LUTTE CONTRE L'ENSABLEMENT DES ROUTES EN REGIONS SAHARIENNES

Jilali QUERROUM
Directeur Régional des Travaux Publics
Région Centre Nord

Parmi les problèmes spécifiques d'exploitation routière en zones Sahariennes, à climat aride et à bordure maritime, celui de l'ensablement est l'un des plus contraignants. Il entraine une gêne à la circulation, génère de nombreux accidents et compromet sérieusement le développement à long terme des nouvelles agglomérations Sahariennes. Le cas des villes de Tarfaya et Laayoune est particulièrement préoccupant.

Si l'incidence de ce phénomène est pratiquement nulle (0,5%) sur le budget annuellement alloué à l'entretien du réseau revêtu du Royaume, il peut absorber jusqu'à 35% des crédits consacrés localement aux mêmes fins.

Constamment confrontés aux difficultés d'exploitation inhérentes à l'ensablement des routes, les services de la Direction des Routes et de la Circulation Routière s'attèlent à rechercher des solutions économiques susceptibles de le juguler définitivement.

Nous nous proposons dans cette communication de décrire les conditions et caractéristiques générales de l'ensablement en milieu Saharien, avant de dresser le bilan des actions menées à ce jour pour le maîtriser. Nous insisterons en particulier sur les résultats encourageants de la stabilisation des dunes par fixation aux matériaux locaux et plantation d'essences locales dont l'efficacité et la pérennité nécessitent, toutefois, l'appui et le concours d'autres départements concernés par ce fléau.

I/ SOURCES D'ENSABLEMENT ET FACTEURS GENERATEURS

L'ensablement, un des aspects de la desertification engendrée par une sécheresse prolongée et des conditions climatiques adverses, résulte de l'intéraction complexe de plusieurs facteurs naturels dont le sable et le vent qui jouent évidemment un rôle essentiel. La composition chimique et la granulométrie du sable, ainsi que la direction, la fréquence et la durée, et surtout la vitesse du vent sont à prendre en compte pour identifier l'origine et le type d'ensablement et déterminer les techniques de protections les plus adaptées.

L'ensablement des régions Sahariennes est essentiellement d'origine marine. Les Sebkhas, vastes dépressions issues de l'érosion hydroéolienne, constituent également une source potentielle. Les particules sableuses proviennent de la désagrégation des formations dunaires anciennement consolidées et des encroutements calcaires datant du Moghrébien à sa phase regressive, et constituant la majeure partie du bassin Saharien compris entre la retombée occidentale de l'Anti-Atlas, et les confins Maroco-Mauritaniens au Sud. Rejeté sur les plages par les vagues et les courants littoraux et repris par les alizés du Nord-Ouest, le sable s'édifie en petites dunes bordières à profil barkhanique (en forme de croissant) très mobiles. Sous l'action éolienne, celles-ci rattrappent et engraissent les dunes continentales et le déplacement devient uniforme au bout de quelques dizaines de Kilomètres, soit sous forme de barkhanes isolées de grande hauteur, soit en nappes sableuses, ou bien à l'intérieur d'un champ dunaire de plusieurs centaines de kilomètres composé de barkhanes plus ou moins jointives, pouvant atteindre plus de 15 m de haut et 75 m de large au niveau des aires de grandes concentrations de sable. La moyenne étant de 6 à 10 m de hauteur et de 15 à 35 m de large.

Les plus grands mouvements de sable se produisent au niveau de la frange côtière comprise entre l'Ouest et le Nord-Est de TARFAYA (cap Jubis et SEBKHA de KHNIFIS) et au Sud-Est du Golfe de CINTRA à 120 Km au Sud de la ville de DAKHLA, où le rivage, perpendiculaire aux vents dominants, se caractérise par des plages amples et peu pentues, sources intarissables de matériaux sableux.

La dynamique du régime dunaire saharien, très accentuée en période de grands vents, est davantage accélérée dans un contexte morphologique favorable. Hormis quelques sebkhas et Oueds assez larges et encaissés, les terrains traversés, extrêmement plats, présentent un susbtratum rocheux, rigide et cohérent, accélérant le glissement en réptation et saltation des particules sableuses.

De plus, la couverture végétale, basse et éparse, est constamment détruite par le pâturage et l'action de l'homme, et ne constitue plus un obstacle en mesure de piéger et stabiliser le sable en mouvement.

• ***Régime des vents.***

Par sa régularité et son intensité, le vent est le facteur déterminant en cause dans la génèse du phénomène d'ensablement. Il façonne les paysages dunaires et conditionne le déplacement du sable. C'est seulement à partir d'une vitesse de 5 m/s à 1 mètre du sol que des grains de sable fins et secs peuvent être mis en mouvement et déplacés par roulage et sauts successifs. Des recherches entreprises, par ailleurs, ont établi que la capacité de transport par le vent varie comme le cube de la différence entre la vitesse atteinte par celui-ci et celle correspondant au seuil de balayage du sable par les filets d'air (déflation).

Des caractéristiques du régime des vents dans la région de TARFAYA, illustrées à travers les tableaux ci-après, il ressort que 70% des vents atteignent la vitesse efficace d'entrainement des particules, et à 80% du temps, ils se manifestent du secteur Nord-Ouest / Nord-Est, ceux du Nord-Est étant nettement dominants.

	VITESSE EN ML/S									
	0,5	0,5 à 1,5	2 à 3	3,5 à 5	5,5 à 8	8,5 à 10,5	11 à 13,5	14 à 16,5	17 à 20	20
Frèquence moyenne en pourcentage	3,5	8,2	20,3	26,4	19,5	12,7	6,7	1,8	0,4	0,1

	DIRECTION							
	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N
Frèquence moyenne en pourcentage	3,6	28,0	5,4	2,9	2,2	3,9	3,7	10,6	39,7

La vitesse du vent varie de 0,5 à 20 ml/s avec une moyenne se situant entre 3 et 8,5 m/s. En période de grandes tempêtes, elle dépasse fréquemment les 7 m/s et atteint facilement plus de 30 m/s.

Deux périodes saisonnières distinctes caractérisent le régime éolien en région Saharienne :

- celle des vents faibles, allant généralement d'Octobre à la fin Mars, où le volume d'ensablement est estimé à 2.000 m^3/jour
- celle des vents forts, allant d'Avril à fin Septembre, avec un volume d'ensablement trois fois plus important.

Les plus grandes tempêtes de sable se produisent au mois de Juillet et Août et se manifestent violemment au cours des après-midi.

Enfin, la vitesse moyenne annuelle de déplacement des dunes, observée à partir des photos aériennes prises à intervalles réguliers, est estimée à 25 m/an et orientée globalement du Nord/nord-Est au Sud/Sud-ouest.

La régularité de l'orientation des vents dominants et l'absence de massifs dunaires du type "ergs" algériens constituent une caractéristique spécifique à l'ensablement en zônes sahariennes et un atout non négligeable dans la détermination des méthodes de lutte contre ce phénomène.

II/ METHODES DE LUTTES CONTRE L'ENSABLEMENT : CAS DE LA RP. 41 ENTRE LAAYOUNE ET LAAYOUNE-PORT

Le tronçon Saharien de l'axe côtier Nord-Sud, que constitue la RP 41 entre la ville de Tan-Tan et les frontières maroco-Mauritaniennes, est constamment menacé d'ensablement sur plusieurs sections de son parcours. Particulièrement entre Laayoune et son Port où le cas est davantage préoccupant : plus de 1 million m^3 envahissent, chaque année, la chaussée qui traverse inévitablement un couloir dunaire large de 7,5 km s'étendant sur plus de 300 km entre le Cap Jubis près de Tarfaya et Sebkhat Lagrayar au Sud-Est de Boujdour.
Outre sa vocation internationale, cet axe relie la ville de Layoune d'une part aux Ports phosphatien et commercial et la région de Foum El Oued, source d'eau potable pour l'agglomération, et d'autre part aux villes de Boujdour et Dakhla, respectivement à 190 Km et 540 Km au Sud-Ouest.

Les dispositions prises actuellement pour lutter contre ce type d'ensablement consistent à mettre en oeuvre :

- des actions curatives au moyen d'engins de terrassement qui dégagent le sable déposé sur la chaussée
- des actions préventives qui tendent à empêcher le sable d'atteindre la plate-forme, faisant appel à la fois à des techniques de fixation et de stabilisation, et à des procédés d'accélération du sable au moyen d'ouvrages érigés parallèlement à la route. Ces actions visent à supplanter progressivement, voire supprimer le recours systématique à la première catégorie d'actions dont il est établi, aujourd'hui, qu'elles sont peu efficaces et onéreuses.

A/ Les actions curatives sont mises en oeuvre au moyen d'une brigade mécanisée, composée de chargeurs et bulldozers à chenilles, travaillant en couple, mobilisées 24H sur 24H, et renforcés en période critique par un matériel de location privé. le sable déblayé est déplacé dans le sens des vents dominants : du Nord au Sud.

Les périodes d'acalmies sont mises à profit pour exécuter des opérations préventives d'écrêtement des dunes et leur arrasement sur une bande de 40 à 50 m, destinées à accélérer le balayage du sable par le vent et empêcher l'obstruction de la route par les grandes barkhanes.

Ce procédé, qui constitue actuellement une lourde sujétion, s'avère onéreux, et d'une efficacité relative eu égard aux conditions de circulation dangereuses qu'il génère en plus des dégradations causées à la chaussée et ses dépendances.

Il reste, en outre tributaire de l'état du matériel et de la disponibilité des pièces de rechange sur le marché national, et n'écarte pas totalement le risque d'une coupure prolongée.

B/ Conscients de la déficience d'une telle méthode, les services de la D.R.C.R. développent, depuis quelques années, la réflexion sur d'autres solutions préventives moins dépendantes du déblaiement mécanique, en procédant à des essais, in situ, de techniques d'accélération et de fixation du sable, issues d'une étude scientifique à échelle réduite prenant en compte l'énergie même du vent.

a) - Ecran accélérateur de vent (venturi, fig.)

Le fonctionnement de ce type d'ouvrage repose sur un principe élémentaire de la mécanique des fluides, selon lequel la vitesse du fluide augmente lorsque la section d'écoulement diminue. Ce dispositif oblige le vent à s'engoufrer et à s'accélérer empêchant ainsi le dépôt sur la chaussée des particules sableuses. Il se compose d'un bâti incliné en béton armé recouvert sur les trois quarts supérieurs de sa hauteur de plaques en bois ou en tôle ondulée.

Les premiers accélérateurs expérimentés, l'un de 40 m de long, l'autre de 120m, n'ont été que partiellement efficaces en raison de leurs caractéristiques géométriques inadaptées : distance au bord de la chaussée, hauteur et inclinaison de l'ouvrage.

Une étude du dispositif sur un modèle réduit a permis de maîtriser ces

paramètres et l'expérience d'un troisième ouvrage a donné des résultats concluants.

Outre leur aspect inesthétique, le coût de ces ouvrages reste encore élevé (2.000DH/ml) et l'utilisation des engins est nécessaire chaque fois qu'ils sont menacés d'ensevelissement par les dunes incidentes.

De plus il est difficile de prévoir leur comportement en continu sur une plus grande longueur. Ils restent néanmoins parfaitement adaptés sur des sections ensablées plus courtes et éloignées des centres d'interventions des engins. Le cas de la région de Khnifis, à 60 Km au Nord-Est de Tarfaya, s'y prête fort bien.

b) - Stabilisation aux produits pétroliers.

Les dunes incidentes les plus proches sont, préalablement arrasées, recouvertes d'un film de cut-back 0/1 dosé à raison de 2 kg/m^2 pour permettre une bonne imprégnation du sable en surface.

Ce procédé mis en oeuvre sur plus de 140.000 m^2, a permis un allègement très sensible de l'action mécanique sans pour autant arrêter l'ensablement. il devait être réappliqué au fur et à mesure du recouvrement de la couche fixatrice et complété utilement par implantation de brises-vent de manière à édifier progressivement un cordon de dunes fixes artificielles. Les dunes ainsi fixées aux abords du convoyeur, reliant la mine de Boucraa au Port phosphatier illustrent un cas bien réussi.

L'opération a été progressivement abandonnée en raison de son coût de plus en plus élevé (plus de 4.000.000 DH/an) et du fait qu'elle dégrade le paysage et ne favorise pas la pousse de plantes localement adaptées. Elle est, par contre, tout indiquée pour la neutralisation des dunes isolées de grande hauteur.

c) - Stabilisation aux plantations et matériaux locaux.

Ce type de stabilisation améliore les avantages de la technique précédente tout en éliminant ses inconvénients; par une efficacité meilleure et une économie parcimonieuse. Il s'inspire à la fois des caractéristiques propres au couloir dunaire et des grandes lignes de l'étude d'avant-projet établie, pour le cas précis de la RP. 41, par l'Office de mise en Valeur du Tafilelt. Au départ, le sable est fixé par apport de matériaux locaux, extraits du terrain dégagé plus ou moins rocheux environnant la dune, et étalés sur celle-ci au bulldozer à raison de 30 kg/m^2 par la crête et le côté au vent qui en contrôlent la mobilité et le comportement dynamique. Cette stabilisation mécanique est renforcée par l'utilisation d'obstacles artificiels qui ont pour but de

diminuer la vitesse du vent, et par conséquent, de provoquer le dépôt du sable qu'il véhicule. De nombreux obstacles doivent être installés au fur et à mesure que les anciens sont ensablés, ce qui permet un exhaussement progressif de la dune jusqu'à un profil d'équilibre. Il s'agit, soit de claies de palmes et de pieux, soit de treillis métalliques ou de filets de nylon aux mailles serrées, tendus sur des piqués en bois, soit encore de pallissades constituées par des lattes de bois liées par des fils de fer du type ganivelles, utilisées autrefois avec succés pour protéger de l'ensablement les installations de l'usine de traitement des phosphates. Une fois la dune édifiée dans sa forme définitive, elle doit être recouverte de matériaux, de préférence riches en matières organiques, favorables à la poussée rapide des espèces végétales locales. Tout particulièrement le Tamarix Aphyla, excellente fixatrice du sable, dont les touffes croissent vers le haut au fur et à mesure de leur recouvrement par le sable. Les premiers essais de fixations réalisés selon ce procédé, en étroite collaboration avec les services de l'Agriculture et de la Promotion Nationale, sur un front dunaire dressé parallèlement à la route à une distance de 100 à 150 m, ont donné des résultats très encourageants et suscité beaucoup d'optimisme.

Durant les dernières tempêtes, l'intervention des engins sur les sections sujettes à un ensablement massif a été de moins en moins sollicitée depuis leur stabilisation.

Les travaux sont poursuivis actuellement dans le cadre d'un vaste programme de lutte, prévu en deux phases :

1ère Etape.

Constitution successive de plusieurs fronts dunaires d'arrêt, afin d'obliger le vent à déposer sa charge à des distances suffisament courtes ne lui permettant pas de reconstituer sa force de chariage. Le premier cordon, en cours de réalisation, a été dressé entre 100 et 150 m de la route. Les autres (3 à 4 au total) sont établis tous les 150 à 200 m, le dernier étant implanté à quelques mètres du bord de la falaise de la rive gauche de l'Oued Seguia-Hamra, afin de s'aider de cet obstacle naturel pour piéger le sable à l'intérieur du lit majeur.

2ème Etape.

Protection rapprochée de la plate-forme routière par stabilisation mécanique et biologique de la zone située entre la route et le premier mur d'arrêt, au moyen d'un quadrillage croisé (clayonnage), à mailles serrées (4m x 4m) et plantations à l'intérieur et en dehors des quadrats d'espèces auctochones, de préférence le Tamarix Aphyla disponible sur le lit de la Séguia-Hamra et dans la région de Foum

El Oued à quelques kilomètres du couloir, qu'il faudra élever en pépinère par quantités suffisantes pour les besoins du projet.

Cette stabilisation constituera un écran supplémentaire de protection de l'infrastructure routière qui enrayerait définitivement tout apport de sable à l'amont immédiat de la route.

* Les étapes ultérieures seront consacrées à la poursuite des travaux de stabilisation des espaces dunaires compris entre les fronts d'arrêt préalablement aménagés, et à plus long terme, des zones situées au delà de la rive droite de la Séguia Hamra. Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, les zones stabilisées, extrêmement fragiles doivent être sauvegardées par une mise en défens rigoureuse et devront être soumises à un régime forestier qui en interdirait le parcours.

Il s'agit là des grandes lignes d'une technique générale, éprouvée avec succès en d'autres sites, et qu'il y a lieu d'adopter dans les détails durant l'exécution des travaux. Les expériences réussies avec les dunes maritimes aux environs des villes d'Essaouira et d'Agadir, ou encore les dunes continentales immobilisées naturellement sur le site de Foum El Oued, par une végétation luxuriante de Tamarix, témoignent, si besoin est, de la fiabilité de cette technique qui semble plus adaptée à l'ampleur et à la complexité du régime dunaire auquel est confrontée quotidiennement la RP. 41. Cependant l'importance des moyens humains et budgétaires (12 à 18.000.000 DH) à mettre en oeuvre dépassent largement ce qui pourrait être entrepris par le Ministère des Travaux Publics seul et nécessite la contribution et l'association d'autres départements concernés directement ou indirectement par la lutte contre l'ensablement et la désertification. Une coopération étroite s'avère nécessaire avec le Ministère de l'Agriculture et la Direction de la Promotion Nationale pour mener à bien ce type de projet dans le cadre d'une convention tripartite à moyen et long terme.