(28-37)

Essai de Fixation Mécanique des Dunes et Protection des Plantations Contre le Déchaussement des Racines par l'utilisation d'un Matériau Industriel : Cas du Film Plastique

Ali CHOUIAL & Bilal ROULA
Institut National de recherche Forestière, B.P. 37, Chéraga, Alger (Algérie). tél./fax : 034/51-32-76
jijel@inrf.org.dz
roula_bilal@yahoo.fr

RESUME :

La fixation mécanique des dunes est indispensable avant toute plantation, car elle permet d'atténuer le risque de déchaussement des plants mis en terre. A cet effet, différents matériaux biologiques ou synthétiques ont été testé par l'institut national de recherche forestière.

Les matériaux végétaux inertes (fascines de pin d'Alep, laurier rose, palmes sèches, roseau…etc.) ont fait l'objet d'expérimentations diverses, et les résultats obtenus ont été très probants. Malgré cela, vu l'ampleur des superficies à traiter et l'indisponibilité en quantité suffisante, ces matériaux ont été délaissés.

Parmi les matériaux synthétiques testés, certains n'ont pas pu assuré une bonne stabilisation des dunes, c'est le cas des plaques en fibrociment, et le bitume. D'autres, ont donné de bons résultats, c'est le cas de la maille plastique, qui n'a pourtant pas permit son utilisation à grand échelle, compte tenu de son coût de revient excessif.

C'est dans ce contexte que nous avons jugé utile de tester le film plastique. Sur le plan technique, les résultats sont très concluant, car de part sa facilité de mise en place, sa durée de vie est importante et elle assure une bonne protection des plantation contre le déchaussement des racines. Sur le plan économique le coût de revient des installations a été considérablement réduit.

Mots clés : Ensablement, dunes, film plastique.

SUMMARY:

Before all plantation the mechanical fixing of dunes is indispensable, it permits to stop risks to denude roots of plantations. To this effect, different biologic or synthetic materials have been tested by the national institute of forest research.

Tests with the inert biologic materials (fascinate pine of Alep, pink laurel, dry palms, roseau…etc.) made the object of various experimentations, and the gotten results were a lot of probates. But, seen the importance of surfaces to fixing, the use of these materials has been abandoned, because of availability in sufficient quantity.

Among the tested synthetic materials some were not able to assured not a good stabilization of dunes, it is the case of plates in fibrocement, and the asphalt. Gave good results of others, but cannot be used to big scale, considering the cost of comes back excessive. It is about plastic stitch. .

For it we judged useful to test the plastic movie. On the technical plan results are very conclusive, because of part his easiness appropriate in place, his life span is important and it assures a good protection of the plantation. On the economic plan the cost of comes back of facilities has been reduced considerably.

Key words: Blinding, dunes, plastic movie.

PROBLEMATIQUE :

Compte tenu de l'état de dégradation des territoires steppiques algériens et des fortes pressions humaines et animales qui s'exercent sur ces écosystèmes, la reconstitution du couvert végétal, ne peut dans la majorité des cas être assurée naturellement et nécessite de plus en plus au recours à des techniques d'aménagement appropriées, telles que, la fixation des formations sableuses par les différents procédés mécaniques et biologiques et la plantation d'espèces ligneuses. Durant les dernières années, plusieurs techniques de fixation de dunes et de lutte contre l'érosion éolienne, ont été mises au point avec de grands progrès, mais il reste beaucoup a faire, car Il n'y a pas encore de solutions définitives ou miracles pour combattre la désertification. Les solutions a prescrire sont souvent onéreuses, difficiles a maîtriser et spécifiques à chaque lieu et à chaque situation.

Parmi les lacunes qui subsistent encore et qui entravent souvent la démarche permettant d'enrayer la désertification, on cite en premier lieu l'insuffisance de matériaux végétaux inertes, tels que les fascines de Pin d'Alep, les roseaux, les palmes sèches et les branches de laurier rose, dans les zones semi-arides.

Au début du lancement des travaux de fixation mécanique des dunes en Algérie, ces matériaux ont été utilisés souvent d'une manière systématique au niveau de tous les projets de fixation de dunes. Par la suite, compte tenu de l'ampleur des programmes de lutte contre la désertification, il s'est avéré que ces matières ne pouvaient satisfaire en quantités suffisantes les besoins immédiats des travaux. D'autre part, certains inconvénients ont été relevés, telles que, l'hétérogénéité et la difficulté de maîtrise de la perméabilité des palissades; la nécessité d'entamer les travaux d'entretien et de regarni des dispositifs installés après le passage des vents violents ; la durée de vie relativement courte des matériaux biologiques inertes.

Pour surmonter ces handicaps, un programme de recherche sur les techniques de fixation de dunes et de lutte contre l'ensablement, a été élaboré par l'institut national de recherche forestière, les objectifs de ce programme s'articulaient autour d'une approche expérimentale, visant à tester les différents matériaux susceptibles de satisfaire les besoins urgent des travaux en quantité suffisante. A cet effet, plusieurs techniques de lutte mécanique ont été expérimentées en vue de tester leur efficacité vis à vis des déplacements de sables et leur incidence sur la stabilité des dunes vives. Les dispositifs ont fait appel à des matériaux de nature et d'origine diverses, tels que les plaques en fibrociment, le texand, les pneus usés, le bitume et la maille plastique extrudée.

La maille plastique en tant que produit industriel, convenait parfaitement aux travaux de fixation de dunes. Cependant, les coûts de revient à l'hectare des dispositifs, constitue une contrainte majeur quant à la généralisation à grande échelle de la technique. C'est dans ce contexte, que nous nous sommes proposé de tester le film plastique en polyéthylène, pour la fixation mécanique des sables et la lutte contre le déchaussement des racines, afin de contribuer d'une manière significative à la réduction des coûts et de diversifier les techniques et les matériaux de fixation.

Objectifs de l'essai:

L'objectif déclaré est de lutter contre le déchaussement des racines des nouvelles plantations et dont l'intervention se place au niveau physique. Il s'agit de rechercher de nouvelles techniques et nouveaux matériaux de fixation mécanique des dunes, afin de réduire les coûts de fixation à l'hectare et d'augmenter le taux de réussite des plantations;

Fixation des dunes (notions fondamentales):

Fixation mécanique :

La protection mécanique des sables contre l'érosion éolienne, a pour objectif de limiter les phénomènes de saltation et de reptation. La lutte contre ces deux phénomènes de déplacement des particules fines, consiste à maintenir les grains de sable sur place en diminuant la vitesse du vent près de la surface du sol, sachant que 90 % du sable se déplace à une hauteur < 50 cm [1. 2]. Le principe fondamental consiste à installer des obstacles (palissades), capables à la fois de stabiliser (protéger) les sables et de réduire ou d'atténuer la vitesse des vents actifs, jusqu'à un niveau inférieur ou égal à la vitesse de mise en marche des particules de sables, estimée de 4 à 5 m/s [1,2,3], tout en empêchant le déplacement des particules de sable. Il s'agit donc, de créer une stabilité du milieu dunaire, condition indispensable pour le développement des plants introduits et à la végétation naturelle pour se régénérer et coloniser la dune.

Les techniques de fixation mécanique sont souvent dictées par les réalités du terrain et les situations dans lesquelles on se trouve confronter. La conception d'une technique fiable dépendra ainsi des spécificités des dunes à protéger, des matériaux a utiliser et notamment des conditions géomorphologiques et climatiques de la zone où se déroule l'opération [4.5].

Parfois, il est nécessaire d'opter pour utilisation des procédés permettant la stabilisation des sables sur place, ce sont des protections perméables (palissades perméables à 50%) sous forme de palissades linéaires ou en damier (carroyages) [4.6]. Certains cas, exigent l'application des techniques qui favorisent l'accumulation et le dépôt de sable, il s'agit de protections imperméables (palissades imperméables), favorisant la création de dunes artificielles (zone de très faible pluviométrie) [4.5.7]. Par contre, dans d'autre situation, l'application des techniques de défilement et de l'accélération des vents doit être privilégier, pour permettre le dégagement des sables au niveau des endroits nécessitant une protection contre les accumulations de sable (cas des canaux d'irrigation et voies de communication).

Pour le cas échéant, la nouvelle technique envisagée diffère complètement de ce que nous avons connu auparavant, il s'agit de protéger les jeunes plants au moment de leur plantation sur les dunes contre l'action érosive du vent au dessous de la surface en utilisant le film plastique [5.6].

Fixation biologique:

La deuxième opération d'ordre biologique comprend le boisement systématique de la dune, et intervient souvent juste après l'installation des palissades et des protections mécaniques. A ce propos, il faudrait noter que le boisement des dunes se fait avec des espèces végétales adaptées aux conditions climatiques du milieu dunaire (gel, vents violents, pluviométrie faible et sécheresse prolongée), supportant les phénomènes de déchaussement des racines, de l'ensablement et présentant des capacités fixatrices excellentes [5.6].

Le travail des vents : le vent est un agent érosif très actif dans les régions semi-arides, il intervient activement dans le façonnage des formations sableuses. Entant que fluide doué d'énergie cinétique, le vent prend en charge les particules fines qu'il trouve à sa disposition [3.4.7.8]. Le mécanisme de transport des grains de sable s'exerce selon trois modes de déplacements, qui diffèrent selon les diamètres des grains. A ce propos, on distingue la suspension (2%), la saltation (23%) et la reptation (75%) [3.9.7.10]. D'autre part, on admet actuellement que l'action mécanique efficace du vent ne monte pas très haut, et on estime que 90% des grains de sable en saltation sont contenus dans les 30 premiers centimètres de la surface du sol[3.7.11]. Ainsi, Il ressort de constat, que des palissades de hauteur comprise entre 30 et 50 cm, permettent de contrôler le mouvement de plus de 90% de la masse de sable éolien en déplacement [3.4.7].

La déflation est une action des vents forts sans charge, agissant sur un substrat sableux, par le balayage (transport) des particules fines à partir d'une surface dépourvue du couvert végétal, en laissant sur place les éléments les plus grossiers [3.4]. Cette action érosive du vent, provoque le déchaussement et la mise à nu des racines des jeunes plants non protégés, après leur mise en terre. Ce déchaussement a toujours constitué un handicap majeur, vis-à-vis des plantations réalisées dans les milieux dunaires. Par contre, la corrasion est une action mécanique, dans laquelle, le vent chargé de grains de sable exerce une action corrosive efficace, semblable à l'action de mitraillage produite sur les roches ou d'autres obstacles, et cette action est néfaste pour certaines espèces végétales fragiles [3.4].

Localisation et caractéristiques climatiques de la zone d'étude :

La zone d'étude, fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride a hiver froid. Elle se situe dans la zone de transition entre les Hauts Plateaux et l'Atlas Saharien, précisément dans le Cordon-dunaire des Zahrez (Sud de Hassi-Bahbah) à environ 270 km au Sud d'Alger. Les parcelles expérimentales sont implantées au niveau du Zahrer Gharbi au lieu dit El-Mesrane. Les principales formations de dunes rencontrées sont [12,13]: les dunes anciennes à matériaux non gypseux, les dunes anciennes à matériaux gypseux et les dunes actuelles. Parmi ces trois type de formations, on trouve essentiellement la dominance des dunes vives actuelles qui sont très vulnérables vis-à-vis de l'action de l'eau et du vent, qui constituent les principaux acteurs du processus de morphogenèse. Les édifices sableux dans cette zone, présentent une morphologie assez variée (dunes vives coalescentes, Nebka, sifs, barkhanes, micro-dunes, et voiles sableux).

Tableau I : Caractéristiques climatiques de la zone d'étude [14]

Minimum absolu observé	m"=-12°C
Moyenne de tous les minima	m =6.5° C
Maximum absolu observé	M"=40.0°C
Moyenne de tous les maxima	M =23.8° C
Moyenne mensuelle	M+m/2 =13.35°C
Quotient d'Emberger	Q_2= 33.2° c.
Pluviométrie annuelle	250 mm
Nombre de jours de pluie	63

Les vents sont très violents et peuvent atteindre des vitesses supérieures à 60 km /h (16.6 m/sec), provoquant des phénomènes de déflation ou de remaniements des formations superficielles et d'ensablement des terres de cultures, des parcours, des agglomérations et des infrastructures socio-économiques. Ces manifestations d'érosion éolienne sont très importantes, d'une part à cause de la fragilité du milieu caractérisé par une abondance de sédiments sableux libres et d'autre part à un faible taux de recouvrement végétale.

Matériels et Méthodes:

Matériel utilisé:

L'essai a été installé en 1989, sur un voile sableux de 2752 m². La mise en place des palissades a nécessité l'utilisation du film plastique en polyéthylène, des piquets en bois de 60 cm de long et quatre espèces végétales, d'origine différente (deux autochtones et deux allochtones).

Le film plastique est un produit industriel largement utilisé en agriculture, il se présente sous forme de rouleau de 50 m de long sur 4 m de large. Le choix des espèces utilisées a été motivé par leur faculté d'adaptation aux conditions locales, démontrée lors des essais précédents, il s'agit de *Tamarix articulata* (boutures racinées), *Tamarix articulata* (boutures non racinées), *Atriplex canescens* (plants élevés en pépinière), *Atriplex halimus* (plants élevés en pépinière); *Eleagnus angustifolia* (plants élevés en pépinière); [5.12.15.16].

Méthode :

Mise en place du film plastique : Les lignes tracées en courbes de niveau et perpendiculairement aux vents efficaces, sont sillonnées par des tranchées creusées à 30 à 35 cm de profondeur et 20 à 30 cm de largeur, pour abriter le film plastique. L'espacement entre les fossés est de 4 à 5 m. Des piquets en bois enfoncés à une profondeur de 80 cm, tout le long du réseau de carroyage, sont destinés au tuteurage de la palissade (*photos 1*).

Photo 1 : Stade initial du voile sableux juste après la mise en place du film plastique et de la plantation

Le film plastique coupé en bandes de 30 à 35 cm de largeur, est ensuite placée verticalement dans la tranchée, de telle sorte qu'une largeur de 5 cm de ce film soit apparente en surface pour constituer la palissade (*figure 1a et 1b*).

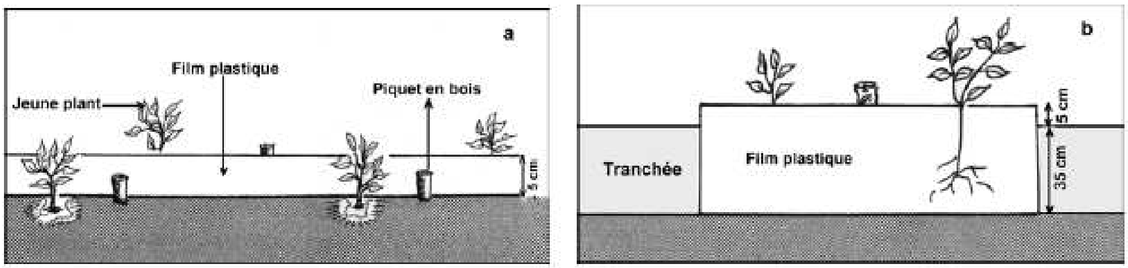

Fig.1 : Installation du film plastique polyéthylène en fixation mécanique des dunes
a)- Vue de près ; b)- Coupe longitudinale d'une tranchée

Pour assurer la solidité du dispositif, le film plastique doit être bien tendue et soutenu par les piquets en bois. Les plants sont par la suite mis en terre de part et d'autres du film plastique dans les fossés, selon la densité choisie, soit 1.5 à 2 m et enfin les tranchées sont comblés avec du sable humide (*Photo 2*) [5. 6].

Photo 2 : Présence du film plastique après 15 années d'installation

Technique de plantation: Le boisement a lieu à la fin de l'automne immédiatement après des précipitations suffisantes sur un voile sableux sur lequel l'activité éolienne est importante.

Résultats et discussion:

Le taux de réussite des plantations est satisfaisant pour les quatre espèces. Le *Tamarix articulata* a réaliser 70% pour les boutures racinées et 40% pour les boutures non racinées (*photo 3*) et un accroissement annuel en hauteur très appréciable avec 50 à 70 cm, durant les quatre premières années. L'olivier de bohême marque également un taux de réussite important et un accroissement annuelle en hauteur + 70 cm/an. Enfin la hauteur moyenne des plants est importante pour les quatre espèces (voir tab. II).

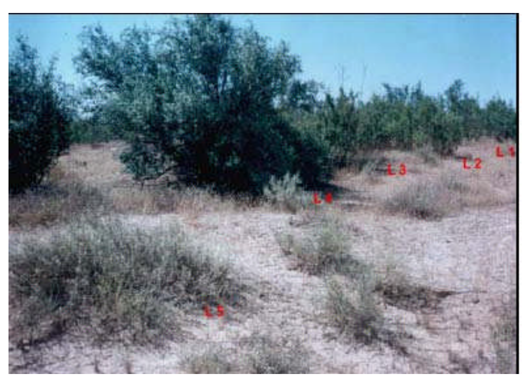

Photo 3 : Ligne de plantation en Olivier de Bohème et en Tamarix après 15 ans de mise en place du dispositif

Tableau II : Croissance en hauteur et diamètre de la touffe des espèces expérimentées

	Sujet 1		Sujet 2		Sujet 3		T/ réussite
Espèces expérimentées	H (m)	Ø (cm)	H (m)	Ø (cm)	H (m)	Ø (cm)	%
AtripAtriplex canescens	0.98	1.40	1.20	1.60	0.98	1.40	76
Atriplex halimus	0.87	1.13	0.93	1.26	0.87	1.13	74.3
Tamarix articulata	1.78	2.85	1.57	2.14	1.78	2.85	40 à 70
Eleagnus angustifolia	2.40	2.72	1.97	2.54	2.40	2.72	68

Quinzaine années après l'expérimentation, la colonisation de cet espace dunaire (voile sableux) par une strate herbacée et arbustive actuellement est réel comme le confirme la photo n° 01 qui représente la phase initiale et la photo 2 et 3, illustrent l'état de ce milieu dunaire après 15 ans. Cette stabilisation des sables mouvants a permis a l'installation d'une strate herbacée à l'origine d'une remontée biologique perceptible. La dominance des espèces appartements aux familles des graminées, composées et aux légumineuses
sur les dunes fixées récemment, notamment Schismus barbatus, Aristida pugens et Koeleria pubscens, constitué un indice de fertilité et d'évolution du sol par rapport à la dune vive [16.17].

De point de vue technique, les tentatives d'amélioration portées sur la maille plastique en tant que palissade de protection mécanique (qualité de la maille, piquets et système d'attache) lors des essais précédents, ont abouti à des résultats spectaculaires. La durée de vie de la maille plastique noire a pu être augmenté de 1 à + 8 années, en raison de sa résistance mécanique qui a été améliorée et par conséquent la fréquence des déchirures a baissé. L'utilisation des nouveaux piquets en plastique (prototype 1 et 2), dont la durée de vie dépasse 16 années, a définitivement résolu le problème de fixation de la maille aux piquets.

Le coût de revient relativement important de ces dispositifs, nous a incité a rechercher d'autres matériaux de substitution facile a installer et moindre coût. Ainsi, nous avons opté pour le film plastique en polyéthylène, et nous l'avons tester en appliquant d'une nouvelle technique de fixation des sables mouvants, tout en visant a protéger les racines des jeunes plants contre les vents forts et violents qui causent leur déchaussement (mise a nu des racines), et par conséquent leur dépérissement.

Parmi les observations notées lors de cette expérimentation, il faudrait citer l'avantage majeur obtenu à la suite de cet essai. En effet, l'utilisation du film plastique en polyéthylène a mit un terme au problème de déchaussement des racines, phénomène redoutable pour tous les travaaux de plantation dans les régions du semi-aride, qui ont été souvent difficile à les maîtriser par les techniques classiques de fixation des dunes. En outre, mise à part la facilité et de la rapidité de la mise en place des dispositifs, l'usage du film plastique offre la possibilité de mécaniser les travaux. Le dispositif peut substituer l'installation des palissades de protection mécanique, dans plusieurs situations avec de moins coût et efficacité suffisante. Cette technique peut être considérer comme la technique la moins coûteuse et la pus facile qui convient le mieux la lutter contre le phénomène de déchaussement des racines dans les nouvelles plantations. La durée de vie de ce produit est plus longue et assure ainsi, aux plants mis en terre, un temps de protection largement suffisant (soit plus de 8 ans), leur permettant d'arriver à développer un système racinaire capable de stabiliser les sables par la suite.

La mise en place du film plastique en polyéthylène dans les fossés nécessite un tuteurage simple avec des piquets de 70 cm de long, même de qualité médiocre et elle ne nécessite aucun travail d'entretien. Sur le plan technique, ce matériau a montré une performance remarquable pour la lutte contre le déchaussement des racines de plants, ainsi que son efficacité sur les voiles sableux, les micro-dunes et sur les endroits à faible activité éolienne.

Du point de vue économique, le faible coût de revient à l'hectare des dispositifs installés avec le film plastique, par apport a ceux conçus avec d'autres matériaux (produits végétaux, maille plastique), constitue un atout majeur pour l'utilisation a grande échelle de ce matériau.

Enfin, concernant la fixation biologique, les résultats obtenus sont très satisfaisants, nous avons enregistré un taux de recouvrement végétal très appréciable (soit > 70% en 1987), dépassant largement le taux optimal de 30% exigé [17.18], rappelons a ce sujet que, l'érosion éolienne commence à se manifester, si le recouvrement végétal est inférieur à 15% [19]. La réussite des plantations confirme également, l'efficacité de cette nouvelle technique (lutte contre le déchaussement des racines).

Photo 4 : Déchaussement des racines d'un sujet d'Olivier de Bohème sur une longueur de 4 m, environ provoqué par l'action des vents

Pour ce qui est des plantations, l'*Atriplex canescens* a confirmé ces performances en matière de fixation des sables, d'une part par son enracinement dense et profond et son branchage étalé, assurant un bon recouvrement végétal, et d'autre part grâce a sa forte résistance au déchaussement et à l'ensablement, qui dépassent de loin les autres espèces. Elle se régénère facilement aussi bien par drageonnage, que par rejet de souche. L'adaptation de l'espèce est meilleure sur les sommets des dunes. A titre d'exemple, sur le sommet d'une dune de 16 m de hauteur à d'El-Mesrane, une touffe d'*Atriplex canescens* a atteint au bout de 4 ans, les dimensions de 1.40 x 1.40 x1.40 m. Une autre caractéristique de cette espèce qui mérite d'être évoqué, concerne sa faculté de conserver son feuillage pendant la saison estivale, période durant laquelle on observe la dessiccation de la majorité des espèces végétales. Concernant la fructification, les observations ont montré que la fructification de l'Atriplex, a atteint son maximum à partir de la deuxième année, la quantité moyenne de graine récoltée par touffe varie de 350 à 600 g.

CONCLUSION:

Il existe une abondante littérature scientifique et technique sur les différents types de dégradations qui caractérisent la désertisation, en revanche peu de publications traitent la mise en oeuvre effective des techniques et les méthodes de lutte avec pertinence [20]. Pour nous en Algérie, les réflexions doivent portées plus particulièrement sur la mise en ouvre des techniques et méthodes de lutte contre la désertification afin de maîtriser les opérations de terrain, car ce domaine est moins documenté par les publications.

A propos de cet essai, les principaux objectifs de l'expérimentation ont été atteints. En effet, le dispositif a permis la stabilisation des sables mouvants contre l'érosion éolienne. Les acquis techniques et méthodologiques réalisés par cette modeste expérience dans un milieu fragile et instable représentent une masse d'informations et de renseignements très appréciables, facilement transposables et applicables dans la grande majorité des situations écologiques de la steppe algérienne.

En effet après une quinzaine années, le modèle de stabilisation mécanique des dunes mis en place, demeure encore intact et confirme une fois de plus son efficacité, face l'agressivité de l'action des vents violents. La colonisation de l'espace dunaire par une strate herbacée et arbustive est réel ainsi une remontée biologique garant d'une stabilisation. Ce dispositif convient parfaitement, aux voiles sableux, micro-dunes, dunes de faible pente et aux endroits où l'activité éolienne est moins intense. Cette technique peut être applique pour assurer la création également des réseaux de bandes boisées, des rideaux-abris ou de micro-brise-vent, afin de créer les conditions d'existence de la production agricole ou de protéger les périmètres agricoles existants contre l'érosion éolienne, de réduire l'évaporation du sol, de réduire la transpiration des plantes et pour conserver l'humidité dans le sol. Ces bandes boisées, offrent souvent des avantages directs pour les plantations agricoles en permettant des rendements plus élevés et offrent un abri au bétail, aux pâturages et aux bâtiments d'exploitation agricole. En effet, les résultats obtenus sont satisfaisants (même dans des conditions difficiles du milieu dunaire, voir photos), la stabilisation totale du voile sableux a été assuré, avec un taux de réussite important des plantations. Le coût réduit de ce type d'installation (à moins d'un 20% par rapport au coût de la maille plastique et moins de 50 % par rapport à l'utilisation des produit végétaux), offre de grandes perspectives, quant à la généralisation de son utilisation a grande échelle dans les travaux de fixation de dunes et notamment au niveau des zones à faible activité éolienne. Le comportement des plantations est très remarquable, aussi bien du point de vue adaptation au milieu physique (résistance aux gelées, sécheresse, ensablement et déchaussement des racines), que du point de vue croissance des plants, la capacité fixatrice des espèces aussi bien locales que celles introduites est considérable, et elle est assurée aussi bien par l'étalement de leur branchage, que et par leur système racinaire puissant, dense et pivotant. Le nombre important et les variétés des différentes espèces végétales indiquent les conditions favorables a leur installation dans ce biotopes [16.17.18].

Enfin, à la lumière des résultats obtenus par cette expérience de fixation des sables mouvants e de lutte contre le déchaussement des racines, expérimentées pour la première fois au niveau du cordon dunaire de des Zahrez, ce type de dispositif semble qui s'adapte bien au phénomène de déchaussement des racines. Il constitue un modèle a adopter dans les zones où l'activité éolienne est de moindre intensité (région steppique). Sa facilité d'installation avec la possibilité de mécanisation et son faible coût à l'hectare offrent de grandes perspectives quant a son utilisation par les agriculteurs à grande échelle.

VII - BIBLIOGRAPHIE

1- AUFRER L. 1931. Le cycle morphologique des dunes.
2- BAGNOLD. R.A. 1953. Formes de dunes de sable et régime des vents. C.N.R.S, Paris.
3- DEMANGEOT J. 1981. Les milieux naturels désertiques. CDU-SEDES, Paris, 261 p.
4- SVINTSOV I. et TCHEREDNITECHEKO. V. 1986. Etude de la déflation et du transport du sable. In principes et méthodes de fixation des sables mouvants; PNUE, p.92.
5- CHOUIAL A. 1999. Lutte contre la désertification: Guide des techniques de fixation des dunes continentales et de protection des infrastructures socio-économiques contre l'ensablement. I.N.R.F, Alger, 108. P.
6- CHOUIAL A.1989. Utilisation de la maille plastique extrudée en fixation mécanique des dunes. I.N.R.F; Semin, Intern., sur la plasticulture,
7- COQUE R. 1988. Géomorphologie. Armand-Colin, Paris, p.140.
8- GUYOT G.1980. L'érosion éolienne. INRA, Station bioclimatologie de montfavet.
9- MAINGUET M. 1983. Dunes vives, dunes fixées, dunes vêtues: une classification selon le bilan d'alimentation, le régime éolien et la dynamique des édifices sableux.. Z. Géomorph , N. F, Supp-bd. 45, 265-285, Berlin-Stuttgart.
10- BEN SALEM B. 1983. Dynamique et stabilisation des formations dunaires. in actes du séminaire sur les problèmes d'érosion éolienne dans les zones pré désertiques, Tunisie.p41.
11- KHETTALI H.1983. Contribution à l'étude de dynamique des dunes dans les parcours du Sud tunisien. Actes du séminaire sur les problèmes de l'érosion éolienne. Tunisie, 41 p.
12- POUGET M. 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises méridionales. Trav. doc. OROSTOM., 550P Paris. Univ. Aix-Marseille, 1979.
13- TRAYSSAC J. 1981: Migration de sable éolien depuis l'Holocène dans les monts de Ouled Nail, Algérie. USTHB, Alger.
14- SELTZER. 1946. Climat de l'Algérie. Recueil des données météorol. Univer. d'Alger
15- ROUCHICHE S. 1984. Choix et diversification des espèces pour les reboisements. Alger, I.N.R.F, rapport interne, p32.
1. 16 KAABECHE M. 1990. Les groupements végétaux de la région de Bou-Saada (Algérie). Contribution à la systématique des groupements steppiques du Maghreb. Thèse. Doc. Es Sces. Univ., Paris-Sud, France. 2Volumes : 104 p + ann.
16- CHOUIAL A. 2003. Etude de la dynamique de la végétation sur les dunes fixées dans la zone d'El-Mesrane (cordon-dunaire). CRSTRA, Biskra, Journ. Alg. Rég. Arides, 2, pp 31-41.
17- BRAGUE N. et BENCHERIF. 2001. First results of the biologiq ascent in an ecosystem of dunes fixed case of d'El-Mesrane, Djelfa. Recueil des actes, Séminaire sur la fixation des dunes (Kothbane), CRSTRA , Taghit, Adrar, 4, 5 et 6 novembre 2001.
18- H. N. Le HOUEROU. 1979. La désertification des régions arides. La recherche, n 69, Vol. 10, pp.336-344.
19- CORNET A. 2004. La Désertification : Un problème d'environnement, un problème de développement. Président du comité scientifique français pour la désertification. Paris Institut de Recherche pour le Développement. 06 p.