

Utilisation de la maille plastique extrudée pour la stabilisation des formations éoliennes

Kamel Tolba, Ali Chouial, Ahmed Amraoui.

INRF, BP 37, Chéraga, Alger, Algérie. - tolbakamel@yahoo.fr

ملخص

قام المعهد الوطني للأبحاث الغابية بمساهمة الشركة الوطنية للمواد البلاستيكية بعدة تجارب في إطار تثبيت الكتبان الحية بالمواد اللدنة. تضمنت هذه التجارب على المحتويات التالية: نفذ الشبكة، شدتها ضد الرياح القوية، تقنيات ربطها و مدة عمر الجهاز. الأسوجة بالشبكة اللدنة مضادة للرياح سمحت بتوازن التراكمت الرملية. تحسين الشبكة اللدنة أعطت أكثر مقاومة للحالات المناخية القصوى. المواد البلاستيكية تقدم نفس الامتيازات كالمواد النباتية الجامدة و زيادة عنها مشاكل تنظيم الأسوجة، تواجدها و سرعة التنفيذ لم تطرح. مدة عمر الجهاز يتجاوز من سنة إلى 10 سنوات بالمواد اللدنة المتحسنة خلقت 2X2 مم شبه مناخ دائم في الوسط الكتباني. أمام و خلف الاسوجة التقينا نفس التراكم الرملي مما أوقف الانجراف الريحي. نفذ الأعلى صعد إلى 50 % بعد عدة تجارب في الميدان باستعمال أربعة شبكات مختلفة النفذ مما سمح لنا بالتثبيت الميكانيكي في التشكيلات الريحية و كذلك الصعود البيولوجي و نجاح المشاتل.

Résumé

L'institut national de la recherche forestière (I. N. R. F) a uni ses efforts avec l'entreprise nationale de la plasticulture (E. N. P. C), dans le cadre d'une série d'essais d'utilisation de matériaux synthétiques pour la fixation des dunes vives. Les essais ont porté sur la porosité de la maille, sa résistance aux vents forts, les techniques d'attache et la durée de vie du dispositif. Les palissades en maille plastique extrudée à haute densité, dressées perpendiculairement au vent dominant ont permis d'équilibrer le bilan sédimentaire des formations éoliennes.

Les différentes améliorations apportées au matériau plastique, ont permis aux palissades de résister aux conditions climatiques extrêmes. Les matériaux synthétiques procurent les mêmes avantages que les produits végétaux inertes et de plus, les problèmes de l'homogénéité, de la disponibilité et de la rapidité d'exécution ne se posent pas. La durée de vie du dispositif de fixation mécanique des dunes passe ainsi de 1 à 10 ans.

Les palissades en maille plastique améliorée dont la porosité se situe entre 40 et 60 %, de couleur noire, ont créé un micro-climat stable dans le milieu dunaire. De part et d'autre des palissades, on a enregistré le même dépôt de sable sous forme de " chevrons " mettant ainsi fin à l'érosion éolienne. La porosité optimum est atteinte à 50 % après une série d'essais utilisant quatre différentes mailles. Cela a permis la stabilisation mécanique des formations éoliennes, suivie d'une remontée biologique.

Mots clés : Dunes, bilan sédimentaire, palissades, maille plastique, porosité, fixation.

INTRODUCTION

Selon la méthode classique, la stabilisation des dunes vives est obtenue par une démarche comportant deux étapes, l'une mécanique, la seconde biologique. Dans la phase de la fixation mécanique, l'objectif recherché consiste à diminuer la capacité des vents à entraîner des quantités de sable et à créer un micro - environnement stable en milieu dunaire, permettant la plantation. La phase biologique consiste à repeupler la dune par les plantations artificielles ou l'amorce d'une recolonisation par la végétation naturelle initiale. Ce résultat est bien sûr conditionné par les capacités à créer les conditions initiales de

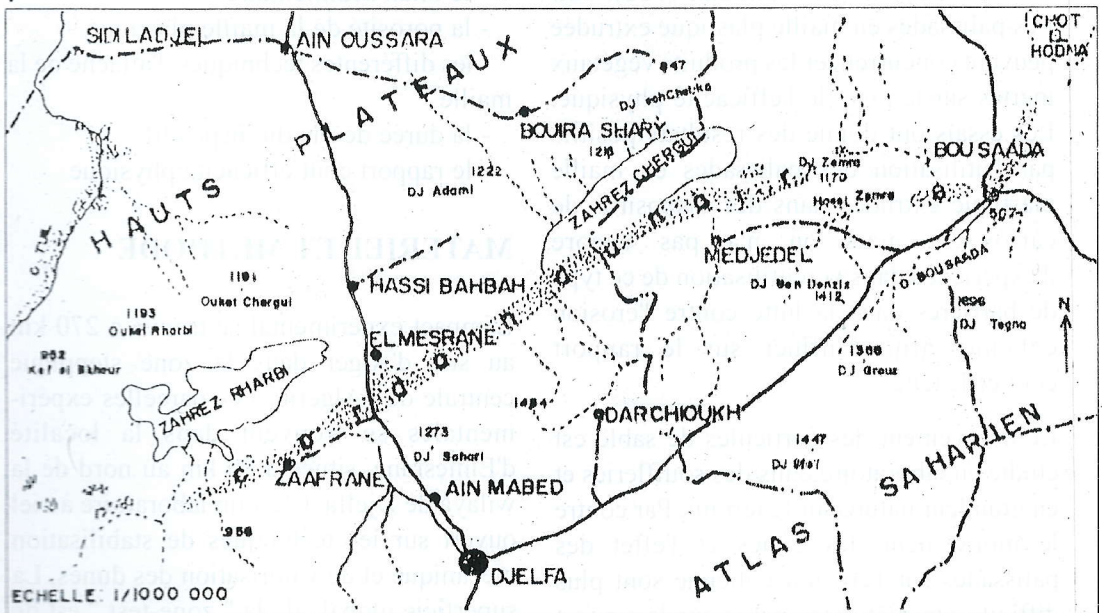


Fig. 1: Carte de situation de la zone d'étude (cordon dunaire).

la stabilisation du milieu qui empêcheraient les plants mis en terre d'être déchaussés ou ensablés. C'est donc à la première phase que l'INRF et l'ENPC ont uni leurs efforts pour mettre au point un matériau synthétique fiable pour la fixation mécanique des formations éoliennes.

Les palissades en matériaux végétaux sont sur le plan technique, pleinement utilisables. Seulement avec l'éloignement des sites de fixation des dunes par rapport au lieu d'exploitation des végétaux, le prix augmente de manière excessive. En plus on ne connaît pas la quantité des produits végétaux qu'on doit exploiter sans dégrader l'environnement. Ceci nous a conduit à utiliser des matériaux synthétiques dans le projet expérimental d'Elmesrane, situé dans la partie Est du cordon dunaire des Zahrez. (Ounsli, 1984. Chouial 1988). Voir Les palissades en maille plastique extrudée peuvent concurrencer les produits végétaux inertes sur le plan de l'efficacité physique. Les essais ont donné des résultats positifs par l'utilisation des palissades en maille plastique extrudée dans des dispositifs de carroyage, mais on n'a pas encore d'expérience dans la réutilisation de ce type de barrières dans la lutte contre l'érosion éolienne afin d'influer sur le rapport coût/efficacité.

Le mouvement des particules de sable est étudié en laboratoire dans des souffleries et en grandeur nature sur le terrain. Par contre le mouvement des dunes et l'effet des palissades sur l'érosion éolienne sont plus difficile à miniaturiser, parce que le rapport entre la miniature et les particules de sable devient vite aberrant à moins d'utiliser des souffleries aussi grandes que celles utilisées dans l'industrie aéronautique, ce

qui dépasse les moyens d'un simple laboratoire de géomorphologie. Le bilan sédimentaire des dunes et l'accumulation du sable derrière les obstacles se basent essentiellement sur des observations de terrain. C'est la raison pour laquelle on ne dispose pas pour le moment de modèle bien établi de la formation et du mouvement des dunes selon le régime des vents. La relation entre la force des vents et le mouvement des dunes ne peut qu'être abordée d'une manière descriptive. La quantification des dépôts de sable par rapport au régime de vent pourra cependant être réalisée à partir des piquets en plastique. On ne reprendra ici que certains résultats nécessaires à la compréhension des mesures de lutte contre l'ensablement. Les essais ont porté sur :

- le bilan sédimentaire
- la porosité de la maille plastique
- les différentes techniques d'attache de la maille
- la durée de vie du dispositif
- le rapport coût/efficacité physique

MATERIEL ET METHODE

L'impact expérimental se trouve à 270 km au sud d'Alger dans la zone steppique centrale de l'Algérie. Les parcelles expérimentales se trouvent dans la localité d'Elmesrane, située à 30 km au nord de la wilaya de Djelfa. C'est un laboratoire à ciel ouvert sur les techniques de stabilisation mécanique et de valorisation des dunes. La superficie globale de la " zone-test " est de 100 hectares. La partie réservée à l'utilisation des produits synthétiques est de 8,42 hectares.

Le sol est dominé par les formations

éoliennes d'accumulations et d'apports. Les sols calcimagnésiques couvrent le " couloir dunaire " non envahi par les sables. Les sols salins entourent les chotts. Sur les terrasses d'oueds apparaissent les sols peu évolués, d'apports alluviaux. Les Lithosols couvrent les escarpements des djebels.

La végétation spontanée présente un faible taux de recouvrement sur les dunes. Néanmoins sur les voiles sableux et les dépressions inter-dunaires on rencontre *Aristida pengens*, *Pseudorucaria teretifolia* et *Saccocalyx satureioides* avec un taux de recouvrement végétal inférieur à 5% dans les bas-fonds (Pouget, 1980)

Le régime des oueds est du type endoréique, l'eau s'écoule dans les bassins fermés (chott, sebkha, daya). Les lits d'oueds sont très larges; les pluies torrentielles entraînent le sapement latéral des berges, provoquant ainsi l'élargissement du lit majeur.

La pluviométrie se situe entre l'isohyète 100 et 300 mm par an en moyenne, le bioclimat, selon le diagramme d' Emberger, est de type semi-aride, froid à frais. Les irrégularités inter-annuelles et saisonnières sont très marquées. Le maximum des précipitations tombe en hiver, saison caractérisée par un froid rude et qui correspond à une activité réduite des végétaux. Les températures oscillent entre 3 °C en hiver et 30 °C en été. Les plus basses températures sont enregistrées en période hivernale. Les amplitudes thermiques sont élevées, celles-ci s'amplifient surtout en été à cause du rayonnement solaire. L'humidité est relativement importante en hiver et correspond à la saison pluvieuse. Par contre, elle est fortement réduite en été à

cause d'une évaporation accrue. La faiblesse des précipitations se répercute négativement sur le comportement des végétaux.

Les vents : la zone d'étude est située dans la steppe centrale, une région exposée aux vents de toutes directions, d'après les données de Seltzer (1946), les vents dominants sont ceux de l'ouest. Selon la station de Maalba (Djelfa 1980), les vents les plus redoutés sont ceux qui proviennent du sud-ouest et sud avec des vitesses maximales de 17 et 38 m/s et ce durant la période allant du mois d'août à janvier. A partir de février à juillet, les vents du secteur nord-est interviennent et peuvent provoquer des dégâts sur la végétation en gelant les jeunes pousses des parcours. En été, le Sirocco qui est un vent accidentel, chaud, sec et violent (20 jours par an), provoque un faible transport de sable, détruit les récoltes, les bourgeons et les jeunes pousses. Il brûle également les pâturages, c'est un puissant agent d'érosion. Par conséquent, il nous paraît être la prédominance de trois directions éoliennes, selon les saisons et allant en sens opposé. Ce qui nous amène à déduire que le cordon dunaire n'avance guère dans un sens vectoriel donné (nord-sud). Seulement les vents du sud créent des voiles sableux dans le sens latéral du couloir dunaire. D'une façon générale, on se trouve dans une zone steppique où le budget sédimentaire est positif (Tolba, 1984)

Dispositif expérimental pour le calcul du bilan sédimentaire des dunes

Le principe du dispositif expérimental en question, consiste à ériger des obstacles sous forme de palissades en maille

plastique extrudée, capables à la fois de freiner la vitesse des vents dominants et d'éviter toutes saltations et reptations de grains de sable. Le dispositif de fixation mécanique diffère selon le bilan sédimentaire positif ou négatif.

Le bilan sédimentaire (Mainguet, 1985) de la dune a été calculé à partir des piquets d'attache en plastique, installés du sommet jusqu'au " pied - dune " :

* Piquet en plastique de 1,40 m de hauteur enfouie à 70 cm dans le sable, la partie apparente est donc de 70 cm. Les mesures se sont effectuées à 1 mètre linéaire de part et d'autre de la palissade. Le dépôt de sable est donc le cumul sur 4 fois la hauteur de la palissade érigée à 50 cm, devant et derrière la palissade (FAO, 1986) Les dunes sont classées en fonction du degré de mobilité de leurs particules

- Bilan sédimentaire négatif, la déflation et l'exportation sont supérieures à l'apport.

Apport < Départ = BS-

- Bilan sédimentaire positif, le dépôt est quantitativement plus élevé que l'exportation

Apport > Départ = BS+

- Bilan sédimentaire en équilibre, lorsque le dépôt et le départ de particules s'égalisent. BS =

Dispositif expérimental de la maille plastique extrudée

Matériel utilisé

- Maille plastique extrudée à haute densité, résistante à la corrosion et à l'amplitude thermique (ENPC, 1988). Voir schéma 1 et 2

- Dimension de la porosité de la maille plastique; les différents diamètres (d) de la maille expérimentée ont donné différentes porosités exprimées en pourcentage (%)

- d : 2 x 2 mm - maille plastique extrudée verte (superficie 53 500 m²)

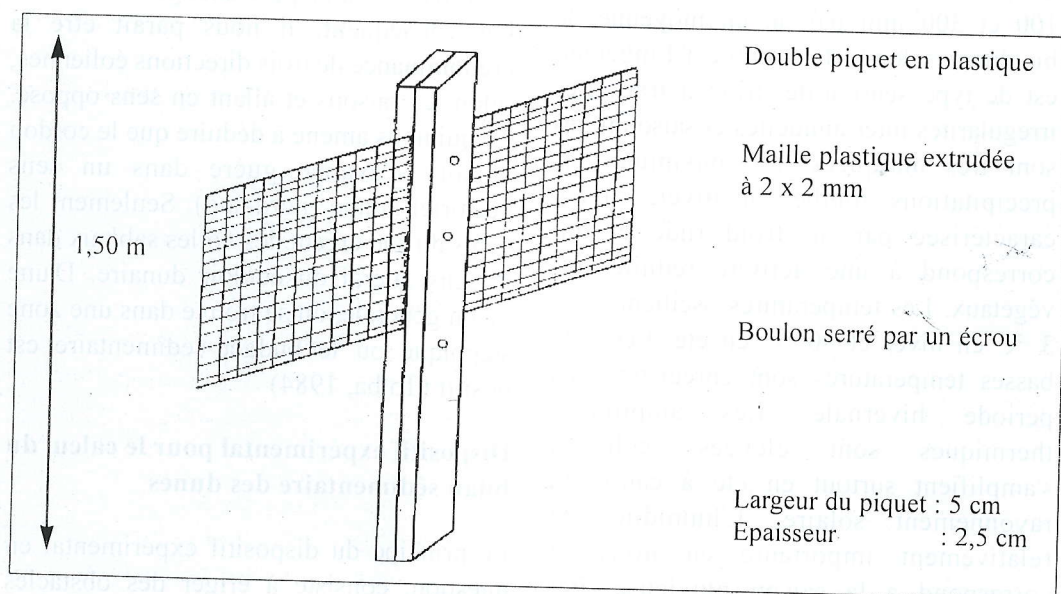


Schéma 1 : Prototype en maille extrudée et piquet d'attache en matière plastique avec écrou et boulon

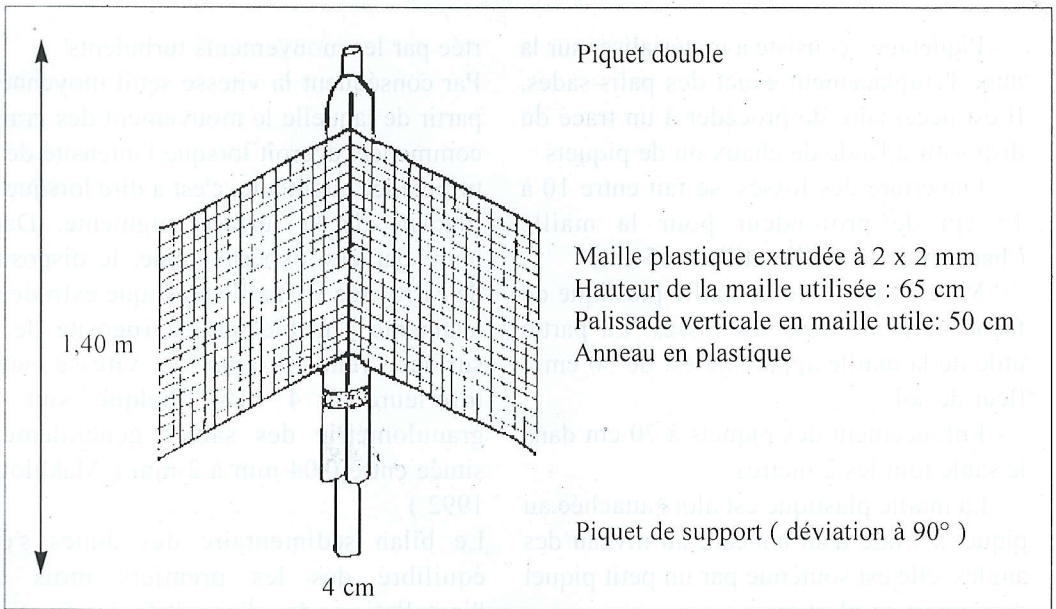


Schéma 2 : Prototypé en maille extrudée, piquet d'attache et anneau en matière plastique

- d : 7 x 7 mm - maille plastique extrudée noire (sup : 5800 m²)
- d : 3 x 3 mm - maille plastique extrudée noire (sup : 3100 m²)
- d : 2 x 2 mm - maille plastique extrudée noire, améliorée (sup : 20 000 m²)

Piquets :

Les différents piquets d'attache à la maille plastique expérimentés sont :

- Piquet en bois de 1,50 m de hauteur
- Piquet en fer de 1,50 m de hauteur

Attache avec du fil de fer pour les piquets en bois et en fer

- Piquet en plastique : prototype n° 1 de 1,50 m de hauteur, 5 cm de large et 2,5 cm d'épaisseur. Les 3 boulons d'attache sont espacés de 20 cm. (Voir schéma 1)

Piquet en plastique : prototype n° 2 de 1,40 m de hauteur et 4 cm de diamètre

(voir schéma 2)

- Bague d'attache en plastique pour le piquet de support utilisé lors d'une déviation à 90°
- Piquets de support en plastique de 65 cm.

Mise en place du dispositif

Le dispositif consiste à un carroyage intégral de la dune à l'aide de palissades en maille plastique extrudée.

La densité du carroyage varie selon la morphologie et l'exposition de la dune au vent dominant. Les palissades sont placées perpendiculairement aux vents dominants:

- Dunes : 4 x 4 m ; 6 x 6 m
- Micro-dunes : 8 x 8 m ; 10 x 10 m
- Voiles sableux : 12 x 12 m ; 16 x 16 m ; 20 x 20 m.

- Piquetage : consiste à matérialiser sur la dune l'emplacement exact des palis-sades. Il est nécessaire de procéder à un tracé du dispositif à l'aide de chaux ou de piquets

- Ouverture des fossés: se fait entre 10 à 15 cm de profondeur pour la maille (hauteur de la maille utilisée 65 cm)

- Mise en place de la maille plastique de façon verticale dans les fossés. La partie utile de la maille apparente est de 50 cm à fleur de sol

- Enfoncement des piquets à 70 cm dans le sable tout les 2 mètres

- La maille plastique est alors attachée au piquet à l'aide d'un anneau, au niveau des angles, elle est soutenue par un petit piquet de support en plastique.

RESULTATS ET DISCUSSION

Bilan sédimentaire des dunes

Du point de vue de l'érosion éolienne, seuls les vents capables de transporter du sable ont de l'importance. Pour un même vent, la vitesse augmente d'une manière exponentielle avec la hauteur de la surface du sol. Mesuré à une hauteur de 1 mètre, ce seuil dit de saltation est de 4 m/s pour sable dunaire (Bagnold, 1941) .

Les palissades en maille plastique extrudée ont une hauteur de 50 cm, le dispositif en carroyage a très sensiblement augmenté la rugosité de la surface. Celle-ci est devenue irrégulière, la vitesse seuil a sensiblement baissé. Les grains de sable avant de quitter la surface du sol se mettent à vibrer lorsque la vitesse du vent augmente et quittent le sol instantanément. La fréquence de vibration des grains de sable au moment où ils vont quitter le sol est proche de celle qui correspond au maximum d'énergie transpo-

rtée par les mouvements turbulents.

Par conséquent la vitesse seuil moyenne à partir de laquelle le mouvement des grains commence, décroît lorsque l'intensité de la turbulence augmente, c'est à dire lorsque la rugosité de la surface augmente. Dans notre parcelle expérimentale, le dispositif de carroyage en maille plastique extrudée a augmenté sensiblement la rugosité de la surface, rendant ainsi la vitesse seuil inférieure à 4 m/s quelque soit la granulométrie des sables généralement située entre 0,04 mm à 2 mm (Makhlof, 1992)

Le bilan sédimentaire des dunes s'est équilibré dès les premiers mois de l'installation du dispositif de fixation mécanique. Privé de son alimentation en sédiments sableux, la dynamique éolienne nivèle les sommets de dunes. (les vents déchargés de sable).

Le dispositif de carroyage permet de lutter contre la saltation et la reptation, quelque soit la direction du vent. On peut constater dès la première année un affaissement de 30 à 50 cm à l'intérieur du carroyage, par rapport au pied de la palissade en maille plastique extrudée. Cependant, il a fallu faire des entretiens successifs, surtout sur la ligne de front.

Au bout d'une année, les dunes se trouvant à l'intérieur ont été stabilisées, mais les dunes situées sur la ligne de front ou des sables venant de l'extérieur, exerçaient toujours une certaine pression sur les premières lignes du carroyage. De plus le surcreusement à l'intérieur du carroyage continue, provoquant un affaissement et une accumulation le long et à proximité des palissades en matière plastique.

Tableau 1 : bilan sédimentaire des dunes

Matériel utilisé	Bilan Sédimentaire	Dépôt de sable en m ³ / 4 h	Durée de vie en année	Porosité en %
Maille plastique noire 7 x 7 mm	négatif	0,200	10	80
Maille plastique noire 3 x 3 mm	Positif	0,800	10	70
Maille plastique verte 2 x 2 mm	Equilibré	1	½	45
Maille plastique améliorée 2x2mm	Equilibré	1,4	+ 10	50

Ce processus a beaucoup diminué d'intensité à partir de la deuxième année. A cause de l'irrégularité de la morphologie des dunes vives, la distance protégée par les palissades en maille plastique extrudée ne dépasse pas 10 à 15 fois leur hauteur. Il faut donc utiliser un carroyage de 4 x 4 m à 8 x 8 m pour empêcher le surcreusement à l'intérieur des palissades.

Il ressort des résultats de la quantification des particules de sables, que les palissades en matières plastiques érigées en obstacles perméables de 50 cm de hauteur, avec une porosité de 50 % ont permis de contrôler le mouvement de plus de 90 % de la masse du sable éolien en mouvement (saltation 75 % et reptation 23 %). Le bilan sédimentaire des dunes s'est équilibré avec ce type d'obstacle perméable, le dépôt de sable s'est étalé sur 4 fois la hauteur de part et d'autre de la palissade, avec une accumulation maximale à une distance de 2 fois la hauteur derrière la palissade.

Le profil d'équilibre de la dune est atteint

avec les palissades en maille plastique améliorée, de couleur noire et extrudée à 2 x 2 mm (porosité de 50%) où on a enregistré un dépôt de sable équilibré et étalé sur 4 fois la hauteur de l'obstacle (2 m x 1 m devant et derrière la palissade) estimé à $0,7 \text{ m}^3 \times 2 = 1,4 \text{ m}^3/4\text{h}$. Le piquet en plastique a enregistré un niveau de dépôt de sable de 35 cm de hauteur.

Tandis que pour les palissades à porosité assez large telle que la maille à 7 x 7 mm, le bilan sédimentaire des dunes a été négatif car le départ de sable est supérieur à l'accumulation. Le volume des dépôts est insignifiant, à peine $0,200 \text{ m}^3/4\text{h}$

Le piquet en plastique a enregistré un niveau de dépôt de sable de 5 cm de hauteur. L'érosion éolienne est restée intense. Quant à La maille extrudée à 3 x 3 mm, le piquet en plastique a enregistré un niveau de dépôt de sable de 20 cm de hauteur. Le volume de dépôt de sable s'est stabilisé à $0,800 \text{ m}^3/4\text{h}$. Le bilan sédimentaire de la dune est pour la

première fois devenu positif. Le départ de sable est moins important que l'accumulation.

La durée de vie (6 mois) de la maille plastique de couleur verte et extrudée à 2 x 2 mm (porosité 50%) n'a pas permis de suivre son bilan sédimentaire d'une manière exhaustive car elle s'est effritée très tôt; néanmoins les premiers résultats enregistrés ont montré que le volume des dépôts devient assez important à ce niveau de porosité : 1 m³/4h.

La genèse des dunes à partir d'un bilan sédimentaire positif en forme de barkhane est souvent décrite dans la littérature (Bagnold, 1941, Cooke et Warren, 1973, Mainguet, 1985) et peut être observée dans le couloir dunaire de Djelfa-Bousaada. Mais la raison pour laquelle un mouvement diffus de sable se transforme en un mouvement de sable, n'a pas encore trouvé d'explication dans le cadre d'une théorie générale. Pourtant il est facile d'observer sur le terrain, que la surface du sable durant les grandes tempêtes se transforme en petites barkhanes, comme en mer agitée, qui disparaissent ensuite quelques jours après que le vent se soit apaisé.

La barkhane est à l'origine de tout édifice dunaire, qui n'est pas conditionné par un relief ou un obstacle. Mais pour que les barkhanes conservent leur morphologie, il faut, soit que la direction du vent soit unidirectionnelle toute l'année, ce qui est rarement le cas, soit que la dune se déplace sur un substrat consolidé (Mainguet, 1985). C'est ainsi que Coursin (1956) a étudié le mouvement des barkhanes en Maurétanie à partir de photo-aériennes. Il trouve, comme on pouvait s'y attendre, que la vitesse varie avec la masse de sable à transporter. Une

grande dune avance moins vite qu'une petite.

Hauteur de la barkhane en mètre	Vitesse (en m/an)
03	88
04	70
10	38
16	22

Les vents efficaces dans le couloir dunaire de Djelfa- Bousaada (W et NW) sont bidirectionnels sur toute l'année et forts estimés à + 4 m/s, la prédominance des barkhanes est nette (environ 80%), néanmoins au niveau des ouvertures orographyques de l'Atlas saharien, apparaît une nouvelle morphologie qui est le Sif. Bagnold (1941) a décrit comment des dunes linéaires (sifs) peuvent se former à partir d'un chapelet de barkhanes, quand la direction des vents change au cours de l'année. La plupart des auteurs admettent que les Sifs sont alimentés par des vents obliques à l'axe de la dune, dans un régime éolien à deux directions dominantes.

Le cordon dunaire n'avance réellement guère dans une direction donnée car les vents du NE et du SW selon les saisons, créent un certain équilibre du bilan sédimentaire. En effet lors de la saison des vents forts du NE on constate réellement un départ de sable, l'effet contraire se produit lors de la saison des vents du SW ramenant ainsi les sables emportés . C'est ainsi que Bhimaya (1974) a observé en Iran des barkhanes qui se promenaient au cours de l'année sur une soixantaine de mètres pour à la fin de l'année revenir à leur position de départ.

L'activité éolienne ne fait que remodeler la morphologie du cordon dunaire. (Tolba, 1987) Une meilleure compréhension de la genèse du mouvement en masse aidera certainement à mieux concevoir les mesures de lutte contre l'ensablement des infrastructures socio-économiques.

Palissades en maille plastique extrudée

Rapidement les limites des matériaux biologiques locaux sont apparus marqués principalement par :

- l'indisponibilité du produit en quantité suffisante par rapport aux superficies à traiter
- une perméabilité du brise-vent hétérogène selon la densité
- une installation lente et pénible
- des prix de revient élevés à l'hectare, compte tenu des frais de main d'œuvre (récolte, transport, mise en place)
- une durée de vie assez courte (une année)

Quant aux matériaux de récupération, constitués essentiellement de pneus usés, leur efficacité dans la fixation des dunes est faible, malgré une installation rapide. Les matériaux ne sont pas disponibles en quantité suffisante.

Pour les produits industriels : le bitume est salissant, détruit le paysage, sa durée de vie est courte. Le filet " texan " n'est pas produit localement. Les plaques en fibrociment reviennent chères et ne présentent pas de porosité, en plus elles sont souvent utilisées à d'autres fins par quelques populations.

La maille plastique extrudée semblait quant à elle fournir des résultats intéressants au plan :

- disponibilité
- facilité de mise en place
- perméabilité

Les inconvénients sont néanmoins restés nombreux :

- l'érosion éolienne demeure intense, la porosité optimum de la maille plastique n'est pas encore atteinte.
- une faible résistance mécanique provoquant un raccourcissement de la durée de vie (une année)
- un manque de maîtrise du procédé de mise en place par l'utilisation des piquets en bois ou en fer
- le coût est élevé

Aussi, compte tenu des avantages présentés par la maille plastique extrudée, L'INRF et L'ENPC ont procédé à des essais successifs pour surmonter les handicaps liés à ces inconvénients. Il s'agissait donc de mettre au point un mode de traitement des dunes à la fois efficace et économique. Les protocoles expérimentaux ont été orientés vers les objectifs suivants :

- définir la porosité de la maille plastique
- améliorer sa résistance mécanique envers les conditions atmosphériques
- améliorer les techniques d'attache de la maille plastique sur les piquets.

Porosité de la maille plastique (voir tableau 1)

Suite à ces remarques, les améliorations ont été apportées à la qualité de la maille qui a vu sa durée de vie croître de 1 an à 10 ans, sa résistance mécanique augmenter et une fréquence de déchirure faible.

- *Maille plastique ordinaire de couleur noire, extrudée à 7 x 7 mm*

La maille a présenté une porosité très grande, estimée à 80%.

La dynamique éolienne est restée intense et le profil d'équilibre de la dune n'est pas atteint. Elle n'a présentée aucune résistance aux vents de + de 4 m/s. La durée de vie de la maille a excédé une dizaine d'années cependant les palissades érigées, s'affaissaient ou se déchiraient juste au niveau de la ligne médiane de la maille.

- Maille plastique ordinaire de couleur noire, extrudée à 3 x 3 mm

Cette seconde maille a présenté une porosité relativement meilleure que la précédente seulement sur le plan de l'efficacité physique des palissades, elle est tout juste moyenne avec une perméabilité de 70 %. Sa durée de vie, a excédé une dizaine d'années, néanmoins les palissades érigées en obstacles aux vents forts n'ont

pas résisté à leurs agressivités. Les opérations de regarni sont fréquents pour redresser les palissades. Les déchirures sont restées assez fréquentes.

- Maille plastique ordinaire de couleur verte, extrudée à 2 x 2 mm

La porosité optimale semblait être atteinte puisqu'elle a atteint 45 %. Sachant que la meilleure perméabilité se situe entre 40 et 60 %.(Jensen, 1988) Seulement la maille plastique verte s'effritait au bout de 6 mois. Il semblerait que la couleur verte ne résiste point au rayonnement solaire.

- Maille plastique améliorée de couleur noire, extrudée à 2 x 2 mm

La recherche sur la perméabilité des palissades, nous a permis d'atteindre le

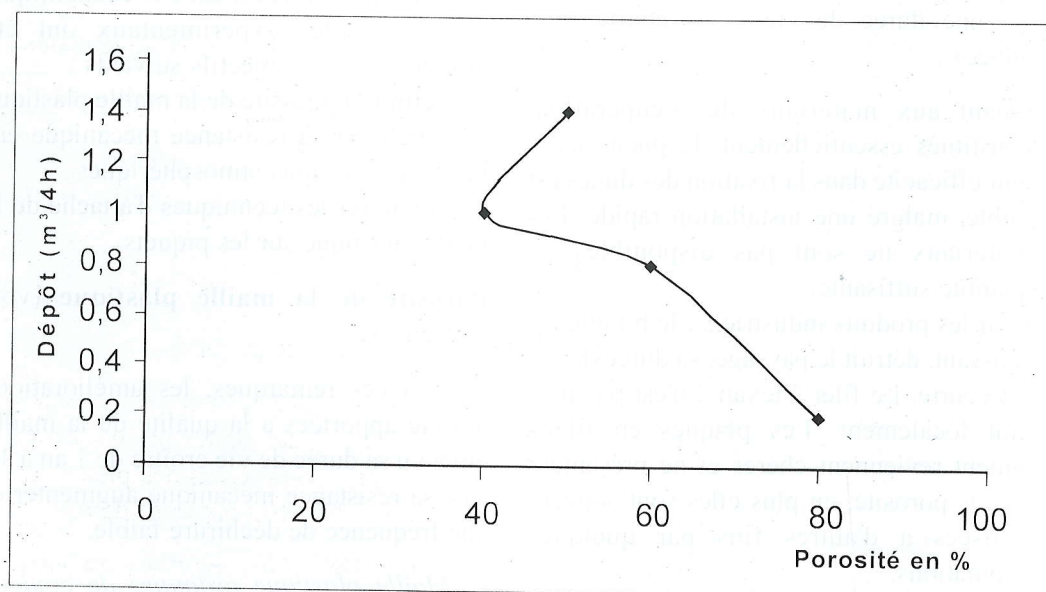


Figure 2: Dépôt de sables selon la porosité de la maille plastique

profil d'équilibre de la dune à partir de la maille plastique améliorée et extrudée à 2 x 2 mm de couleur noire. La porosité optimum se situe entre 45 et 50 %, ce qui a permis d'équilibrer les dépôts de sable de part et d'autre de la palissade et de mettre un terme à l'érosion éolienne.

Ceci confirme une fois de plus que l'efficacité d'une palissade de protection sur le plan technique est fonction de sa porosité dont l'optimum se situe généralement entre 40 et 50 %.

L'amélioration de la qualité de la maille plastique a vu sa durée de vie croître de 1 an à plus de 10 ans. La densité de matière plastique de la maille a été renforcée et sa résistance aux conditions atmosphériques a aussi augmenté. L'amélioration de la maille permet l'utilisation des palissades en plusieurs fois. La couleur noire de la maille est efficace car elle résiste mieux au rayonnement solaire.

Les palissades en maille plastique améliorée de couleur noire et extrudée dont la porosité se situe entre 40 et 60 %, ont permis une bonne remontée biologique et une meilleure protection des plantations dont le taux de réussite a sensiblement augmenté.

Piquets d'attache en plastique:

Dans les premiers essais, la maille plastique était utilisée dans le cadre d'un carroyage où on utilisait pour sa fixation des piquets de fer ou de bois, auxquels on l'attachait par du fil de fer. Cette méthode présentait différents inconvénients :

- l'attache de la maille plastique au fil de fer provoque des déchirures aux points

d'attache à cause de la force des vents

- l'indisponibilité des piquets en bois en quantité suffisante
- le coût élevé des piquets de fer.

Pour les piquets d'attache, une solution de substitution des piquets en bois ou en fer par des piquets en matière plastique a été étudiée. Ainsi deux prototypes de piquets en plastique ont été expérimentés (voir schéma 1 et 2)

- *Prototype de piquet en plastique avec un système d'attache avec des boulons et des écrous (voir schéma1)*

Le premier dispositif de fixation mécanique des dunes avec le premier piquet en plastique et la maille améliorée à pour but de tester les problèmes d'attache en comparaison avec les piquets en fer ou en bois et simultanément de tester la maille plastique améliorée

Les résultats obtenus sont les suivants :

- une bonne efficacité des piquets ;
- aucune déchirure au niveau des points d'attache ;
- aucune déchirure au niveau de la maille plastique améliorée ;
- une bonne résistance aux vents et à l'ensablement ;
- une meilleure porosité.

Par contre et sur la même dune, plusieurs déchirures de la maille plastique ont été enregistrées dans le cas des piquets en fer ou en bois attachés par le fil de fer.

Inconvénient : Mise en place ralentie par la nécessité d'utilisation des boulons et des écrous

- *Prototype de piquet double en plastique avec un système d'attache utilisant un anneau en matière plastique (voir schéma 2)*

Les résultats liés à l'efficacité des matériaux plastiques sont identiques au premier dispositif. L'objectif de ce nouveau prototype vise les points suivants :

- Une réduction du prix de revient par piquet de 50 %

- L'installation du mécanisme de fixation est de beaucoup moins contraignante quant à la souplesse, la facilité et la rapidité d'exécution

- La possibilité de réutilisation du piquet 2 après la remontée biologique sur dunes.

CONCLUSION

L'Institut National de Recherche Forestière développe depuis deux décennies dans le cadre de ses prérogatives, une activité de recherche autour des questions liées à la lutte contre la désertification. Ces actions ont été centrées notamment autour d'une approche expérimentale visant à tester dans les conditions climatiques et édaphiques particulières aux zones arides et semi-arides, des techniques de fixation mécanique des dunes.

Un bilan préliminaire de ces activités fait ressortir de réelles possibilités d'amélioration des conditions d'utilisation des ressources des zones arides mais montre également que la mise en place de ces essais, au - delà des résultats tangibles obtenus, soulève encore de nombreuses questions particulièrement celles liées au coût de réalisation. Il s'agit entre autres :

- D'établir des éléments d'appréciation de

l'opportunité des différents modèles de mise en valeur par rapport à leur coût et à leur efficacité à valoriser au mieux les ressources naturelles.

Il s'agit donc de juger quelles sont les techniques qui offrent le meilleur avantage et dans quelles conditions, au point de vue de la lutte contre l'érosion éolienne, de l'optimisation de la production primaire et secondaire et du coût.

- De cerner dans quel cadre économique et sociale doit se diffuser tel ou tel modèle de lutte contre la désertification.

Il faut remarquer que l'efficacité d'une technique de fixation de dunes n'est pas déterminée uniquement par ces caractéristiques physiques, mais également par sa rentabilité sur le plan économique. Le choix optimal de lutte contre l'ensablement, basé sur le meilleur rapport de coût et de l'efficacité physique demeure toujours l'utilisation des produits végétaux inertes.

Le coût de fixation mécanique des dunes par les fascines de pin d'alep s'élève 90 000 DA l'hectare (environ 1000 \$ US). Tandis que le prix de revient à l'hectare fixé par la maille plastique est assez onéreux, selon la densité du carroyage, il atteint 180 000 Da/ha (densité de carroyage 4 x 4 m ; 2600 m/l de maille plastique + piquet et main d'œuvre). Néanmoins on peut amortir l'investissement avec cette technique car on peut procéder à la récupération du matériel utilisé après la durée de la remontée biologique (1 à 2 ans) pour traiter d'autres espaces dunaires.

Rappelons que dans les programmes de lutte contre la désertification, l'Algérie à l'instar d'autres pays confrontés aux mêmes

fléaux, a été amenée à accorder une place importante aux investissements pour la fixation des dunes en vue de protéger :

- Les espaces agricoles et pastoraux
- Les infrastructures socio-économiques

Cette action de protection est sous-tendue par un second objectif qui vise à valoriser des espaces dunaires, notamment par les plantations à caractère fourrager et forestier dans le but de l'équilibre environnemental et comme facteurs actifs de stabilisation des sols en zones arides et semi - arides. C'est une action qui rentre dans le cadre d'un aménagement global des espaces sensibles à la désertification en vue de leur utilisation optimale

Le problème majeur posé dans les zones arides et semi-arides est le manque de matériaux de fixation. La maille plastique comme produit industriel peut répondre en quantité suffisante aux besoins des travaux de fixation des dunes sur de grandes superficies et pour les zones éloignées.

Après les importants résultats obtenus sur le plan technique et les améliorations portées sur la maille et le nouveau prototype de piquet en plastique, il est nécessaire à ce stade d'insister sur les prix qui restent élevés par rapport à l'ampleur des programmes de lutte contre la désertification.

Par conséquent, une étude comparative des coûts reste à faire en la menant sur deux plans :

- Approfondir l'étude du rapport coût / efficacité physique
- Rechercher avec l'ENPC, les possibilités de réduire la densité de matière plastique dans les prototypes prochains en optimisant leur résistance mécanique, ce

qui permettra peut être de réduire les coûts de production.

Ce modèle de fixation et d'aménagement de espaces dunaires sera sans doute améliorer dans l'avenir.

Summary

The national institut of forestry research (INRF) is joined his efforts with the national enterprise of plasticulture (ENPC), as part of this programme of use synthetic materiels in fixing the weever dunes. The testing is about porosity of the plastic net, resistance to strong wind, techniques of fastening and lasting life of dispositive.

The plastic net palisades set up perpendicular to dominant wind, allowed to equilibrate the sedimentary bilan of aeolian formations. The different improvements bring to plastic materiels, allowed to resist at extremes climatical. The synthetic materiels procure the same results as vegetal products and moreover homogeneity problem of palisade, availability and rapidity of execution are not a obstacle. Its lasting quality exceeds seven years.

The black plastic net palisade ameliorated: 2 x 2 mm has produced a stable micro-climate in the dune area. In front and behind the palisade, we have recorded the same depot of sand stoping wind erosion. The optimal porosity is attained to 50 %. After many test using four different plastic net. Thus allowing a mecanical stabilization of aeolian formations, at last the biological growth.

Key words : Dunes, sedimentary bilan, palisades, plastic net, porosity, fixation

BIBLIOGRAPHIE

- Bagnold, R.A., 1941: The physics of blown sand and desert dunes. William Morrow & Company, New York.
- Bhimaya, C.P., 1974: Brief summury of the research programme, designs, execution and results of the experiments on sand dune fixation in Iran . Dans Heathland and Sand Dune Afforestation, FAO/DEN/TF 123.
- Chouial, A., 1988: Techniques de fixation des dunes. Rapport interne, INRF Station Expérimental de Djelfa
- Cooke, R.U. et Warren, A., 1973 : Geomorphology in deserts. B.T. Batsford Ltd., London.
- Coursin, A., 1956 : Etude des barkhanes à l'est de Port-Etienne. Mauritanie. Bureau Central d'Etude pour les équipement d'Outre-Mer, Paris.
- ENPC, 1988-1990: Séminaire International sur la Plasticulture. ESGEP. Alger. Rapport interne.
- FAO, 1986-1988 : Brise-vent et rideaux abris avec référence aux zones sèches. Cahier FAO Conservation n° 15, Rome. Manuel de fixation des dunes. Cahier FAO Conservation n° 18, Rome
- INRF, 1989 : Bilan d'activités, dossier de suivi des essais 1985/1989. Station de recherche sur la lutte contre la désertification de Djelfa
- Jensen, A.M., 1988 : La protection des routes contre l'ensablement en Mauritanie. PNUD BNUS / UNSO. New York.
- Mainguet, M., 1985 : A dynamique classification of mobile dunes. Dans FAO Conservation. Guide n° 10
- Makhlouf, L, 1992 : Etude sédimentologique des sables du cordon dunaire dans le bassin du Zahrez Gharbi (Djelfa). Thèse de doctorat , U. Paris 6.
- Ounsli, R., 1884: Techniques de fixation de dunes. Rapport interne, INRF Djelfa
- Pouget, M., 1980 : Les relations sol-végétation dans les hautes plaines sud algéroises. ORSTOM Paris. France.
- Tolba, K., 1987: Essai d'aménagement du couloir dunaire de Djelfa-Bousaada Séminaire International sur la Désertification. Rapport interne . INRF, Alger.
- Tolba, K., 1994 : Stabilisation et reboisement des formations éoliennes. Djelfa Proceeding: ' Wind Erosion in West Africa: The problem and its control '. U. of Hohenheim. Margraf Verlag, Weikersheim Germany. ISBN 3 - 8236 - 1250 - 6