

Gestion des plantations sur dunes



Déni de responsabilité

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

Tous droits réservés. La FAO encourage la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Les utilisations à des fins non commerciales seront autorisées à titre gracieux sur demande. La reproduction pour la revente ou d'autres fins commerciales, y compris pour fins didactiques, pourrait engendrer des frais. Les demandes d'autorisation de reproduction ou de diffusion de matériel dont les droits d'auteur sont détenus par la FAO et toute autre requête concernant les droits et les licences sont à adresser au Chef du Service de la gestion des publications, Division de l'information, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie ou, par courriel, à copyright@fao.org ou au:

Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications
Directeur du Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome (Italie)

Les documents de travail sur les Forêts et la Foresterie en zones arides rendent compte des questions et activités relatives à la foresterie dans les zones arides. Ces documents de travail n'impliquent de la part de la FAO aucune prise de position officielle. Pour obtenir des informations officielles, prière de consulter le site Web de la FAO (www.fao.org/forestry).

L'objectif de ces documents est de diffuser rapidement des informations sur les activités et programmes en cours, et de stimuler les débats et la collaboration.

Pour obtenir de plus amples informations et soumettre des observations, prière de contacter:

Nora Berrahmouni, Fonctionnaire Forestier (zones arides)
Service de la conservation des forêts (FOMC)
Division de l'évaluation, de la gestion et de la conservation des forêts
Département des forêts
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome (Italie)
Courriel: nora.berrahmouni@fao.org
www.fao.org/forestry/aridzone

Citation bibliographique:

FAO. 2011. Gestion des plantations sur dunes.

Document de travail sur les les Forêts et la Foresterie en zones arides, n° 3.

Photo de la couverture: Gestion des plantations sur dunes, coupe à la tronçonneuse, Mauritanie.
Photo par Moustapha Ould Mohamed.

Photo de la quatrième de couverture: *Aristida pungens*, espèce locale utilisée pour la fixation des dunes continentales en Mauritanie.
Photo par Moustapha Ould Mohamed.

Département des forêts

Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (OAA)

Document de travail sur les Forêts et la Foresterie en zones arides

Gestion des plantations sur dunes

Michel Malagnoux

Service de la conservation des forêts (FOMC)
Division de l'évaluation, de la gestion et de la conservation des forêts
Département des forêts

Document de travail sur les Forêts et la Foresterie en zones arides, n° 3

FAO, Rome (Italie)

Avril 2011

Table des matières

Avant-propos	iv
Remerciements	v
Résumé	viii
1. Introduction	1
2. Rappel des techniques de fixation des dunes	3
2.1 Fixation mécanique	4
2.2 Fixation physico-chimique	5
2.3 Fixation biologique	5
3. Rôles du couvert végétal installé	7
3.1 Fonctions environnementales	7
3.2 Fonctions socio-économiques	9
4. Exemples de gestion des plantations sur dunes	11
4.1 Sénégal	13
4.2 Chili	20
4.3 Chine	24
4.4 Mauritanie	31
4.5 Autres exemples	36
5. Conclusions	39
5.1 Diversité des situations	39
5.2 Principales lacunes ou erreurs constatées	40
5.3 Recommandations	40
6. Bibliographie	43

Encadrés

Encadré 1. <i>Casuarina equisetifolia</i> (Forster) au Sénégal	15
Encadré 2. Grandes lignes de l'aménagement des plantations sur dunes au Sénégal	16
Encadré 3. <i>Lycium chinense</i> Mill. (Solannacée)	25
Encadré 4. La plus longue autoroute au Monde construite sur dunes	28
Encadré 5. <i>Prosopis juliflora</i> en Mauritanie	32

Photos

Photo 1. Grain de sable après grain de sable, la dune avance	1
Photo 2. Fixation mécanique constituée en Mauritanie par un carroyage de barrières réalisées à l'aide de branchages de <i>Prosopis</i> sp	4
Photo 3. En Somalie, les terres boisées et agricoles au premier plan sont menacées par les dunes mobiles en arrière plan	7
Photo 4. Palmiers dattiers engloutis par une dune vive en Somalie	8
Photo 5. La gomme arabique exsudée par <i>Acacia senegal</i> a de nombreuses utilisations traditionnelles locales	11
Photo 6. Vue aérienne de la plantation de protection au Nord Est de Kayar, Sénégal	13
Photo 7. Plantation de l'année de filaos (<i>Casuarina equisetifolia</i>) sur la Grande Côte, Sénégal	14
Photo 8. Plantation de filaos (<i>Casuarina equisetifolia</i>) sur la Grande Côte, Sénégal	18
Photo 9. Plantation de <i>Pinus radiata</i> à Concepción, Chili	22
Photo 10. Dune fixée par un carroyage en damier (1 X 1m) protégeant un vignoble à Shapotou, Chine	29
Photo 11. En Mauritanie, la « Route de l'espoir » est envahie par les dunes	31
Photo 12. Plantation dégradée de <i>Prosopis juliflora</i> à Magtaa'Lahjar, Mauritanie. La dune, autrefois fixée, est réactivée	35
Photo 13. Plantation de <i>Haloxylon</i> spp. près de Yazd, Iran	37
Photo 14. Care de gemmage (pour la récolte de résine) sur pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>) à l'écomusée de Marquèze dans les Landes de Gascogne	38

Avant-propos

Bien qu'associés communément aux zones arides et notamment aux déserts, l'ensablement des terres et la formation de dunes sont des phénomènes constatés dans de nombreux pays, sur tous les continents. Ces phénomènes trouvent leur origine dans la fragmentation des roches, la dégradation de la végétation et des sols, l'érosion hydrique et surtout éolienne. Ils prennent, en effet, une ampleur particulière en zones arides et semi-arides en raison des conditions climatiques et de la fragilité du couvert végétal et des sols. L'ensevelissement des terres sous des nappes de sable plus ou moins épaisses et le déplacement des dunes sous l'effet du vent constituent des menaces pour les terres pastorales et agricoles, pour les habitations et les infrastructures. Les dégâts ainsi provoqués peuvent être susceptibles de dégrader l'environnement et d'anéantir toute perspective de développement économique et social sur de vastes régions.

De tout temps, des techniques traditionnelles de lutte préventive ou curative, ont permis aux populations concernées de contrer ponctuellement ces phénomènes. Depuis plusieurs décennies et grâce à la mise au point de nouvelles techniques, les états et l'aide internationale ont mis en œuvre des programmes de lutte contre l'ensablement et la désertification à plus grande échelle. La fixation à long terme des sables mobiles implique, lorsque cela est possible, la mise en place et le maintien d'un couvert végétal pérenne.

Pour diffuser ces techniques, le Département des forêts de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a publié dès les années 1970 un certain nombre de documents entièrement ou partiellement consacrés à ce sujet, notamment dans la série des « Cahiers FAO Conservation » (n° 3 : Conservation des ressources naturelles en zones arides et semi-arides ; n° 4 : Techniques spéciales de conservation ; n° 10: Sand dune stabilization, shelterbelts and afforestation in dry zones ; n° 15: Brise-vent et rideaux abris avec référence particulière aux zones sèches ; n° 18 : Manuel de fixation des dunes ; n° 20 : Foresterie en zones arides – Guide à l'intention des techniciens de terrain ; et n° 21 : Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification). Consacrés essentiellement aux techniques de fixation des sables et d'installation du couvert végétal, ces documents évoquent la nécessité d'une gestion durable de ce couvert végétal.

Cependant, il a été fréquemment constaté que des dunes, autrefois fixées grâce aux efforts des populations locales, des gouvernements et de l'aide internationale, étaient à nouveau mobiles suite à la dégradation et la disparition du couvert végétal qui les protégeait, en raison de l'absence d'une véritable gestion à long terme de ces espaces. Pour faire le point sur l'aménagement des plantations de protection des dunes, le Département des forêts de la FAO a commandité trois études de cas au Chili (M.M. Juan Orlando Gutiérrez et Santiago Barros), en Chine (M. Huoran Wang), et au Sénégal (M. Babacar Dia).

Le présent document s'appuie donc sur ces études de cas et sur d'autres exemples tirés de projets (en Mauritanie), ainsi que sur une recherche bibliographique qui a permis d'identifier un certain nombre de documents traitant de la gestion des plantations sur dunes.

Remerciements

La FAO tient à remercier l'auteur de cette publication M. Michel Malagnoux ainsi que l'équipe d'experts et de personnes ressources qui ont apporté leurs concours à la conception de ce document: Moujahed Achouri et José Antonio Prado pour leur soutien apporté à ce travail, Christophe Besacier, Paolo Ceci, Babacar Dia et Pape Djiby Koné pour la relecture du document et leurs commentaires. Pour fournir les exemples traités dans ce document, l'auteur s'est basé sur trois études de cas, élaborés par Babacar Dia pour le Sénégal; Santiago Barros et Juan Gutiérrez pour le Chili, Huoran Wang pour la Chine ainsi que sur l'étude FAO : Forêts 158 « Lutte contre l'ensablement : l'exemple de la Mauritanie » rédigée par Charles Jacques Berte avec la collaboration de Moustapha Ould Mohamed et Meimine Ould Saleck.

Nora Berrahmouni a coordonné ce travail, Mr José Luis Castilla Civit a assuré la mise en page du document et Mustapha Kerdi s'est chargé de l'assistance administrative.

Résumé

Il a été fréquemment constaté, que des dunes autrefois fixées, étaient à nouveau mobiles suite à la dégradation et la disparition du couvert végétal qui les protégeait. Pour faire le point sur l'aménagement des plantations de protection des dunes, le Département des forêts de la FAO a commandité trois études de cas au Chili, en Chine, et au Sénégal.

Le présent document s'appuie donc sur ces études de cas ainsi que sur d'autres exemples tirés de projets en Mauritanie et sur une recherche bibliographique qui a permis d'identifier un certain nombre de documents traitant de la gestion des plantations sur dunes.

Certains pays comme le Chili ont pu, grâce aux incitations de l'Etat et surtout grâce à la productivité des plantations, impliquer le secteur privé dans tout le processus de fixation des dunes, allant de la plantation à l'exploitation des arbres par le biais d'une gestion rationnelle des peuplements. D'autres pays, à l'instar du Sénégal et du Niger, confient à leur administration le soin de réaliser les plantations et aux populations riveraines, la conduite des travaux nécessaires au maintien de ces plantations sur dunes moyennant une motivation basée sur les bénéfices générés par la vente des produits récoltés. L'expérience a montré qu'il est très difficile voire impossible d'impliquer à long terme les populations dans la gestion durable des plantations si le seul bénéfice qu'elles en tirent est la protection de leurs terres et de leurs habitations. En effet, une fois la protection obtenue, la menace n'est plus perçue.

En Chine, les spéculations économiques se sont révélées irréalistes en raison de la faible productivité des plantations. Le pays s'oriente maintenant vers la mise en place d'un tapis végétal pluri-spécifique (c'est-à-dire composé d'un mélange de plusieurs espèces) mieux adapté aux conditions locales. Les dépérissements des peuplements sylvo-pastoraux constatés en Iran conduisent à étudier la diversité biologique et la conversion des plantations mono-spécifiques en un couvert végétal en équilibre dynamique et donc durable. Enfin, dans les pays possédant une longue expérience de gestion des plantations de protection sur dunes (Danemark, Etats-Unis, France) du fait de l'évolution des attentes de la société, une gestion multifonctionnelle (ou multi-usages) de ces forêts est aujourd'hui la règle.

Les différents modèles possibles de gestion doivent toujours privilégier les objectifs principaux, c'est-à-dire la fixation du sable et la protection des terres, des habitations et des infrastructures. En d'autres termes, les objectifs économiques sont secondaires et ne doivent en aucun cas prendre le pas sur ces objectifs principaux. Les objectifs secondaires doivent rester des outils au service des objectifs principaux en finançant les opérations nécessaires au maintien des plantations.

Le premier peuplement installé est quelquefois considéré comme définitif. Mais très souvent, les difficultés de maintenance des plantations justifient la recherche d'une composition floristique plus stable, nécessitant moins d'interventions sylvicoles. La conversion d'une plantation mono-spécifique en un couvert végétal diversifié doit tendre, par une succession culturale, vers un peuplement en équilibre dynamique, donc plus stable et pour lequel un aménagement moins intensif assurera la durabilité.

1. Introduction

L'ensablement et la formation de dunes sont traditionnellement expliqués par la reprise récente par l'érosion éolienne du sable accumulé en grande quantité par les cours d'eau, ou la mer et situé en bordure des grands déserts, au cours de longues périodes géologiques. Cependant, la mobilisation par le vent du sable *in situ*, accentuée par la disparition du couvert végétal et la dégradation des sols, ne doit pas être sous-estimée. Elle prend actuellement une importance considérable en zones arides et semi-arides.

La dégradation du couvert végétal (par inondations, incendies, sécheresse, surpâturage, déforestation, épuisement de la fertilité du sol, mauvaises pratiques culturales, etc.) expose le sol aux agents atmosphériques et entraîne la destruction rapide du sol organique. Les érosions hydrique et éolienne peuvent alors mobiliser les éléments minéraux en commençant par les plus fins pour ne laisser, au terme ultime de la dégradation, que les éléments grossiers (sol squelettique). Non seulement cette dégradation des sols stérilise d'importantes surfaces autrefois terres arables, pastorales ou forestières, mais aussi menace d'ensevelissement plus ou moins important des terres restées fertiles et les infrastructures. Cette érosion brutale, appelée parfois « érosion accélérée » ou « érosion contemporaine », est particulièrement importante en zones arides et semi-arides en raison des conditions climatiques, de la fragilité du couvert végétal et des sols, ainsi que des mauvaises pratiques agricoles, pastorales et forestières.

Dans les régions soumises à l'érosion éolienne, il est nécessaire de respecter certaines pratiques culturales préventives. Les cultures couvrantes, notamment les céréales à petites graines, protègent généralement bien le sol. Les lignes de culture doivent être tracées dans une direction perpendiculaire aux vents dominants. Les cultures qui laissent le sol à découvert plus longtemps telles que le coton, le tabac ou la pomme de terre, sont en revanche dangereuses. Il convient alors de les pratiquer en bandes alternées, d'adopter des rotations permettant de laisser le sol le moins à découvert possible et d'utiliser, le cas échéant, des plantes de couverture pour protéger le sol entre les périodes de culture. Une certaine rugosité de la surface du sol diminue la vitesse du vent et exerce ainsi une action positive en termes de protection contre l'érosion éolienne. Les pratiques culturales qui maintiennent des aspérités du genre mottes ou agrégats, sont particulièrement indiquées dans ce cas. Il en est de même de la culture en billons, à condition que ces derniers soient disposés perpendiculairement à la direction des vents dominants et que la terre des crêtes soit laissée en grosses mottes.

La protection des terres de parcours consiste essentiellement en la conservation du tapis herbacé. Par le broutage et le piétinement, les animaux détruisent en effet l'herbe et transforment en poussière la surface du sol qui devient ainsi de plus en plus sensible à l'action du vent. Le surpâturage est donc la

Photo 1 : Grain de sable après grain de sable, la dune avance



Photo Michel Malagnoux, Mauritanie, 1988

cause essentielle de l'érosion éolienne sur les terres de parcours, notamment autour des points d'eau, le long des passages et dans les zones d'ombre où se concentrent les animaux. Pour contrer ce processus, la solution consiste à réguler la charge pastorale, multiplier les points d'eau et les abris, et à mettre périodiquement en défens les endroits concernés pour permettre à la végétation de se reconstituer.

2. Rappel des techniques de fixation

Il n'y a pas lieu de détailler ici le phénomène de déplacement des grains de sable en fonction de leur taille, de la force et du type d'écoulement du vent (saltation, reptation, suspension) ni d'évoquer les différents types de dunes rencontrés. Il s'agit plutôt d'étudier la gestion des peuplements végétaux sur nappes de sable et sur dunes, de rappeler brièvement les différentes techniques mises en œuvre pour la fixation des sables mobiles dont dépendent, en partie, les types de peuplements végétaux obtenus.

De nombreux ouvrages décrivent les phénomènes d'érosion éolienne et les techniques de fixation des sables mobiles. Pour diffuser ces techniques, le Département des forêts de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a publié, dès les années 1970, un certain nombre de documents entièrement ou partiellement consacrés à ce sujet :

- Cahiers FAO Conservation n° 3: Conservation des ressources naturelles en zones arides et semi-arides techniques (**6**)¹;
- FAO Conservation Guide n° 4: Special readings in conservation (**5**);
- FAO Conservation Guide n° 10: Sand dune stabilization, shelterbelts and afforestation in dry zones (**7**);
- Cahiers FAO Conservation n° 15: Brise-vent et rideaux abris avec référence particulière aux zones sèches (**8**);
- Cahiers FAO Conservation n° 18: Manuel de fixation des dunes (**9**);
- Cahiers FAO Conservation n° 20: Foresterie en zones arides (**10**);
- Cahiers FAO Conservation n° 21: Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification (**11**) ;
- Étude FAO: Forêts n° 158: Lutte contre l'ensablement – L'exemple de la Mauritanie (**12**)

La formation des dunes est la résultante de deux facteurs, à savoir une source de sable sans protection, et un vent « efficace ». On parle de « vent efficace » lorsque sa vitesse est supérieure à un seuil critique à partir duquel le soulèvement des particules et leur transport deviennent possibles. Ce seuil varie, selon la taille des particules, entre 4 et 6 m/s (entre 14 et 22 km/h). Au delà de ces vitesses, le vent déplace le sable grain par grain et l'accumule en petites collines appelées dunes. Selon que l'on se trouve à l'intérieur du continent ou en bord de mer, ces dunes sont dites continentales ou maritimes (ou littorales). Elles se déplacent plus ou moins rapidement en fonction de la granulométrie du sable et de la constance (vitesse, direction) du vent. Le vent « efficace » provoque un surcreusement de la nappe sableuse (déflation) et son ralentissement entraîne le dépôt et l'accumulation du sable (ensablement).

L'érosion éolienne dépend donc d'une part de la vitesse du vent et d'autre part de la fragilité du sol sur lequel elle s'exerce. Lutter contre cette érosion peut donc se faire de deux façons complémentaires, à savoir diminuer la vitesse du vent près du sol et augmenter la cohésion du sable ou le protéger du vent. La fixation à long terme des sables mobiles implique, lorsque cela est possible, la mise en place et le maintien d'un couvert végétal pérenne. Mais celui-ci ne peut pas être installé directement sur dunes vives car les mouvements du sable vont provoquer des déchaussements ou des enfouissements des plantes mises en place. De plus, la projection par le vent des grains de sable contre la base des végétaux occasionnent à ces derniers des blessures (abrasions des tissus) et quelquefois même la mort. Il est nécessaire, dans un premier temps, de fixer les sables ou au moins de diminuer leurs mouvements et leur agressivité par des moyens mécaniques ou physico-chimiques (fixation primaire). Ensuite, si les conditions environnementales le permettent, la fixation définitive peut être réalisée par la constitution d'un couvert végétal (fixation biologique) en utilisant des plantes ligneuses et herbacées, adaptées à ces milieux et de préférence autochtones. La fixation mécanique ou physico-chimique représente une phase nécessaire, voire indispensable au succès de la fixation biologique.

¹ Les chiffres en caractères gras et soulignés renvoient aux documents listés dans la bibliographie (chapitre 6)

2.1 FIXATION MÉCANIQUE

En agissant sur la vitesse du vent, deux techniques peuvent être distinguées :

- L'évacuation du sable par effet aérodynamique : Des obstacles judicieusement répartis peuvent provoquer des turbulences et des accélérations localisées du vent conduisant à l'arasement de la dune par effet venturi. Cette technique est également utilisée pour la protection des infrastructures dont la disposition doit être fonction des sources de sable et du sens du vent : profilage des routes et de leur environnement immédiat, orientation des murs, des maisons, des rues, profil concave des margelles de puits, etc. (FAO, 1988, 9, p 38-45). L'effet venturi est également observé à plus grande échelle et façonne les grands amas sableux désertiques (Monique Mainguet & Boualem Remini 2004, 17).
- Le stockage et la fixation du sable : Une palissade orientée perpendiculairement à la direction du vent permet de diminuer sa vitesse et provoque le dépôt du sable qu'il transporte. Ces palissades sont réalisées le plus souvent à l'aide d'éléments végétaux récoltés à proximité et confectionnés en fascines ou en nappes solidaires disposées verticalement (palmes, branchages, pailles, etc.), mais aussi en matériaux synthétiques (grillages en matière plastique et parfois à titre expérimental des plaques de fibrociment, etc.). Cette méthode comprend deux variantes :
 - Le rehaussement périodique d'une unique palissade permet d'édifier progressivement, en un lieu choisi, une dune artificielle (souvent appelée « contre dune ») qui permet de stocker de grandes quantités de sable et de protéger ainsi les zones situées en aval (par rapport au sens du vent). Cette dune atteint un « profil d'équilibre » et devient très peu active ; elle peut alors être fixée biologiquement;
 - Pour fixer le sable sur de grandes surfaces, des palissades parallèles successives sont implantées. Afin d'éviter le déplacement latéral du sable (tourbillons, changements dans la direction du vent), des palissades secondaires sont disposées perpendiculairement aux premières. On aboutit ainsi à un « carroyage » (ou quadrillage) dont la dimension de la maille est fonction de l'intensité du vent et de sa position sur le profil de la dune.

Photo 2 : Fixation mécanique constituée en Mauritanie par un carroyage de barrières réalisées à l'aide de branchages de *Prosopis* sp. (Projet d'appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott)



2.2 FIXATION PHYSICO-CHIMIQUE (TECHNIQUE DU PAILLIS OU « MULCH »)

Il ne s'agit plus dans ce cas d'agir sur la vitesse du vent, mais plutôt de protéger le sol ou d'augmenter sa cohésion. Cette technique consiste à recouvrir le sable d'une couche protectrice aussi uniforme que possible pour supprimer l'action du vent au niveau du sol et empêcher le phénomène de saltation. Les procédés utilisés sont divers:

- Protection du sol par épandage d'une couche plus ou moins épaisse de terre organique (procédé coûteux en raison des quantités nécessaires) ;
- Paillage à l'aide de résidus agricoles, d'herbes, de sous-produits de l'industrie agroalimentaire (bagasse, par exemple) ou d'autres industries (feutres usagés de l'industrie papetière, par exemple), qu'il est souvent nécessaire de compacter ou d'enfoncer, ou encore de faire adhérer au sol avec des substances agglutinantes ;
- Aspersion d'eau ; le sable humide étant plus lourd et plus adhérent que le sable sec, cette technique peut être efficace si ces aspersion sont répétées fréquemment et régulièrement ;
- Pulvérisation d'un mélange eau/argile (y compris argile micronisée) ;
- Couverture du sol par des films plastiques ou des mèches acryliques ;
- Pulvérisation d'huiles minérales (asphalte, huiles lourdes, huiles brutes) ou de latex ;
- Stabilisation à l'aide de produits chimiques (liants). Bien qu'efficace, cette méthode ne connaît pas un grand succès à cause de son coût trop élevé.

Le choix entre ces différentes techniques est fait en fonction des conditions locales, notamment de la disponibilité ainsi que des coûts d'acquisition et de transport des matériaux nécessaires. Elles permettent une fixation temporaire des sables mobiles dont la durée est déterminée par le temps de dégradation des éléments apportés. D'autres critères doivent être pris en compte comme par exemple l'aspect esthétique de la dune fixée. La couverture de la dune par des pneumatiques usagés fixe efficacement le sable mais aboutit à un aspect esthétique désastreux. Plus important, le risque de pollution de la nappe phréatique doit être envisagé si l'on utilise des produits chimiques, des latex ou des produits dérivés du pétrole. Ces produits ont le plus souvent été appliqués sur des surfaces limitées, à l'exception cependant d'huiles dérivées du pétrole utilisées à grande échelle dans plusieurs pays (Libye, Proche Orient) et surtout en Iran où une huile spécialement destinée à cet usage a été mise au point, et où des résultats spectaculaires ont été obtenus.

2.3 FIXATION BIOLOGIQUE

Lorsque les dunes sont fixées mécaniquement par l'un des procédés précédemment énumérés, il devient possible de rendre cette fixation définitive par l'installation d'une végétation pérenne. Pour ce faire, les espèces végétales utilisables doivent avoir les caractéristiques suivantes:

- Etre adaptées aux conditions locales ;
- Etre rustiques et résistantes à la sécheresse ;
- Etre peu exigeantes en éléments nutritifs ;
- Supporter de gros écarts de température entre le jour et la nuit ;
- Etre résistantes aux vents violents, au déchaussement et à l'ensevelissement ;
- Avoir un enracinement profond ;
- Avoir un développement initial rapide afin de fixer et protéger le sol dans un bref délai ;
- Se régénérer naturellement et améliorer le sol.

Les espèces autochtones doivent être utilisées en priorité. Lorsqu'il est difficile de trouver dans la flore locale des espèces capables d'une part de résister aux conditions difficiles de la dune et d'autre part de la fixer rapidement, le recours aux espèces exotiques pour la fixation initiale peut être envisagé. Il ne faut, dans ce cas, jamais sous-estimer les risques liés à l'utilisation d'espèces exotiques dont le caractère « envahissant » n'a pas été évalué. Ensuite, une fois la dune fixée, le remplacement progressif de ces exotiques par des espèces locales doit être un des objectifs de l'aménagement durable du couvert végétal.

En plus de ces qualités d'ordre environnemental, d'autres d'ordre « socio-économique » sont recherchées. En effet, les espèces végétales utilisées doivent être susceptibles de fournir des biens et des services aux populations locales. Ces biens sont par exemple le bois, le fourrage, des aliments, des gommes, des tanins,

des colorants, etc. Les services rendus vont de la protection des terres, des habitations, des infrastructures, des ressources en eau, etc. à la restauration de la fertilité des sols et à la conservation de conditions propices aux établissements humains et aux activités agricoles et pastorales. Ces dites espèces doivent, par exemple, permettre de générer des activités économiques d'artisanat ou d'industrie à partir du bois et de ses dérivés (menuiserie, sculpture, bois énergie, carbonisation) et des produits autres que le bois (récolte de fourrage pour l'élevage, vannerie, travail du cuir et des étoffes, commercialisation de gommes, de résines, de miel, de fruits et de produits pour la pharmacopée).

L'installation du couvert végétal est réalisée par divers procédés. Une simple mise en défens (protection contre le piétinement des humains et des animaux, interdiction de pâturage et de récolte des produits végétaux) pendant 3 à 5 ans en zones semi-arides, 5 à 10 ans en zones arides, permet la régénération d'une couverture végétale spontanée constituée d'espèces herbacées et buissonnantes. Ce processus appelé aussi remontée biologique, est relativement lent et donne des résultats variables, avec des zones relativement fixées et d'autres toujours soumises à l'érosion.

Le semis direct d'un mélange de graines d'espèces herbacées et arbustives appliqué simultanément lors de l'aspersion d'un liquide de fixation primaire, est une technique ayant donné de bons résultats, de même que le semis par voie aérienne, lorsque les surfaces à traiter sont très importantes. Des résultats intéressants ont été obtenus également en bouturant sur place certaines espèces comme *Euphorbia* spp. aptes à ce mode de multiplication. Cependant, la nécessité d'obtenir une fixation rapide, homogène et durable conduit à privilégier la plantation de plants forestiers produits en pépinière. La gestion rationnelle des plantations ainsi mises en place pour la fixation de dunes, basées sur la mise en œuvre d'un plan d'aménagement bien conçu, est indispensable.

3. Rôles du couvert végétal installé

La fonction fondamentale des plantations forestières sur dunes est de les fixer et de freiner l'ensablement des terres adjacentes (fonction principale). La gestion permanente du couvert végétal doit assurer, avant tout, le maintien de cette fonction. Cependant, ces plantations peuvent jouer d'autres rôles en fournissant aux populations riveraines des produits qu'il est important de valoriser. En effet, la pérennité des plantations sur dunes est directement corrélée à l'intérêt et aux bénéfices socio-économiques directs qu'elles sont susceptibles de présenter pour les populations locales.

3.1 FONCTIONS ENVIRONNEMENTALES

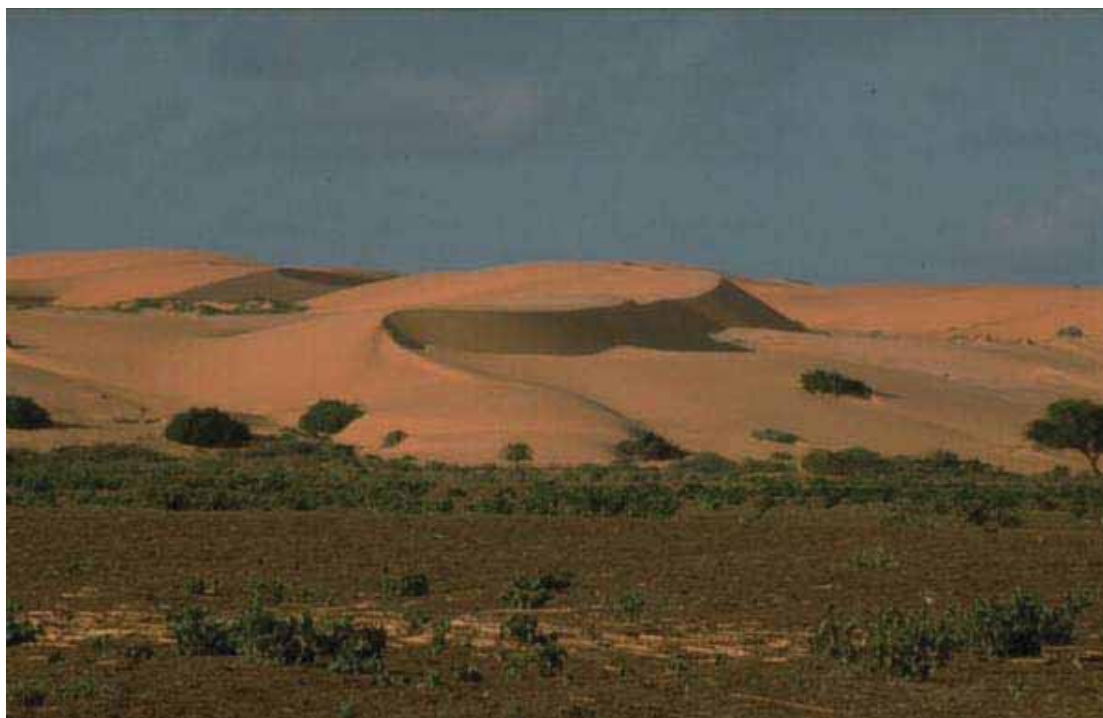
3.1.1 Protection

Les dunes vives et nappes de sable constituent des menaces pour tout écosystème naturel, tout terroir agricole ou pastoral, toute habitation et toute infrastructure situés en aval, par rapport à la direction des vents dominants. Les dégâts provoqués peuvent être de nature à dégrader l'environnement et à anéantir toute perspective de développement économique et social sur de vastes régions. Des sources, des cours d'eau, des formations végétales rares, des oasis, des routes, des cuvettes pastorales, des ouvrages hydrauliques (à vocation agricole, pastorale ou pour l'approvisionnement en eau potable) peuvent être ensevelis et disparaître à jamais. La fixation des sables mobiles et des dunes par les plantations protège la dune elle-même, mais surtout les terres, les habitations et les infrastructures sous le vent. Elle permet la conservation des écosystèmes situés en aval et la sauvegarde de conditions propices aux activités humaines. Le rôle de protection exercé par les plantations sur dunes est donc extrêmement important mais reste difficilement chiffrable en termes économiques.

3.1.2 Restauration et conservation de la diversité biologique

En permettant la conservation des agro systèmes et des écosystèmes menacés, la fixation des dunes permet de conserver leur diversité biologique. De plus, sur la dune elle-même, la plantation joue le rôle d'abri favorisant l'installation (ou la réinstallation) d'un cortège d'espèces animales et végétales caractéristiques

Photo 3 : En Somalie, les terres boisées et agricoles au premier plan sont menacées par les dunes mobiles en arrière plan



des dunes fixées et des écosystèmes voisins. L'enrichissement progressif du sol (minéralisation de la litière, humification) permet également une « remontée biologique » avec réapparition des micro-organismes du sol (réactivation de la pédogenèse). Cependant certaines fixations ont été réalisées par des plantations mono-spécifiques d'espèces exotiques comme *Casuarina equisetifolia* au Sénégal et *Prosopis juliflora* en Mauritanie, ou locales comme *Haloxylon* spp. en Iran. Dans ce cas, la restauration de la diversité biologique peut être fortement ralentie et limitée. Une gestion adaptée de ces plantations mono spécifiques s'attachera à restaurer la diversité biologique par l' introduction de nouvelles espèces autochtones dans l'étage arboré mais également par le biais de pratiques culturelles favorisant la régénération spontanée et la croissance de la végétation autochtone du sous-étage. Enfin, des espèces strictement adaptées aux dunes vives pourraient être défavorisées par le nouvel environnement qui pourrait conduire à la perte d'une certaine diversité biologique. Par exemple, certaines espèces d'espaces ouverts seront soumises à une plus forte pression de prédateurs bénéficiant de l'abri des arbres (Ariel Novoplansky, 2007, 20).

3.1.3 Lutte contre la désertification

Combattre l'érosion éolienne est un volet de la lutte contre la désertification (Monique Mainguet et Frédéric Dumay, 2006, 18). En protégeant des zones de production agricole et pastorale menacées et en développant des capacités complémentaires de production, la fixation des dunes contribue pleinement aux stratégies de lutte contre la désertification. Elle contribue au maintien de conditions propices aux activités pastorales et agricoles et sécurise les habitations et les infrastructures. Les capacités de production complémentaire installées sur dune apportent aux populations de nouvelles sources potentielles de revenus et, à terme, une meilleure sécurité alimentaire.

3.1.4 Restauration de la fertilité des sols

La réactivation de la pédogenèse décrite ci-dessus entraîne sous les plantations un enrichissement progressif du sol. Lorsque des espèces végétales fixatrices d'azote comme *Acacia* spp., *Prosopis* spp., *Sesbania* spp. ou *Casuarina* spp. sont utilisées pour fixer les sables, cet enrichissement du sol est plus rapide. Avec précaution, certaines parties des périmètres de protection pourront être remises en culture en veillant au maintien d'un brise-vent et d'une couverture permanente du sol (par exemple, résidus de récolte laissés en place), au respect d'une charge pastorale strictement contrôlée, à la pratique d'une agriculture sans labour, à la limitation du passage des animaux et des humains sur des pistes dont le tracé tiendrait compte de la topographie et des vents dominants afin que le sable ameubli ne puisse être mobilisé, etc.

Photo 4 : Palmiers dattiers engloutis par une dune vive en Somalie



Photo Susan Braatz, FAO, 1988

3.1.5 Gestion des ressources en eau

La plantation d'arbres constitue un bon outil pour la fixation des dunes. Cependant leurs besoins en eau peuvent excéder les ressources disponibles. Le sable des dunes vives est deux fois plus poreux qu'un sol argileux et peut absorber deux fois plus d'humidité. De plus, sa capacité de rétention étant plus faible, cette eau est plus facilement libérée au profit des plantes (Axel Martin Jansen & Mohamed Sahbi Hajej, 2001, 16). Enfin, aussitôt après la pluie, la forte évaporation provoquée par l'ensoleillement, les températures élevées et le vent provoquent un dessèchement rapide des couches superficielles et une interruption des remontées par capillarité de l'eau stockée dans les profondeurs de la dune. Ces couches superficielles (environ 40 cm d'épaisseur) jouent donc le rôle d'un paillis (mulch).

Plus le système aérien d'un arbre (tronc, branches, feuillage) est développé, plus il consomme de l'eau par évapotranspiration. Lorsque l'on plante des arbres pour fixer des dunes, il est indispensable d'évaluer les besoins en eau du peuplement mis en place pour chaque étape de son évolution. Des mesures sylvicoles seront appliquées afin de maintenir la consommation annuelle d'eau en deçà des possibilités de recharge des réserves en eau de la dune par les pluies. Ces techniques débutent par la sélection et la répartition des espèces à planter, l'étendue et la densité des plantations. Ensuite, en fonction de l'évolution du peuplement, des éclaircies, coupes en taillis, coupes en têtard ou élagages seront pratiqués tout en ayant soin de préserver la fonction de protection et de stabilisation de la dune. Si nécessaire, la conversion vers un couvert végétal moins exigeant en eau et plus durable sera effectuée (par exemple : conversion d'une plantation dense en un peuplement clair, un paysage à parc, une savane arbustive ou une steppe).

3.2 FONCTIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les plantations forestières ont pour fonction principale la fixation des dunes et la protection des terres adjacentes contre l'ensablement. Cette fonction a une incidence majeure en termes social et économique qu'il est cependant difficile de chiffrer. Mais ces plantations sur dunes représentent également des potentiels de production qu'il est indispensable de valoriser au profit des populations locales. En effet, une fois la dune fixée, la menace n'est plus directement perçue par les populations bénéficiaires de même que la nécessité d'une gestion conservatoire permanente du couvert végétal. Lorsque cette nécessité est perçue, elle est ressentie comme une contrainte. Les produits issus des plantations sur dunes peuvent transformer cette perception en opportunités de développement. Une des clefs de la pérennité des plantations sur dunes est l'intérêt qu'elles suscitent pour les populations voisines qui peuvent en tirer, soit immédiatement ou sur le long terme, des bénéfices réels.

Les plantations produisent une large gamme de produits (bois, fourrage, aliments, produits médicinaux, miel, gommés, tanins, colorants, matières premières pour l'artisanat, etc.). Un aménagement durable à buts multiples des plantations sur dune doit servir de cadre à l'exploitation de ces produits par les populations. Cet aménagement doit assurer, avant tout, le maintien de la fixation des dunes et de la protection des terres adjacentes. Il est particulièrement important que la gestion des plantations sur dunes soit intégrée à la gestion de l'ensemble du terroir. Les zones de protection et les zones protégées forment un tout (Aboubacar Ichaou et Bertrand Guibert, 2009, 14).

3.2.1 Production de bois

Le bois constitue la source principale d'énergie domestique (bois de feu, charbon de bois) et fournit les matières premières pour la construction, l'ameublement et les services (poteaux, charpentes et ossatures des habitations, mobilier, clôtures et manches d'outils). Malgré la fertilité relativement pauvre des sables dunaires, les productions ligneuses ne sont pas négligeables et dans certains cas (zones semi-arides et subhumides) une production de bois d'œuvre est possible. Les plantations sur dune produisent également par émondage des branchages utilisés dans la constitution de fascines pour de nouvelles actions de fixation.

3.2.2 Production de fourrage

Le couvert végétal installé sur dune est une source potentielle importante de fourrage surtout si des espèces fourragères herbacées, arbustives ou arborées, ont été retenues pour la fixation biologique. Cependant, l'exploitation de cette ressource fourragère doit être soumise à des règles strictes afin de ne

pas dégrader la fonction de protection. La charge pastorale et même le piétinement animal et humain doivent être contrôlés. Parfois, le fourrage est récolté et apporté aux troupeaux exclus du périmètre de protection. C'est le cas par exemple des plantations de *Prosopis juliflora* dont le feuillage est peu apprécié. Ce critère a compté dans la sélection de cette essence car les plantations ne nécessitent pas d'être protégées contre la divagation des animaux. Cependant, les gousses constituent un excellent fourrage de complément qui est activement récolté et commercialisé.

Dans les pays sahéliens, la dégradation des pâturages durant la saison des pluies (au nord) entraîne un raccourcissement du cycle de transhumance et un retour précoce des troupeaux en zone agricole (au sud) avant même que les récoltes ne soient terminées. Ceci entraîne des conflits entre agriculteurs et éleveurs. La protection des cuvettes inter dunaires pastorales et le développement de ressources fourragères sur les dunes est un élément important de la stratégie pastorale des pays sahéliens car cela permet de retarder le retour des troupeaux au sud et de limiter les conflits.

3.2.3 Autres productions et autres usages

Les plantations sur dunes fournissent une large gamme de produits valorisés par les populations riveraines. Ces produits sont issus aussi bien des arbres plantés que de la végétation spontanée et de la faune qui se sont réinstallées à l'abri de la plantation. Ce sont des compléments alimentaires (feuilles et pousses comestibles, fruits, gommages, gibier), des produits médicinaux (pharmacopée), du miel (apiculture, de nombreuses espèces utilisées sont mellifères) des gommages et résines (par exemple la gomme arabique obtenue de *Acacia senegal*), des tanins (par exemple obtenus de *Acacia nilotica*), des colorants et des matières premières pour l'artisanat (par exemple vannerie, sculpture, travail des cuirs, etc.).

Enfin, ces plantations contribuent à l'amélioration du cadre de vie des populations, à l'atténuation des impacts des conditions climatiques et à l'embellissement des zones proches des habitations. La fixation de dunes proches des villes par des plantations offre la possibilité de créer des parcs paysagers et d'offrir des activités récréatives et touristiques aux populations urbaines. Toutes ces activités doivent être régulées afin de ne pas mettre en péril les fonctions premières de ces plantations qui sont la fixation des dunes et la protection des infrastructures contre l'ensablement.

4. Exemples de gestion des plantations sur dunes

Traditionnellement, l'exploitation des forêts, des parcours pastoraux et des diverses ressources naturelles est gérée comme une activité de cueillette. En raison de l'étendue des espaces forestiers et pastoraux les populations ont compté (et souvent comptent encore) sur les processus naturels spontanés pour remplacer les produits prélevés par les différents usagers. Une meilleure connaissance de l'étendue et de la dynamique de reconstitution des ressources confrontées à l'accroissement des prélèvements, a montré que cette idée était fautive. L'aménagement durable à buts multiples des espaces forestiers et pastoraux se propose d'organiser, de mettre en ordre et de planifier la reconstitution, l'exploitation et l'utilisation des ressources naturelles. Aménager, c'est organiser dans l'espace et dans le temps tous les travaux jugés indispensables au maintien et au développement de ces ressources naturelles.

Afin de perpétuer la fonction première de protection assignée aux plantations sur dunes, il est essentiel de procéder à leur aménagement, c'est-à-dire de veiller au maintien durable du couvert végétal, donc à son renouvellement. En effet, s'il ne se renouvelle pas naturellement, des interventions sont nécessaires pour le régénérer, le faire évoluer ou le substituer par un autre couvert végétal. Qu'il se régénère naturellement (régénération par semis ou par rejets de souche) ou non, un plan d'aménagement doit être élaboré dans le but premier d'assurer la fixation de la dune et la protection des terres alentour. Il est extrêmement important que cet aménagement forestier durable génère des revenus. En effet, les populations riveraines du périmètre de fixation des dunes, qui en sont principalement les bénéficiaires par la protection de leurs terres, de leurs habitations et de leurs infrastructures, doivent également bénéficier des produits issus de ces plantations.

Si les actions programmées sont bien planifiées et correctement menées, le renouvellement du peuplement peut et même doit représenter une opportunité économique pour la population, notamment pour les

Photo 5 : La gomme arabique exsudée par *Acacia senegal* a de nombreuses utilisations traditionnelles locales (cuisine, pharmacopée, empesage des vêtements, etc.) et fait l'objet d'un intense commerce international. Elle peut constituer une importante source de revenus pour les populations rurales; Mauritanie



Photo Michel Malagnoux, 1988

riverains. Cela peut aussi contribuer à satisfaire les besoins du pays en combustibles ligneux et en d'autres types de service. Ces services dépendent naturellement des espèces qui composent le peuplement et des objectifs assignés à l'aménagement. Les populations riveraines seront les acteurs principaux de la gestion du peuplement sur dunes qui doit reposer sur la mise en œuvre rigoureuse d'un plan d'aménagement participatif bien conçu. Les services techniques seront, bien entendu, présents mais davantage pour aider à la conception, conseiller, coordonner et superviser que pour jouer le premier rôle, en d'autres termes pour encadrer tout le processus en fournissant un appui- conseil conséquent.

Les exemples suivants ont été documentés par trois études de cas :

- Sénégal : Babacar Dia, 2009, (4) ;
- Chili : Santiago Barros et Juan Gutiérrez, 2006, (2) ;
- Chine : Huoran Wang, 2007, (24) ;
et un projet :
- Mauritanie : FAO/Ministère de l'Environnement et du Développement Durable de Mauritanie/
Région Wallonne de Belgique, 2009, (12)

Des exemples complémentaires sont tirés de la documentation.

4.1 SÉNÉGAL

(Extrait et adapté de Babacar Dia, 2009, 4)

4.1.1 Description

L'avancée des dunes littorales vers l'intérieur du continent menaçait dangereusement la zone des Niayes, dans la frange littorale nord du Sénégal. Les terres de cette zone servent de base à une intense culture maraîchère et à une importante exploitation forestière qui, jadis, était presque totalement illicite. La mer dépose sans cesse des sables fins sur des plages faiblement inclinées. Séchés par la brise et le soleil, lorsqu'ils sont mis à nu pendant plusieurs heures lors de la marée descendante, ces sables sont soulevés et poussés par le vent vers le continent où ils se déposent en amas plus ou moins grands. Ils forment ainsi des dunes en pente douce du côté de la mer et abrupte du côté des terres. Disposées le plus souvent en chaînes parallèles au rivage et séparées par des vallées plus ou moins profondes, elles donnent à cette zone un faciès très particulier. Sous la poussée continue du vent venant de la mer et en l'absence d'une fixation des dunes, ces sables se déplacent constamment, constituant ainsi un danger pour la zone.

Pour des raisons d'intérêt public général, et pour sauvegarder plus particulièrement les cuvettes maraîchères, les habitations et les infrastructures, le Service forestier sénégalais est intervenu afin de freiner le phénomène. Il a lancé un important programme de fixation des dunes et de protection des cuvettes maraîchères visant à la sauvegarde de ce potentiel foncier. Il s'agissait d'arrêter l'avancée des dunes maritimes vers le continent et d'assurer un rôle de brise-vent pour les cultures maraîchères qu'elles surplombent. La proximité de l'océan impose, pour réussir la fixation biologique, le choix d'espèces végétales ayant une grande capacité de résistance aux embruns marins, aux vents desséchants, à l'ensablement et au déchaussement. Une croissance assez rapide est également recherchée. Au Sénégal, l'espèce qui réunit toutes ces conditions est une espèce exotique, le filao : *Casuarina equisetifolia*.

Entre 1948 et 1990 le Service forestier sénégalais a installé un peuplement continu mono-spécifique de filao d'environ 150 km de long sur 400 m de large, allant de Dakar à Saint-Louis tout le long de la « Grande Côte ». Le Ministère de l'environnement et de la protection de la nature du Sénégal dans son récent « Rapport national sur l'état de l'environnement marin et côtier » (non daté) mentionne que plus de 11 000 ha de dunes vives littorales ont été fixées par des plantations de filao. Les dunes intérieures ont été plantées avec d'autres essences (*Eucalyptus* spp., *Acacia* spp., *Anacardium occidentale*, *Prosopis juliflora*, *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca*) sur 2 900 ha au Nord et 4 800 ha au Centre et au Sud de la zone des Niayes. De plus, des plantations d'alignement ont été réalisées le long des routes (121 km) et comme brise-vent en protection des cuvettes maraîchères (1 433 km).

Photo 6 : Vue aérienne de la plantation de protection au Nord Est de Kayar, Sénégal. A l'abri des dunes fixées, on distingue les cuvettes maraîchères des Niayes. Les parcelles sont entourées de haies vives et de brise-vent



Les plantations de filao sont sans conteste une réussite. En effet, les objectifs que s'étaient fixés les autorités sénégalaises sont atteints : les dunes sont fixées, les cuvettes maraîchères et les infrastructures (maisons, routes) sont protégées. La production maraîchère des Niayes, zone protégée par ces plantations, est actuellement estimée à 155 000 tonnes annuellement (en augmentation). Les plantations s'inscrivent dans le périmètre de restauration des Niayes, classé de façon progressive entre 1957 et 1972. La dernière étape de ce classement a concerné le Gandiolais classé en 1972 et situé plus au Nord vers Saint-Louis. Cela confère à ces plantations le statut de forêts classées (propriété de l'Etat).

L'état général des plantations est satisfaisant et 80% de leur superficie a pu être classée dans les séries de production. Cependant, elles connaissent un développement très inégal. En effet, les constats suivants se dégagent:

- Dans tous les peuplements, la première bande, soumise à l'action directe des embruns marins, présente des sujets dégradés, à savoir des arbres rabougris et malformés qui jouent néanmoins pleinement leur rôle de protection et de fixation des sables. Cette bande a une largeur variant entre 25 et 40 mètres.
- Les bandes qui suivent la première, localisées sur les dunes dites vives parce que non encore totalement stabilisées, se comportent beaucoup mieux. Cela est dû au fait qu'elles bénéficient d'une certaine protection, offerte par le premier rideau d'arbres.
- Toutefois, malgré la protection offerte par la première bande, les bandes suivantes connaissent un développement non uniforme. Cet état de fait est imputable à la microtopographie: les bas-fonds comportent les meilleurs sujets tandis que les plus défavorisés se trouvent sur les sommets des dunes, où ils sont plus exposés aux vents et où la nappe phréatique est moins accessible.
- Les bandes situées sur les dunes continentales, quant à elles, sont composées de sujets moins vigoureux. Cela est dû à la concurrence herbacée assez sévère mais également à la profondeur de la nappe phréatique.

Le peuplement de filao sur dunes offre dans l'ensemble une fructification relativement bonne, régulière et satisfaisante. On relève cependant une absence presque totale de régénération naturelle. Cet état de fait avait déjà été constaté au Parc de Hann, peu après l'introduction de l'espèce au Sénégal (voir encadré 1). Les causes peuvent être multiples. Il n'y a, d'une part, jamais eu d'étude sur la capacité germinative *in situ* des semences de *Casuarina* encore moins sur la capacité de survie des plantules soumises à 7 – 8 mois de saison sèche. D'autre part, les plantations n'ayant jamais été éclaircies sont probablement beaucoup

Photo 7 : Plantation de l'année de filaos (*Casuarina equisetifolia*) sur la Grande Côte, Sénégal



Photo Michel Malagnoux, 1979

trop denses pour permettre une régénération en sous étage (voir photo 8). Enfin, la faible largeur des plantations et la proximité de zones densément peuplées font qu'elles sont intensément parcourues par le bétail et les populations et que les éventuelles plantules sont probablement soumises au surpâturage et au piétinement.

D'après les observations faites sur le terrain, le filao a une bonne résistance au vent. Il présente quelques cas de maladies ou d'attaques parasitaires non encore identifiées. Actuellement, le problème de la gestion de ces peuplements se pose. En effet, la plupart des plantations sont arrivées à maturité, d'autres affichent des signes de vieillissement, et certaines, sont mortes sur pied. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des règles de gestion basées sur un plan d'aménagement participatif bien élaboré et rigoureusement respecté de ces plantations.

4.1.2 Gestion des plantations

Suite au bon comportement du filao dans la zone des Niayes, la fonction de production a été ajoutée à la fonction primordiale de protection, afin de satisfaire les besoins en combustibles ligneux des populations environnantes. Il en va de même pour la fonction de récréation, liée quant à elle à la proximité de grands centres urbains. Les peuplements sur dunes sont en effet considérés comme des forêts périurbaines. Ainsi, tout en assurant un rôle de protection contre l'avancée du sable vers les habitations et les terres de cultures et en réduisant la vitesse et la rudesse du vent, ces forêts offrent des aires de détente et de repos.

ENCADRÉ 1

Casuarina equisetifolia (Forster) au Sénégal

Le filao, *Casuarina equisetifolia*, est originaire des régions côtières du Nord de l'Australie (Queensland), du Sud Est Asiatique (Iles Andamans, Cambodge, Indonésie, Malaisie, Myanmar, Thaïlande) et des Iles du Pacifique. Il se localise à proximité immédiate de la mer, dans des secteurs balayés par la brise marine et sur des sols sablonneux profonds. C'est une espèce fixatrice d'azote grâce à la symbiose qu'elle forme avec *Frankia*, une bactérie actinomycète. Ceci lui permet de croître sur sols très pauvres. *Casuarina equisetifolia* a été introduit au Sénégal en 1908 au Parc de Hann (Dakar).

En 1948, des essais systématiques furent entrepris pour sélectionner les espèces susceptibles de survivre dans les conditions sévères des dunes littorales. Ces essais comparèrent quinze espèces locales ou pantropicales (*Acacia nilotica* ssp. *nilotica*, *Acacia nilotica* ssp. *adstringens*, *Aphania senegalensis*, *Borassus flabellifer*, *Chrysobalanus orbicularis*, *Cocos nucifera*, *Combretum aculeatum*, *Dodonea viscosa*, *Euphorbia balsamifera*, *Faidherbia albida*, *Ipomoea pes-caprae*, *Parinari macrophylla* et *Tamarix articulata* ainsi que deux graminées locales pérennes *Schizachyrium pulchellum* et *Sporobolus spicatus*), douze espèces exotiques (*Albizzia lebeck*, *Anacardium occidentale*, *Cassia bicapsularis*, *Cassia occidentalis*, *Cassia siamea*, *Casuarina equisetifolia*, *Coccoloba uvifera*, *Melaleuca leucadendron*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium saman*, *Portulacaria afra* et *Trachylobium verrucosum*), ainsi qu'un certain nombre d'espèces du genre *Eucalyptus*. A l'exception du filao, *Casuarina equisetifolia*, aucune de ces espèces n'a donné de résultat intéressant.

Cependant, la pérennité des plantations de *Casuarina equisetifolia* n'est pas assurée. Dans les conditions sénégalaises, on considère que la longévité de cette espèce est de l'ordre d'une cinquantaine d'années et elle ne se régénère presque pas naturellement. Un aménagement intensif de ces plantations est donc nécessaire (exploitation, replantation). Mais surtout, il est souhaitable d'envisager une conversion progressive de ces plantations mono-spécifiques en un peuplement diversifié plus durable, par plantation ou semis d'espèces locales arborées, arbustives ou herbacées, qui bénéficieront de l'abri des filaos et des modifications que cette première génération d'arbres a apporté au milieu.

Un plan d'aménagement a été élaboré avec l'appui de la Coopération canadienne. Il comporte la mise au point d'un modèle de gestion de ce peuplement intégrant plusieurs composantes biophysiques et permettant d'assurer un rôle de protection et de production. Pour la mise en œuvre de ce plan, il a fallu identifier au préalable des acteurs et intervenants fiables. Il a également été nécessaire de mettre en place une organisation et une programmation conséquentes des activités de gestion.

4.1.3 Bénéfices attendus et obtenus

Lors de la conception du dispositif de fixation des dunes de la Grande Côte du Sénégal, il y a eu soixantaine d'années, le bénéfice attendu était la fixation des dunes maritimes et la protection des cuvettes maraîchères et des infrastructures menacées d'ensablement. A cet égard, cette réalisation est sans conteste une réussite. Tous ces objectifs ont été atteints. Les capacités de production ligneuse ont été au départ négligées, mais elles se sont révélées par la suite intéressantes et ont permis de mobiliser les populations pour l'exploitation de cette production, la protection et la gestion durable des peuplements de filao. Enfin, la proximité des grands centres urbains (Dakar, Saint Louis, Louga) a fait apparaître une nouvelle demande d'accueil du public (activités récréatives). L'aménagement mis en œuvre récemment prend en compte ces différentes possibilités (voir encadré 2).

ENCADRÉ 2

Grandes lignes de l'aménagement des plantations sur dunes au Sénégal

L'objectif général de l'aménagement consiste à maintenir, par la stabilisation des dunes, la fonction primordiale de protection. En effet, le peuplement doit constituer un bouclier efficace contre l'ensablement de terres de culture, de l'habitat humain et faunique, et des infrastructures de la zone concernée. A un niveau plus global, il s'agit de combattre la désertification et de contribuer au développement durable de l'économie locale, grâce aux effets induits de l'aménagement. Les objectifs spécifiques consistent essentiellement à :

- assurer le renouvellement du peuplement;
- améliorer l'état et la croissance des arbres;
- créer une source de revenus aux populations locales tout en prenant en ligne de compte la fonction primordiale de protection du peuplement;
- fixer les conditions d'un approvisionnement durable en combustibles ligneux et autres produits;
- accueillir le public dans le respect strict de l'environnement.

Un plan d'aménagement forestier est un document technique contenant un ensemble de règles à mettre en œuvre dans une formation forestière, en vue de parvenir à un rendement soutenu mais respectueux des possibilités de la forêt. Il tient compte des conditions écologiques locales, des spécificités socioéconomiques et des systèmes de production en place.

La forêt est divisée en **parcelles**. Une parcelle est définie comme la plus petite unité de gestion sur laquelle est recherché un objectif principal précis. Par conséquent, la division en parcelles est réalisée en prenant en considération la microtopographie et l'homogénéité des potentialités et des contraintes liées aux rôles de protection ou d'accueil du public. La forêt est divisée en **blocs** correspondant aux années de plantation. Le classement en **séries** représente le zonage de la forêt. Chaque zone ou série est un ensemble du peuplement destiné à poursuivre le même objectif et à subir le même traitement sylvicole. La définition précise de la série exige que les critères de classement soient examinés parcelle par parcelle. Compte tenu des principaux objectifs recherchés et des traitements envisagés, deux grandes séries principales ont été retenues au Sénégal, à savoir une série de protection et une série de production/protection. D'autres séries, dites secondaires, concernent les secteurs dénudés, les zones à reboiser, les zones occupées par des projets de recherche et, enfin, les espaces colonisés par des peuplements fortement dégradés. Ces séries peuvent faire l'objet d'un reclassement et être remises en production/protection.

ENCADRÉ 2 (SUITE)

Séries d'aménagement		Superficie (ha)	% de la superficie totale
Protection	1 - Maritime	762	8,2
	2 - Cuvettes	720	8
	3 - Dunes	177	2
	Sous-total	1 639	18,2
Production/Protection		6 127	68
Remise en production/protection		174	1,9
Recherche		28	0,3
Dénudés à reboiser		238	2,6
Dénudés		381	4,2
Zone d'exception humaine		424	4,7
Total		9 006	100

Pour le renouvellement, le choix des espèces est lié aux conditions écologiques mais également aux principaux objectifs. Le filao a toujours été la principale espèce utilisée. Il a d'ailleurs donné d'excellents résultats sur les dunes maritimes, contrairement aux dunes intérieures où ses peuplements sont mal en point ou très ouverts, sauf dans les cuvettes. L'espèce locale *Acacia tortilis subsp. raddiana* s'est révélée comme une essence secondaire s'adaptant bien aux dunes intérieures. Pour ces diverses raisons, les choix suivants ont été faits:

- Sur les dunes maritimes, le filao reste l'essence principale, donc celle qui détermine la sylviculture à appliquer. Pour la deuxième génération, *Eucalyptus spp.* mais aussi *Acacia mangium* (exotiques) vont être prises en compte.
- Sur les dunes intérieures, *Acacia tortilis subsp. raddiana* (locale), *Acacia bivenosa* ou *Leuceana sp.* (exotiques) peuvent être considérés comme essences principales.

La protection des plantations contre le feu comporte deux volets, la mise en place d'un réseau de pare-feu et de pistes d'accès (qui servent également pour le débardage), et la constitution de brigades de vigilance au sein de chaque groupement villageois. Les pare-feu et les pistes sont installés perpendiculairement aux vents dominants pour éviter l'influence des flux éoliens et la reprise de l'avancée du sable.

Dans les conditions des plantations sur dunes au Sénégal, l'âge d'exploitabilité du filao est fixé à 25 ans. Il existe deux possibilités de régénérer la bande de filao: par replantation ou par rejets de souches. Les rejets de souches conduisent à un aménagement en taillis qui produit des tiges de plus petite taille, une réduction de l'effet brise-vent et la limitation des types de produits que l'on tire du peuplement. Ajoutons par ailleurs que le potentiel de survie de ces sujets et leur capacité de résistance aux vents sont méconnus. Compte tenu de cet état de fait, la régénération par replantation est privilégiée. De fortes densités de plantation sont recommandées afin d'assurer une bonne fonction de protection. En prévision d'éventuelles éclaircies, l'espacement retenu est 2 x 3 m (1 667 plants/ha). La possibilité forestière représente ce que l'on peut exploiter dans le cadre d'une gestion durable de la forêt, sans compromettre le processus de régénération. En d'autres termes, c'est la quantité maximale de matière ligneuse pouvant être extraite d'une forêt annuellement et perpétuellement. Cette quantité maximale peut varier avec l'intensité de l'aménagement pratiqué, mais le principe du rendement soutenu doit toujours être respecté. La possibilité actuelle du peuplement de filao est évaluée à 30 380 m³ ou 37 722 stères par an. La mise en œuvre d'un plan d'aménagement exige le respect, de la part de chacun des acteurs concernés, des rôles et responsabilités qui lui sont assignés. Les populations environnantes ont constitué des organisations paysannes afin d'assurer les tâches liées à l'exploitation et à la régénération du peuplement. Elles signent des contrats avec le Service forestier pour les plantations en forêt classée et avec les collectivités locales concernées pour les autres plantations. Ces organisations doivent prendre en charge l'information et la sensibilisation de leurs membres. Elles doivent aussi participer aux travaux de conservation des sols et de remise en état des parties dénudées. Les populations peuvent se constituer en groupements villageois ou en unions forestières.

Le Groupement villageois est constitué de personnes qui consentent à participer à la mise en valeur d'un périmètre forestier qui leur est confié. Il est ouvert à tout membre d'une collectivité locale désireuse de

ENCADRÉ 2 (SUITE)

s'investir dans la gestion durable du patrimoine forestier. Le Groupement villageois participe à la conception et à l'évaluation continue des plans d'aménagement et de gestion. Il gère les opérations de récolte, de régénération et d'éducation des peuplements, en conformité avec les objectifs du plan d'aménagement.

L'**Union forestière** est constituée de plusieurs groupements villageois qui travaillent ensemble dans une portion de territoire. Les unions forestières s'occupent du transport, de la transformation et de la commercialisation des produits forestiers issus des travaux d'aménagement. Les contrats signés entre les organisations paysannes et le Service forestier ou les collectivités locales doivent être approuvés par les **autorités administratives**, afin de leur donner plus de poids et de légitimité.

Le **Service forestier** assure l'encadrement technique des groupements impliqués dans le processus. Il effectue le contrôle de conformité de la mise en œuvre des pratiques sylvicoles consignées dans les plans d'aménagement et de gestion. Il a en charge la formation des opérateurs.

Diverses **institutions de recherche** sont impliquées dans la mise en œuvre du plan d'aménagement.

Les groupements villageois ne disposant pas de moyens adéquats pour une commercialisation efficace des produits de récolte confient aux **transporteurs** l'enlèvement des produits dans les dépôts établis par le Groupement ou l'Union et leur transport vers les points de vente.

4.1.4 Problèmes et lacunes

La gestion initiale des peuplements sur dune était uniquement destinée à la conservation « en l'état » des dits peuplements afin d'assurer la fixation et la protection des terres et des infrastructures adjacentes. Elle consistait essentiellement en une mise en défens, qu'il a été difficile de faire respecter. Des coupes frauduleuses et anarchiques ont été réalisées le plus souvent par les populations riveraines pour satisfaire leurs besoins en bois de chauffe et de service. En l'absence de mesures sylvicoles (éclaircies, élagages, et surtout coupes d'exploitation et replantation), les peuplements sur dunes sont vieillissants avec une mortalité sur pied élevée, imputable notamment une densité restée trop élevée (entre 1 100 et 2 500 plants par hectare). Une consommation excessive d'eau par ces plantations et par les cultures maraîchères a entraîné, par endroits, une intrusion des eaux marines salées dans la nappe phréatique.

L'espèce principale retenue pour la fixation des dunes, le filao (*Casuarina equisetifolia*), rejette faiblement de souche. De plus ces rejets sont souvent peu viables, et la régénération naturelle par semis est presque inexistante. Aussi les autorités sénégalaises

Photo 8 : Plantation de filaos (*Casuarina equisetifolia*) sur la Grande Côte, Sénégal



Photo Michel Malagnoux, 1979

conseillent d'introduire derrière les premiers rideaux de filao qui servent d'écran, une espèce locale: *Acacia tortilis subsp. raddiana*, ou des espèces exotiques comme *Acacia holosericea* et *Prosopis juliflora*. Les eucalyptus sont également proposés, mais en général dans les bas-fonds.

4.1.5 Recommandations

En l'absence de régénération naturelle des filaos, la pérennisation des peuplements ne peut se faire que par leur renouvellement par replantation après chaque rotation. La gestion des plantations contribue à la satisfaction des besoins en combustibles ligneux du pays et constitue une source de revenus pour les populations environnantes. Ainsi se justifient pleinement toutes les actions d'aménagement proposées dans le plan élaboré par le Service forestier (encadré 2). L'application de cet aménagement avec la participation effective des populations concernées est donc recommandée. La diversification des produits issus de cet aménagement est souhaitable. C'est ainsi que la production de poteaux est considérée comme une filière intéressante et la faisabilité d'une unité de fabrication de poteaux a été étudiée.

Enfin, les activités de recherche entreprises au sein du périmètre doivent être poursuivies et renforcées. Elles devraient permettre d'améliorer la régénération naturelle du filao. Elles devraient mettre l'accent sur la **diversification des espèces** utilisées dans la fixation des dunes en laissant une place de plus en plus importante aux espèces arborées, arbustives et herbacées **autochtones**, et en diminuant, de facto, la part des espèces exotiques. Il serait particulièrement intéressant de reprendre les essais de 1948 (encadré 1) sur les espèces locales qui devraient maintenant bénéficier de l'abri des filaos et des modifications apportées au milieu par la première génération. Le but ultime est d'accroître la stabilité du peuplement qui assurerait sa durabilité avec un minimum d'interventions humaines.

4.2 CHILI

(Extrait et adapté de Santiago Barros et Juan Orlando Gutiérrez, 2006, 2)

4.2.1 Description

Situé entre les latitudes 18 et 55° Sud, le Chili s'étend sur 4.200 km du nord au sud avec une largeur moyenne de moins de 200 km entre la Cordillère des Andes à l'est et l'Océan Pacifique à l'ouest. Le climat au nord est chaud et aride (subtropical sec). Au centre il est de type méditerranéen alors qu'au sud il est de type océanique froid et humide. La forêt couvre une superficie de 13,4 millions d'hectares de forêts naturelles auxquels il faut ajouter 2,2 millions d'hectares de plantations. Plus de 90% des 32 millions de m³ de bois d'œuvre et d'industrie récoltés annuellement proviennent de ces plantations. L'exportation de produits forestiers (pâte à papier, papier, sciages, panneaux) représente 10% des exportations totales du pays. Le Chili possède 14 millions ha de zones protégées (c'est-à-dire 18% de la surface totale du pays). Des incitations gouvernementales appuient la plantation d'arbres pour la récupération des terres dégradées et la fixation des dunes à l'aide d'espèces locales et plus particulièrement avec les espèces estimées en péril.

REGIONS	Superficies des dunes (ha)		
	côtières	continentales	Total
IV	4 249		4 249
V	7 737		7 737
R M (Métropolitaine)		120	120
VI	1 945		1 945
VII	17 860	38	17 898
VIII	35 488	56 296	91 784
IX	4 134	124	4 258
X	3 015		3 015
Total	74 428	56 578	131 006

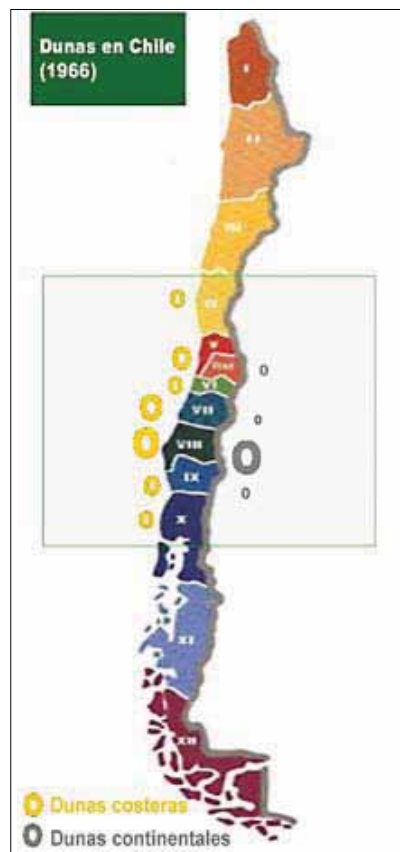
On trouve au Chili aussi bien des dunes maritimes que des dunes continentales. Les dunes maritimes prennent leur source dans les sables côtiers tandis que les dunes intérieures se forment à partir des sables issus des bords des rivières et des lacs ainsi que de l'érosion générale des terres. Au Chili, la hauteur des dunes maritimes varie de quelques mètres à plus de 150 mètres alors que les dunes continentales peuvent dépasser 300 m comme cela est observé près de Copiapó. Elles peuvent être de différentes

formes, selon la direction du vent pendant le transport des sables, la topographie locale et l'état de la végétation. Les cinq formes les plus communes sont le croissant (ou barkhane), la dune linéaire, l'étoile, le dôme et la parabole. Les barkhanes sont de loin la forme la plus commune, plus larges que longues, formées par un vent prédominant qui souffle tout le temps dans la même direction.

L'avancée des dunes au Chili est d'environ 20 mètres par an en moyenne, mais elle peut atteindre 200 mètres dans les années particulièrement sèches. C'est la raison pour laquelle il s'avère indispensable d'effectuer des plantations sur dunes, en vue de contrecarrer le phénomène, ou du moins de l'atténuer considérablement.

Les dunes continentales chiliennes ne représentent pas, pour la plupart, un problème inquiétant, dans la mesure où elles sont souvent stabilisées par une végétation naturelle spontanée, par de vastes plantations de résineux (*Pinus radiata*) et par des activités agricoles.

Un inventaire des dunes du Chili réalisé en 1966 par l'analyse de photographies aériennes a identifié dans les Régions IV à X (en grisé sur la carte ci-contre) près de 75 000 ha de dunes côtières et de 57 000 ha de dunes continentales.



La définition de ces dunes était : « tout dépôt éolien sans utilisation telle que l'agriculture, la forêt ou l'élevage et d'une surface de plus de 1 ha, à l'exclusion des plages » c'est-à-dire des dunes vives. Plus au sud et surtout plus au nord, il existe d'importantes zones de dunes vives qui n'ont pas été prises en compte dans cette étude car elles ne représentent aucun potentiel ni danger pour l'agriculture. De même toutes les dunes fixées, occupées par des activités agricoles, forestières ou pastorales, n'ont pas été prises en compte.

Les dunes vives sont principalement issues d'actions anthropiques telles que l'érosion du sol due à la déforestation, les feux de brousse et les mauvaises pratiques culturales ainsi que de processus naturels survenus il y a 2 000 à 4 000 ans. Des données historiques indiquent que les dunes vives étaient moins étendues aux XVII^e et XVIII^e siècles qu'aujourd'hui, et l'avancée actuelle des dunes côtières apparaît dans bien des cas extrêmement rapide.

En effet, au début du XX^e siècle la superficie couverte par les dunes côtières était plus ou moins la moitié de celle d'aujourd'hui. Les dunes côtières sont souvent considérées comme envahissantes et utiles à la fois, car elles offrent un habitat à beaucoup d'espèces végétales et animales. Elles peuvent en outre être dotées d'une valeur récréative ou archéologique non négligeable. De grandes étendues de dunes, parfois associées à des stations balnéaires pour lesquelles elles représentent une grande valeur récréative, ne nécessitent aucune intervention. Il est en revanche urgent de prendre des mesures concrètes pour entraver le phénomène dans d'autres cas problématiques, notamment lorsque les dunes envahissent les terres agricoles et forestières ou les parcours d'élevage, ou lorsqu'elles constituent une menace pour les routes et les villes.

4.2.2 Gestion des plantations

La solution consiste à entreprendre d'importants programmes de boisement et de reboisement, d'aménagement forestier et de promotion de bonnes pratiques sylvicoles. Ces programmes visant à réduire l'érosion du sol sont fortement appuyés par le Gouvernement. La nécessité de stabiliser et de planter les grandes superficies de dunes côtières déjà existantes n'en demeure pas moins pressante. Lorsque les conditions sont favorables, dès que les dunes se forment une végétation naturelle se met en place. Cependant, des conditions défavorables comme des embruns chargés de sel, un déficit en eau et une mauvaise fertilité des sols, ne permettent qu'à de rares espèces pionnières de prospérer et de coloniser la zone. Les espèces locales les plus abondantes sur dunes sont *Carpobrotus chilensis*, *Solana paradoxa*, *Euphorbia portulacoides*, *Calystegia soldanella*, *Rumex sanguineus*, etc.

Mais lorsque des programmes de fixation des dunes ont été mis en œuvre, ces espèces ont rapidement été remplacées pour la fixation initiale par *Ammophila arenaria* (graminée introduite d'Europe) et *A. breviligulata* (introduite d'Amérique du Nord) ainsi que *Lupinus arboreus* (légumineuse introduite de la côte Ouest des Etats Unis).

Dans une deuxième étape, lorsque les conditions sont rendues favorables par la fixation obtenue, d'autres espèces sont introduites, *Ambrosia chamissonis*, *Acacia saligna*, *Acacia cyclops*, *Genista hispanica*, *Ulex europaeus*, *Cytisus monspessulanum*, etc.

Enfin dans un dernier stade, des plantations de production peuvent être mises en place. De nombreuses espèces ont été testées, les résultats variant avec le climat du nord au sud du pays. Les espèces les plus utilisées au Chili sont *Pinus radiata* et *Eucalyptus globulus*. Vers le nord du pays, où les précipitations sont très faibles, les conditions très rigoureuses limitent le choix à pratiquement une seule espèce : *Acacia saligna*.

A la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e, les premières activités de stabilisation de dunes commencèrent dans la partie centrale du pays. Plus tard, vers le milieu du XX^e siècle, le Gouvernement chilien mit en œuvre un important programme de stabilisation et de boisement des dunes, en combinant des méthodes mécaniques et biologiques. Par la suite, ces activités ont été prises en charge par le secteur privé, avec un appui conséquent et motivant du gouvernement.

A travers sa législation, la politique forestière chilienne actuelle a pour ambition de récupérer les sols dégradés de manière générale, et tout particulièrement les dunes. Une suspension de taxes et un octroi de subventions ont ainsi été accordés à ceux qui mettent en œuvre des programmes d'aménagement, c'est-à-dire des programmes de récupération des sols et de plantations. Dans un tel contexte, une attention spécifique est toutefois portée aux petits propriétaires terriens.

Lorsqu'elles se développent correctement sur des dunes stabilisées, les plantations forestières, composées essentiellement de pin et d'eucalyptus, génèrent un profit non négligeable. Cette productivité est un argument supplémentaire pour justifier la réalisation des plantations et leur gestion durable, sans oublier leur fonction première de fixation et de protection.

La productivité des plantations dunaires dépend étroitement de la fertilité et de la profondeur du sol originel qui a été couvert. L'épaisseur du sable couvrant le sol et sa capacité de rétention, de même que bien d'autres facteurs comme le régime pluviométrique, les vents et les températures, jouent également un rôle important.

Photo 9 : Plantation de *Pinus radiata* à Concepción, Chili



Photo Arvydas Lebedys, FAO, 2004

Le régime d'exploitation préconisé pour les plantations de pin (*Pinus radiata*) sur dunes, suggère de le planter selon une densité de 1 100 à 1 600 plants par hectare. Quatre coupes successives s'échelonnent tout au long de la vie du peuplement. Après un dépressage à 6 ans, une première éclaircie commerciale à 12 ans (visant une production de 30 m³/ha de bois de pâte à papier), une deuxième à 16 ans (visant une production de 60 m³/ha de bois de pâte à papier), la coupe finale intervient à 24 ans (visant une récolte de 240 m³/ha, aussi bien de bois de pâte à papier que de sciage). Les arbres peuvent être élagués jusqu'à une hauteur de 6 à 7 mètres, selon la qualité du site, à 6 et 8 ans.

Pour ce qui est de l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), les plantations sont aménagées pour la pâte à papier, aussi aucune intervention intermédiaire n'est-elle à prendre en ligne de compte. La coupe finale est faite à 15 ans, avec une récolte escomptée d'environ 170 m³/ha.

En moyenne, le taux de rendement interne des plantations de pin et d'eucalyptus sur dunes stabilisées, dans des zones recevant entre 800 et 1500 mm de pluie, est de l'ordre de 10 %. Ce niveau de profit a naturellement incité le secteur privé à investir sur ces types de sols. Les coûts de mise en place d'une plantation de pins sur dunes vives sont résumés dans le tableau à droite:

ACTIVITE	COÛT (US\$ / ha)
Plantation de <i>Ammophila arenaria</i>	504
Semis de <i>Lupinus arboreus</i>	8
Fertilisation azotée	149
Couverture du sol avec des branches	360
Plantation de <i>Pinus radiata</i>	250
Total	1 270

4.2.3 Bénéfices attendus et obtenus

Des 132 000 ha de dunes vives inventoriées en 1966 (75 000 ha de dunes côtières et 57 000 ha de dunes continentales), seuls 60 % de cette superficie existent encore aujourd'hui. En effet, 40 % de ces dunes sont actuellement stabilisées, suite au développement de la végétation naturelle et à la mise en place de plantations, surtout sur les dunes continentales. Aujourd'hui la plupart des dunes intérieures a été récupérée, de même qu'environ 32 000 ha de dunes côtières.

Le rôle extrêmement important que joue la foresterie dans l'économie chilienne justifie largement l'aménagement des plantations sur dunes. En effet, le volume de bois d'œuvre et d'industrie récolté annuellement est d'environ 32 millions de mètres cubes dont plus de 90% proviennent des 2,2 millions d'hectares de plantations, pour partie sur dunes. A titre d'exemple, en 2004 le Chili a exporté 3,4 milliards USD en produits forestiers.

4.2.4 Problèmes et lacunes

Santiago Barros et Juan Orlando Gutiérrez n'évoquent aucun problème ni aucune lacune dans leur étude (2). On peut toutefois noter qu'il reste encore environ 80 000 ha de dunes vives considérées comme des menaces pour les activités agricoles, pastorales ou forestières (et une surface indéterminée au nord et au sud des Régions inventoriées). Mais elles sont plutôt considérées comme des opportunités de développement futur d'activités agricoles, pastorales ou forestières rentables. Cependant les dunes sont parfois considérées utiles telles quelles, car elles offrent un habitat à beaucoup d'espèces végétales et animales. Elles peuvent en outre être dotées de valeurs récréatives ou archéologiques. Leur maintien sous forme de dunes vives peut être souhaité.

4.2.5 Recommandations

La mise en valeur des terres dégradées et notamment des dunes vives par le secteur privé avec l'appui de l'Etat donne de bons résultats au Chili. La poursuite de ce système est donc recommandée. Dans les zones où la rentabilité économique des investissements est aléatoire ou impossible, une prise en charge des réalisations par les populations ne pourra se faire qu'avec l'appui de l'Etat, sans considération du taux de rendement interne qui ne pourrait être positif que si les effets de la protection sur les terres menacées étaient pris en compte pour son calcul. Le système dunaire est extrêmement fragile, aussi, une fois les premières mesures de stabilisation appliquées, est-il impératif de soustraire le milieu aux actions de l'homme et du bétail. Cela est indispensable si l'on veut donner à la végétation l'opportunité de s'installer spontanément.

4.3 CHINE

(Extrait et adapté de Huoran Wang, 2007, 24)

4.3.1 Description

En Chine, les terres dégradées occupent 39,3% de la surface totale du pays et la désertification affecte 18% de cette surface totale soit 174 millions d'hectares. Cette surface affectée par la désertification s'accroît de 343 600 ha chaque année. Elle est à l'origine d'une perte économique évaluée à environ 7 milliards de dollars des Etats Unis par an. Elle réduit la productivité des terres et affecte le développement social et économique ainsi que les conditions de vie des populations. Ce sont principalement les régions au nord-est, au nord et au nord-ouest de la Chine, régions communément regroupées sous le nom des Trois Nord(s) qui sont le plus affectées par la désertification.

Le paysage est constitué de vastes terres sableuses ou de déserts connus sous le nom de terres sableuses de Korqin, de Maowusu, de Hulunbeire et de Hunshandake, situées principalement en Mongolie Intérieure. Ce processus affecte particulièrement les zones de transition entre l'agriculture et l'élevage. Il se manifeste non seulement dans les régions arides, semi-arides et subhumides sèches, mais aussi le long des cours d'eau intérieurs, surtout dans la Région autonome ouïghour du Xinjiang, dans la Province du Gansu et en Mongolie Intérieure. Les causes principales sont le surpâturage, l'agriculture, la récolte de bois de feu et d'herbes médicinales qui provoquent la mobilisation du sable et le déclin des pâturages et de la diversité biologique. Les tempêtes de sable sont de plus en plus fréquentes dans l'ouest de la Chine. D'une tempête tous les deux ans dans les années 1950, elles sont passées à 2,3 par an dans les années 1990, affectant même sévèrement les populations des grands centres urbains de l'est, et particulièrement Pékin.

Les Trois Nord(s) font face à des conditions environnementales très défavorables. Le climat y est en effet extrêmement sec et continental, avec des précipitations annuelles inférieures à 250 mm dans certaines zones. La ville-oasis de Turpan (XinJiang), par exemple, reçoit moins de 20 mm/an. L'aridité calculée selon l'équation de Penman y est supérieure à 60. Les variations de température, de grande amplitude quotidienne mais aussi annuelle, peuvent passer de -43 °C à $+47,5\text{ °C}$ dans le XinJiang. On compte plus de 3 000 heures d'ensoleillement annuel et l'évapotranspiration est très élevée. Les vents fréquents et violents sont à l'origine de grandes tempêtes de sable, très destructives pour l'agriculture, l'élevage et les forêts. Ces tempêtes ont lieu le plus souvent entre février et juin, avec un pic en avril.

Les sols considérés comme désertiques sont relativement peu évolués, de texture grossière, de type sablo-argileux, sableux ou graveleux. Ils sont caractérisés par une faible teneur en matière organique et en azote, mais aussi par une abondance de sels minéraux solubles. Cela se traduit par un pH élevé et a pour conséquence un écosystème désertique assez fragile et une diversité biologique relativement pauvre.

Face à cette situation environnementale dramatique, la communauté scientifique, les collectivités et le gouvernement chinois ont opté pour la plantation d'arbres, celle-ci apparaissant comme l'une des voies les plus indiquées pour contrer la formation des dunes. La primauté de cette fonction de protection transparaît dans les objectifs visés par le gouvernement chinois. En effet, ces objectifs tournent autour de la stabilisation du sable, de la restauration de la végétation ou de l'atténuation des effets néfastes des conditions environnementales, particulièrement défavorables aux conditions de vie des populations dans la région. Les objectifs assignés aux plantations forestières sur dunes sont de combattre la désertification et d'assurer un développement social durable.

Un programme de 35 millions d'hectares de plantations de protection à réaliser en 73 ans (1978-2050) a été conçu. Ce programme dit des Trois Nord(s) est communément appelé « La Grande Muraille Verte ». Aujourd'hui, 30 ans après le lancement de ce programme, plus de 22 millions d'hectares ont été plantés (soit plus de 60 % du programme). La diversité biologique est assez pauvre en Chine du Nord (1 000 espèces d'arbres et de buissons) en comparaison à celle de l'est du pays. Les espèces locales arborées utilisées dans la fixation des dunes sont, pour les résineux : *Larix sp.* (mélèze), *Pinus tabulaeformis*

(Pin de Chine), *P. sylvestris* var. *mongolica* (pin sylvestre de Mongolie), *Platycladus orientalis* (thuya de Chine), *Sabina chinensis* (genévrier de Chine), *S. vulgaris* (genévrier sabbine), *Juniperus rigida* (genévrier rigide), et *Picea crassifolia* (épicéa de Mongolie), et pour les feuillus : *Populus simonii* (peuplier de Simon), *P. alba* var. *pyramidalis* (peuplier blanc pyramidal), *Salix matsudana* (saule tortueux), *Sophora japonica* (sophora du Japon), *Ulmus pumila* (orme de Sibérie) et, introduit depuis le sud de la Chine, *Ailanthus altissima* (ailante glanduleux). A ces feuillus, il faut ajouter *Robinia pseudoacacia* (robinier), introduit d'Amérique du Nord il y a environ un siècle et très largement utilisé sur le plateau de Loess. *Sophora japonica*, *Salix matsudana* et *Ailanthus altissima*, quant à elles, sont plutôt utilisées pour leur ombrage, surtout quand elles sont plantées aux alentours des villages.

Le nombre d'espèces buissonnantes est beaucoup plus important. Actuellement, la tendance est de préférer ces espèces, seules ou en association avec des arbres, pour fixer les dunes, plutôt que des arbres seuls. *Sophora alopecuroides* et *Lycium chinense* (voir encadré 3) sont utilisées en pharmacopée ou comme bois de chauffage.

Caragana karshinski est une légumineuse buissonnante xérophyte. Elle est considérée comme un premier choix pour fixer les dunes sous 200 mm de pluies annuelles. Elle rejette vigoureusement de souche (bois de feu), résiste bien à l'abrouissement (fourrage) et résiste à des températures au sol de 70 °C en été et -30°C en hiver. *Caragana intermedia* et *C. microphylla*, très proches, sont également très utilisées pour la fixation des dunes.

ENCADRÉ 3

Lycium chinense Mill. (Solannacée)



Nom chinois: Gouqi

Nom français: Lyciet de Chine (proche de *L. barbarum* et de *L. europaeum* : Epine du Christ)

Arbuste, jusqu'à 4 m de haut, décadu, port retombant, voire rampant, rarement épineux (épines 0,5 à 2 mm). Feuilles ovales-elliptiques, vert pâle, glabres. Fleurs violettes de 15 mm, axillaires, solitaires ou regroupées par 2 ou 4; baies rouges de 25mm. Cette espèce est adaptée à un climat froid et sec avec une pluviosité annuelle inférieure à 400 mm et un pH du sol inférieur à 8,0. *Lycium chinense* est endémique du Nord-Ouest de la Chine.

C'est une espèce à usages multiples, utilisée pour la conservation des sols et comme plante ornementale. Traditionnellement, les baies de Gouqi entrent dans la pharmacopée chinoise. Elles sont utilisées dans la cuisine chinoise et servent à faire des infusions. Elles sont connues sous le nom commercial de baie de goji (en chinois de *gouqizi*). Les jeunes pousses tendres et les feuilles fraîches sont appréciées dans la cuisine chinoise. L'écorce de racine séchée de *Lycium chinense* est également utilisée en médecine chinoise traditionnelle, sous le nom de digupi. Ses indications traditionnelles sont l'asthme, la toux et la fièvre.

La multiplication est réalisée principalement par semis, mais aussi par boutures car de nombreux clones ont été sélectionnés. La fructification commence dès la deuxième année après plantation, et une production de 4500 kg/ha peut être obtenue dès l'âge de 5 à 6 ans; la longévité est habituellement de 30 à 40 ans. La superficie totale de *L. chinense* plantée dans la province du Ningxia est estimée à plus de 30 000 ha et la production totale de baies à 80 000 tonnes en 2006. Cette espèce apporte des bénéfices significatifs à la fois en termes écologiques et économiques. Les industries de conditionnement et de transformation de la baie de goji se développent rapidement ces dernières années dans les zones rurales du Nord-Ouest de la Chine.

Hedysarum scoparium et *H. mongolicum* sont également des légumineuses buissonnantes bien adaptées aux dunes vives ou semi-fixées sous des pluviosités de 150 à 300 mm/an. Elles ont un système racinaire profond et rejettent vigoureusement de souche. *H. mongolicum* colonise rapidement la dune par de puissants drageons.

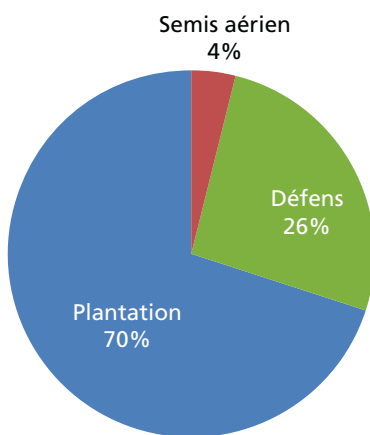
Ammopiptanthus mongolicus est, ce qui est rare en zone désertique froide, une espèce sempervirente avec à la fois des nodules et des mycorhizes lui permettant de fixer l'azote atmosphérique et de mieux capter les éléments nutritifs dans le sol. Cette espèce, comme de nombreuses autres espèces du nord de la Chine, pousse bien sur des sols à pH élevé (8-9) et sous climat désertique froid.

Tamarix chinensis, *Hippophae rhamnoides* (argousier), *Elaeagnus angustifolia*, *Salix psammophila* (saule des sables), *Haloxylon ammodendron* et beaucoup d'autres espèces sont utilisées pour fixer les sables, comme sous-étage ou comme haies vives. Des travaux d'amélioration génétique de *Hippophae rhamnoides* sont menés depuis ces trente dernières années et des semences sélectionnées de qualité sont maintenant disponibles et utilisées.

4.3.2 Gestion des plantations

En Chine le choix des méthodes d'aménagement est fait en général dès la mise en place des peuplements. Il y a trois façons différentes de les mettre en place :

- **La plantation.** Elle est très utilisée, en particulier pour les rideaux abris et les boisements de protection. Les plantations sont effectuées soit manuellement, soit à l'aide de machines. Les plants ou boutures utilisés sont de grande dimension, arrosés et fertilisés au moment de la mise en terre afin d'assurer leur survie. Les plantations représentent 70 % des peuplements mis en place.
- **Les semis.** De grandes étendues de dunes ou de terres en friches sont ensemencées par voie aérienne, en général pendant la saison des pluies. Dans la partie occidentale du nord-est de la Chine et sur le plateau de Loess, des peuplements de pins, de mélèzes ou d'arbustes sont quelquefois mis en place par semis aérien. La détermination du moment optimal pour effectuer le semis aérien est un facteur décisif de la réussite, 30 à 50 % seulement des semences arrivant à germer et des semis à s'installer. Les semis aériens représentent 4 % des peuplements mis en place.
- **La mise en défens.** Elle consiste à soustraire une certaine surface montagneuse ou sablonneuse à l'utilisation par l'homme et le bétail. La terre est ainsi naturellement restaurée par la végétation. Elle représente environ 26 % des cas. Si cette méthode prend des années pour restaurer la végétation dans les zones arides et semi-arides, elle est toutefois assez efficace et économique et c'est une forme de gestion de la terre développée depuis fort longtemps. Pour la mettre en œuvre, il est essentiel que les autorités forestières établissent un bon système de gardiennage, en sélectionnant les gardes forestiers dans les villages concernés.



Méthodes de mise en place des forêts de protection

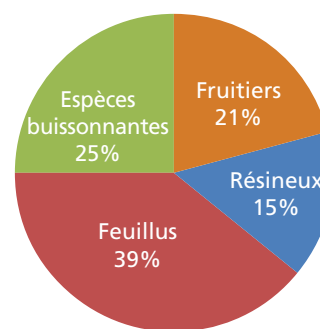
Ces trois méthodes se sont montrées efficaces lors de la mise en place des peuplements de protection dans les diverses situations du nord de la Chine. Le choix des espèces à planter conditionne les méthodes d'aménagement à adopter ultérieurement. Il dépend du type de plantations et des conditions environnementales. De nombreuses erreurs ont été commises, par exemple des espèces ont été plantées sur de grandes surfaces sans tenir compte de leur adaptabilité aux conditions micro-locales. Des plantations mono-spécifiques ont été ainsi mises en place à travers tout le pays, entraînant de considérables problèmes d'attaques parasitaires et de maladies. Actuellement, la tendance consiste à utiliser davantage d'espèces buissonnantes pour stabiliser les dunes, pour contrôler l'érosion dans les bassins versants et pour produire du bois de feu dans les zones sèches du nord-ouest. Certaines espèces comme le peuplier sont contre-indiquées dans les zones recevant moins de 400 mm de pluie par an, tandis que les espèces buissonnantes prospèrent dans de telles conditions.

Une autre tendance est apparue avec l'utilisation accrue d'espèces fruitières de rente. Ainsi, le châtaignier (*Castanea mollissima*), l'amandier (*Prunus armeniaca*), et le poirier (*Pyrus betulaefolia*), tolèrent des conditions environnementales assez rigoureuses et permettent en même temps de produire des fruits.

En résumé, entre 1978 et 2000, le Programme des Trois Nord(s) a permis de mettre en place plus de 22 millions d'hectares de plantations forestières se répartissant comme suit :

Catégories	Superficies (ha)	%
Protection	14 263 900	67,4
Bois d'œuvre	3 077 500	14,0
Plantations de rente	3 691 800	16,8
Bois énergie	911 800	4,1
Usages divers	92 300	0,4
Total	22 037 300	100,0

Lors de la période initiale les plantations de protection étaient réalisées pour 54 % par des arbres forestiers dont 27 % de résineux (2,26 millions ha) avec comme essences principales des mélèzes, pins, thuyas et épicéas, et 73 % de feuillus (6,08 millions ha), avec comme essences principales des robiniers, peupliers, saules et ormes. 25 % des plantations de protection étaient réalisées avec des espèces buissonnantes, principalement *Caragana* spp., saules des sables et argousiers. Enfin les 21 % restants des plantations de protection étaient réalisées à l'aide d'arbres fruitiers tels que pommiers, amandiers, poiriers, jujubiers (*Ziziphus jujuba*) et châtaigniers.



Plantations de protection

De toute évidence, la qualité du matériel végétal utilisé joue un rôle primordial pour la bonne réussite de ces plantations. Aussi peut-on déplorer les considérables lacunes observées en termes de contrôle de qualité, malgré la supervision faite sur le terrain par les techniciens. Ce matériel est le plus souvent produit par les pépinières des services forestiers de l'Etat, mais de nombreux producteurs privés proposent sur le marché du matériel non contrôlé entraînant des surproductions pour certaines espèces et des pénuries pour d'autres. Il est arrivé que certains clones de peuplier aient été plantés sur de grandes surfaces avant même d'avoir été testés. La sélection des espèces et la qualité des plants se sont améliorées ces dernières années mais des efforts restent encore à faire pour atteindre les normes nationales de qualité.

Les semis aériens se font directement, sans aucune préparation du terrain. Parfois, cela a été le cas aussi pour la mise en place des plants ou des boutures. De nos jours, la préparation du site de plantation est plus intensive. Différentes méthodes ont été développées dans les diverses régions, en fonction des conditions locales. Sur sol sableux, la constitution de damiers limités par des barrières en paille de riz ou de blé (disponible partout en milieu rural) a donné d'excellent résultats, permettant de réduire la vitesse du vent, de ralentir les mouvements du sable et, par ricochet, de protéger les plants nouvellement mis en terre. La taille de chaque case, variable, est de 1 m x 1 m sur les dunes vives (photo 10). Les arbres sont plantés dans chaque case du damier. Cette méthode mise au point sur la station de recherche de Shapotou (Ningxia) est maintenant largement répandue.

A l'instar des autres pays, l'aménagement des plantations sur dunes assure en Chine une fonction primordiale de protection. Il est important de souligner toutefois que, dans certains cas où les précipitations annuelles sont inférieures à 400 mm/an, l'irrigation est nécessaire pour maintenir les plantations en bonne santé et leur garantir une croissance normale. Le système du «goutte à goutte» tend ainsi à se généraliser dans les zones extrêmement sèches. Si la mise en place de ce système d'irrigation coûte cher, sa grande efficacité et son économie d'eau justifient amplement son utilisation. Cependant cette consommation d'eau est préoccupante. Des recherches sur les plantes les moins exigeantes en eau sont entreprises afin de minimiser, sinon éviter, la compétition entre les spéculations agricoles et la plantation d'arbres.

ENCADRÉ 4

La plus longue autoroute au Monde construite sur dunes



L'autoroute qui traverse le Grand Désert du Taklamakan dans la Région autonome ouïghour du Xinjiang a une longueur de 522 km du nord au sud. Elle est l'autoroute la plus longue au monde construite sur dunes mobiles. Elle a été achevée en 1995 pour le transport de produits pétroliers.

Pour prévenir la fermeture de l'autoroute par les sables mobiles, la plantation d'arbres fut entreprise. Des damiers furent confectionnés en tiges de roseau sur une superficie de plus de 20 millions de m², sur les dunes le long de l'autoroute sur 20 m de large de chaque côté. Des barrières de

protection ont été établies pour fixer le sable à l'extérieur des damiers. Ces barrières, longues de 450 km, étaient faites en roseau des marais et renforcées par des cordes de nylon.

La plantation a été faite après l'installation des damiers et des barrières de protection. Trois espèces principales, très résistantes à la sécheresse, ont été plantées : *Tamarix chinensis*, *Haloxylon ammodendron* et *Calligonum mongolicum*. La pluviosité annuelle étant seulement de 40 à 60 mm, il était nécessaire d'irriguer les lignes de buissons qui, sinon, n'auraient pu ni survivre ni s'installer. Des systèmes d'irrigation au goutte à goutte ont été installés par la compagnie pétrolière chinoise avec des puits et des stations de pompage tous les 10 km. Cette protection verte de l'autoroute est un bon exemple de lutte contre la désertification par l'association de moyens mécaniques et de moyens biologiques.

Aujourd'hui, l'autoroute du désert et sa protection verte attirent de nombreux touristes pour visiter cette prouesse technique et ce paysage unique.

Les dégâts causés par les insectes ces dernières années retiennent particulièrement l'attention dans le cadre de l'aménagement de ces plantations. Ce phénomène est en effet devenu inquiétant dans l'environnement sec du nord de la Chine. Pour cette raison, il est devenu indispensable de diversifier le choix des espèces et d'éviter les plantations mono-spécifiques et les clones. A cet égard, de nombreuses espèces de peuplier sont très sensibles aux attaques d'insectes et de maladies. De nombreux peuplements de protection et particulièrement ceux plantés de peupliers sont attaqués par le capricorne asiatique *Anoplophora glabripennis*. De même, les peupliers sont atteints par la maladie des «taches grises du peuplier» due à *Coryneum populneum* et par la «rouille foliaire du peuplier» due à *Melampsora laricis-populina*. Par contre, *Ulmus pumila* et *Salix matsudana* sont beaucoup moins attaqués par les insectes que les peupliers. Parmi les plantations de protection mises en place dans les années 1970 dans la Région autonome du Ningxià hui, celles qui existent encore sont celles plantées d'ormes.

Une autre difficulté est la nécessité de protéger les plantations contre le bétail et le ramassage du bois de feu. Il faut cependant reconnaître que, depuis que les populations riveraines ont une conscience plus claire de l'importance environnementale des rideaux abris et d'autres plantations dunaires, cette question est devenue moins problématique.

Photo 10 : Dune fixée par un carroyage en damier (1 X 1m) protégeant un vignoble à Shapotou, Chine



Photo Michel Malagnoux, 1999

4.3.3 Bénéfices attendus et obtenus

Les plantations sur dunes sont hautement appréciées, en particulier les systèmes de rideaux abris composés de brise-vent. Ils constituent un grand écran vivant qui protège efficacement les exploitations agricoles et les animaux contre le vent dont la vitesse peut être réduite de 46 à 82 % à l'intérieur du réseau. Il est à noter que les plantations de protection ont amélioré la gestion des bassins versants ; c'est le cas de celui de Miyun qui alimente en eau la ville de Pékin. Les réseaux de brise-vent établis le long des routes et des voies de chemin de fer ont manifestement réduit les risques d'accidents dus à l'ensablement de ces voies de communication. Ces bénéfices environnementaux et économiques sont bien réels mais difficilement chiffrables.

Les bénéfices du programme n'ont pas été qu'environnementaux. La plantation des arbres a créé des emplois et des revenus. Les forêts plantées ont fourni aux ménages ruraux le bois d'œuvre, de feu et de service, les fruits et les noix, et le fourrage dont ils avaient besoin. De nombreuses petites entreprises de transformation des produits forestiers ont été créées en zones rurales. C'est la fixation des dunes qui a fait prendre conscience au public le plus large de la nécessité de protéger l'environnement et de lutter contre la désertification.

4.3.4 Problèmes et lacunes

Bien qu'il soit un des programmes les plus ambitieux jamais entrepris (35 millions ha en 73 ans) et réalisé à plus de 60 % (22 millions ha ont été plantés en 30 ans), le Programme des Trois Nord(s) est considéré par certains comme un échec, les vents de sable atteignant toujours et fréquemment Pékin. La superficie des zones de terres dégradées soumises à l'érosion éolienne au nord et à l'ouest de la Chine est tellement vaste que même un programme de cette ampleur ne peut pas encore avoir d'effet à l'échelle continentale. Une légère réduction en fréquence et en intensité des vents de sable est déjà perceptible mais ces phénomènes ne pourront être réellement contenus que lorsque les zones recouvertes par un tapis végétal représenteront une part très significative des terres actuellement nues et soumises à l'érosion éolienne. Ce sera l'œuvre de plusieurs générations.

Les erreurs techniques commises au début du programme (plantations mono-spécifiques voire clonales d'espèces peu adaptées ou sensibles aux maladies et aux attaques parasitaires, matériel végétal non contrôlé, terrain peu ou mal préparé, techniques inadéquates, etc.) se sont traduites par de graves échecs et une partie des plantations anciennes devront nécessairement être reprises en respectant les nouvelles normes conceptuelles et techniques.

4.3.5 Recommandations

Avec le changement climatique, les questions environnementales deviendront de plus en plus préoccupantes. Les conditions de vie et le développement économique et social seront affectés par un environnement de plus en plus hostile. Les perspectives de développement de la foresterie commerciale dans les zones arides et semi-arides du nord de la Chine devraient en être affectées. Pour ainsi dire, toute activité forestière dans cette région ne pourra avoir comme objectif que d'améliorer les conditions environnementales. L'orientation actuelle des directives du Gouvernement chinois vers des notions de protection environnementale par « reverdissement » plutôt que par « plantation forestière » traduit cette évolution et la prise en compte des leçons du passé. 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 devraient être plantés que dans les sites les plus favorables.

4.4 MAURITANIE

(Extrait et adapté de FAO/MDEDD/Région Wallonne de Belgique, 2009, [12](#))

4.4.1 Description

La République Islamique de Mauritanie a été gravement affectée par les périodes de sécheresse qui se sont succédées de 1968 à nos jours. La désertification qui en a résulté est d'autant plus forte que les sécheresses ont provoqué la concentration des hommes et de leurs troupeaux dans les rares zones du sud du pays où la végétation avait relativement résisté provoquant sa destruction par surpâturage et piétinement. Ceci a conduit à la dégradation de l'environnement et des conditions socio-économiques générales du pays ainsi que l'appauvrissement progressif des populations rurales. Les impacts les plus importants de la désertification ont été la réduction des superficies des terres arables, des pâturages, des forêts, la diminution des ressources en eau et la mobilisation de dunes autrefois fixées. Actuellement on estime que les 2/3 de la superficie du pays sont recouverts de sables mobiles.

Une illustration spectaculaire de cette mobilisation récente d'anciennes dunes autrefois fixées par la végétation est donnée par la construction 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. Lors des épisodes de sécheresse, les populations nomades et leurs troupeaux, affectés par la perte de leurs pâturages, se sont concentrés 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 (Michel Malagnoux et Hervé Jeanjean, 1989, [19](#)). Une description détaillée du contexte et des travaux de protection de la « Route de l'Espoir » est donnée dans Unasylya Vol. 52 n° 207 par Axel Martin Jansen et Mohamed Sahbi Hajej 2001([16](#)).

Par leurs effets néfastes sur la productivité et les rendements agricoles, la désertification et la sécheresse ont affecté la sécurité alimentaire et le niveau de vie des populations rurales, provoquant un exode rural massif vers les grands centres urbains. Les pertes économiques sont considérables. Compte tenu de l'ampleur du phénomène, le Gouvernement mauritanien a adopté successivement différents plans directeurs ou programmes de lutte contre la désertification, intégrant chaque fois davantage la lutte contre la désertification dans un processus plus global de développement durable du pays incluant les aspects techniques, les facteurs socio-économiques et les facteurs juridiques et institutionnels. C'est dans ce cadre que des projets de lutte contre l'ensablement et de fixation des dunes ont été mis en œuvre. Les

Photo 11 : En Mauritanie, la « Route de l'espoir » est envahie par les dunes



Photo Michel Malagnoux, 1988

informations ci-après sont issues de ces différents projets, et plus particulièrement du projet d'Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott sur financement de la Région wallonne de Belgique (FAO/MDEDD/Région Wallonne de Belgique, 2009, [12](#)).

Les méthodes de fixation des dunes mises au point en Mauritanie comprennent une phase de fixation mécanique par des barrières semi-perméables destinées à ralentir le vent au voisinage du sol et le contraindre à déposer le sable qu'il transporte. Les palissades sont constituées le plus souvent de branchages exploités sur des peuplements naturels de *Balanites aegyptiaca*, de *Leptadenia pyrotechnica* et d'acacias divers, mais aussi à l'aide de feuilles de palmiers, de tiges d'euphorbes et de branches récoltées dans les plantations déjà établies de *Prosopis juliflora*. Ces prélèvements doivent se faire de manière rationnelle bien dosée afin de ne pas nuire à la pérennité des formations ligneuses. On peut également utiliser des pailles de céréales (mil, sorgho, riz) et d'autres herbacées naturelles comme *Panicum turgidum*. Ces palissades sont disposées en lignes parallèles et comportent des lignes perpendiculaires pour prévenir le déplacement latéral du sable lors des changements de direction du vent. On obtient ainsi une maille carrée dont les dimensions sont fonction de l'intensité du vent et de la topographie de la dune (voir photo 2). La fixation biologique est obtenue ensuite par la plantation d'espèces arborées et herbacées pérennes dont les principales sont (par ordre alphabétique):

ENCADRÉ 5

Prosopis juliflora en Mauritanie

Le nom « *Prosopis juliflora* » est donné en Mauritanie à un arbre exotique (origine : Nord de l'Amérique du Sud, Amérique centrale et Mexique) dont la détermination botanique est incertaine. Plusieurs espèces du genre *Prosopis* ont été introduites en Afrique de l'Ouest pendant la première moitié du XX^{ème} siècle, à une époque où la taxonomie de ce genre était imprécise. Suite aux révisions taxonomiques et à l'hybridation multiple probable des différentes espèces présentes en Afrique de l'Ouest, on parle du « complexe *Prosopis juliflora-pallida* ». En Mauritanie il est simplement dénommé *Prosopis juliflora*. Arbre de 12 à 15 mètres de haut, son fût court peut atteindre 1 mètre de diamètre. Il est disséminé par le bétail et le gibier après ingestion des gousses.

***Prosopis juliflora* en peuplements non aménagés et non surveillés peut facilement devenir envahissant, surtout lorsque la nappe phréatique est peu profonde.** Ce phénomène s'est produit à de nombreuses reprises dans plusieurs pays (Inde, Kenya, Niger, Soudan, République Sud Africaine, Tchad, Yémen, etc.) qui avaient introduit *Prosopis juliflora* pour la fixation des dunes ou pour la production de bois de feu. Il est très difficile d'éliminer *Prosopis juliflora* des zones envahies. Au Soudan, en République Sud Africaine, les tentatives d'élimination mécanique ont montré leurs limites. Au Niger et au Kenya, la FAO a mis en œuvre des projets pour identifier les causes de l'envahissement des terres agricoles et pastorales par *Prosopis juliflora* le long des rives du Lac Tchad (Niger) et du Lac Baringo (Kenya). Ces projets avaient pour but de mettre au point des techniques de contrôle de l'envahissement des terres par *Prosopis* mais surtout de meilleure gestion des plantations et des forêts spontanées afin d'en tirer le meilleur profit au bénéfice des populations (bois de feu et de service, bois d'œuvre, fourrage, farines pour l'alimentation humaine, miel, etc.). Ces projets ont donné d'excellents résultats. Presque toujours, le caractère envahissant de *Prosopis* est provoqué par une mauvaise gestion des terres ou du bétail. Par exemple, le bétail ne devrait jamais avoir accès au peuplement (clôtures) et être nourri, à l'extérieur, de farine de gousses de *Prosopis* (sans excéder 40% de la ration alimentaire). Une gestion rigoureuse du bétail et des plantations est fortement recommandée.

Le remplacement de *Prosopis juliflora* par des essences locales, une fois la dune fixée, doit être activement recherché.

- Espèces arborées et arbustives autochtones: *Acacia raddiana* (syn. *Acacia tortilis* subsp. *raddiana*), *Acacia senegal*, *Atriplex halimus*, *Balanites aegyptiaca*, *Euphorbia balsamifera*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Nitraria retusa*, *Salvadora persica*, *Tamarix aphylla*, *Tamarix senegalensis* et *Zygophyllum* sp.
- Espèces herbacées autochtones: *Aristida pungens*, *Colocynthis vulgaris*, *Panicum turgidum*
- Espèces arborées et arbustives exotiques : *Atriplex nummularia*, *Casuarina equisetifolia*, *Prosopis juliflora*.

4.4.2 Gestion des plantations

L'objectif principal des plantations sur dunes reste la protection à long terme des infrastructures socio-économiques (routes, canaux d'irrigation, habitations, points d'eau, autres) ainsi que des terres agricoles et pastorales nécessaires pour asseoir un développement économique et social durable. Leur gestion doit assurer leur pérennisation afin d'éviter la remise en mouvement des sables. Dans les zones arides et semi-arides, la contribution des dunes reboisées à la production ligneuse et fourragère ne peut être que secondaire. Les premières dispositions à prendre sont :

- la mise en défens de ces périmètres par un gardiennage rigoureux complété si nécessaire par l'installation de clôtures grillagées (malheureusement assez coûteuses et d'entretien difficile) ou végétales (vives ou mortes) autour des plantations. Des couloirs de passage bien délimités facilitent la traversée sans dommage de ces périmètres.
- La sensibilisation, le suivi et la recherche d'un engagement participatif, réel des populations pour préserver leur environnement.

L'aménagement des plantations en zones dunaires a pour but de réglementer leur exploitation tout en préservant et pérennisant le capital forestier mis en place. En Mauritanie, l'exploitation des aménagements forestiers arrivés à maturité est considérée comme une opération sylvicole dont les coupes sanitaires, d'entretiens et d'éclaircies peuvent satisfaire en partie les besoins en bois de chauffe, charbon de bois, perches et fourrage des populations. Afin de pérenniser tous les aménagements forestiers réalisés, il est nécessaire de s'appuyer sur les résultats obtenus par les projets et programmes antérieurs. Des études d'exploitation forestière ont permis d'obtenir des données intéressantes sur la méthodologie, la technique, la hauteur et la période de coupe, le matériel approprié et sa disponibilité sur le marché local, l'organisation de chantiers et la régénération par rejets. Les coupes sanitaires, d'entretien et d'éclaircie permettent d'assurer principalement la collecte et la pose du matériel végétal nécessaire à la stabilisation mécanique des dunes. Elles pourront dans le futur satisfaire en partie les besoins en bois de chauffe, charbon de bois, perches et fourrage des populations. L'exploitation consiste à couper sur chaque pied la totalité des perches à 1,5 m de hauteur afin de mettre, si nécessaire, les futurs rejets hors de portée de la dent du bétail.

La sensibilisation des populations est obtenue via des réunions de travail et des visites de terrain avec le concours des services techniques, des autorités régionales, des collectivités locales, des groupements coopératifs, des ONG et des médias (tout particulièrement les radios communautaires). Elle permet d'insuffler une prise de conscience, une organisation participative idéale en vue du transfert progressif de ces activités et de l'exercice des responsabilités.

Dans le cas de la ceinture verte de Nouakchott, les spécificités du milieu urbain et périurbain nécessitent une démarche appropriée par rapport aux modes d'occupation de l'espace, à l'appropriation future des aménagements et à la capacité d'utiliser les produits et sous-produits forestiers. Les populations voisines des périmètres sont des populations urbaines souvent démunies et vivant de petits métiers et de travaux journaliers. Beaucoup ne se sentent pas concernés et ne manifestent pas d'intérêt pour la préservation de l'environnement. Les aménagements sont ressentis comme relevant du domaine de l'Etat et n'offrant que peu d'opportunités pour l'utilisation de produits ou sous-produits forestiers. En conséquence, le projet conçoit une approche basée sur une exécution des activités en régie avec une main d'œuvre rétribuée mensuellement. En vue de pérenniser les plantations forestières existantes et futures, le projet associe dans une démarche participative les autorités administratives et municipales concernées, les services techniques et les collectivités touchées directement par le phénomène d'ensablement dans les zones ciblées.

En milieu rural, grâce à l'approche et aux interventions entreprises par les projets et programmes nationaux antérieurs, les populations rurales ont déjà acquis une bonne expérience dans la fixation des dunes et ont rapidement assimilé les techniques simples et efficaces mises au point dans ce domaine. Cependant, vu la résurgence du phénomène d'ensablement en milieu rural et à la demande des communautés villageoises appuyées par les autorités locales, des protocoles d'accord sont signés entre ces différents partenaires et le projet afin d'obtenir leur participation effective, leur responsabilisation réelle pour la réalisation des travaux et la poursuite des activités sur une base durable. Ces conventions décrivent pour les parties concernées la nature des opérations à entreprendre ainsi que la participation nécessaire pour atteindre les objectifs fixés dans les délais.

4.4.3 Bénéfices attendus et obtenus

L'objectif principal du projet « Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott », à savoir la protection de la ville contre la menace d'ensablement par les dunes mobiles, est atteint dans les parties traitées. Une extension complémentaire est certainement nécessaire en raison de l'extension de la ville de Nouakchott et de sa croissance continue. L'inscription de la « ceinture verte » au schéma directeur d'aménagement urbain de Nouakchott devrait assurer sa pérennité et son évolution dynamique en fonction du développement de la ville. Les démonstrations de fixation du cordon dunaire littoral sont également un succès. Les actions du projet en milieu rural par approche participative ont abouti à une réelle appropriation des plantations par les autorités administratives locales des petites villes (par exemple Tinguit) ainsi que par les collectivités villageoises (par exemple Tendghaidstat) assurant ainsi leur pérennité. Parmi les projets exécutés en Mauritanie beaucoup sont considérés comme des succès. C'est le cas du projet « Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott » présenté comme une vitrine du savoir faire dans ce domaine en Afrique sub-saharienne.

4.4.4 Problèmes et lacunes

En Mauritanie, *Prosopis juliflora* a démontré sa grande efficacité dans la fixation initiale des dunes vives. Cependant, son caractère envahissant fait peser une menace sur les terroirs agricoles et pastoraux. La dispersion des semences par le bétail et les animaux sauvages peut provoquer une colonisation explosive de ces terres comme cela s'est produit par exemple, au Niger aux dépens des cultures de décrue sur les rives du Lac Tchad, au Kenya autour du Lac Baringo aux dépens des pâturages, au Soudan dans les plaines irriguées de Gezira, et dans de nombreux autres pays où cette espèce a été introduite. Cette menace pourrait être aggravée par le fait que des plants de *Prosopis juliflora* ont été distribués dans tout le sud du pays, y compris dans la vallée du fleuve Sénégal, lors des campagnes de promotion de la lutte contre la déforestation et la désertification (Semaine de l'arbre).

Des plantations de *Prosopis juliflora* ont été volontairement arrachées autour de certaines oasis qu'elles étaient sensées protéger car les arbres et leurs racines envahissaient les palmeraies, les puits et les canaux d'irrigation (Mouradi Benzagou, 2009, 3).

L'aménagement des plantations s'est trop souvent limité aux règles sylvicoles nécessaires à la survie du peuplement et à la prolongation de son rôle de protection. L'absence, ou au mieux l'insuffisance, de prise en compte des bénéfices potentiels que les populations riveraines des plantations pouvaient retirer de leur gestion en termes de revenus et de produits, ont rendu difficile leur intéressement et leur implication. De nombreuses plantations sont aujourd'hui dans un état de dégradation extrême, quant elles n'ont pas disparu (voir photo 12).

En plus de la disponibilité du bois et des branchages, il est important de mentionner :

- les activités informelles actuellement pratiquées dans les plantations par les populations, comme par exemple la récolte des gousses de *Prosopis* pour le marché fourrager de Nouakchott ;
- les propositions d'aménagement d'une partie des plantations en parc urbain d'accueil du public et l'organisation d'activités récréatives ;
- toutes les activités potentielles comme par exemple le développement de l'apiculture (*Prosopis* est une excellente espèce mellifère), ou encore la promotion des multiples utilisations des produits fournis par *Prosopis* :

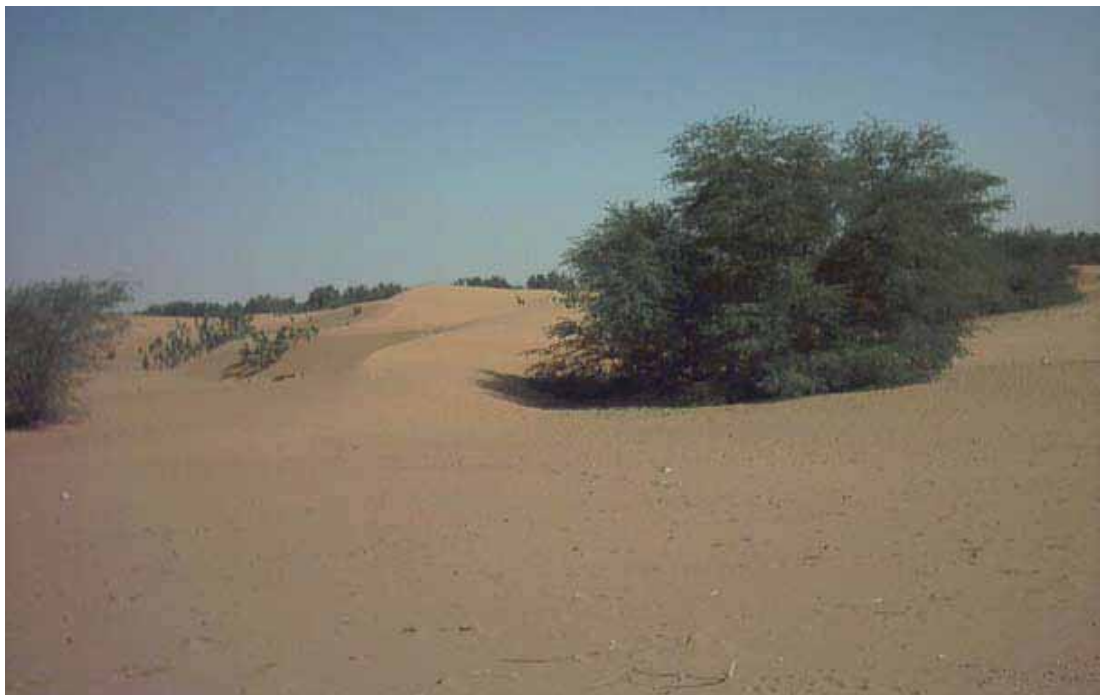
- gousses : algarrhobina (jus de fruits), farine pour consommation humaine (pâtisserie, confiserie, boissons, glaces), farine pour consommation animale, mélasse, sucre ;
- graines : alimentation humaine et animale, cosmétiques, textiles, peintures, adhésifs, teintures, huile ;
- feuilles : substitut du foin de luzerne dans l'alimentation des poulets et engrais naturel (El puño) ;
- fleurs : miel (apiculture)
- tronc : bois (bois énergie, bois de service, bois d'œuvre), tanin (industrie du cuir, chimie).

4.4.5 Recommandations

Il reste toujours à mettre au point des règles de gestion qui prennent en compte toutes les possibilités, permettant un réel intéressement des populations.

Aussi important, il est nécessaire de trouver des techniques de conversion de ces plantations de *Prosopis* en peuplement plurispécifique de plantes locales. La régénération naturelle d'espèces locales au sein des plantations de *Prosopis*, étant rare ou aléatoire, des éclaircies ou des élagages devraient permettre de planter, à l'abri des *Prosopis*, des essences locales arborées, buissonnantes et herbacées choisies en fonction des situations, des caractéristiques du sol et du climat et tenir compte des souhaits des populations. Lorsque ces espèces locales auront pris un développement suffisant et qu'elles assureront une fixation efficace, les *Prosopis* pourront alors être éliminés. S'il est décidé de conserver des *Prosopis* en raison de leur productivité et des produits qu'ils fournissent, des règles strictes de gestion devront être appliquées (clôture des plantations pour interdire l'accès du bétail et de la faune sauvage, complémentation alimentaire du bétail à l'extérieur des clôtures avec de la farine de gousses broyées). Ces études devraient être confiées à la Cellule nationale de recherche sur la lutte contre la désertification (CNRLCD) récemment créée.

Photo 12 : Plantation dégradée de *Prosopis juliflora* à Magtaa'Lahjar, Mauritanie. La dune, autrefois fixée, est réactivée



4.5 AUTRES EXEMPLES

Ce court chapitre souhaite illustrer de façon non exhaustive, par quelques exemples choisis, certaines des préoccupations actuelles des chercheurs et des gestionnaires en charge des peuplements sur dunes. De nombreux pays ont au cours des deux derniers siècles fixé les dunes qui menaçaient leurs terres agricoles ou pastorales et leurs infrastructures, par des plantations d'arbres, d'espèces buissonnantes ou d'herbacées. Au fil des années les règles de gestion ont évolué, les préoccupations économiques ou environnementales ont changé. Souvent, les gestionnaires actuels sont en charge d'un peuplement végétal qui ne correspond plus aux attentes de la société.

Au **Niger**, l'analyse des expériences de gestion des plantations sur dunes a identifié comme cause des difficultés rencontrées, la mise en œuvre d'approches trop sectorielles des actions. Afin de redonner aux populations la maîtrise de la totalité de leur terroir, le « Projet d'appui à la gestion des ressources naturelles au Niger » (PAGRN), a intégré ces zones de protection (dunes) et les cuvettes inter dunaires dans une approche de « gestion concertée » par les populations.

Cette approche peut se résumer aux propositions suivantes :

- Proposer des technologies simples et peu coûteuses ;
- Penser globalement au couple cuvettes et dunes ;
- Prendre en compte les différents usages sans exclusion (agricole, arboricole, sylvicole, pastoral, artisanal, minier [natron]) ;
- Privilégier l'obtention d'un revenu monétaire minimum comme la source de motivation principale des populations locales pour la gestion des plantations ;
- Renforcer principalement les actions d'information et de formation en favorisant la communication de paysan à paysan (échanges d'expériences...).

Cette approche est destinée à permettre l'auto développement social et économique au niveau villageois (A. Ichaou et B. Guibert 2009 **14**)

L'**Iran** a une longue expérience en matière de lutte contre la désertification et de fixation des dunes. Les opérations dans ce domaine ont débuté en 1959. Les traitements de stabilisation des dunes et de récupération des terres comprennent les plantations forestières, les brise-vent, la pulvérisation d'huiles minérales (mulch) et le semis direct d'espèces forestières ou pastorales. D'immenses superficies ont ainsi été traitées et plantées (ou semées) en zone désertique (pluies inférieures à 100 mm/an) avec *Haloxylon aphyllum* (saxaul noir), *H. persicum* (saxaul jaune), *H. ammodendron* (saxaul blanc) et *Calligonum* spp.

En plus de leur rôle de protection, ces formations produisent du bois de feu mais surtout constituent des terres de parcours. Actuellement des plantations de saxaul sont dépérissantes et des recherches sont entreprises pour améliorer leur gestion (Mohammad Jafari *et al.* 2008, **15**) ainsi que pour étudier la régénération naturelle d'autres espèces et la biodiversité sous les plantations de saxaul (J. Bakhshi et N. Biroudian, 2008, **1**, G.R. Zehabian *et al.* 2009, **26**).

Aux **Etats Unis**, les interactions positives (ou négatives) entre espèces végétales sur dunes font l'objet d'études particulières car elles déterminent la diversité biologique du milieu et la stabilité du peuplement végétal (exemple : Scott W. Shumway 2000, **21**).

Le **Danemark** est un des premiers pays à avoir tenté de stabiliser les dunes qui menaçaient les terres agricoles et les habitations. Les premières réglementations connues remontent à 1539, mais c'est vers le milieu du XIX^{ème} siècle qu'un grand nombre de plantations forestières (feuillus et résineux) ont été réalisées sur dunes. Dès les années 1720 les techniques mises au point comprenaient une fixation mécanique à l'aide de barrières semi perméables confectionnées à l'aide de branchage, ou bien par l'épandage d'algues et de mottes de terre, suivie d'une fixation biologique par plantation de *Ammophila arenaria* et *Leymus arenarius*. Les plantations forestières sur dunes ont débuté vers 1850 avec une grande variété d'espèces de feuillus (chênes, hêtres) et de résineux locaux (pin sylvestre) ou introduits (*Abies nobilis*, *A. alba*, *A. nordmanniana*) et dans les zones difficiles le pin des montagnes (*Pinus mugo*)

Photo 13 : Plantation de *Haloxylon* spp. près de Yazd, Iran



Photo Michel Malagnoux, 2001

qui forme un véritable tapis couvrant les dunes. Vers 1800 le couvert forestier ne représentait plus que 4 % de la superficie du Danemark et de nombreuses espèces animales et végétales avaient pratiquement disparu.

Actuellement les observations montrent une grande diversité biologique présente, certaines espèces (cryptogamiques, végétales et animales) étant réapparues spontanément, d'autres ayant été réintroduites. Cent cinquante ans après les premières plantations forestières sur dunes, le Danemark dispose aujourd'hui d'une série de plantations comprenant une grande variété d'essences forestières et d'habitats. Certains peuplements mono-spécifiques de première génération ont cédé la place à un mélange de différentes espèces. Il est souvent estimé que les plantations forestières ne renferment qu'une diversité biologique limitée. Cependant, ces plantations sur sable montrent qu'avec le temps et une gestion avisée, elles peuvent devenir des écosystèmes riches en espèces (Mette Løyche Wilkie, 2002, 25).

En **France**, les premiers travaux significatifs de fixation des dunes des Landes de Gascogne ont commencé en 1713 et se sont poursuivis tout au long du XVIII^{ème} siècle. Mais c'est au début du XIX^{ème} siècle que ces travaux ont été menés à grande échelle. En 1857, une loi « d'assainissement et de mise en culture des Landes de Gascogne » imposa à toutes les communes de cette région de boiser leur territoire. L'essentiel des plantations a été réalisé en pin maritime (*Pinus pinaster*). Au début du XX^{ème} siècle la fixation des dunes, sur 500 km entre la Bretagne et les Pyrénées, est considérée comme achevée.

Une diversification des forêts dunaires a été constatée, notamment par la colonisation naturelle de diverses espèces de chênes (chêne vert, chêne pédonculé, chêne pubescent, chêne liège). Les pratiques sylvicoles s'appuient sur cette dynamique en favorisant lors des entretiens et des éclaircies les espèces naturellement régénérées aux dépens des espèces plantées. Une grande partie de la diversité biologique forestière provient des habitats intra-forestiers ouverts et une certaine proportion d'espaces non boisés est aujourd'hui acceptée, voire recherchée (landes à bruyère, prairies humides). L'accueil du public est organisé. La gestion multi-fonctionnelle (ou multi-usages) des forêts joue conjointement plusieurs fonctions : protection, conservation du patrimoine (biologique, culturel et paysager), production et rôle social (emploi, accueil touristique, loisir).

Des « indicateurs de gestion multifonctionnelle » doivent être élaborés pour assurer un suivi de l'évolution des peuplements végétaux, des utilisations qui en sont faites, et des rôles qu'ils jouent. Cette approche « indicateurs d'évaluation et de suivi » s'appuie sur une analyse du paysage global et ses composantes (paysage élémentaire ou « faciès »). Les faciès concernés sont, en partant du rivage vers l'intérieur des terres : l'avant dune, le cordon dunaire, la dune « blanche », la dune semi-fixée, l'arrière dune (comprenant les dunes internes grises, les « lettres » grises, les fonds humides), les buissons pré-forestiers et enfin la

dune boisée. L'évaluation de l'état de conservation nécessite la définition d'indicateurs qui caractérisent l'état du milieu et qui permettent de suivre son évolution. Ces indicateurs (de préférence quantifiables) doivent permettre de définir l'état optimal de conservation (état de référence), des états de conservation acceptables et des seuils au-delà desquels l'état de conservation n'est plus favorable. L'écosystème de référence correspond à la succession la plus complète possible des faciès énumérés plus haut. En plus des critères de présence des faciès, il faut leur affecter des notes de qualité (comparaison entre les communautés observées et les groupements caractéristiques). D'autres indicateurs s'appuieront sur des valeurs absolues d'expansion spatiale de certains faciès ou groupes de faciès, sur les espèces (diversité génétique, caractéristiques, rares, menacées, endémiques...) sur des degrés de « naturalité », sur des degrés d'anthropisation (modelage géométrique, piétinement, présence d'adventices et de rudérales...), sur des degrés de « typicité »... Un seul indicateur permet rarement de définir et de suivre l'état de conservation du milieu. Ce n'est que le croisement de plusieurs indicateurs qui permettra d'approcher ce concept complexe, comme par exemple les trois indicateurs suivants: composition de la mosaïque paysagère, largeur du système et composition en espèces endémiques. Cette approche doit servir d'outil d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire, d'usage des crédits publics et d'évaluation de la pertinence des choix d'action (Jean Favennec, 2003, [13](#)).

Photo 14 : Care de gemmage (pour la récolte de résine) sur pin maritime (*Pinus pinaster*) à l'écomusée de Marquèze dans les Landes de Gascogne. La récolte de résine pour l'industrie (colophane, essence de térébenthine), importante au XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle, a pratiquement disparu de nos jours, suite à l'évolution des attentes de la société



Photo Michel Malagnoux, 2008

5. Conclusions

5.1 DIVERSITÉ DES SITUATIONS

Les études de cas et les exemples évoqués en complément, montrent une grande diversité des modes de gestion des plantations sur dunes en raison de conditions climatiques, économiques et sociales très différentes.

Au **Chili**, la productivité des plantations (au moins dans la zone étudiée), complémentée par des subventions et des incitations de l'Etat, permettent l'implication du secteur privé et la création de ressources importantes pour l'économie du pays.

En **Chine**, les espoirs de production ligneuse sur les dunes et nappes de sable des Trois Nord(s) se sont révélés irréalistes en raison de la faible productivité des plantations mais surtout de la fragilité des plantations mono-spécifiques. Le pays s'oriente maintenant vers la mise en place d'un tapis végétal pluri-spécifique mieux adapté aux conditions locales et en équilibre dynamique (dont la pérennité ne nécessite qu'un minimum d'interventions humaines). Les plantations de production de bois d'œuvre sont dorénavant réservées aux sites les plus propices. Le tapis végétal est composé essentiellement d'espèces arbustives et herbacées dont l'utilisation principale est la production de bois de feu et de fourrage. Certaines espèces, comme *Hippophae rhamnoides* ou *Lycium chinense*, sont à la base de nouvelles activités économiques très importantes.

En **Mauritanie**, la productivité des plantations sur dunes est marginale et l'implication des populations est difficile à obtenir. La gestion se limite à l'application des règles sylvicoles nécessaires à la survie du peuplement et au maintien du rôle de fixation et de protection. Elle a été dans le passé mise en œuvre tardivement car n'étant pas auto financée par l'exploitation des produits, elle nécessite un financement public permanent des opérations et les fonds nécessaires ne sont pas toujours disponibles.

Au **Sénégal**, la gestion des plantations sur dunes s'est longtemps résumée à une protection intégrale (restriction de l'accès et des prélèvements). Actuellement la gestion est assurée par les populations riveraines conseillées par les services techniques. Le financement des opérations est assuré par la vente des produits au bénéfice des populations impliquées.

Au **Niger**, afin de redonner aux populations la maîtrise de la totalité de leur terroir, les zones de protection (plantations sur dunes) et les zones protégées (cuvettes inter dunaires maraîchères, agricoles et pastorales) sont intégrées dans une approche unique de « gestion concertée » par les populations riveraines.

En **Iran** les immenses surfaces protégées par des peuplements sylvo-pastoraux sont menacées de dépérissement. L'étude de la diversité biologique et des interactions entre les plants mis en place et la végétation spontanée devrait permettre de définir des règles de gestion permettant d'améliorer la résilience du couvert végétal aux stress climatiques et d'obtenir comme en Chine, un couvert végétal en équilibre dynamique (dont la pérennité ne nécessite qu'un minimum d'interventions humaines).

Les pays possédant une longue expérience de gestion des plantations de protection sur dunes (**Danemark, Etats Unis, France**) adaptent 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.

5.2 PRINCIPALES LACUNES ET ERREURS CONSTATÉES

Souvent le premier peuplement installé est considéré comme définitif même si son aménagement n'est durable que grâce aux actions sylvicoles destinées au maintien ou au renouvellement du peuplement. Cet avis peut être justifié lorsque la productivité économique de cette plantation est supérieure aux coûts des actions sylvicoles et que ces actions sont effectivement engagées. Les plantations par le secteur privé de *Pinus radiata* (exotique), sur les dunes de la partie centrale du Chili, sont un bon exemple de pérennisation d'un peuplement initial économiquement viable. Ce système peut être considéré comme durable « en l'état » tant qu'il répond aux attentes de la société.

Mais très souvent, une fois l'investissement initial réalisé et les objectifs principaux atteints (fixation de la dune, protection des terres et des infrastructures), la gestion des plantations s'est limitée à une protection passive sans véritable intervention sylvicole. Aucune évaluation de la durabilité réelle de ces peuplements initiaux « en l'état » à moyen et à long terme n'a été faite. Même lorsqu'elles sont connues, les règles sylvicoles qui permettraient l'amélioration du peuplement, son rajeunissement et surtout l'obtention de produits qui pourraient bénéficier aux populations riveraines, sont rarement appliquées. Ce n'est que lorsque des dépérissements apparaissent ou que les déprédations illicites menacent de destruction totale ces plantations, lorsque la mise en défens à long terme n'est plus applicable, que la nécessité d'une gestion plus dynamique est envisagée. Les exemples d'une telle situation sont nombreux.

C'était le cas, jusqu'à très récemment, des plantations de la Grande Côte au Sénégal et c'est encore le cas des plantations de protection de la Route de l'Espoir en Mauritanie. De nombreux périmètres de protection (« ceintures vertes ») de villes sahéliennes sont dégradés quant ils n'ont pas totalement disparu. Toutes ces réalisations ont été faites par les services de l'Etat sans que les charges inhérentes à leur gestion aient été clairement évaluées. Les populations riveraines considérées, d'une part comme bénéficiaires de la protection, et d'autre part en compétition pour l'usage des espaces occupés par les plantations, ont été écartées *a priori* de la gestion de ces plantations et des bénéfices qu'elles pouvaient retirer de cette gestion. Les services de l'état se sont souvent retrouvés dans l'incapacité de gérer ces plantations par faute de moyens humains et financiers.

Enfin, les capacités réelles de production du milieu et d'adaptation des espèces mises en place ont très souvent été surestimées. Cela a conduit à la réalisation de grandes plantations mono-spécifiques (ou même clonales) sur de vastes espaces malgré la grande variabilité de leurs caractéristiques édaphiques. De plus, les nécessités de contrôle de qualité à tous les niveaux (adéquation de l'espèce plantée et du site de plantation, qualité génétique du plant mis en place, qualité des techniques de production du plant, qualité des techniques de mise en place, qualité des modes de gestion appliqués, etc.) ont été sous estimées.

5.3 RECOMMANDATIONS

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 principaux des plantations sur dunes sont bien la fixation des sables mobiles et la protection des terres agricoles et pastorales, des habitations et des infrastructures. Les différents modèles possibles de gestion doivent toujours privilégier ces objectifs principaux. En d'autres termes, les objectifs économiques ne doivent en aucun cas prendre le pas sur les nécessités techniques et doivent rester des outils au service des objectifs principaux en finançant les opérations nécessaires au maintien et à l'évolution des plantations. Deux situations principales peuvent être distinguées :

- Lorsque la mise en valeur des dunes vives peut être réalisée par le secteur privé car les plantations sur dunes sont suffisamment productives pour financer l'investissement initial et les coûts de maintenance ainsi que pour dégager des bénéfices, ce système doit être encouragé (mesures incitatives telles que subventions ou dégrèvements fiscaux) ;
- Lorsque l'investissement initial ne peut être fait que par les services de l'Etat, la participation des populations aux décisions, aux travaux, à la gestion et aux bénéfices doit être effective dès la conception du projet de fixation des dunes. Le choix des espèces utilisées doit tenir compte

dans la mesure du possible des souhaits des populations. Les modes de gestion du peuplement et son éventuelle conversion vers d'autres types de couvert végétal doivent être envisagés dès la conception du projet.

En l'absence de régénération naturelle du peuplement mis en place, sa pérennisation ne peut se faire que par son renouvellement par replantation après chaque rotation. La gestion de ces plantations doit contribuer à la satisfaction des besoins en combustibles et autres produit ligneux et non ligneux et constituer une source de revenus pour les populations environnantes.

Des activités de recherche doivent être prévues dès la conception du projet (recherches d'accompagnement) afin d'étudier toutes les questions relatives à la durabilité du dispositif et à la satisfaction des besoins des populations. Elles assureront un suivi de l'évolution du peuplement afin d'adapter la gestion à cette évolution. Elles s'attacheront également à étudier l'amélioration de la régénération naturelle du peuplement principal et des espèces locales spontanées afin de diversifier les espèces utilisées en laissant une place de plus en plus importante aux espèces arborées, arbustives et herbacées **autochtones**, et en diminuant la part des espèces exotiques. Il est nécessaire de trouver des techniques de conversion des plantations mono-spécifiques (parfois exotiques) en peuplements pluri-spécifiques de plantes locales. Le but ultime est d'accroître la stabilité du peuplement en assurant sa durabilité avec un minimum d'interventions humaines.

Avec le changement climatique, les questions environnementales deviendront de plus en plus préoccupantes. Les conditions de vie et le développement économique et social seront affectés par un environnement de plus en plus hostile. Les notions de protection environnementale par « reverdissement » plutôt que par « plantation forestière » vont prendre de plus en plus d'importance par la promotion de l'utilisation de plantes buissonnantes et herbacées dont certaines à usages multiples peuvent être la source d'activités commerciales et industrielles, là où la production ligneuse est économiquement impensable. Les arbres de grand développement aérien ne devront être plantés que dans les sites les plus favorables.

Enfin, les objectifs secondaires sont nombreux et évolutifs dans le temps. Ils vont de la production de biens et services, à la conservation du patrimoine (biologique, culturel et paysager) et au rôle social (emploi, accueil touristique, loisir). Les attentes de la société évoluent et les gestionnaires des peuplements sur dunes doivent tenir compte de ces évolutions. Par exemple, de nouvelles spéculations peuvent apparaître comme la fixation du dioxyde de carbone (CO₂), (UNDP, 2007, **23**, Tavakoly *et al.* 2008, **22**).

6. Bibliographie

1. **Bakhshi, J. and Biroudian, N. 2008.** A study on the effect of *Haloxylon* plantation on the understorey plants diversity in Ardestan area (English abstract)
2. **Barros, S. and Orlando Gutiérrez, J. 2006.** Control and afforestation of coastal dunes in Chile (non publié; pp 22)
3. **Benzaghoul, M. 2009.** La lutte contre l'ensablement des oasis en Mauritanie. Document présenté aux Journées internationales sur l'agriculture et la gastronomie des oasis, Elche, Espagne, 14-15 octobre 2009 ; pp 19
4. **Dia, B. 2009.** Les plantations sur dunes. Expériences et processus techniques (non publié; pp 86)
5. **FAO. 1978.** FAO Conservation Guide n° 4 : Special readings in conservation ; pp 101
6. **FAO. 1980.** Cahier FAO Conservation des sols n° 3 : Conservation des ressources naturelles en zones arides et semi-arides
7. **FAO. 1985.** FAO Conservation Guide n° 10: Sand dune stabilization, shelterbelts and afforestation in dry zones
8. **FAO. 1986.** Cahier FAO Conservation n° 15: Brise-vent et rideaux abris avec référence particulière aux zones sèches ; pp 385
9. **FAO. 1988.** Cahier FAO Conservation n° 18 : Manuel de fixation des dunes
10. **FAO. 1992.** Cahier FAO Conservation n° 20 : Foresterie en zones arides. Guide à l'intention des techniciens de terrain ; pp 143
11. **FAO. 1992.** Cahier FAO Conservation n° 21 : Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification
12. **FAO. 2010.** Etude FAO : Forêts n° 158 : Lutte contre l'ensablement - L'exemple de la Mauritanie ; pp 75. Rédigée par Berte, C., J. en collaboration avec Ould Mohamed, M. et Ould Saleck, M. dans le cadre du projet « Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott », sur financement de la région wallonne de Belgique.
13. **Favennec, J. 2003.** Mieux gérer les dunes littorales : la mise en place d'indicateurs de gestion multifonctionnelle (document présenté au XII^{ème} Congrès forestier mondial, Québec, Canada, 21-28 septembre 2003) ; pp 7
14. **Ichaou, A. et Guibert, B. 2009.** De la dune fixée à la cuvette retrouvée : L'exemple du projet d'appui à la gestion des ressources naturelles au Niger (PARN) ; Danida/Karkara/AFVP ; pp 51
15. **Jafari, M. et al. 2008.** Management of Saxaul-Plot (*Haloxylon sp.*) Lands in Desert Areas using GIS Technique and Field Assessments (Case Study: Aran and Bidgol region, Iran); World Academy of Science, Engineering and Technology 43 2008; pp 631-638
16. **Jansen, A. M. and Sahbi Hajej, M. 2001.** The Road of Hope: control of moving sand dunes in Mauritania. Unasylya n° 207 Vol. 52, 2001/4, pp 31-36
17. **Mainguet, M. et Remini, B. 2004.** Le rôle des mega-obstacles dans la formation et le façonnement des ergs : Quelques exemples du Sahara. Larhyss Journal n°3, juin 2004, pp 13-23
18. **Mainguet, M. et Dumay, F. 2006.** Combattre l'érosion éolienne: un volet de la lutte contre la désertification. Les dossiers thématiques du CSFD n°3 ; pp 44
19. **Malagnoux, M. et 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 ; pp 73
20. **Novoplansky, A. 2007.** Role of Biological Diversity in Dry Land Forest Sustainability; International Conference on Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification. Jerusalem, Israel 16-19 April 2007;
21. **Shumway, S. W. 2000.** Facultative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy (in: Oecologia, vol. 124 n° 1, July 2000, pp 138-148)
22. **Tavakoli, H. et al. 2008.** How can contribute to Carbon Sequestration and Biodiversity in Arid Regions? Paper presented to the 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments and the 1st Arab Forum, Riyadh, Saudi Arabia, 16-19 November 2008; pp 7
23. **UNDP. 2007.** Carbon sequestration in the desertified rangelands of Hossein Abad, South Khorasan (Iran), through community-based management; pp 4

24. **Wang, H.** 2007. Establishment and Management of Dune Plantations in China (non publié; pp 9 + pictures & annexes)
25. **Løyche Wilkie, M.** 2002. De la dune à la forêt : la diversité biologique dans les plantations établies pour lutter contre les sables mouvants. *Unasylva* n° 209 Vol. 53, 2002/2, pp 64-69
26. **Zehabian, G.R. et al.** 2009. Investigation on Understorey Vegetative Cover in *Haloxylon aphyllum* plantation Area in Ardestan Region, Iran (English abstract in Iranian Journal of Range and Desert Research, Vol. 15 N° (4), 2009; pp 446

La lutte contre la désertification et en particulier la lutte contre l'ensablement pose encore des problèmes dans plusieurs pays malgré les efforts investis dans le cadre de projets, programmes ainsi que les nombreuses expériences qui ont été développées pour y faire face. Plus encore, il a été fréquemment constaté que des dunes, autrefois fixées grâce aux efforts des populations locales, des gouvernements et de l'aide internationale, étaient à nouveau mobiles suite à la dégradation et la disparition du couvert végétal qui les protégeait, en raison de l'absence d'une véritable gestion à long terme de ces espaces. En effet, la gestion durable des plantations sur dunes reste un des plus grands défis posés à ce jour.

Pour faire le point sur la gestion des plantations sur dunes, le Département des forêts de la FAO a commandité trois études de cas au Chili (MM. Juan Orlando Gutiérrez et Santiago Barros), en Chine (M. Huoran Wang), et au Sénégal (M. Babacar Dia). Le présent document de travail s'appuie sur une analyse succincte de l'expertise et l'expérience dans le domaine de la gestion des plantations sur dunes, basée sur ces trois études de cas, d'autres exemples tirés de projets (en Mauritanie), ainsi que sur une recherche bibliographique. Enfin, ce document suggère des recommandations pour assurer une gestion durable des plantations sur dunes et de leurs fonctions environnementale, sociale et économique.

