Les activités sylvo-pastorales, quant à elles, devraient s'articuler en favorisant :

- le maintien du potentiel productif du sol : conservation des eaux et du sol (Sidibe 2005), fumure organique (Lhoste 1995), *agroforesterie*, engrais ;
- l'intensification des cultures fourragères, ligneuses ou herbacées, dans les exploitations agricoles dans le cadre d'une meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage ;
- le développement des activités génératrices de revenus dans les villages (maraîchage, artisanat, commerce, etc.) pour soutenir l'agriculture (achat de matériel agricole, etc.).

Les mises en défens de formations végétales ligneuses dégradées représentent aussi une alternative aux plantations. Au Sénégal, au Niger, au Burkina Faso, la mise en défens avec le concours réel des **populations sensibilisées et mobilisées** a permis la régénération et le développement de la végétation spontanée sur des terres marginalisées, mais rarement sur de très grandes superficies à ce jour.

Comment planter ?

A défaut de protéger et d'aménager ce qui subsiste, des **plantations de haies** (Yossi 2006), **brise-vent** (encadré 10) et **bosquets** peuvent être entreprises sous certaines conditions :

- choix des espèces et de leurs provenances en fonction des sols,
- sélection de techniques appropriées pour les premières années de vie des plants (Bellefontaine 2010) :
 - o travail du sol en profondeur associé à des *demi-lunes*,
 - o utilisation de conteneurs modernes et portoirs hors sol et rigides permettant le court séjour des plants en pépinière et favorisant la formation d'un système de racines denses (facteur de réussite des plantations sur le terrain),
 - o arrosages durant les deux premières saisons sèches.

Dans ces conditions, on pourra raccourcir les périodes de mises en défens, concilier les souhaits des agriculteurs-éleveurs et domestiquer les principales espèces à usages multiples en multipliant les clones performants préservés par les ruraux (Bellefontaine *et al.* 2010). Ces actions devraient de préférence reposer sur des stratégies qui prennent en compte les difficultés économiques locales.

Enfin, les plantations sont coûteuses et si **l'aspect foncier** n'est pas clairement défini, le résultat final risque d'être faible ou nul. En effet, si les droits de propriété foncière et les droits d'usage sur une parcelle agricole ne sont pas définis entre les agriculteurs et les éleveurs, les éleveurs essentiellement transhumant laisseront divaguer les animaux sur les parcelles agricoles qu'ils considèrent souvent comme des terres collectives appartenant à tous. Dans tout projet d'aménagement agro-sylvo-pastoral, il est donc essentiel de définir les droits d'accès et d'usage de la ressource ligneuse, notamment pour les femmes. Si ces droits ne sont pas clarifiés, le bois des plantations réalisées sera prélevé en trop grande quantité voire en totalité.

Encadré 10. Un exemple de réussite de brise-vent dans la vallée de la Maggia au Niger

Les pentes du bassin-versant, qui ont commencé à être déboisées vers 1930, ont été progressivement asséchées par les vents violents et persistants durant la saison sèche. Pour protéger les terres de la vallée et l'environnement du bassin versant, les premiers brise-vent ont été plantés en 1975, principalement sous la forme de deux rangées de *Neems*. Aujourd'hui, plus de 500 km de brise-vent et de haies ont été plantés et la vallée, protégée par les habitants, est densément occupée (Bellefontaine et Pain Orcet 2001).

Malgré l'aridité du climat et le manque de moyens financiers, une restauration satisfaisante du couvert végétal est possible avec des **techniques simples basées sur une protection durable des surfaces dégradées, une responsabilisation et une implication réelles des populations locales** (encadré 11).

Encadré 11. Impliquer les populations pour la protection durable des ressources naturelles

Au Burkina Faso depuis 2003, l'ONG suisse newTree a entrepris un programme de régénération des formations naturelles au profit des populations rurales du centre et du nord du pays. La conservation *in situ* vise à préserver la variabilité génétique d'un maximum d'espèces ligneuses par des clôtures temporaires, solides, qui favorisent la régénération naturelle du couvert végétal, que ce soient les semis naturels ou parfois les marcottes terrestres et drageons. On évite ainsi les plantations et des arrosages coûteux. L'implication des communautés de base dans l'identification des problèmes liés à la gestion des ressources naturelles et la proposition de solutions adaptées est nécessaire. La décision de protéger les surfaces dégradées, la délimitation des zones à protéger et les actions à mener sont de leur ressort. Elles fournissent les pierres, les graviers, le sable et l'eau ainsi que la main d'œuvre pour installer les clôtures et aménager le site selon leurs objectifs. La surveillance et la maintenance des clôtures font également partie de leurs tâches. Les partenaires signent un contrat et des procès verbaux d'accords fonciers - documents incluant les droits coutumiers et les droits administratifs établis pour chaque site. Au début de la saison pluvieuse suivante, une haie vive est plantée à l'intérieur de l'espace clôturé par les partenaires pour remplacer la clôture par la suite. Elle sera réutilisée pour la protection d'autres terres déboisées. Des *pépinières « volantes »* d'espèces en voie de disparition et/ou utiles pour la population rurale sont installées dans les périmètres clôturés. Par la suite, des plans de gestion sont élaborés avec les partenaires selon leurs besoins afin de permettre une exploitation durable des surfaces restaurées. Une formation en gestion durable des ressources naturelles est proposée ainsi que la création d'activités génératrices de revenus complémentaires, telles que l'apiculture et la production de fourrage qui dès lors deviennent possibles à court terme.

Comment faciliter la reproduction des espèces d'arbres ?

En régions semi-arides, les semis naturels ne survivent guère et disparaissent quasiment tous au cours des tout premiers mois de sécheresse (feu, aridité, broutage, etc). Les semis en pépinières et les plantations industrielles sont trop onéreux. Une alternative existe avec la mise en œuvre d'autres techniques simples (drageonnage, bouturage, marcottage... Belem *et al.* 2008 ; Bellefontaine et Malagnoux 2008 ; Ky-Dembélé *et al.* 2010). Ces techniques peu coûteuses (Meunier *et al.* 2006) sont réalisables par les populations rurales éloignées des pépinières urbaines qui assurent ainsi le maintien à petite échelle des espèces locales vitales. D'autres techniques peuvent être aussi valorisées, comme la production de plants clonés de qualité supérieure (résistants à la sécheresse et aux maladies, croissance rapide, système racinaire puissant, rendements élevés des co-produits ; Bellefontaine 2010).

Comment planter sur les dunes ?

Une récente synthèse de la FAO (Malagnoux, sous presse), portant sur des études de cas relatives aux plantations sur dunes (Chili, Chine, Mauritanie, Sénégal, Niger, Iran), montre une grande diversité des modes de gestion des plantations sur dunes en raison de conditions climatiques, économiques et sociales très différentes. La longue expérience de gestion des plantations de protection sur dunes de certains pays (Danemark, Etats Unis, France) permet d'adapter cette gestion à l'évolution des attentes de la société.

De nouveaux rôles sont ajoutés aux fonctions traditionnelles de fixation, de protection et de production, comme la préservation de la diversité biologique et l'accueil du public (activités récréatives et touristiques). Une gestion multifonctionnelle (ou multi-usages) de ces forêts est aujourd'hui mise en œuvre pour répondre aux attentes de l'ensemble des usagers : satisfaction des besoins en combustibles et autres produit ligneux et non ligneux, sources de revenus pour les populations locales.

La diversité des situations rencontrées doit inciter les concepteurs de projets de fixation des dunes à étudier soigneusement les conditions physiques (édaphiques et climatiques), économiques et sociales du milieu afin de ne pas surestimer les possibilités. Les objectifs économiques ne doivent en aucun cas prendre le pas sur les nécessités techniques (fixation des dunes et protection) et doivent rester des outils pour financer les opérations de maintien des plantations (par le secteur privé lorsque les plantations sont sources de revenus ou par les services de l'Etat avec la participation des populations aux décisions, aux travaux, à la gestion et aux bénéfices).

Enfin, des activités de recherche (d'accompagnement) doivent être prévues dès la conception du projet afin d'étudier toutes les questions relatives à la durabilité du dispositif et à la satisfaction des besoins des populations.

Les ceintures, murailles et barrages verts

Les ceintures vertes périurbaines

La ceinture verte est soit une forêt fortement dégradée puis enrichie d'espèces exotiques, soit le plus souvent une plantation d'arbres autour des agglomérations. C'est au 20^{ème} siècle que les premières expériences ont vu le jour, en particulier en Afrique (OSS, 2008). Selon leurs objectifs, on distingue les ceintures vertes pour :

- protéger les villes de l'érosion (ex : villes côtières au Maroc telles que Tanger) ;
- protéger les villes contre l'ensablement (ex : Gao, Tombouctou, Niamey, Essaouira...) ;
- contribuer à la dépollution d'un environnement urbain poussiéreux et approvisionner en bois de feu (ex : Le Caire) ;
- réintroduire des espèces animales et végétales disparues (à Edfou à 120 km au nord d'Assouan, à Louxor et à Qéna à 60 km au nord de Louxor) ;
- réhabiliter des écosystèmes fragiles et dégradés (ex : Kenya, Soudan...) ;
- aménager les zones urbaines et périurbaines selon une approche paysagère et fonctionnelle (ex : Dakar, Ouagadougou...).

Divers modèles de ceintures ont ainsi été expérimentés : le modèle « grande agglomération », le modèle « agglomérations et cuvettes aménagées », le modèle « agglomération et zones de culture » et le modèle « route ». Ces plantations forestières ont pu assurer une protection durable des agglomérations, des oasis et des infrastructures routières sans irrigation d'entretien partout où la pluviométrie était supérieure à 150 mm (ex : Mauritanie) ou sur des sites bénéficiant de la présence d'aquifères. Si les premiers aménagements apparaissaient comme des infrastructures périurbaines ou rurales généralement mises en œuvre par les pouvoirs publics, sans vocation de production ni d'exploitation (OSS, 2008), les concepts ont progressivement évolué pour associer aux travaux de plantation et d'entretien les populations locales. Ainsi, les expériences nombreuses existant de part et d'autre du Sahara peuvent servir d'exemples pour orienter les travaux en milieu rural (aménagements agro-sylvo-pastoraux) ou urbain (aménagements paysager) afin de mettre en adéquation les réalisations avec les objectifs visés. La réussite à long terme dépend essentiellement :

- du niveau de participation de la population ;
- et du développement en pépinière d'un système d'enracinement optimal accompagné des soins et protections durant les toutes premières années et du « respect physique » des arbres par les populations qui en profiteront, notamment après indemnisation correcte des propriétaires des terres.

Les grands projets : barrières et murailles vertes

Le Barrage Vert Algérien

Depuis les années 1970, l'Algérie met en œuvre un programme national à la frontière du Sahara connu sous le nom de barrage vert (photo n°4), visant à lutter contre la désertification (Belaaz, 2003). Parti d'une action de reboisement de pin d'Alep, réalisée comme une action de génie civil par l'armée, sur une bande aride est/ouest de 3 millions d'ha (1500 km x 20 km), à vocation pastorale, comprise entre les isohyètes 200 et 300 mm, le concept a progressivement évolué au cours du temps. Si une approche intégrée agro-sylvo-pastorale du « barrage vert » intégrant la dimension humaine avait été défendue dès 1976 par la communauté scientifique (MADR, 2004), il n'en a pas été tenu compte. Les défrichements précédant le reboisement monospécifique ont donc engendré des perturbations écologiques et sociales, et les résultats furent en deçà de ce qui était attendu. Le concept de barrage vert a évolué à partir de 1980 vers un ensemble d'actions de développement agro-sylvo-pastoral.

Treize espèces sont alors utilisées pour effectuer les reboisements. Le programme est alors mis en œuvre conjointement par l'armée et par les services forestiers. En vingt ans, 120000 ha de boisement avaient été réalisés sur les 160000 ha planifiés, le taux de réussite des plantations ne dépassant pas 42% (Bensaïd, 1995). Délaissé au début des années 1990, le concept de barrage vert est repris à partir de 1995 dans le cadre du développement agricole et rural ; les actions de reboisement sont intégrées au « programme national de développement agricole et rural ». Elles sont alors réalisées sur les zones qui en ont l'aptitude (sols profonds et disponibilité de l'eau pour l'irrigation). **Le barrage vert est alors composé d'une bande – discontinue – de cultures irriguées à haute valeur ajoutée** (maraîchage, cultures fourragères et arboriculture fruitière), de parcours aménagés et gérés de façon rationnelle (plantations d'arbustes fourragers avec longues mises en défens) et des plantations forestières. Les objectifs de fixation des dunes et de gestion durable des parcours demeurent et sont combinés aux actions de développement des infrastructures et d'amélioration durable des revenus des populations. Les agglomérations et les routes font l'objet d'aménagements spécifiques, comparables à ceux décrits au titre des ceintures vertes.



Photo n°4. Le barrage vert algérien à Hassi Bahbah (photo Yann Arthus Bertrand)

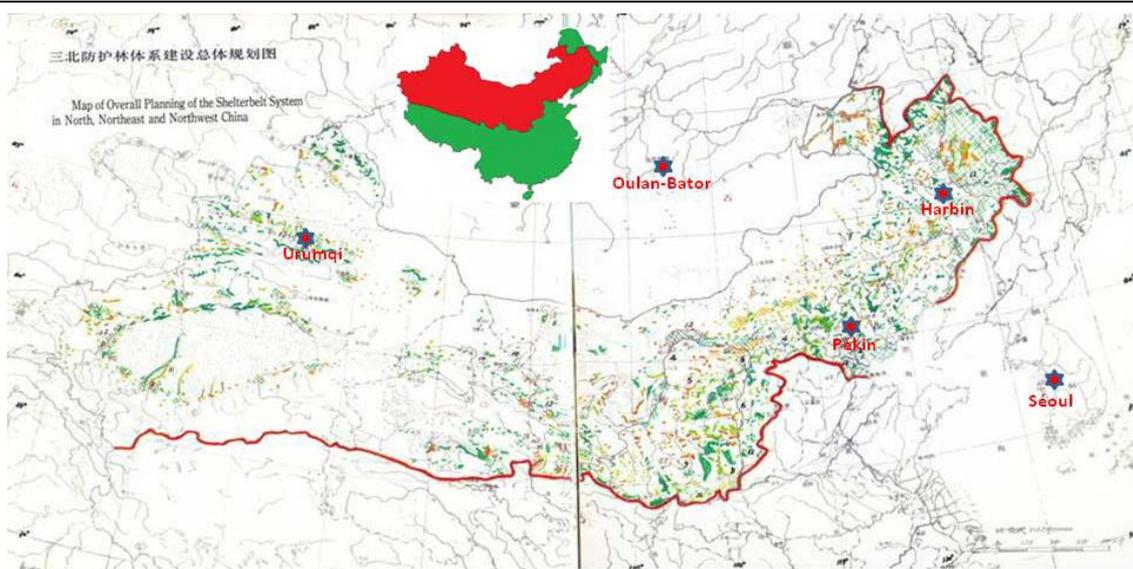
La Muraille Verte de Chine

La "Grande muraille verte de Chine" (Encadré 12) a été ainsi nommée par allusion à la Muraille de Chine. Ce nom à haute valeur symbolique a inspiré celui de l'initiative africaine actuelle, mais les chinois n'ont jamais eu l'intention de construire un "rempart" contre le désert. Il s'agit de prévenir les effets néfastes de la dégradation des terres (Fang *et al.* 2007) à l'origine de tempêtes de poussières dans les villes chinoises (Chen *et al.* 2003). L'expérience chinoise ambitionne d'effectuer des reboisements sur une bien plus grande échelle que l'échelle algérienne déjà importante : le gouvernement ayant planifié 60 milliards de yuan de dépenses (8,77 milliards de dollars US) par an pour ses campagnes de plantation d'arbres. L'objectif de ce programme d'envergure était d'atteindre 20% de la superficie du pays couverte par des forêts d'ici à 2010. Le développement économique, les conditions sociales et environnementales sont très différents en Chine, où au total 540 millions de personnes ont rejoint les efforts de reboisement au cours de l'année 2009 en plantant 2,31 milliards d'arbres (cf. UA-UE, 2009, Annexes). Si le projet est soutenu par une forte volonté politique, les problèmes sur le terrain sont nombreux, dont l'un des plus visibles est le taux de mortalité élevé d'arbres plantés dans des régions climatiques où ils ne sont pas adaptés, comme le montrent les dernières études publiées par des chercheurs chinois. Ils insistent sur la nécessité d'utiliser des espèces locales, qui sont souvent des plantes steppiques, et recommandent de reconstituer les écosystèmes naturels adaptés aux conditions de la région, plutôt que de s'obstiner à planter des arbres où ils ont peu de chances de survivre (Parungo *et al.* 1994 ; Yu *et al.* 2006 ; Wang *et al.* 2007 ; Wang *et al.* 2010 ; Cao *et al.* 2010).

Encadré 12. La Grande muraille verte de Chine

Conscientes que la désertification était liée à la dégradation du couvert végétal et des sols plutôt qu'à l'avancée du désert de Gobi, les autorités chinoises ont conçu un ambitieux programme d'aménagement intégré du territoire qui a démarré en 1978 sous le nom de « Système d'abri forestier Sanbei », ou « Système d'abri forestier des Trois Nord(s) ». Le mot « Sanbei » évoque les trois zones géographiques où le programme est mis en œuvre : le Nord-ouest, le Nord et le Nord-est de la Chine. Le territoire concerné s'inscrit dans un quadrilatère de plus de 4.000 km de long sur près de 1.000 km de large (carte n°2).

Ce n'est qu'en 1989 que le Président Deng Xiaoping a nommé ce programme « Grande muraille verte » en faisant référence à la « Grande Muraille de Chine » pour souligner l'ampleur des travaux, comparables à la construction de l'emblématique muraille. Il ne s'agit en aucun cas de plantations forestières exclusives, mais bien d'un aménagement intégré, aussi bien agricole, pastoral que forestier. Le développement social et la réalisation d'infrastructures sont aussi pris en compte. Concernant les réalisations forestières, de nombreuses erreurs ont été commises depuis le démarrage du programme, notamment des plantations mono-spécifiques (avec une seule espèce), avec des espèces peu ou non adaptées, sans tenir compte des variabilités du climat, des sols et du relief. Cependant, le programme est en constante évolution et les leçons du passé, aussi bien les échecs que les réussites, sont prises en compte pour sa réorientation. En 2000, le programme avait réalisé 22 millions d'hectares de régénération forestière par plantation (70%), mise en défens (26%) et semis aérien (4%). Ces réalisations comprenaient 67% de forêts de protection, 33% de forêts de production (bois d'œuvre 14%, rente –dont fruits– 16% et énergie 4%). Actuellement le programme s'oriente vers des notions de protection environnementale par « reverdissement » plutôt que par « plantation forestière ». On assiste à une promotion de l'utilisation de plantes buissonnantes et herbacées et à une diminution des spéculations commerciales. Les arbres de grand développement aérien ne sont plantés que dans les sites les plus favorables (*suite page suivante*).



Carte n°2. Carte globale de planification de mise en place de la Muraille verte de Chine dans le Nord-ouest, le Nord et le Nord-est de la Chine (d'après la carte publiée par le Bureau en charge de la construction de l'abri forestier des Trois Nord(s), 1989)

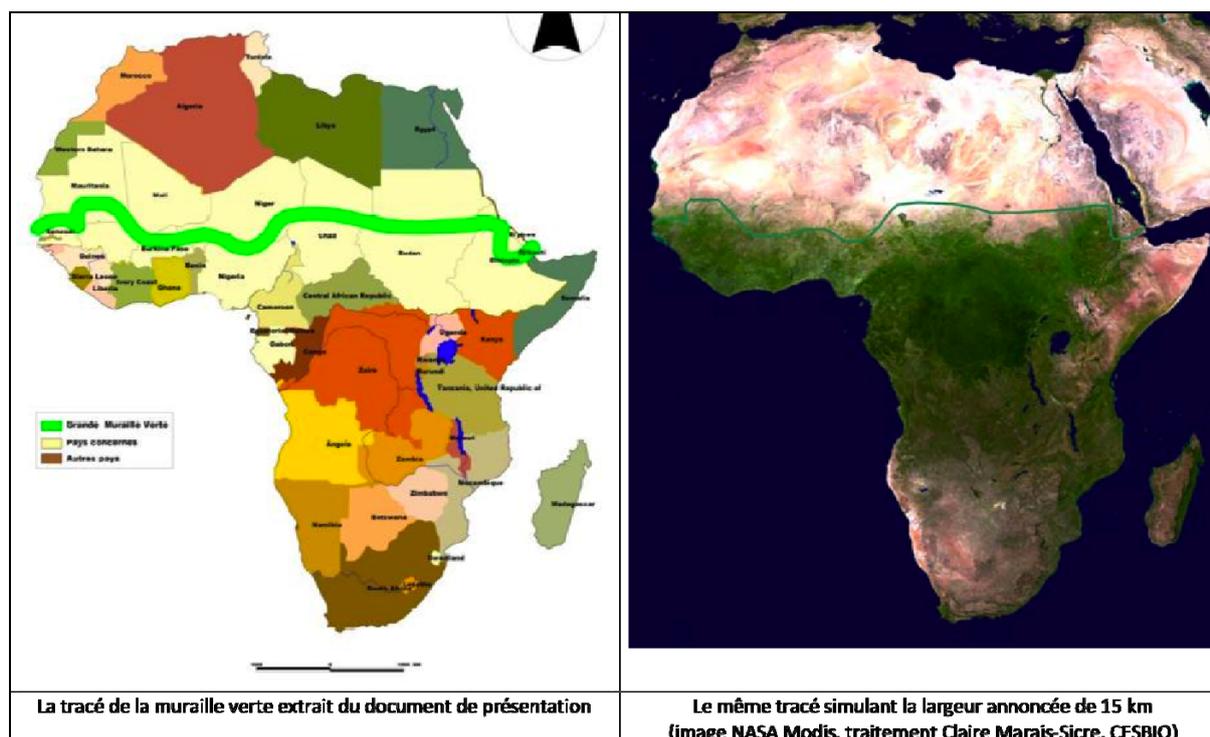
L'initiative Grande Muraille Verte panafricaine

L'initiative de la Grande Muraille Verte (GMV), panafricaine et transcontinentale, a été initialement proposée comme une bande « forestière » large de 15 km traversant le continent suivant un tracé reliant Dakar à Djibouti, pour en faire un projet majeur de lutte contre la désertification. Elle formerait alors une bande continue, mais pouvant prendre certains contours pour éviter des obstacles (cours d'eau, sols rocailloux, montagnes) ou rejoindre des zones habitées (voir grandemurailleverte.org). Nous avons vu que les expériences anciennes de plantations continues (cf. le barrage vert algérien ci-dessus) dans des conditions climatiques défavorables ne militent pas en faveur d'une telle approche. La carte n°3 illustre le tracé initialement proposé (à gauche) et une simulation de la GMV vue de l'espace (à droite) si une bande forestière continue de 15 km de large était effectivement installée à travers le continent, mais il est improbable qu'elle se matérialise un jour de cette façon.

Dans ce sens, il est précisé dans la note conceptuelle (UA, CENSAD, Sénégal 2008a) qu'il s'agit de **réaliser l'installation et de la mise en valeur intégrée d'espèces végétales à valeur économique adaptées à la sécheresse, de bassins de rétention, de systèmes de production agricoles et autres activités génératrices de revenus, ainsi que des infrastructures sociales de base**. Elle intègre ainsi plusieurs systèmes d'utilisation des terres, notamment :

- des formations naturelles : forêts classées (gérées par l'Etat), forêts communautaires (villageoises, communales, de communautés rurales etc.), forêts privées (appartenant à des individus ou groupes privés) ;
- des plantations artificielles anciennes (résultats des projets de la zone) ou nouvelles (à créer y compris les forêts privées) ;
- des unités agro-sylvo-pastorales : cultures annuelles sous verger, périmètres hydro-agricoles arborés, parcs arborés, bassins rétention ;
- des zones de parcours : villageoises ou intercommunautaires ;
- des parcs animaliers ;
- des couloirs de migration de la faune ;
- des réserves communautaires de faune ;
- des parcs nationaux : entièrement ou en partie ;
- des réserves botaniques : pour la conservation de la biodiversité végétale ;
- des mises en défens : au niveau d'aires forestières plus ou moins dégradées ;
- des vergers : plantations fruitières ;
- un corridor de bassins de rétention longeant le parcours de la Grande Muraille ;
- des infrastructures sociales de base dans les zones d'emprise de la GMV.

Les unités vertes seront gérées par les populations locales individuellement ou en groupes, des producteurs privés, des structures de recherche /formation, des collectivités locales ou par les services forestiers.



Carte n°3. Le tracé initialement proposé pour la GMV (d'après UA, CEN-SAD, Sénégal 2008b)

« La GMV n'est pas conçue comme un mur d'arbre courant de part et d'autre du Sahara mais plutôt comme un ensemble d'actions et d'interventions multisectorielles de conservation et de protection des ressources naturelles à des fins de lutte contre la pauvreté » (OSS, 2008). Les informations rassemblées dans cette note vont dans ce sens.

Les arbres dans leur dimension sociétale

La place de l'arbre dans les sociétés sahélo-soudaniennes

Au Sahel, chaque société locale a des pratiques particulières de gestion des ligneux, créant une mosaïque paysagère (cultures, pâturages et arbres), révélatrice des relations entre les sociétés et leur environnement. La correspondance entre la composition floristique du peuplement arboré et la signature d'un groupe ethnique (Pélissier 1980, Raynaud 1997), éclaire sur la nature de la société et son histoire. Les parcs agroforestiers à Gao (Photo n°5) sont l'exemple le plus abouti de ce type de construction du paysage par l'homme sahélien. Le Baobab, quant à lui, est une des espèces les plus connues pour ses multiples usages. **L'arbre est donc essentiel dans le fonctionnement des sociétés sahéliennes** qui se matérialise par des droits fonciers sur les terres et les ressources naturelles différenciés : droit de culture sur une terre, droit d'usage en fonction de la saison, droit de cueillette des produits de l'arbre, droit d'utiliser ses feuilles comme fourrage, droit de couper ses branches pour alimenter son feu, droit de l'abattre... Cela autorise ainsi une certaine **appropriation de l'arbre**, donc un intérêt à sa protection, sans permettre à quelqu'un d'en user comme bon lui semble (contrairement à une appropriation privée).

Cette « multi-appropriation » de l'arbre permet donc à plusieurs familles différentes de profiter de la même ressource, ce qui est essentiel dans ces régions où les ressources sont rares. Ces règles complexes et multiples d'accès et d'appropriation des ressources ligneuses ne correspondent donc pas à la définition occidentale du droit de propriété. Et elles ne concernent pas que les ligneux, mais sont aussi construites de la même façon pour les autres ressources de la terre. La réalité est encore plus complexe. Face à la variabilité climatique, les populations locales deviennent mobiles et déplacent une partie de leur exploitation pour bénéficier des ressources là où elles sont (à des dizaines voire centaines de kilomètres).

Ces « transhumants », agriculteurs ou éleveurs, ont le droit d'exploiter des zones où ils ne résident pas et les droits d'accès et d'usage à une terre concernent donc des groupes sociaux éloignés de cette terre, présents temporairement. Cependant, la croissance démographique et l'accroissement des besoins poussent à transgresser les règles (étêtage ou écimage sévères des arbres qui en meurent, parcelles totalement défrichés pour des cultures plus intensives, surpâturage des feuillages...). Sur les fronts de colonisation agricole, de nouveaux arrivants, parfois ignorants d'une végétation étrangère à leurs savoirs locaux, peuvent être avant tout soucieux d'imposer au paysage une empreinte qui fonde leur contrôle foncier, sans souci de préserver la ressource elle-même. Enfin, des interventions extérieures en faveur d'un développement durable (accroissement de la production agricole, reboisement...) peuvent mettre en œuvre des actions qui font fi de ces règles, par ignorance ou par choix (considérant que ces règles complexes ne sont plus efficaces pour une production durable).

La dégradation du couvert ligneux conduit donc à la perte ou la perturbation des fonctions (agronomique, économique, médicinale, sociale ou culturelle) assurées par l'arbre. Des tensions se créent alors entre groupes sociaux, entre "propriétaires", "exploitants", "arrivants", d'autant plus que la perception occidentale du droit de propriété s'insère de plus en plus dans le contexte, que ce soit par les réformes foncières de l'Etat ou par les cadres de gestion et d'exploitation promues par les projets de développement. Face à ces perturbations et selon le contexte, la nature et l'état de la société locale, une grande diversité d'évolutions s'observe oscillant entre résilience, adaptation, régression ou changement.



Photo n°5. Parc agroforestier à Gao, *Faidherbia albida*, Région de Ségou, Mali, Mars 2005 (A. Cornet)

Conséquences sur les modes d'intervention en faveur d'une reforestation

Les déboires des opérations de développement et de reboisement au cours de tout le dernier siècle (Gautier et Seignobos 2003) nous ont montré la prudence qu'il est nécessaire d'avoir lorsque l'on intervient dans des contextes complexes : il ne suffit pas de planter des arbres pour provoquer une situation de reforestation durable ; implanter de nouveaux arbres ne signifie pas forcément augmenter les ressources ligneuses utiles et disponibles pour les populations locales ; réserver des terres à des plantations peut provoquer autant de pertes (en ressources, en terres, en lieux de passage...) que de bénéfices ; s'accaparer un espace foncier pour ces plantations peut provoquer autant de conflits fonciers et sociaux qu'en résoudre, etc.

Face à cette complexité, la première réponse est d'**effectuer une analyse des impacts sociaux, économiques, fonciers et culturels avant de mettre en œuvre une intervention extérieure**. La deuxième réponse est d'**impliquer les populations concernées dans la définition du projet, afin qu'il soit mieux adapté à leurs besoins et leur contexte** (encadré 13). Une très grande expérience en "démarches participatives" a été accumulée ces dernières décennies (Borrini-Feyerabend *et al.* 2010). Elle permet même de réintroduire la participation des populations lorsqu'elle a été oubliée au départ, non pas pour la mise en œuvre des actions mais plus fondamentalement, et utilement, pour l'évolution des objectifs de l'opération afin de mieux cadrer avec la situation locale (le "suivi évaluation participatif"). Voilà deux réponses prudentes, qui peuvent être facilement combinées et qui pourtant ne sont encore que trop rarement employées.

La GMV constitue donc une réelle opportunité pour intégrer et développer les approches participatives et renforcer le processus de décentralisation en cours en Afrique sahélienne.

Encadré 13. De la construction d'une muraille... à l'accompagnement des initiatives de gestion concertée et responsable des ressources sylvo-pastorales par les sociétés locales.

Depuis les années 1980, de nombreuses expériences ont démontré que les acteurs locaux, associations, autorités locales, communautés, individus s'impliquent dans la gestion des ressources naturelles dans la mesure où ils en deviennent véritablement responsables (Rochette, 1989). Dans le cadre de ces travaux conduits par des démarches de gestion des terroirs, diverses techniques simples d'aménagement et de gestion des ressources naturelles ont été testées et développées : cordons pierreux, diguettes, banquettes, plantations, semis directs de ligneux, régénération naturelle (Larwanou, Abdoulaye, Reij, 2006 ; Reij, 2009), plans simples de gestion, codes locaux et conventions locales de gestion des ressources naturelles (Banzhaf, 2005 ; Bonnet, 2003 ; Kirsch-Jung, Sulser, 2000)... Au vu de ces expériences et de leurs résultats – régénération des ressources et appropriation par les populations – les législations de l'environnement ont évolué dans plusieurs pays sahéliens pour encourager un véritable transfert des responsabilités de la gestion des ressources naturelles aux communautés et/ou aux collectivités décentralisées (Mauritanie, Niger, Mali, Tchad...).

Aujourd'hui, la plupart des acteurs des régions sahéliennes sont convaincus que la gestion étatique, comme le libre accès aux ressources, conduisent inexorablement à leur dégradation. La gestion décentralisée des ressources naturelles communes est donc considérée comme une voie alternative efficace. Malheureusement, la plupart des communes qui ont vu le jour depuis le début des années 2000 au Mali, au Niger pour les plus récentes sont largement dépourvues de capacités à appréhender et prendre en compte les ressources naturelles communes de leur territoire. Leur premier réflexe est parfois même au contraire de mettre en place des taxes supplémentaires sans pour autant investir dans le soutien aux acteurs locaux de la gestion (Boysen, 2008).

La GVM doit donc soutenir les acteurs locaux responsables de la gestion des ressources naturelles, pour leur permettre d'élaborer une vision partagée et concertée de l'aménagement des espaces communaux, intercommunaux voire transfrontaliers qui intègre la mobilité pastorale et la gestion des ressources naturelles communes : aires de pâturages, couloirs de transhumance, points d'eau pastoraux publics, mares permanentes ou temporaires, zones de régénération forestière, stratégies d'aménagement foncier, plans d'aménagement et d'exploitation des ligneux, protection des bassins versants par des mesures de conservation des eaux et des sols...

Les initiatives locales de régénération et d'exploitation durable des ressources sylvo-pastorales (RNA, conservation des eaux et des sols, marchés ruraux de bois, conventions locales...) devraient être financièrement soutenues. En effet, les schémas d'aménagement foncier définis dans le Code Rural du Niger par exemple, intégrant les espaces agro-sylvo-pastoraux, les espaces forestiers, les espaces pastoraux, les axes de transhumance, les aires de repos et les points d'eau pastoraux (Bodé, Bonnet et Hérault 2010) ont exigé des moyens financiers et des outils et méthodes qui ne sont pas accessibles aux acteurs de la zone sahélienne concernés par la GMV.

Les politiques publiques devraient aussi être adaptées pour s'inscrire plus activement dans le soutien à la gestion décentralisée des ressources naturelles. Le soutien de la GMV dans ce domaine serait particulièrement utile, en finançant la révision participative et concertée des textes clés de la gestion durable des ressources naturelles en zone sahélienne : code forestier, code rural, code pastoral. Dans ce cadre, la mobilisation de la société civile, des organisations paysannes et pastorales, des communes et des instances foncières est une garantie de succès et d'appropriation des textes.

EVALUATION DES COUTS ET BENEFICES

Si l'évaluation de la rentabilité des investissements dans la gestion durable des ressources naturelles (GRN) est encore partielle, il est important de montrer que les résultats scientifiques actuels montrent les bénéfices financiers à investir pour la restauration des terres dégradées. Comme Reij et Botoni (2009) l'ont souligné, les impacts des investissements dans la gestion durable des ressources naturelles sont souvent sous-estimés car les évaluations ne tiennent pas compte des impacts indirects des investissements (ex : les travaux de conservation des eaux et des sols conduisent à l'augmentation des rendements agricoles et peuvent contribuer localement à une recharge de la nappe phréatique et à la remontée du niveau d'eau dans les puits favorisant le maraîchage...).

Nous présentons donc ci-après quelques résultats saillants relatifs à la rentabilité économique des forêts sahéniennes et de leurs productions ainsi que la rentabilité des investissements réalisés dans le cadre de projets de lutte contre la désertification basés sur la mise en œuvre d'un ensemble de pratiques de gestion durable des terres (banquettes, tranchées, bandes de végétation, brise-vent, barrages, digues, zaï...).

Evaluer la rentabilité économique des forêts sahéniennes

C'est une tâche assez difficile, car les informations nécessaires à ce type d'évaluation ne sont pas souvent disponibles. Un inventaire a été récemment réalisé sur différents calcul de Taux de Rentabilité Interne Economique au Sahel appliqué aux projets et investissements de type forestiers. Le "taux de rentabilité" auquel nous faisons référence ci-après est donc le TRIE (encadré 14). Cet inventaire reprend essentiellement les travaux de C. Reij et de ses équipes, (Reij et Steeds, 2003 ; Abdoulaye et Ibro, 2006 ; Reij et Botoni, 2008, 2009), également appelées les « Etudes Sahel ». Il présente les résultats portant sur les actions de régénération naturelle assistée (RNA) menées par les populations locales, sur les plantations de parcs arborés et leurs effets sur les activités pastorales et agricoles (accroissement en fourrage et de la fertilité).

Le taux de rentabilité est ici calculé après la réalisation des projets ou des actions de reforestation et sur la base d'informations réelles, établies d'après des relevés de terrain, des enquêtes et des avis d'experts (*on parle d'évaluation "ex post"*). Il rapporte les bénéfices des investissements forestiers mis en place (production de bois, fourrage, amélioration de rendement agricole) aux coûts de mise en œuvre ou d'entretien des forêts (plants, arrosage, surveillance, coût du foncier, regarnis selon les cas etc.).

Par exemple, dans ces 'Etudes Sahel', le taux de rentabilité de la régénération naturelle assistée a été évalué au Niger, et au Burkina Faso sur une période de 20 ans, pendant laquelle les arbres, des espèces diversifiées, sont protégés par les populations (coûts en main d'œuvre pris en compte) ; ils produisent du bois (à partir de la sixième année), accroissent le fourrage, et permettent l'augmentation des rendements agricoles (+5% sur les récoltes). **Au Niger, ces évaluations issues d'enquêtes de terrain font ressortir des taux de rentabilité de 31% et au Burkina Faso de 24%.**

Le calcul du taux de rentabilité de deux types de plantations d'arbres au Niger a été réalisé sur 20 ans :

- une plantation non fruitière : la production en bois est estimée à 6 stères par ha à partir de la sixième année, la production en fourrage à 15,5kg/ha ce qui donne un taux de rentabilité de 13% ;
- une plantation fruitière : la production en fourrage est estimée à 15,5kg/ha et celle en gomme arabique à 1,5 kg par arbre à partir de la sixième année, ce qui donne un taux de rentabilité de 31%.

Mais le taux de survie des arbres de 100% utilisé dans ces calculs est largement surestimé : les études faites au Niger montrent qu'en fait seulement 20% des arbres plantés survivent jusqu'à l'âge adulte, ce qui remet en question la rentabilité économique des actions décrites. Dans le cas de l'évaluation économique des impacts de la fixation des dunes côtières par plantations de *Filaos* au Sénégal, ces investissements ont également permis la mise en culture maraîchère de cuvettes avoisinantes, le taux de rentabilité réel atteint alors 20%.

Dans les différents projets et actions évalués en matière de rentabilité, l'horizon temporel utilisé est au minimum de 20 ans. Ce choix qui permet aussi de travailler sur des données plus fiables tient à la durée nécessairement longue des retours quand il s'agit d'investissements dans le milieu naturel (par opposition avec le temps court de l'économie). Il est contraignant pour l'évaluation car exige l'accès à des projets et actions de long terme, devenus plus rares. La tendance est en effet au financement de projet et de plans de trois à six ans, ajustés à la planification des pays et aux règles des opérateurs de la coopération internationale.

Cette question du temps, cependant soulève quelques réflexions de plusieurs ordres :

- sur le choix des espèces (et des investissements dans l'amélioration des espèces forestières) : du point de vue des investisseurs, par exemple, les projets de plantations d'Eucalyptus qui donnent du bois de chauffe après trois ans peuvent engendrer des taux de rentabilité élevés à cette échéance ; ce constat explique pour partie l'engouement des bailleurs pour ce genre d'action ; la question de leur durabilité, de la répartition des revenus qui en sont issus restant le plus souvent mal informée ;
- sur l'importance des dimensions sociales et institutionnelles dans le cas d'un projet de long terme et sur les conséquences probables (à double tranchant) en matière d'encadrement de ces projets : le taux de rentabilité d'une plantation d'espèces fruitières nécessitera en effet d'être calculé sur une durée longue pour un résultat positif (temps de maturation des arbres) ; or, l'allongement de la durée d'un projet en rend plus incertains les aspects de gestion collective ou d'entretien des investissements réalisés, de redistribution des bénéfices et de sécurisation du foncier : seront-ils imposés par l'extérieur, engendrant des coûts sociaux ? seront-ils élaborés ou co-élaborés par les parties prenantes, les bénéficiaires et les groupes cibles ?

C'est donc bien de pré-requis sociaux et institutionnels, en plus des connaissances écologiques dont il s'agit ici dans le débat sur la rentabilité des projets forestiers.

Ce point est d'ailleurs évoqué dans les travaux antérieurs d'évaluation de Reij (Reij et Steeds, 2003) : dans le cas de la gestion des forêts en Tanzanie, ils font ressortir l'importance de la gestion d'une forêt classée par l'administration forestière en collaboration avec les communautés locales. Cette co-gestion réduit de façon importante les prélèvements illicites en bois. Dans ce cadre, le résultat d'une gestion villageoise de la forêt (plan de rotation bois de feu) associée à la diffusion de foyers améliorés engendrera un taux de rentabilité de 12% (les coûts sont estimés à partir des coûts de fonctionnement l'administration forestière). Ici, le taux de rentabilité est estimé avant la mise en œuvre du projet (évaluation *ex ante*).

L'évaluation introduit donc ici la question des modes d'accès et d'usages collectifs des plantations : redistribution des bénéfices, organisation de l'entretien et clarification du foncier, comme des éléments fondamentaux de la rentabilité d'un investissement comme le reboisement. Le calcul du taux de rentabilité s'il ne peut pas inclure directement la question des droits de propriété montre à partir de résultats comparés l'importance de ce critère. D'autres limites des évaluations de taux de rentabilité tiennent :

- à la méconnaissance de nombreux coûts (Capalbo et Antle, 1989) : coût d'arrosage, d'entretien, coût d'opportunité liés, coûts sociaux de mise en œuvre de certains projets, taux de reprise des arbres, événements climatiques, variations des prix de vente etc. Certains de

ces différents éléments sont reliés. Ceci renforce le caractère contextuel de telles évaluations (Requier-Desjardins *et al.*, 2010) ;

- à une tendance à la surestimation des résultats en matière de production et à la sous-estimation ou à l'omission de certains bénéfices écologiques et socio-économiques : stockage de carbone, remontée des nappes phréatiques et allègement des corvées d'eau, gain en biodiversité, baisse de conflits sur les ressources, ombrage et aspects paysagers,...

Des recherches complémentaires sont en cours pour introduire certains de ces éléments dans les calculs de taux de rentabilité (Requier-Desjardins 2007).

En conclusion, les résultats des évaluations réalisées renforcent l'idée qu'un processus de reforestation spontané ou entretenu localement par une volonté collective procurera les bénéfices multidimensionnels les plus élevés au cours du temps. Le cas de la Régénération Naturelle Assistée en est un des meilleurs exemples dans cette région.

Encadré 14. Le Taux de Rentabilité Interne Economique (TRIE)

Il permet de dire si un projet ou un type d'investissement est rentable. C'est un pourcentage correspondant au taux qui, pour une période donnée, annule la valeur nette actualisée des flux économiques attendus en retour de l'investissement initial (et des coûts de son entretien).

Pour obtenir la valeur actualisée des flux économiques futurs d'un tel investissement, on a recours à un taux d'actualisation. Ce taux d'actualisation exprime à la fois la préférence pour le présent, l'aversion au risque qui augmente avec la durée des projets (incertitude) et surtout le fait que la croissance économique (ou l'accroissement des richesses produites) diminue aujourd'hui la valeur d'un montant (ou retour) monétaire futur.

Mais pour les ressources naturelles, on observe plutôt leur raréfaction au fil du temps, notamment depuis le milieu du XX^{ème} siècle. Aussi, de nombreux experts s'interrogent sur l'intérêt d'utiliser un taux négatif d'actualisation pour traduire l'idée que leur valeur aujourd'hui augmentera plutôt au fil du temps (voir notamment les débats autour de ce point dans les enceintes traitant de la valeur économique et monétaire de la biodiversité, TEEB, 2009).

La gestion durable des zones bénéficiant d'investissements : exemples de la Stratégie d'Énergie Domestique et les Marchés Ruraux de Bois-Énergie

Le Niger et le Mali ont mis en œuvre dès les années 1970 la Stratégie d'Énergie Domestique (SED, avec l'aide du CIRAD), une contribution assez significative à l'aménagement des forêts naturelles dans la zone soudano-sahélienne. La démarche adoptée se base sur quatre piliers principaux :

- la valorisation commerciale de l'arbre (organisation de la filière-bois et mise en place de marchés ruraux de bois-énergie - MRBE)
- la responsabilisation des populations locales et la satisfaction des besoins (en bois-énergie et en co-produits divers) des populations rurales et urbaines,
- la création d'emplois et de revenus,
- la gestion durable des ressources ligneuses.

Cette démarche est soutenue par l'élaboration, l'adaptation et l'application d'une nouvelle fiscalité sur le bois et la définition des techniques d'aménagement pour les formations forestières sahéennes, négociées et s'adaptant aux exigences des populations riveraines. Le développement d'aménagements sylvo-pastoraux doit favoriser : les savoir-faire locaux, la vulgarisation de techniques de régénération les plus efficaces, facilement maîtrisables et les moins coûteuses, la formation des membres des structures villageoises de gestion, la mise en place d'un cadre institutionnel adéquat, plus incitatif sur le plan fiscal et foncier et l'intensification de l'agriculture et de l'élevage, afin de réduire la pression sur les ressources forestières (Peltier *et al.* 2009).

« De 1986 à 1992, les coopératives ont permis d'injecter quelque 65,5 millions de francs CFA au titre des ventes de bois dans les localités concernées. Ces sommes restaient auparavant dans la ville de Niamey, du fait que les bûcherons étaient des citoyens salariés des transporteurs. La valeur ajoutée globale créée dans l'économie nationale se serait ainsi élevée à 262 millions de francs CFA. Ces masses monétaires ont permis la création d'emplois, la réduction de l'exode des couches jeunes de la population, le développement d'autres activités à caractère économique et social : réparations d'ouvrages hydrauliques, constitution de banque de céréales, achat d'intrants, agrandissement de bâtiments sociaux, relance d'activités culturelles, etc. » (Bellefontaine et al. 2000).

Exemple des projets de lutte contre la désertification dans la région de Tahoua (Niger)

Au Sahel, la région de Tahoua au Niger nous permet de disposer de résultats spectaculaires tant du point de vue des réalisations que des résultats. En effet, dès le début des années 1980, de nombreux projets de développement et de lutte contre la désertification ont été menés par le Niger avec l'appui des partenaires techniques et financiers internationaux.

Parmi les projets les plus connus, le projet de développement rural intégré de l'Ader Doutchi Maggia (« projet Keita », région de Tahoua) est un cas d'école par son ampleur. Si après 14 ans d'activités, les résultats semblent concluants mais les investissements humains, techniques et financiers mobilisés sont tels qu'il s'avère impossible de répliquer ces travaux (tableaux 1, 2 et 3 ; encadré 14). Il faut cependant tirer les leçons d'une telle expérience qui nous apprend que la participation de la population, et en particulier des femmes, est essentielle à la pérennisation des acquis ainsi que la formation des populations qui prendront en charge la gestion des terroirs.

Tableau 1. Récapitulatifs des financements (US\$) du projet de développement rural intégré de l'Ader Doutchi Maggia (PDR-ADM, Département de Keita, Niger) au cours des trois phases du projet 1983 – 2003 (PDR-ADM, Rapport Projet, Février 1998)

Source	Phase I	Phase II	Phase III
Italie	38.313.000 US\$	18.306.731 US\$	8.500.000 US\$
Niger	Salaire des cadres, terrains et bâtiments	Salaire des cadres + 120.000 US\$ (budget national d'investissement)	Salaire des cadres
PAM	6.920.350 US\$	10.022.980 US\$	Extension du financement en cours
Population	4.819.600 journées de travail	4.600.000 journées de travail	934.504 journées de travail
FAO (TCP /NER/4556)	-	320.000 US\$	-
Coopération Italienne		100.000 US\$	-

Source : PDR-ADM (1998)

Tableau 2. Interventions réalisées de 1984 à 2003 (Di Vecchia et al. 2007)

Types d'interventions	Réalisations
Récupération et amélioration des terres agricoles et pastorales, reforestation et fixation des dunes (ha)	34 483
Arbres plantés (nombre)	18 000 000
Routes construites (km)	313
Puits forés (nombre)	5
Puits d'excavation (nombre)	708
Bâtiments ruraux (m ²)	28 000
Petits barrages (nombre)	40
Barrages (nombre)	2
Autres barrages (nombre)	251

Tableau 3. Evolution de l'occupation des terres à Keita entre 1984 et 2002 suite aux actions de conservation des eaux et des sols (Di Vecchia et al. 2007)

Types d'occupation des terres	1984 ha	2002 ha	Variations %
Forêts	10,876	45,542	+ 319
Formations arbustives	95,950	67,422	- 30
Prairies	60,277	17,417	- 71
Cultures pluviales	84,102	150,730	+ 79
Cultures irriguées	968	1,006	+ 4
Sol nu	144,998	124,196	- 14
Dunes	32,441	21,847	-33

Encadré 14. Réussite et plafonnement des opérations de LCD, l'exemple du projet Keita (Niger)

En 1962, la région de Keita au Niger était couverte de forêts sèches. Cette végétation a complètement disparue en 1984. Cette année-là, les rendements agricoles sont nuls en raison d'un nouvel épisode de sécheresse. Mis en œuvre entre 1984 et 1999, le projet Keita concerne 3 500 km² (sur les 4 860 km² de l'arrondissement). Les principales réalisations du projet sont des travaux de conservation des eaux et des sols (banquettes, tranchées, bandes de végétation, brise-vent, barrages, digues). L'objectif est de réduire l'érosion, favoriser l'infiltration d'eau et l'abreuvement du bétail. 20 000 ha de terres ont été traités, dont 9 300 sont des terres agricoles, le reste étant des zones pastorales et forestières ; 17 millions d'arbres ont été plantés entre 1984 et 1991. Des dunes ont été fixées. De nombreuses infrastructures ont été construites : routes, puits, écoles.

Les rendements en céréales passent de 1,5 tonne en 1972 à 0 en 1984, puis à 0,364 entre 1984 et 1994 ; la production de fourrage est supérieure de 50% en fourrage sur les zones traitées par le projet.

La population dans la région est passée de 65 000 personnes en 1962 à 170 000 en 1995 et à 231 680 personnes en 2002.

Les superficies cultivées ont augmenté : de 33 750 à 44 850 ha en 1979, entre 107 000 et 167 828 ha en 1994. Les zones effectivement cultivées dépassent celles vouées à l'agriculture : en effet, en 1994, on estime avoir atteint la surface maximale pouvant être cultivée, évaluée autour de 120 000 ha. Celle-ci couvre juste les besoins alimentaires de la population de l'époque : on considère qu'il faut 237 kg de céréales par personne et par an, ce qui correspond dans la région à 0,7 ha de terre de culture par personne compte tenu du rendement de 350 kg/ha (Di Vecchia et al., 2002).

Les perspectives de développement recommandent dès lors de valoriser la diversification des activités.

Source : Di Vecchia et al., 2002 ; PEICRE, 1998.

Parallèlement, d'autres projets de développement rural dans la région de Tahoua ayant obtenu d'excellents résultats méritent d'être cités :

- la coopération allemande accompagne depuis très longtemps le Projet de Développement Rural de Tahoua ;
- le projet « Conservation des eaux et des sols – Agroforesterie » du Fonds International de Développement Agricole qui peut être considéré comme la référence du développement des techniques du zaï développés au Niger. Un agronome nigérien s'est investi sur la récupération des terres dégradées à la main. Cela a généré un tel succès que les plateaux arides abandonnés sont devenus un enjeu foncier convoité pour y cultiver du sorgho ;
- l'ONG CARE a contribué à la mise en place de brise-vent dans la vallée de la Maggia (voir encadré 10) : les traces sont aujourd'hui encore visibles.

Aujourd'hui, le résultat global observé dans cette région est spectaculaire. Le principal secret du succès de tous ces aménagements en zones arides repose sur la participation de la société Aderawa (habitants de l'Ader, région de Tahoua au Niger) et sa capacité à prendre dans les propositions des projets ce qui lui est utile et qu'elle entretient.

De nos jours, le bassin versant de Badaguichiri (photos n°6 et 7) est remarquablement aménagé à la fois sur les plateaux et dans la vallée sans que les projets n'y soient intervenus depuis plusieurs années. Un ensemble de bonnes pratiques de gestion durable des terres est utilisé et entretenu : zaï, cordons pierreux, RNA...



Photo n° 6. Vallée centrale vers Badaguichiri, région de Tahoua, Niger (B. Bonnet)



Photo n° 7. Aménagements agricoles (murets pierreux, paillage...) des plateaux d'Allakay, région de Tahoua, Niger (B. Bonnet)

Enfin, l'ensemble des expériences et leçons tirées des projets de développement au Niger et au Burkina Faso a été valorisé dans un recueil d'expériences édité par le Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS) en 1989. Ce recueil comprenant une centaine de fiches d'expériences est un outil utile à mettre au service de la GMV (Rochette 1989).

Agroforesterie et avantages produits par les arbres et les co-produits

Les essences les plus utiles pour le bois-énergie ou celles dont les fruits et les feuilles sont consommés tout au long de l'année sont en voie de régression rapide. L'importance des ressources forestières (bois et co-produits) que l'on trouve dans les terroirs agricoles n'est encore que rarement évaluée. Pourtant, les systèmes agroforestiers et les arbres assurent un meilleur équilibre du revenu des agriculteurs et offrent de multiples atouts : maillage interstitiel dans les agglomérations, délimitation des propriétés foncières, valorisation du patrimoine foncier, production de bois et de fourrage, création d'emplois en zone rurale ou urbaine. En plus du fourrage, les autres produits forestiers non ligneux (ou co-produits) sont certainement ceux pour lesquels la labellisation peut être porteuse de bénéfices. Il faut cependant mesurer ce que cela peut signifier comme contraintes associées (ex : traçabilité des produits de terroir). Les labels et l'écocertification sont des réponses possibles aux nombreux problèmes rencontrés dans la gestion durable des projets de développement visant la conservation des écosystèmes et l'aménagement du territoire. Cependant, c'est à la motivation des acteurs économiques, agriculteurs, éleveurs, élus locaux, et autres partenaires, qu'il faut faire appel pour insuffler une réelle dynamique de gestion des arbres débouchant sur une véritable rentabilisation de la ressource et de ses co-produits (Bellefontaine et al., 2002).

CONCLUSIONS

L'initiative Grande Muraille Verte a été saluée à juste titre car la mobilisation politique des pays africains autour de ce concept est sans nul doute un gage d'appropriation et de réussite des actions de lutte contre la désertification et de reverdissement envisagées, en particulier par la plantation d'arbres.

La comparaison des taux de réussite aux différents niveaux montre clairement que c'est au niveau villageois que les actions de plantations d'arbres et surtout d'assistance à la régénération naturelle ont les meilleurs résultats des différents points de vue. Pourtant ces résultats, souvent obtenus avec le soutien d'ONGs, de programme de coopération bilatérale, de coopération décentralisée, restent trop locaux. La volonté d'étendre et de transformer ces micro-résultats en passant à un niveau politique national et même pan-sahélien est certainement légitime et même très probablement indispensable pour atteindre la dimension que nécessite la lutte contre la désertification.

Mais comme nous l'avons vu, ce n'est pas un « mur vert » de 15 km de large installé entre Dakar et Djibouti qui arrêtera la désertification. Contrairement à cette image, l'initiative se décline sur le terrain à travers la mise en œuvre de bonnes pratiques de gestion durable des terres.

Dans ce contexte, la responsabilité des scientifiques est de mettre à disposition toutes les connaissances acquises sur le rôle des arbres dans la lutte contre la désertification et ce, dans tous les secteurs (agriculture, élevage, foresterie, économie, société...). Le succès technique de l'initiative dépend en grande partie d'une utilisation appropriée de ces connaissances et de son accompagnement par des mesures de formation et de recherche-développement.

Cette note n'est qu'une rapide synthèse de quelques uns des travaux publiés sur le sujet. Il y a relativement peu d'articles dans les revues internationales. En outre, les nombreux rapports de projets accumulés sur plusieurs décades et décrivant les expérimentations, leurs résultats et souvent les recommandations qui en découlent, ne sont pas accessibles et encore moins partagés (Briki et Ben Khatra, 2010). Pourtant pour éviter de refaire certaines erreurs, leur consultation serait salutaire. Pour permettre au plus grand nombre des personnes concernées, et en particulier les experts et agents nationaux qui auront en charge les réalisations concrètes dans leur pays, le CSFD recommande de mettre en place un mécanisme pour mettre cette manne d'informations pratiques à la disposition de tous.

Les études et recherches disponibles confirment la nécessité de développer le concept autour d'une approche globale intégrant l'ensemble des activités agro-sylvo-pastorales, avec un objectif d'aménagement durable des territoires, et qui combinerait différentes formes de reforestation (protection et gestion des ressources existantes, accompagnement de la régénération naturelle et replantations). Il est aussi important de bien réfléchir dès le départ à qui sera responsable de sa mise en œuvre et qui pourra exploiter les ressources produites, produits ligneux (bois) mais aussi non ligneux (fourrage, fruits, résines...). La question foncière (propriété) et les droits d'accès aux terres sont des questions délicates qu'il faut prendre en considération dès le démarrage des travaux.

Pour maximiser les chances de succès et pérenniser les acquis des travaux qui seront entrepris, des mesures d'accompagnement seront nécessaires notamment : la formation des « futurs planteurs » (pépinières modernes, conteneurs hors sol, modes de transport des plants sur de vastes distances, zaï, etc.), la formation des femmes qui assurent généralement les activités de maraîchage...

Enfin, la GMV doit aussi viser des bénéfices à long terme pour les populations. Les arbres ne sont pas une activité de production séparée qu'il faudrait limiter à des espaces spécifiques, sans lien avec les autres productions. Bien au contraire, la plantation d'arbres d'espèces bien choisies est un apport considérable et ne peut bien réussir que si elle est intégrée avec les autres composantes de l'utilisation des terres : les cultures, le pastoralisme, la cueillette, etc. Cela suppose un cadre foncier et juridique qui permette aux populations vivant dans et de ces milieux de gérer au mieux les différentes composantes en visant leur durabilité, ce qui est bien l'objectif de la GDT (voir encadré 3). La GMV doit permettre des conditions de vie convenables pour les populations rurales et assurer une diversification des activités économiques sources de revenus (vannerie, gomme, tanins...) en s'insérant dans un système productif familial cohérent.

Recommandations pour les décideurs

Les résultats de la recherche en matière de développement des aménagements agro-sylvo-pastoraux nous permettent de formuler les recommandations suivantes :

- 1 - ***adopter une approche souple permettant de valoriser les meilleures pratiques de gestion durable des terres***, prenant en compte les résultats des nombreux projets de ceintures vertes, de plantations et d'agroforesterie déjà réalisés, mais également les savoir-faire locaux ;

- 2 - ***identifier et vulgariser, lorsque cela est nécessaire, les techniques de régénération les plus efficaces***, facilement maîtrisables (techniquement et financièrement) et rentables ;

- 3 - ***s'appuyer sur le processus de décentralisation en assurant la participation des populations*** à la réalisation de la GMV, en leur assurant les bénéfices des retombées (amélioration de la qualité des terres et des rendements et diversification des activités génératrices de revenus) :

* promouvoir des structures villageoises de gestion très légères, comme les marchés ruraux par exemple ;

* renforcer la formation des membres des structures villageoises de gestion ainsi que des femmes ;

* mettre en place un cadre institutionnel adéquat, plus incitatif sur les plans fiscal et foncier, allant dans le sens d'une véritable décentralisation, en vue de renforcer les capacités locales de gestion des ressources, de planification et de maîtrise du développement ;

- 4 - ***encourager l'intensification de l'agriculture et de l'élevage***, afin de réduire leur pression sur les ressources forestières.

Toutes ces recommandations convergent pour prôner l'intégration des plantations et de la régénération d'arbres dans le cadre global de la gestion durable des terres.

REFERENCES CITEES

- Abdoulaye, T. & Ibro, G.** (2006) Analyse des impacts socio-économiques des investissements dans le gestion de ressources naturelles, une étude de cas dans les régions de Maradi, Tahoua et Tillaberry au Niger, Etude sahélienne Niger, Centre Régional d'Enseignement Spécialisé et agriculture, (CRESA), Niamey et Université Libre d'Amsterdam, 73 p.
- Banzhaf, M.** (2005) les impacts socio-économiques de la gestion décentralisée des ressources naturelles, la contribution des conventions locales à la lutte contre la pauvreté, Projet Pilote Droit Foncier et Systèmes Fonciers, Réseau Sectoriel Développement Rural en Afrique, GTZ, 91 p.
- Bassett, T.J. & Boutrais, J.** (2000) Cattle and trees in the West African savanna. In: *Contesting forestry in West Africa, The Making of Modern Africa*, Ashgate, Aldershot : 242-263.
- Belem, B., Boussim, J.I., Bellefontaine, R. & Guinko, S.** (2008) Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* Pelegr. et Vuillet par blessures de racines au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, **295**, 1 : 71-79.
- Bellefontaine, R.** (1998) Appui au projet franco-égyptien pour l'établissement en zone désertique des forêts artificielles d'Edfu, Qéna et Luxor, irriguées par les eaux usées de ces trois villes. Rapport, CIRAD – Forêt, 17 p + Annexes.
- Bellefontaine, R.** (2005) Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas – Texte introductif, tableau et bibliographie. *Sécheresse*, **16**, 4 : 315-317 et *Sécheresse*, n° 3^E, décembre 2005.
http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344.
- Bellefontaine, R.** (2010) De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? *Sécheresse*, **21**, 1 : 42-53.
- Bellefontaine, R. & Malagnoux, M.** (2008) Vegetative Propagation at Low Cost: A Method to Restore Degraded Lands (pp. 417-433). In: *The Future of Drylands. International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research*. Tunis, Tunisia, 19-21 June 2006. Published jointly by C. Lee and T. Schaaf (Ed), UNESCO Publishing, Man and the Biosphere series (Paris) and Springer SBM (Dordrecht), 855 p.
- Bellefontaine, R. & Pain-Orcet, M.** (2001) *Les arbres hors forêt : Vers une meilleure prise en compte*. Food & Agriculture Org.
- Bellefontaine, R., Ferradous, A., Alifriqui, M. & Monteuis, O.** (2010) Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc : le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, **304**, 2 : 47-59.
- Bellefontaine, R., Gaston, A. & Petrucci, Y.** (2000) **Management of natural forests of dry tropical zones**. FAO Conservation Guide n° 32, FAO Rome, 318 pages.
<http://www.fao.org/docrep/005/w4442e/w4442e00.htm>
- Bellefontaine, R., Petit, S., Pain-Orcet, M., Deleporte, Ph. & Bertault, J.G.**, (2002) Trees outside forests. Towards better awareness. FAO Conservation Guide n° 35, Rome, 2002, 234 p.
<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2328E/Y2328E00.HTM>
- Bensaid, S.** (1995) Bilan critique du barrage vert en Algérie. *Sécheresse*, 6 : 247-255
- Bielders, C.L., Rajot, J.L. & Michels, K.** (2004) L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien : influence des pratiques culturelles actuelles et méthodes de lutte. *Sécheresse*, **15** : 19-32.
- Bodé, S., Bonnet, B. & Hérault, D.** (2010) Sécurisation des systèmes pastoraux au Sahel face aux incertitudes climatiques, sociofoncières et économiques. IRAM, Séminaire Agir en situation d'Incertitude, Montpellier, 22-24 nov 2010. 13 p.
- Bonnet, B.** (2003). Chartes de territoire et conventions locales : vers un renforcement de la gouvernance locale des ressources naturelles? Conférence sous-régionale. Les conventions locales au Sahel: un outil de co-gouvernance des ressources naturelles, Bamako, 2-5 décembre 2003.
- Borrini-Feyerabend, G., Pimbert, M., Farvar, M. T., Kothari, A. & Renard, Y.** (2010) *Partager le pouvoir : gouvernance élargie et cogestion des ressources naturelles de par le monde*. IIED.

- Boysen, T.** (2008). La gestion durable des ressources naturelles au niveau communal. L'intégration des secteurs agriculture, élevage et foresterie dans les planifications et actions communales - une comparaison des expériences de la Coopération allemande au Bénin, Mali, Niger, Sénégal et à Madagascar. Sector Network for Rural Development (SNRD) - Réseau Sectoriel de Développement Rural (RSDR), Groupe de travail : Gouvernance des Ressources Naturelles - Afrique Francophone. GTZ, 59 p.
- Breman, H. & Kessler, J.J.** (1997) The potential benefits of agroforestry in the Sahel and other semi-arid regions. *European Journal of Agronomy*, **7** : 25-33.
- Brenner, A.J., Jarvis, P.G. & Vandenbeldt, R.J.** (1995) Windbreak-crop interactions in the Sahel. 1. Dependence of shelter on field conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, **75** : 215-234.
- Briki, M. & Ben Khatra, N.** (2010) L'analyse des expériences de mise en place des ceintures vertes au niveau circum-Sahara.. In: *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre*, pp. 262-271. IRD, Marseille.
- Bristow, C.S., Hudson-Edwards, K.A. & Chappell, A.** (2010) Fertilizing the Amazon and equatorial Atlantic with West African dust. *Geophysical Research Letters*, **37**, L14807, 5pp.
- Cao, S., Tian, T., Chen, L., Dong, X., Yu, X., & Wang, G.** (2010). Damage Caused to the Environment by Reforestation Policies in Arid and Semi-Arid Areas of China. *Ambio*, **39** : 279-283
- Capalbo M. & Antle J.** (1989) Incorporating social costs in the return to agricultural research. *American Journal of Agricultural Economics*, **71** : 432-458.
- Chen, Y.F., Cai, Q.G. & Tang, H.P.** (2003) Dust storm as an environmental problem in north China. *Environmental Management*, **32**, 413-417.
- Clément, J.** (1982) Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. Données concernant les pays de l'Afrique francophone au Nord de l'Equateur et recommandations pour la conduite de nouvelles études. *Bois et forêts des tropiques*, **198** : 35-58.
- Colin de Verdière, P.** (1995) Les conséquences de la sédentarisation de l'élevage au Sahel. Étude comparée de trois systèmes agropastoraux dans la région de Filingué (Niger), Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon. 220 p.
- Cornelis, W.M. & Gabriels, D.** (2005) Optimal windbreak design for wind-erosion control. *Journal of Arid Environments*, **61** : 315-332.
- D'Aquino, P.** (2000) L'agropastoralisme au nord du Burkina Faso (province du Soum) : une évolution remarquable mais encore inachevée. *Autrepart* : 29-47.
- D'Herbes, J.-M., Ambouta, K. & Peltier, R.** (1997) *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens*. John Libbey Eurotext.
- Di Vecchia, A., Pini, G., Sorani, F. & Tarchiani, V** (2007) Keita, Niger : the impact on environment and livelihood of 20 years fight against desertification. Centro Città del Terzo Mondo Politecnico di Torino, Turin, Italy. Working Paper n°26, 19 p.
- Dia, A., Duponnois, R., & Wade, A.** (2010). *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre*. Marseille: IRD, 438 p.
- Djerma, A., Gremah, A., Héroult, D., Malam Ousseini, O., Bodé, S., Salé, A., Abari, M., Elh. Attoumane, I., Lawane, B., Bonnet, B., Barré, A. & Bénard, C.,** (2009) La mobilité pastorale dans la région de Zinder. Stratégies et dynamismes des sociétés pastorales, PSSP, 115 p.
- Doat, J.** (1982) Les foyers améliorés, une solution possible pour atténuer la pénurie en bois de feu dans les pays du Tiers Monde. *Bois et forêts des tropiques*, **197** : 45-59
- Fang, L., Bai, Z., Wei, S., Yanfen, H., Zongming, W., Kaishan, S., Dianwei, L. & Zhiming, L.** (2007) Sandy desertification change and its driving forces in western Jilin Province, North China. *Environmental Monitoring and Assessment*, **136** : 379-390.
- Farage, P., Ardo, J., Olsson, L., Rienzi, E., Ball, A. & Pretty, J.** (2007) The potential for soil carbon sequestration in three tropical dryland farming systems of Africa and Latin America: A modelling approach. *Soil and Tillage Research*, **94** : 457-472.
- Gautier, D. & Seignobos, C.** (2003) Histoire des actions de foresterie dans les projets de développement rural au Nord Cameroun. In *Savanes africaines : des espaces en mutations*. Actes du colloque, Garoua, Cameroun, Montpellier France.
- Girard, P.** (2002) Quel futur pour la production et l'utilisation du charbon de bois en Afrique?

Unasylva , **53** : 30-35.

- Goudie, A.S.** (2009) Dust storms : Recent developments. *Journal of Environmental Management*, **90** : 89-94.
- Griffon, M. & Mallet, B.** (1999) En quoi l'agroforesterie peut-elle contribuer à la révolution doublement verte ? *Bois et Forêts des Tropiques*, **260** : 41-51.
- Grouzis, M. & Akpo, L.E.** (2003) Influence d'*Acacia raddiana* sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée dans le Ferlo sénégalais. In Grouzis M., Le Flo'h E. éd. *Un arbre au désert, Acacia raddiana*, IRD Editions, Paris, 313 p.
- Herrmann, S.M., Anyamba, A. & Tucker C.J.** (2005) Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change*, **15** : 394-404.
- Hiernaux P. & Bagoudou M.** (2006) Projet PSSP Zinder, évaluation des risques environnementaux liés à la gestion des ressources naturelles de la Région de Zinder, mission d'appui IRAM au volet gestion des ressources pastorales, 14 novembre – 2 décembre 2006, 63 p.
- Hiernaux, P.** (2006) Le suivi écologique de Widou Thiengoly : Un patrimoine scientifique à développer et valoriser, pp. 47. Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature, des Bassins de rétention et des Lacs artificiels. Direction Eaux & Forêts, Chasses et Conservation des Sols , Saint Louis, Sénégal. In: *Joint International Conference*, pp. 338. The United Nations University, Algiers, Algeria.
- Jauffret S.** (2001). Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides : Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien. Thèse Univ. Aix Marseille III, 372 p.
- Kerharo J. & Adam J.G.** (1974) La pharmacopée sénégalaise traditionnelle : plantes médicinales et toxique. 1011 pp.
- Kirsch-Jung, K. & Sulser, M.** (2000) Codes locaux pour une gestion durable des ressources naturelles. Recueil des expériences de la Coopération technique allemande en Afrique, Ed. GTZ, 2000.
- Koutou, M., Ouedraogo, D., Narcro, H.B. & Le Page, M.** (2007) Déterminants de l'adoption du zaï forestier et perspectives de valorisation de la technique (province du Yatenga, Burkina Faso). In: *Actes des JSIRAUF*, pp. 1-9, Hanoi, Vietnam.
- Ky-Dembele, C., Tigabu, M., Bayala, J., Savadogo, P., Boussim, I.J. & Oden, P.C.** (2010) Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. *Silva Fennica*, **44**, 5 : 775-787.
- Lamers, J.P.A., Michels, K. & Vandenbeldt, R.J.** (1994) Trees and windbreaks in the Sahel – Establishment, growth, nutritive, and calorific values. *Agroforestry systems*, **26** : 171-184.
- Larwanou, M., Abdoulaye, M. & Reij, C.** (2006). Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger) : une première exploration d'un phénomène spectaculaire. International Resources Group, USAID, 56 p.
- Laurent, B., Marticorena, B., Bergametti, G., Leon, J.F. & Mahowald, N.M.** (2008) Modeling mineral dust emissions from the Sahara desert using new surface properties and soil database. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **113**, 20 p.
- Lhoste, P.** (1995) L'élevage et la gestion de la fertilité organique. *Hommes et Animaux-Inter Réseaux*, 9-11.
- Mainguet, M.** (1994) Désertification : Quels sont les vrais problèmes? *L'information géographique*, **58** : 58-62.
- Mainguet, M.** (1999) *Aridity: droughts and human development*. Springer.
- Mainguet, M. & Da Silva, G.G.** (1998) Desertification and drylands development: What can be done? *Land Degradation & Development*, **9** : 375-382.
- Malagnoux, M.** (sous presse) Gestion des plantations sur dunes. Avril 2010, FAO, 52 p.
- Malagnoux, M. & Jeanjean, H.** (1989) Sylviculture et aménagement de *Prosopis juliflora* ; Connaissance des peuplements et aménagement de l'acacia gommier en Mauritanie ; Rapport de mission ; Propositions d'action ; Centre technique forestier tropical, 73 p.
- Mallet, B.** (2004) Les parcs agroforestiers en Afrique soudano-sahélienne. Académie d'Agriculture de France. Séance du 2 juin 2004 : Agroforesterie des régions chaudes.
- Mellouhi, M.S.** (2006) Lutter contre la désertification en Algérie : « De l'expérience à l'action ». In: *Joint International Conference " Desertification and the International Policy Imperative "* (Eds C. King, H. Bigas & Z. Adeel), pp. 97-99. The United Nations University, Algiers, Algeria.

- Meunier, Q., Bellefontaine, R., Boffa, J.M. & Bitahwa, N.** (2006). Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs. Technical Handbook for Ugandan rural communities. *Ed. Angel Agencies, Kampala. CIRAD, Montpellier, 66 p.*
- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, MADR** (2004) Rapport National d'Algérie sur la mise en œuvre de la Convention de Lutte contre la Désertification. Septembre 2004, 35 pp.
- Minvielle, J.-P.** (1999) *La question énergétique au Sahel*. Karthala Editions, Paris.
- Mohammed, A.E., Stigter, C.J. & Adam, H.S.** (1996) On shelterbelt design for combating sand invasion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **57**, 81-90.
- Nair, P.K.R., Kumar, B.M. & Nair, V.D.** (2009) Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science – Zeitschrift Fur*, **172** : 10-23.
- OSS** (2008) *Initiative Grande Muraille Verte du Sahara et du Sahel / OSS ; CEN-SAD*. Note introductive n° 3. OSS : Tunis, 46 pp.
- Parungo, F., Li, Z., Li, X.S., Yang, D.Z. & Harris, J.** (1994) Gobi dust storms and the great green wall. *Geophysical Research Letters*, **21** : 999-1002.
- PDR-ADM** (1998) Programme de Développement Rural dans l'Ader Doutchi Maggia. Présentation et quelques éléments des réalisations. Keita, Février 1998. Niger, Italie, FAO. 14 p.
- Pelissier P.** (1980) *L'arbre dans les paysages agraires de l'Afrique noire*. Cahiers O.R.S.T.O.M, série Sciences Humaines, vol. XVII, n° 3-4 : 131-136.
- Peltier R., Dessard, H., Rainatou Gado, A. & Ichaou, A.** (2009) Bilan après quinze ans de gestion communautaire d'une forêt villageoise de l'Ouest nigérien. *Sécheresse* 20, 4 : 383-387 et *Sécheresse en ligne*, 20 (1e).
- Peltier, R.** (1996) *Les parcs à Faidherbia*. Editions Quae.
- Polglase, P.J., Paul, K.I., Khanna, P.K., Nyakuengama, J.G., O'Connell, A.M., Grove, T.S. & Battaglia, M.** (2000) Change in soil carbon following afforestation or reforestation: review of experimental evidence and development of a conceptual framework. NCAS Technical Report N° 20. Australian Greenhouse Office, Canberra, ACT, Australia, pp. 117.
- Poupon H.** (1980) Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. *Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, 351 p.*
- Poupon, H.** (1976) La biomasse et l'évolution de sa répartition au cours de la croissance d'*Acacia senegal* dans une savane saélienne (Sénégal). *Bois et forêts des tropiques*, **166** : 23-38.
- Raynaud, C., ed** (1997) *Sahels. Diversité et dynamiques des relations sociétés-nature*. Karthala, 430 p.
- Reij, C.P.** (2009) Reverdir le Sahel : le succès de la régénération naturelle des arbres. *Revue Agridape* : 6-8.
- Reij, C.P. & Botoni, E.** (2008). *Etude Sahel. Impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles au Mali. Rapport de synthèse*. CILSS, Univ. Libre d'Amsterdam, GTZ/BMZ, 19 p.
- Reij, C.P. & Botoni, E.** (2009). *La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles*. CILSS, Univ. Libre d'Amsterdam, 61 p.
- Reij, C.P. & Smaling, E.M.A.** (2008) Analyzing successes in agriculture and land management in Sub-Saharan Africa: Is macro-level gloom obscuring positive micro-level change? *Land Use Policy*, **25** : 410-420.
- Reij, C.P. & Steeds, D.** 2003.. *Success stories in Africa's drylands: supporting advocates and answering skeptics*. Paper commissioned by the Global Mechanism of the Convention to Combat Desertification. 32 p.
- Requier-Desjardins M.** (2007) Why should we invest in arid land? Les dossiers thématiques du CSFD, n°5 Comité Scientifique Français de la Désertification / Agropolis International : Montpellier.
- Requier-Desjardins M., Adhikari B. & Sperlich S.** (2010) Some notes on the economic assessment of land degradation. *Land Degradation and Development*, n/a. doi: 10.1002/ldr.1056.
- Rochette, R.M.** (Edit.) (1989) Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences. CILSS, PAC, GTZ, Berlin 592 p.
- Rognon, P.** (2010) Biographie d'un désert : le Sahara. L'Harmattan, 350 p.
- Schuster, M., Durringer, P., Ghienne, J._P., Vignaud, P., Taisso Mackaye, H., Likius A. & Brunet, M.** (2006). The age of the Sahara desert. *Science*, **311**, 5762 : 821.

- Sidibe, A.** (2005) Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, **71** : 211-224.
- Skutsch, M.M. & Ba, L.** (2010) Crediting carbon in dry forests: The potential for community forest management in West Africa. *Forest Policy and Economics*, **12** : 264-270.
- Szott, L.T., Fernandes, E.C.M. & Sanchez, P.A.** (1991) Soil-plant interactions in agroforestry systems. *Forest ecology and management*, **45** : 127-152.
- Takimoto, A., Nair, P.K.R. & Nair, V.D.** (2008) Carbon stock and sequestration potential of traditional and improved agroforestry systems in the West African Sahel. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **125** : 159-166.
- TEEB** (2009) The economics of ecosystems and biodiversity. Interim, Report, a first assessment stemming from a G8R5 initiative sponsored by Germany and the European Commission.
- Tengberg, A.** (1995) Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso. *Journal of Arid Environments*, **30** : 265-282.
- Union Africaine – Union Européenne, UA-UE** (2009) Etude de pré-faisabilité de l'initiative Grande Muraille Verte pour le Sahara et le Sahel + Annexes.
- Union Africaine, CEN-SAD & Sénégal** (2008a). Grande Muraille Verte. Modalités opérationnelles de mise en œuvre. Note conceptuelle. Rapport. 11 p.
- Union Africaine, CEN-SAD & Sénégal** (2008b). Grande Muraille Verte. Modalités opérationnelles de mise en œuvre. Schéma conceptuel (document d'avant projet). Rapport. 35 p.
- Wang, X.H., Lu, C.H., Fang, J.F. & Shen, Y.C.** (2007) Implications for development of grain-for-green policy based on cropland suitability evaluation in desertification-affected north China. *Land Use Policy*, **24** : 417-424.
- Wang, X.M., Zhang, C.X., Hasi, E. & Dong, Z.B.** (2010) Has the Three Norths Forest Shelterbelt Program solved the desertification and dust storm problems in arid and semiarid China? *Journal of Arid Environments*, **74** : 13-22.
- Weber, J.C., Larwanou, M., Abasse, T.A. & Kalinganire, A.** (2008) Growth and survival of *Prosopis africana* provenances tested in Niger and related to rainfall gradients in the West African Sahel. *Forest Ecology and Management*, **256** : 585-592.
- Woodfine, A.** (2009) The Potential of Sustainable Land Management Practices for Climate Change Mitigation and Adaptation in Sub-Saharan Africa. Rapport technique pour TerrAfrica. FAO, Rome.
- WRI, IUCN, UNEP** (2003) Stratégie mondiale de la biodiversité. French edition, published by the Bureau des Ressources génétiques et le comité français de l'IUCN.
- Yossi, H., Kaya, B., Traoré, C.O., Niang, A., Butare, I., Levasseur, V. & Sanogo, D.** (2006) *Les haies vives au Sahel : état des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement*. World Agroforestry Centre.
- Yu, K.J., Li, D.H. & Li, N.Y.** (2006) The evolution of Greenways in China. *Landscape and Urban Planning*, **76** : 223-239.
- Zarafi, A.M., Abasse, A.T., Bokar, M., Niang, A. & Traore, C.O.** (2002) Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la Région de Maradi au Niger. 2^e Atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'agroforesterie au Sahel, Bamako, Mali, 4-6 mars 2002. 7 pp.

Pour en savoir +

Ouvrages et articles à consulter

- Alexandre, D.Y.** (2002) *Initiation à l'agroforesterie en zone sahélienne : les arbres des champs du plateau central au Burkina Faso*. Karthala Editions.
- Arbonnier, M.** (2009) *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. Editions Quae.
- Barrière, O., D'Herbès, J.-M., Barrière, C., Loireau, M., Long, G., Cornet, A., Le Roy, E., Rochegude, A., Requier-Desjardins, M., Bied-Charetton, M., Makkaoui, R., Petit, O., Fournier, A., Gandou, Z., Traoré, S., Fall ould Mohamédou, M., Kremer, W. & Thior, P.** (2003) *Foncier et désertification, quelle gestion patrimoniale ? : approche foncière environnementale pour un développement durable au Sahel*. IRD, Montpellier.
- Belaaz, M.** (2003) Le barrage vert en tant que patrimoine naturel national et moyen de lutte contre la désertification. In *Comptes rendus du XII Congrès forestier mondial*, Québec, Canada, 21 - 28 septembre 2003.
- Berge, G., Diallo, D. & Heem, B.** (2005) *Les plantes sauvages du Sahel malien : les stratégies d'adaptation à la sécheresse des Sahéliens*. Karthala Editions.
- Bergeret, A. & Ribot, J.C.** (1990) *L'arbre nourricier en pays sahélien*. Editions MSH.
- Bertrand, A.** (2006) *L'état et la gestion locale durable des forêts en Afrique francophone et à Madagascar*. Editions L'Harmattan.
- Bertrand, R.** (1998) *Du Sahel à la forêt tropicale: clés de lecture des sols dans les paysages ouest-africains*. CIRAD.
- Boffa, J.-M.** (2000) *Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne*. Food & Agriculture Org.
- Bonfils, M.** (1987) *Halte à la désertification au Sahel: guide méthodologique*. Karthala Editions.
- Bourgeot, A.** (1999) *Horizons nomades en Afrique sahélienne: sociétés, développement et démocratie*. Karthala Editions.
- Breman, H. & Sissoko, K.** (1998) *L'intensification agricole au Sahel*. Karthala Editions.
- Campa, C., Grignon, C., Gueye, M. & Hamond, S.** (1988) *L'acacia au Sénégal*. Eds Collectif.
- Collectif.** (1980) *L'arbre en Afrique tropicale. La fonction et le signe*. Cahiers ORSTOM série Sciences Humaines, XVII (3-4).
- CRDI** (1980) *Le rôle des arbres au Sahel : compte rendu du colloque tenu à Dakar (Sénégal) du 5 au 10 novembre 1979*. Centre de recherches pour la développement international.
- Farley, K.A., Jobbagy, E.G. & Jackson, R.B.** (2005) Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology*, **11** : 1565–1576.
- Fenske, J.** (2010) Land tenure and investment incentives: Evidence from West Africa. *Journal of Development Economics*, In Press, Corrected Proof.
- Floret, C. & Pontanier, R.** (2000) *La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternatives*. John Libbey Eurotext.
- Grouzis, M. & Le Floc'h, É.** (2003) *Un arbre au désert : Acacia raddiana*. IRD Editions.
- Lykke, A.M., Kristensen, M.K. & Ganaba, S.** (2004) Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation*, **13** : 1961-1990.
- Malagnoux, M.** (2007) Arid land forests of the world. Global environmental perspectives. In: *Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification*, pp. 1-14. FAO, Jerusalem, Israël.
- Malagnoux, M., Sène, E.H. & Atzmon, N.** (2007) Les forêts, les arbres et l'eau dans les terres arides : un équilibre précaire *Unasylva*, **229**, 58 : 24-29.
- Mariko, K.A.** (1996) *La mort de la brousse: la dégradation de l'environnement au Sahel*. Karthala Editions.
- Michael, Y.G., Waters-Bayer, A. & Nicolas-Holloway, M.** (2007) *Les arbres sont notre épine dorsale: intégration de l'environnement et du développement local dans le Tigray en Éthiopie*. IIED.
- Mortimore, M.J. & Adams, W.M.** (2001) Farmer adaptation, change and 'crisis' in the Sahel. *Global Environmental Change*, **11** : 49-57.
- Olukoye, G.A. & Kinyamario, J.I.** (2009) Community participation in the rehabilitation of a sand dune

- environment in Kenya. *Land Degradation & Development*, **20** : 397-409.
- Perry, R.A. & Goodall, D.W.** (1979) *Arid land ecosystems: structure, functioning, and management*. CUP Archive.
- Seignobos, C.** (1980) Des fortifications végétales dans la zone soudano-sahélienne (Tchad et Nord-Cameroun). *Cahiers ORSTOM, Série Sciences Humaines*, **17** : 191-222.
- Tersiguel, P. & Becker, C.** (1997) *Développement durable au Sahel*. Karthala Editions.
- Toure, O.** (2008) Les aspects socio-économiques de la structuration des activités pastorales dans le Ferlo : les cas des parcelles et des plans de gestion, pp. 37. Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature, des Bassins de rétention et des Lacs artificiels. Direction Eaux & Forêts, Chasses et Conservation des Sols, Saint Louis, Sénégal.
- Vertessy, R.A.** (2001) Impacts of plantation forestry on catchment runoff. In: *Plantations, Farm Forestry, and Water*. Water and Salinity Issues in Agroforestry no. 7, RIRDC Publication No. 01/20 (eds Nambiar EKS, Brown AG), pp. 9-19. RIRDC, Kingston, Australia.
- Vincke, C., Diédhiou, I. & Grouzis, M.** (2010) Long term dynamics and structure of woody vegetation in the Ferlo (Senegal). *Journal of Arid Environments*, **74** : 268-276.
- Wei, Y.P., Chen, D., White, R.E., Willett, I.R., Edis, R. & Langford, J.** (2009) Farmers' perception of environmental degradation and their adoption of improved management practices in Alxa, China. *Land Degradation & Development*, **20** : 336-346.
- White, F.** (1986) *La végétation de l'Afrique: mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique Unesco/AETFAT/UNSO*. IRD Editions.

Sites web :

CSFD : www.csf-desertification.org

FAO : www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/0301-b3.htm

OFME : www.ofme.org/rss.php5

Revue Sécheresse et changements planétaires : www.secheresse.info

Association Internationale des Forêts Méditerranéennes : <http://www.aifm.org/>

La désertification : dossier web de la collection "Science pour tous", Cirad, septembre 2006
<http://www.cirad.fr/publications-ressources/science-pour-tous/dossiers/la-desertification/les-enjeux>

Dossier désert et désertification, *Sciences au Sud* (IRD), numéro 36, septembre-octobre 2006
http://www.ird.fr/content/download/4669/40720/version/1/file/sas_36_dossier.pdf

Autres :

<http://www.incendies-de-foret.org/>

<http://www.foretpriveefrancaise.com/>

<http://www.newtree.org>

GLOSSAIRE

Agroforesterie : c'est un système d'utilisation des terres et de pratiques dans lesquelles les espèces ligneuses (arbres, arbustes) sont délibérément intégrées avec les cultures dans des parcelles agricoles.

Activité agro-sylvo-pastorale : c'est une pratique qui vise l'intégration des systèmes de productions en conciliant la préservation des arbres (et leurs usages : bois, fourrage, fruits...), la production végétale et la production animale.

Biodiversité *: la biodiversité ou diversité biologique est la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.

Dégradation des terres **: désigne la diminution ou la disparition, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement, tels que :

- (i) l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau,
- (ii) la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols, et
- (iii) la disparition à long terme de la végétation naturelle.

Demi-lune : c'est un ouvrage de conservation des eaux et des sols composé d'un bassin en demi cercle. Ouverte à la pioche et à la pelle, les terres de déblais sont disposées en bourrelet semi-circulaire, au sommet aplati, côté aval de la cuvette. Le pied aval du bourrelet et les deux extrémités sont, autant que possible bordés de cailloux.

Les demi-lunes sont utilisées en général pour l'aménagement de terrains dont la pente varie de 0 à 3%. Elles visent à :

- récupérer des terres à des fins agro-sylvo-pastorales ;
- augmenter la disponibilité en eau pour les plantes ;
- réduire le ruissellement des eaux pluviales et l'érosion des sols et favoriser l'infiltration.

Désertification **: désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

Ecosystème *: le complexe dynamique formé de communautés de plantes d'animaux et de micro-organismes et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle.

Filao : Le Filao (*Casuarina equisetifolia*) est un arbre d'origine australienne de la famille des Casuarinacées. C'est un arbre pionnier, capable de coloniser des sols très pauvres en éléments minéraux et de l'enrichir en azote grâce à ses racines qui possèdent des nodules fixateurs d'azote (symbiose avec une bactérie du sol du genre Frankia).

Gestion durable des terres : désigne l'utilisation des ressources en terres, notamment des sols, de l'eau, des animaux et des plantes pour produire des biens et satisfaire les besoins humains sans cesse croissant, tout en préservant leur potentiel de production à long terme et leurs fonctions dans l'environnement.

Neem : appelé aussi Margousier, le Neem (*Azadirachta indica*) est un arbre originaire d'Inde appartenant à la famille des Méliacées.

Parcs agroforestiers : ce sont des associations permanentes entre arbres et cultures que l'on trouve sur plusieurs dizaines de millions d'hectares dans toute l'Afrique sèche, du Sénégal jusqu'au Kenya. Ces parcs agroforestiers peuvent ainsi associer une ou plusieurs espèces arborées (Karité, Néré, Baobab, ...) à une ou plusieurs cultures vivrières (céréales, tubercules, ...) ou de rente (coton en particulier), avec la présence fréquente de bovins et caprins divaguant ou conduits hors des périodes de culture.

Les espèces forestières associées produisent ainsi des fruits, des feuilles ou des gommes pour l'alimentation humaine car riches en matière grasse (Karité), en glucides (Néré) ou en sucres (*Acacia senegal*, *Sterculia setigera*), ou en vitamines (Tamarin, Baobab), fournissent du fourrage et de l'ombrage pour les animaux, participent au maintien et à la reconstitution de la fertilité des sols (*Faidherbia albida*) tout en approvisionnant les populations en bois de feu et d'artisanat.

Ces parcs agroforestiers sont le plus souvent des constructions sociales, même si les arbres sont rarement plantés, car issus de défriches sélectives réalisées par les paysans lors des premières mises en cultures à partir des formations forestières initiales. Les paysans éliminent ainsi progressivement un certain nombre d'espèces arborées ou arbustives non souhaitées et conservent ou privilégient les espèces souhaitées, construisant ainsi progressivement un parc agroforestier avec une densité d'arbres souvent faible (quelques dizaines d'arbres à l'hectare, en relation avec les cultures pratiquées et les espèces forestières). Mallet, 2004.

Pépinières « volantes » : ce sont des pépinières temporaires constituées de petits trous ou potets où l'on met plusieurs graines d'arbre, et où l'on reprend ensuite des sujets.

Régénération Naturelle Assistée : c'est une pratique agroforestière dont les objectifs sont : la protection des terres de cultures à travers la lutte contre l'érosion éolienne et hydrique, l'amélioration de la fertilité des sols, la production de bois de chauffe ou de service, la production du fourrage pour les animaux et la réduction de l'évapotranspiration.

Cette pratique consiste à laisser au cours du défrichement (en saison sèche ou en saison des pluies) un à trois rejets issus des souches des différents arbres et arbustes (entre 80 à 150 pieds à l'hectare) pour qu'ils poursuivent leur croissance.

Les différentes étapes de la réalisation de la RNA sont :

- le repérage et sélection des rejets à protéger,
- la coupe des rejets non sélectionnés,
- l'entretien et élagage des rejets sélectionnés chaque année,
- l'exploitation raisonnée des branches issues des arbres régénérés en fonction des espèces et des besoins (fourrages, bois, matière organique, fruits, etc.).

Services rendus par les écosystèmes : ce sont les avantages ou bénéfices que les écosystèmes procurent aux Hommes. Ils sont classés en quatre catégories (WRI, IUCN, UNEP 2003) :

- ▶ les **services de prélèvement** : ce sont les produits que les hommes tirent des écosystèmes tels que la nourriture, les éléments énergétiques, les fibres et l'eau douce ;
- ▶ les **services de régulation** : ce sont les avantages que les hommes tirent de la régulation des services que procurent les écosystèmes, y compris la maintenance de la qualité de l'air, la régulation du climat (inondations, sécheresse), le contrôle de l'érosion des sols, la régulation des maladies humaines, et l'épuration des eaux ;
- ▶ les **services d'auto-entretien** : ce sont les services nécessaires à la production de tous les autres bénéfices que procurent les écosystèmes, tels que la production primaire, la production de l'oxygène, le développement du cycle nutritionnel et la formation des sols ;
- ▶ les **services culturels** : ce sont les bénéfices immatériels que les hommes tirent des écosystèmes à travers l'enrichissement spirituel, le développement de la connaissance, la réflexion, le divertissement, etc.

Symbiose mycorhizienne : La grande majorité des végétaux terrestres vivent en étroite collaboration (symbiose) avec de nombreux organismes du sol. Une symbiose mycorhizienne est l'association entre un champignon et les racines d'une plante. Cette symbiose profite tant à la croissance et la protection des plantes qu'à la propagation et la survie des champignons. Le rôle de la symbiose mycorhizienne a longtemps été réduit à son impact sur la nutrition minérale de la plante hôte et en conséquence sur le développement des espèces végétales. Or, ce processus symbiotique interagit de manière significative avec les autres composantes biologiques de l'écosystème (ex : microflore microbienne, microfaune du sol...) pour optimiser l'implication de ces microorganismes dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques majeurs (cycles de l'azote, du phosphore et du carbone). Des résultats récents ont également démontré l'importance de la symbiose mycorhizienne dans la structuration de la végétation terrestre : diversité végétale, stabilité et productivité de l'écosystème.

Zaï : c'est une technique pour traiter les zones dégradés et sols indurés en provoquant une modification de la structure du sol par un apport localisé d'eau de ruissellement et l'apport de fumure organique. Le zaï consiste à creuser des petites poches en disposant la terre excavée en arc de cercle à l'aval du trou de manière à capter les eaux des pluies au bénéfice des plantes semées.

Les objectifs sont de :

- permettre la mise en valeur des espaces dénudés ou abandonnés ;
- réduire l'érosion hydrique et favoriser l'infiltration sur les sols imperméables ;
- obtenir des récoltes normales en dessous de 300 mm de précipitations ;
- collecter les eaux et les mettre à la disposition des plantes.

* plusieurs définitions existent, celles-ci ont été adoptées au niveau international dans le cadre de l'UNCBD (article 2)

** plusieurs définitions existent, celle-ci a été adoptée au niveau international dans le cadre de l'UNCCD (article 1)