

MISE AU POINT D'UNE METHODE DE FIXATION MECANIQUE DES DUNES MOBILES DANS UNE ZONE PRE-SAHARIENNE DU SUD TUNISIEN

HOUCINE KHATTELI - NOUREDDINE AKRIMI (*)

ABSTRACT

This experimental study carried out in East Southern Tunisia showed that efficient and not very costly drifting sand fixation are possible thanks to various mechanical stabilization technics.

Two «squaring systems» were compared with two parallel rows systems and the better results were provided by 20 m side squares and the 20 m interval parallel rows.

Although the latter technics is, nearly, as efficient as the first one, however, its cost is proved twice lower.

This work permitted, in addition, defining specific stages of use for a better optimisation and organisation of drifting sand fixation works

RÉSUMÉ

L'expérimentation, objet du présent travail mené à Sidi Makhlouf dans le sud-est tunisien a permis de montrer qu'il est possible de fixer d'une manière efficace et à moindre coût les dunes de sable mobile grâce à différentes techniques de stabilisation mécanique.

Deux systèmes de carroyage de 20 m et de 40 m ont été comparés à deux systèmes de lignes parallèles espacées de 20 et de 40 m.

Les meilleurs résultats ont été fournis par les carreaux de 20 m de côté et les lignes espacées de 20 m. Cependant, ces dernières tout en étant aussi efficaces techniquement que les carreaux de 20 m se sont avérées deux fois moins coûteuses.

Ce travail a en outre permis d'identifier différentes étapes spécifiques d'intervention permettant une meilleure optimisation et organisation des opérations de fixation des sables mobiles.

L'ensablement, qui constitue l'une des manifestations les plus spectaculaires du phénomène de la désertification, touche à l'heure actuelle un territoire qui couvre près de 64% de la superficie de la Tunisie, soit près de 10 millions d'ha. Les dunes de sable y occupent déjà plus de 2 millions d'ha (CHAKROUN, 1991). Plusieurs oasis, agglomération, infrastructures routières et hydro-agricoles sont constamment menacées par l'ensablement. Face à cette situation de gros efforts ont été déployés et d'importants travaux de protection contre l'ensablement ont été engagés depuis l'époque coloniale dans le Sud tunisien et particulièrement depuis 1962, date de la mise en oeuvre du premier plan national de développement économique et social. Force et de constater, qu'en dépit des réalisations accomplies des recherches dans ce

domaine sont encore nécessaires.

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le travail que nous avons mené à Sidi Makhlouf et qui est réalisé pour la première fois en Tunisie a pour objectif de choisir la densité de clayonnage la mieux indiquée pour la stabilisation mécanique des dunes mobiles.

Il tente, ainsi de contribuer à améliorer l'efficacité des techniques utilisées à l'heure actuelle par les aménagistes dans le domaine de la fixation des dunes et la lutte contre l'ensablement et de réduire, autant que faire se peut, le coût de ces opérations.

PRÉSENTATION DE LA STATION D'ÉTUDE

La station d'étude de Sidi Makhlouf (**figure 1**) qui couvre une superficie de 16 ha est située d'après l'indice pluviométrique de Louis Emberger, à l'étage bioclimatique aride inférieur, à hivers doux. Les précipitations moyennes annuelles s'établissent à 150 mm.

Elle est située à 45 km au Nord-Ouest de la ville de Médenine sur le versant ouest de l'oued El Martoum, dans un secteur où sont lit s'élargit. Ce qui provoque l'accumulation des allu-

vions sur une superficie d'environ 25 ha (**figure 1**).

Il s'agit d'une petite oued local et endoreique qui prend naissance sur un monticule culminant à 75 m à quelques kilomètres au Sud-Ouest de la parcelle d'observation pour se terminer, non loin du site, dans une dépression salée dénommée localement «Sebkhat El Melah». La destruction de la végétation naturelle sous la pression des multiples effets anthropiques et totale (arrachage des ligneux pour la satisfaction des besoins domestiques en combustible et défrichage pour l'arboriculture et la céréaliculture épisodique). En effet, hormis la présence de quelques pieds de *Stipagrostis pungens*, de *Retama raetam* et des reliques de *Nitraria retusa* très rabougris et disséminés çà et là dans les inter-dunes, toute la zone d'étude se présente sous la forme d'un erg en miniatur-

re. Ce phénomène de remaniement éolien est relativement récent puisque les photographies aériennes de 1945 ne permettent pas de décèler dans notre zone d'étude des secteurs franchement dénudés et font, par contre, apparaître un piquetage non négligeable d'arbustes buissonnants couvrant une grande partie du sol en place.

A ce propos, les gens du village de Sidi Makhlouf, nous ont raconté l'histoire des charbonniers, organisés en caravane, qui venaient de Mareth et même de Gabès, vers les années cinquante pour la cueillette des ligneux qui se trouvaient dans la zone, en particulier *Retama raetam*, et ce en vue d'alimenter en combustible leurs fours à chaux et leurs bains maures (*Retama* étant réputé par son grand pouvoir calorifique).

La zone d'étude est ainsi devenue lesiège d'un phénomène éolien incessant qui menace sérieusement les parcours environnants et surtout le projet de chemin de fer devant relier Gabès à Médenine et qui passe à côté de notre station d'étude.

Les dunes de sable dont la hauteur moyenne est comprise entre 1 et 25 m se présentent soit sous la forme de barkhanes isolées soit, sous la forme de barkhanes jointives plus ou moins coalescentes. Elles reposent sur un substrat constitué d'un encroûtement gypseux qui affleure par endroits.

L'examen granulométrique des 2 échantillons prélevés sur une dune de la zone d'étude montre la prépondérance des sables fins et l'insignifiance des éléments grossiers et très fins (**tableau 1**).

(*) Institut des Régions Arides - Méknine-Tunisie.

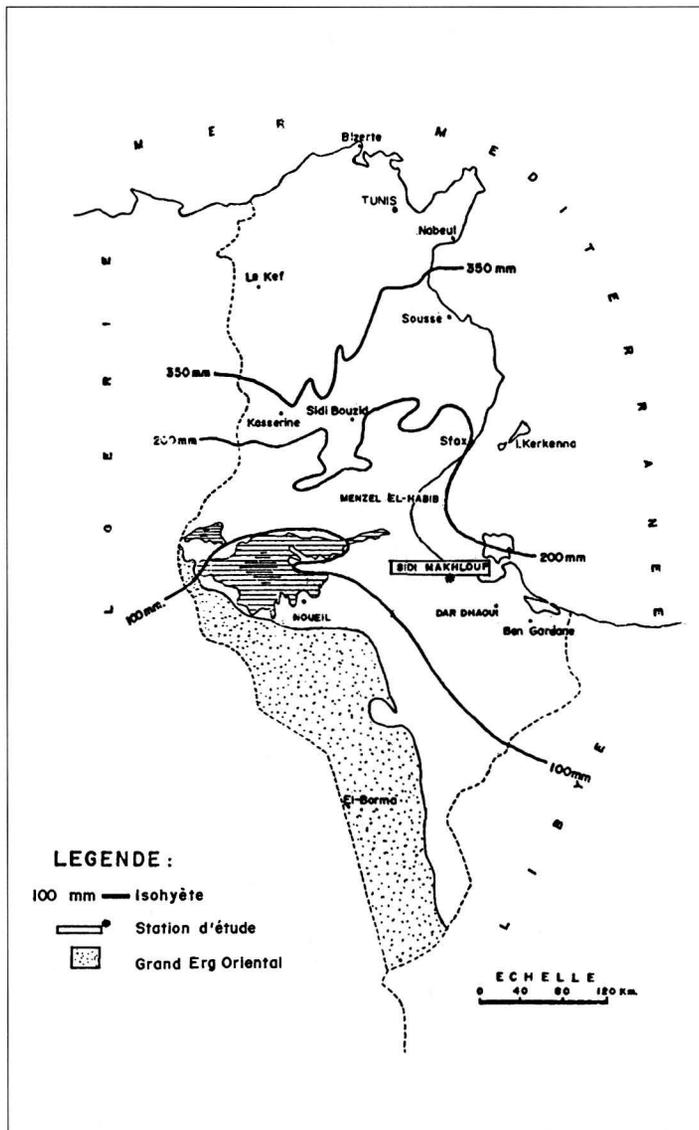


Figure 1 - Localisation géographique de la station d'étude.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le dispositif expérimental choisi est un essai en blocs aléatoires complets avec parcelles divisées (Split-plot) à deux facteurs (figure 2).

Le premier facteur concerne la clayonnage croisé à deux densités: 20 m/20 m (C20) et 40 m/40 m (C40) tandis que le deuxième facteur se rapporte aux lignes espacées de 20 m (L20) et de 40 m (L40). Il comporte deux blocs, comprenant chacun deux grandes parcelles (parcelle de 20 m et parcelle de 40 m) et chaque grande parcelle est subdivisée en deux petites parcelles: celle des carreaux et celle des lignes.

Le recours à l'utilisation des plaques en fibro-ciment pour la

N. de l'échantillon	0 à 2 μ	2 à 50 μ	50 à 100 μ	100 à 200 μ	200 à 2000 μ
N. 1	0,1	2,0	3,4	94,3	0,2
N. 2	0,1	2,0	5,1	92,0	0,8

mise en place de notre dispositif de stabilisation mécanique des dunes s'explique par la non disponibilité dans la région d'autres types de matériau de clayonnage. En outre, l'Arrondissement Forestier du Gouvernorat de Médenine, qui est chargé de l'exécution des travaux de reboisement et de lutte contre l'ensablement et qui a d'ailleurs mis gratuitement à notre disposition la quantité nécessaire de plaques en fibro-ciment pour réaliser ce travail, n'utilise dans ses programmes réguliers de fixation mécanique des dunes que ce type de matériau. Les plaques en fibro-ciment utilisées, sont fabriquées à Tunis dans des usines spécialisées. Elles sont ondulées pour assurer une meilleure résistance au vent et de petite taille pour faciliter leur manipulation par les ouvriers sur le terrain (0,76 m de long, 0,46 m de large et 0,006 m d'épaisseur). Les plaques sont enfouies verticalement dans le sol en place sur une longueur moyenne de 25 cm. Pour diminuer la pression du vent sur elles et permettre une certaine perméabilité, un espacement de 2 à 3 cm a été laissé entre les différentes plaques. Une tentative de perforation de celles-ci a été essayée et suivie au niveau expérimental à l'Institut des Régions Arides de Médenine, mais l'expérience a été abandonnée car les premiers résultats n'étaient pas concluants (AKRIMI, 1989). Les plaques sont réhaussées d'une manière régulière, dès que le sable arrive à environ 10 cm du bord supérieure de celles-ci par deux ouvriers situés de part et d'autre de la palissade qui, par des mouvements successifs de bas en haut, arrivent à retirer progressivement la plaque de l'amas de sable où elle est enfouie. Toutefois, il arrive que quelques plaques soient abimées au cours du rehaussement d'où la nécessité de leur remplacement. Tout le dispositif de stabilisation mécanique des dunes a été installé en Janvier 1992. Il a été orienté perpendiculairement aux vents actifs les plus

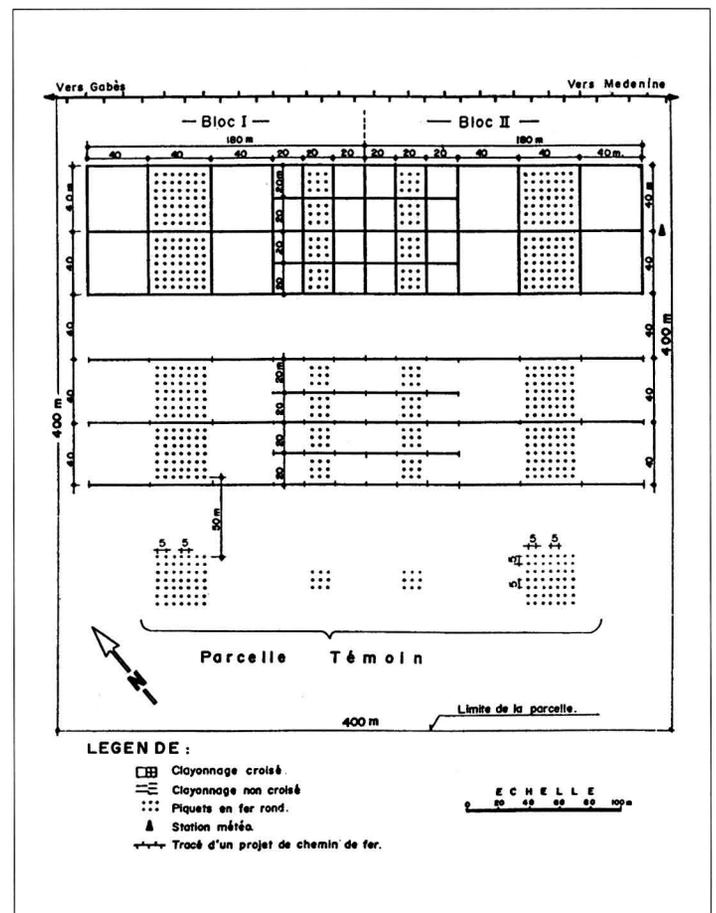


Figure 2 - Dispositif de fixation mécanique des dunes. Station de Sidi Makhlouf.

fréquents (**figure 2**). Pour l'étude et le suivi de l'érosion éolienne à l'intérieur des différents traitements et sur la parcelle témoin, un réseau composé de 652 piquets en fer rond a été mis en place. Tous les piquets sont équidistants de 5 m et la même distance sépare les piquets des plaques (**figure 2**). Cette densité des piquets a été jugée d'une manière empirique suffisante et en même temps nécessaire pour comprendre la dynamique des sables à l'intérieur de chaque parcelle. En Outre, pour éviter l'effet bordure, seules les parcelles du milieu ont été suivies. Les mesures de la hauteur aérienne de chaque piquet sont enregistrées une fois par mois, d'où un total de 15648 relevés effectués durant toute la période d'observation qui a duré deux ans (de janvier 1992 à décembre 1993). Un pluviomètre à lecture directe et un anémographe de type Lambrecht pour la mesure de la vitesse et de la direction des vents ont été également installés dans la station d'étude.

ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'analyse a concerné le suivi des quantités de sable piégé dans chaque traitement et l'évolution de la sensibilité de la surface du sol à l'érosion éolienne.

Evolution des quantités de sable piégé dans chaque traitement

Les quantités de sable piégé ont été évaluées à l'aide des mesures effectuées sur les piquets placés dans chaque parcelle (**figure 2**). Elles ont consisté en une somme de variations de la hauteur aérienne des piquets relevées en millimètre et enregistrées entre les différentes observations successives.

Le bilan est calculé par piquet, suivi d'un bilan moyen de tous les piquets d'un même traitement à différentes dates (tous les trois mois). Le passage de l'unité millimètre à l'unité poids a été fait sur la base d'une densité apparente de sable estimée à 1,5 g/c m³. L'interprétation des observations effectuées au cours de cette expérience a été réalisée par la méthode d'analyse de la variance à deux critères de classification (modèle croisé fixe). Le premier facteur (traitement) comprend quatre modalités et le deuxième facteur (période) comprend huit modalités.

Comparaison des traitements en fonction de la quantité de sable piégée (en t/ha)

L'analyse de la variance a mis en évidence, l'existence de différences très hautement significatives entre les quatre traitements d'une part et les huit périodes d'autre part, comme il apparaît dans le **tableau 2**.

Par ailleurs, la méthode de comparaison multiple de moyennes de Newman et Keuls (seuil 5%) a permis de classer les traitements de la manière suivante (**tableau 3**).

L'examen des tableaux 27 et 28 permet de dégager l'existence d'une différence statistiquement significative entre les carreaux et les lignes de 20 m occupent ensemble la première place du classement et les carreaux et les lignes de 40 m sont classés respectivement troisième et quatrième, sur le plan des quantités totales moyennes du sable piégé. Les carreaux de 20 m de côté et les lignes espacées de 20 m peuvent ainsi être considérés comme les traitements les plus appropriés quant au volume de sable piégé. Ils sont suivis par les carreaux de 40 m de côté et enfin les lignes espacées de 40m.

Les palissades en tôle de fibro-ciment qui ont été placées perpendiculairement aux vents actifs les plus fréquents sous forme des lignes successives espacées de 20 m sont donc aussi efficaces techniquement que les carreaux de 20 m de côté.

Toutefois, bien que ces traitements (C_{20}) et I_{20}) constituent un groupe homogène sur le plan des quantités de sable piégé, ils sont en réalité nettement différents l'un de l'autre en ce qui concerne le nombre des plaques utilisées pour chaque traitement. En effet, s'il a fallu mobiliser 1200 m linéaires de plaque en fibro-ciment par hectare pour le premier traitement, 600 m linéaires étaient suffisants pour réaliser le deuxième traitement. Il en résulte ainsi des frais beaucoup plus importants pour la mise en place du premier dispositif (C_{20}) par comparaison au deuxième dispositif (L_{20}). Ce dernier (L_{20}) revient donc de loin, moins cher tant sur le plan des prix des plaques que sur le plan du coût de la main d'oeuvre mobilisée pour la pose et l'entretien des plaques (presque la moitié). L'installation des brise-vent inertes (tôle en fibro-ciment dans notre cas) sous forme de lignes parallèles entre elles et perpendiculaires aux vents actifs dominants suffit donc à assurer une meilleure stabilisation mécanique des dunes. Toutefois, quand l'espacement entre les lignes passe de 20 m à 40 m, le dispositif devient moins efficace par comparaison aux trois autres traitements. La hauteur des plaques 1 m en moyenne après rehaussement) n'était alors plus suffisante pour permettre la protection nécessaire contre l'érosion éolienne. D'intenses processus de déflation ont été souvent observés entre les lignes espacées de 40 m et surtout au milieu de la parcelle. A ce propos, il y a lieu de rappeler les résultats des travaux antérieurs sur les brise-vent inertes entrepris en Tunisie qui ont démontré que l'effet de protection d'un brise-vent s'arrêtait au delà de 15 à 20 fois sa hauteur (AKRIMI, 1989; BENZARTI, 1989). Par ailleurs et après avoir montré l'existence des différences hautement significatives entre les quatre traitements, nous avons essayé de comparer les traitements par rapport au témoin avec la méthode de Dunnett selon laquelle, la plus petite différence qui doit être considérée comme significative avec une précision de 5% et 28 degré de liberté est de 74,27 (DAGNELIE, 1975).

Les résultats de cette analyse montrent que les quatre traitements (L_{20} , C_{20} , C_{40} et L_{40}) sont significativement supérieurs au témoin, comme nous pouvons le constater dans le **tableau 4**. Tous les dispositifs de stabilisation mécanique des dunes mis en place à Sidi Makhoulouf, soit sous forme des carreaux ou sous forme de lignes, ont été dans l'ensemble, techniquement efficaces puisqu'ils ont permis de piéger d'importantes quantités de sable mobile par comparaison à la parcelle témoin où l'érosion éolienne (déflation-accumulation) est restée active. Leur efficacité estimée sur la base du volume totale de sable piégé varie toutefois d'un traitement à un autre.

La meilleure efficacité est obtenue avec les carreaux et les lignes de 20 m et dans une moindre mesure avec des carreaux de 40 m. Les lignes espacées de 40 m sont, par contre, peu indiquées pour la fixation des dunes. Ces conclusions confirment ainsi celles obtenues auparavant grâce à la méthode de «Newman et Keuls» qui a permis de dégager l'efficacité des carreaux et des lignes de 20 m sur le plan de l'érosion éolienne par comparaison aux autres traitements.

Comparaison des périodes en fonction des quantités totales du sable piégé

La méthode de comparaison multiple des moyennes a mis en évidence l'existence de trois groupes homogènes sur le plan des quantités totales du sable piégé comme il apparaît au **tableau 5**.

L'examen de ce tableau permet de montrer que les accumulations moyennes de sable à l'intérieur des différents dispositifs deviennent de plus en plus importantes au fil des huit périodes d'observation. En effet, les accumulations passent de 198,7 tonnes par hectare après les trois premiers mois

Tableau 2 Comparaison des quatre traitements pendant huit périodes à Sidi Makhlouf.

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carrés moyens	Probabilité (P)
Traitements	3	354192,19	118064,06	0,000***
Périodes	7	320385,04	45769,42	0,0001***
Interaction: traitements x périodes	21	11995,31	5714,06	0,000***
Variation résiduelle	32	1030,00	32,19	
Totaux	63	687602,54		

*** = Différence très hautement significative (P < 1%).

Tableau 3 Classement des traitements en fonction des quantités moyennes de sable accumulé après 24 mois (en t/ha) à Sidi Makhlouf.

Traitements	Moyenne de la hauteur du sable accumulé (en t/ha)	Groupes homogènes identifiés
Carreau de 20 m de côté	427,5	A
Lignes espacées de 20 m	400,0	A
Carreau de 40 m de côté	350,6	B
Lignes espacées de 40 m	234,3	C

Tableau 4 Comparaison des traitements avec le témoin en fonction des quantités totales de sable piégé après 24 mois à Sidi Makhlouf.

Variables	C20	L20	C40	L40	Témoin	d 0,975
Hauteur du sable piégé (en mm)	28,5	26,6	23,3	15,6	8,7	4,95
Poids du sable piégé (en tonne par ha)	427,5	400	350,6	234,3	131,2	74,279

Tableau 5 Classement des périodes en fonction des quantités totales du sable piégé à Sidi Makhlouf.

Périodes	Quantités moyennes du sable piégé (en t/ha)	Groupes homogènes identifiés
Après 24 mois	416,2	A
Après 21 mois	408,7	A
Après 18 mois	406,2	A
Après 15 mois	401,2	A
Après 12 mois	371,2	B
Après 9 mois	345,0	B
Après 6 mois	277,0	C
Après 3 mois	198,7	C

d'observation à 416,2 tonnes par hectare à la fin de la deuxième année de suivi. Le dépôt croissant de sable dans les parcelles peut, à priori, être considéré comme un indicateur permettant d'évaluer favorablement l'efficacité du réseau de stabilisation mécanique des dunes mis en place. Ce dernier étant, en fait, principalement conçu pour bloquer les mouvements dunaires.

Par ailleurs, l'analyse des trois groupes homogènes identifiés permet de dégager une tendance générale vers une situation de plus en plus stable sur le plan des quantités de sable piégé qui apparaît d'une manière très nette surtout durant la deuxième moitié de la deuxième année d'observation.

En effet, nous pouvons considérer, à partir de cette période que le site a atteint, un état d'équilibre qui se manifeste par

l'insignifiance, voir parfois, l'absence des processus de l'érosion éolienne (déflation et accumulation).

Les six premiers mois de l'étude sont, par contre, caractérisés par une grande instabilité du modèle éolien à l'intérieur des différents traitements. La déflation et le dépôt ont, d'ailleurs, alterné durant cette première période d'observation d'une manière quasiment régulière (**figure 3**).

L'intensité des perturbations y était telle que nous étions obligés d'intervenir pour faire procéder à un entretien presque continu du réseau de stabilisation mécanique des dunes en vue de remettre en place les plaques qui sont tombées par terre sous la pression combinée des dunes mobiles et des vents actifs relativement fréquents pendant cette période de l'année.

A partir du sixième mois, le site semble tendre vers une situation relativement plus stable qui se manifeste sur le terrain par une disparition progressive des formes barkhaniques et une accumulation de plus en plus croissante de sable de part et d'autre des lignes de plaques. Par suite d'un phénomène de tassement naturel de sable, ce dépôt aurait ainsi contribué à conférer aux plaques une plus grande résistance aux actions éoliennes qui sont d'ailleurs relativement moins intenses pendant cette période (l'été).

La situation devient nettement plus stable à partir du quinzième mois. Les dunes mobiles ont pratiquement disparu à l'intérieur des carreaux de 20 m et de 40 m de côté ainsi qu'entre les lignes espacées de 20 m.

Des ensablissements diffus sous forme de voile éolien où de micro-dunes subsistent toutefois entre les lignes espacées de 40 m.

Par contre, aucun changement de ce type n'a été observé sur la parcelle témoin qui continue à demeurer le siège d'importants processus d'érosion éolienne (alternance entre dépôt et

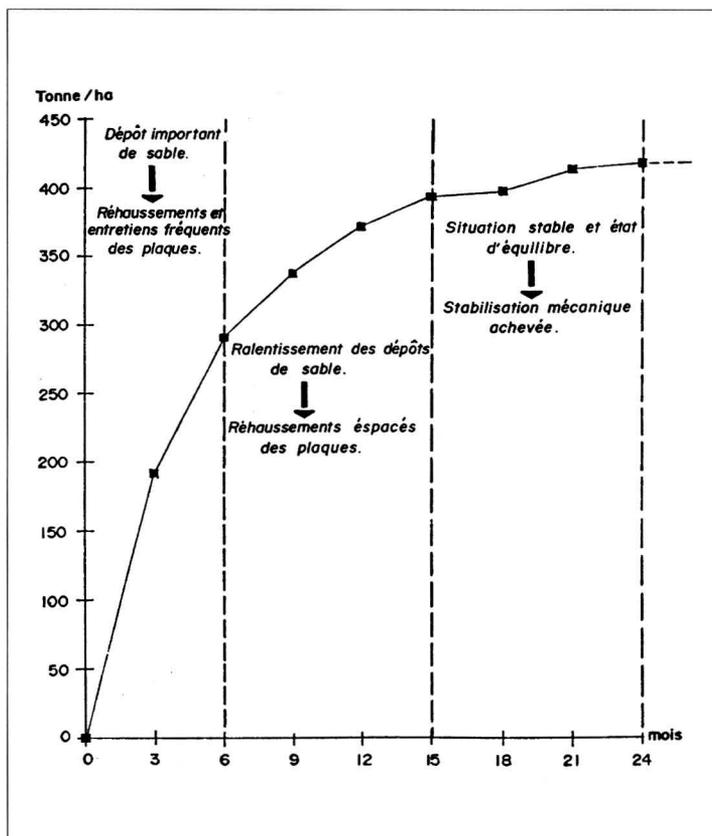


Figure 3 - Evolution des quantités de sable piégé en fonction du temps à Sidi Makhlouf.

départ du sable). Ces conclusions rejoignent celles obtenues par la méthode d'analyse de la variance où nous avons essayé d'étudier le comportement des traitements séparément en fonction du temps (interaction: traitements x périodes). En effet, nous avons remarqué l'existence d'une différence très hautement significative entre les quatre traitements (C 20, L 20, C 40, L 40) durant les six premiers mois de l'étude. Au delà de cette période, cette différence reste significative uniquement entre les traitements C 20, L 20, C 40 et les lignes espacées de 40 m. Ce dernier traitement apparaît ainsi comme le traitement le moins approprié pour la fixation mécanique des dunes puisque l'érosion éolienne y est restée active alors qu'elle a pratiquement disparu sur les traitements C 20, L 20 et C 40 surtout à partir de la deuxième année d'observation (tableau 6).

Il est par conséquent vivement déconseillé de commencer les opérations de plantation des arbres durant les six premiers mois de mise en place du réseau de stabilisation mécanique des dunes pour éviter l'ensevelissement des jeunes plants par

les dunes mobiles ou leur déchaussement en cas de déflation. Les efforts des aménagistes devront être plutôt orientés vers l'entretien régulier des palissades qui subissent dès que la stabilisation mécanique est achevée (entre le sixième et le dix huitième mois).

L'évolution vers une situation de plus en plus stable, sur le plan du modelé éolien, au cours des périodes successives d'observation, peut, entre autres, s'expliquer par un développement relativement rapide aussi bien, en nombre qu'en volume, des espèces végétales annuelles et pérennes, grâce à la mise en défens de la zone d'étude et l'installation du réseau de fixation mécanique des dunes. En effet, les sols dunaires, surtout quand ils sont peu mobiles, constituent généralement des milieux très favorables au développement de la végétation grâce à leur grande capacité de conserver l'humidité à faible profondeur (KHATTELI, 1994).

Les palissades en tôle, en créant une aire d'abri derrière elles, par réduction de la vitesse du vent, auraient vraisemblablement, facilité le piégeage des semences et favorisé leur germination et leur croissance.

A ce propos, nous avons particulièrement observé l'extension rapide des espèces pionnières telles que *Malcolmia aegyptiaca*, *Stipagrostis pungens*, *Stipa lagascae*, *Astragalus armatus*, *Salsola vermiculata* et *Launéa residifolia* en plus de la régénération naturelle du *Retama raetam* et du *Lycium arabicum*.

Une tentative d'estimation du recouvrement végétal entre le début et la fin de l'essai, à l'aide de la méthode des points quadrats a permis de mieux saisir cette évolution comme nous pouvons le constater au tableau 7.

Le recouvrement le plus important a été enregistré à l'intérieur des carreaux de 20 m de côté et entre les lignes espacées de 20 m. Ces dispositifs peuvent ainsi être considérés comme les traitements les plus efficaces pour la fixation mécanique des dunes par comparaison aux carreaux et aux lignes de 40 m qui occupent une position intermédiaire.

Le faible taux de recouvrement végétal observé sur la parcelle témoin a résulté, selon toute évidence, de l'absence de tout traitement.

CONCLUSION

Les dunes de sable mobiles rencontrées souvent à proximité des oasis, des périmètres agricoles, des villages et des axes routiers se sont formées par suite de l'aménagement du couvert végétal sous de multiples effets anthropiques (extension des cultures, arrachage de ligneux, surpâturage etc...). Elles constituent un phénomène localisé et non généralisé qui se déclenche en tout point où il y a une rupture d'équilibre entre un milieu fragile et son exploitation par l'homme d'une manière intempestive.

Leur fixation impose le recours à deux techniques complémentaires: la fixation primaire ou stabilisation mécanique et

Tableau 6 Classement des traitements en fonction des périodes et des quantités totales du sable piégé en t/traitement à Sidi Makhlouf (interaction : traitements x périodes).

Traitements	C20	C40	L20	L40	Groupes homogènes identifiés
Périodes					
3 mois	225	195	150	150	
6 mois	345	285	280	180	A
9 mois	435	345	325	225	
12 mois	450	390	355	225	
15 mois	465	390	355	225	
18 mois	495	375	355	225	B
21 mois	495	405	355	225	
24 mois	510	420	430	330	
Groupes homogènes identifiés	A	A	A	B	

Tableau 7 Evolution du recouvrement végétal en % à l'intérieur des différentes parcelles à Sidi Makhlouf.

Traitements	Estimation du recouvrement végétal (en %)	
	Novembre 1992	Novembre 1993
C20	2,0	76
C40	3,0	35
L20	3,5	52
L40	1,0	20
Témoïn	0,0	6

la fixation biologique ou reboisement. Les essais comparatifs entrepris dans la station de Sidi Makhlouf, en vue de trouver la densité du réseau de clayonnage la plus indiquée pour une stabilisation rapide et efficace des dunes mobiles ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

– les carreaux en plaques de 20 m de côté et les lignes espacées de 20 m peuvent être considérées comme les traitement les plus appropriés tant sur le plan des quantités de sable piégé que sur le plan de la stabilité de la surface du sol vis à vis des processus de l'érosion éolienne à l'intérieur de chaque parcelle,

– les lignes espacées de 40 m, bien qu'elles soient significativement supérieures au témoin se sont révélées peu efficaces, alors que les carreaux de 40 m de côté occupent une position intermédiaire,

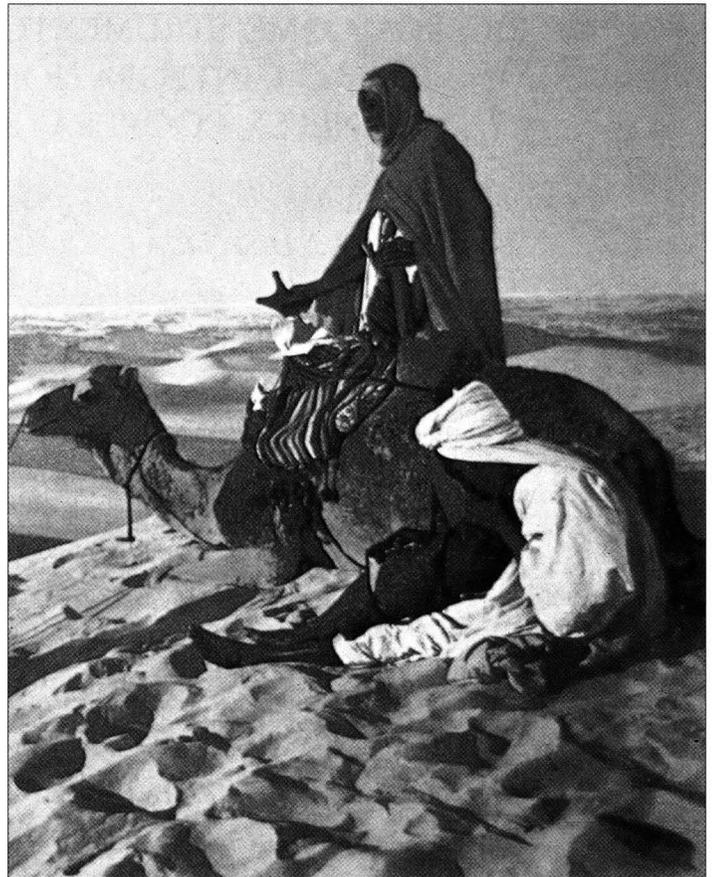
– si l'on prend en considération le rapport coût/efficacité technique des différents traitements, les lignes de 20 m de côté prennent la tête du classement devant les carreaux de 20 m de côté pour avoir mobilisé moins de plaques et par conséquent moins de frais de main d'oeuvre pour l'installation et l'entretien du réseau (la moitié).

En effet, s'il a fallu mobiliser 1200 m linéaires de plaques en fibro-ciment par hectare pour installer le dispositif à base des carreaux de 20 m de côté, 600 m linéaires étaient suffisants pour mettre en place le dispositif comprenant les lignes espacées de 20 m.

L'installation de ce dernier dispositif (L 20) se traduit ainsi, rien qu'au niveau de l'achat des plaques, par une économie de 2100 dinars tunisiens par comparaison au dispositif C 20 (en 1995 chaque mètre linéaire de plaque coûte 3,5 dinars tunisiens),

– les six premiers mois de l'essai sont caractérisés par une grande instabilité du modelé éolien à l'intérieur des différentes parcelles qui a provoqué d'importants dégâts sur les plaques mises en place. Il est par conséquent vivement déconseillé de commencer les opérations de plantation des arbres durant cette période pour éviter l'ensablement des jeunes plants, en cas de dépôt et leur déchaussement, en cas de déflation. Les efforts des aménagistes durant cette période devront orientés beaucoup plus vers l'entretien régulier des palissades que vers la plantation. Le reboisement ne doit démarrer qu'à partir de la deuxième année, où du moins, six mois après la mise en place de dispositif de stabilisation mécanique des dunes, une fois que les formes dunaires vives auront pratiquement disparu à l'intérieur des différentes parcelles,

– les sols dunaires, surtout quand ils sont peu mobiles, constituent généralement des milieux très favorables au développement de la végétation naturelle grâce à leur grande capacité de conserver l'humidité à faible profondeur. Ils répondent généralement très bien à la mise en défens dans le sens d'une évolution progressive du couvert végétal à un



point tel que dans certaines situations, une mise en défens pourrait suffire pour fixer la surface du sol.

Elle épargnerait ainsi le recours au reboisement d'où une réduction importante des charges inhérentes à la fixation des dunes mobiles et à la restauration des terres dégradées. ●

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Akrimi N. (1989) - Etude comparative des palissades inertes utilisées pour la lutte contre l'ensablement dans le Sud tunisien *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr. de Tunisie*, numéro spécial, 9-13.

Chakroun L. (1991) - Contribution de la politique forestière à la lutte contre la désertification, *Revue des Régions Arides Médenine Tunisie*, numéro spécial, 15-18.

Benzarti J. (1989) - Effets aérodynamiques de quelques types de haies brise-vent existant en Tunisie, *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr. de Tunisie*, numéro spécial, 10-24.

Dagnelie P. (1975) - Théorie et méthodes statistiques applications agronomiques, *Edit. Pres. Agr. de Gembloux, A.S.B.L Belgique*, 405 p.

Khatteli H. (1993) - Inventaire et évaluation technique des actions de lutte contre l'ensablement dans les six gouvernorats du Sud tunisien, *Revue des Régions Arides* 5/93, 59-60.

Khatteli H. (1994) - Une technique d'irrigation en profondeur pour le reboisement sur sols dunaires - *secheresse* n. 1, vol. 5.

Khatteli H. (1996) - Erosion éolienne en Tunisie aride et désertique. Analyse des processus et recherches des moyens de lutte, thèse de doctorat Ph D, Faculté des Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées de l'Université de Gent - Belgique.