

## PROTECTION DES ROUTES CONTRE L'ENSABLEMENT : CAS DU SUD ALGERIEN

Nabil KEBAILI<sup>1,\*</sup> & Nouredine MOUDJAHED<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EVRNZA, Université KASDI MERBAH Ouargla, Ouargla (Algérie)

<sup>2</sup> Ingénieur GC, Chef département Etudes, LTPSud, Ouargla (Algérie)

\*E-mail : nabil\_fr2000@yahoo.fr

**ملخص :** على غرار المناطق القاحلة في العالم، يشهد الجنوب الجزائري مشاكل خطيرة بسبب الترمل الناتج عن قسوة الأحوال الجوية : تغطية سطحية رملية، سرعة الرياح قوية، فترة شمسية طويلة، جفاف،... مما يؤثر سلبا على الحالة الاجتماعية والاقتصادية مثل انخفاض الإنتاج الزراعي، الهجرة،... الخ. بالإضافة إلى آثاره السلبية على البيئة، فإن الوجود الدائم للكثبان الرملية يشكل تهديدا خطيرا لجميع البنى التحتية الإنمائية للولايات الجنوبية خاصة بالنسبة للطرق. فإزالة الرمال عن مئات الكيلومترات من الطرقات المتواجدة بالجنوب يتطلب موارد مالية ضخمة بشكل دائم. يهدف هذا المقال إلى المساهمة في فهم آلية الترمل وكذا اقتراح الحلول قصد الحد من تأثير هذه الظاهرة.

**كلمات دالة :** رمل، الرياح، العقبة، الكثيب، الحاجز، الترمل.

**RÉSUMÉ:** A l'instar des régions arides du Monde, le sud algérien connaît de sérieux problèmes d'ensablement résultant des conditions climatiques sévères: couverture superficielle sableuse, forte vélocité éolienne, long ensoleillement, aridité, ce qui engendre de lourdes retombées sur le plan socio-économique comme la baisse de production agricole, exode rural, migration...etc.

Outre ses effets environnementaux néfastes, la présence permanente d'importants dépôts de sables dunaires constitue une menace sérieuse pour l'ensemble des infrastructures de développement situées au sud du pays notamment le réseau routier. En effet, le désensablement des centaines de kilomètres du patrimoine routier des wilayat du sud nécessite des moyens financiers colossaux en permanence.

L'objectif du présent article est d'apporter une contribution à la compréhension du mécanisme de l'ensablement et de proposer des solutions de luttes pouvant diminuer l'impact de ce phénomène.

**MOTS-CLÉS :** Sable, Vent, Obstacle, Dune, Palissade, Ensablement.

**ABSTRACT:** Like the arid regions of the world, southern Algeria has serious problems of siltation resulting from severe weather conditions: sandy surface coverage, high wind velocity, long sunshine, aridity, ... which creates strong impact on socio-economic such as decreased agricultural production, rural exodus, migration ... etc..

In addition to its adverse environmental effects, the permanent presence of large deposits of sand dunes is a serious threat to all infrastructure development of the south country such as roads. Indeed, the dredging of hundreds of kilometres of road assets of South wilayat requires huge financial resources at all times.

The aim of this paper is to contribute to understanding the mechanism of siltation and propose solutions struggles may diminish the impact of this phenomenon.

**KEYWORDS:** Sand, Wind, Obstacle, Dune, Palisade, Sanding

### 1. Introduction

Pour maîtriser l'ensablement, dans le cas des routes, il faut tout d'abord réduire le phénomène de saltation, processus de transport de particules, de la taille des sables ou des graviers, par le vent. Pour cela deux moyens peuvent être envisagés :

- Stabilisation du sol,
- Réduction du gradient de la vitesse du vent au voisinage de la surface du sol.

On peut aussi faire appel à la vitesse du vent pour débayer des points ensablés. A partir de ces principes généraux plusieurs techniques ont été utilisées à savoir :

- le profilage
- technique de la palissade
- technique de tas de remblais graveleux ou on pierre turbulente
- technique de Mulch
- méthode aérodynamique

Le profilage doit porter sur tous les obstacles : amas de sable, blocs de pierre, et même végétation, il est effectué sur une largeur moyenne de 25 m de chaque coté de la chaussée. L'utilisation d'engins mécaniques pousseurs tel que bulldozer permet une exécution adéquate de ce traitement.

**2. Technique de la palissade**

La palissade est un obstacle linéaire opposé au vent dominant pour en diminuer la vitesse et provoquer à son niveau l'accumulation du sable en mouvement. Cette accumulation aboutit à la formation d'une dune artificielle qui constitue la première phase de la lutte contre l'ensablement.



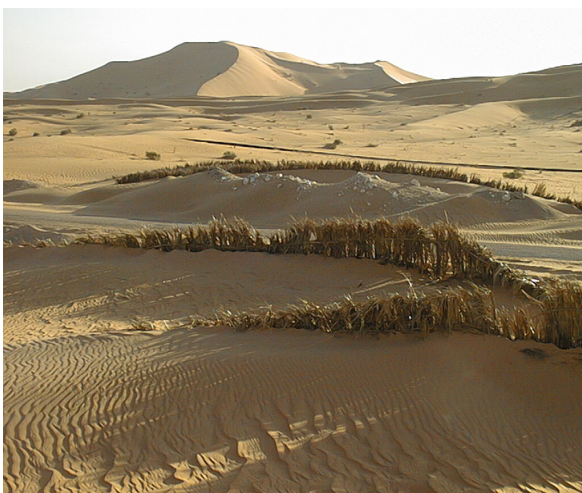
**Figure 1 : ensablement partiel de la RN53**

Suivant le positionnement de la palissade par rapport à la direction du vent dominant on distingue deux types de dunes artificielles :

- La dune d'“arrêt” qui est destinée à arrêter la progression de sable. Elle se forme à partir d'une palissade orientée perpendiculairement à la direction du vent le plus dangereux (figures 2a & 3a).
- La dune de “défilement” ou “diversion”, utilisée pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant. Elle se forme à partir d'une palissade dont l'orientation fait un angle de 120 à 140° avec la direction moyenne du vent dominant (figures 2b & 3b). La disposition en défilement est recommandée pour le cas des routes à condition de s'assurer que le sable détourné ne risque pas d'envahir d'autre section située pas loin de la zone qui fait l'objet des travaux de protection.



**Figure 2: Schémas de disposition des palissades de défilement (a) et d'arrêt (b).**



**Figure 3 : Photo de palissade d'arrêt (a) et photo de palissade de défilement (b) RN53A**

## 2.1 Caractéristiques de la palissade

Deux caractéristiques fondamentales sont avérées nécessaires aux palissades pour remplir efficacement leur rôle ;

- perméabilité au vent afin d'en ralentir la vitesse et permettre le dépôt du sable sans provoquer de phénomène tourbillonnaire. Cette perméabilité favorise l'accumulation du sable de part et d'autre de la palissade dont la surface des vides est comprise entre 30 et 40% de la surface totale. le tableau 1 donne la quantité de sable arrêtée par la palissade selon l'hauteur de celle-ci.

**Tableau 1: Quantité et hauteur de sables derrière la palissade**

Hauteur (cm)	Quantité arrêtée (%)
0-05 cm	16 %
0-10 cm	38 %
0-20 cm	61 %
0-30 cm	95 %
0-40 cm	99 %

- résistance au vent, plus la hauteur de la palissade est grande moins elle est résistante. Une hauteur de 70 cm et 30 cm de fouille pour les palissades en palmes s'avère optimal.

## 2.2 Confection des palissades

L'orientation de la palissade étant déterminée, on procède au piquetage de son tracé à l'aide d'une boussole de terrain, pour sa confection différents types de matériaux peuvent être utilisés dont le choix dépend des conditions d'approvisionnement et du prix de revient, à titre d'exemples on cite ;

### ➤ Palmes

Lorsque le terrain est constitué d'un sol friable ou trop graveleux on creuse un fossé de 40 cm de profondeur et de 30 cm de large pour y enterrer la base des palmes.

Si le sol est consistant, il est préférable de construire d'abord une levée de terre d'environ 80 cm de hauteur qui supportera la palissade.

Les palmes sont enterrées jusqu'à 30 cm dans le fossé ou dans la levée de terre. Elles seront disposées par mètre linéaire comme suit :

- 7 à 9 palmes dressées verticalement et en quinconce de part et d'autre à l'intérieur du fossé,
- 8 à 10 palmes, inclinées à droite ou à gauche par rapport à la verticale et enchevêtrées les unes aux autres.
- 2 palmes, horizontalement, de part et d'autre des autres et fixées à celles-ci, au sommet de la palissade, par des nervures de palmes vertes.

A titre indicatif, les besoins par mètre linéaire de palissade sont de 10 palmes. Leur longueur et leur largeur moyenne sont respectivement de 3 m et 17 cm lorsqu'elles sont sèches.

L'efficacité de la palissade peut être renforcée si nécessaire, par l'implantation de piquets de bois tous les 2.5 à 3 mètres, rattachés aux palmes par du fil de fer et enfouis sur 30 cm dans le fossé.

L'approvisionnement en palmes dépend de l'importance des ressources locales et des utilisations traditionnelles qui en sont faites. On les récolte à deux époques de l'année, en mars-avril à l'occasion de la pollinisation et en octobre-novembre au moment de la cueillette des dattes.

### ➤ Plaques de fibro-ciment

Si on se heurte à des difficultés d'approvisionnement en palmes, on est contraint d'utiliser d'autres matériaux pour la confection des palissades.

Les plaques en fibro-ciment ont permis l'édification de palissades très efficaces. Ceux-ci de 1,25 m de longueur, 0,92 m de largeur et 6 mm d'épaisseur sont perforées de 16 trous de 3 cm de diamètre répartis par rangées de quatre trous, ce qui permet d'obtenir une légère perméabilité de la plaque.

Chaque plaque est enfouie sur 0,25 m. Un espace de 4 cm est laissée entre deux plaques voisines pour augmenter la perméabilité de la palissade. La pose des plaques est effectuée, comme pour les palmes.

### ➤ **Grillage synthétique**

Plusieurs grillages synthétiques (geogridde ou géotextile) existent sur le marché. La pose du grillage nécessite l'utilisation de piquets en bois de 1.50 m de longueur et de 0.15 m de diamètre à la fin de bout. Ces piquets sont destinés à soutenir le grillage, ils sont enfouillés jusqu'à 30 cm dans le sol et rattachés au grillage par du fil de fer recuit. Le bord inférieur du grillage est enfoui dans une levée de terre de même hauteur pour empêcher tout affouillement de la base de la palissade.

### **2.3 Rehaussement de la palissade**

La palissade jouant son rôle finira par être totalement submergée par le sable. Il ne faut pas attendre qu'elle soit parvenue à ce stade pour songer au rehaussement qui se fait généralement lorsque le sable arrive à 10 ou 15 cm du bord supérieur.

Lorsque la palissade est constituée par des palmes, les manipulations de rehaussement sont difficiles ou impossibles ; généralement, on en érige une nouvelle avec les mêmes matériaux sur la dune artificielle en voie de formation. Il s'agira de suivre la crête de la première palissade et d'en confectionner une nouvelle identique à la première.

Dès que la nouvelle palissade se trouvera sur le point d'être ensevelie à son tour, on procédera à son rehaussement par l'édification d'une troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce que la dune artificielle atteigne son profil d'équilibre.

Pour les plaques en fibrociment, le rehaussement se fait par l'extraction partielle de celles-ci une à une, tout en conservant 25 cm enfouis dans le sable.

### **Le quadrillage**

La technique de la palissade n'est efficace que lorsqu'on est en présence d'un vent monodirectionnel. Or, dans la nature, le vent n'emprunte pas une direction fixe mais une trajectoire qui se situe dans une fourchette entre deux directions distinctes, en plus de l'existence toujours de vents secondaires.

Pour pallier à cette insuffisance, on fait recours à l'édification de quadrillage losangique de mailles variables, les deux ou trois premières rangées de mailles sont plus serrées que les autres (3x3m), car sont plus menacées par l'ensablement.

### **3. Méthode aérodynamique**

La méthode aérodynamique utilise la capacité de transport du vent lorsqu'il atteint une vitesse suffisante. Cette méthode s'applique de deux façons différentes :

- Soit en lui faisant évacuer des dépôts de sable indésirables par des procédés qui accroissent sa vitesse au contact de tels dépôts,
- Soit en profilant les obstacles rencontrés par le vent chargé de sable pour que sa vitesse ne soit pas diminuée à leur contact.

### **4. Technique de tas de matériaux graveleux ou pierres turbulentes**

Cette technique est basée sur les caractéristiques de l'écoulement éolien qui, selon l'analyse d'écoulements autour d'obstacles, montre que les modifications apportées à la structure du vent dépendent de plusieurs facteurs notamment ;

- la géométrie et dimensions de l'obstacle,
- l'état de surface,
- caractéristiques du vent incident,
- l'environnement proche.



Figure 4 : Photo d'envahissement de la route par du sable, RN53A



Figure 5 : Photo d'envahissement de la route par du sable, RN16

Si la nature du sol présente une discontinuité et que la rugosité change brusquement, alors la structure du vent se trouve profondément perturbée en aval du changement de rugosité. En effet, au niveau de la discontinuité, le cisaillement et le taux de production d'énergie cinétique turbulente sont fortement modifiés et affectent l'ensemble de l'écoulement (figure 6).

Au niveau du sommet se forme une zone de dépression et de survitesse, tant que qu'au pied du versant face au vent à la rencontre du sol se forme un rouleau tourbillonnaire. Ce rouleau se déplace en aval en contournant latéralement l'obstacle, formant un tourbillon dit en "fer cheval".

En résumé, cette technique empêche la saltation de ce produire étant donné que le matériau doit être suffisamment graveleux pour le vent ne peut le transporté, et les fines déjà en suspension dans l'air ne peuvent se déposer sur le tas à cause de la zone de survitesse qui est en son sommet permettant de les déposées en amont.

On note aussi que cette technique est très efficace pour neutraliser complètement une dune par l'effet du vent en déposant des pierres ou un tas graveleux au sommet de la dune.

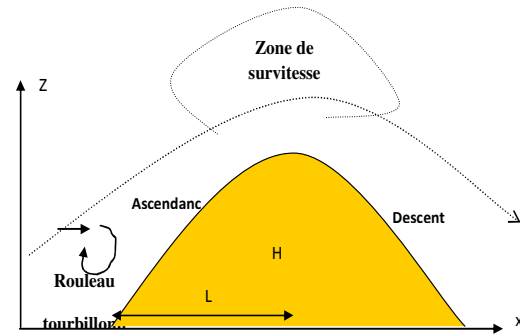


Figure 6: Ecoulement de vent au dessus d'un tas de remblais

### 5. Technique de MULCH

Cette technique consiste à recouvrir le sable d'une couche protectrice aussi uniforme que possible pour supprimer l'action du vent au niveau du sol et empêcher le phénomène de saltation. Tout produit pouvant remplir cette fonction est susceptible d'être utilisé, cependant cette technique est limitée dans le temps car le sable regagne l'endroit traité aussi vite qu'on peut le croire.

### 6. Application pour les sections étudiées

Les trois tronçons routiers, faisant l'objet de la présente étude se situent dans le périmètre du grand Erg oriental et appartiennent à la route nationale RN16 (Touggourt-El oued), RN53A (Hassi Messaoud-El Borma) et RN53 (El Borma-Hassi Berkine) sur un linéaire de 512 km (tableau 2).

**Tableau 2 : Tronçons routiers étudiés.**

Route nationale	PK Début	PK Fin	Longueur (Km)
RN 16	587+000	628+000	41
RN 53	46+000	202+000	156
RN 53A	13+000	328+000	315
	Total		512

Le modèle éolien dans cette zone est constitué par des édifices sableux importants, lorsque les édifices barkhanique par mouvement ou les dunes linéaires par allongement atteignent les infrastructures routières ils se déforment en devenant des édifices beaucoup moins précis appelés fronts de dunes.

Ces fronts, par leurs crêtes, constituent des pièges à sable qui vont grossir pour devenir des pseudo-dunes au milieu de l'axe de la chaussée.

### 6.1 Approche méthodologique de l'étude

Pour les besoins de l'étude, on a adopté la méthodologie suivante :

- consultation des rapports d'activités des équipes de désensablement de la DTP,
- Lever topographique des sections ensablées et celles sujettes à l'ensablement,
- Visite des techniques utilisées et évaluation de leur efficacité,
- série d'entretien avec les responsables, techniciens et les paysans concernant les techniques de lutte,
- Choix de techniques appropriées,

Les directions de l'ensablement ont été établies sur la base d'indicateurs géomorphologiques locaux tels que les stries, les dunes.... Ces édifices indiquent une direction préférentielle du vent. Plusieurs mesures ont été faite en se servant d'une boussole. Celles-ci ont permet de déterminer la direction d'ensablement maximum qui est le Nord-Est. La direction des vents dangereux est celle de l'Est et du Nord.

### 6.2 Symptômes décelées

Les dangers des sections expertisées se résument en ce qui suit ;

- réalisation de la route sur de grands remblais.
- orientation de la majorité des axes de manière perpendiculaire à la direction principale des vents dominants venant de l'est et du nord-est.
- quelques anomalies de conception liées au tracé et à la réalisation



**Figure 7 : Clôture de désensablement des jardins**

A titre indicatif, les sections de la RN16 sont prises en piège par les dunes issues du système de désensablement des jardins voisins. Les paysans entourent leurs jardins de clôtures de palmes. Lorsque la première est ensevelie sous le sable, ils en construisent une seconde qui provoque le désensablement de la première (figure 7).

Cela s'explique de la façon suivante : le vent, après s'être délesté de sa charge sur la seconde clôture accroît sa vitesse et dispose d'un surcroît d'énergie qui lui permet de dégager le sable accumulé par la première.

## 7. Recommandations

Les recommandations ci-dessous constituent des dispositions spéciales à respecter lors de la conception des routes en zones dunaires permettant de réduire les risques d'ensablement.

- 1- concevoir un tracé en plan et un profil en long épousant le terrain naturel,
- 2- suivre le terrain en léger remblai, en évitant les dunes et en restant parallèle à leur direction générale.
- 3- éviter les champs des dunes mobiles.
- 4- éviter de franchir les dunes et, si c'est inévitable, choisir les cols les mieux dégagés, passé à ras du col sans écrêtement ni remblais de préférence en alignement droit et perpendiculaire au sif.
- 5- tracer la route à une distance des dunes supérieure à deux ou trois fois leur hauteur, de préférence du côté au vent.
- 6- neutraliser autant que possible les dunes de part et d'autre du tracé, en les déblayant ou en les utilisant en emprunt.
- 7- prévoir de vastes surlargeurs de plate forme pour maintenir la circulation en cas d'ensablement partiel.
- 8- sur les remblais élevés proscrire les dévers unique et prévoir des rayons en plan suffisamment grands.
- 9- de manière générale, veiller à perturber le moins possible l'écoulement du vent.

## 8. Conclusion

De façon générale, les actions de lutte contre l'ensablement demeurent ponctuelles, dispersées et portent sur des cas d'urgence où les fronts dunaires sont devenus menaçants. Elles s'inscrivent rarement dans le cadre d'un plan de protection globale préétabli et déterminé en fonction de la dynamique éolienne et des types de modelés éoliens en présence, prenant en compte aussi bien les sources de sable, les zones de transport et de dépôt.

Il convient donc d'adopter une stratégie générale de lutte contre l'ensablement qui se résume en ce qui suit :

- élaboration d'un guide spécifique de conception de tracé routier en zone dunaire.
- élaboration des méthodes de suivi et d'évaluation des projets de protection des routes.

## Références Bibliographiques

[1] Grégory TURBELIN ; 'Modélisation de la turbulence atmosphérique en vue de l'étude du chargement aérodynamique des structures soumises aux effets du vent' ; Thèse Doctorat, Université d'Evry Val d'Essonne, Evry, France (2000).

[2] Hocine KHATTELI & Hocine TAAMALLAH; inventaire et évaluation techniques des actions de lutte contre l'ensablement dans les six gouvernorats du sud tunisien, (Mars 2010)

- [3] Zouhair MHIRI; 'Activités de lutte contre l'ensablement dans le gouvernorat de médénine'; Séminaire «Lutte contre l'ensablement et la stabilisation des dunes », Médenine, Tunisie 18 au 21 Septembre 1996
- [4] Sekkou HACH; 'Ampleur, localisation, traitement et évaluation économique des interventions au Ouarzazate au Maroc' ; Séminaire « Lutte contre l'ensablement et la stabilisation des dunes », Médenine, Tunisie 18 au 21 Septembre 1996
- [5] Isselmou OULD CHEIKH; 'Ensablement en Mauritanie' ; Séminaire « Lutte contre l'ensablement et la stabilisation des dunes », Médenine, Tunisie 18 au 21 Septembre 1996
- [6] Amadou BARRY THIERNO ; 'Causes et bilans des actions menées contre l'ensablement en Guinée' ; Séminaire «Lutte contre l'ensablement et la stabilisation des dunes», Médenine, Tunisie 18-21 Septembre 1996
- [7] Cahiers FAO Conservation n° 18 ; manuel de fixation des dunes, (1988).