

3. Les techniques de fixation des dunes

FIXATION PRIMAIRE

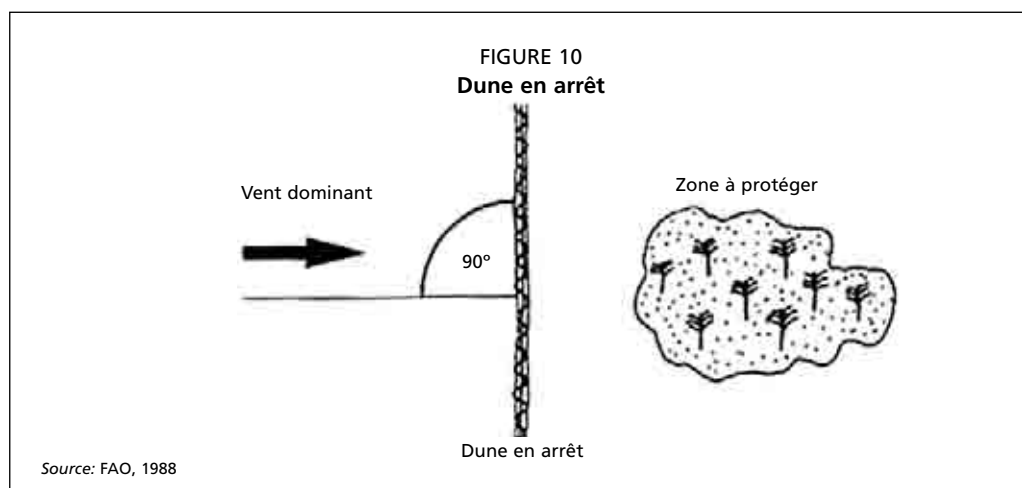
La stabilisation mécanique des dunes

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



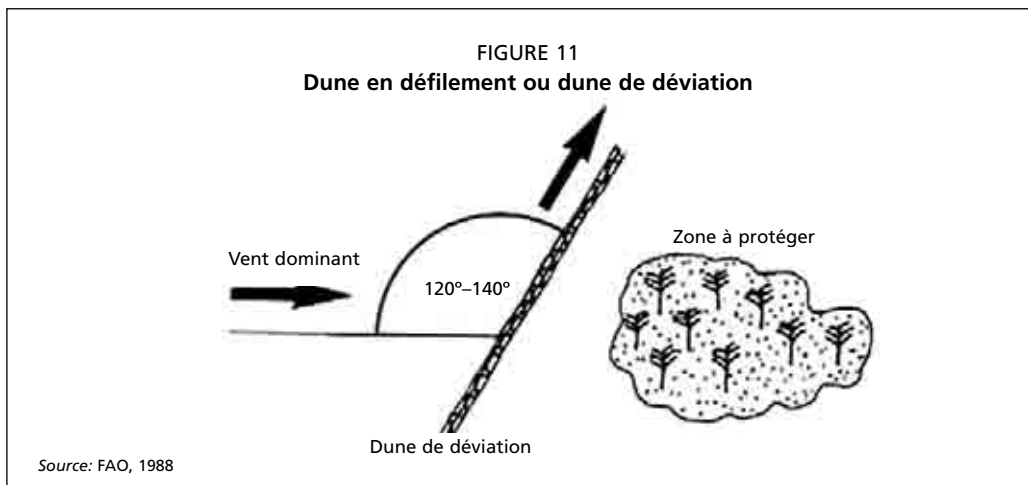
la pérennité des formations ligneuses existantes. On peut aussi utiliser des pailles de mil, sorgho ou riz, ou bien d'autres herbacées naturelles comme *Panicum turgidum*.

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.

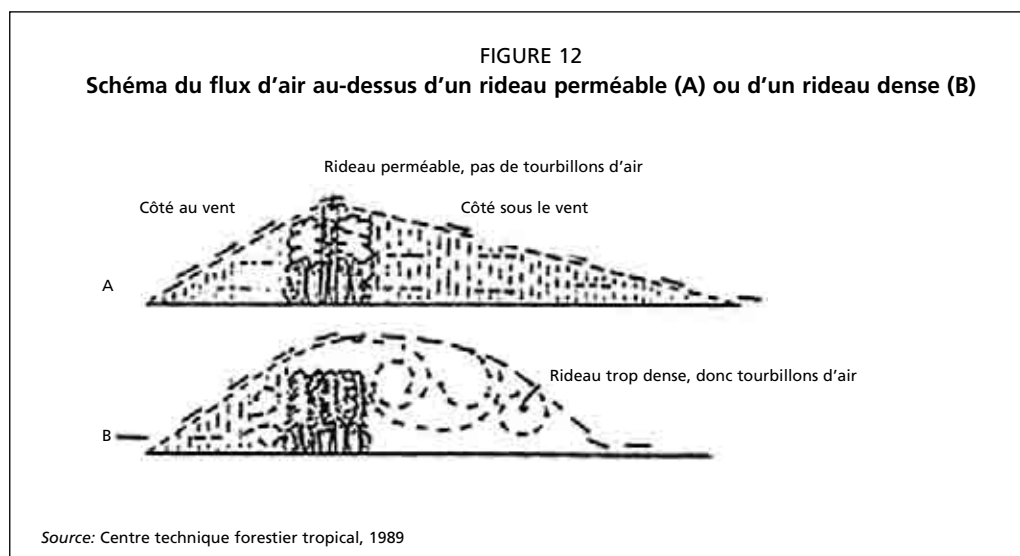
Pour remplir efficacement son rôle, la palissade doit avoir une perméabilité au vent de 30 à 40 pour cent, afin de freiner sa vitesse et de former une accumulation de sable sans provoquer dans la zone sous le vent de phénomène tourbillonnaire. Sa hauteur ne doit pas dépasser 1,2 m de hauteur, car 95 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.).