

AMELIORATION DE L'ENTRETIEN ROUTIER
ENSABLEMENT

M.AHAJJAM
Directeur de la société des
Travaux Publics et Immobiliers

RESUME

Le présent document traite du problème de l'ensablement de la RP.41 entre TAN TAN et LAAYOUNE-PORT

Il existe deux (2) types d'ensablement:

- . ensablement généralisé,
- . ensablement ponctuel.

Pour parer à ce phénomène, plusieurs méthodes sont utilisées:

- . traitement de surface
- . ouvrage accélérateur
- . déblaiement mécanique

Ne disposant pas de solution classique connue ; la DPE de LAAYOUNE, en collaboration avec le bureau d'études SOGREAH cherche des solutions nouvelles et plus économiques qui permettraient d'assurer la pérennité du réseau routier, dans la région, avec un entretien réduit au minimum.

Plusieurs solutions font actuellement l'objet de l'étude sur modèle réduit hydraulique dans les laboratoires de SOGREAH.

- . route en remblai
- . dunes artificielles obtenues par fixation de dunes successives
- . ouvrage en forme de tunnel
- . ouvrage accélérateur de vent

Pour la zone la plus critique de la RP.41, entre LAAYOUNE et le PORT de LAAYOUNE, l'étude BCEOM recommande la mise en oeuvre d'un atelier de socopers qui effectuera des travaux préventifs, en dégageant une bande parallèle à la route et d'une largeur de 20 m au moins.

L'atelier proposé est composé de :

- . trois socopers de 10 m³ et 300 CV
- . un bulldozer pousseur de 300 CV
- . une niveleuse
- . un camion station service
- . un véhicule
- . une remorque atelier pour les travaux d'entretien de premier et deuxième échelon
- . des citernes fixes à carburant pour une autonomie d'une semaine
- . petit matériel

L'investissement initial est évalué à 15.106 dhs (83) avec 1.838.000 dhs/an de fonctionnement.

I - TRAVAUX DE DESENSABLEMENT RP.41 - (DPE DE LAAYOUNE)

A - INTRODUCTION :

Le présent rapport résume les différentes méthodes de lutte contre l'ensablement depuis 1976 dans la région du sud, et expose

la situation actuelle des travaux de désensablement dans la DPE de LAAYOUNE.

B - Présentation du phénomène

a- Ensablement généralisé (RP.41. LAAYOUNE - LAAYOUNE / PLAGES)

La DPE de LAAYOUNE, couvre les territoires des provinces de LAAYOUNE et BOUJDOUR, situés au Sud du Maroc sur la côte Atlantique.

La région étant saharienne, elle possède un régime dunaire qui ensable quelques sections de la RP.41 traversée par un couloir de dunes de sables.

Ce couloir prend son origine au CAP JUBIS, sur la cote Atlantique, près de TARFAYA à 100 Km au Nord de LAAYOUNE, il traverse tout le SAHARA MAROCAIN. Dans cette zone, la RP.41 présente une plateforme de 9m de large avec 7m de chaussée. Son profil en long suit pratiquement le niveau du terrain naturel. Le trafic actuel est d'environ 2.000 V/J dont 50% de poids lourds. C'est un axe vital qui relie la ville au port minéralier, au futur port en cours de construction et à la ville de BOUJDOUR située à 190 km. A ce titre, cet axe ne doit subir aucune coupure.

Le sable, qui se déplace du Nord au Sud est à granulométrie verticale, sans cohésion et à teneur en eau nulle.

Le volume de sable déplacé annuellement est estimé à 1.200.000m³.

Le volume moyen journalier traversant la route est de :

- 2.000 m³/j. pendant les mois de vents faibles, c'est à dire d'octobre à fin mars
- 6.000 m³/j. pendant les mois de vents forts, c'est à dire d'avril à fin septembre.

Les plus importants mouvements de sable se produisent entre Juillet et septembre.

La vitesse moyenne du vent se situe entre 3 et 8,5 ml/s pour la période de mai à septembre, elle est souvent supérieure à 7ml/s et atteint parfois 25 à 30ml/s.

La direction dominante est N.N.E. - S.S.O. quant aux dunes, leur vitesse moyenne annuelle est estimée à 25ml, la hauteur moyenne est de l'ordre de 15 m avec une largeur de 75ml.

b - Ensablement ponctuel (TARFAYA - TAN-TAN)

Entre TAN-TAN et TARFAYA à plusieurs endroits, la route est traversée par des petits cordons de sable de largeur variant de quelques centimètres à deux mètres au maximum avec une hauteur

maximale de 20 à 30cm. En plus, deux chaines de dunes traversent la RP.41, l'une à l'accès à TARFAYA et l'autre au niveau de KHNIFFISS.

Pour l'accès à TARFAYA, les dunes en raison de leur faible hauteur (1 à 2,5m) se déplacent assez rapidement.

Quant à KHENIFFISS, située à 60 km à l'est de TARFAYA, la hauteur des dunes est plus importante (environ 6m) et leur temps de parcours est très long car elles prennent naissance sur une plage à 20 km au Nord de la route.

Le volume annuel de déblaiement est de 500.000m³ pour TARFAYA et de 250.000m³ pour KHNIFFISS.

C - Procédés généraux de désensablement :

a - Ensablement généralisé - (LAAYOUNE - LAAYOUNE/PORT)

Le principe consiste à traiter l'ensablement avant que celui-ci ne gagne la route. Plusieurs procédés ont été testés sur la zone citée ci-dessus.

a.1. Traitement de surface :

Le principe consiste à traiter, au nord de la route une bande suffisamment large en l'imprégnant avec des hydrocarbures (Cut-Back 0/1, émulsion, etc...), ce traitement permet d'avoir une surface assez lisse pour empêcher le sable de se déposer sur la chaussée.

Cette technique fut utilisée en 80/82 sur une surface totale de 145.000m², avec un dosage moyen de 1,1 kg de Cut Back 0/1 au m² 160 tonnes ont été utilisés pour un coût global de 820.000 dhs. (prix 82).

Si le sable glissait sur la section traitée ceci n'a pas empêché le phénomène de propagation de la bande sableuse, et, les dunes suivantes ont recouvert les premières. Dans la zone où la route est en déblais, la surface traitée était assez rapidement recouverte de dunes de sable. Ailleurs, l'effet de ce procédé a été très limité dans le temps (moins d'1 an).

En première conclusion, cette solution est à éviter, sauf pour des sections très réduites ou en cas d'urgence, et ce pour trois raisons essentielles :

- Coût élevé (6,00 dhs/m²)
- l'aspect visuel détériore le paysage
- l'effet est limité dans le temps (1 an au plus)

a.2. Ouvrages accélérateurs :

Deux ouvrages accélérateurs de vent ont été réalisés le long de la section citée plus haut. L'un de 40ml l'autre de 110ml de long, ces ouvrages sont construits en structures de poteaux en béton et recouverts de plaques en contreplaqués ou en tôle de

zing sur les 3/4 supérieurs suivant un plan incliné.

Ce dispositif oblige le vent à s'engouffrer et à d'accélérer par un phénomène de venturi. Le vent traverse la chaussée à grande vitesse et empêche le sable de s'y déposer.

Le coût moyen au ml de l'ouvrage est estimé à 5000 dhs (coût 81).

Ces ouvrages semblent donner satisfaction à moyen terme. Sur le premier ouvrage deux années après sa réalisation, on a constaté une accumulation de sable avec formation de dunes à l'arrière de l'ouvrage. Ce qui a annulé l'effet de venturi puisque la section "entrée" du vent, est devenue plus réduite que celle de sortie.

On a été obligé de raser à nouveau ces dunes pour redonner à l'ouvrage son efficacité, ceci est dû au fait que de nombreux paramètres restent à maîtriser :

- . hauteur totale de l'ouvrage
- . hauteur libre
- . inclinaison , etc...

en plus, le comportement d'un tel ouvrage sur une longueur importante est difficile à prévoir. Une étude sur modèle réduit est en cours actuellement.

a.3. Désensablement mécanique :

Le principe consiste à dégager une bande de 40 à 50 ml de large, au nord de la route, et à éliminer l'ensablement de cette bande avant que les dunes n'atteignent la chaussée. C'est la méthode pratiquée actuellement

i) Méthode d'intervention :

Suivant l'importance de la section à dégrader et la hauteur d'ensablement à traiter on procédera soit à un étalement (cas de faible épaisseur) soit à un déplacement du côté Nord au côté Sud de la chaussée. Dans le dernier cas la coupure de la route est impérative.

Pendant la période des vents faibles (septembre fin avril) un programme précis d'intervention des engins d'ensablement est établi.

Ce programme comprend essentiellement :

- . emplacement des déviations en cas de coupure de route
- . préparation des déviations en cas de coupure de route
- . le programme hebdomadaire d'intervention
- . la préparation des engins
- . les prévisions d'arrêt et d'entretien des engins
- . la formation des équipes
- . un programme de logistique (déplacements, nourriture, carburant etc...)

En général et pendant la période des vents faibles, l'intervention des engins se fait de nuit, et, pour trois (3) raisons.

- . Les vents sont très calmes (V 1m/s)
- . la température est modérée (à 15 c)
- . le trafic est très faible (à 5 véhicules/H)

Ce qui nous permet d'avoir :

- . de bonnes conditions de travail pour les agents
- . de moindre risque de pannes d'engins par échauffement (panne très fréquente le jour car les engins ne sont pas conçus pour de pareils climats)
- . d'éviter toute perturbation importante du trafic car 95% du trafic se fait le jour.

Pendant la période de vents forts, le travail de la brigade consiste à déraser toute formation de dunes, le long de la section traitée déjà, par un étalement continu, de jour comme de nuit. Il est évident que ce dérasage ne fait que réduire la vitesse de déplacement des dunes, il ne l'annule pas, autrement on n'aurait pas à intervenir pendant la période des vents faibles.

ii) Consistance de la Brigade :

Moyens Humains : la Brigade est constituée de 35 agents répartis comme suit :

- . 1 chef de Brigade
- . 13 chauffeurs d'engins
- . 7 graisseurs
- . 2 mécaniciens
- . 2 aides mécaniciens
- . 8 gardiens
- . 2 chauffeurs

Moyens matériels :

- . 8 engins à chenilles dont :
 - 6 T D 15
 - 2 D 50
- . 3 chargeurs à pneus
- . 2 niveleuses
- . 2 véhicules légers
- . 1 camion citerne (Gaz-Oil)
- . 1 atelier de mécanique : cet atelier, équipé de tout le matériel et outils nécessaires est implanté sur le chantier.

La Brigade est pratiquement autonome et doit être en mesure d'exécuter tel qu'il est prévu, le programme qui lui est établi.

Le maintien en bon état de marche de sept (7) engins au moins sur les huit (8) (TD 15 et D 65) est une condition nécessaire et parfois non suffisante, pour l'exécution de tout le programme.

La présence, pendant les heures de travail des engins, d'un mécanicien et de son aide, est obligatoire afin de détecter à

temps toute anomalie de fonctionnement avant que l'engin ne soit hors d'usage.

Les chargeurs et niveleuses n'interviennent qu'en début de matinée pour dégager la dernière couche de sable (10 cm environ) avant de libérer la circulation et sans détériorer la chaussée.

iii) Coût de fonctionnement :

Il y a lieu distinguer les frais fixes de ceux dépendant du programme à exécuter :

- frais fixes - (par année)
 - . salaires et indemnités 1.200.000 dhs
 - . amortissement non chiffré
- frais de programme - (pour l'année 83)
 - . carburant et lubrifiant 900.000 dhs
 - . pièces de rechange 500.000 dhs
 - . divers outils 120.000 dhs
 - . primes pour agents 60.000 dhs

soit un total annuel de 2.780.000 dhs
pour l'année 1983 sans compter l'amortissement du matériel

iv) Résultats du programme octobre 83 - avril 84

Au mois d'octobre 1983, un premier programme d'intervention, de la Brigade citée ci-dessus fut établi.

Chaque jour, 7 engins, au moins, travaillent pendant 8 heures au minimum à partir de 20 heures du soir. Pendant ce temps, la circulation est déviée et toute section entamée doit être dégagée avant 6h du matin. L'opération a duré exactement 125 jours de travail effectif. Un arrêt de 48 heures, tous les 10 à 12 jours était obligatoire, pour une révision et une remise en état des engins, alors que l'entretien courant lui, se faisait tous les jours. La largeur, de la bande traitée varie de 40 à 60m. Le volume total déplacé est estimé à 900.000 m³, soit un volume moyen journalier de 7.200 m³.

- Pour ce programme les dépenses sont estimées comme suit :
- . carburant et lubrifiants 480.000 dhs
 - . pièces de rechanges 200.000 dhs
 - . salaires (7 mois) + indemnités 700.000 dhs
 - . primes 60.000 dhs

soit un total de 1.440.000 dhs
ou 1.6 dhs/m³

b) Ensablement ponctuel :

Contrairement à l'ensablement généralisé, le traitement de l'ensablement ponctuel consiste à enlever le sable lorsqu'il est déposé sur la chaussée ; et le traitement préventif n'est alors pas "envisageable" et ce pour deux raisons essentielles :

- . faible importance de sable déposé sur la chaussée
- . la spontanéité de la formation des cordons de sable sur la route

La méthode utilisée pour lutter contre ce phénomène est du domaine des travaux curatifs, ces travaux se font par les moyens dont dispose une brigade d'entretien basée à TARFAYA :

- . 2 chargeurs
- . 1 niveleuse
- . 1 camion
- . petit matériel

Ces moyens sont utilisés au fur et à mesure des besoins et surtout pendant la période des vents forts.

c) Problèmes spécifiques à la région

Il est évident qu'à 1300 km de CASABLANCA, le délai panne-réparation est parfois très important surtout quand il s'agit d'un radiateur troué, d'un verin cassé ou de segments usés. Le seul problème dans lequel nous nous débattons est celui de l'indisponibilité des pièces de rechanges dans le marché local et, parfois même dans le marché national.

L'Etranger nous reste le seul recours et nous accuse une immobilisation de l'engin qui peut durer des mois parfois en vain.

II - ETUDE SOGREAH - (ENSABLEMENT RP.41) :

Des couloirs de dunes, parfois de plus de 100 km de long composés de dunes de plus de dix mètres de haut, envahissent des plates-formes routières sur plusieurs kilomètres dans la Province du Sud Marocain.

Dans cette région du Maroc, le vent prédominant (environ 80% du temps) étant de secteur N.N.E. , S.S.O. , les dunes se déplacent systématiquement du nord au sud.

Les travaux d'entretien par déblaiement utilisant des moyens mécaniques tels que bulldozers, chargeurs et niveleuses pratiqués actuellement s'avèrent très onéreux. De plus, ils ne sont pas entièrement satisfaisants au moment des grosses tempêtes de sable.

C'est pourquoi il est envisagé de rechercher une solution de déblaiement utilisant l'énergie même du vent.

Dans ce but, il a été décidé dans un premier temps (première et deuxième phase de l'étude) d'évaluer le comportement des dunes (vitesse de déplacement, débit de sable lors de leur progression par glissement sur une période courte) par restitution photogrammétrique de photos aériennes prises à un mois d'intervalle (surtout à l'époque des grands vents) dans des zones sévèrement touchées.

Dans un deuxième temps (quatrième phase de l'étude), un modèle réduit hydraulique sera mis en oeuvre afin de mettre au point les formes des dispositifs envisageables tels que :

.Ecran "VENTURI" pour créer une accélération locale du sable empêchant son accumulation sur la chaussée. Il s'agit en fait, de créer localement un débit d'évacuation supérieur au débit d'avancement naturel des dunes.

.Ouvrages en forme de tunnel avec possibilité d'aération par des ouvertures latérales.

.Dune artificielle obtenue par fixation des dunes successives grâce à une pellicule fixatrice. Cette dune artificielle fixée a pour effet de disperser complètement les dunes incidentes ultérieures.

.Route en remblais.

III - RECOMMANDATIONS DE L'ETUDE B C E O M :

A - Hypothèse :

Pour estimer les travaux de désensablement, et surtout les travaux préventifs il faut connaître les volumes de sable déplacés par le vent pendant une période donnée.

D'après l'examen du régime des vents à LAAYOUNE on constate que :

- La vitesse du vent varie de 3 à 8,5 m/s avec un minimum de 7 m/s pendant la période de mai-septembre.

- la vitesse de déplacement des dunes est d'environ 25 ml/an. La hauteur moyenne est de 15m avec une largeur de 75m. La longueur de la route traversée par les dunes de sable est de 8 km. dont 80% soumis à ensablement.

Le volume total à déplacer est estimé à :

$$V = 1.200.000 \text{ m}^3$$

avec 60.000 m³ par mois pour les mois de vents faibles
et 180.000 m³ par mois pour les mois de vents forts

soit une hauteur moyenne de :

.3 cm pendant les mois des vents faibles
.10 cm pendant les mois des vents forts

2 - Matériel de dégagement à utiliser :

.Dans la zone entre LAAYOUNE et LAAYOUNE/PLAGE, le phénomène d'ensablement, compte tenu de son importance ne peut être arrêté.

.Puisqu'il est nécessaire d'enlever le sable, il faut le faire rapidement et au moindre coût.

.Il faut enlever le sable avant qu'il parvienne sur la route; compte tenu de ce qui précède, le principe de travail est le suivant :

- Déraser une bande de 25 m de large côté avant de la route. Cette bande servant de réservoir et d'accumulation de sable et c'est elle qui devra être déblayée régulièrement.

- Pour déblayer le sable il faut chercher le matériel le plus adapté. Le type d'engin le plus approprié paraît être le scraper. Les scrapers peuvent évoluer dans le sable s'ils sont équipés de pneus basse pression.

C - Atelier de scraper à prévoir:

L'atelier de scraper a été dimensionné en prenant en compte les rendements fournis dans les manuels des constructeurs. Cet atelier devra se composer de :

- .trois scrapers
- .un bulldozer pousseur 300 cv
- .une niveleuse de 120 CV pour la finition et le nettoyage de la chaussée
- .un camion station service
- .une remorque atelier
- .un véhicule Pick-Up
- .petit matériel (pelles, pioches, etc...)

Au niveau du personnel il faut prévoir :

- .un chef de Brigade
- .un conducteur de bulldozer
- .un conducteur de niveleuse
- .trois conducteurs scrapers
- .deux chauffeurs
- .six manoeuvres
- .plus le personnel du Parc pour l'entretien des engins :
(1 chef d'équipe, 2 mécaniciens, 2 aides mécaniciens, 2 manoeuvres graisseurs).

D - Productivité de l'atelier :

sachant que pour un Scraper :

- .le temps de chargement = 1 mn
- .le temps de parcours en charge = 1 mn
- .le temps de parcours à vide = 0,5 mn

soit 2,5 mn par cycle ou 24 cycles par heures.

pour une efficacité de 150 h/mois (6,5 à 7h/jour pendant 22 jours par mois). La production mensuelle sera de :

$$. 24 \times 10 \times 150 \dots\dots\dots = 36.000 \text{ m}^3/\text{mois}$$

Pendant les mois des vents faibles il faudra dégager 60.000 m³/mois. trois (3) scrapers pourront fonctionner pendant 90 h/mois soit à 60% de leur possibilité.

En période de pointe, il sera nécessaire de faire travailler l'atelier avec trois (3) scrapers en deux périodes tous les jours, (250 h/mois et par engin). La production mensuelle sera alors de :

.3 x 24 x 10 x 250 = 180.000 m³/mois

Globalement sur un an chaque scraper travaillera :

.8 x 90 + 4 x 250 = 1.290 h/an

E - Organisation du temps de travail

En période de pointe l'équipe devra être organisée en deux périodes de travail de 6 heures chacune, coupées par l'entretien des engins.

.1ère période de 7h à 13h

.entretien de 13h à 15h

.2ème période de 18h à 24h

En période normale, l'équipe devra s'organiser en une période de travail de 8h. : (5h à 13h), avec entretien des engins après 13h.

F - Coût de fonctionnement annuel - (DHS 83)

En période normale :

matériel

.niveleuse	8.000 x 1	=	8.000 dhs
.buldozer	27.000 x 1	=	27.000 dhs
.scraper	27.000 x 3 x 60%	=	48.600 dhs
.camion	2.500 x 1	=	2.500 dhs
.Pick-Up	2.000 x 1	=	2.000 dhs
.petit materiel	800 x 1	=	800 dhs

soit un total mensuel de		=	88.900 dhs

Personnel - (hors personnel de Parc)

.Chef de Brigade	2.500 x 1	=	2.500 dhs
.Conducteurs engin	1.800 x 5	=	9.000 dhs
.chauffeurs	1.600 x 2	=	3.200 dhs
.Manoeuvres	900 x 6	=	5.400 dhs

soit un total mensuel de		=	20.100 dhs
.coût mensuel	109.000 x 1	=	109.000 dhs
.pour huit mois de l'année		=	872.000 dhs

EN PERIODE DE POINTE :

Matériel

Les coûts de fonctionnement des engins seront majorés de
250/150 = 1.66

.niveleuse	13.000 x 1 =	13.000 dhs
.buldozer	45.000 x 1 =	45.000 dhs
.scraper	45.000 x 3 =	135.000 dhs
.camion	4.200 x 1 =	4.200 dhs
.Pick-Up.....	3.300 x 1 =	3.300 dhs
.petit materiel.....	800 x 1 =	800 dhs

soit un total mensuel de 201.300 dhs

Personnel

Le salaire mensuel sera composé de :
22 jours payés pour 8 h non majorés plus 2h majorés à 25 % +
2h à 50 % (nuit) et 3 jours payés pour 10 h majorés à 50 % et 2 h
à 100 % d'où un doublement de coût de l'équipe.

soit : 20.100 x 2= 40.200 dhs / mois
Le coût mensuel en période de pointe ...= 241.500 dhs / mois

soit : pour 4 mois= 966.000 dhs

Le coût de fonctionnement total est de :
872.000 + 966.000= 1.838.000 dhs

G - Coût d'investissement

Sur la base de prix 1983, hors taxes, avec 1\$ = 9 dhs.
Le coût du matériel à acquérir s'élèverait à :

.Niveleuse (disponible à la DPE)	=	(2 niveleuses)
.Buldozer (D8L) en Kdhs2000 x 1	=	2.000.000
.Scraper (621P)2300 x 3	=	6.900.000
.Camion station service700 x 1	=	700.000
.Remorque atelier250 x 1	=	250.000
.Pick-up75 x 1	=	75.000
.transport + douane + taxes (50 %).....	=	4.662.500

soit un total général de 14.887.500

De cet investissement, il convient de déduire, le coût du
matériel actuel qui sera transféré vers d'autres brigades, à
savoir :

- 2 bulldozers 200 CV
- 3 bulldozers 150 CV
- 3 chargeurs 130 CV
- 1 niveleuse 125 CV

La valeur résiduelle de ce matériel est estimée à :
2.887.500 dhs (DEUX MILLIONS HUIT CENT QUATRE VINGT SEPT MILLE
CINQ CENT DIRHAMS)

Le coût d'investissement initial s'élèverait à : 12.000.000
dhs (DOUZE MILLIONS DE DIRHAMS)

Par la suite il faudra renouveler ce matériel tous les 5 ans
en moyenne, et dépenser environ 18.000.000 dhs. (DIX HUIT
MILLIONS DE DIRHAMS)