

Lutte contre l'ensablement

L'exemple de la Mauritanie



Photo de la couverture:

Stabilisation mécanique des dunes: pose du matériel végétal
M. Ould Mohamed

Lutte contre l'ensablement

L'exemple de la Mauritanie

ÉTUDE
FAO
FORÊTS

158

par
Charles Jacques Berte
Consultant

avec la collaboration de
Moustapha Ould Mohamed et Meimine Ould Saleck
Direction de la protection de la nature
Ministère de l'environnement et du développement durable, Mauritanie

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.

ISBN 978-92-5-206531-9

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 par courriel à l'adresse copyright@fao.org ou au Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome (Italie).

Table des matières

Avant-propos	v
Prologue du prince Laurent de Belgique	vi
Remerciements	viii
Abréviations, acronymes et terminologie	ix
1. Introduction	1
2. Comprendre l'ensablement	3
Érosion éolienne	3
Origine du sable	5
Effets de l'érosion éolienne	5
Accumulations éoliennes	6
Identification des sites ensablés	10
Types de traitement	11
3. Les techniques de fixation des dunes	13
Fixation primaire	13
Fixation biologique	16
4. Une expérience de fixation des dunes: réhabilitation et extension de la ceinture verte de Nouakchott	21
Études préliminaires	22
Pépinières forestières	24
Stabilisation mécanique des dunes	29
Fixation biologique des dunes	31
Protection des périmètres forestiers	33
Principales contraintes	34
5. Approche participative	35
En milieu urbain et périurbain	35
En milieu rural	37
6. Aménagement et exploitation des plantations	39
7. Aspects institutionnels	41
L'appui gouvernemental	41
Suivi administratif et gestion de projets	41
Bibliographie	45
Annexe 1. Quelques espèces ligneuses et herbacées utilisées pour la fixation des dunes	47
Annexe 2. Tableaux de suivi administratif et de gestion de projets	59

Figures

1	Vitesse du vent en fonction de l'altitude	3
2	Modes d'entraînement des particules par le vent	4
3	Nebkas	6
4	Barkhanes	7
5	Dunes linéaires	8
6	Cordons longitudinaux	9
7	Dune pyramidale	9
8	Aklé	9
9	Dynamique de l'avancée du sable	10
10	Dune en arrêt	13
11	Dune en défilement ou dune de déviation	14
12	Schéma du flux d'air au-dessus d'un rideau perméable (A) ou d'un rideau dense (B)	15
13	Toujounine: zone d'intervention	22

Avant-propos

La Mauritanie est l'un des pays du Sahel les plus touchés par les périodes de sécheresse qui se succèdent depuis la fin des années 60. La lutte contre la désertification a toujours été une priorité nationale et elle se situe au centre des préoccupations de tous les gouvernements qui se sont succédés. Cette volonté s'est manifestée dans les différents plans et programmes de développement durant les quatre dernières décennies.

Après la ratification de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD), la Mauritanie a élaboré en juin 2001 un Plan d'action national de lutte contre la désertification (PAN-LCD), en adoptant une approche holistique et participative. À l'instar des pays de la région sahélienne, la désertification sans cesse croissante est due à plusieurs facteurs naturels, anthropiques, juridiques et socio-économiques. L'interaction de tous ces facteurs a eu pour conséquence la dégradation des sols, des ressources forestières et de la biodiversité.

La mise en œuvre du PAN-LCD repose sur plusieurs principes fondamentaux, parmi lesquels:

- l'adoption d'une approche intégrée, couvrant les aspects physiques, biologiques, institutionnels et socio-économiques;
- l'intégration de la lutte contre la pauvreté dans les programmes de contrôle de la désertification;
- la coordination des activités menées dans le cadre du PAN-LCD avec celles des autres conventions-cadres des Nations Unies, telles que la Convention sur les changements climatiques et la Convention sur la diversité biologique;
- l'assistance internationale plus ciblée pour mieux répondre aux besoins locaux, dans le cadre d'accords de partenariat;
- l'approche participative, avec une collaboration étroite des communautés de base, en particulier des collectivités locales et des organisations non gouvernementales;
- l'encouragement de la recherche scientifique et l'utilisation de ses résultats dans les activités de réhabilitation des terres dégradées et d'amélioration de la production agrosylvopastorale.

La présente publication s'inscrit dans le cadre de l'appui de la FAO aux efforts du Gouvernement mauritanien pour lutter contre la désertification. Elle reflète les résultats et les enseignements tirés durant la mise en œuvre du projet Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott, sur financement de la Région wallonne et avec le concours du prince Laurent de Belgique.



J.A. Prado

Directeur, Division de l'évaluation, de la gestion et de la conservation des forêts
Département des forêts de la FAO

Prologue du prince Laurent de Belgique

Quelle image pouvons-nous donner aujourd'hui à nos enfants de nos rapports entre le nord et le sud, qui sont souvent entachés par un esprit d'impérialisme et une mauvaise connaissance et appréhension de ces cultures qui nous sont trop souvent étrangères? Durant ces dernières décennies, la progression fulgurante de la science et du savoir aurait dû nous permettre de mieux nous connaître, et donc d'envisager ensemble des perspectives d'avenir plus durables. Les fondements de nos civilisations et connaissances occidentales émanent d'autres continents, dont évidemment l'Afrique.

Aujourd'hui, nous devons parfois constater que le repli sur soi engendre des rapports de force et donc d'énormes frustrations. Cependant, si nous prenons le temps de porter notre regard sur la nature, elle nous enseigne que celui que l'on croit être le plus fort n'est pas toujours celui qui l'emporte sur le plus faible.

Combien je fus imprégné du savoir, de l'amour et de la passion pour la forêt de mon père spirituel, Raymond Antoine, professeur émérite d'ingénierie forestière à l'Université catholique de Louvain, et qui reste toujours très présent dans mes pensées. Et combien j'aime souvent flâner dans les ouvrages de mon ami Jean-Marie Pelt, professeur émérite de biologie végétale et de pharmacologie à l'Université de Metz, et pour qui je porte une très grande vénération.

Le professeur Pelt se passionne pour les relations d'inimitié et d'amour entre les végétaux et les animaux d'un même écosystème. Au travers de ses observations, il nous apprend l'histoire relationnelle entre le douglas et le bouleau. Ces deux arbres s'échangent des sucres carbonés par l'intermédiaire de filaments mycéliens à peine visibles. Comme le douglas porte des feuilles en forme d'aiguille toute l'année, qui assurent son activité de photosynthèse, il peut se permettre de transmettre des sucres carbonés à son congénère d'une autre espèce pendant l'absence de feuilles. Durant sa période végétative, le bouleau lui rend le même service. Quelle belle symbiose du monde végétal que le champignon d'aspect si fragile apportant à l'arbre l'eau et les sels minéraux dont il a besoin, et l'arbre lui offrant en retour des nutriments organiques nécessaires à sa survie. Et que dire de cette espèce d'orchidée sans chlorophylle, dont le développement et la survie sont intégralement liés au hêtre par l'intermédiaire de ces mêmes mycéliums.

Cela nous démontre combien nous devrions consacrer davantage d'attention à l'écologie et l'environnement. Je suis tout à fait convaincu que bon nombre de nos problèmes de société trouveraient des solutions dans les mécanismes qui régissent la nature.

La relation entre l'arbre, le développement et le maintien d'une agriculture durable n'est pas encore suffisamment ancrée dans nos esprits. Il a été démontré en Europe que les monocultures forestières et agricoles produisent beaucoup moins de bois et d'aliments qu'une intégration harmonieuse de ces deux composantes résultant de l'agroforesterie. On ignore encore trop souvent que l'arbre génère le sol, et permet ainsi le développement d'une agriculture durable, et que l'arbre évite aussi l'érosion et préserve l'eau.

Cependant, dans la région du Grand Maghreb, où prédomine le pastoralisme, la sylviculture est le garant d'une agriculture durable. Pour arriver à cet objectif ambitieux, il nous faudra la mise en place au sein même de cette grande région d'un centre agrosylvopastoral permettant les échanges scientifiques entre le nord et le sud et entre les pays de cette même grande région.

Cela nous amène indéniablement à prendre conscience que le concept même d'environnement est source d'une meilleure compréhension de nos différentes cultures, et donc générateur de paix.

Incontestablement, les deux grands défis de notre planète seront, d'une part, le développement des énergies renouvelables accessibles à tout un chacun et, d'autre part, le reboisement forestier.

Je fus très heureux que le projet que j'avais présenté à son Excellence monsieur Maaouiya Ould Sid'Ahmed Taya, alors Président de la Mauritanie, ait été sa plus grande priorité ainsi que celle de son pays, et qu'il m'ait chargé de le mener à terme.

L'actuel Président, son Excellence monsieur Mohamed Ould Abdel Aziz, m'a assuré de son soutien et de son entière collaboration pour la préservation de cette réalisation.

Je remercie les partenaires qui m'ont permis d'atteindre mes objectifs, la FAO et la Région wallonne de Belgique, ainsi que le Ministère mauritanien de l'environnement et du développement durable.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Laurent de Belgique', written in a cursive style.

Son Altesse Royale,
le prince Laurent de Belgique

Remerciements

L'auteur tient à remercier un ensemble de personnes sans lesquelles le projet Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott, ainsi que le présent document, n'aurait pu aboutir.

- le prince Laurent de Belgique, président de l'Institut royal pour la gestion durable des ressources naturelles et la promotion des technologies propres, à qui l'on doit l'initiative de ce projet, et son conseiller James Lohest;
- les ministres de la Région wallonne de Belgique en fonction pendant la durée du projet: Marie-Dominique Simonet, William Ancion, Michel Forêt, José Happart, Benoît et Guy Lutgen, Jean-Claude Van Cauwenberg, Rudy Demotte;
- le Ministère de l'environnement et du développement durable de Mauritanie et la Direction de la protection de la nature de ce ministère, pour le soutien constant apporté au projet;
- Philippe Suinen, administrateur général de Wallonie Bruxelles International-Multilatéral mondial (WBI), ainsi que Philippe Cantraine et Daniel Sotiaux, directeurs de WBI, et Laurence Degoudenne, chef de pupitre de WBI;
- la Direction générale opérationnelle de l'agriculture, des ressources naturelles et de l'environnement, Département de la nature et des forêts, et tout spécialement Philippe Blerot, inspecteur général, et Guy Coster, attaché;
- les chefs du Service de la conservation des forêts de la Division de l'évaluation, de la gestion et de la conservation des forêts de la FAO, à Rome, et plus particulièrement El Hadji Sene;
- les représentants de la FAO en Mauritanie, notamment Nourredine Kadra et Radisav Pavlovic, pour leur disponibilité et leurs avis, ainsi que les facilités accordées pendant toute la durée du projet; mes remerciements vont également à tous les membres de l'équipe administrative de ce bureau;
- André Matton, du Bureau de liaison de la FAO à Bruxelles pour l'Union européenne et la Belgique;
- Les représentants du Programme alimentaire mondial (PAM) en Mauritanie et le chargé du Programme environnement du PAM, Boubacar Konté;
- Raymond Antoine, conseiller de la Région wallonne, qui a grandement contribué à la réussite du projet par son expérience professionnelle et les nombreux conseils prodigués au cours des missions techniques et d'évaluation;
- Jonathan Shadid, directeur de l'Organisation non gouvernementale nationale Communication au service du développement (NEDWA) en Mauritanie.

L'auteur exprime sa gratitude et ses remerciements particuliers à Moustapha Ould Mohamed et Meimine Ould Saleck, ingénieurs des Eaux et forêts à la Direction de la protection de la nature, respectivement coordinateur national et coordinateur des travaux du projet Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott, ainsi qu'à l'ensemble du personnel technique et de terrain.

Abréviations, acronymes et terminologie

CILSS	Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel
CNSS	Caisse nationale de sécurité sociale
DANIDA	Agence danoise de développement international
FADES	Fonds arabe pour le développement économique et social
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FIDA	Fonds international de développement agricole
FLM	Fédération luthérienne mondiale (ONG internationale)
GTZ	Office allemand de la coopération technique
<i>moughataa</i>	préfecture
ONG	Organisation non gouvernementale
PAM	Programme alimentaire mondial
PANE	Plan d'action national pour l'environnement
PAN-LCD	Plan d'action national de lutte contre la désertification, Mauritanie
PDLCD	Plan directeur de lutte contre la désertification
PLEMVASP	Projet Lutte contre l'ensablement et mise en valeur agro-sylvo-pastorale
PMLCD	Programme multisectoriel de lutte contre la désertification
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
UM	ouguiya mauritanien
UNCCD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
UNSO	Bureau des Nations Unies pour la région soudano-sahélienne
<i>wilaya</i>	division administrative
\$EU	dollar des États-Unis

1. Introduction

La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD), adoptée à Paris le 17 juin 1994, a défini ainsi les termes suivants:

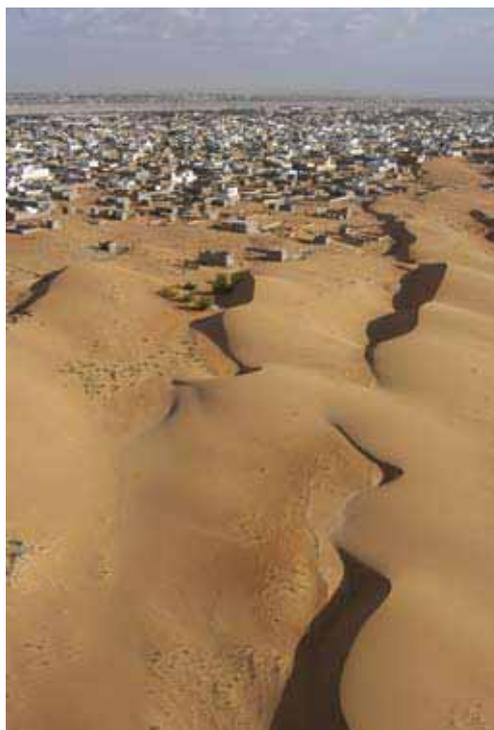
- «désertification»: dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines;
- «lutte contre la désertification»: activités qui relèvent de la mise en valeur intégrée des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches en vue d'un développement durable, et qui visent à:
 - prévenir et/ou réduire la dégradation des terres;
 - remettre en état les terres partiellement dégradées;
 - restaurer les terres désertifiées.

La Mauritanie est l'un des pays du Sahel les plus touchés par les périodes de sécheresse qui se succèdent depuis 1968. La désertification qui en a résulté est d'autant plus forte que l'action du climat, conjuguée à celle de l'homme, a entraîné des conséquences directes sur un milieu déjà précaire, à savoir la dégradation de l'environnement et des conditions socio-économiques générales du pays, ainsi que l'appauvrissement progressif d'une population à 70 pour cent rurale.

Les impacts les plus importants de la désertification ont été la réduction des superficies de terres arables, de pâturages et de forêts, ainsi que la diminution des ressources en eau. Il ressort des différentes études que les dunes de sable mobiles recouvrent actuellement les deux tiers de la superficie globale du territoire national.

Par leurs effets néfastes sur la productivité et les rendements agricoles, la désertification et la sécheresse ont fini par:

- mettre en cause la sécurité alimentaire et le niveau de vie des populations rurales;



Menace d'ensablement de la ville de Nouakchott

- provoquer des mouvements massifs de population vers les grands centres urbains;
- rendre difficile l'approvisionnement en eau pour les besoins des humains et du cheptel;
- engendrer des pertes économiques considérables.

Compte tenu de l'ampleur du phénomène, et à l'instar de nombreux autres pays touchés par la sécheresse et la désertification, la Mauritanie a exprimé une volonté politique ferme de lutter contre ce fléau.

C'est dans cette optique qu'ont été créés le Club du Sahel et le Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS). En 1980, le CILSS a élaboré une stratégie de lutte contre la sécheresse et de développement des pays du Sahel, dont les deux objectifs principaux sont l'autosuffisance alimentaire et l'équilibre écologique. Cependant, la mise en œuvre de cette stratégie n'a pas produit les résultats escomptés en raison de la complexité de la problématique de la désertification. Suite à ce constat d'échec, le Gouvernement mauritanien a choisi d'intégrer 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. Cette détermination s'est traduite par:

- l'élaboration du Plan directeur de lutte contre la désertification (PDLCD);
- l'élaboration du Programme multisectoriel de lutte contre la désertification (PMLCD);
- l'élaboration du Plan d'action national de lutte contre la désertification (PAN-LCD);
- l'élaboration du Plan d'action national pour l'environnement (PANE).

C'est dans ce cadre que des programmes et projets ont été mis en œuvre au niveau national, avec l'appui des partenaires au développement, afin de favoriser la conservation, la mise en valeur agrosylvopastorale et la lutte contre l'ensablement. Parmi ces programmes, citons principalement:

- le projet Ceinture verte de Nouakchott, financé par la Fédération luthérienne mondiale (FLM);
- le projet Stabilisation et fixation des dunes, financé par le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), l'Agence danoise de développement international (DANIDA) et le Bureau des Nations Unies pour la région soudano-sahélienne (UNSO);
- le projet Lutte contre l'ensablement et mise en valeur agro-sylvo-pastorale (PLEMVASP), financé également par le PNUD, DANIDA et l'UNSO;
- le projet Oasis, financé par le Fonds international de développement agricole (FIDA) et le Fonds arabe pour le développement économique et social (FADES);
- le projet Ceinture verte de Kaédi, financé par l'Union européenne;
- le projet Gestion intégrée des ressources naturelles dans l'est mauritanien, financé par l'Office allemand de la coopération technique (GTZ);
- le projet Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott, sur financement de la Région wallonne de Belgique, avec le concours du prince Laurent de Belgique.

2. Comprendre l'ensablement

Il y a ensablement lorsque les grains de sable sont transportés par les vents et s'accumulent sur le littoral, au bord des cours d'eau et sur des terres cultivées ou incultes.

En se déplaçant, les accumulations de sable (dunes) ensevelissent les villages, routes, oasis, cultures, jardins maraîchers, canaux d'irrigation et barrages, entraînant ainsi des dégâts matériels et socio-économiques très importants. Des programmes de lutte contre la désertification doivent alors être mis en œuvre pour endiguer la gravité de cette situation.

Pour établir ces programmes, il est essentiel de connaître les facteurs et de comprendre les processus qui favorisent la formation et le déplacement des masses sableuses, à savoir le vent et le sol.

ÉROSION ÉOLIENNE

Les principales causes de l'érosion éolienne sont:

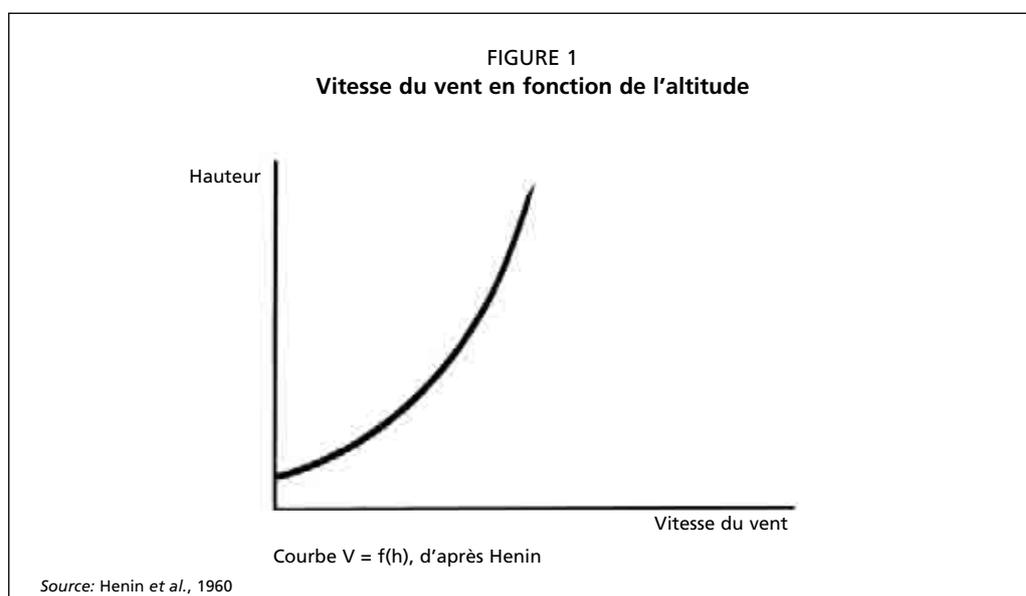
- un vent violent soufflant sur de grandes surfaces;
- une végétation rabougrie ou rare;
- un sol dégradé, meuble, dénudé et sec.

La violence du vent

Le déplacement des particules du sol est lié à la direction, la vitesse et la durée du vent. Lorsqu'un vent souffle avec plus de fréquence dans une direction privilégiée, on parle de vent dominant. Au niveau du sol, la vitesse du vent est nulle. Le vent est d'autant plus fort qu'on s'éloigne de la surface du sol, et sa vitesse augmente comme le logarithme de la hauteur (figure 1).

Un vent ne peut soulever des particules de sable que lorsque sa vitesse, mesurée avec un anémomètre à 30 cm au-dessus du sol, atteint ou dépasse 6 m par seconde. La vitesse du vent est un facteur essentiel, car elle détermine la force d'entraînement du sable. Plus cette vitesse augmente, plus la capacité de transport s'accroît.

Le second facteur est la taille et la densité des particules de sable. Les particules dont le diamètre avoisine 0,1 mm sont entraînées les premières, tandis que les particules plus grosses ne peuvent être déplacées que par des vents violents.



La nature du mouvement des particules varie selon leur dimension (figure 2).

- Les plus grosses particules roulent ou glissent à ras de terre; c'est le phénomène de reptation. Les grains de sable qui se déplacent de cette façon ont un diamètre compris entre 0,5 et 2 mm, suivant leur densité et la vitesse du vent. Lorsqu'ils commencent à avancer plus difficilement, suite à l'effet de freinage de la masse sableuse, le mécanisme de saltation devient possible.
- Les particules du sol de dimension moyenne (de 0,5 à 1,1 mm de diamètre) avancent par bonds successifs, selon un mécanisme appelé saltation. Après avoir sauté, ces particules retombent sous l'effet de la pesanteur; 90 pour cent d'entre elles atteignent une altitude ne dépassant pas 30 cm, avec une amplitude au sol comprise en moyenne entre 0,5 et 1 m. Le phénomène de saltation est primordial pour déclencher l'érosion éolienne.
- Les particules très fines, d'un diamètre égal ou inférieur à 5 microns, sont projetées en l'air sous forme de poussière par l'impact des grains plus gros. Ces particules restent en suspension et peuvent être entraînées très loin sous forme de nuage de poussière, atteignant souvent 3 000 à 4 000 m d'altitude.

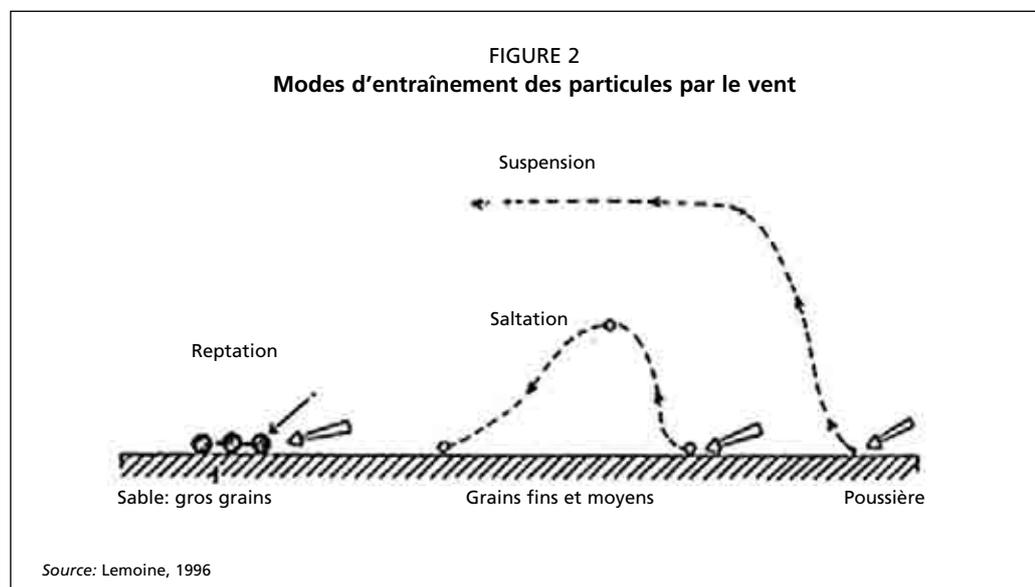
Les mécanismes des mouvements globaux

Les particules en mouvement sont le siège d'interactions, dont les principales sont l'effet d'avalanche, le triage et la corrasion.

L'effet d'avalanche est la conséquence de la saltation. En retombant, les grains de sable provoquent le déplacement d'une quantité plus importante de particules. Ainsi, plus le phénomène causé par le vent est intense, plus le nombre de particules mises en mouvement augmente, jusqu'à ce qu'un maximum (saturation) soit atteint, où la quantité perdue est égale à la quantité gagnée à chaque instant. La distance nécessaire pour atteindre cette saturation va dépendre de la sensibilité du sol à l'érosion. Ainsi, sur un sol très fragile, elle peut se produire sur une cinquantaine de mètres, et demander plus de 1 000 m sur un sol de bonne cohésion.

Le triage concerne le déplacement par le vent des particules les plus fines et les plus légères, alors que les plus grosses restent sur place. Cet effet entraîne progressivement l'appauvrissement du sol puisque la matière organique formée d'éléments fins et légers est la première à être emportée.

La corrasion est l'attaque mécanique de la surface sur laquelle souffle un vent chargé de sable. Dans les régions arides, elle est la cause aggravante de l'érosion des sols et se traduit par des stries parallèles ou par un polissage des roches.



L'état de la végétation

La végétation maintient la cohésion de la couche superficielle du sol, retient les particules, s'oppose à l'effet d'avalanche et constitue la meilleure protection contre les effets néfastes du vent. C'est pourquoi l'érosion éolienne est à craindre dans les régions arides et semi-arides, où les formations végétales naturelles (arborées, arbustives et herbacées) sont clairsemées, rabougries ou inexistantes, et où la pluviométrie est faible et irrégulière.

De plus, l'exploitation irrationnelle de ces formations à croissance lente provoque une dégradation rapide du sol, qui est alors soumis à l'action des vents car il n'est plus protégé.

La nature et l'état du sol

L'érosion éolienne est la conséquence de l'attaque du sol par le vent. Cette érosion se produit si le sol présente les particularités suivantes:

- il est meuble, sec et finement émiétté (à texture grossière, riche en sable fin, pauvre en argile et en matière organique);
- il a une surface uniforme, dépourvue d'obstacles naturels ou artificiels;
- la couverture végétale est rare ou inexistante;
- il couvre une zone suffisamment étendue, allongée dans le sens du vent.

Les sols desséchés durant une longue période sont surtout présents dans les zones arides et semi-arides.

La sensibilité du sol à l'érosion peut être aggravée par de mauvaises pratiques culturales (défrichement sur des surfaces importantes) ou pastorales (surpâturage avec ameublissement et émiettement du sol) et par des prélèvements abusifs dans les périmètres forestiers, ce qui rend le sol très sensible à l'action du vent.

En Mauritanie, les sols sont généralement profonds, fragiles et à dominance sableuse. Ils se trouvent le plus souvent dans des zones où les précipitations annuelles sont inférieures à 100 mm.

ORIGINE DU SABLE

Lorsque le sable est apporté par des courants marins et que son accumulation sur le rivage est importante, il forme des dunes littorales.

S'il provient de l'intérieur des terres, il forme des dunes continentales. Dans ce cas, le sable peut être allochtone (d'origine lointaine), avec un diamètre des particules inférieur à 0,05 mm, ou autochtone (d'origine locale), pouvant provenir de la décomposition des roches (grès) de montagne, de la désagrégation de sols alluvionnaires suite à la disparition du couvert végétal, ou des limons charriés par les oueds en raison d'une érosion hydrique de leurs bassins versants.

L'ensablement a longtemps été considéré en Mauritanie comme la conséquence des apports d'origine lointaine ou locale. Cependant, selon Raunet (1985) et Khatteli (1989), les apports allochtones seraient insignifiants par rapport aux apports autochtones.

EFFETS DE L'ÉROSION ÉOLIENNE

Sur le sol

Le vent entraîne en premier lieu les parties fines du sol, c'est-à-dire le limon, le sable fin et la matière organique. Il détériore ainsi la structure du sol, qui devient plus sableuse, donc plus sensible à son action, et il diminue sa capacité de rétention d'eau. La coloration du sol passe du gris au blanc puis au rouge, au fur et à mesure de son décapage. De petites buttes se créent autour de la végétation ligneuse et herbacée, rendant ainsi le terrain accidenté. Le sol devient progressivement impropre à la culture.

Sur la végétation

L'action du vent sur la végétation est à la fois mécanique et physiologique.

- **Effets mécaniques.** Les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec force, entraînant l'abrasion de leurs tissus. Dans les zones où les particules sont

prélevées, les racines se déchaussent et la végétation risque d'être déracinée. Dans les zones où elles sont déposées, la végétation est progressivement ensevelie.

- **Effets physiologiques.** Le vent augmente l'évaporation et dessèche les plantes, principalement pendant la saison sèche. Le pouvoir évaporant de l'air est proportionnel à la racine carrée de la vitesse du vent. De plus, la capacité de rétention d'eau du sol est diminuée et conduit à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère.

ACCUMULATIONS ÉOLIENNES

Lorsque le vent faiblit, il perd sa force d'entraînement des particules sableuses, et ces dernières se déposent. Les formes d'accumulation sableuse sont très variées et dépendent de la topographie du terrain, de la nature du sol sur lequel elles progressent, de la présence ou non de végétation, et de la dimension des grains de sable.

Les principales formes d'accumulation rencontrées en Mauritanie sont les voiles éoliens, les nebkas, les barkhanes, les dunes linéaires, les cordons longitudinaux, les dunes pyramidales, les aklés et les ergs.

Les voiles éoliens

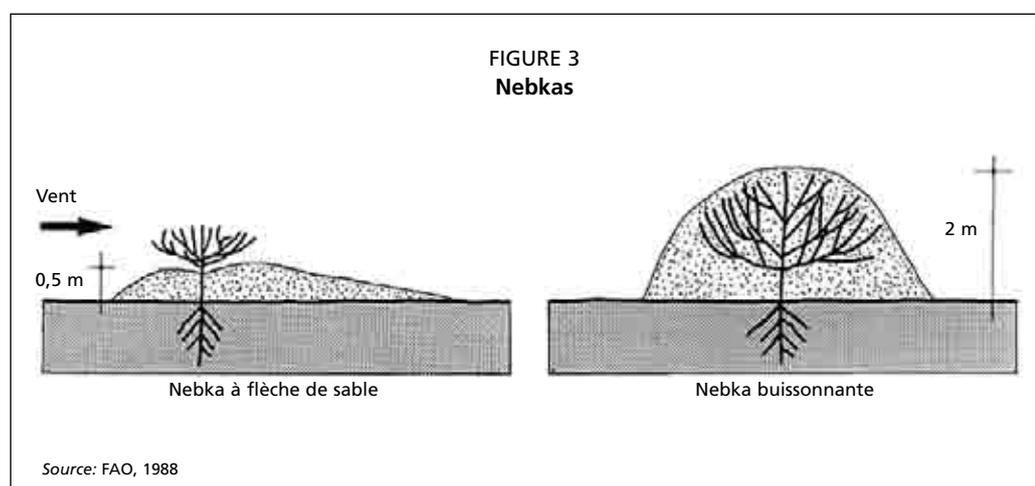
Les particules de sable sont transportées sur des surfaces dures à topographie plane et uniforme, où elles forment des voiles sableux de plus ou moins grande épaisseur, qui constituent un danger permanent pour les villages, routes, voies ferrées et canaux d'irrigation. Ce type d'accumulation éolienne est à l'origine de l'ensablement superficiel présent un peu partout dans le pays et il prend de l'extension suite aux défrichements, aux feux de brousse et au surpâturage.

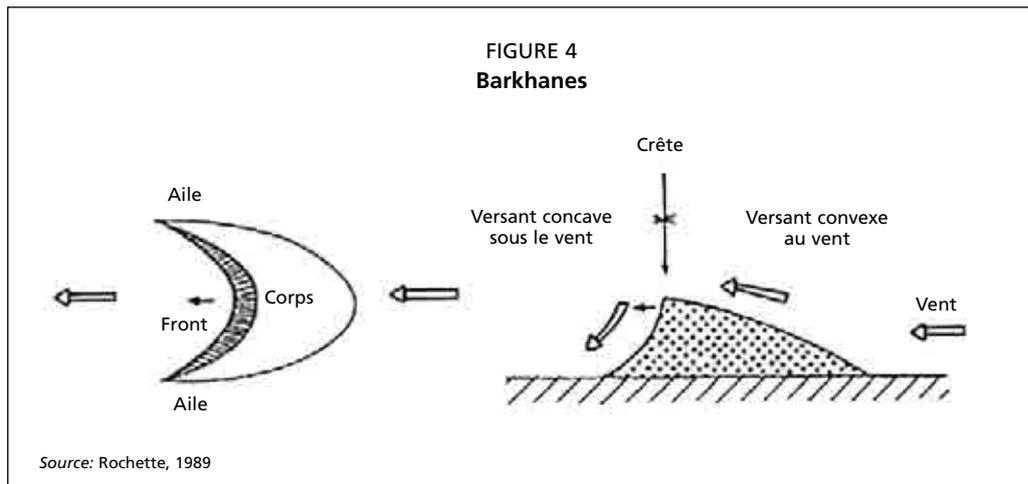
Les nebkas

Ces accumulations sont dues à la présence d'un obstacle rocheux, végétal ou autre sur la trajectoire des particules sableuses en mouvement. On distingue deux types de nebkas: les nebkas à flèche de sable, qui sont des formes dunaires ovoïdes de petites dimensions (50 cm de hauteur, 150 cm de longueur et 40 cm de largeur), allongées dans le sens du vent dominant; et les nebkas buissonnantes, du même genre que les précédentes, mais pouvant atteindre 2 m de hauteur et 3 à 4 m de longueur (figure 3).

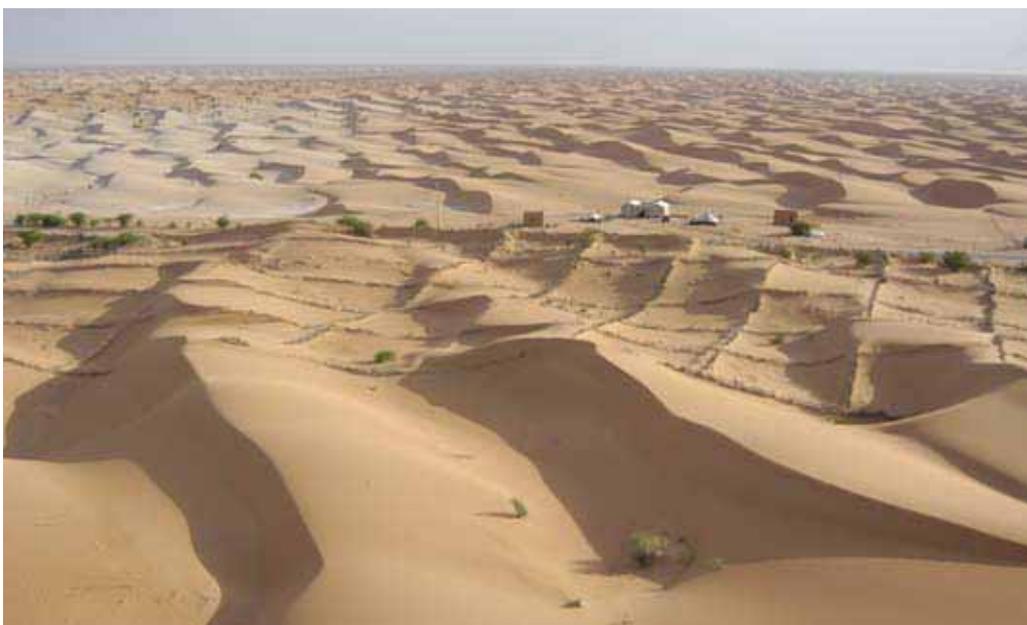
Les barkhanes

Il s'agit de dunes massives en forme de croissant à convexité au vent (figure 4). Leur formation passe par plusieurs stades: le bouclier sableux, puis le bouclier barkhanique,





Barkhanes isolées



Champ barchanique ou barkhanes jointives

suivi du dièdre barkhanique et enfin l'état de barkhane. En général, les barkhanes ne restent pas isolées; elles peuvent se rejoindre et former des ensembles complexes, allant des trains barkhaniques à de véritables massifs dunaires.

La migration des barkhanes requiert trois conditions: un vent constant monodirectionnel, une source de sable importante et de granulométrie allant de 0,12 à 0,25 mm de diamètre, et une surface plane et dure. Les barkhanes étant des constructions instables, mobiles et sans cesse remodelées par le vent, leur vitesse de déplacement peut atteindre plusieurs dizaines de mètres par an.

Les dunes linéaires ou sifs

Les dunes linéaires sont des accumulations de sable, de forme allongée, étirées sur toute la longueur comme une épée (appelée *sif* en arabe) (figure 5). La longueur est toujours de huit à dix fois plus importante que la largeur. En moyenne, ces dunes ont de 1 à 2 km de longueur et de 50 à 200 m de largeur. Elles sont parfois réunies, et leurs formations peuvent mesurer de 20 à 40 km de longueur, par exemple le long de la Route de l'espoir.

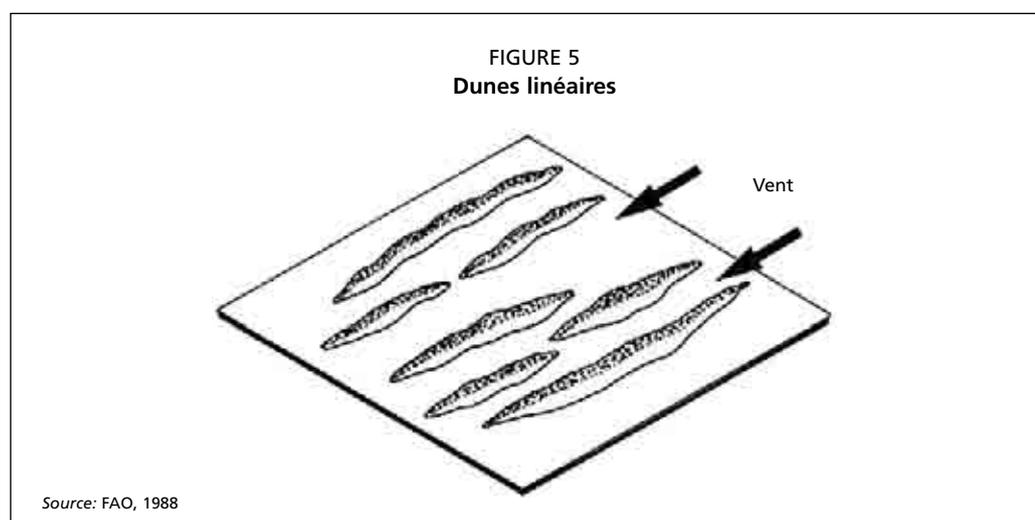
Ce type d'accumulation éolienne se produit dans un environnement aride parcouru par deux vents dominants de direction différente (nord-est et sud-ouest, par exemple) ou par un seul vent dominant dont les écoulements d'air ont été divisés par des irrégularités topographiques. La direction de ces dunes est oblique par rapport à la résultante des vents dominants. Le mouvement d'une dune linéaire se fait par allongement, au fur et à mesure des nouveaux apports de sable par le vent.

Les cordons longitudinaux ou sand ridges

Ces cordons sont des monticules sableux larges et volumineux, de forme longitudinale, situés côte à côte et séparés par des couloirs de déflation (figure 6). Ils sont plus ou moins stables et peu mobiles. Ils s'alignent dans la direction des vents dominants, contrairement aux dunes linéaires, qui sont obliques par rapport à la direction résultante annuelle. La déstabilisation de ces cordons est liée à la disparition du couvert ligneux et herbacé. Ce type de formation peut être observé de chaque côté de la Route de l'espoir, avec des cordons orientés nord-est sud-ouest.

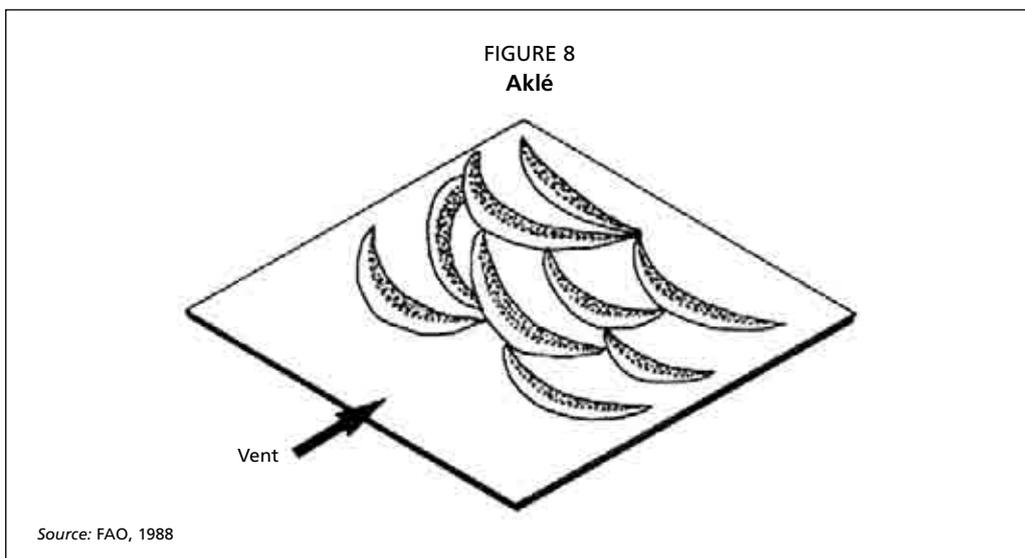
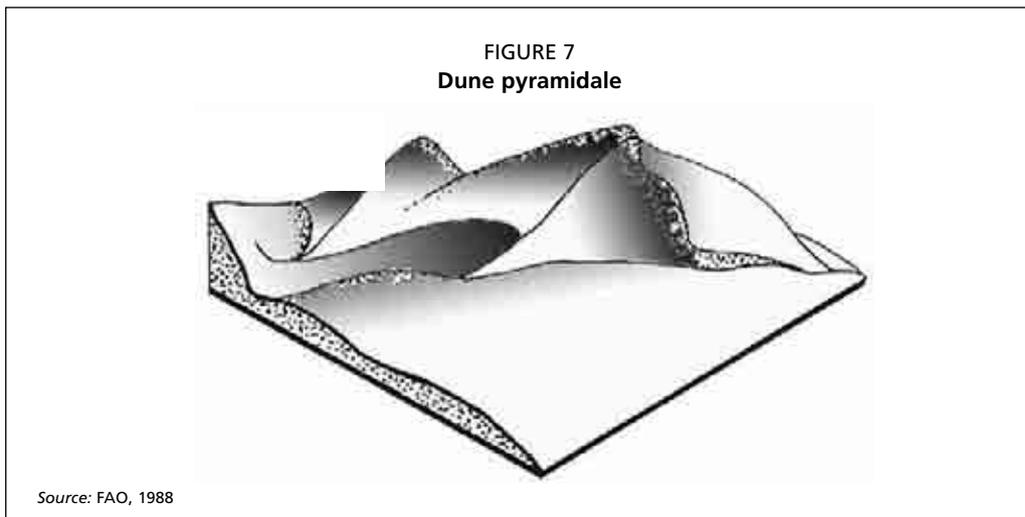
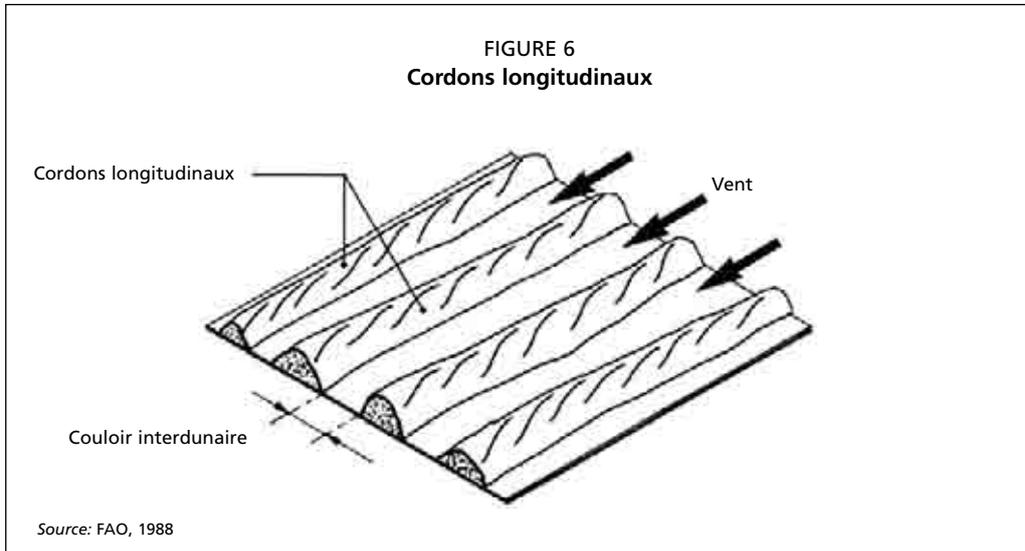
Les dunes pyramidales ou *ghourds*

Ce sont des collines de sable, souvent en forme de pyramide étoilée, pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres de hauteur (figure 7). Elles naissent à la convergence de plusieurs flux éoliens et sont pratiquement stables et immobiles. Elles deviennent donc des sources de sable qui peuvent donner naissance à des barkhanes ou à des dunes linéaires, comme dans les *wilayas* (divisions administratives) du Tagant et de l'Adrar.



Les aklés

Ce type de formation, présent dans les *wilayas* de l'Inchiri et de l'Adrar, est un assemblage complexe de dunes qui se chevauchent (figure 8).



Les ergs

Il s'agit de vastes étendues couvertes de dunes. Ce type de formation est très ancien (de 15 000 à 20 000 ans) et stable. Il ne présente aucun danger pour les agglomérations, le réseau routier ou les cultures.

IDENTIFICATION DES SITES ENSABLÉS

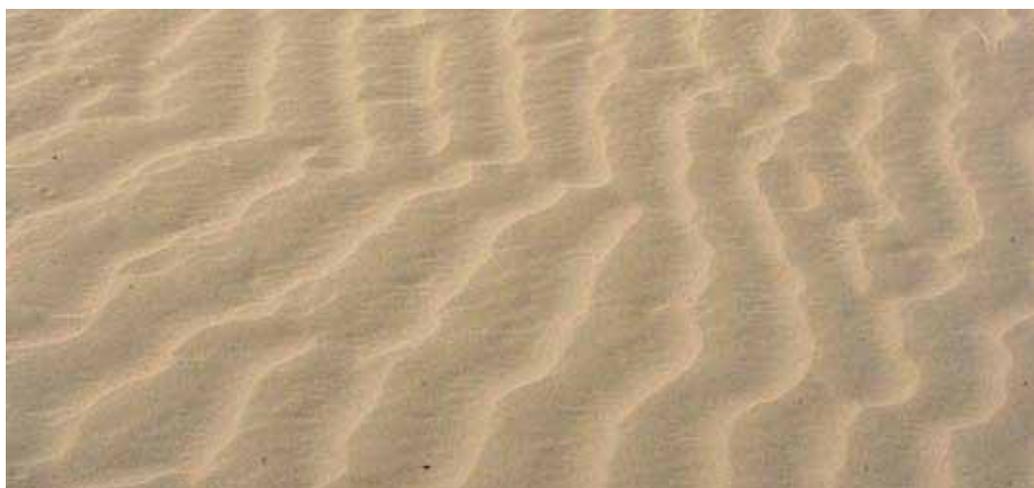
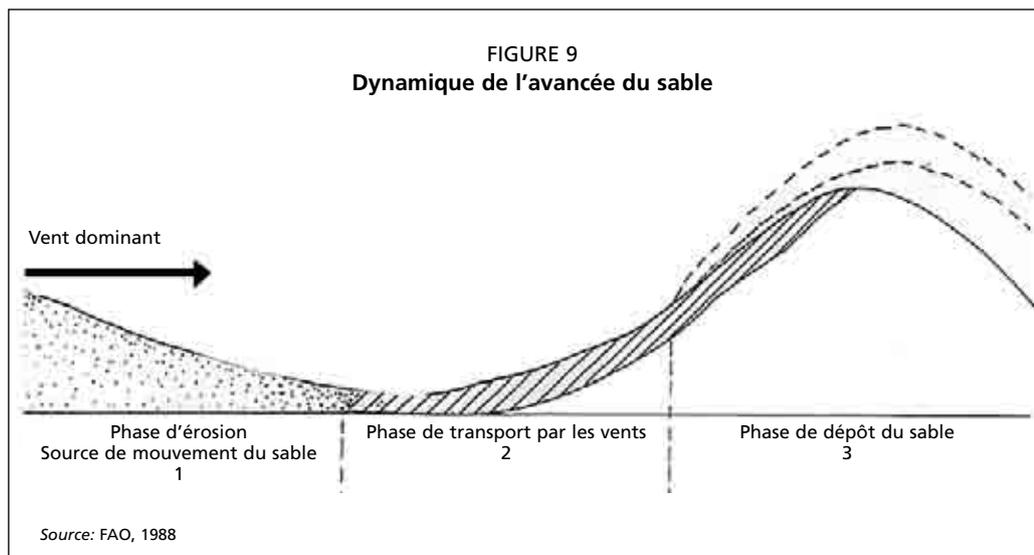
Observations sur le terrain

Lorsqu'un site est menacé d'ensablement, il est nécessaire d'identifier avec soin les sources de sable, les zones de transport et les secteurs d'accumulation (figure 9).

Les sources de sable peuvent être d'origine locale ou mixte (autochtone ou allochtone). Le sable peut également provenir de la dégradation du couvert végétal, d'anciennes dunes remises en mouvement, d'apports actuels provenant des épandages de crues, des terrasses alluviales ou des oueds. Une bonne localisation des étendues de sources de sable permet de bien définir les techniques de stabilisation à adopter.

Les zones de transport sont des surfaces sur lesquelles le sable se déplace par saltation et roulage, en laissant sur son passage des traces telles que les voiles éoliens et les nebkas. L'orientation de ces traces indique la direction de déplacement du sable vers les zones de dépôt.

Les secteurs d'accumulation ou les zones de dépôt sont d'importantes masses de sable, comme les barkhanes, les dunes linéaires, les cordons longitudinaux, etc. Ces



Zone de déflation et de transport

masses sableuses sont très dangereuses pour les villages, les infrastructures routières, les périmètres maraîchers et les palmeraies. Ces masses se transforment en fronts de dunes lorsqu'elles rencontrent un obstacle placé sur leur trajectoire. Les crêtes de ces fronts signifient qu'elles constituent des pièges à sable, qui peuvent se développer sur plusieurs mètres de haut en risquant de tout ensevelir à mesure qu'elles avancent. Les secteurs d'accumulation constituent également d'importantes masses de matériel sableux qui, transporté par le vent, risque d'envahir d'autres sites.

La cartographie des zones ensablées

Les sites ensablés doivent être inventoriés, répertoriés et cartographiés, et leurs coordonnées géographiques bien précisées. Les études feront ressortir les directions de l'ensablement, les secteurs de dépôt sableux, ainsi que les types de traitement proposés.

En Mauritanie, tous les sites ensablés dans les diverses *wilayas* ont été inventoriés et répertoriés en 1990 sur une carte d'ensemble du Programme multisectoriel de lutte contre la désertification (PMLCD). Ces données sont disponibles à la Direction de la protection de la nature du Ministère de l'environnement et du développement durable.

TYPES DE TRAITEMENT

Pour fixer des dunes mobiles, il est nécessaire d'étudier la composition et les caractéristiques du sable, la force, la fréquence et la direction du vent, la quantité, la durée et la fréquence des pluies, ainsi que l'existence ou non de végétation naturelle sur ces dunes.

Le principe fondamental de la fixation des dunes est d'empêcher le sable de se déplacer pendant un laps de temps suffisant pour permettre à une végétation naturelle ou plantée de s'y établir. Pour maîtriser l'ensablement, il faut réduire le phénomène de saltation, soit en stabilisant le sol, soit en atténuant le gradient de vitesse du vent près de la surface du sol. On peut également utiliser la vitesse du vent dans les techniques de gestion du sable et des masses dunaires; le vent en grande vitesse prend du sable et dégage ainsi les sites ensablés. Au contraire, il se déleste quand sa vitesse diminue, et dépose alors le sable. À partir de ces principes généraux, on distingue deux types de fixation.

La fixation primaire permet soit de stabiliser mécaniquement les masses sableuses en ralentissant leur vitesse et leur déplacement, soit d'empêcher la formation de ces masses sableuses par:

- la mise en place de palissades et de clayonnages perpendiculaires au vent dominant;
- l'épandage d'un produit ou matériau pouvant couvrir uniformément le sol (mulching);
- le profilage de l'obstacle pour maintenir ou augmenter la vitesse du vent; cette technique accroît la capacité de mobilisation et de transport du sable.

La fixation définitive ou biologique se fait par la mise en place et la protection d'une couverture végétale ligneuse et/ou herbacée permanente (semis direct, plantation, mise en défens, gardiennage).

3. Les techniques de fixation des dunes

FIXATION PRIMAIRE

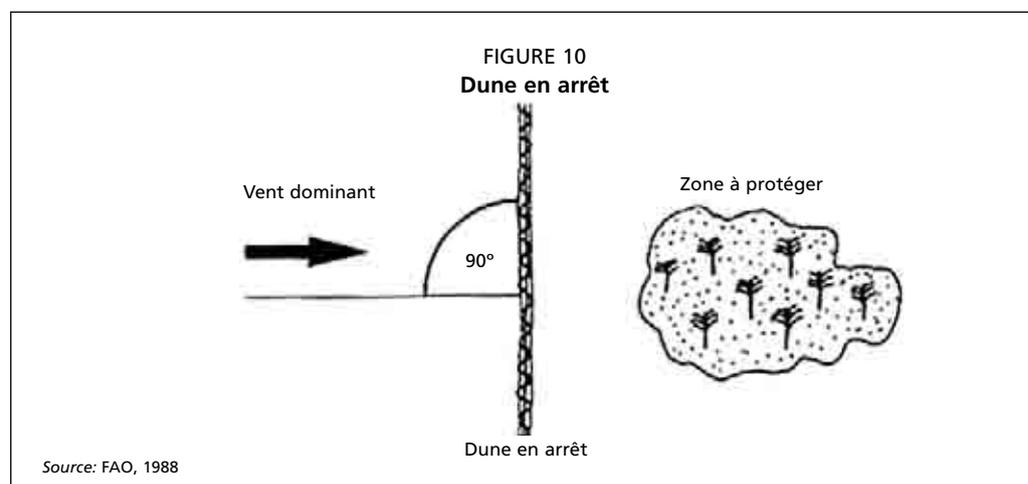
La stabilisation mécanique des dunes

La phase initiale de la lutte contre l'ensablement consiste à freiner le mouvement du sable en érigeant des palissades de 1 à 1,5 m de hauteur, afin de provoquer à leur niveau une accumulation de sable qui permettra la formation d'une dune artificielle. Le phénomène s'explique mécaniquement par le fait que la palissade ralentit l'écoulement de l'air, et cette réduction de vitesse provoque des flux d'air, qui se délestent à ce niveau de leur charge de sable. On distingue deux types de dunes artificielles, selon le positionnement de la palissade par rapport à la direction du vent dominant.

La dune en arrêt est la pratique la plus courante pour arrêter la progression du sable. La dune se forme à partir d'une palissade perpendiculaire à la direction du vent dominant (figure 10). Si les vents viennent de directions autres que celle du vent dominant, le dispositif mis en place est complété par un clayonnage croisé ou un quadrillage entre deux palissades successives. Le quadrillage est un réseau de lignes d'arrêt délimitant entre elles des carrés ou des losanges. La nature et la technique de mise en place sont similaires à celles des palissades. En effet, chaque élément de clayonnage fonctionne comme une palissade au-delà de laquelle se dépose le sable. Les unités d'espace à l'intérieur du clayonnage se comblent progressivement au fur et à mesure qu'elles piègent le sable.

La dune en défilement, ou dune de déviation, dévie la progression du sable dans une direction autre que celle du vent dominant. L'orientation de la palissade fait un angle de 120 à 140 degrés avec la direction moyenne du vent dominant (figure 11). Cette disposition est cependant peu utilisée car le sable détourné risque d'envahir d'autres sites – habitats, cultures et infrastructures diverses –, même très éloignés de la zone qui fait l'objet des travaux de stabilisation.

Les palissades peuvent être tressées (plus coûteuses) ou non tressées; elles sont généralement constituées de branchages provenant de boisements matures d'espèces appropriées, comme les peuplements naturels de *Prosopis juliflora*, de *Balanites aegyptiaca* et de divers acacias, mais aussi de feuilles de palmiers ou de tiges de *Leptadenia pyrotechnica* ou d'euphorbes. Il faut prélever ce matériel de manière rationnelle, afin de ne pas nuire à



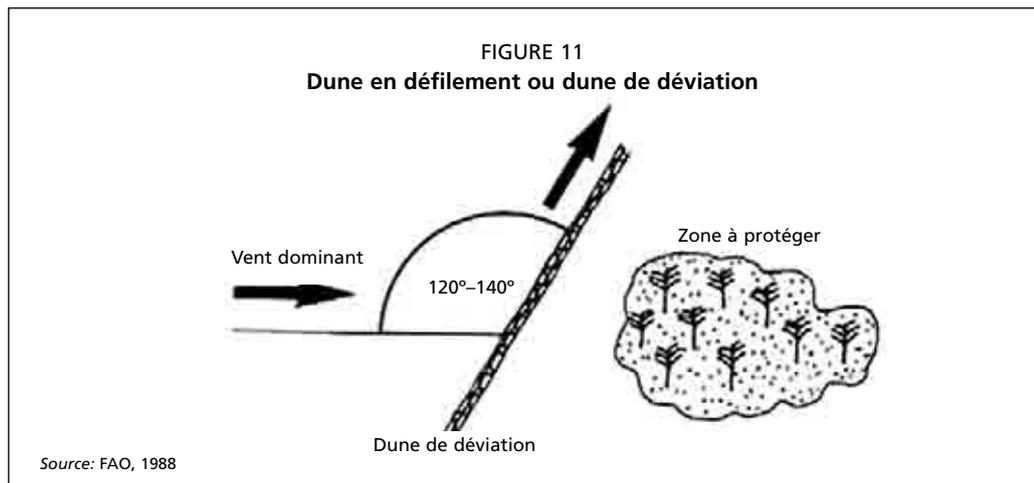
la pérennité des formations ligneuses existantes. On peut aussi utiliser des pailles de mil, sorgho ou riz, ou bien d'autres herbacées naturelles comme *Panicum turgidum*.

Sur le lieu d'installation préalablement piqueté, le matériel végétal est posé en forme de haie dans une tranchée. Si des difficultés d'approvisionnement en matériel végétal se présentent, l'utilisation de plaques perforées en fibrociment ou de grillages synthétiques est recommandée.

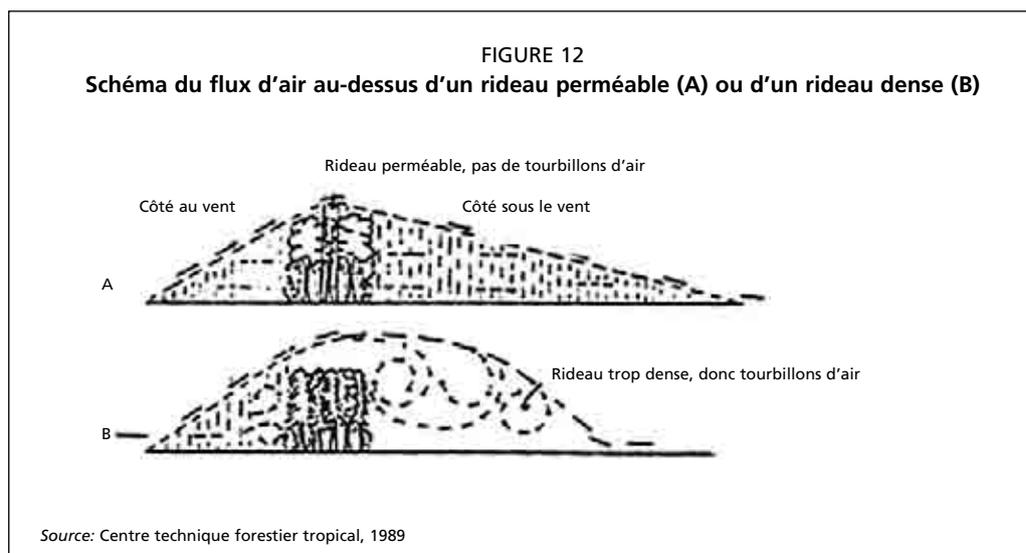
Pour remplir efficacement son rôle, la palissade doit avoir une perméabilité au vent de 30 à 40 pour cent, afin de freiner sa vitesse et de former une accumulation de sable sans provoquer dans la zone sous le vent de phénomène tourbillonnaire. Sa hauteur ne doit pas dépasser 1,2 m de hauteur, car 95 pour cent du sable en mouvement se trouvent dans les 30 premiers centimètres au-dessus de la surface du sol (figure 12).

Les palissades et les clayonnages internes doivent être régulièrement entretenus, et rehaussés dès que le sable arrive à 10-15 cm du bord supérieur des palissades, de sorte qu'elles puissent continuer à jouer un rôle efficace et durable. Toute brèche dans ces infrastructures peut entraîner rapidement la remise en mouvement de grandes quantités de sable et annihiler leur efficacité. Le rehaussement des palissades continuera jusqu'à ce que la dune artificielle atteigne son profil d'équilibre et devienne stable et fixe.

Les dimensions des mailles du clayonnage sont fonction de l'intensité des vents, des pentes des versants de la dune et de la forme de cette dernière. Plus le modelé dunaire est complexe, plus la densité du quadrillage (palissades et clayonnages) est forte, pouvant aller de 600 à 1 200 mètres linéaires à l'hectare.



Clayonnage en polystyrène extrudé



Le gardiennage permanent renforce les travaux d'entretien, en empêchant toute intrusion du bétail (dromadaires, moutons, chèvres et ânes), pour lequel des couloirs de passage sont délimités. Les gardiens peuvent aussi sensibiliser les populations vivant près des périmètres protégés à la nécessité de respecter et préserver les activités entreprises, qui leur assureront rapidement la sauvegarde de leurs infrastructures (habitations, mosquées, cultures, jardins maraîchers, routes, etc.) contre l'ensablement et contribueront à la protection de leur environnement.

Le mulch ou écran protecteur

La technique du mulch consiste à recouvrir uniformément le sable dunaire d'un écran protecteur, naturel ou artificiel, pour empêcher le phénomène de saltation. Ce procédé est surtout utilisé sur des surfaces planes ou peu accidentées. Pour la confection du mulch, des matériaux divers peuvent être utilisés, comme la paille, les branchages, les films plastiques, les fibres et grillages acryliques.

À titre indicatif, il faut mentionner les huiles minérales (asphalte, huiles lourdes et huiles brutes) qui peuvent aussi être utilisées pour fixer les sables mobiles. Ce procédé, bien que coûteux et peu efficace à long terme, est surtout adopté par les pays producteurs de pétrole. La République islamique d'Iran, par exemple, a réalisé d'importants travaux de fixation des dunes en utilisant ce procédé, associé principalement à des plantations de tamarix.

La méthode aérodynamique

Cette méthode vise à utiliser la vitesse et la capacité de transport du vent, soit (i) en lui faisant évacuer les dépôts de sable indésirables par des procédés qui augmentent la vitesse à leur contact (par exemple, l'orientation des rues parallèlement à celle du vent dominant, dans certaines agglomérations sahéniennes; la pose de pierres distantes les unes des autres le long de la crête des dunes à faire disparaître) et en s'assurant qu'il ne rencontre pas d'obstacle et transporte ainsi au loin les dépôts de sable; soit (ii) en profilant les obstacles rencontrés par le vent chargé de sable pour que sa vitesse ne soit pas réduite, mais au contraire augmentée; ces obstacles ont un effet aérodynamique sur l'écoulement du courant éolien. Il se produit une compression qui permet d'accélérer la vitesse du vent, sans provoquer d'effet tourbillonnaire, ce qui conduit à des accumulations sableuses. Ce principe d'accélération ou de maintien de la vitesse du vent stabilise ou augmente la capacité de charge de ce dernier, et donc sa force d'entraînement. Le vent balaie alors littéralement le sable qu'on veut dégager. C'est le contraire du principe de ralentissement du vent par les palissades. Le cas le plus impressionnant d'utilisation de cette méthode est le profilage transversal d'une route et de ses abords immédiats. Le profilage doit porter

sur tous les obstacles rencontrés – amas de sable, pierres, végétation, etc. – et il est effectué des deux côtés de la route, sur une largeur totale moyenne de 25 m. En Mauritanie, cette méthode a été appliquée avec succès sur certains tronçons de la Route de l'espoir. Les portions traitées doivent cependant être surveillées et les profilages entretenus, si on désire maintenir un effet durable.

FIXATION BIOLOGIQUE

Lorsque les dunes ont été stabilisées mécaniquement, il est possible de les fixer définitivement par l'installation d'une végétation arborée et herbacée pérenne.

Les dunes constituent un milieu qui offre des conditions difficiles d'installation et de croissance pour toutes les espèces végétales. Toute plantation devra nécessairement tenir compte du choix des espèces pouvant s'adapter à ce milieu et de la profondeur de l'humidité résiduelle des couches sous-jacentes. Les sables dunaires dénudés ont la particularité de conserver une partie de leurs eaux d'infiltration pendant un laps de temps assez long. Ils possèdent en effet un coefficient de réflexion de la lumière (albédo) élevé et conduisent très mal la chaleur, de sorte que les dunes accusent peu les fortes amplitudes thermiques et ne s'échauffent que sur 1 m de profondeur au maximum, ce qui limite l'évaporation de l'humidité emmagasinée. De plus, les sables ne permettent qu'une faible remontée capillaire. La partie supérieure de la dune joue un rôle d'écran protecteur sur 20 à 30 cm, réduisant ainsi la perte d'humidité des couches plus profondes, ce qui est indispensable à la reprise et à la croissance des espèces à planter.

Choix des espèces ligneuses et herbacées

La sélection des espèces varie selon les conditions climatiques et écologiques. Les espèces choisies pour la plantation devront remplir les critères suivants:

- capacité de se développer dans un milieu pauvre en éléments nutritifs et soumis à des variations de température diurne et nocturne importantes;
- présence d'un système racinaire pivotant et puissant, pouvant atteindre rapidement l'humidité résiduelle du sol pour neutraliser les effets de la sécheresse;
- résistance aux vents violents, secs et chauds et à leur action abrasive sur les feuilles et les tiges;
- croissance rapide et faculté de se régénérer facilement;
- capacité d'améliorer et d'enrichir le sol dunaire – ce qu'on a recherché en introduisant des espèces fixatrices d'azote (légumineuses).

Certaines essences s'adaptent aux différentes parties de la dune, d'autres aux zones interdunaires. Après de nombreux tests, les principales espèces retenues pour être plantées en Mauritanie sont mentionnées ci-après.

- **Sur les dunes continentales.** *Prosopis juliflora*, seule espèce ligneuse ayant actuellement donné des résultats probants et durables sur ce type de sol, et *Aristida pungens* sont installées sur les cordons dunaires très mobiles. Les zones déflationnaires (zones de départ du sable, donc propices à l'affouillement) sont plantées avec *Leptadenia pyrotechnica*, *Aristida pungens* et *Panicum turgidum*. D'autres espèces ligneuses, principalement de nombreux acacias (en particulier *Acacia raddiana* et *A. senegal*), *Balanites aegyptiaca*, *Euphorbia balsamifera* et *Persica salvadora*, sont mises en place dans les zones plus stables.
- **Sur les dunes littorales.** Seules les espèces ligneuses et herbacées halophytes (qui résistent à la salinité du sol et aux embruns salés) sont susceptibles de se développer sur les dunes littorales. Les plantations sont faites avec *Nitraria retusa*, *Tamarix aphylla*, *Tamarix senegalensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia* et *Zygophyllum* spp.

Des fiches descriptives de certaines espèces utilisées en Mauritanie sont données à l'annexe 1.

Les techniques de plantation

L'époque de plantation. En Mauritanie, les plantations et les regarnissages dans les zones à forte mortalité débutent avec le lancement de la campagne annuelle de reboisement, qui correspond en général à celle de la saison des pluies, c'est-à-dire de juillet ou août à la fin d'octobre. Lorsque la pluviométrie est déficitaire, ce qui est souvent le cas, un apport d'eau avant et après la plantation est indispensable pour permettre au pivot d'atteindre plus rapidement la couche d'humidité résiduelle du sol et au plant de s'établir.

La densité à la plantation. Dans les zones arides et semi-arides, la densité va dépendre de la richesse du sol, de la profondeur de l'humidité résiduelle et surtout des précipitations. Plus ces dernières sont faibles, plus l'écartement sur et entre les lignes de plantation sera grand, afin d'éviter la concurrence entre les plants et l'épuisement des réserves hydriques du sol. La densité retenue doit cependant permettre le ralentissement et la suppression de l'érosion éolienne.

En Mauritanie, l'écartement à la plantation selon ces critères varie de 5 × 5 m en carré (400 plants à l'hectare) ou en quinconce (462 plants à l'hectare) à 7 × 7 m en carré (200 plants à l'hectare) ou en quinconce (235 plants à l'hectare) et à 10 × 10 m en carré (100 plants à l'hectare) ou en quinconce (115 plants à l'hectare). Cette dernière densité peut cependant être renforcée sur les dunes à forte mobilité. En outre, l'écartement entre les ligneux permet de favoriser le développement naturel du tapis graminéen. La règle retenue recommande d'installer un plant ligneux par hectare et par millimètre de pluie effective. Ainsi, dans une région où il tombe 200 mm de pluie par an, il est conseillé de mettre en place 200 plants ligneux à l'hectare, associés aux herbacées pérennes.

La préparation du terrain. Le piquetage se fait à l'aide d'une corde de 100 à 150 m de long, indiquant par un repère la localisation des trous de plantation selon la densité choisie, soit entre les contre-dunes perpendiculaires au vent dominant, soit à l'intérieur des clayonnages internes si les vents sont multidirectionnels. De plus, des plants peuvent aussi être disposés parallèlement aux palissades pour former une haie vive, qui pourrait remplacer à court terme les branchages utilisés pour la stabilisation mécanique. La trouaison se réalise en fonction du piquetage, peu de temps avant la plantation ou au moment de celle-ci pour éviter l'éboulement des parois du trou de plantation. Dans le cas où l'humidité en surface du sable est nulle ou faible, un premier arrosage est recommandé avant la plantation proprement dite, afin de compenser la couche sèche au-dessus de l'humidité résiduelle.

La plantation. Au sortir de la pépinière, les plants et/ou les boutures produits en conteneur sont sévèrement sélectionnés et bien arrosés. Seuls les sujets vigoureux, dotés d'un système aérien et racinaire bien développé, sont transférés sur les sites de plantation. Il faudra prendre soin de ne pas les exposer au soleil ni aux vents durant le transport. Le rapport idéal entre la partie aérienne et la partie racinaire est de 2,5 ou 3 à 1.

Étant donné le faible étalement des précipitations dans les zones arides ou semi-arides, les plantations doivent être réalisées dans un laps de temps très court, et commencer de préférence après une bonne pluie pour garantir une reprise optimale. Les plantations se font toujours aux heures les moins chaudes, mais elles peuvent s'étaler pendant la journée si le temps est nuageux ou pluvieux.

La réussite d'une plantation dépend de la rapidité d'exécution, de la bonne organisation et de la répartition des équipes sur le terrain, ainsi que de la quantité de précipitations reçues.

Au moment de la plantation, les sachets en polyéthylène doivent être enlevés (inciser le fond du récipient et couper le long de la gaine avec un instrument bien tranchant), récupérés et détruits.

La plantation peut se faire soit en surface avec le collet du plant au niveau du sol, soit en profondeur avec le collet au niveau du sable humide, ce qui permet aux plants d'utiliser tout de suite l'humidité profonde du sol dunaire.



M. OULID MOHAMMED

Arrosage et plantation avec un cylindre



M. OULID MOHAMMED

Ensemencement aérien

Pour se soustraire à l'effet abrasif du vent et avoir une bonne chance de reprise, la partie aérienne du jeune plant doit avoir une hauteur au-dessus du sol supérieure à 30-45 cm. Il faut éviter de mettre le système racinaire en contact direct avec le sable sec. Après arrosage, le rebouchage des trous se fait obligatoirement avec du sable humide. Au pied du plant, le sol est ensuite recouvert de sable sec pour éviter l'évaporation des eaux d'arrosage.

Aucun apport d'eau n'est fait pendant la saison sèche.

Sur les dunes vives et mobiles, il est recommandé d'arroser les plants à l'aide d'un cylindre métallique creux, de 40 cm de diamètre et 40 cm de hauteur, ce qui permet l'infiltration des eaux d'arrosage directement vers la couche humide du sol. Sachant qu'un apport de 10 litres d'eau humecte 25 cm de sable, la quantité d'eau à apporter dépend de la profondeur de l'humidité résiduelle.

Le semis direct. Cette technique de semis, à la volée ou en poquet, n'est pas coûteuse et nécessite beaucoup moins de main-d'œuvre que la plantation. L'époque du semis doit cependant être bien choisie, en général après plus de 50 mm de pluie. Les résultats en termes de reprise et de croissance dépendent de la quantité et de la fréquence des pluies pendant la campagne en cours. Dans les régions arides et semi-arides, la réussite des semis directs reste problématique, car la mortalité des plantules après germination est en général très élevée.

Seules les espèces à grosses graines, comme les acacias et les balanites, peuvent être semées directement, car elles contiennent suffisamment de réserves nutritives pour nourrir la plantule jusqu'à ce que les racines soient bien établies et en mesure d'absorber l'humidité et les éléments nutritifs du sol.

Avant le semis direct, les graines peuvent subir un traitement préalable, sous forme de trempage dans l'eau chaude ou froide, ou bien d'immersion dans l'acide sulfurique, pour accélérer leur germination. Il est préférable également d'enrober les graines avec des produits anti-rongeurs et insecticides.

En Mauritanie, des semis directs à la volée avec des graines d'herbacées locales annuelles et pérennes ou de cucurbitacées (*Colocynthus vulgaris*) sont aussi pratiqués avec succès, mais le pourcentage de reprise dépendra uniquement des précipitations.

Depuis plusieurs années, des campagnes d'ensemencement par avion ont aussi été testées dans plusieurs *wilayas* du pays après l'enregistrement de bonnes précipitations. Cette méthode est toutefois assez coûteuse et nécessite de grandes quantités de semences, ainsi qu'une bonne connaissance des conditions météorologiques, notamment la direction des vents et leur vitesse.

Il faut néanmoins rester prudent quant à la généralisation de ce type de semis, et bien étudier les taux de germination et de croissance des différentes espèces dans ces zones difficiles.

La mise en défens et le gardiennage. Les travaux de fixation des dunes sont des réalisations extrêmement délicates, qui nécessitent durant plusieurs années une protection intégrale et constante, tout spécialement contre les intrusions de bétail. Les gardiens sont de préférence recrutés dans les agglomérations situées près des périmètres à protéger. Les collectivités rurales ont aussi un grand rôle à jouer pour assurer la pérennité de ces plantations ligneuses et herbacées, qui sont sources de futurs revenus (bois de feu, piquets, semences, fourrage, etc.).

4. Une expérience de fixation des dunes: réhabilitation et extension de la ceinture verte de Nouakchott

De 1975 à 1992, la mise en place initiale de la ceinture verte autour de Nouakchott sur 750 ha n'a tenu compte ni de l'évolution rapide de la population, qui atteint actuellement presque 1 million d'habitants, ni de la pression énorme exercée sur l'espace urbain et périurbain de la capitale durant ces dernières décennies.

Pour faire face à cette situation, le Gouvernement mauritanien a sollicité en 1999 l'assistance du gouvernement de la Région wallonne de Belgique, en vue d'entreprendre un programme de réhabilitation et d'extension des plantations déjà mises en place autour de Nouakchott, afin de protéger ses infrastructures socio-économiques contre l'ensablement.

À l'initiative du prince Laurent de Belgique, cette assistance s'est concrétisée entre 2000 et la fin de 2007, avec la réalisation de 800 ha par le biais du projet Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott, financé par la Région wallonne et exécuté par la FAO en partenariat avec le Gouvernement mauritanien. Le Programme alimentaire mondial (PAM) a collaboré au projet en fournissant des vivres aux travailleurs.

L'objectif de développement, tel qu'il était défini dans le document de projet, visait à stimuler la lutte contre l'ensablement et à protéger les infrastructures socio-économiques de Nouakchott, en assurant la pérennité, l'extension et la gestion durable des peuplements forestiers urbains et périurbains de la capitale, avec la participation de groupements coopératifs, d'associations, d'ONG et d'organisations socioprofessionnelles, en étroite coordination avec les autorités administratives, municipales et techniques.

Les objectifs immédiats étaient les suivants:

- garantir la pérennité et le renouvellement de la couverture arborée déjà en place;
- préparer, organiser et maintenir la participation des populations et des autorités locales pour la sauvegarde, le maintien et l'extension des plantations forestières;
- concevoir un programme forestier urbain et périurbain sur le moyen et le long terme pour la ville de Nouakchott;
- adapter et tester, à petite échelle, des activités de fixation des dunes littorales.

Durant la mise en œuvre du projet, la fixation de 800 ha de dunes continentales a été réalisée sous la supervision du gouvernement au nord-est de la capitale, afin de renforcer les premières activités de reboisement entreprises entre 1987 et 1992 par le Gouvernement mauritanien et la FLM.

Un test a également été mené sur 7 ha pour favoriser la recharge du cordon dunaire littoral à l'ouest de la capitale.

Dans la zone rurale de la *wilaya* du Trarza, à la demande des autorités locales et des communautés villageoises, le projet a permis d'enrayer la résurgence du phénomène d'ensablement qui menaçait ces localités, d'atténuer la dégradation de leur environnement et de protéger leurs infrastructures socio-économiques. Avec la participation active de la population et l'appui technique du projet, 50 ha ont été stabilisés mécaniquement et plantés.

Dès sa conception, le projet a bénéficié des expériences acquises par:

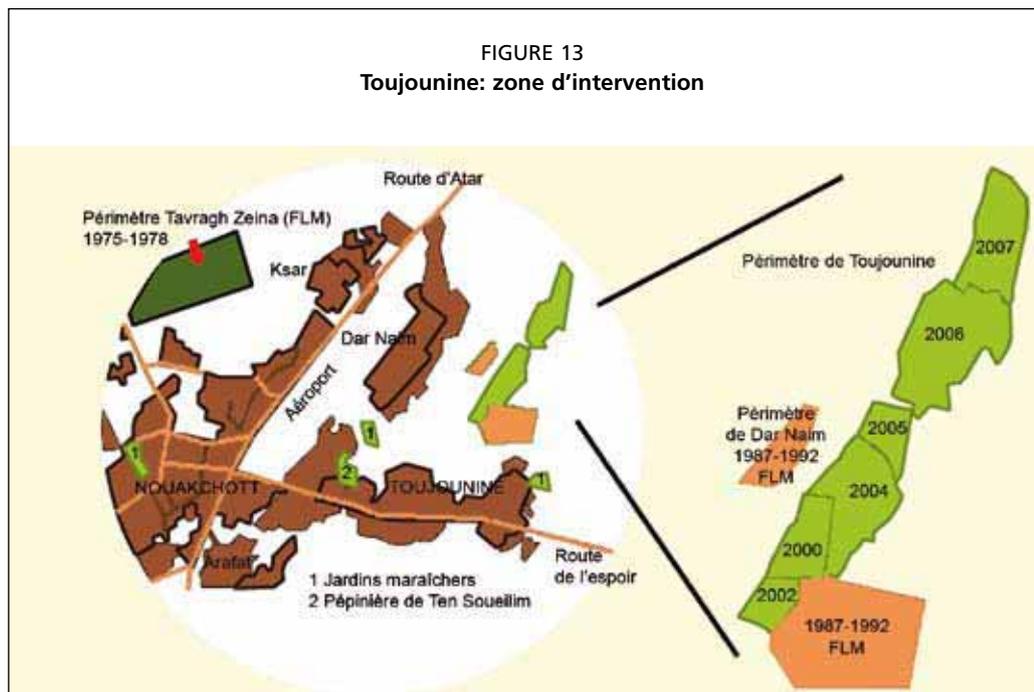
- le projet PLEMVASP de 1983 à 1997;

- la FLM, qui a réalisé les premiers travaux de fixation des dunes autour de la capitale entre 1975 et 1992, par le biais du projet Ceinture verte de Nouakchott;
- les études menées en 1984 par la FAO sur la dynamique éolienne et des sables et sur l'établissement de la carte d'ensablement autour de la capitale.

ÉTUDES PRÉLIMINAIRES

Recensement des périmètres forestiers et maraîchers dans les zones d'intervention du projet

Dès son lancement, le projet a réalisé le levé topographique et la cartographie des périmètres forestiers existants: 1 270 ha à Toujounine, Dar Naïm et Tavrigh-Zeina, ainsi que de leur extension de 857 ha durant les campagnes 2000 à 2007 à Toujounine (figure 13), au niveau du cordon littoral à Nouakchott et dans la *wilaya* du Trarza à Tiguint et à Tendghaïdsat.



Zone maraîchère de Dar Naïm

Les principales zones de cultures maraîchères, totalisant 150 ha à la périphérie de la capitale, ont aussi été répertoriées et cartographiées.

Grâce à l'intervention du projet, tous les périmètres forestiers localisés dans et autour de la capitale ont été intégrés par décret aux plans d'urbanisation de la ville de Nouakchott, afin d'assurer leur protection et de garantir la sauvegarde durable des infrastructures socio-économiques contre l'ensablement.

Analyse des données météorologiques

La station météorologique de l'aéroport de Nouakchott (18° 05' de latitude nord et 15° 56' de longitude ouest) est située à 5 km environ à l'ouest du périmètre de Toujounine. Les données climatiques (températures, précipitations, humidité relative, évaporation, heures d'ensoleillement et vitesse des vents) ont été relevées de 1946 à 2007 – soit 62 années d'observation –, et elles ont maintenant été collectées, analysées et informatisées (tableau 1).

La station météorologique de Tiguint, dans la *wilaya* du Trarza (17° 15' de latitude nord et 16° 00' de longitude ouest) a commencé à enregistrer les relevés des précipitations et du nombre de jours de pluie en 2002, année d'intervention du projet dans la *wilaya* du Trarza à Tiguint et à Tendghaïdsat (tableau 2).

TABLEAU 1
Résumé des données météorologiques pendant la durée du projet, aéroport de Nouakchott

Paramètre	Année								Moyenne 2000-2007
	2000	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Température (°C)									
Moyenne minima	19,1	20,7	20,8	20,8	20,5	21,2	20,4	20,1	20,4
Moyenne maxima	30,2	34,2	33,4	33,3	33,3	33,6	34,3	33,4	33,2
Moyenne générale	24,6	27,5	27,1	27,1	26,9	27,4	27,3	26,7	26,8
Moyenne minimum absolu	15,9	17,3	17,3	17,4	16,8	17,4	16,9	16,9	17,0
Moyenne maximum absolu	36,9	41,0	40,4	40,1	40,2	40,4	42,3	39,4	40,1
Humidité relative (%)									
Moyenne minima	32,7	33,7	31,7	35,1	34,2	35,7	35,8	31,0	33,7
Moyenne maxima	73,7	81,6	75,6	79,2	79,9	80,4	77,3	73,7	77,7
Moyenne générale	53,2	57,6	53,6	57,1	57,0	58,1	56,6	52,3	55,7
Moyenne minimum absolu	10,8	10,5	10,2	11,8	11,0	9,5	11,7	10,8	10,8
Moyenne maximum absolu	90,6	98,3	96,7	96,1	97,4	98,0	94,1	95,5	95,8
Précipitations									
Total (mm)	75,9	127,7	32,5	45,4	25,8	184,2	64,9	15,5	71,5
Nombre total de jours de pluie	9	9	7	7	9	17	13	7	9,8
Évaporation (Piche)									
Moyenne (mm)	198,2	198,3	200,5	186,2	190,6	254,0	282,8	311,4	227,8
Ensoleillement									
Durée (heures)	223,2	263,6	246,5	241,4	248,6	252,9	265,5	260,9	250,3
Vitesse des vents (m/s)									
Moyenne	4,5	4,4	4,7	4,5	4,6	4,1	4,4	4,5	4,5
Maximum	16,2	16,8	17,8	16,8	15,9	15,5	17,2	15,2	16,4

* Pas de plantation ni de regarnissage durant cette année.

TABLEAU 2
Précipitations à Tiguint

Précipitations	Année						Moyenne 2002-2007
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Total (mm)	101,7	247,2	164,6	204,3	152,0	111,5	163,6
Nombre total de jours de pluie	11	15	12	18	15	10	13,5



Pépinière villageoise de Tendghaïdsat, wilaya du Trarza

PÉPINIÈRES FORESTIÈRES

En général, l'emplacement d'une pépinière permanente visant à approvisionner un périmètre de reboisement sur une période relativement longue doit tenir compte des facteurs suivants:

- la topographie du terrain: le terrain idéal doit être plat, légèrement en pente dans la direction longitudinale, défriché, nivelé et sans cailloux;
- la qualité du sol, qui doit être limoneux sableux, de texture légère ou moyenne, facile à travailler, bien drainé, exempt de nématodes et de cryptogames dangereux;
- une alimentation permanente et suffisante en eau de qualité;
- une situation centrale ou à proximité des périmètres de reboisement;
- un accès facile en toutes saisons;
- la disponibilité d'une main-d'œuvre suffisante;
- la capacité d'approvisionnement annuel en substrat pour assurer la production escomptée.

Le périmètre réservé à la pépinière est protégé contre les vents dominants, le ruissellement des précipitations ou des eaux d'accumulations secondaires, le bétail, les feux, les oiseaux et les invasions acridiennes. Il est aussi entouré d'une clôture grillagée, doublée à l'intérieur du périmètre d'une haie vive, si possible épineuse, ou de palissades en matériel végétal ou synthétique. Un gardiennage permanent est également conseillé.

Certaines pépinières ont été mises en place et gérées par les communautés locales. Par exemple, la pépinière de Tendghaïdsat dans la *wilaya* du Trarza, d'une surface de 400 m² et d'une capacité de production annuelle de 25 000 plants, a été établie sur la base d'une stratégie participative avec les communautés rurales, ainsi que l'appui et la supervision des experts techniques du projet.

Un exemple: la pépinière de Ten Soueilim

Cette pépinière, située dans l'ancienne station de recherches forestières de Ten Soueilim, dans la *moughataa* (préfecture) de Dar Naïm, *wilaya* de Nouakchott, répond parfaitement à tous les critères cités.

La parcelle retenue pour les activités du projet couvre une superficie de 1 500 m², destinée à assurer une production annuelle de 60 000 plants pour les plantations et

regarnissages dans la zone de reboisement de Toujounine, la zone de dunes littorales de Nouakchott et la zone de reboisement de la *wilaya* du Trarza à Tiguint.

Le levé topographique et la cartographie à l'échelle de 1:200 ont été réalisés au début du projet, et le plan a été mis à jour chaque année. Le plan signale l'emplacement des plates-bandes en fonction de la production annuelle et des espèces pour le stockage des récipients (sachets en polyéthylène), des banquettes pour la production des racines nues, des allées et des arrivées d'eau d'irrigation.

Dans cette pépinière, les plates-bandes ont 1 m de largeur, 10 m de longueur et 10 cm de profondeur, et elles sont séparées les unes des autres par une allée de 50 cm de largeur. Elles doivent toujours être dans l'axe est-ouest, afin de donner la même durée d'éclairement aux jeunes plants et d'assurer ainsi une production homogène. Les plates-bandes sont disposées de part et d'autre de l'allée centrale. Elles contiennent chacune 1 000 plants.

Les modes de production sont principalement le semis direct en sachet de polyéthylène noir (dimensions à plat: 25 cm × 12,5 cm, pour un volume de 1 256 cm³), la bouture en sachet et, à titre expérimental, la racine nue en banquette de 10 m de longueur, 1,1 m de largeur et 30 cm de hauteur.

Pour conditionner les plants sur le lieu de plantation, le substrat utilisé se compose de sable dunaire et d'un faible apport (de 10 à 15 pour cent) d'engrais organique.

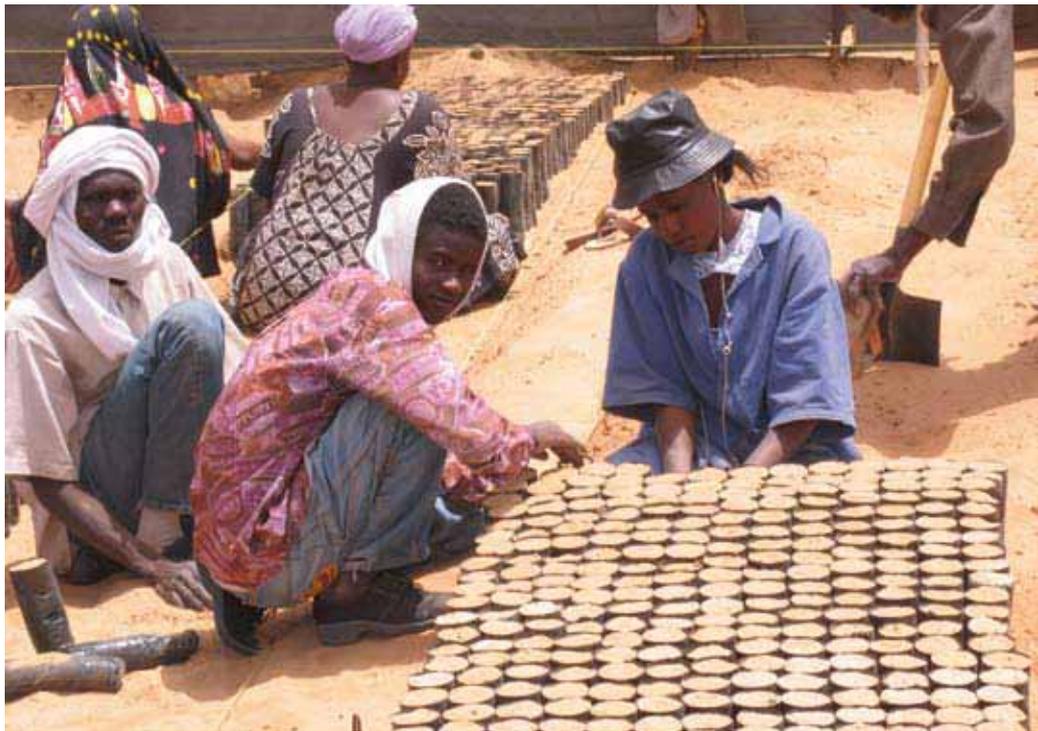
Avant de remplir les sachets et les banquettes, on mélange soigneusement le substrat et on le tamise pour obtenir une texture homogène et éliminer les éléments indésirables (bois, pierres, etc.).

Le semis est l'une des principales opérations de pépinière. Plusieurs facteurs sont importants:

- connaître la provenance et la date de récolte des graines;
- avoir des graines saines à pouvoir germinatif élevé (il faut effectuer un test de germination pour chaque espèce avant le semis);
- arroser copieusement le substrat avant le semis pour favoriser la germination des mauvaises herbes et leur élimination, tout en évitant le durcissement du substrat;
- mettre par récipient deux ou trois graines, trempées au préalable dans de l'eau chaude ou froide en fonction de l'épaisseur de la cuticule; la profondeur du semis dépendra de la grosseur de la graine, soit environ une fois et demie à deux fois son diamètre; pour la production des racines nues dans les banquettes, les poquets de semis sont disposés tous les 10 cm sur des lignes distantes de 15 cm, soit une densité de 70 plants au mètre carré;



Pépinière de Ten Souelim



M. OULD MOHAMMED

Stockage des sachets dans les planches de pépinière



M. OULD MOHAMMED

Production de Prosopis juliflora à racines nues en banquettes

- semer en premier lieu les espèces à germination lente;
- arroser par pulvérisation après l'ensemencement et jusqu'à la levée, en évitant que les graines soient projetées hors des lits de semis;
- protéger les semis contre les oiseaux, les insectes et les rongeurs à l'aide de grillages, d'insecticides et de produits anti-rongeurs;
- contrôler la durée de germination pour chaque espèce et, si nécessaire, semer à nouveau pour avoir des plants de hauteur homogène.

Certaines espèces, comme *Tamarix aphylla* et *T. senegalensis* qu'on utilise pour la fixation des dunes littorales, sont multipliées en pépinière par bouturage. Les boutures,

prélevées sur des arbres sélectionnés, ont de 15 à 20 cm de hauteur et 2 cm de diamètre, et sont enfoncées obliquement dans le sachet de manière à laisser un ou deux bourgeons au-dessus du sol. Le substrat est ensuite tassé autour de la bouture.

Il est nécessaire d'apporter aux jeunes plants les soins suivants:

- Arrosage d'entretien. Il se fait à l'aide d'arrosoirs à pomme, deux fois par jour aux heures les moins chaudes, à raison de 20 litres/m² par arrosage; au fur et à mesure de la croissance des plants, on diminue la fréquence des apports d'eau pour conditionner les plants à leur futur milieu.
- Démariage. Si la germination est très bonne, seul le plant le plus vigoureux est gardé dans chaque récipient.
- Cernage et habillage des racines. Lorsque le système racinaire du plant commence à sortir du sachet, environ quatre à cinq semaines après la germination, les récipients sont déplacés latéralement pour empêcher le pivot et certaines racines latérales



M. OULID MOHAMED

Arrosage des plants en pépinière



M. OULID MOHAMED

Cernage des racines nues

de pénétrer trop profondément dans le sol. Cela favorise le développement des racelles dans le substrat et permet d'obtenir une bonne lignification de la partie aérienne du plant. L'opération se réalise par temps peu ensoleillé et se reproduit toutes les deux à trois semaines jusqu'au moment de la plantation. Après le cernage, les plates-bandes traitées sont bien arrosées. Pour la production des plants à racines nues, le cernage régulier du pivot et des racines secondaires se fait jusqu'à une profondeur de 25 à 30 cm avec des bêches bien affûtées (lame de 30 à 35 cm de long et 20 cm de large).

- Désherbage. Il doit être régulier dans les lits de semis.
- Ombrage des plates-bandes ou des banquettes. Pour préserver les jeunes plants contre les effets du soleil, il est nécessaire sous certains climats de leur donner de l'ombre. Cette protection est progressivement retirée en fonction du développement des plants.

Pour chaque campagne, le calendrier des travaux s'établit comme suit:

- de mars à avril: remise en état de l'infrastructure générale de la pépinière, apport du substrat, remplissage des sachets, préparation des planches pour les sachets et des banquettes pour les racines nues, mise en place des brise-vent, achat des semences;
- en avril: semis en sachet des espèces locales ligneuses à croissance lente (*Acacia raddiana*, *A. senegal*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Nitraria retusa*) et herbacées (*Aristida pungens*, *Panicum turgidum*) et bouturage en sachet (*Tamarix aphylla*, *T. senegalensis*);
- en mai: semis en sachet et dans les banquettes pour *Prosopis juliflora*;
- de juillet à octobre: arrosages, déplacements latéraux réguliers des sachets et cernages mensuels des plants à racines nues, traitements phytosanitaires, diverses activités d'entretien et de gardiennage jusqu'au moment de la plantation.

Le respect de ce calendrier permet d'obtenir des plants de qualité optimale pour la réussite de la plantation.

Le projet a privilégié la production d'espèces locales ligneuses et herbacées plutôt que d'espèces introduites.

Durant toute la durée du projet, l'accent a été mis sur la formation pratique soutenue



Planches de *Panicum turgidum*

du personnel, la production de plants sains, lignifiés et dotés d'un système racinaire orthotrope (sans enroulement spiralé ni crosse), bien fourni en racines secondaires.

Le transport du substrat, le remplissage des sachets et des banquettes, ainsi que le stockage des sachets dans les plates-bandes, nécessitent le travail de 20 à 25 personnes-jour pendant un mois. À partir du semis, l'équipe journalière en pépinière comprend un chef d'équipe, deux ouvriers et dix ouvrières pour assurer une production annuelle moyenne de 60 000 plants.

Le prix de revient moyen du plant est de 0,25 \$EU.

STABILISATION MÉCANIQUE DES DUNES

Dans les zones d'intervention du projet, la technique du clayonnage croisé ou carroyage a été retenue en fonction des directions des vents dominants. En moyenne et suivant le modelé dunaire, de 600 à 1 200 mètres linéaires de palissade (limites de la zone traitée, contre-dunes perpendiculaires à la direction des vents dominants, et clayonnage interne) ont été installés par hectare.

Comme matériaux de stabilisation, le projet a opté pour des branchages non tressés de *Leptadenia pyrotechnica* et de *Prosopis juliflora*, qui ont été posés directement dans une tranchée préalablement ouverte. Cette méthode s'est avérée beaucoup plus rapide et moins onéreuse que celle des palissades tressées utilisées auparavant. Les prélèvements rationnels de matériel végétal effectués sous forme de taille d'amélioration des peuplements matures jouxtant les périmètres à stabiliser n'ont pas eu d'effets négatifs sur la croissance de ces peuplements.

La pose du matériel végétal se fait en respectant la perméabilité des palissades (de 30 à 40 pour cent de vide) et leur hauteur (de 1 à 1,25 m). Deux ou trois équipes-jour de 20 personnes chacune (un chef d'équipe et 19 ouvriers) assurent la coupe, le transport et l'installation du matériel végétal.

Une personne place en moyenne de 6 à 8 m de palissade par jour, selon l'éloignement de la source d'approvisionnement. Le mètre linéaire posé revient à 0,65 \$EU.



Coupe à la scie



Coupe à la tronçonneuse



Transport du matériel végétal



M. OULD MOHAMMED

Pose du matériel végétal



M. OULD MOHAMMED

Installation d'une palissade



J. SHADID

Vue générale d'une zone stabilisée mécaniquement

FIXATION BIOLOGIQUE DES DUNES

Les dunes étant stabilisées, il devient possible de les fixer définitivement par l'installation de végétation pérenne herbacée et ligneuse.

Pour chaque campagne, les plantations et les regarnissages commencent dès les premières pluies.

L'idéal est de planter quand la jonction entre la nouvelle humidité du sol et l'humidité résiduelle est faite, c'est-à-dire quelques jours après une bonne pluie. Avec un sol bien humide, la durée des plantations est réduite au minimum et la reprise des plants optimale, ce qui permet une réduction des coûts à l'hectare. En cas de déficit pluviométrique, un apport d'eau à chaque plant vient compenser la profondeur de l'humidité résiduelle.

L'emplacement des espèces sur le terrain est très important pour la réussite de la plantation.

Sur les dunes continentales, trois zones sont à prendre en considération: la zone d'accumulation, la zone de déflation et la zone intermédiaire. Le choix des espèces à installer sur chacune de ces zones est fonction de leur adaptation à la zone. Dans le cas du projet, *Prosopis juliflora* (seule espèce ligneuse ayant donné des résultats concrets et durables sur ce type de sol) et *Aristida pungens* ont été installées sur les cordons dunaires très mobiles au niveau des zones d'accumulation. Les zones déflationnaires ont été plantées avec *Leptadenia pyrotechnica*, *Aristida pungens* et *Panicum turgidum*. Les autres espèces ligneuses à croissance lente, comme *Acacia raddiana* et *A. senegal*, ont été mises en place dans les zones intermédiaires plus stables. Des semis directs à la volée (herbacées locales) ou en poquet (*Colocynthus vulgaris*, famille des Cucurbitaceae) peuvent être testés, mais le pourcentage de reprise dépend des précipitations.

Sur les dunes littorales, les plantations sont faites avec des espèces ligneuses halophytes, qui peuvent supporter une salinité élevée, telles que *Nitraria retusa*, *Tamarix aphylla* et *T. senegalensis*.



M. OULID MOHAMMED

Transport de l'eau d'arrosage



J. SHADID

Arrosage de plants d'*Acacia senegal* après plantation



M. OULID MOHAMMED

Rehaussement et plantation du cordon littoral à Nouakchott

Pour les espèces ligneuses et herbacées produites en sachets, seuls les plants vigoureux bien lignifiés sont retenus, et copieusement arrosés juste avant leur transport sur le terrain. Les plants non sélectionnés sont éliminés. Le transport des plants sélectionnés se fait en camionnette bâchée pour éviter une exposition au vent et au soleil.

Dans le cas des espèces produites à racines nues, les plants sont triés, pralinés et emballés dans des sacs de jute bien humidifiés, car il est important de protéger leur système racinaire jusqu'au moment de la plantation.

L'écartement à la plantation pour les espèces ligneuses et herbacées est de 5 × 5 m en carré (densité de 400 plants par hectare). Pour favoriser le développement du tapis graminéen et éviter la concurrence entre les arbres dans un écosystème qui reçoit de faibles précipitations, l'écartement peut passer à 7 × 7 m en quinconce (densité de 235 plants par hectare) ou même à 10 × 10 m, également en quinconce (densité de 115 plants par hectare). Cette dernière densité est cependant renforcée sur les dunes à forte mobilité.

Au moment de la plantation, on retire les sachets pour éviter l'enroulement en spirale du système racinaire et l'étranglement progressif du pivot. On les récupère et les détruit ensuite pour ne pas polluer l'espace environnemental de résidus en plastique.

La réussite des plantations dépend évidemment des précipitations, de l'absence de vents de sable desséchants, de l'organisation des équipes sur le terrain et de leur vitesse d'exécution. Durant cette période, les équipes sont étroitement supervisées par les techniciens du projet, afin de garantir une reprise maximale des plants.

En moyenne, le pourcentage de mortalité est inférieur à 30 cent pour les espèces ligneuses plantées en motte (sachet enlevé). Pour les herbacées, la reprise avoisine les 80 pour cent. Cependant, les plantations à racines nues d'espèces ligneuses ne donneront de bons résultats que dans les zones où les précipitations sont supérieures à 150 mm.

Les regarnissages sont effectués chaque année dans les secteurs à forte mortalité.

Grâce aux interventions du projet, il y a eu une importante régénération naturelle du tapis graminéen, avec notamment *Aristida pungens*, *Panicum turgidum*, *Cyperus rotundus*, *Elionorus elegans* et *Eragrostis* spp., et cela sur l'ensemble des périmètres stabilisés et en périphérie.

Durant l'époque de plantation, trois équipes-jour de 20 personnes chacune, bien réparties sur le terrain, permettent d'assurer le piquetage, la trouaison, la plantation proprement dite et l'arrosage des plants.

Une personne plante en moyenne 15 plants par jour, avec un coût de 0,3 \$EU par plant.



Vue d'ensemble de la plantation à Toujounine



M. OUID MOHAMMED

Régénération naturelle du tapis herbacé



J. SHADID

Régénération naturelle de Cyperus rotundus

PROTECTION DES PÉRIMÈTRES FORESTIERS

La solution la plus appropriée reste le gardiennage permanent dans les zones d'intervention, afin d'empêcher la circulation du bétail (dromadaires, moutons, chèvres et ânes). Des couloirs de passage du bétail sont délimités, et les interventions humaines illicites (récolte de bois et coupe de pâturage) sont réduites au minimum afin de réduire au maximum les risques de dégradation des zones reboisées.

Les gardiens sont de préférence recrutés dans les villages avoisinant les périmètres de plantation. Aucune barrière grillagée n'est posée autour des périmètres, car cette méthode s'avère trop onéreuse et peu fiable à court terme.

Les populations sont impliquées et sensibilisées à la nécessité de respecter et de préserver ce patrimoine forestier, qui leur assurera très rapidement la sauvegarde de leurs infrastructures (habitations, mosquées, cultures, jardins maraîchers, routes, etc.) contre l'ensablement et de façon générale contre la dégradation de leur environnement.

En moyenne, un gardien assure la surveillance de 50 à 60 ha, mais la présence de gardiens est renforcée près des zones à forte densité pastorale.

Le coût annuel de la surveillance des périmètres plantés est de 15 \$EU par hectare.

PRINCIPALES CONTRAINTES

Les contraintes qui peuvent limiter la réussite des reboisements et des plantations dans les zones arides et semi-arides sont notamment les suivantes:

- les facteurs climatiques, à savoir le déficit pluviométrique, les vents desséchants et les écarts importants entre les températures diurnes et nocturnes;
- le manque d'implication des populations rurales bénéficiaires;
- l'absence d'encadrement de proximité pour garantir la formation et le suivi des structures nationales et des populations impliquées dans la mise en œuvre effective des programmes forestiers;
- le choix et la disponibilité des matériaux pour la stabilisation mécanique des dunes;
- la sélection d'espèces végétales, ligneuses et herbacées, adaptées aux écosystèmes dans lesquels les aménagements sont réalisés;
- les invasions acridiennes difficiles à contenir.



Invasion acridienne sur la végétation naturelle



*Peuplement de *Prosopis juliflora* après le passage des criquets pèlerins*

5. Approche participative

Dans toute initiative ou tout programme de lutte contre la désertification et l'ensablement, l'utilisation d'une approche participative est une condition clé pour assurer des résultats durables et des impacts positifs sur le long terme. La méthodologie de l'approche participative prévoit plusieurs étapes:

- le choix des sites à traiter, en prenant en considération la gravité des problèmes d'ensablement, la disponibilité et la volonté des populations pour réaliser les travaux selon les techniques appropriées, ainsi que l'approbation par les autorités locales du choix des sites à traiter et des priorités;
- la mise en place de comités villageois dans les zones ciblées, afin d'assurer l'organisation sociale des travaux et de veiller à la gestion et au suivi du calendrier établi;
- la signature de conventions ou d'accords en ce qui concerne la nature des opérations à entreprendre, les délais prescrits, la participation nécessaire, les rôles du comité constitué par les bénéficiaires et l'encadrement technique à apporter;
- la formation de villageois par les cadres de terrain (experts et techniciens nationaux, responsables de projets et d'ONG) en matière de production de plants, mise en place du clayonnage, plantation, suivi et gardiennage;
- la mise en œuvre, sur une base contractuelle, des activités et opérations avec les communautés locales, afin de garantir la participation et la responsabilisation des populations au respect du calendrier des activités.

La mise en œuvre d'une approche participative a permis d'obtenir les avancées suivantes:

- le passage d'une attitude fataliste à une attitude positive des populations;
- la compréhension et la prise en considération des points de vue des communautés villageoises en matière de gestion durable des terres;
- l'engagement des habitants locaux et leur participation en tant que parties prenantes dans la lutte contre l'ensablement;
- une meilleure prise de conscience et le renforcement des capacités des communautés locales;
- l'adoption de techniques simples et fiables;
- une amélioration des conditions économiques difficiles, grâce aux vivres fournis aux populations locales;
- l'atténuation de l'ensablement et de la pression environnementale due à l'exploitation, grâce à des techniques pouvant être facilement adaptées et dupliquées par les populations locales.

Les activités réalisées ont contribué au bien-être immédiat des populations rurales, en protégeant leurs infrastructures socio-économiques, en améliorant leur niveau de vie et en ralentissant l'exode vers les centres urbains.

EN MILIEU URBAIN ET PÉRIURBAIN

Dans le cas de la ceinture verte de Nouakchott, les spécificités du milieu urbain et périurbain ont nécessité une démarche adéquate. Un certain nombre de facteurs ont été pris en considération:

- les populations de ces zones sont souvent assez démunies, vivant de petits métiers et de travail journalier;
- certains habitants, souvent locataires (fonctionnaires et commerçants) peuvent ne pas être directement concernés ou ne pas manifester d'intérêt pour les activités durables de préservation de l'environnement;

- les aménagements relèvent du domaine de l'État et offrent peu d'opportunités d'utilisation de produits ou sous-produits forestiers.

L'approche envisagée peut donc être participative, mais pas fondamentalement communautaire, cette dernière étant plus appropriée au monde rural. En conséquence, le projet conçoit une approche fondée sur l'exécution des activités sous la supervision de l'État avec une main-d'œuvre rétribuée mensuellement, plutôt que de compter sur la participation collective désintéressée des communautés vivant dans ces zones. Ces communautés n'ont également ni motivation ni temps, car elles sont le plus souvent occupées dans des activités diverses pour assurer leur subsistance.

Pour pérenniser les aménagements existants et futurs, le projet a choisi une démarche participative qui a associé les autorités administratives et municipales concernées, les services techniques et les collectivités touchées directement par le phénomène d'ensablement dans les zones ciblées. Dans cette optique, il poursuit la méthodologie testée à petite échelle durant la première campagne dans les sites d'intervention de la ceinture verte, à savoir:

- la prise de contacts pour identifier les organisations socioprofessionnelles (coopératives, union de coopératives, ONG nationales, etc.) directement concernées par la conservation et l'aménagement des peuplements forestiers;
- l'organisation de rencontres régulières avec les autorités administratives et municipales de ces *moughataas* (préfectures), ainsi qu'avec les responsables des coopératives et ONG retenues. Ces rencontres ont porté principalement sur:
 - la transmission d'informations et l'explication des différents objectifs du projet, axés principalement sur le renforcement et la consolidation des acquis avec l'appui des organisations périurbaines, en vue d'assurer une gestion durable et une pérennisation des aménagements forestiers;
 - la recherche de garanties auprès des autorités administratives et municipales pour la protection des aménagements et l'exécution des coupes d'exploitation, dans le respect chez les différents partenaires des clauses mentionnées dans les protocoles d'accord;
 - la disponibilité des organisations socioprofessionnelles impliquées pour entreprendre les activités retenues, leur organisation et les moyens à mettre en place;



M. OULID MOHAMMED

Réunion du comité de gestion dans le cadre de la lutte contre la désertification

- l'engagement des services techniques pour assurer une formation spécifique du personnel de terrain, ainsi que le suivi continu et l'évaluation des travaux;
- l'organisation de visites dans les différentes zones de plantation avec les responsables des coopératives et des ONG identifiées, afin de leur permettre d'évaluer la nature et le volume réel des activités à entreprendre (pépinière, clayonnage, plantation, exploitation, gardiennage, utilisation et vente des produits et sous-produits forestiers, etc.);
- la finalisation des engagements entre les parties concernées, par l'élaboration et la signature de protocoles d'accord avec l'approbation définitive des autorités administratives;
- le suivi et l'évaluation par le projet et les services techniques compétents de la bonne exécution du calendrier de travail fixé au début de chaque campagne de plantation.

EN MILIEU RURAL

En milieu rural, et à la demande des communautés villageoises appuyées par les autorités locales, des protocoles d'accord ont été signés entre tous les partenaires, afin de définir les rôles respectifs ainsi que les responsabilités dans la réalisation des travaux et la poursuite des activités après la fin du projet, sur une base durable. Ces conventions décrivent la nature des opérations à entreprendre par les parties concernées et la participation nécessaire pour atteindre les objectifs fixés dans les délais prévus, ainsi qu'à long terme.

6. Aménagement et exploitation des plantations

Le principal objectif des activités d'aménagement et d'exploitation est la pérennisation des plantations, afin de mettre en valeur les effets bénéfiques des travaux de fixation des dunes et éviter la remise en mouvement des sables.

Dans les zones arides et semi-arides, la contribution des dunes reboisées à la production de bois et de fourrage est secondaire durant les premières années d'installation des plantations, car le milieu créé reste fragile et instable. De plus, l'objectif principal de ces plantations reste la protection à long terme des infrastructures socio-économiques (routes, canaux d'irrigation, habitations, châteaux d'eau, etc.) et des terres agricoles et pastorales nécessaires à un développement économique et social durable.

Les principales mesures à prendre sont:

- la mise en défens de ces périmètres par un gardiennage rigoureux, complétée 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 plantations;
- l'éducation, le suivi et la recherche d'un véritable engagement participatif des populations pour préserver leur environnement.

Pour pérenniser toutes les plantations réalisées, il est important 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 du travail et la régénération par rejets.

Les travaux de reboisement réalisés autour de Nouakchott ont comme objectif principal de stabiliser les dunes menaçant les infrastructures socio-économiques de la capitale. L'aménagement de ces peuplements vise à régler leur exploitation en maintenant les effets bénéfiques de l'action curative, plus particulièrement ceux de la fixation des dunes, tout en protégeant de façon durable le capital forestier mis en place. Dans ce cas, l'exploitation forestière des peuplements matures à dominance de *Prosopis juliflora* est considérée comme une opération sylvicole destinée au rajeunissement de la végétation. Les coupes sanitaires, d'entretien et d'éclaircie permettent d'assurer principalement la collecte du matériel végétal nécessaire à la stabilisation mécanique des dunes. Elles pourront dans le futur satisfaire en partie les besoins des populations en bois de feu, charbon de bois, perches et fourrage.

Ces activités d'aménagement sont principalement axées sur:

- la mise en place aléatoire de parcelles permanentes d'observation pour définir la croissance et la production de *Prosopis* spp. en âge d'exploitation, et étudier la vigueur de cette essence à rejeter; dans ces parcelles, 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 la portée du bétail; comme la majorité des arbres rejettent bien, cette technique a été adoptée pour l'aménagement des plantations;
- la formation continue du personnel de chantier;
- l'organisation et l'aspect opérationnel du travail sur le chantier;



Traitement des peuplements matures de Prosopis juliflora

- le calendrier d'exploitation des parcelles (de mars à juillet/août) dans les peuplements sélectionnés;
- l'acquisition d'équipement et d'outils adéquats disponibles sur le marché local: scies à bûches, différentes lames, cisailles, coupe-coupe, hachettes, gants et tronçonneuses (pour les branches de gros diamètre);
- la sensibilisation soutenue, par le biais de réunions de travail et de visites de terrain, avec le concours des services techniques nationaux, des autorités régionales, des collectivités locales, des groupements coopératifs, des ONG et autres; ces activités permettent une meilleure prise de conscience et une organisation participative en vue du transfert progressif de responsabilités pour les différentes interventions, garantissant ainsi la réussite de ces interventions, la pérennité et l'extension des plantations forestières existantes.

7. Aspects institutionnels

L'APPUI GOUVERNEMENTAL

Pour l'exécution des programmes de protection et de restauration de l'environnement, il est important de bien connaître l'organe de coordination national mis en place par le gouvernement et chargé de la mise en route des politiques nationales.

Des mécanismes de concertation et de coordination avec l'instance de tutelle doivent être établis pour que les activités des projets s'inscrivent dans la stratégie nationale concernant la lutte contre la désertification et la gestion durable des ressources naturelles.

Recyclage et formation du personnel

Les techniciens forestiers chargés de l'exécution des programmes retenus reçoivent une formation pratique soutenue dans les différents domaines de la lutte contre l'ensablement et de la mise en valeur sylvopastorale, notamment en ce qui concerne:

- la compréhension du phénomène éolien, les origines et la dynamique des sables et de l'ensablement;
- l'approche, la stratégie et la méthodologie de la lutte contre l'ensablement;
- les techniques d'installation et d'entretien des ouvrages de stabilisation mécanique des dunes, de production des plants, de plantation et de gestion des chantiers.

À leur tour, ces techniciens servent de formateurs au personnel de chantier et aux gardiens chargés de la surveillance des plantations. Ils participent également aux réunions de travail et aux visites de terrain organisées par les services techniques des administrations concernées, afin de sensibiliser les responsables des collectivités, les ONG, etc. Ils contribuent aussi à l'enseignement et à l'application sur le terrain des techniques de lutte contre l'ensablement et de protection durable de l'environnement.

Des exposés sur les différentes approches techniques, au cours d'ateliers et de séminaires nationaux et internationaux, jouent un rôle important pour renforcer les capacités de l'équipe technique.

Contacts et activités de soutien

Pour la réussite de tout programme de lutte contre la désertification, il est vital d'établir une politique de collaboration étroite avec les institutions nationales et internationales (PNUD, FAO, PAM, agences de coopération, etc.), la société civile et les populations cibles.

Diffusion et vulgarisation des acquis

Il est important que les expériences et les acquis en matière de mise au point des techniques d'intervention et de réalisation soient publiés et diffusés, tant au niveau national qu'international.

Les rapports et les présentations PowerPoint ou autres, ainsi que les dépliants et affiches, présentant les expériences et résultats obtenus en matière de pépinière, de stabilisation mécanique, de fixation biologique des dunes, de gestion et de protection des aménagements, de planification participative, etc., jouent un rôle très important pour la mobilisation et le soutien de tous les acteurs impliqués.

SUIVI ADMINISTRATIF ET GESTION DE PROJETS

Suivi administratif

Une fois que le plan d'opérations du projet a été approuvé et signé entre les différents partenaires (le donateur, le responsable de l'exécution et l'organisme gouvernemental

assumant la charge de contrepartie), un programme de travail et le budget relatif aux objectifs, activités et résultats à atteindre sont programmés au début de chaque exercice financier. Ce plan annuel décrit:

- le programme de travail en pépinière (nombre de plants à produire pour chaque espèce) et le calendrier des activités à entreprendre (remise en état de l'infrastructure, installation des brise-vent, acquisition des semences, apport du substrat, préparation des plates-bandes, remplissage et installation des récipients, semis, arrosage, habillage du système racinaire, soins phytosanitaires, diverses activités d'entretien, et gardiennage);
- le levé topographique et la cartographie du/des périmètre(s) retenu(s) dans les zones d'intervention du projet;
- les travaux de stabilisation mécanique à entreprendre (exploitation des peuplements matures, transport et pose du matériel végétal collecté nécessaire à la construction des palissades, et le cas échéant du clayonnage interne);
- le démarrage et la durée des activités de plantation et de regarnissage (arrosage et transport des plants sélectionnés en pépinière, répartition sur le terrain, piquetage selon la densité prévue, plantation proprement dite et, si les précipitations sont défavorables, apport d'eau pour chaque plant);
- les besoins en personnel et le budget y afférent pour la pépinière, le travail sur le terrain et le gardiennage;
- les autres activités à développer durant la campagne en cours (études météorologiques, participation du personnel technique à des séminaires ou ateliers nationaux et internationaux, formation de la main-d'œuvre, réunions avec les collectivités, etc.).

Le plan comprend également:

- le calendrier de travail (annexe 2, tableau 1) en termes d'objectifs, de produits et d'activités. Pour chaque activité, les responsabilités des ingénieurs, des techniciens et autres seront également mentionnées; les activités de gestion (rapports semestriels et annuels, budget, missions d'appui technique et d'évaluation, etc.) sont aussi mentionnées dans ce tableau;
- la contribution du gouvernement donateur (annexe 2, tableau 2), avec la répartition budgétaire détaillée pour ce qui est du personnel technique et de terrain, du personnel administratif, des consultants nationaux et internationaux, des formations dans le pays ou à l'étranger, de l'équipement durable ou non durable à acquérir, du fonctionnement du parc de véhicules et des dépenses de bureau, etc.;
- la contribution du gouvernement national;
- la contribution du/des partenaire(s) officiel(s).

Gestion du projet

Pour atteindre les objectifs immédiats du projet, il est indispensable de gérer correctement le personnel technique et de terrain, ainsi que le budget attribué, de sorte que les activités programmées dans le plan d'opérations puissent être réalisées.

Au début et au cours de chaque exercice financier, plusieurs données doivent être connues et suivies:

- Les besoins en personnel pour chaque activité et l'estimation du coût (annexe 2, tableau 3). Le nombre total de personnes-jour pour chaque activité (pépinière, travail de terrain, gardiennage, travail administratif) et les prévisions budgétaires y afférents doivent être intégrés dans le plan de travail annuel, avec la contribution du gouvernement donateur (annexe 2, tableau 2). Dans le cas de projets exécutés sous la supervision du gouvernement, il est nécessaire d'établir, selon le code du travail national, un contrat de travail à durée déterminée, qui décrive les responsabilités et devoirs de l'employeur et des travailleurs; ce contrat doit être signé par les parties intéressées, avec l'implication de l'administration nationale du travail.

- La production annuelle de plants en pépinière (annexe 2, tableau 4). La production est enregistrée selon les espèces, le mode de production et la superficie à reboiser.
- Le nombre de personnes-jour et l'état d'avancement hebdomadaire des activités relatives à la stabilisation mécanique dans les zones d'intervention du projet (annexe 2, tableau 5). Ce tableau permet de connaître à la fin de la campagne de plantation le nombre de mètres linéaires par personne-jour pour la pose des palissades (limites de la zone traitée, contre-dunes et clayonnage interne). Cette information est importante pour établir le coût par hectare de l'activité et planifier l'engagement du personnel durant les prochaines campagnes.
- Le bilan des plantations et des regarnissages sur chaque périmètre (annexe 2, tableau 6). Il permet de connaître pour chaque espèce le nombre de pieds plantés ou regarnis et le coût à l'hectare par personne-jour, et d'estimer la durée des futures plantations selon les précipitations.
- Les fiches mensuelles de salaire du personnel de terrain pour les pépinières, la fixation des dunes et le gardiennage (annexe 2, tableau 7). Elles sont importantes car elles mentionnent pour chaque travailleur le nombre de jours de travail, les salaires bruts et nets en monnaie locale et en dollars des États-Unis, les montants des cotisations patronales et des congés payés par le projet, ainsi que les contributions à la Caisse nationale de sécurité sociale payées par le personnel. Les fiches sont signées par le directeur du projet et par le travailleur au moment du paiement, ce qui permet d'éviter tout litige entre les parties concernées jusqu'à la fin des contrats établis.
- Le nombre de personnes-jour et le coût mensuel des activités en pépinière et sur le terrain (annexe 2, tableau 8). Ce tableau permet d'analyser au cours de l'année le nombre de personnes-jour utilisé et les dépenses encourues, et de les comparer aux prévisions annuelles citées à l'annexe 2, tableau 3. Il est évident que le solde final doit être positif ou nul, même si une des activités présente un bilan négatif.
- Le bilan mensuel et annuel des dépenses du projet, selon les différents postes budgétaires (annexe 2, tableau 9). Les prévisions budgétaires mentionnées dans ce tableau sont comparées aux dépenses effectives et permettent de connaître le solde mensuel et annuel pour chaque poste de dépense. À l'intérieur d'un poste, le solde peut se révéler négatif, mais le bilan général doit être positif.
- L'acquisition annuelle de l'équipement, qu'il s'agisse d'articles durables ou non (annexe 2, tableau 10). Au début de chaque exercice financier, il est nécessaire de dresser l'inventaire des matériels disponibles en magasin, afin d'établir, en fonction du budget réservé à cet effet, la liste de l'équipement et des matériels à acquérir pour exécuter les travaux prévus.
- Les différents tableaux doivent être régulièrement mis à jour pour permettre de suivre et de connaître l'avancement de toutes les activités programmées chaque année par le projet (production de plants, stabilisation mécanique, fixation biologique, exploitation forestière, protection des périmètres, etc.), ainsi que les sommes engagées pour ces activités en fonction du budget prévisionnel. Les tableaux montrent également l'importance de la collecte et de la compilation des données sur une base journalière, hebdomadaire, mensuelle et annuelle, faites tout d'abord par les chefs d'équipe, puis par les techniciens, en vue d'une éventuelle informatisation par les responsables de la coordination du programme.

Bibliographie

- Centre technique forestier tropical.** 1989. *Mémento du forestier*. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement. 3^e édition.
- FAO.** 1977. *Les graminées des pâturages de Mauritanie*, par A.F.G. Naegelé. Étude Pâturages et cultures fourragères n° 5. Rome.
- FAO.** 1988. *Manuel de fixation des dunes*. Cahier FAO: Conservation n° 18. Rome.
- FAO.** 2008. *Bilan général des réalisations durant la campagne 2007 et synthèse des activités 2000 à 2007 menées par le projet «Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott»*, par C. Berte. Consultation FAO. Nouakchott, Mauritanie.
- Henin, H., Feodoroff, A., Gras, R. et Monnier, G.** 1960. *Le profil cultural – Principes de physique du sol*. Paris, France, S.E.I.A.
- Jaouen, X.** 1988. *Arbres, arbustes et buissons de Mauritanie*. Collection Connaissance de la Mauritanie. Nouakchott, Mauritanie, Centre culturel français A. de Saint-Exupéry.
- Khatteli, H.** 1989. Rapport de fin de mission. Projet Lutte contre l'ensablement et mise en valeur agro-sylvo-pastorale (PLEMVASP), Phase 2.
- Lemoine, E.** 1996. *Les techniques forestières testées et utilisées par le projet «Lutte contre l'ensablement et mise en valeur agro-sylvo-pastorale» dans la lutte contre la désertification*.
- Raunet, M.** 1985. *Reboisement sur sable dunaire en Mauritanie saharo-sabélienne: quelques aspects hydro-morpho-pédologiques*. Consultation FAO. Projet de stabilisation et fixation des dunes.
- Rochette, R.M.** 1989. *Le Sahel en lutte contre la désertification: leçons d'expérience*. Weikersheim, Allemagne, Verlag Josef Margraf.
- von Maydell, H.-J.** 1983. *Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations*. Publication n° 147. Eschborn, Allemagne, GTZ.

Annexe 1

Quelques espèces ligneuses et herbacées utilisées pour la fixation des dunes

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

Acacia raddiana Savi



Peuplement naturel d'*Acacia raddiana*



Plant d'*Acacia raddiana*

Sources principales. von Maydell, 1983; Jaouen, 1988; Centre technique forestier tropical, 1989.

Autres noms scientifiques. *Acacia tortilis* Hayne, *Acacia fasciculata* Guill. & Perrott., *Acacia tortilis* (Forsskal) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan, *Acacia tortilis* Hayne var. *pubescent* A. Chev.

Noms communs. Hassaniya: talha; pulaar: djilouki; wolof: seing; français: faux gommier, verrek; anglais: umbrella acacia.

Famille. Leguminosae, Mimosaceae.

Caractéristiques. C'est l'arbre le plus répandu et le plus caractéristique de Mauritanie. Il atteint 10 à 15 m de hauteur, avec une couronne hémisphérique ou étalée et des rameaux pendants. Ses épines axillaires, de 2 à 10 cm de longueur, sont groupées en paires. Les feuilles sont bipennées alternes, avec deux à cinq paires de pinnules ayant de 6 à 15 paires de folioles. Les fleurs très odorantes se présentent en boules blanchâtres ou jaune clair. Les gousses typiquement spiralées ont 10 cm de longueur et 0,5 cm de largeur.

Distribution. Arbre des régions arides et semi-arides au sud et au nord du Sahara. Il vit sur des sols sableux, ou tout au moins des sols profonds. Sa résistance à la sécheresse est sans égale; il pousse avec des pluies annuelles allant de 50 à 1 000 mm, malgré de longues périodes de sécheresse, des températures diurnes très élevées et des températures nocturnes proches de 0 °C.

Multiplication. Il s'agit d'une essence pionnière, qui se régénère bien par rejets de souche ou par graines. On compte en moyenne 14 000 graines dans 1 kg. Pour obtenir une bonne germination en pépinière, les graines sont préalablement trempées, soit quelques instants dans de l'acide sulfurique, soit plusieurs heures dans de l'eau chaude ou froide. Sa croissance sur le terrain durant les premières années est cependant assez lente.

Utilisations. C'est une espèce qui fournit un excellent bois de feu et de carbonisation, avec un pouvoir calorifique élevé. Elle fixe et enrichit le sol en azote. Elle est particulièrement intéressante pour les reboisements et la fixation des dunes dans les zones plus ou moins stabilisées mécaniquement et protégées. On l'utilise pour la fabrication de clôtures et dans la construction (perches). C'est une bonne espèce fourragère, dont les feuilles et les gousses sont très appréciées par les animaux domestiques et sauvages. Elle est également utilisée en médecine traditionnelle (comme vermifuge ou contre les maladies de peau, après traitement des feuilles et de l'écorce, qui contiennent du tanin).

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

Acacia senegal (L.) Willd.



Peuplement naturel d'*Acacia senegal*



Branche d'*Acacia senegal*

Sources principales. von Maydell, 1983; Jaouen, 1988; Centre technique forestier tropical, 1989.

Autres noms scientifiques. *Acacia verek* Guill. & Perrott., *Acacia rupestris* Stokes, *Acacia trispinosa* Stokes, *Mimosa senegal* L.

Noms communs. Hassaniya: ewrwar, eirwar; pulaar: patouki; wolof: verek; soudanais: hashab; français: gommier; anglais: gum Arabic acacia.

Famille. Leguminosae, Mimosaceae.

Caractéristiques. Les gommiers sont des arbustes ou arbres de petites dimensions, dont la hauteur varie de 4 à 6 m, avec un fût d'environ 30 cm de diamètre. Les branches sont en général très ramifiées à partir de la base. Les épines, petites et noirâtres, sont groupées par trois à la base des feuilles. Le fruit est une gousse déhiscente de 10 cm de long, renfermant de trois à huit graines aplaties d'un brun clair. On compte environ 12 000 graines dans 1 kg. Les fleurs très odorantes sont disposées en épis de 3 à 8 cm de long. Le système racinaire comprend en général un pivot moyennement développé pour une essence de zone sèche, et des racines latérales très longues qui colonisent les horizons supérieurs du sol jusqu'à une quinzaine de mètres du tronc. La longévité de cette espèce dépasse rarement 25 à 30 ans.

Distribution. Il s'agit d'une espèce caractéristique du Sahel africain, qui va de l'océan Atlantique à la mer Rouge. L'aire des gommiers est comprise entre les isohyètes 100 et 750 mm de précipitations avec des températures annuelles moyennes de 30 °C, mais ils craignent le gel. Cette espèce est bien adaptée aux longues périodes (de 8 à 11 mois) de sécheresse. Elle préfère les sols sableux bien drainés.

Multiplication. Comme pour *Acacia raddiana*, il faut traiter les graines avant le semis, en pépinière ou directement sur le terrain.

Utilisations. L'espèce fournit la meilleure gomme arabe sur le marché, un produit très prisé, notamment pour certaines préparations culinaires, en médecine humaine et vétérinaire, ainsi qu'en pharmacie, cosmétique et chimie (colle fine pour timbres et enveloppes). Son bois est de bonne qualité, tant comme bois d'œuvre que comme combustible, car il possède un haut pouvoir calorifique. Grâce à ses racines latérales très ramifiées, *Acacia senegal* fixe bien le sol; on l'utilise souvent en agroforesterie. Il est très apprécié par le bétail, particulièrement ses jeunes gousses, ce qui constitue une contrainte à la régénération naturelle de l'espèce.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

Balanites aegyptiaca (L.) Delile



M. OULD MOHAMMED

Plant de *Balanites aegyptiaca*

Sources principales. von Maydell, 1983; Jaouen, 1988.

Autres noms scientifiques. *Ximenia aegyptiaca* L., *Agialida senegalensis* van Tiegh., *Agialida barteri* van Tiegh., *Agialida tombuctensis* van Tiegh., *Balanites ziziphoides* Mildbr. & Schlechter.

Noms communs. Hassaniya: teichott; pulaar: murtoki; wolof: soump; français: dattier du désert; anglais: desert date, Egyptian balsam.

Famille. Balanitaceae.

Caractéristiques. Arbre de petites dimensions, dépassant rarement 10 m de hauteur, avec un diamètre de 30 cm. Il a une couronne arrondie ou ovale. Son enracinement est pivotant, et il possède de fortes et grandes épines, qui atteignent souvent 8 cm de long. Ses feuilles sont bifoliolées, avec des folioles ovoïdes, entières et nettement nervées. Les fleurs sont jaune verdâtre, mais peu apparentes. Ses fruits sont des drupes semblables aux dattes, comestibles mais légèrement laxatives. La grandeur et le poids des graines sont assez variables; on dénombre de 500 à 1 500 graines dans 1 kg. Sa croissance est lente, et il faut plusieurs années avant qu'il n'atteigne une dimension exploitable.

Distribution. Cette espèce est omniprésente dans la région sahélienne et fréquente au Soudan et au Sahara, sauf dans les zones très arides. Elle est très rustique, très résistante à la sécheresse et s'adapte facilement; elle pousse aussi bien sur les dunes légèrement modifiées que dans les bas-fonds limoneux, mais ne supporte pas les zones inondées trop longtemps.

Multiplication. Les graines récoltées dans les déjections du bétail germent très bien, sinon elles doivent subir un trempage d'une dizaine de minutes dans de l'eau chaude ou d'une journée dans de l'eau froide. Le semis se fait généralement en pépinière ou directement sur le terrain pendant la saison des pluies. *Balanites* se multiplie aussi par drageons.

Utilisations. Arbre aux nombreuses utilisations, très estimé par les populations locales. Son bois jaune clair à jaune brun, lourd et résistant aux insectes, est très apprécié pour la construction d'outils et de petit matériel agricole et comme bois d'œuvre. Il donne un excellent bois de feu et de carbonisation. On peut le planter en haies et clôtures vives. Son feuillage et ses fruits sont appréciés par les bovins, ovins et camélidés, et les gens consomment ses fruits et ses amandes. En médecine traditionnelle, l'écorce, les racines, les fruits et les feuilles sont souvent utilisés contre les coliques, les maux de ventre, la stérilité, les maladies mentales, la fièvre jaune et les maux de dents. L'huile extraite en pressant les amandes est utilisée en cuisine et en médecine.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

Leptadenia pyrotechnica (Forsskal) Decne.



M. OULD MOHAMED

Plant de *Leptadenia pyrotechnica*

Sources principales. von Maydell, 1983; Jaouen, 1988.

Autre nom scientifique. *Leptadenia spartium* Wight.

Noms communs. Hassaniya: titarek, assabay; wolof: thiekhet, cexet; français: genêt d'Afrique; anglais: broom bush, desert broom.

Famille. Asclepiadaceae.

Caractéristiques. Arbuste de 1 à 4 m de hauteur, presque aphyllé, à rameaux verts, qui ressemble aux genêts européens, mais avec lesquels il n'a aucune parenté. Son latex incolore est peu abondant. Les rameaux sont érigés, cylindriques, lisses et vert clair. Ses fleurs de petite dimension (4 mm de long) sont jaune verdâtre, groupées en cymes. Les fruits sont des follicules très étroits et lisses, de 6 à 12 mm de longueur et de 6 à 8 mm de largeur. Les graines sont aplaties, ovales et dotées d'une aigrette.

Distribution. Nord du Sénégal, Mauritanie, Niger, Tchad, Mali, et Sahara jusqu'à la péninsule arabique. C'est une plante qui vit plutôt sur les dunes fixées que sur les dunes vives. Au Sahel, son abondance est signe de dégradation du milieu, suite au surpâturage.

Multiplication. Elle se fait par graines, en pépinière et en milieu naturel.

Utilisations. Il est pâturé par les chameaux, mais rarement par les ovins et caprins, et évité par les bovins. Sa moelle sert d'amadou, d'où son nom latin. Avec les fibres de l'écorce, on fabrique des cordes et des fils pour hameçons. En médecine, le suc de la plante s'utilise en friction contre la variole, et ses graines macérées s'emploient pour des bains oculaires. Les nouvelles feuilles sont utilisées dans une sauce d'accompagnement du couscous appelée *mbumu cexet* en wolof, et comme succédané à *Moringa oleifera* ou *Crataeva religiosa* dans d'autres recettes de couscous. *Leptadenia* est souvent plantée pour fixer les dunes au Sahel.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

Prosopis juliflora (Sw.) DC.



Peuplement de *Prosopis juliflora*

Sources principales. von Maydell, 1983; Jaouen, 1988; Centre technique forestier tropical, 1989.

Autre nom scientifique. *Mimosa juliflora* Swartz.

Noms communs. Hassaniya: groun lemhada; pulaar: prosopis; wolof: prosopis, dakhar, daqar u tubab; français: prosopis; anglais: honey mesquite.

Famille. Leguminosae, Mimosaceae.

Caractéristiques. Il s'agit d'un arbre de 12 à 15 m de hauteur, dont le fût court peut atteindre 1 m de diamètre. Il est doté de nombreuses épines de 1 à 5 cm de long. Ses feuilles sont alternes et biparipennées, avec un rachis portant deux ou trois paires de pinnules ayant chacune de 8 à 15 paires de folioles, sans foliole terminale. Les jeunes rameaux sont verts, et les fleurs jaune d'or sont disposées en petits épis cylindriques odorants. Les gousses, de 10 à 20 cm de long, contiennent une quinzaine de graines. On dénombre en moyenne 15 000 graines dans 1 kg. L'enracinement est très profond, parfois jusqu'à 50 m; les racines latérales, très superficielles, s'éloignent souvent du tronc sur une vingtaine de mètres et captent l'humidité matinale. En conditions écologiques moyennes, sa croissance en hauteur varie de 50 à 60 cm par an pendant les dix premières années, pour diminuer ensuite et s'arrêter vers la quinzième année. La longévité dépasse fréquemment 100 ans.

Distribution. C'est une espèce originaire des régions côtières du nord de l'Amérique latine, de l'Amérique centrale, du Mexique et des Antilles. Elle est cultivée dans tous les tropiques et s'adapte très bien dans les zones sèches, grâce à son système racinaire pivotant. Elle supporte de fortes chaleurs, de faibles précipitations, ainsi que la salinité et la pauvreté des sols. Cette espèce préfère les sols sableux, mais craint les cuirasses latéritiques et les terrains mal drainés.

Multiplication. *Prosopis juliflora* possède la grande faculté de rejeter et de drageonner. Pour obtenir une bonne germination, on fait subir aux graines un traitement préalable par trempage dans de l'acide sulfurique à 20 pour cent ou dans de l'eau bouillante puis refroidie, avant de les semer en pépinière ou directement sur le terrain. Cette espèce est également disséminée par le bétail et le gibier après ingestion des gousses matures. L'écartement à la plantation varie en fonction des pluies: de 10 × 10 m si les précipitations sont faibles à 5 × 5 m dans le cas contraire. *Prosopis juliflora* en peuplements non aménagés et non surveillés peut facilement devenir envahissante, surtout dans des zones sableuses où la nappe phréatique est près de la surface.

Utilisations. Ses feuilles et gousses constituent un bon fourrage. Quand les gousses sont moulues, la farine sert à l'alimentation humaine ou animale. L'espèce fournit un excellent bois de feu et de carbonisation, des perches, des lattes de parquet, du bois de tournerie, des sièges et autres meubles rustiques. Son bois est aussi utilisé en boissellerie. Les fleurs sont très prisées par les abeilles et donnent un très bon miel. *Prosopis juliflora* est souvent utilisée pour fixer les cordons dunaires très mobiles, et en plantation pour assurer une production de bois de feu, charbon de bois et bois d'œuvre. Elle convient bien pour l'installation de haies et de clôtures. Cependant, plantée à forte densité, elle empêche la croissance de la strate herbacée en raison de la concurrence de son système racinaire traçant et du manque de lumière arrivant au sol. En médecine traditionnelle, l'écorce macérée sert d'antiseptique pour traiter les ulcères.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

***Panicum turgidum* Forsskal**

Plant de *Panicum turgidum*

Source principale. FAO, 1977.

Autres noms scientifiques. -

Noms communs. Hassaniya: mrokba; anglais: desert grass.

Famille. Gramineae, tribu des Paniceae.

Caractéristiques. C'est une herbe vivace ramifiée en grosses touffes, qui peuvent atteindre de 1 à 2 m de hauteur.

Distribution. De la Mauritanie et du nord du Sénégal au Soudan, et Éthiopie, Afrique du Nord, Libye, Égypte, Iraq, Iran, Pakistan.

Multiplification. Elle se fait par semis en pépinière et en milieu naturel.

Utilisations. Comme pour *Aristida pungens*, cette graminée résistante à la sécheresse et de croissance rapide est très utilisée pour la fixation biologique des dunes continentales, dans les zones déflationnaires ou plus stables, en association avec *Leptadenia pyrotechnica*, *Aristida pungens* et divers acacias. Les populations locales l'utilisent en artisanat. Elle est très appréciée par le bétail, en particulier par les dromadaires.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES CONTINENTALES

***Aristida pungens* (Desf.) de Winter**

M. OULDI MOHAMED

Plant d'*Aristida pungens*

Source principale. FAO, 1977.

Autre nom scientifique. *Stipagrostis pungens* Desf.

Noms communs. Hassaniya: sbott; arabe: drinn; anglais: three-awn grass.

Famille. Poaceae, tribu des Aristideae.

Caractéristiques. C'est une herbe vivace à rhizome long, oblique et ramifié. Ses racines sont traçantes, avec un chevelu important. Ses chaumes dépassent souvent 1 m de hauteur.

Distribution. Afrique du Nord, de la Mauritanie (principalement dans la *wilaya* de l'Adrar à Erch Guible, Tenouchert, N'terguint et Touerga) à l'Égypte et la péninsule arabique; également en Asie centrale.

Multiplication. Elle se fait par semis en pépinière ou par semis direct sur le terrain, ainsi que par éclat de souche.

Utilisations. Cette graminée est largement utilisée dans la fixation biologique des dunes continentales. Elle colonise facilement les cordons dunaires très mobiles et les zones déflationnaires, en association avec *Prosopis juliflora*.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES LITTORALES

***Nitraria retusa* Forsskal Asch.**

M. OULD MOHAMMED

Buisson de *Nitraria retusa*

Source principale. Jaouen, 1988.

Autre nom scientifique. *Nitraria tridentata* Forsskal.

Noms communs. Hassaniya: aguerzim; pulaar: guiyel goti; anglais: salt tree.

Famille. Zygophyllaceae.

Caractéristiques. Buisson épineux de 1,5 m de hauteur, vert toute l'année, aux feuilles grasses à peu près triangulaires, alternes et diversement colorées (vertes, jaunes ou rouges). Les fleurs sont jaunâtres et les fruits rouges. Il accumule souvent le sable sous forme de nebkas parfois importantes. Il est lié aux sols gypseux ou salés. Cette espèce indique également une nappe phréatique peu profonde. Son enracinement est puissant et pivotant, mais sa croissance assez lente.

Distribution. D'origine méditerranéenne, *Nitraria retusa* est limitée en Mauritanie au littoral dans la zone de salure des nappes phréatiques. Elle est très prospère du Cap Blanc au bas-delta du Sénégal. Elle est aussi présente dans la *wilaya* du Zemmour.

Multiplication. Elle se fait par graines, en pépinière ou en milieu naturel. La capacité de germination est bonne.

Utilisations. Cette espèce est très appréciée par les dromadaires. Ses fruits, aqueux et légèrement sucrés, sont comestibles. Elle est utilisée pour la fixation biologique des dunes littorales et la régénération des pâturages salés.

ESPÈCES UTILISÉES SUR LES DUNES LITTORALES

Tamarix aphylla

M. OULDI MOHAMED

Arbre de *Tamarix aphylla*

Source principale. Jaouen, 1988.

Autres noms scientifiques. -

Noms communs. Hassaniya: tharfa; wolof: mburndu, ngedj; français: tamarix; anglais: tamarisk.

Famille. Tamaricaceae.

Caractéristiques. Le port de *Tamarix aphylla* est arborescent. Les jeunes rameaux ont une couleur vert grisâtre, avec un aspect filamenteux. Ils sont souvent couverts de poussière, car les feuilles excrètent des sels minéraux absorbés par les racines et captent les poussières en suspension dans l'air. Le tamarix forme des racines adventives sur son tronc et ses branches recouvertes de sable. Sa croissance est rapide, surtout quand il est jeune.

Distribution. En Mauritanie, le tamarix se trouve principalement au bord de la mer, entre Rosso et Nouadhibou. Il a de grands besoins en eau, mais supporte une forte salinité. C'est pourquoi on le rencontre à proximité des *sebkhas* (fonds marécageux salés d'une dépression), des dunes littorales et des oueds à eau saumâtre. Il est souvent présent dans les parcs des centres urbains.

Multiplication. Il se régénère essentiellement par boutures en pépinière (15 cm de hauteur) ou directement sur des sols dunaires (140 cm de hauteur sur le sommet des dunes, 120 cm sur les flancs et 80 cm dans les dépressions). Il se multiplie aussi par drageons, en recouvrant les tiges courbées avec du sable humide.

Utilisations. Espèce utilisée pour la fixation du sable et également pour la protection contre les vents de sable. Son bois est un combustible médiocre, mais il peut être utilisé comme bois de construction (perches). Grâce à sa capacité de régénération végétative, il peut être traité en taillis avec une révolution de trois à quatre ans. Le tamarix est peu broûté par le bétail. Ses fruits en infusion semblent efficaces contre le rhume.

Annexe 2

Tableaux de suivi administratif et de gestion de projets

Les 10 tableaux présentés dans cette annexe sont extraits du rapport «Bilan général des réalisations de la campagne 2007 et synthèse des activités 2000-2007», menées par le projet Appui à la réhabilitation et à l'extension de la ceinture verte de Nouakchott (FAO, 2008). Ils servent de modèle, mais peuvent évidemment être améliorés par les responsables de projets.

TABLEAU 1
Calendrier de travail

Objectifs et activités	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Responsables
Maintien et renouvellement de la couverture arborée déjà mise en place												
A.1 Revue et évaluation des plantations existantes												Réalisées à 100 % durant la campagne
A.2 Établissement d'un plan simple de gestion												
2.1 Périmètre d'intervention (localisation)												
Traitements sylvicoles et collecte du matériel végétal à utiliser pour la stabilisation mécanique		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx		Coordinateur national (supervision) et coordinateur des travaux
Formation continue du personnel		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx		Techniciens forestiers et personnel (exploitation)
A.3 Activités de terrain												
3.1 Pépinière (localisation)												
Apport du nouveau substrat		xx										Coordinateur national (supervision)
Mission d'acquisition des semences		x										Coordinateur des travaux
Infrastructure générale, planches de stockage des sachets et racines nues, substrat, remplissage des sachets et banquettes à racines nues		xxxx										Pépiniériste, journaliers et gardien
Semis pour la production de ... plants			xxxx	xxxx								
Entretien quotidien: arrosages, cernages, etc., gardiennage			xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx			
Formation permanente du personnel		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx			
3.2 Pépinière villageoise (localisation)												
Infrastructure générale, planches de stockage des sachets, apport du substrat, remplissage des sachets, semis, production de ... plants				xxxx	xxxx	xxxx						Autorités, communauté, appui technique et petit équipement, logistique par le projet
Entretien quotidien: arrosages, cernages, etc., gardiennage				xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx			Communauté, appui technique et petit équipement, logistique par le projet
Formation et encadrement de la communauté	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	Appui technique et petit équipement, logistique par le projet
3.3 Stabilisation mécanique et fixation biologique des dunes												
3.3.1. Périmètre d'intervention sur dunes continentales (localisation)												
Délimitation du périmètre, levé topographique et cartographie	xx											Coordinateur national (supervision), topographe et cartographe
Coupe et transport du matériel végétal, et pose de palissades et clayonnages ... mètres linéaires		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx			xxxx	xxxx		Coordinateur des travaux avec les conseils de l'expert forestier
Plantation des plants, arrosage si nécessaire, semis direct							xxxx	xxxx				Travailleurs avec les conseils de l'expert forestier
Formation continue du personnel de terrain		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx		Chefs d'équipe, personnel de terrain
Gardiennage	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	Gardiens
3.3.2. Périmètre d'intervention sur dunes continentales (localisation)												
Finalisation de la pose du clayonnage interne ... mètres linéaires		xxxx	xxxx									Idem 3.3.1
Regarnissage des plants, semis direct							xxxx	xxxx				
3.3.3. Ensemble du périmètre (localisation)												
Gardiennage	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	Gardiens

(fin page 61)

TABLEAU 1 (fin)

Objectifs et activités	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Responsables
3.3.4. Approche participative dans le périmètre villageois (localisation)												
Coupe et transport du matériel végétal, pose du clayonnage et renforcement de la clôture sur les limites de la zone traitée ... mètres linéaires				xxxx								Communauté, appui technique et petit équipement, logistique par le projet
Plantation et regarnissage des plants, arrosage, si nécessaire, dans la zone d'intervention							xxxx	xxxx				Communauté, appui technique et petit équipement, logistique par le projet
Formation et encadrement de la communauté	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	Chefs d'équipe, personnel de terrain
Gardiennage	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	Gardes
Opérations tests des techniques de fixation d'une dune littorale												
A.1 Production d'espèces halophytes												
Pépinière (localisation): production de plants, suivi		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx						Voir 3.1. Pépinière
A.2 Périmètre d'intervention sur dune littorale												
Renforcement et entretien des infrastructures existantes, principalement de la palissade maritime frontale mètres linéaires						xxxx						Coordinateur national, coordinateur des travaux, technicien forestier, personnel de terrain
Regarnissage des plants, arrosage si nécessaire							xxxx	xxxx				Gardien, ONG nationale
Gardiennage	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	Gardiens
Activités de gestion du projet												
A.1 Calendrier de travail et budget annuel	xxx	x										Consultant international, coordinateur national
A.2 Budget mensuel, bilan annuel (dépenses, solde)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Coordinateur national, administration
A.3 Compilation mensuelle des données climatiques, fiches d'avancement des travaux, feuilles de présence du personnel, salaires, etc.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Coordinateur national, coordinateur des travaux, service météorologique
A.4 Missions de suivi du programme et de la gestion du projet	xxx	x				xx				xx	xx	Consultant international, coordinateur national
A.5 Rapports semestriels sur l'avancement du projet					xx						xx	Coordinateur national, coordinateur des travaux
A.6 Rapport annuel financier, rapport de synthèse et rapport de fin de projet										xx	xx	Coordinateur national, coordinateur des travaux, consultant international
A.7 Rédaction du document de projet au niveau national						xxxx						Consultants, parties concernées
A.8 Dépliant, affiche sur les objectifs et les réalisations du projet								xxxx				Projet, ONG, autres

TABLEAU 2
Contribution du gouvernement donateur

Codes	Poste	Personnel	Budget (\$EU)	Remarques
....	1. Salaires du personnel du service administratif			Exercice financier
	Chauffeurs	33 personnes-mois	11 910	Salaires
	Chauffeurs		300	Dépenses pour examens médicaux
	Total partiel		12 210	
....	2. Consultants			
	Consultant international	10 semaines	11 250	Époque à déterminer
	Consultant national	12 personnes-mois	18 000	Salaire du coordinateur national du projet
	Consultant national	12 personnes-mois	12 000	Salaire du coordinateur des travaux
	Consultants nationaux		200	Dépenses pour examens médicaux
	Total partiel		41 450	
....	3. Contrats			
	Levé topographique, cartographie, divers		1 000	Périmètre
	Dépliant, photos, film, atelier d'appui		2 000	Coordination avec ONG nationale
	Total partiel		3 000	
....	4. Coûts du personnel de terrain			De mars à fin novembre 2007
	Main-d'œuvre en pépinière	2 694 personnes-jour	9 543	
	Main-d'œuvre sur le terrain	9 688 personnes-jour	33 348	Stabilisation mécanique, exploitation, fixation biologique
	Gardiens	4 877 personnes-jour	16 788	
	Indemnités pour le personnel national		7317	2 techniciens, 3 chauffeurs, 1 gardien, autres
	Total partiel		66 996	
....	5. Voyages			
	Consultant international		18 000	Billets d'avion, indemnité journalière de subsistance
	Total partiel		18 000	
....	6. Formation			
	Atelier sur les acquis du projet		5 000	2 jours, époque à déterminer
	Total partiel		5 000	
....	7. Équipement durable			Achat local
	1 motopompe pour pépinière		600	
	Total partiel		600	
....	8. Équipement non durable			Achat local
	Pépinière		2 000	Sachets, graines, tuyaux d'arrosage, divers
	Stabilisation et exploitation, fixation des dunes		1 500	2 citernes de 1 000 litres, gants, divers
	Total partiel		3 500	
....	9. Appui technique au projet			
	Mission d'appui technique, autres		0	
	Total partiel		0	
....	10. Frais de fonctionnement			
	Fonctionnement et entretien des véhicules		8 691	+ 16 309 sur solde du budget 2006; total 25 000 \$EU
	Fournitures de bureau		500	
	Téléphone, fax, e-mail, etc.		2 000	
	Total partiel		11 191	+ 16 309 sur solde du budget 2006; total 27 500 \$EU
	Total de 1 à 10		161 947	
....	Frais d'agence		21 053	13 %
	Total général du budget pour l'exercice financier en cours		183 000	

TABLEAU 3
Besoins en personnel et prévisions budgétaires

3.1 Pépinière (localisation)

	Personnes-jour	Nombre de jours	Total personnes-jour	Salaire d'une personne-jour (UM)	Salaire total (UM)	Salaire total (\$EU)
1. Chef d'équipe						
01.01 au 30.11	1	334	334	1 150	384 100	1 419
2. Journaliers						
01.03 au 31.03	20	26	520	931,5	484 380	1 790
01.04 au 31.10	10	184	1 840	931,5	1 713 960	6 334
Total			2 360		2 198 340	8 124
3. Total (1+2)			2 694		2 582 440	9 543

Estimation moyenne du taux de change: 1 \$EU = 270,61 UM.
Production: 45 000 plants.

3.2 Stabilisation mécanique, exploitation et fixation biologique (localisation)

	Personnes-jour	Nombre de jours	Total personnes-jour	Salaire d'une personne-jour (UM)	Salaire total (UM)	Salaire total (\$EU)
1. Chef d'équipe						
01.03 au 31.07*	2	141	282	931,5	262 683	971
01.10 au 30.11*	2	57	114	931,5	106 191	392
01.08 au 30.09**	2	56	112	931,5	104 328	386
Total		254	508	931,5	473 202	1 749
2. Journaliers						
01.03 au 31.03*	30	26	780	931,5	726 570	2 685
01.04 au 31.07*	40	105	4 200	931,5	3 912 300	14 457
01.10 au 30.11*	40	53	2 120	931,5	1 974 780	7 298
01.08 au 30.09**	40	52	2 080	931,5	1 937 520	7 160
Total		236	9 180	931,5	8 551 170	31 600
3. Total (1+2)						
01.03 au 30.11			9 688		9 024 372	33 348

Estimation moyenne du taux de change: 1 \$EU = 270,61 UM.

* Stabilisation mécanique (coupe, transport et mise en place du matériel végétal) sur ha.

+/-mètres linéaires par hectare, soit un total de mètres.

* Exploitation dans les peuplements matures.

** Fixation biologique.

Rubrique	Stabilisation	Fixation	Total
Nombre de personnes-jour	7 496	2 192	9 688
\$EU	25 803	7 546	33 349

3.3 Gardiennage des périmètres

Périmètres	Personnes- jour	Nombre de jours	Total personnes-jour	Salaire d'une personne-jour (UM)	Salaire total (UM)	Salaire total (\$EU)
Dunes continentales (localisation)						
01.01 au 28.02	8	59	472	931,5	439 668	1 625
01.03 au 31.12	12	306	3 672	931,5	3 420 468	12 640
01.07 au 31.12	2	184	368	931,5	342 792	1 267
Total			4 512	931,5	4 202 928	15 531
Dunes littorales (localisation)						
	1	365	365	931,5	339 998	1 257
Total			4 877		4 542 926	16 788

Estimation moyenne du taux de change: 1 \$EU = 270,61 UM.

3.4. Personnel administratif

	Personnes-jour	Nombre de mois	Total personnes-mois	Salaire d'une personne-mois (UM)	Salaire total (UM)	Salaire total (\$EU)
Chauffeurs 1 et 2	2	11	22	111 000	2 442 000	9 024
Chauffeur 3	1	11	11	71 000	781 000	2 886
Total			33		3 223 000	11 910

Estimation moyenne du taux de change: 1 \$EU = 270,61 UM.

TABLEAU 4
Production annuelle des plants en fonction des espèces et du mode de production

Production de plants en pépinière (localisation)

N° de plate-bande	Mode de production	Nombre de plants	Espèce	Date du semis	Date de la germination	Nombre de plants germés
1	Sachet	1 000	<i>Panicum turgidum</i>	15 avr.	20 avr.	965
2	Sachet	1 000	<i>Panicum turgidum</i>	15 avr.	20 avr.	972
3	Sachet	1 000	<i>Acacia raddiana</i>	16 avr.	22 avr.	930
4	Sachet	1 000	<i>Acacia raddiana</i>	16 avr.	23 avr.	910
5	Sachet	1 000	<i>Acacia raddiana</i>	16 avr.	23 avr.	926
6	Sachet	1 000	<i>Acacia raddiana</i>	16 avr.	22 avr.	967
7 etc.	Sachet	1 000	<i>Acacia senegal</i>	17 avr.	24 avr.	935
11 etc.	Sachet	1 000	<i>Aristida pungens</i>	20 avr.	25 avr.	757
19 etc.	Racines nues		<i>Prosopis juliflora</i>	10 mai	14 mai	960
24 etc.	Sachet	1 000	<i>Panicum turgidum</i>	15 avr.	20 avr.	948
29 etc.	Sachet	1 000	<i>Prosopis juliflora</i>	10 mai	13 mai	984
41 etc.	Sachet	1 000	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	18 avr.	25 avr.	783
47 etc.	Sachet	1 000	<i>Aristida pungens</i>	20 avr.	26 avr.	856
50	Sachet	1 000	<i>Acacia senegal</i>	17 avr.	24 avr.	944
51	Sachet	1 000	<i>Acacia senegal</i>	17 avr.	25 avr.	928
52*	Bouture	800	<i>Tamarix aphylla</i>	juin		500

*Dernière planche.

Production totale pour la campagne 44 250 plants.

Acacia raddiana: 3 500 plants, sachet de polyéthylène, 8 %.

Acacia senegal: 5 300 plants, sachet de polyéthylène, 12 %.

Prosopis juliflora: 16 800 plants, sachet de polyéthylène, 38 %.

Prosopis juliflora: 2 300 plants, racines nues, 5 %.

Aristida pungens: 7 150 plants, sachet de polyéthylène, 16 %.

Leptadenia pyrotechnica: 3 700 plants, sachet de polyéthylène, 9 %.

Panicum turgidum: 4 950 plants, sachet de polyéthylène, 11 %.

Tamarix aphylla: 500 plants, bouture en sachet, 1 %.

TABLEAU 5
Nombre de personnes-jour et avancement des travaux relatifs à la stabilisation mécanique (localisation)

Mois	Limites		Contre-dunes		Clayonnage		Total		Entretien	
	Personnes-jour	Mètres linéaires								
Janvier										
Total partiel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total partiel cumulé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février										
Total partiel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total partiel cumulé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars										
01 au 02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04 au 09	65	378	0	0	0	0	65	378	0	0
11 au 16	71	461	0	0	0	0	71	461	0	0
18 au 23	92	365	0	0	0	0	92	365	0	0
25 au 30	60	297	0	0	0	0	60	297	0	0
Total partiel	288	1 501	0	0	0	0	288	1 501	0	0
Total partiel cumulé	288	1 501	0	0	0	0	288	1 501	0	0
Avril										
01 au 06	80	517	0	0	0	0	80	517	0	0
08 au 13	96	655	0	0	0	0	96	655	0	0
15 au 20	88	545	0	0	0	0	88	545	0	0
22 au 27	114	576	0	0	0	0	114	576	0	0
29 au 30	38	183	0	0	0	0	38	183	0	0
Total partiel	416	2 476	0	0	0	0	416	2 476	0	0
Total partiel cumulé	704	3 977	0	0	0	0	704	3 977	0	0
Mai										
01 au 04	51	293	0	0	0	0	51	293	0	0
06 au 11	115	485	0	0	0	0	115	485	0	0
13 au 18	112	508	0	0	0	0	112	508	0	0
20 au 25	0	0	190	1 223	0	0	190	1 223	0	0
27 au 31	0	0	190	1 194	0	0	190	1 194	0	0
Total partiel	278	1 286	380	2 417	0	0	658	3 703	0	0
Total partiel cumulé	982	5 263	380	2 417	0	0	1 362	7 680	0	0
Juin										
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03 au 08	0	0	203	1 317	0	0	203	1 317	0	0
10 au 15	0	0	224	1 336	0	0	224	1 336	0	0
17 au 22	0	0	185	932	0	0	185	932	0	0
24 au 29	0	0	230	1 409	0	0	230	1 409	0	0
Total partiel	0	0	842	4 994	0	0	842	4 994	0	0
Total partiel cumulé	982	5 263	1 222	7 411	0	0	2 204	12 674	0	0
Juillet										
01 au 06	0	0	79	590	149	917	228	1 507	0	0
08 au 13	0	0	0	0	231	1 239	231	1 239	0	0
15 au 20	0	0	0	0	235	1 695	235	1 695	0	0
22 au 27	0	0	0	0	232	1 490	232	1 490	0	0
29 au 31	0	0	0	0	117	871	117	871	0	0
Total partiel	0	0	79	590	964	6 212	1 043	6 802	0	0
Total partiel cumulé	982	5 263	1 301	8 001	964	6 212	3 247	19 476	0	0
Août										
01 au 03	0	0	0	0	58	275	58	275	0	0
05 au 10 *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total partiel	0	0	0	0	58	275	58	275	0	0
Total partiel cumulé	982	5 263	1 301	8 001	1 022	6 487	3 305	19 751	0	0

(fin page 66)

TABLEAU 5 (fin)

Mois	Limites		Contre-dunes		Clayonnage		Total		Entretien	
	Personnes-jour	Mètres linéaires								
Septembre*										
Total partiel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total partiel cumulé	982	5 263	1 301	8001	1 022	6 487	3 305	19 751	0	0
Octobre										
01 au 05*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 au 12	39	205	105	770	60	391	204	1 366	0	0
14 au 19	20	100	72	590	147	840	239	1 530	0	0
21 au 26	0	0	32	260	163	1 238	195	1 498	0	0
28 au 31	0	0	0	0	117	870	117	870	0	0
Total partiel	59	305	209	1 620	487	3 339	755	5 264	0	0
Total partiel cumulé	1 041	5 568	1 510	9 621	1 509	9 826	4 060	25 015	0	0
Novembre										
Total partiel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total partiel cumulé	1 041	5 568	1 510	9 621	1 509	9 826	4 060	25 015	0	0
Décembre										
Total partiel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total partiel cumulé	1 041	5 568	1 510	9 621	1 509	9 826	4 060	25 015	0	0
Total général	1 041	5 568	1 510	9 621	1 509	9 826	4 060	25 015	0	0
Moyenne/ personne/jour		5,3		6,4		6,5		6,2		0,0

* Campagne de plantation.

TABLEAU 6
Bilan de la campagne de plantation et des regarnissages

6.1 Plantation périmètre (... ha)

Date	Acacia raddiana Sachet	Acacia senegal Sachet	Leptadenia pyrotechnica Sachet	Prosopis juliflora		Aristida pungens Sachet	Panicum turgidum Sachet	Total		Nombre d'ouvriers
				Sachet	Racines nues			Sachet	Racines nues	
1 août*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
2 août	50	50	0	0	0	20	20	140	0	39
5 août	200	200	0	200	0	200	0	800	0	41
etc. jusqu'au										
4 oct.	0	0	220	190	0	0	0	410	0	39
5 oct.**	0	10	210	0	0	0	0	220	0	40
Total 1	3 020	2 040	4 365	8 795	0	5 700	3 535	27 455	0	2 187

* Démarrage de la campagne.

** Fin de la campagne.

6.2 Périmètre de regarnissage

Date	Acacia raddiana Sachet	Acacia senegal Sachet	Leptadenia pyrotechnica Sachet	Prosopis juliflora		Aristida pungens Sachet	Panicum turgidum Sachets	Total		Nombre d'ouvriers
				Sachet	Racines nues			Sachet	Racines nues	
28 sept.	0	0	0	200	0	0	0	200	0	42
30 sept.	375	125	0	0	0	0	0	500	0	41
Total 2	375	125	0	200	0	0	0	700	0	83

6.3 Bilan général: campagne de plantation et de regarnissage

Bilan	Acacia raddiana Sachet	Acacia senegal Sachet	Leptadenia pyrotechnica Sachet	Prosopis juliflora		Aristida pungens Sachet	Panicum turgidum Sachet	Total		Nombre d'ouvriers
				Sachet	Racines nues			Sachet	Racines nues	
Total 1	3 020	2 040	4 365	8 795	0	5 700	3 535	27 455*	0	2 187**
Total 2	375	125	0	200	0	0	0	700	0	83
Total	3 395	2 165	4 365	8 995	0	5 700	3 535	28 155	0	2 270
Total général									28 155	

* Soit 177 plants par hectare (total ha).

** Soit 12, 5 plants par personne-jour.

TABLEAU 7
Fiches de présence et de salaire des travailleurs

7.1 Pépinière

Localisation:

Code:

Nature des travaux: **Entretien général**

* = Chef d'équipe

Année, mois: du 1^{er} au 15

F = Férié

Nom du travailleur	Date	F							F							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. A *		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2. B		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
3. C		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
4. D		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
5. E		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
6. F		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
7. G		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
8. H		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
9. I		1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1		1
10. J		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
11. K		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
12. L		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
13. M		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
14. N		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
Total personnes-jour		14	14	14	14	14	14	1	14	13	14	14	14	14	1	14
Total UM																
Cotisations patronales 15 %																
Total général UM																
Taux de change UM/\$EU																
Total \$EU																

Date et signature du coordinateur des travaux:

Date et signature du coordinateur du projet:

7.2 Terrain, équipe 1

Localisation:

Code:

Nature des travaux: **Fixation mécanique des dunes**

* = Chef de l'équipe 1

Année, mois: du 1^{er} au 15

F = Férié

Nom du travailleur	Date	F							F							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. A *		2	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
2. B		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
3. C		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
4. D		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
5. E		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
etc. jusqu'au 20. T																
20. T		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
Total personnes-jour		19	20	20	20	20	20	0	18	20	20	20	20	20	0	19
Total UM																
Cotisations patronales 15 %																
Total général UM																
Taux de change UM/\$EU																
Total \$EU																

Date et signature du coordinateur des travaux:

Date et signature du coordinateur du projet:

Total jours de présence	Salaire journalier (UM)	Salaire brut (UM)	Congé 1 mois/an	Salaire 15 jours (UM)	Caisse sécurité sociale 1 %	Salaire net (UM)	Signature du travailleur
15	1 000	15 000	1 250	16 250	163	16 088	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
12	810	9 720	810	10 530	105	10 425	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
183							
				163 670	1 637	162 033	
				24 551	26 187		
				188 221		188 221	
				260,00			
				723,93			

Total jours de présence	Salaire journalier (UM)	Salaire brut (UM)	Congé 1 mois/an	Salaire 15 jours (UM)	Caisse sécurité sociale 1 %	Salaire net (UM)	Signature du travailleur
14	810	11 340	945	12 285	123	12 162	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
256							
				224 640	2 246	222 394	
				33 696	35 942		
				258 336		258 336	
				260,00			
				993,60			

(suite page 70)

TABLEAU 7 (suite)

7.3 Terrain, équipe 2

Localisation:

Code: ...

Nature des travaux: **Fixation mécanique des dunes**

* = Chef de l'équipe 2

Année, mois: du 1^{er} au 15

F = Férié

Nom du travailleur	Date	F							F							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. A *		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
etc. jusqu'au 19. S																
19. S		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total personnes-jour		16	19	19	19	19	19	0	18	19	19	19	19	19	0	19
Total UM																
Cotisations patronales 15 %																
Total général UM																
Taux de change UM/\$EU																
Total \$EU																

Date et signature du coordinateur des travaux:

Date et signature du coordinateur du projet:

7.4 Terrain, équipes 1 et 2

Localisation:

Code:

Nature des travaux: **Fixation biologique des dunes**

* = Chef de l'équipe 1 (idem pour le chef de l'équipe 2)

Année, mois: du 1^{er} au 15

F = Férié

Note: pas de plantation à cette époque.

7.5 Gardiens

Localisation:

Nature des travaux: **Gardiennage**

2007, 1-15 juillet

F = Férié

Nom du travailleur	Date	F							F							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. A (Toujounine)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
etc. jusqu'au 11 K																
11. K (Toujounine)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12. L (dune littorale)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total personnes-jour		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Total UM																
Cotisations patronales 15 %																
Total général UM																
Taux de change UM/\$EU																
Total \$EU																

Date et signature du coordinateur des travaux:

Date et signature du coordianteur du projet:

Total jours de présence	Salaire journalier (UM)	Salaire brut (UM)	Congé 1 mois/an	Salaire 15 jours (UM)	Caisse sécurité sociale 1 %	Salaire net (UM)	Signature du travailleur
14	810	11 340	945	12 285	123	12 162	
13	810	10 530	878	11 408	114	11 293	
243				213 233	2 132	211 100	
				31 985	34 117		
				245 217		245 217	
				260,00			
				943,14			

Total jours de présence	Salaire journalier (UM)	Salaire brut (UM)	Congé 1 mois/an	Salaire 15 jours (UM)	Caisse sécurité sociale 1 %	Salaire net (UM)	Signature du travailleur
15	810	12 150	1 013	13 163	132	13 031	
15	810	12 150	1 013	13 163	132	13 031	
15	810	12 150	1 013	13 163	132	13 031	
180				157 950	1 580	156 371	
				23 693	25 272		
				181 643		181 643	
				260,00			
				698,63			

(fin page 72)

TABLEAU 7 (fin)

7.6 Résumé des dépenses en personnel

Année 1-15 juillet				
Nature des travaux	Nombre de personnes-jour	Coût (UM)	Taux de change	Coût (\$EU)
Pépinière	183	188 221	260	723,93
	0	0	260	0,00
	0	0	260	0,00
Total partiel	183	188 221	260	723,93
Stabilisation mécanique	256	258 336	260	993,60
	243	245 217	260	943,14
	0	0	260	0,00
Total partiel	499	503 553	260	1 936,74
Fixation biologique	0	0	260	0,00
(plantation et regarnissage)	0	0	260	0,00
	0	0	260	0,00
Total partiel	0	0	260	0,00
Gardiennage				
Toujounine (11)	165	166 506	260	640,41
Dune littorale (1)	15	15 137	260	58,22
Total partiel	180	181 643	260	698,63
Total *	862	873 417	260	3 359,30

*Ces chiffres se retrouvent dans le tableau 8 pour la période 1-15 juillet ...

TABLEAU 8
Nombre de personnes-jour et coûts mensuels en fonction des travaux en pépinière et sur le terrain

Coût réel du personnel en \$EU (pépinière, stabilisation mécanique et exploitation forestière, fixation biologique, gardiennage)

Janv. - déc.	Pépinière		Stabilisation mécanique* et exploitation forestière		Fixation biologique **		Gardiennage ***		Total	
	Personnes-jour	Coût (\$EU)	Personnes-jour	Coût (\$EU)	Personnes-jour	Coût (\$EU)	Personnes-jour	Coût (\$EU)	Personnes-jour	Coût (\$EU)
01-15 janvier	15	69,06	0	0,00	0	0,00	135	503,43	150	572,49
16-31 janvier	16	71,33	0	0,00	0	0,00	128	478,81	144	550,14
	31	140,39	0	0,00	0	0,00	263	982,24	294	1 122,63
01-15 février	15	68,95	0	0,00	0	0,00	120	446,81	135	515,76
16-28 février	13	59,75	0	0,00	0	0,00	104	387,24	117	446,99
	28	128,70	0	0,00	0	0,00	224	834,05	252	962,75
01-15 mars	225	851,09	270	1 039,11	0	0,00	120	446,93	615	2 337,13
16-31 mars	278	1 049,36	365	1 359,41	0	0,00	128	476,72	771	2 885,49
	503	1 900,45	635	2 398,52	0	0	248	923,65	1 386	5 222,62
01-15 avril	247	931,11	410	1 526,72	0	0,00	105	390,99	762	2 848,82
16-30 avril	182	690,82	505	1 880,47	0	0,00	105	390,99	792	2 962,28
	429	1 621,93	915	3 407,19	0	0,00	210	781,98	1 554	5 811,10
01-15 mai	183	694,54	481	1 791,10	0	0,00	145	539,94	809	3 025,58
16-31 mai	198	777,07	535	2 060,62	0	0,00	176	677,88	909	3 515,57
	381	1 471,61	1 016	3 851,72	0	0,00	321	1 217,82	1 718	6 541,15
01-15 juin	243	949,50	427	1 644,64	0	0,00	150	577,74	820	3 171,88
16-30 juin	171	673,50	466	1 808,66	0	0,00	237	919,86	874	3 402,02
	414	1 623,00	893	3 453,30	0	0,00	387	1 497,60	1 694	6 573,90
01-15 juillet	183	723,93	499	1 936,74	0	0,00	180	698,63	862	3 359,30
16-31 juillet	196	775,29	548	2 126,93	0	0,00	192	745,20	936	3 647,42
	379	1 499,22	1 047	4 063,67	0	0,00	372	1 443,83	1 798	7 006,72
01-15 août	184	734,39	0	0,00	520	2 036,50	195	763,69	899	3 534,58
16-31 août	197	786,22	0	0,00	587	2 298,90	208	814,60	992	3 899,72
	381	1 520,61	0	0,00	1 107	4 335,40	403	1 578,29	1 891	7 434,30
01-15 septembre	169	675,64	0	0,00	495	1 938,59	195	763,69	859	3 377,92
16-30 septembre	184	734,39	0	0,00	537	2 103,08	195	763,69	916	3 601,16
	353	1 410,03	0	0,00	1 032	4 041,67	390	1 527,38	1 775	6 979,08
01-15 octobre	184	734,39	327	1 280,65	199	779,35	195	763,69	905	3 558,08
16-31 octobre	198	790,13	549	2 150,08	0	0,00	208	814,60	955	3 754,81
	382	1 524,52	876	3 430,73	199	779,35	403	1 578,29	1 860	7 312,89
01-15 novembre	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
16-30 novembre	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
01-15 décembre	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
16-31 décembre	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total personnel	3 281		5 382		2 338		3 221		14 222	
Total personnel prévu	2 694		7 496		2 192		4 877		17 259	
Solde personnel	-587		2 114		-146		1 656		3 037	
Dépenses \$EU	12 840,46		20 605,13		9 156,42		12 365,13		54 967,14	
Budget \$EU	9 543,00		25 802,00		7 546,00		16 788,00		59 679,00	
Solde \$EU	-3 297,46		5 197,87		-1 610,42		4 422,87		4 711,86	

* Coupe et transport du matériel végétal, et installation des palissades et du clayonnage interne dans la zone d'intervention

** Plantation ha, campagne, regarnissage, arrosage des plants si nécessaire, semis direct sur le terrain.

*** hommes-jour pour les dunes continentales et hommes-jour pour les dunes littorales.

TABLEAU 9
Dépenses locales en dollars EU pour l'exercice financier

Les dépenses pour les consultations internationales, les experts nationaux, les chauffeurs, les rapports de mission et les frais d'agence ne figurent pas dans ce tableau.

Rubrique budgétaire	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.
Taux de change	270,61	271,02	270,95	271,00	271,00	262,00	260,00
01 - 01	69,06	200,05	1 900,45	931,11	1 385,35	1 726,58	2 172,72
01 - 02			2 398,51	1 526,72	3 671,57	3 705,26	5 872,33
01 - 03			870,12	259,77			270,76
01 - 04	503,43	1 312,87	923,65	390,98	930,93	1 255,63	2 363,68
01 - 05		1 328,31	664,33		664,21	687,02	1 384,61
Total partiel	572,49	2 841,23	6 757,06	3 108,58	6 652,06	7 374,49	12 064,10
02						575,38	
03 - 01		2 213,86	3 482,93	242,43	4 347,91	152,67	5 830,77
03 - 02		90,71	243,63	131,38	144,57	238,85	383,69
03 - 03			333,25			152,67	207,69
Total partiel	0,00	2 304,57	4 059,81	373,81	4 492,48	544,19	6 422,15
04 - 01					215,87		743,85
04 - 02			2 483,85				692,31
04 - 03			479,79				1 153,85
Total partiel	0,00	0,00	2 963,64	0,00	215,87	0,00	2 590,01
05			627,42				388,46
06			597,89				
07			129,17		147,60		
08					7 458,11		
Total \$EU	572,49	5 145,80	15 134,99	3 482,39	18 966,12	8 494,06	21 464,72
Total cumulé	572,49	5 718,29	20 853,28	24 335,67	43 301,79	51 795,85	73 260,57

01-01: personnel en pépinière; 01-02: personnel sur le terrain; 01-03: chauffeurs; 01-04: gardiens; 01-05: indemnités du personnel; 02: contrats locaux; 03-01: fonctionnement des véhicules; 03-02: fonctionnement du bureau; 03-03: imprévus; 04-01: fournitures de bureau; 04-02: équipement non durable de pépinière; 04-03: équipement non durable de terrain; 05: unité informatique; 06: achat d'équipement durable (local et extérieur); 07: examens médicaux du personnel technique; 08: consultant national.

* Il n'y a pas eu de dépenses en novembre et décembre

Août	Sept.	Oct.	Nov.*	Déc.*	Total dépenses (\$EU)	Total disponible (\$EU)	Solde (\$EU)
257,67	257,67	257,67	257,72	257,72			
734,39	1 461,86	2 258,91			12 840,46	9 543	-3 297,46
2 036,50	4 237,49	6 313,15			29 761,53	33 348	3 586,47
273,21		546,43			2 220,29	2 104	-116,29
763,69	1 578,29	2 341,97			12 365,12	16 788	4 422,88
	698,57	1 397,14			6 824,19	7 317	492,81
3 807,79	7 976,21	12 857,60	0,00	0,00	64 011,59	69 100	5 088,41
					575,38	3 000	2 424,62
4 028,02	712,86	7 611,67			28 623,12	25 000	-3 623,12
		177,72			1 410,55	2 000	589,45
					693,61	1 500	806,39
4 028,02	712,86	7 789,39	0,00	0,00	30 727,28	28 500	-2 227,28
					959,72	500	-459,72
					3 176,16	2 500	-676,16
					1 633,64	1 500	-133,64
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5 769,52	4 500	-1 269,52
					1 015,88	1 500	484,12
					597,89	600	2,11
					276,77	300	23,23
					7 458,11	7 500	41,89
7 835,81	8 689,07	20 646,99	0,00	0,00	110 432,44	115 000,00	4 567,56
81 096,38	89 785,45	110 432,44	110 432,44	110 432,44		115 000,00	4 567,56

TABLEAU 10
 Besoins en équipement durable et équipement non durable

10.1 Équipement durable et matériel disponible acquis au cours des campagnes précédentes

Équipement durable	
1 véhicule Toyota Land Cruiser Pick-Up, immatriculation	
1 véhicule Toyota Land Cruiser Pick-Up, immatriculation	
1 véhicule Toyota Hilux 2,8 D double cabine, immatriculation	
1 véhicule Toyota Land Cruiser Pick-Up, immatriculation	
1 ordinateur Compaq Pentium IV	
1 ordinateur HP L1706	
1 disque dur externe 80 Go	
1 imprimante Laserjet Canon LBP 810	
etc.	
Équipement non durable (magasin)	
Fût de 200 litres, 12 unités	Coupe-coupe, 20 unités
Sécateur Felco 8, 8 unités	Ébrancheur, 3 unités
Cylindre de plantation, 10 unités	Scie à arc de 765 mm de long, 7 unités
Brouette, 36 unités	Scie à arc de 530 mm de long, 7 unités
Arrosoir, 66 unités	Lame scie (grand modèle), 30 unités
etc.	

10.2 Achat sur place d'équipement durable

1 motopompe G200 5.0	600 \$EU
----------------------	----------

10.3 Achat sur place d'équipement non durable (pépinière, fixation des dunes, exploitation forestière)

Article	Quantité	Coût unitaire (UM)	Total	Coût (\$EU)	Notes
Tuyau d'arrosage (mètres)	150	300	45 000	166	par rouleau de 50 m
Gants de cuir (paire)	100	3 000	300 000	1 109	
Citerne de 1 000 litres (unité)	2	50 000	100 000	370	
Semences (kg):					
<i>Acacia raddiana</i>	3	6 000	18 000	67	
<i>Acacia senegal</i>	3	9 000	27 000	100	
<i>Prosopis juliflora</i>	8	12 000	96 000	355	
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	8	8 000	64 000	237	
<i>Aristida pungens</i>	8	10 000	80 000	296	
<i>Panicum turgidum</i>	10	8 000	80 000	296	
<i>Nitraria retusa</i>	1	5 000	5 000	18	
<i>Tamarix aphylla</i> (bouture)					pour mémoire
<i>Colocynthus vulgaris</i>	10	4 000	40 000	148	
Divers			92 007	340	
Total			947 007	3 500	Taux de change: 1 \$EU = 270,61 UM
Total disponible				3 500	(Janvier)

Lutte contre l'ensablement

L'exemple de la Mauritanie

L'un des principaux défis de la désertification est l'ensablement, qui a des conséquences environnementales et socio-économiques désastreuses. Il réduit les superficies de terres arables et de pâturages et la disponibilité des ressources en eau, menaçant ainsi la productivité et les rendements agricoles, de même que la sécurité alimentaire et le niveau de vie des populations locales. Parmi les autres incidences, il faut citer la migration à grande échelle de la population, les dégâts causés aux infrastructures et d'importantes pertes économiques. La Mauritanie, l'un des pays d'Afrique subsaharienne les plus touchés, a acquis au cours de plusieurs décennies une grande expérience dans le domaine de la lutte contre l'ensablement. La présente publication fait la synthèse des enseignements tirés, notamment dans la mise en œuvre d'un projet pour la réhabilitation et l'extension de la ceinture verte de Nouakchott, projet couronné de succès et récemment terminé, qui était exécuté par la FAO et le Gouvernement mauritanien avec l'appui de la Région wallonne de Belgique. Elle décrit les processus d'ensablement et les techniques de contrôle, en partant des études préliminaires, pour examiner ensuite les méthodes de pépinière, la fixation des dunes et enfin la protection des zones reboisées. La gestion du projet et les aspects institutionnels sont également traités, l'accent étant mis sur l'utilisation d'une approche participative. Les annexes présentent le profil d'espèces ligneuses ou herbacées locales employées dans la fixation des dunes, ainsi que des tableaux utilisés pour gérer les activités et les budgets et suivre les progrès, qui peuvent servir de modèles aux actions futures. Ces enseignements peuvent s'appliquer à d'autres pays qui se heurtent à des défis semblables. L'ouvrage intéressera les techniciens, les responsables de projets, les communautés locales et bien entendu toutes les parties prenantes engagées dans la lutte contre la désertification.

