



2015

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre de Recherche Scientifique et Technique Sur les Régions Arides

Omar El Bernaoui (C.R.S.T.R.A)

Station Expérimentale du Milieu Biophysique de L'Oued Righ - Touggourt

*Guide des techniques
de lutte contre l'ensablement
au Sahara Algérien*

Guide des techniques de lutte contre l'ensablement au Sahara Algérien



(2015)

Directrice de la Publication

LAKHDARI Fattoum

Elaboré par l'Equipe : dynamique des sables et techniques de lutte contre l'ensablement

SEBAA Abdelkamel

BERROUSSI Sami

BOUHANNA Mammar

BOULGHOBRA Nouar

HADRI Toufik

KOULL Naima

KHERRAZE M- ELHafed

BENZAOUI Tedjani

Edition CRSTRA, 2015

ISBN : 978-9931-438-05-2

Dépôt légal : 3964-2015

Sommaire

Remerciements

Préface

Introduction	1
Méthodologie	3
I. Rappel des techniques de fixation	6
I.1. Le stockage et la fixation du sable	6
I.1.1. La palissade proprement dite	6
I.1.2. Le Quadrillage	8
I.1.3. Fixation physico-chimique (technique du Mulch)	9
I.2. L'évacuation du sable par l'effet aérodynamique	10
a) Technique des zones de turbulences	10
b) Reprofilage aérodynamique	11
I.3. Intervention curative	11
I.4. Fixation biologique	12
1. Le développement artificiel du couvert végétal	13
2. la mise en défens	13
3. La reconstitution naturelle de la végétation	13
II. Drâas contre l'ensablement des routes sahariennes	14
II. 1. Drâas déposés perpendiculairement à la direction du vent dominant (vent monodirectionnel)	18
II.2. L'implantation des Drâas en biais par rapport à la route (vent monodirectionnel)	20

II.3. Drâas déposés perpendiculairement à la direction du vent dominant (vent bidirectionnel).....	22
II.4. Méthode des cônes « EL METHANA » pour évacuer le sable grâce à l'énergie éolienne (cas des grosses dunes)	24
II.5. Dispositif des Drâas qui modifie la vitesse du vent et sa direction	26
II.6. Système de protection des axes routiers implantés en plein Erg	28
III. Bernoussa contre l'ensablement des Ghitânes	32
III.1. Système de protection contre l'ensablement des Ghitânes « nommé Bernoussa »	34
III.2. Les Ghout verticaux en terrains compact	39
III.3. Les Ghout profonds en terrains sablonneux	42
III.4. Protection de nouvelle plantation contre l'envahissement du sable dans les terrains sahanes	44
IV. Protection de cultures maraichères contre l'ensablement	47
V. Protection de cultures industrielles contre l'ensablement	53
VI. Afreg dans les oasis du Touat-Gourara-Tidilelt	55
1. Technique « d'afreg en arrêt » perpendiculaire à la direction du vent dominant	60
2. Des édifications successives d'afreg autour des oasis	65
3. Afreg « en défilement » déposés obliquement à la direction du vent dominant (traditionnellement Tassoutta).....	66
4. Afreg concentrique pour la protection du village de la palmeraie dans le cas des vents pluridirectionnels	68
Conclusion	69
Glossaire	71
Références Bibliographiques	73

Préface

Au fil du temps, les populations des Régions Sahariennes ont pu s'adapter aux conditions extrêmes du milieu désertique (aridité, sécheresse, ETP extrême, tempêtes de sable et ensablement, salinité du milieu nourricier sol-eau...), à travers le développement des savoirs faire locaux dans les différents domaines d'activités de la vie humaine.

En effet, ce savoir ancestral a concerné aussi bien l'usage de l'eau et du sol, la conception du bâti et sa transformation que la conservation et/ou le recyclage des produits et sous-produits dérivant surtout des activités agricoles.

Cette faculté d'acclimatation leur a permis de construire aussi, des stratégies d'adaptation au risque potentiel du milieu, tel est le cas pour l'ensablement « objet » de ce document.

On y répertorie de façon pédagogique sous la forme d'un guide de compréhension aisée, différentes techniques et connaissances locales mises en pratique à travers le « Sahara » du « Bas Sahara » (Oued Righ, Oued Souf et Ouargla) jusqu'au plateau du Tademaït (Touat, Gourara et Tidikelt) pour faire face au risque de l'ensablement, stade ultime de la désertification.

Il s'agit d'un produit synthétisant plusieurs années d'investigations à travers ces territoires, de collecte de l'information, de réflexion et d'analyse spécifique aux entités en question.

Ce travail, a déjà le mérite de nous faire capitaliser cette expérience ancestrale, d'évaluer son efficacité surtout dans le contexte actuel et de rechercher les voies de son optimisation.

Quoiqu'il en soit, ce produit issu d'une recherche/développement soutenue et encouragée par le Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et émanant des réalités du terrain constitue un socle devant porter réflexion et production d'outils d'aide à la décision selon spécificité des sites et établissements à protéger (routes, voies ferrées, établissement humains et équipements).

F. LAKHDARI
Directrice du CRSTRA

Remerciements

Sans la pratique du terrain avec de longs séjours dans les aires d'ensablement et/ou à risque potentiel, et sans les échanges fructueux avec les partenaires socio-économiques, ce document n'aurait jamais vu le jour.

En effet, c'est le fruit de plusieurs années d'observation, de suivi, de longues conversations enrichissantes avec les populations locales et les acteurs du terrain qui après analyse sont traduites sous la forme de ce manuel que nous souhaitons mettre au service des utilisateurs concernés.

Notre reconnaissance et nos remerciements s'adressent d'abord à la population locale et notamment El-Fellaha qui par leurs connaissances ancestrales du phénomène d'ensablement et leur pratique quotidienne nous ont révélé leur savoir faire en la matière à travers les entités sahariennes (Souf, Oued-Righ, Touat, Gourara, Tidikelt,...).

Merci aussi à tout le personnel des services des travaux public pour leur coopération constructive avec notre équipe.

Nos remerciements et notre reconnaissance vont aussi au professeur BENZAOUZ Mohamed El-Taher de l'Université de Constantine pour nous avoir fait bénéficier de ses connaissances et de son expérience dans le domaine de processus de désertification et de dégradation de l'environnement en général.

Nous tenons à exprimer notre gratitude et sincères remerciements à Madame LAKHDARI Fattoum, Directrice du Centre de Recherche Scientifique et Technique- Omar El-Bernaoui-Biskra, pour les efforts sans cesse déployés pour permettre aux équipes du CRSTRA de prendre en charge les problématiques réelles par priorité thématique et spatiale, pour son appui et son encouragement pour faire aboutir nos travaux aux développements de la connaissance et à de véritables outils d'aide à la décision devant soutenir un développement durable en régions arides.

A tous les membres de l'équipe dynamique des sables et techniques de lutte contre l'ensablement, de la Station Expérimentale du Milieu Biophysique de L'Oued Righ et au personnel du CRSTRA en général et à toute personne qui y a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce guide.

Nous voulons dire merci !

Introduction

Nous connaissons tous, au moins par des photos ou les images de télévision, les étendues de dunes formant une mer de sable caractéristique des déserts. Leurs formes répétitives modelées par le vent couvrent d'immenses espaces et leurs déplacements menacent aussi bien les zones agricoles, les habitations que celles des infrastructures routières, ferroviaires et même pétrolières. Leurs impacts sont à l'origine de dégradations de l'environnement et peuvent anéantir toute perspective de développement socio-économique sur de vastes régions.

De tout temps, des techniques traditionnelles de lutte préventives ou curatives, ont permis aux populations concernées de contrer ponctuellement ce risque et en quelque sorte de vivre avec. En outre, pour chaque région, nous enregistrons des pratiques spécifiques en guise d'adaptation à l'ensablement. En effet, au Sahara, milieu d'apparence peu favorable à l'occupation humaine, l'Homme a su de façon ingénieuse s'accommoder aux contraintes et rudes conditions du milieu désertique ; le cas le plus édifiant est celui des oasis du Souf créées en plein Erg avec des palmiers plantés dans des sortes de cuvettes (Ghout) où les racines puisent leurs eaux dans la zone de remontée capillaire (la nappe phréatique). En somme une pratique d'Aridoculture sans la moindre irrigation du moins pour les palmiers dattiers : c'est là une forme d'expression de l'ingéniosité humaine à la quelle est associée un savoir-faire avéré en matière de lutte aux risques d'ensablement, par des aménagements anti-éolien appelés « **Bernoussa** ».

Un autre exemple qui mérite d'être cité aussi concerne la région du Sud-Ouest (Touat-Gourara-Tidikelt) où la population locale a développé une sorte de barrières appelées « **Afreg** », permettant de minimiser l'ensablement des établissements humains.

Avec l'arrivée du tracé routier, il fallait assurer aussi sa protection. A cet effet, des petits barrages ou *Drâas* en matériaux lourds compacts facilitent le transport du sable sur les sites à protéger et empêche son accumulation sur la chaussée.

Quelque soit la technique répertoriée dans ce document, elles reflètent toutes l'ingéniosité de l'homme dans les conditions extrêmes mais aussi son organisation sociale sans laquelle il n'aurait jamais pu faire face à un tel risque que nous considérons comme risque majeur à part entière.

Ce guide rappelle et précise d'abord les techniques de lutte contre l'ensablement utilisées pour la fixation des dunes mobiles, leurs avantages et/ou inconvénients, présente ensuite la technique des *Drâas* pour protéger les routes Sahariennes, le système de protection contre l'ensablement des Ghitâne, nommé *Bernoussa* dans le Bas-Sahara Algérien (Voisin 2004) et enfin un système de lutte contre les méfaits de l'ensablement, qui lui aussi dénote une forte capacité d'organisation du travail, connu localement sous le nom *d'afreg* dans la région du Touat-Gourara-Tidikelt.

Ce guide intéressera les acteurs du secteur des travaux publics, des routes, des services agricoles des régions arides et semi arides, les Universités, les Centres de recherche et Institutions de recherche, les populations locales et bien entendu toutes les parties prenantes engagées directement ou indirectement dans le développement de ces régions.

Méthodologie

La méthode utilisée s'appuie sur des investigations sur le terrain confortées par des enquêtes et des entretiens auprès des paysans et des techniciens. Les enquêtes menées sont basées sur une approche participative à travers des Interviews Semi Structurées (ISS) ou questionnaires non standardisés, guidées d'une part par les objectifs visés et d'autre part à travers l'observation du terrain enquêté et l'avis de l'agriculteur (expert fellah) considéré comme acteur principal. Les interviews sont effectuées auprès des individus ou auprès de groupes de paysans.

Le modèle de diagnostic participatif se déroule en trois phases :

1. Phase préparatoire

La réussite des investigations sur terrain nécessite au préalable une bonne préparation à savoir:

- ◆ Il nous faut d'abord collecter et rassembler les données, et les informations à travers les publications scientifiques mais aussi celles des études et action menées par les services techniques et administratifs sur la question.
- ◆ Une analyse des données existantes quelle que soit son origine et de veiller à les localiser dans le temps et l'espace (plusieurs jeux de cartes, générales ou thématiques, à différentes échelles, des plans, des photographies aériennes et même des croquis sans échelles, rapports d'études, interviews de personnes ayant travaillé sur le site...etc.
- ◆ L'identification des questions clés en liaison avec les objectifs et l'élaboration du guide d'observation et d'entretien adapté à chaque zone et à chaque site pour bien saisir la problématique de l'ensablement et les solutions proposées.

2. Phase d'enquête sur le terrain

Les outils les plus utilisés dans la prospection sur le terrain sont les suivants :

2. 1. Interview Semi – Structurée

Pour découvrir ou comprendre la problématique de l'ensablement dans la région d'étude, L'Interview Semi – Structurée (ISS) est tout indiquée.

L'Interview Semi – Structurée accompagnée d'un guide d'observation et d'entretien est la méthode la plus appropriée. Plutôt que de se servir de questions préétablies, on utilise un guide qui répertorie les lignes essentielles autour des quelles portera l'entretien. Les questions sont formulées sur le lieu et au moment de l'entretien et leur ordre peut varier en fonction des circonstances.

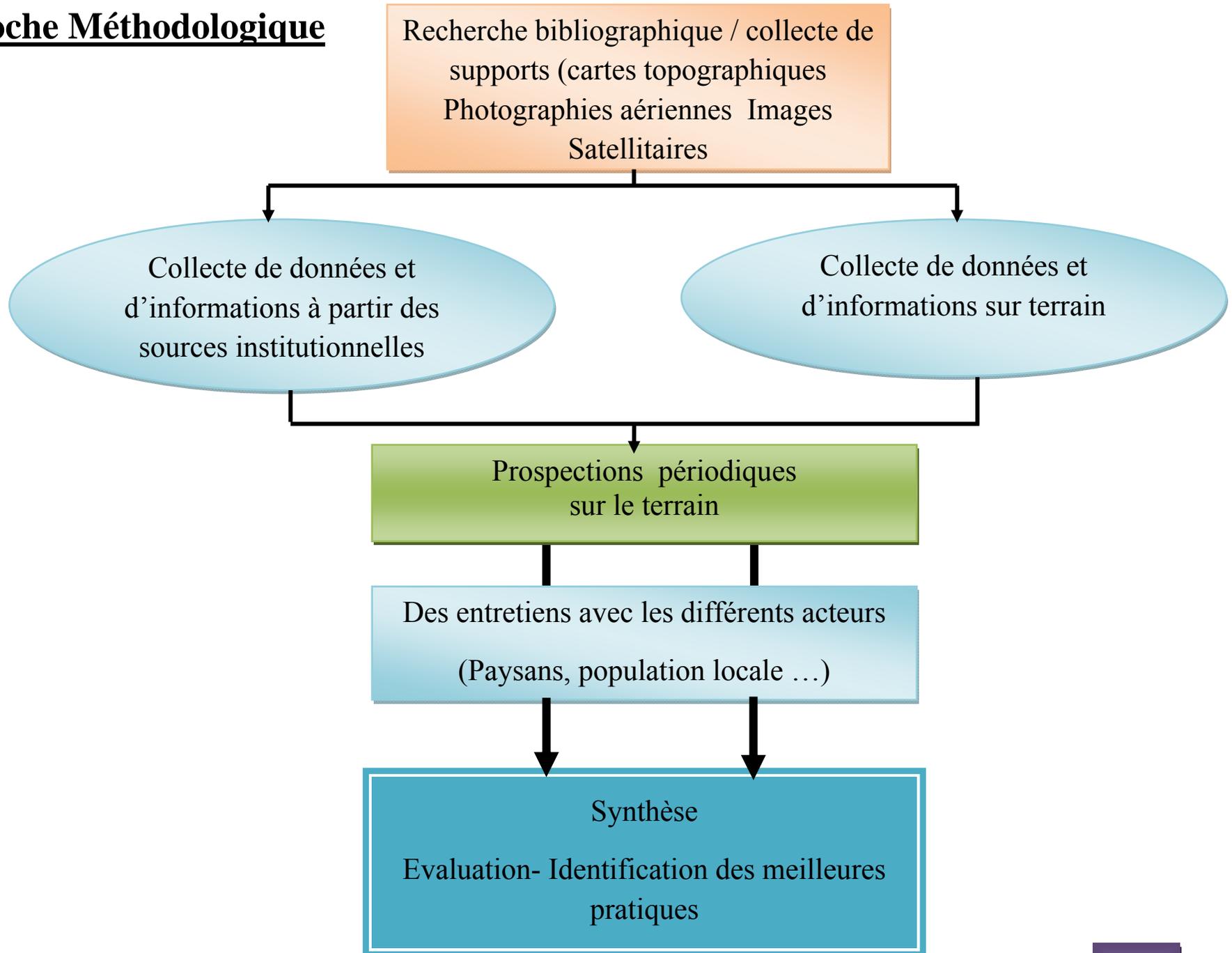
2. 2. Transect

Le transect est la prospection physique d'un terroir, en suivant un parcours bien déterminé pour découvrir la diversité du milieu et mieux comprendre les problèmes, leurs causes et leurs effets. L'idée est de sortir avec les grandes caractéristiques technico – économiques des principaux constituants de l'espace à enquêter pour s'entendre, sur les points à aborder avec les acteurs sur place, ainsi que sur les observations à faire : soit pour compléter les informations reçues de la part des personnes ressources qui en sont à l'origine, soit pour attirer l'attention sur de nouveaux éléments auxquels on n'y avait pas pensé avant d'être sur place.

3. Restitution des résultats

La restitution et le dépouillement des données collectées après les travaux d'enquêtes, d'observation et d'exploitation documentaire de chaque zone **inventoriée** renseignent sur les aspects relatifs aux connaissances des procédés (méthodes) de lutte appliquées contre l'ensablement dans telle ou telle région.

Approche Méthodologique



I. Rappel des techniques de fixation

Techniques de fixation : avantages et/ou inconvénients ?

Il n'y a pas lieu de détailler ici le phénomène de déplacement des grains de sable en fonction de leur taille, de la force et du type d'écoulement du vent (saltation, reptation, suspension) ni d'évoquer les différents types de dunes rencontrés. De nombreux ouvrages décrivent entièrement ou partiellement ces aspects. Il s'agit plutôt d'étudier l'efficacité des techniques traditionnelles qui utilisent le vent lui-même pour évacuer le sable grâce à sa force et à sa vitesse et rappeler brièvement les différentes techniques de fixation mécanique et physico-chimique. En agissant sur la vitesse du vent, deux techniques peuvent être distinguées :

I.1. Le stockage et la fixation du sable

I.1.1. La palissade proprement dite

La palissade oppose à la force du vent dominant un obstacle linéaire qui diminue la vitesse du vent, engendre une réduction de la capacité de charge, un blocage du sable et donc un dépôt du sable à son niveau (Houmymid 1993). Il en résulte la formation d'une dune artificielle, «**dune d'arrêt**» si la palissade a une orientation perpendiculaire au vent dominant ou «**blocage en défilement**» dans le cas d'un positionnement de la palissade selon un angle de 120 à 140° avec la direction du vent (FAO 1988). Ces palissades sont réalisées le plus souvent à l'aide d'éléments végétaux récoltés à proximité et disposés verticalement (palmes, branchages, pailles, etc.) (cf. figure 1), mais aussi en matériaux synthétiques.

L'efficacité de la palissade exige qu'elle soit perméable au vent. Selon (Gangabaina 1984), estime que la surface totale des vides doit être inférieure à 50 % par rapport à la surface totale des palissades. Elle repose aussi sur la hauteur efficace. D'après (UNSO 1991), la saltation transporte 95% des sables dans les 30 centimètres au-dessus de la surface du sol. Il est donc inutile que la hauteur des palissades excède de beaucoup cette hauteur. La palissade joue souvent son rôle de brise-vent et d'obstacle physique freinant le mouvement des sables, toute brèche constitue immédiatement un siffle-vent dangereux, ce qui diminue l'efficacité de la palissade. Dans certains cas où le positionnement de la palissade est trop proche du site à protéger, celle-ci peut même avoir un effet inverse. Les manipulations de rehaussement sont difficiles ou impossibles. Le coût est également fonction de la densité de la palissade (nombre de palmes/ml) et du réseau installé.

Palissade proprement dite



Figure 1 : (a) Vue aérienne, Organisation de l'espace et de protection des cultures (Souf)

(b) Palissade à base de palmes pour protéger les cultures potagères au sein de l'Erg Oriental (Taïbet, W Ouargla)

I.1.2. Quadrillage

Pour fixer le sable sur de grandes surfaces, des palissades parallèles successives sont implantées. Afin d'éviter le déplacement latéral du sable (tourbillons, changements dans la direction du vent), des palissades secondaires sont disposées perpendiculairement aux premières. On aboutit ainsi à un «carroyage» dont la dimension de la maille est fonction de l'intensité du vent et de sa position sur le profil de la dune (cf.figure 2).

Le quadrillage peut couvrir systématiquement l'ensemble du front dunaire comme il peut être installé par bande.

La distance des dimensions de quadrillages en palmes généralement utilisés en Algérie de 6 x 6m à 12 x 12m.

Les palissades peuvent être un grillage synthétique résistant aux rayons solaires, avec des mailles de 6 x 6 millimètres ou un filet plastique. Dans la steppe Algérienne, des mailles plastiques de 4 x 4 millimètres ont été utilisées.

Les conditions d'approvisionnement en matériaux et les prix de revient, incluant le transport et la maintenance, déterminent le choix de réalisation des palissades.

Le Quadrillage



Figure 2. Carroyage de palmes destinées à protéger la section routiers d'Aïn Beïda vers Sidi Khouiled (W Ouargla)

Technique du MULCH



Figure 3. Epannage de dérivés de pétrole (bitume) pour protéger la voie ferrée contre l'ensablement (Biskra_ Touggourt)

I.1.3. Fixation physico-chimique (Technique du MULCH)

Il ne s'agit plus dans ce cas d'agir sur la vitesse du vent, mais plutôt de protéger le sol ou d'augmenter sa cohésion. 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 (cf. figure 3).

Les procédés utilisés sont divers :

- Paillage à l'aide de résidus agricoles, d'herbes, de sous-produits de l'industrie agro-alimentaire ;
- Couverture en terre, cette technique utilise le tout venant des carrières pour l'étaler sur la dune ;
- Couverture à base de matériaux synthétiques (films plastiques ou des mèches acryliques ;
- Pulvérisation d'huiles minérales (asphalte, huile lourdes, huiles brutes) ou de latex ;
- Stabilisation à l'aide de produits chimiques (Liants, Unisol 096, Helsel 801, Agrofix 614, Hygromol) (FAO 1980).

Ces procédés permettent une fixation temporaire des sables mobiles dont la durée est déterminée par le temps de dégradation des éléments apportés. D'autres critères doivent être pris en compte comme par exemple l'aspect esthétique de la dune fixée. Plus important, le risque de pollution de la nappe phréatique doit être considéré si l'on utilise des produits chimiques, des latex ou des produits dérivés du pétrole.

I.2. L'évacuation du sable par l'effet aérodynamique

Ce procédé qui fait travailler l'énergie du vent contre lui-même est le plus ingénieux de tous les procédés de désensablement.

Il s'agit de techniques qui utilisent le vent lui – même pour évacuer le sable grâce à sa force et à sa vitesse. Les aménagements ne doivent pas entraver la circulation du sable ; il faut donc informer les populations et mettre en œuvres des procédés élaborés, copiés sur des pratiques anciennes, pour évacuer le sable grâce à l'énergie éolienne Mainguet et Dumay (2006).

Ce type de déblayage du sable repose sur l'effet aérodynamique des modifications de la vitesse et de la direction du vent, sur des regains de vitesse ou des turbulences qui permettent au vent de reprendre les accumulations par augmentation de sa capacité de charge. On fait du vent un agent de transport et de nettoyage plus efficace (FAO 1988).

Cette méthode s'applique de deux façons différentes :

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

L'utilisation du vent pour dégager ou empêcher l'amoncellement du sable est bien comprise de certaines populations des régions arides Algérienne confrontées au risque de l'ensablement.

a) Techniques des zones de turbulences

En faisant évacuer des dépôts de sable indésirables par des procédés qui accroissent sa vitesse au contact de tel dépôt :

- Des édifications successives de palissades autour des parcelles et des jardins pour créer un phénomène de substitution de charge et désensabler les terres de cultures, comme à Fachi au Niger (FAO 1988).

- Dans le cas **des petites dunes** de 1 à 2 mètres de hauteur, la pose traditionnelle, sur la crête de chaque dune isolée et peu volumineuse, de blocs de pierres de 20 à 50 centimètres de diamètre pour créer des turbulences. Ces turbulences augmentent ponctuellement la vitesse du vent et son énergie cinétique lui permettant de transporter plus loin le sable remis en mouvement. **Pour les grosses dunes**, la vitesse du vent est augmentée par l'ajout de stipes de palmiers posés sur les alignements de pierre (FAO 1988). Ce dispositif permet de créer un couloir renforçant le départ du sable.
- Une orientation systématique des rues parallèles à la direction du vent dominant (Mainguet 1991) avec, si possible, une surélévation et une orientation des portes et des fenêtres à l'opposé du principal courant éolien

b) Reprofilage aérodynamique

Le profilage transversal d'une route et de ses abords immédiats, quelle que soit d'ailleurs la pente générale du terrain sur laquelle s'inscrit cette route. 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 côté de la chaussée. L'utilisation d'engins mécanique de type motor – grader permet une exécution adéquate de ce type de traitement.

I.3. Intervention curative.

Les interventions curatives sont en général le dégagement du sable (déposé en cordons ou en tas) de la chaussée suite à des intempéries de longue durée 4 à 5 jours en continu et essentiellement durant les périodes des mois d'avril, mai et juin. Les moyens mécaniques utilisés sont des engins à pneus dont le rôle est de réaliser principalement l'opération d'urgence qui consiste à l'enlèvement du sable de la chaussée et des accotements par poussage à courte distance, soient des pelles chargeuses dotées de lames afin d'éviter la dégradation du revêtement, soient des camions pousseurs. Quant à l'utilisation des moyens manuels, le travail exécuté par des ouvriers qui interviennent pour l'élimination de cordons de sables de faible importance.

1.4. Fixation biologique

Lorsque les dunes sont fixées mécaniquement par l'un des procédés précédemment énumérés, il devient possible de rendre cette fixation définitive par l'installation d'une végétation pérenne. Pour ce faire, les espèces végétales utilisables doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Etre adaptées aux conditions locales ;
- Etre rustiques et résistantes à la sécheresse ;
- Etre peu exigeantes en éléments nutritifs ;
- Supporter de grands écarts de température entre le jour et la nuit ;
- Etre résistantes aux vents violents, au déchaussement et à l'ensevelissement ;
- Avoir un enracinement profond ;
- Avoir un développement initial rapide afin de fixer et protéger le sol dans un bref délai ;

Les espèces locales doivent être utilisées en priorité. Lorsqu'il est impossible de trouver dans la flore locale des espèces capables d'une part de résister aux conditions difficiles de la dune et d'autre part de la fixer rapidement, le recours aux espèces exogènes pour la fixation initiale peut être envisagé. En plus de ces qualités d'ordre environnemental, d'autres d'ordre «socio - économique» sont recherchées. En effet, les espèces végétales utilisées doivent être susceptibles de fournir des biens et des services aux populations locales.

Selon (Hagedon 1977), on distingue trois processus lors de la stabilisation végétale des dunes qui sont :

- ✚ Le développement artificiel du couvert végétal (reboisement, semis direct)
- ✚ La régénération naturelle du couvert végétal (la mise en défens)
- ✚ Le développement semi – naturel de la végétation.

1. le développement artificiel du couvert végétal

Après le choix définitif des espèces à installer selon les conditions du site, on a recours soit au semis direct qui permet l'installation d'une couverture végétale avec le minimum de dépenses, soit au reboisement par bouturage direct ou par plants élevé en pépinière.

2. La régénération naturelle du couvert végétal (la mise en défens)

Elle peut être réalisée par la mise en repos. Il s'agit d'une opération qui vise à reconstituer la végétation locale.

L'instauration de la protection intégrale contre l'action anthropique de l'homme et de son bétail sur certains milieux dunaires a contribué à une reconstitution de la végétation et à une réduction des apports de sable. Lorsqu'on gère bien cette technique, elle peut à elle seule constituer l'essentiel de la protection.

3. la reconstitution naturelle de la végétation

Elle consiste à supporter et à accélérer le développement naturel de la végétation par certaines façons culturales, telles que : l'aménagement de terrasses désignées à diminuer l'inclinaison du terrain afin d'en améliorer l'infiltration, l'addition des semences végétales, l'application de fertilisants.

II. Drâas contre l'ensablement des routes Sahariennes

Le Bas-Sahara présente de fortes contraintes naturelles dont les plus visibles sont les contraintes liées aux dynamiques éoliennes affectant de nombreuses zones dont les plus importantes : Oued Souf et la région d'Ouargla (Taïbet, Hassi Messaoud) (cf. figure 4). De part leur situation géographiques très délicates (situées aux confins septentrionaux du Grand Erg Oriental), le vent met en mouvement d'importantes quantités de sable qui encombrant les infrastructures socio-économiques et particulièrement les routes qui constituent un moyen de communication vital pour ces régions. Un budget très important est octroyé pour désenclaver les régions du sud Algérien par la réalisation de routes, mais ces infrastructures restent menacées par le phénomène d'ensablement provoqué par la conjugaison des vents forts, l'aridité du sol, l'absence de couverture végétale, accentuée par la rareté de la pluviométrie, notamment les tronçons routiers : la RN3, RN16 et RN53A (Moudjahed 2007).

Le Bas-Sahara Algérien

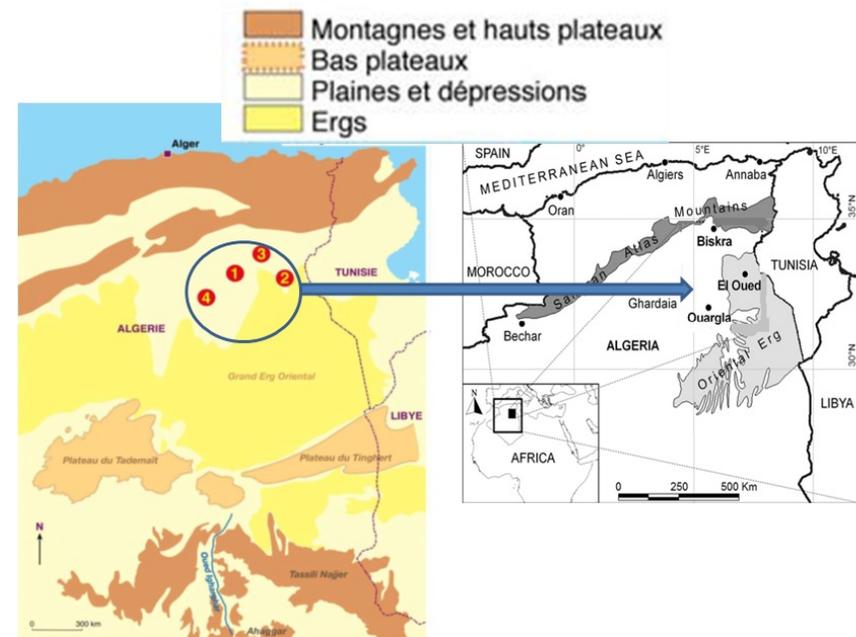


Figure 4. Carte générale du Bas-Sahara (d'après Ballais 2010)

1 : Oued Righ. 2 : Oued Souf. 3 : Ziban. 4 : Oued M'ya

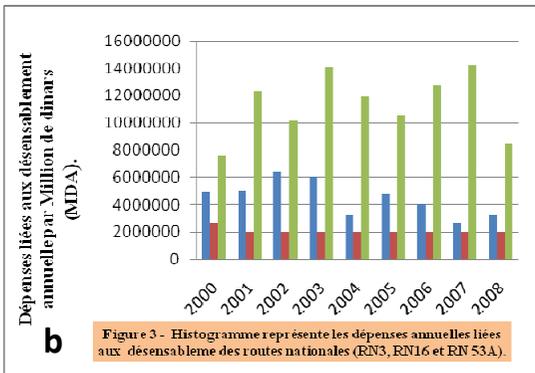
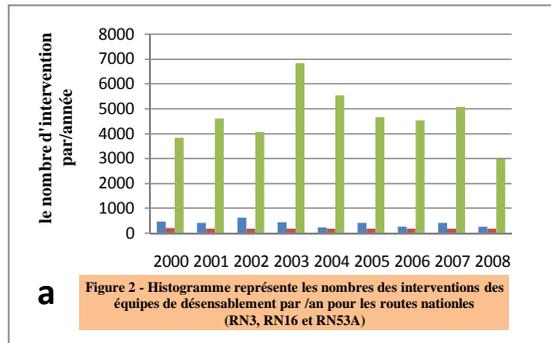


Figure 5 (a et b). Histogrammes représentant le nombre d'interventions et les dépenses annuelles liés aux désensablements des routes nationales (RN3, RN16 et RN53A)

Face à ce phénomène, de gros efforts sont déployés et d'importants travaux (technique de la palissade, mulching et le désensablement), sont utilisés par les acteurs du secteur en vue de lutter efficacement contre le processus. Des interventions de désensablement et de remise en état très fréquentes et même parfois de façon urgente nécessitent des moyens matériels et humains importants (cf. figure 5). Il est entendu que ces travaux mobilisent des moyens financiers très importants liés aux désensablements des routes. D'autant plus que ce phénomène ne constitue pas seulement une gêne pour le trafic routier, mais il est aussi à l'origine de nombreux et graves accidents de la circulation, particulièrement en période de grande mouvance des sables (Sebaa et al 2009). Mais toutes ces techniques sont rapidement submergées par l'arrivée de dunes mobiles.

Cette situation récurrente a incité les experts à chercher des moyens autres que les machines afin d'enrayer cette invasion dunaire ou du moins en limiter les dégâts. Parmi les acquis et l'expérience capitalisés dans le domaine de la lutte contre l'ensablement, *Drâas* a retenu notre attention.

Drâas ou les murs anti-sables

Le *Drâas* est constitué par un tas de sable de forme oblongue stabilisé par des matériaux grossiers et/ou pierres. Ces barrages doivent être orientés d'après la configuration du terrain et l'action des vents dominants. Il faut aménager entre ces *Drâas*, des couloirs longitudinaux et transversaux qui obligent les vents dominants à travailler contre leurs impulsions naturelles et à chasser le sable qui, sans eux, s'accumulerait sur la route (Voisin 2004). La méthode de stabilisation des dunes par des *Drâas* ou *Gaouatie* est une méthode traditionnelle de lutte contre l'ensablement. Cette technique est spécifique à la région du Souf. Le Fellah avait utilisé cette technique afin de préserver sa palmeraie et/ou son Ghout.

Historique des Drâas

Le problème d'ensablement a toujours été l'une des principales préoccupations des Wilayas du Sud Algérien et principalement la Wilaya d'EL-Oued qui depuis la période coloniale n'a pas cessé de chercher une résolution au problème d'ensablement des routes. La méthode des *Drâas* est testée à El -Oued depuis 1965. Il a même été mis au point dans les ateliers de Ouargla un modèle de *Drâa* métallique en tôle pliée, soudée renforcée et démontable dans le but de définir les principaux paramètres qui régissent le déclenchement du phénomène d'ensablement. Ayant été abandonnée pendant une certaine période. Cette méthode a été reprise en 1992 avec le concours de la Direction des Travaux Publics de la Wilaya d'EL Oued (D.T.P) et les Fellahs de la région.

Comportement dynamique de la circulation éolienne en présence d'un obstacle (Drâas)

Le vent qui rencontre un obstacle le contourne par le haut pour redescendre derrière lui et reprendre sa route. Il se forme devant et derrière l'obstacle une masse d'air comprimé sur lequel glissent et s'accélèrent les filets d'air. Selon Mainguet et Remini (2004), l'effet d'un obstacle sur un fluide donne «naissance» à des convergences et à des divergences (cf. figure 6).

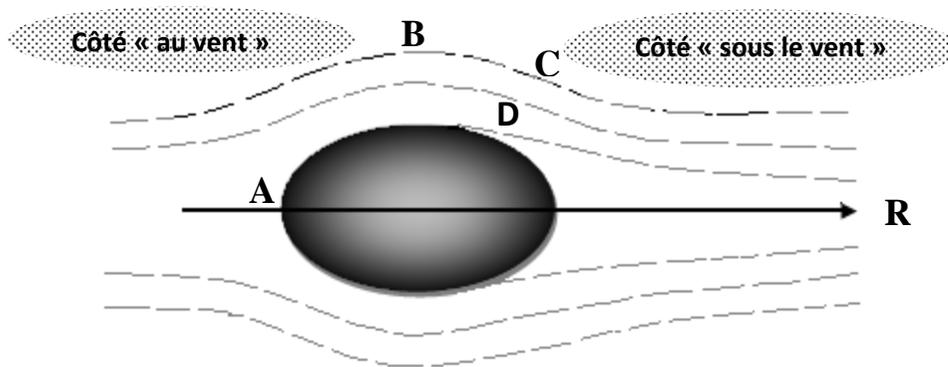


Figure 6. Comportement dynamique de la circulation éolienne en présence d'un obstacle (d'après Mainguet et Remini, 2004)

- A l'avant, au point A appelé point d'arrêt ; l'aire amont de l'obstacle, la pression est maximale et la vitesse est faible ou nulle.
- De A en B, selon le théorème de Bernoulli, la pression décroît, la vitesse augmente et les filets d'air y rencontrent une masse d'air comprimé qui leur sert de rampe : ils escaladent l'obstacle, sur lequel ils se compriment et accélèrent. C'est une aire d'érosion et de transport.
- A l'arrière au point C, une seconde masse d'air sert de rampe de descente, créant à une distance égale à 2 fois la hauteur de l'obstacle (on dit «2h») et sur une profondeur de 5h, une zone tourbillonnaire plus desséchante que le vent normal (Mazerand, 1971 In Soltner ,2005).
- A l'aval de l'aire du sillage, les vents de sable après avoir été déviés par les obstacles y retrouvent leur direction initiale.

II. 1. Drâas déposés perpendiculairement à la direction du vent dominant (vent monodirectionnel)

Le dispositif appliqué est basé essentiellement sur le vide ou l'espace laissé entre les tas de remblais (V1) et (V2). (Une discontinuité entre les tas de remblais) qui sont opposés au vent dominant (Dispositif en chicane). V1 = variant de 3 à 4m et V2 = variant de 14 à 16m. (cf. figure 7).

Les *Drâas* sont disposés à une distance (D) de 10 à 15m de la plate forme. Sa hauteur est de l'ordre de 3m, sa longueur (L) est variable de l'ordre de 14 à 16m.

Lorsque le vent érosif souffle, les turbulences se créent au niveau de chaque *Drâa* créant à une distance égale à 2 fois la hauteur de l'obstacle (on dit «2h») et sur une profondeur de 5h, une zone tourbillonnaire plus desséchantes que le vent normal. Des mesures montrent que le vent s'engouffre avec une vitesse de 5m/s et qu'il ressort avec une vitesse au sol de 9m/s. De ce fait le sable ne se dépose pas mais transite. Un affouillement éolien se produit à la base de chaque tas de remblais qui tend ainsi à descendre. D'autre part, entre les trois tas de remblais, il se crée un effet de «sifflet» se traduisant encore par une accélération de la vitesse du vent et de son énergie cinétique. Sous l'effet de ces deux actions, la dune soumise à ce traitement diminue progressivement de volume et finit par laisser les *Drâas* sur place (cf. figure 8).

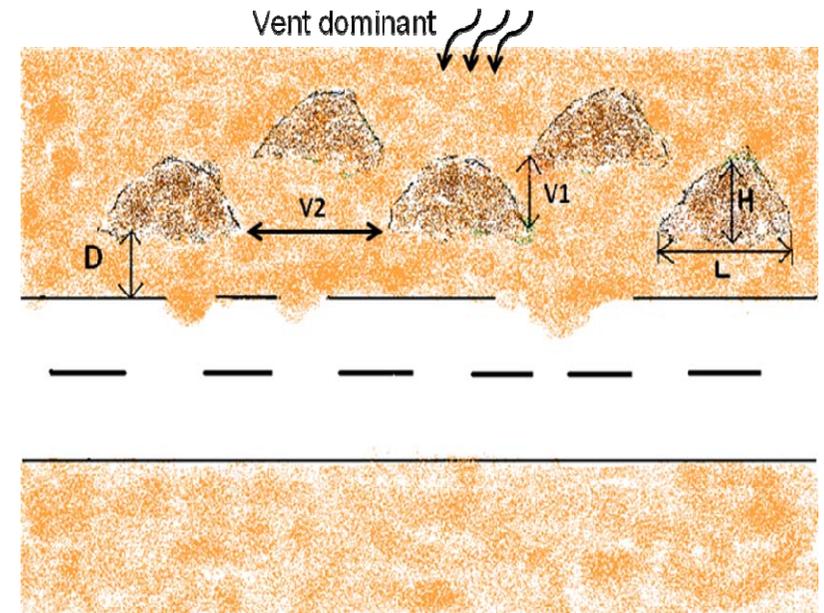


Figure 7. Conception et disposition des *Drâas* en chicane. (L) longueur du tas de remblai ; (H) hauteur du tas de remblai ; (D) distance à respecter entre le tas de remblai et la route à protéger ; (V1) l'espace de vide laissé entre le tas de remblai devant et derrière ; (V2) vide entre deux tas de remblai.

Drâas déposés perpendiculairement à la direction du vent dominant (vent monodirectionnel)



Figure 8. L'efficacité des Drâas en chicane appliqués sur la route nationale RN3 (Touggourt-Ouargla).

II. 2. L'implantation des Drâas en biais par rapport à la route (vent monodirectionnel)

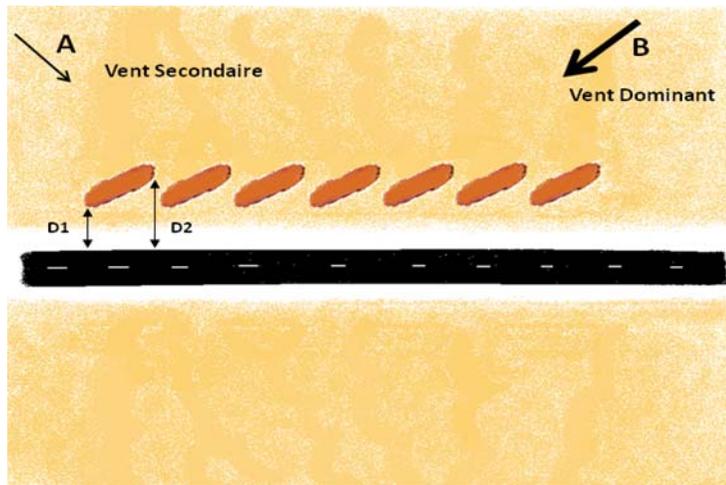


Figure 9. Conception et disposition des Drâas en biais

L'implantation des **Drâas** en biais par rapport à la route. Ils jouent un double rôle préventif (cf. figure 9) :

1. Vis-à-vis des vents venants de la direction **A**, ils servent d'écran et de désensableur. Des dépôts se forment.
2. Vis-à-vis des vents venant de la direction **B**, ils jouent à la fois le rôle de canalisateur et d'accélérateur. Les vents enlèvent les dépôts précédents et passent au-dessus de la chaussée sans déposer. **Les Drâas** interviennent dans ce cas en tant que canalisateur du vent. Sous ce double effet, le vent se charge en sable au passage de la dune, l'érode et la repousse plus loin.

C'est le principe du Venturi, testée dans le Sud-est Algérien, consiste à construire, aux abords immédiats des infrastructures, un ouvrage en dur suivant un plan incliné et de forme trapézoïdale pour accroître la vitesse du vent aux abords immédiats de la chaussée, comme à été appliquée pour la section routière Touggourt vers Djelfa (cf. figure 10).

L'implantation des Drâas en biais par rapport à la route (vent monodirectionnel)



Figure 10. L'efficacité des Drâas implantés en biais sur la route Touggourt-Djelfa

II. 3. Drâas déposés perpendiculairement à la direction du vent dominant (vent bidirectionnel)

Sous un régime du vent bidirectionnel, le sable peut être évacué par accroissement de la vitesse du vent par une orientation systématique des **Drâas** de chaque côté de la chaussée. (cf. figure 11).

Le dispositif du tas de remblais qui est déposé perpendiculairement au vent dominant au côté droit de la chaussée. Sur l'autre côté le même dispositif est appliqué en parallèle au côté gauche de la chaussée de sorte que le dispositif facilite la circulation du sable.

Un exemple concret de ce type de dispositif est appliqué sur la route Touggourt-Djelfa (cf. figure 12).

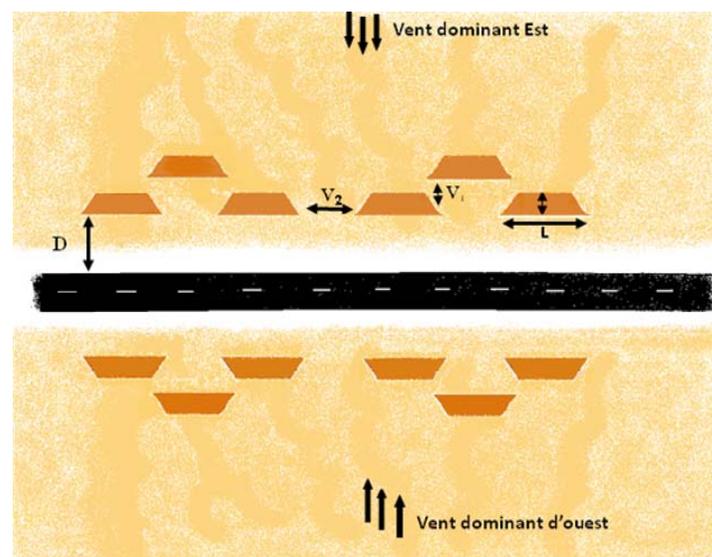


Figure 11. Conception et disposition des Drâas en chicane sous un régime du vent bidirectionnel

Drâas déposés perpendiculairement à la direction du vent dominant (vent bidirectionnel)



Figure. 12. Drâas en chicane sous un régime du vent bidirectionnel (Touggourt-Djelfa)

II.4. Méthode des cônes «EL METHANA» pour évacuer le sable grâce à l'énergie éolienne (cas des grosses dunes)

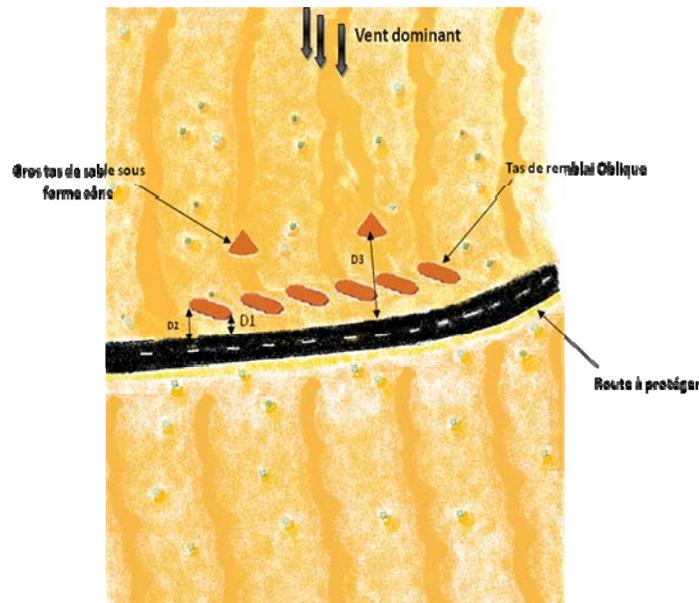


Figure 13. Conception et disposition de la méthode des cônes

Une méthode très efficace appliquée sur la route nationale RN16 (Touggourt- Oued Souf) qui a le même principe que les techniques précédentes. (cf. figure 13).

Pour les grosses dunes, la pose traditionnelle, sur la crête de chaque édifice dunaire (Sif), en amont du vent des gros tas de remblais, pointus sous forme de cônes en amont du site à protéger. Les tas de remblais sous forme de cônes créent avec le vent et autour d'elle des turbulences. Ces turbulences augmentent ponctuellement la vitesse du vent et son énergie cinétique lui permettant de transporter plus loin le sable remis en mouvement. Un affouillement éolien se produit à la base de chaque cône qui tend ainsi à descendre simultanément au fur et à mesure que diminue le niveau de la crête de la dune.

La vitesse du vent est augmentée aussi par l'ajout des **Drâas** suivant un plan incliné et de forme trapézoïdale aux abords immédiats de la chaussée (cf. figure 14).

Les grosses dunes ou dune linéaire Sif qui s'érodent dans leur partie supérieure diminuent progressivement jusqu'à disparaître complètement.

Méthode des cônes «EL METHANA» pour évacuer le sable grâce à l'énergie éolienne (cas des grosses dunes)



Figure 14 : (a) l'abord immédiat de la route est complètement désensablé

(b) L'efficacité de la méthode des cônes sur la route nationale RN 16 (Touggourt vers El Oued Souf)

II. 5. Dispositif des Drâas qui modifie la vitesse du vent et sa direction

Ce type de désensablement est basé sur l'effet aérodynamique des modifications de la vitesse du vent et de sa direction (dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant. (cf. figure 15).

- Pour empêcher l'ensablement, la création de dunes artificielles au vent de l'infrastructure à protéger est préconisée. Cette méthode suppose des **Drâas** perpendiculaires en amont – vent dominant, à 200 mètres au moins de la structure à protéger et non immédiatement (D) (FAO, 1988).
- Le dispositif est formé à partir de plusieurs **Drâas** (de 2 à 4) successifs orientés perpendiculairement à la direction du vent dominant, de sorte qu'elle coupe l'édifice dunaire complètement. La distance entre les **Drâas** successifs est au-dessus de trente mètres (d).
- Le vide compris entre les tas de remblais (V) favorise le déplacement du sable par la force éolienne dans une autre direction que celle du vent dominant.

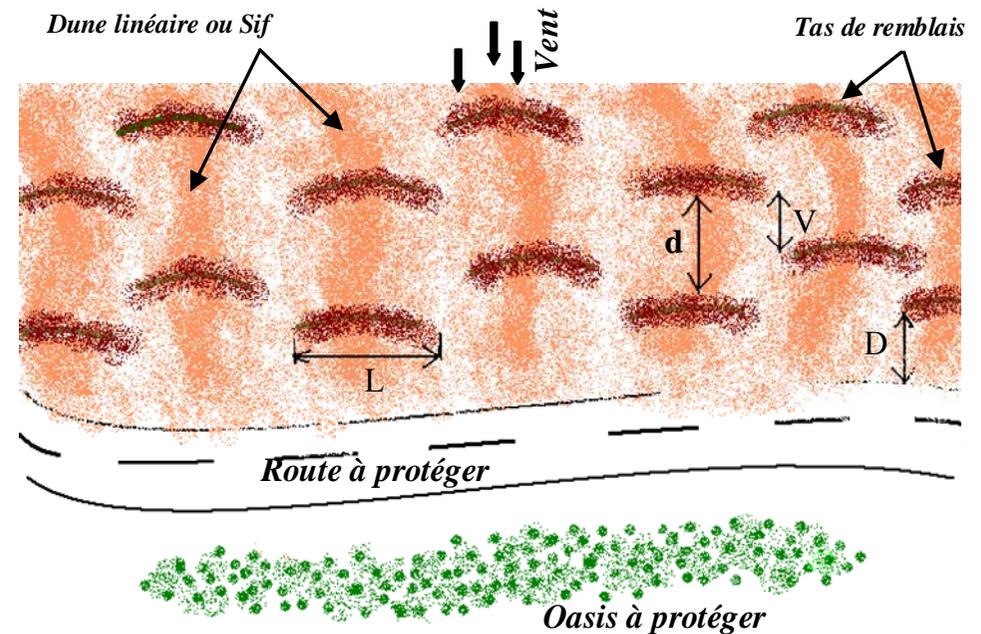


Figure 15. Conception et disposition des Drâas successifs pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant. (D) distance à respecter entre les tas de remblais et la zone à protéger ; (V) l'espace de vide laissé entre les tas de remblais ; (d) distance entre deux tas de remblais successifs ; (L) longueur du tas de remblais.

Le dispositif ci-dessus peut s'appliquer pour le désensablement des tronçons de route et oasis menacée en même temps.



Figure 16. Des trains barkhaniques provoquant l'ensablement et causant des dégâts importants sur les oasis et la route (cas d'EL Goug-Temacine. W Ouargla)

II. 6. Système de protection des axes routiers implantés en plein Erg

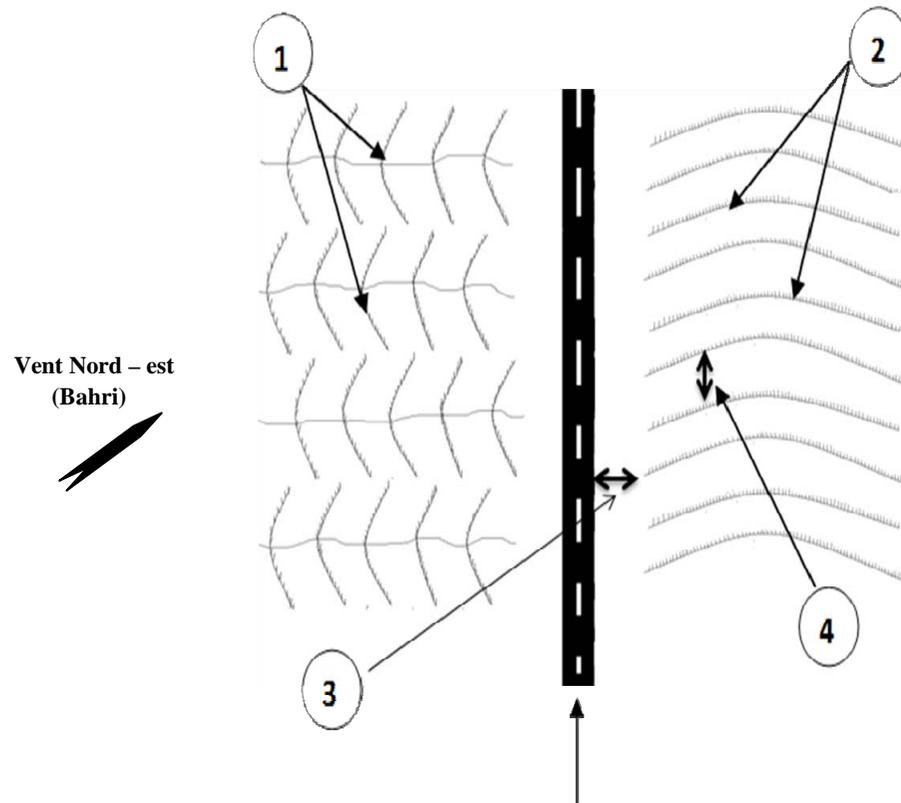


Figure 17. Conception et disposition d'un dispositif de stabilisation des dunes à base des palmes

Parmi les tronçons de route rencontrés dans la région d'EL Oued Souf, celles localisées au sein même de l'Erg. L'altitude moyenne de cette dune atteint de 30 à 40m de hauteur par rapport à la chaussée.

La maîtrise du processus d'ensablement soulève une question très pertinente : comment peut-on bloquer le processus dans un espace où l'essence essentiel de celui-ci est le sable ?

Un dispositif expérimental de stabilisation des dunes est mis en place à 10 km d'EL - Oued vers Robbah. Deux segments de la même section routière de 200 à 400 m traités selon deux techniques différentes (cf. figure 17 et 18):

Sur le premier segment (côté Est de la route), la route est protégée par des édifications successives de palissades parallèles à l'infrastructure à protéger (1). Sur l'autre segment (côté Ouest), une orientation systématique de palissades parallèles à la direction du vent dominant est nécessaire (2).

Système de protection des axes routiers implantés en plein Erg



Figure 18 : (a) et (b) un exemple concret d'un dispositif expérimental de stabilisation des grosses dunes (30 à 40 m de hauteur) sur le tracé routier (El Oued Souf vers Robbah)

Systeme de protection des axes routiers implantés en plein Erg

Palissades successives déposées perpendiculairement à la direction du vent dominant

Le mécanisme de ce type de désensablement se base sur l'effet aérodynamique des modifications de la vitesse du vent et de sa direction (dévier la progression de sable dans une autre direction que celle du vent dominant).

Des édifications successives de palissades à base de palmes orientées perpendiculairement à la direction du vent le plus dangereux, de sorte qu'elle coupe l'édifice dunaire complètement, de la base au sommet de la crête de dune. 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 ainsi d'un surcroît d'énergie qui lui permet de dégager le sable accumulé par la première. Si à son tour la clôture n° 2 est ensevelie, l'édification d'une troisième jouera à l'égard de cette clôture n° 2 le même rôle que celle-ci a joué à l'égard de la clôture n° 1. Il se produit ce qu'on appelle une substitution de charge.

Le vide compris entre les palissades successives favorisent le déplacement du sable par la force éolienne dans une autre direction que celle du vent dominant (cf. figure 19).



Figure 19. Palissades successives déposées perpendiculairement à la direction du vent dominant (Robbah-Oued Souf)

Systeme de protection des axes routiers implantés en plein Erg

Palissades successives déposées Obliquement par rapport à la route à protéger



Figure 20. Palissades à base de palmes déposées obliquement par rapport à la route à protéger (El Oued Souf-Robbah)

Le mécanisme de ce type de désensablement se base sur l'utilisation des obstacles aménagés sur les dunes de sorte que la vitesse du vent ne soit pas diminuée.

L'implantation des rangées de palissades obliques par rapport à la route (dans le même sens de la direction du vent dominant) joue respectivement le rôle de canalisateur et accélérateur du vent. Sous ce double effet, le vent se charge en sable au passage de la dune, l'érode et la repousse plus loin.

La présence in situ d'un matériau de base efficace – dans ce type de créneau – et en quantité suffisante, à savoir la palme dans cet environnement oasien pourrait encourager et faciliter la mise en œuvre d'une politique de lutte contre l'ensablement.

Des essais de ce type ont donné des résultats très satisfaisants au niveau de l'axe routier EL – Oued vers Robbah. (cf. figure 20).

III. Bernoussa contre l'ensablement des Ghitânes

Palmiers non irrigués (Ghout) implantés en plein Erg

La région d'EL-Oued est située au Sud-est du pays entre 33° et 35° de latitude nord et entre 5° et 8° de longitude est. C'est une masse de sable entourée d'eau de 3 côtés : à l'ouest par la traînée des chotts de l'Oued Righ, au nord par les chotts Merouane, Melrhir, et par l'immense chott Tunisien EL-Djerid qui le borde à l'est. Cette région de 54.573 km² de superficie englobe une population de 673.934 habitants (DPAT, 2006). Le Souf est une région isolée parce qu'elle est dépourvue de chemins transsahariens. Cela a encouragé une croissance considérable à cause de l'arrivée successive de diverses tribus en évasion dans ce «pays de refuge» (Bataillon, 1955).

Souf est réputée pour son système Hydro – agricole traditionnel s'étendant sur quelques 9500 Ghout (Côte 2006). L'astuce des Souafas consiste à creuser à une distance raisonnable de la nappe phréatique confectionnant, suivant la nature du sol, soit une énorme cuvette généralement circulaire (cf. figure 21), soit des excavations rectangulaires (cf. figure 22) au fond desquelles ils plantent des palmiers. Ainsi, les palmiers peuvent s'abreuver directement lorsque leurs racines atteignent la couche humide (zone de remontée capillaire), évitant ainsi très avantageusement au fellah la corvée de les irriguer artificiellement. Chaque propriétaire est entièrement indépendant de ses voisins. Pas de rationnement dans la distribution de l'eau. Aucun facteur générateur de tension ou de conflits. Aucune forme de gaspillage, n'en plus. Un procédé original par le fait que les palmiers vivent de l'eau, mais qu'on ne voit jamais celle – ci. Agriculture sans irrigation. Néanmoins, ce procédé exige un entretien permanent d'évacuation des dépôts de sable, des techniques innovantes de lutte contre l'ensablement appropriées prévenaient cet envahissement : dépôt de déblais de croûtes rocheuses (Tafza, Louss et Tercha) remontés sur les crêtes pour les stabiliser ; construction de palissades de palmes sèches dressées sur le sommet des crêtes ou en avant, afin de dévier les vents et éviter l'ensablement du fond. Ce système de protection contre l'ensablement des Ghitânes, nommé **Bernoussa** fait l'objet d'une codification précise dont certains agriculteurs sont les dépositaires «les experts Fellaha». C'est sur ses indications que sont placées les rangées de palmes de protection (Zerb) qui, soit en lignes parallèles, soit en demi – cercles et qui est dressée au Nord – est de Ghout, de sa réussite dépend la protection de la plantation.

L'étude de ces paysages et l'analyse du système de protection "**Bernoussa**" est intéressante, car elle montre comment les oasiens ont pu s'adapter à l'environnement aride.

Palmiers non irrigués (Ghout) implantés en plein Erg



Figure 21. Ghout ou cuvette en terrain sablonneux généralement circulaire (Oued Souf)



Figure 22. Houd verticaux en terrain compact de forme généralement carrée (Oued Souf)

La région d'EL – Oued Souf est longée de plantations bour (non irriguées) très étendues et fort prospères, dont les aspects diffèrent selon leur situation dans la vallée, selon la nature du sol et la profondeur de la nappe phréatique. La combinaison de ces différents facteurs permet ainsi de distinguer dans le Souf 4 micro – milieux développant 4 types d'aménagement.

1. Système de protection contre l'ensablement des Ghitânes «nommé Bernoussa»

La partie Sud – Ouest du Souf présente des conditions un peu différentes (Axe EL – Oued, Oued el Alennda, Dabadib, Mih Ouensa, Oued Turk et EL Ktaf vers Touggourt) : une nappe moins profonde (5 à 8 m), sable éolien parfois parsemé de Tercha ou formation sablo – gypseuse, mais une grande mobilité du matériel, une grande sensibilité à tous les vents. La difficulté ici est moins l'accès à l'eau que la maîtrise des flux éoliens. Les vents sont fréquents durant toute l'année et sont violents pendant les périodes printanière de mars à juin, où la vitesse moyenne mensuelle du vent varie de 3.8 à 4.9 m/s (Chalabi 2008). Les vents soufflent ici de toutes les directions ; le plus nocif pour les dattes est le chihili ou serocco (Vent du Sud), le plus nocif pour les aménagements, parce que fréquent et puissant, est le bahri (vent "de la mer"/ Vent Nord –est).

Pour minimiser les effets des tempêtes de sable et mener cette lutte constante, les exploitants obéissent à des spécialistes avérés «les Fellaha». C'est sur leurs indications que sont placées les rangées de palmes de protection (Zarb) qui, soit en lignes parallèles, soit en demi – cercles (cf. figure 23).

La réponse a été la réalisation de cratères moyennement profonds, à versants très évasés, et d'aménagements anti – éoliens sur une grande superficie alentour. Par des édifications de palissades concentriques et successives autour des Ghout. Ce système de protection contre l'ensablement des palmeraies et appelé **Bernoussa**, et qui est dressée à l'Est – Nord des Ghout (cf. figure 24).

Les Ghout évasés en zone éolienne

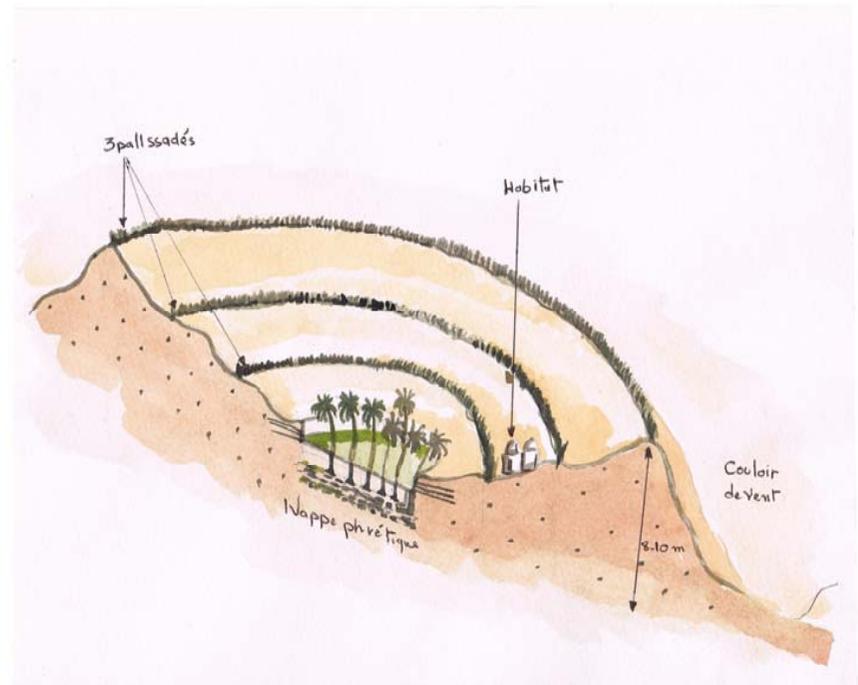


Figure 23. Croquis représentant des cratères en zone éolienne (système Bernoussa)

1. Système de protection contre l'ensablement des Ghitânes «nommé Bernoussa»

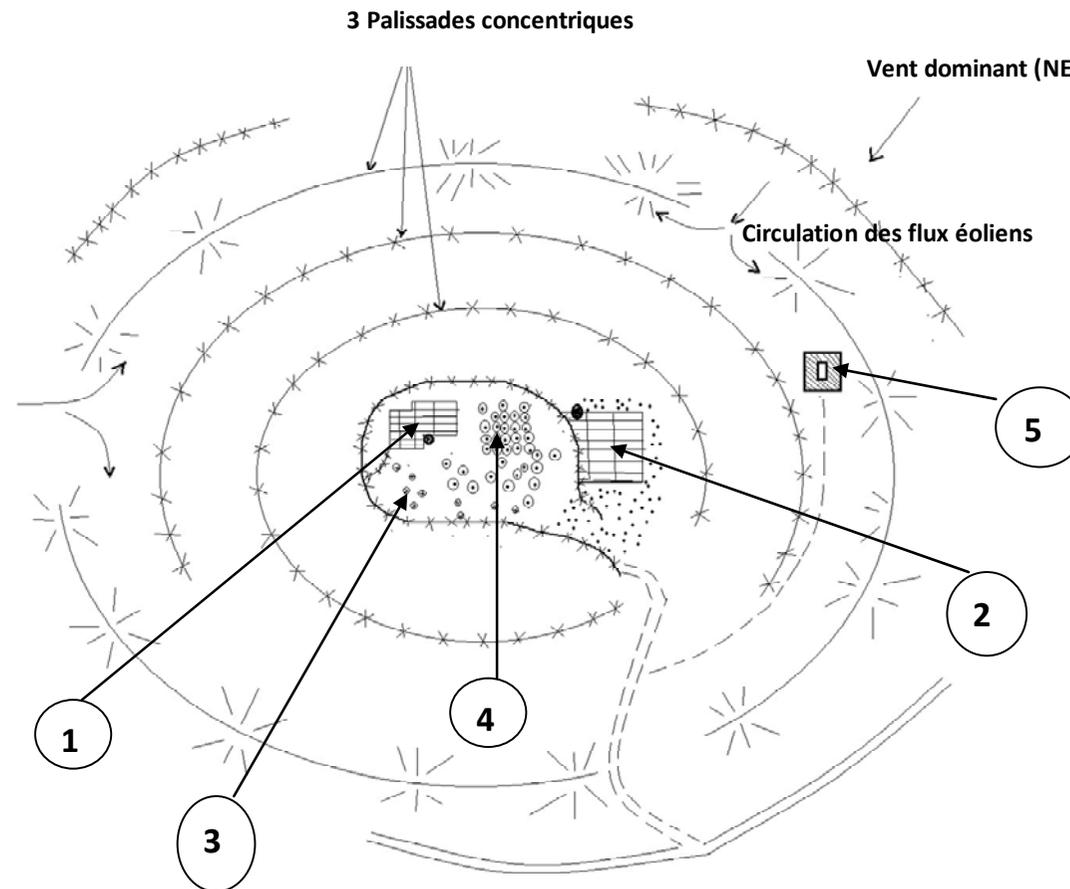


Figure 24. Cratères évasés en zone éolienne, qui oblige à construire plusieurs palissades concentriques afin de dévier les flux éoliens (système Bernoussa). 1 : A l'ombre des palmiers, un jardin potager irrigué. 2 : A l'extérieur de la plantation, jardin potager irrigué. 3 : Au départ on plante quelques djebbars au fond de Ghout. 4 : Augmentation en nombre des palmiers plantés. 5 : Habitation rurale (Oued Alenda, Souf)

1. Système de protection contre l'ensablement des Ghitânes «nommé Bernoussa»



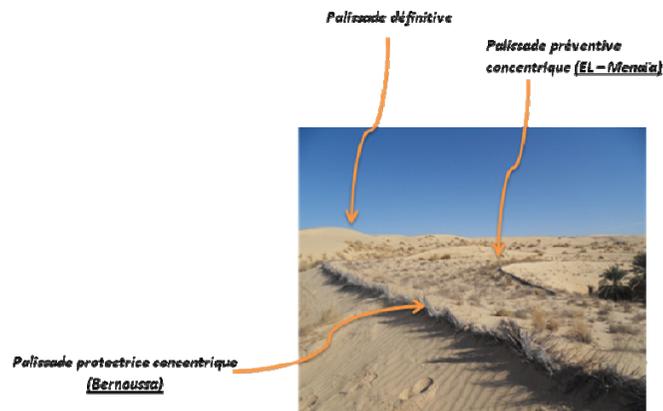
Figure 25 (a et b). Cratères moyennement profonds, à versant très évasés, et d'aménagement anti-éoliens sur une grande superficie alentour (système Bernoussa). Ici, eau peu profonde (5 à 8 m), mais grande sensibilité aux vents, qui oblige à construire plusieurs palissades concentriques afin de dévier les flux éoliens. L'unité d'aménagement est de 5 à 10 fois plus grande que l'unité de culture (Mih Ouensa-Oued Souf).

1. Système de protection contre l'ensablement des Ghitânes «nommé Bernoussa»



Figure 26.

Rangées de palmes de protection (Zarb)



Pour minimiser les effets des tempêtes de sable et mener cette lutte constante, les palmeraies établies au creux des dunes sont protégées contre l'envahissement des sables par des édifications successives de palissades de palmes sèches tressées et demi-enterrées suivant un tracé circulaire. Ils en établissent 2, 3 voir 4, de plus en plus élevées vers l'extérieur, avec quelque fois une dernière en contre bas, préventive. Ces palissades ménagent par endroit des passages, afin que les flux pénètrent à l'intérieur du Ghout et soient déviés de chaque côté par les couloirs entre palissades. Ainsi les vents, allégés de leur charge, et déviés, balaient ces espaces et n'y accumulent rien ; les cratères demeurent intacts. (cf. figure 26).

La mise en place des rangées de palissades se fait de la manière suivante : creusage d'une tranchée de 40 cm de largeur et 40 à 20 cm de profondeur sur le sommet de la crête des dunes ; pose dans la tranchée des palmes à raison de 30 à 20 unités/ml (FAO 1992), la hauteur de la palissade ainsi obtenue doit être de 30 à 40 cm au-dessus du sol et enterrées jusqu'à 30 cm. les palmes sont fixées horizontalement de part et d'autre de celles posées verticalement avec 2 palmes au milieu de la palissade le tressage se fait généralement avec des nervures de palmes vertes. Un espace d'au moins 40 mètres doit être respecté entre les palissades successives. Ce vide compris entre les palissades assure la circulation des vents et évite les dépôts de sable.

1. Système de protection contre l'ensablement des Ghitânes «nommé Bernoussa»

Le droit coutumier a prévu des limites et des espaces entre les deux excavations ou distances respectées «**Harams**», un couloir d'au moins deux mètres doit être aménagé alors, entre les deux Ghout mitoyens pour assurer la circulation des vents Est et Ouest et éviter les dépôts de sable (cf figure 27). Sous aucun prétexte, un propriétaire ne pourrait rattacher sa haie à celle de son voisin dans la direction Ouest ; ce serait l'étouffement de la Bernoussa.

Toute atteinte à ces règles entrave la protection de la palmeraie et l'expose à l'ensablement par le «Bahri» vent d'Est notamment qui souffle en surface et entraîne le sable par reptation continue. Ces règles sont le fruit d'une longue expérience, du bon sens et de la volonté de vivre en bonne intelligence dans l'estime et la sauvegarde des droits de chacun.

Ces techniques traditionnelles mises en place par les populations locales ont permis le développement d'une base de vie oasienne s'étendant sur quelques 9500 Ghout. Ces palmeraies en forme d'entonnoir disséminées dans le Grand Erg Oriental constituent une véritable originalité unique dans le monde entier.

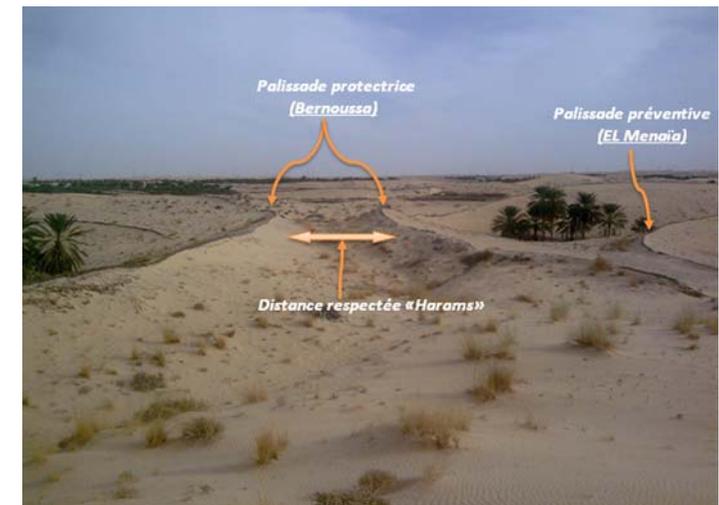


Figure 27. Configuration de la technique Bernoussa et distance respectée (Harams)

III. 2. Les Ghout verticaux en terrain compact

Les Ghout verticaux en terrain compact

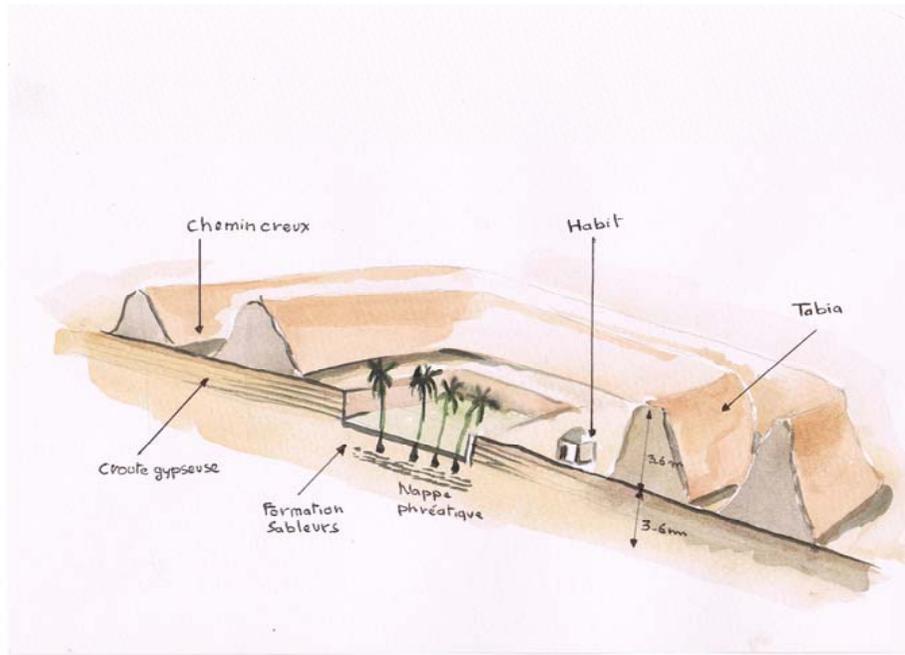


Figure 28. Croquis représentant des cratères verticaux en terrain compact

La partie Nord – Est du Souf présente des cratères peu profonds (Trifaoui, Z’Goum, Hassani Abdelkrime, Sidi Aoun, EL Magrane, Debila et Hassi Khelifa), que les populations appellent "**Houd**". C’est que cette partie du Souf présente une particularité : l’Erg, sableux, présente dans son sous - sol des niveaux d’encroûtement gypseux, appelés principalement Louss ; le louss prend alors la relève avec l’eau saumâtre, jusqu’à 3 ou 4 km à l’Est et au Sud – Est de «Z’Goum». Au Nord de ces villages, à l’Est de Debila et EL Magrane, c’est la Tafza (pierre à plâtre calcaire) qui prédomine sauf à l’Est, et au Nord – Est - «Hassi Khalifa» 36 km à l’Est d’EL Oued) – où le gypse devient compact et profond (Najah 1971).

Les cratères, réalisés comme ailleurs par excavation, tirent de cette origine quelques traits propres (cf. figure 28 et 29) : cratères plus petits, de forme générale carrée, escarpements verticaux ; tabia périphérique constitué de débris rocheux. La tabia est toujours délimitée largement, de façon à englober un terrain nu, qui servira à abriter maison, troupeau, ou matériel. Ici, la nappe est peu profonde (3 à 8m).

III. 2. Les Ghout verticaux en terrain compact



Figure 29 : (a) houd entourée par une barrière de pierrailles (Tafza, pierre à plâtre calcaire) extraite des travaux d'excavation. Ici, la nappe est peu profonde (3 à 8 m), cratères plus petits, de forme générale carrée. Pas de risque d'ensablement éolien d'où l'absence de palissades (Hassi – Khalifa, Oued Souf)

(b) houd verticaux dégradée (Souhella, Oued Souf). Ici l'épuisement des eaux de nappe profonde (le Pontien et la nappe phréatique) ont eu comme conséquence un abaissement de la nappe et des répercussions directes sur les palmeraies.

III. 2. Les Ghout verticaux en terrain compact

Dans ce type des Ghout et/ou Houd, la palmeraie est entourée par une barrière de sable et de pierrailles provenant du creusement et amoncelées en cordons dunaires fermés, renforcées à la base par une «contre - digue» de pierres (Tafza, Louss) extraite des travaux d'excavation pour retenir le sable (cf. figure 30). Une brèche ouverte sur cet obstacle, suivie d'un «couloir» fait office de porte d'accès à la palmeraie. Le sable dans cette zone étant gypseux et argileux, il suffit qu'il pleuve une seule fois pour qu'il devienne solide et compact, assurant ainsi la fixation et la stabilité du sable et du déblai. Au moins, ici, le fellah n'aura pas à lutter éternellement contre les assauts des vents de sable comme dans les autres localités de la région. Ici, pas de risques de glissement de sable (d'où la forme carrée), pas de risque d'ensablement éolien (d'où l'absence de palissades).



Figure 30. Tabia périphérique d'un Ghout et/ou Houd constituée de débris rocheux (EL – Hadjira, Ouargla).

III. 3. Les Ghout profonds en terrains sablonneux

Les Ghout profonds en terrains sablonneux

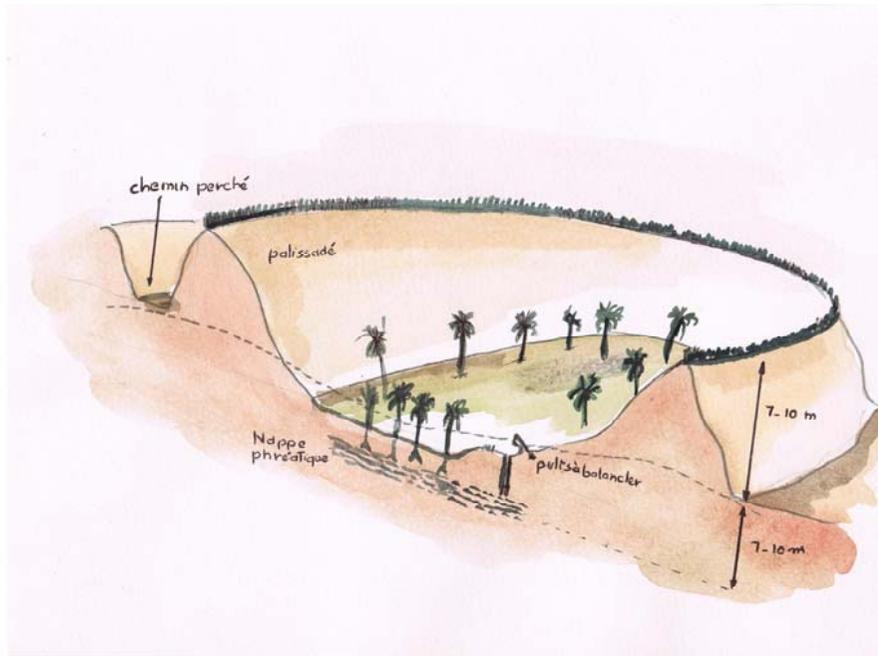


Figure 31. Croquis représentant des cratères profonds en terrains sablonneux

Dans la partie Sud du Souf, à 6 km d'EL – Oued et jusqu'à EL – Ogla, c'est – à – dire 24 km plus loin, où les encroûtements sont minces et friables, on remarque l'absence totale de la Tafza ou pierre à plâtre calcaire, alors que la roche de louss ou gypse se raréfie au fur et à mesure qu'on avance vers le Sud, où le sable est relativement homogène. La contrepartie est la profondeur de la nappe : elle est là à 10 m, voir 14 m de profondeur ; le manteau de sable à dégager est donc important.

Ces Ghout comptent 100, parfois 200 palmiers. Parce que le travail nécessaire à la réalisation de ces grands Ghout est énorme, il est mené collectivement, par 3, 5, voir 10 agriculteurs qui ensuite se partagent le fond du Ghout au prorata du travail fourni.

Dans ce sable libre, 7 à 8 mètres de dénivellation sont excavés et accumulés sur le pourtour, en une crête surmontée d'une palissade de palmes (cf figure 31).

Telle est la logique de ces excavations profondes, que l'on trouve principalement le long de l'axe EL – Oued, Bayadha, Khobna, Nakhla, Aquila, Robbah et EL – Ogla (cf. figure 32).

III. 3. Les Ghout profonds en terrains sablonneux



Figure 32 : (a et b) Cratères profonds en terrains sablonneux. Dans ce sable libre, 7 à 8 mètre de dénivellation sont excavés et accumulés sur le pourtour, en une crête surmontée d'une palissade de palmiers. La contre partie est la profondeur de la nappe : elle est là à 10 m, voire 14 m de profondeur. Ces Ghout comptent 100, parfois 200 palmiers. L'unité d'aménagement 2 à 3 ha (Nakhla-Oued Souf)

III. 4. Protection de nouvelles plantations contre l'envahissement du sable dans les terrains sahanes

A mesure qu'on descend vers le sud (au sud d'EL – Oglia vers la piste de Ghadmès) les dunes de l'Erg oriental sont souvent séparées par des dépressions ou Sahanes. D'après (Najah 1971), les Sahanes sont des plateaux déprimés, souvent assez étendus parfois caillouteux ou recouverts d'une croûte gypseuse ; ils sont enserrés par l'Erg qui leur donne ainsi une forme de cratère. Les plantations en ces terrains sont très souvent suffisamment séparées les unes des autres et constituent des lieux privilégiés de mise en valeur. L'eau est toujours d'excellente qualité dans les sahanes, la potabilité de l'eau est due surtout à la formation calcaire (cf. figure 33).

Les flux éoliens mettent constamment en mouvement le sable, mais ne comblent jamais les sahanes par les dunes vives. Cette croûte ou agglomérat de petits gravillons de gypse protège les sahanes contre l'invasion des sables.

Dans les terrains où le sous – sol présente des niveaux d'encroûtement calcaires (Sud d'EL –Oglia, Oued Souf), les exploitants élargissant le fond du Ghout chaque fois pour y planter de nouveaux palmiers. Mais pour que le plant atteigne le stade adulte, le phoéniculteur doit encore lutter contre cette nature instable qui veut tout ensevelir. Des techniques appropriées prévenaient cet envahissement dans les terrains Sahanes. Parmi elles, on utilise sur place les pierres calcaires (Tafza) extraites des travaux d'excavation pour faire des haies qui protégeront les jeunes plants de l'envahissement de sable appelé traditionnellement «**EL - Bneia**».

Après que l'arbre atteint l'âge adulte et les palmiers sont sortis d'EL – Bneia, on creuse sous l'arbre des deux côtés un trou de 2 ou 3 m de profondeur, pour l'aération et le bon développement des rejets (cf. figure 34).

III. 4. Les dépressions fermées entourées par les dunes ou sahanes



Figure 33 : (a et b) Plantation des palmeraies en terrains sahane. Au sud d'El-Ogla vers la piste de Ghadamès (Oued Souf) les dunes plus hautes, séparées par des couloirs de plus en plus profonds et plus larges: formant les dépressions fermées, entourées par les dunes qui leurs donnent ainsi une forme de cratères ou Sahanes. L'eau est toujours d'excellente qualité dans les Sahanes. Les plantations en ces terrains sont très souvent suffisamment séparées les unes des autres.

III. 4. Protection de nouvelles plantations contre l'envahissement du sable dans les terrains sahanes

(a) : dans les terrains Sahanes, on utilise sur place les pierres calcaires (Tafza) extraite des travaux d'excavation pour faire des haies qui protégeront les jeunes plants de l'envahissement de sable appelé traditionnellement «EL - Bneia».



(b) : quand l'arbre atteint l'âge adulte et les palmes sont sorties d'EL - Bneia, on creuse sous l'arbre des deux côté un trou de 2 ou 3 m de profondeur, pour l'aération et le bon développement des rejets.



Figure 34 – (a) et (b). Technique d'EL Bneia pour protéger les jeunes plants contre l'ensablement

IV. Protection de cultures maraîchères contre l'ensablement

La nouvelle innovation du Souf, la culture de la pomme de terre sous pivot

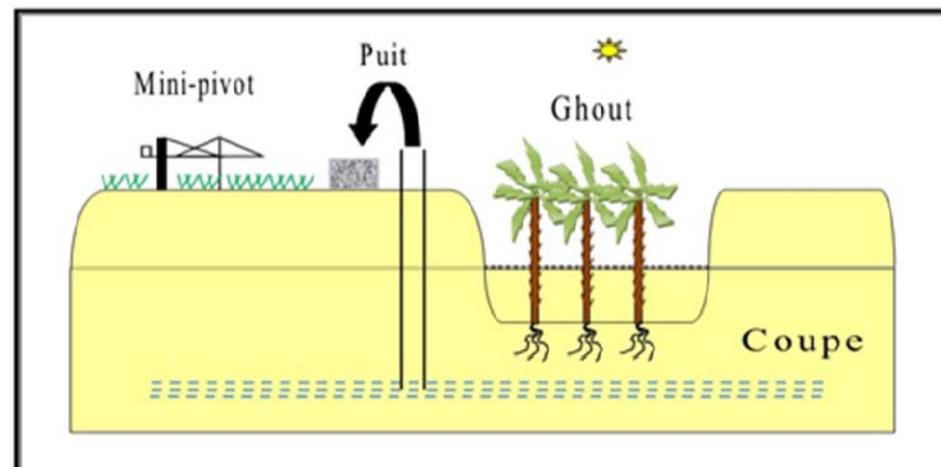
Ces techniques traditionnelles de lutte contre l'ensablement mises en place par les populations locales ont permis le développement d'une base de vie oasienne s'étendant sur quelques 9500 Ghout. Mais ces oasis se révèlent particulièrement vulnérables aux variations du niveau de la nappe phréatique. La baisse, comme la saturation de cette nappe, à priori imputable à la croissance démographique et à l'activité humaine, a été fatale surtout pour les Ghout. La multiplication incontrôlée des forages profonds en exploitant la nappe du Miopliocène et ensuite celle de l'Albien. La dotation de 400 litres/hab/jour, supérieure même à celle de villes européennes (Côte 2005). Le taux de raccordement, de la population au réseau d'eau potable dépasse 85 %, en revanche celui de l'assainissement ne dépasse pas 30 %. Le reste des habitations évacue l'eau usée dans les fosses septiques, environ 50 000 (Zella 2006), contribue dans bien des cas à une dangereuse réduction des ressources en eau des oasis. Mais elle a parfois l'effet inverse : une remontée excessive des nappes.

Autrement dit, on est passé d'un système où l'eau de la nappe phréatique aboutissait à la nappe phréatique, à un nouveau système, dans lequel l'eau de 3 nappes remonte à la seule nappe phréatique. Cette énorme suralimentation de la nappe superficielle explique directement sa montée progressive qui à un effet néfaste sur les Ghout traditionnelles. Les conséquences sont faciles à imaginer : ennoïement de 915 Ghout (sur les 9500 du Souf) ; 150 000 palmiers morts par asphyxie, tandis que 200 000 autres seraient directement menacés (Remini 2006). A quoi s'ajoutent les aspects sanitaires de cette crise écologique globale (maladies cutanées, leishmanioses, paludisme, typhoïde, ...etc.) et même par noyade (Bensaâd 2005).

La nouvelle innovation du Souf, la culture de la pomme de terre sous pivot

La crise hydraulique a lancé en quelque sorte un défi à la société Soufi. Ainsi les Soufi n'ont pas baissé les bras. Le grand redéploiement actuel de l'agriculture adopte une forme radicalement nouvelle dans la Souf, c'est l'agriculture de surface à fleur de sol (par séguias, planches, tours d'eau...), et non au fond d'excavations. L'eau de cette irrigation est extraite par moto-pompe. Le nombre de puits équipés est passé approximativement de 4200 en 1992 (BNEDER 1992) à plus de 10 600 (Côte 2006). Le Souf mène révolution sur révolution, en s'orientant vers les techniques les plus performantes et les plus économes d'eau : en particulier le mini-pivot artisanal. L'adoption de la technique du pivot va de pair avec celle d'une nouvelle culture, celle de la pomme de terre. Le système pivot/pomme de terre se développe maintenant dans toutes la région du Souf (cf. figure 35). Ces pivots, comportant un bras unique, reposant en son milieu sur une roue au sol, et qui sont actionnés par un petit moteur électrique. Ils permettent d'irriguer 1 à 2 ha. En outre, il est fabriqué sur place, peu cher et facile à réparer. En 2002, on en comptait environ 800, ils sont de l'ordre de 3000 en 2004, et cette pratique gagne d'année en année, du mois pour le moment (cf figure 36).

Il faut dire aussi que la pomme de terre vient juste après les céréales dans l'alimentation algérienne, ce qui lui confère une place privilège dans la



Cliché F. LAKHDARI, 2008

Figure 35 : Vue aérienne
Nouvelle exploitation de l'espace agricole en milieu dunaire/ Souf

La nouvelle innovation du Souf, la culture de la pomme de terre sous pivot



Figure 36 : (a) Arrosage par mini – pivot de fabrication artisanale, seuls les asperseurs étaient spécifiques. Le pivot porte la culture de la pomme de terre, celle-ci tire la création de pivots. Le système pivot/pomme de terre, souple, rapide à mettre en place, rémunérateur, gagne maintenant dans toutes les régions du Souf, dresse ses tourelles le long des routes, s’insinue sur toutes les places vides entre Ghout.

(b) culture de la pomme de terre par irrigation localisée avec palissades en branches de palmiers destinés à protéger les plants de la pomme de terre.

La nouvelle innovation du Souf, la culture de la pomme de terre sous pivot



Figure 37. Palissade à base de palmes concentriques pour protéger la culture de la pomme de terre sous pivot contre les flux éoliens (Robbah, Oued Souf).

Dès 1857, à Guémar, on était parvenu à cultiver la pomme de terre. Les essais tentés avaient réussi mais les habitants n'apprécièrent pas ce légume et sa culture ne fut pas étendue. De nouveaux essais furent tentés vers 1970, ils furent satisfaisants (250 quintaux à l'hectaire).

A partir de 1995, les exploitants ont su adapter rapidement sa conduite culturale et l'intégrer dans leur système agricole. Elle assure sur la même parcelle 2 récoltes par an (saison au printemps, et arrière saison à l'automne). Elle donne des rendements de l'ordre de 250 à 300 quintaux/ha. Plus de 24 000 hectares sont actuellement consacrés pour cette spéculation, avec une production de l'ordre de 1,8 million de quintaux (DSA 2011).

Pour la sauvegarde de cette culture contre l'envahissement des sables, l'emplacement de la future culture est délimité par la confection d'une espèce de dune circulaire obtenue par des pelletées de sable fixé par des tronçons de palmes (Zarb) (cf. figure 37). Introduisant dans l'espace Soufi le paysage radicalement nouveau des parcelles circulaires. Les trois – quarts de la culture de la pomme de terre se font sous pivot, le reste par irrigation localisée Le système pivot/pomme de terre, souple, rapide à mettre en place, rémunérateur, gagne maintenant dans toutes la région du Souf (cf figure 38).

La nouvelle innovation du Souf, la culture de la pomme de terre sous pivot



Figure 38. a) Culture de la pomme de terre sous pivot en milieu dunaire.

b) Vue aérienne des cultures sous pivot / Souf

Aujourd'hui, le paysage du Souf est d'abord celui d'une région pionnière. Partout, on fonce des puits, on nivelle les terrains au bulldozer, on enclot de palissades, on installe des mini-pivots, où les formes les plus nouvelles se superposent aux formes traditionnelles. La Wilaya d'El-Oued fait des bouchées doubles et commence sérieusement à vivre l'ère de l'après-pétrole. Déjà, direz-vous ? Tout le monde a bien compris que les richesses éternelles sont la terre et l'énergie humaine.

Technique de protection des pastèques (Cucurbitacées) contre l'ensablement

Actuellement, l'agriculteur dans la région du d'EL-Oued Souf et Taïbet utilise un nouveau système, beaucoup plus pratique et surtout de bonne valorisation (Pastèques précoces sous serre). Le jardin est divisé en carrés de sable cultivés qui sont arrosés à l'aide de plusieurs rangées de tuyaux de plastiques parallèles. (cf. figure 39)

La protection et l'abri des semis ainsi que celui des jeunes pousses sont l'objet de soins vigilants. Les jardins ainsi que chaque carré, sont entourés de haies de Djérid ou palmes.

Les agriculteurs obtiennent aussi d'excellents résultats pour cette culture maraîchère de mois actuellement.



Figure 39- (a) et (b). Culture de la pastèque précoce sous serre, chaque carré, est entouré de haies de palmes

V. Protection de cultures industrielles contre l'ensablement

Protection des plants de tabac contre les vents chauds et le sable



Figure 40. Croquis représentant les jardins de surface en terrain rocheux (Type Guémar)

La partie Nord – ouest d'EL – Oued jusqu'au Nord de Ghamra (Tiksebt, Kouinine, Ourmès, Taghzout, Guémar, Ghamra, Hobba et Reguiba), tout au long des villages, le lous forme une masse rocheuse plus ou moins compacte et profonde alors que, parallèlement, à l'Ouest, la Tafza dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 3 ou 4 mètres, occupe tout le terrain s'étendant de Tiksebt à Hobba, soit 25 km (Najah 1971). L'eau n'est qu'à 3 à 5 m de profondeur, l'eau dans cette région est relativement salée. Les cultures doivent donc être adaptées à cette contrainte. C'est pourquoi nous trouvons du tabac cultivé au Nord du Souf, elle occupe les côtés périphériques Nord –est et Nord – ouest, donc à Guémar, Magrane, Réguiba (cf . figure 40).

V. Protection de cultures industrielles contre l'ensablement

Protection des plants de tabac contre les vents chauds et le sable

La culture du tabac se fait principalement dans la région de Guémar, Magrane et Réguiba. Guémar a été longtemps le seul producteur. Cette culture se pratique en famille, sauf pour quelques exploitations très importantes qui emploient deux ou trois salariés. Le propriétaire de la plantation effectue en général toutes les opérations lui – même (arrosage, fumure, aménagement et récolte).

Dans le Souf, les carrés sont soigneusement entourés et divisés par de hautes palissades en branches de palmiers destinées à protéger les plants de tabac contre les vents chauds et le sable néfastes pour leurs feuilles (cf. figure 41).

Le nombre d'exploitants et d'exploitations est en diminution constante depuis 1960. L'emploi des motopompes a bouleversé cette culture traditionnelle : le cultivateur remplace peu à peu son tabac par des légumes et aujourd'hui par la culture de la pomme de terre.



Figure 41- (a) et (b) Hautes palissades en palmier destinées à protéger les plants de Tabac.

VI. Afreg dans les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt

Touat-Gourara-Tidikelt

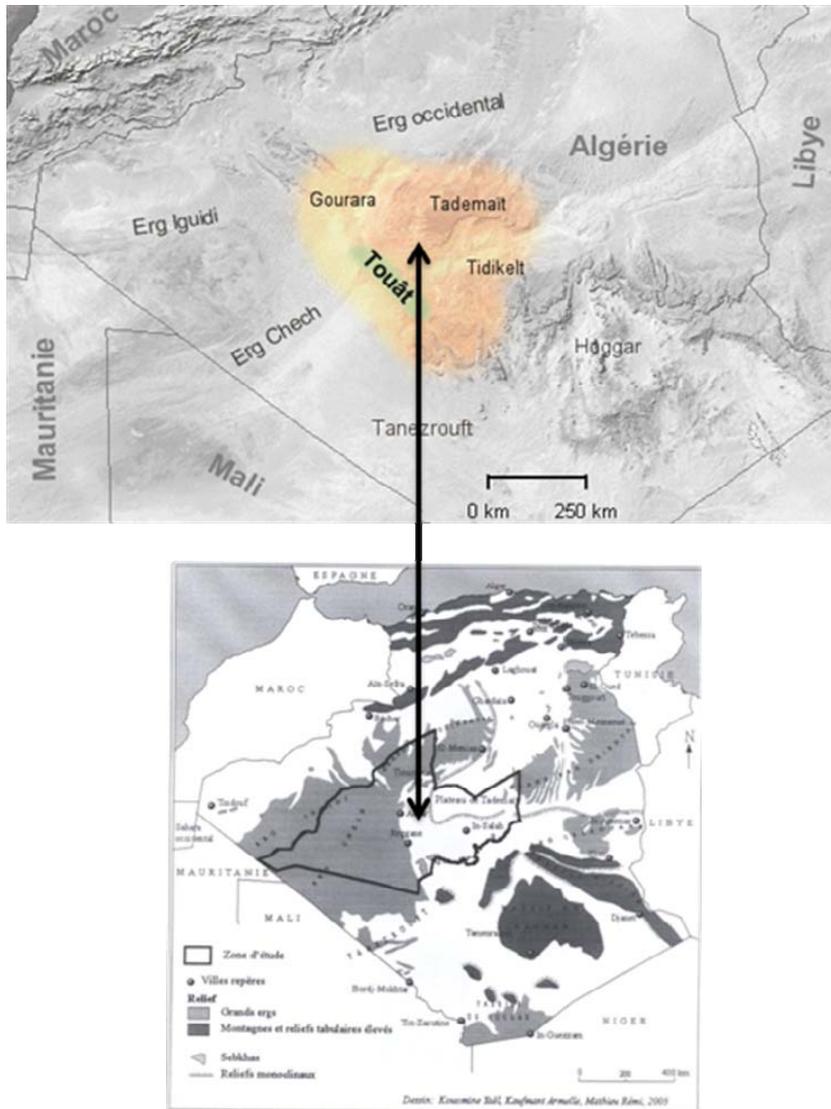


Figure 42. Les éléments structurant du Sahara Algérien avec la limitation de la zone d'étude, Touat-Gourara-Tidikelt (d'après Troin, 2006).

Les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt sont implantées sur les bordures nord-ouest, ouest et sud du plateau du Tademaït, sur les affleurements du Continental intercalaire (cf. figure 42). Cet ensemble régional couvre un cinquième du Sahara algérien et près d'un sixième du territoire national, soit, selon leurs limites administratives, 436, 272 km² (Otmane 2010). Cette région qui occupe la quasi-totalité du Sud-ouest du Sahara Algérien s'étale jusqu'aux confins de L'Erg Oriental à l'est, couvre en grande partie L'Erg Occidental au nord et s'ouvre sur un immense reg au sud, le Tanezrouft. La vie en agglomération, Ksourienne, est une caractéristique de ce peuplement.

Le Gourara est localisé dans le triangle formé par la frange méridionale de L'Erg Occidental, la bordure Nord-occidentale du plateau de Tademaït et L'Oued Saoura-Messaoud à L'Ouest (Bisson 1957).

Le Touat constitue le prolongement sud de la dépression de la Saoura qui est coupée par L'Erg Occidental, L'Oued Messaoud prend le relais et structure toute la vallée suivant une direction Nord/sud.

Le Tidikelt situé au sud du plateau de Tademaït, est une dépression complexe et morcelée, creusée dans le Continental Intercalaire Despois et Raynal (1967).

Le Touat, le Gourara, le Tidikelt

Le pays des foggaras

Le système hydraulique est fondé au Touat-Gourara-Tidikelt sur une technique complexe et originale, celle de la foggara (cf. figure 43). Il s'agit d'une galerie souterraine permettant de drainer l'eau du sous-sol et de l'amener par gravité jusqu'à la surface d'une dépression, où peut être installée une oasis. Cette conduite est jalonnée de puits d'aération –seuls visibles de l'extérieur- indispensables au creusement et à l'entretien de l'ouvrage. L'ouvrage drainant a une légère pente de 0,3 % régulière sur une longueur de 2 à 15 km et une largeur de un mètre seulement, permettant à un individu de s'y glisser. Sur l'axe horizontal, la galerie est ponctuée par des puits verticaux, espacés de 10 à 15 m. La profondeur des puits (5 à 10 m) et la longueur de la foggara dépendent du rapport du niveau piézométrique de la nappe à la topographie du sol (Zella 2006).

Au débouché de chaque canalisation, dans la palmeraie, l'eau se déverse dans un bassin ; à la sortie, l'eau passe par une plaque de cuivre - ou de terre cuite- percée de trous ("Chebka"), puis par un dispositif répartiteur ("Kassis" ou "Kesra" : peigne) pour être redistribuée par les séguias (rigoles) qui parcourent la palmeraie, vers les jardins, après que son débit ait été soigneusement mesuré.

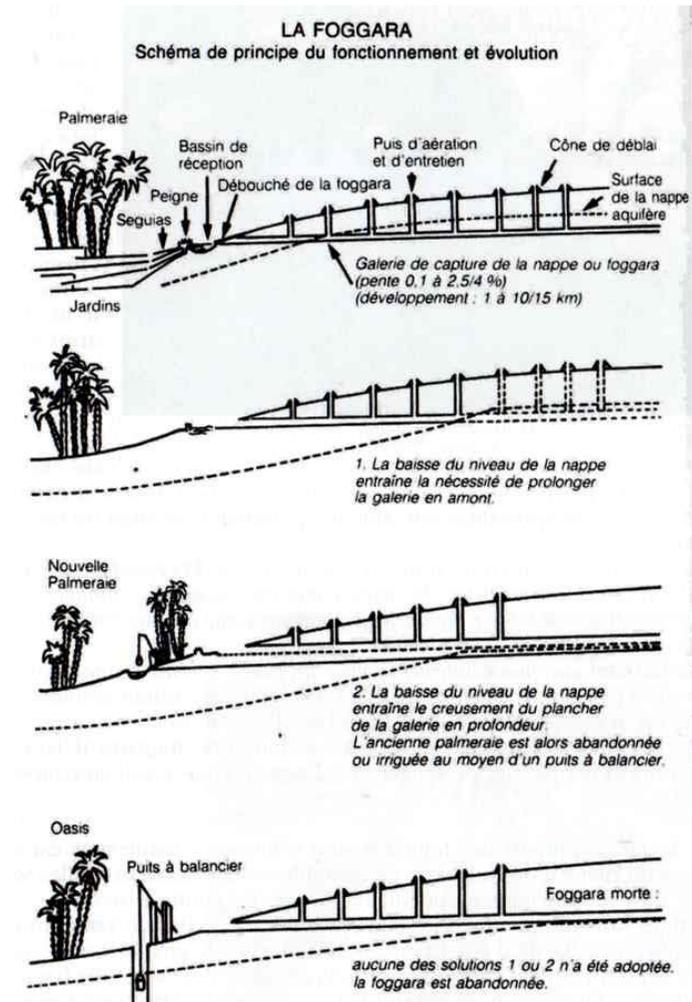


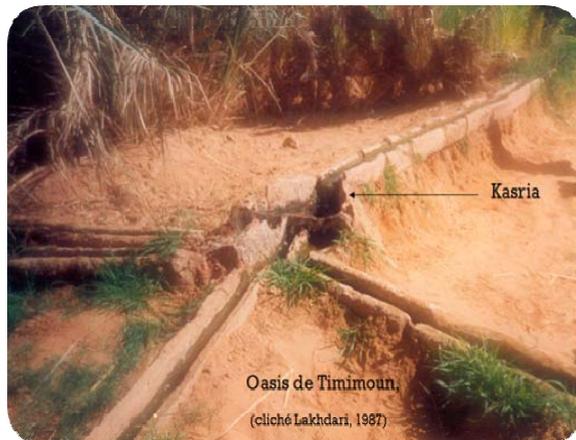
Figure 43. Schéma de principe du fonctionnement et l'évolution dans le temps des foggaras (d'après Oliel 2010). Les foggaras drainent l'eau des nappes phréatiques jusqu'aux oasis. Des puits verticaux dans ces galeries souterraines permettent l'aération et le nettoyage.

Le Touat, le Gourara, le Tidikelt

Le pays des foggaras



Les foggaras de la région, implantées en bordure du plateau du Tadmait, puisent essentiellement dans une nappe aquifère très abondante dans les grès du Crétacé inférieur, considérée comme faisant partie du système de l'Albien ou Continental intercalaire. La vie en agglomération, Ksourienne, est une caractéristique de ce peuplement. La relation entre l'homme et son espace dans le Touat, le Gourara et le Tidikelt se résume dans l'exploitation de l'eau et tout ce qui se fait par la suite en découle. En effet, un système d'exploitation hydraulique ingénieux distingue cette partie du Sahara des autres zones désertiques. Il fait son identité et structure sa société. On peut dire que le Touat, le Gourara, et le Tidikelt forment «Le pays des foggaras» par excellence eu égard au nombre de foggaras creusées et à l'adoption du même procédé de réalisation et de partage de l'eau (cf figure 44).



Les foggaras ont atteint dans cette partie du Sahara un développement considérable plus de 3000 km de galeries (Guillermou 1993). Selon Charoy et Torrent (1990), le nombre de foggaras actives en Algérie s'élève à 572, essentiellement dans la Wilaya d'adjar.

Le travail de creusement a évidemment été colossal et n'aurait pu se faire sans le travail de nombreuses personnes. D'après certaines estimations, le creusage d'une foggara de 04 km de long à une profondeur moyenne de 12 mètres nécessiterait environ 48 000 journées de travail, soit le travail ininterrompu (à raison de 6 jours sur 7) de 40 ouvriers pendant 4 ans (Grandguillaume 1973) (cf figure 45).

Figure 44. Au débouché de chaque canalisation, dans la palmeraie, l'eau se déverse dans un bassin ; à la sortie, l'eau passe par un dispositif répartiteur (peigne), qui assure toute les divisions et subdivisions nécessaires du débouché de la foggara aux jardins individuels.

Le Touat, le Gourara, le Tidikelt

Le pays des foggaras

En fait, il est pratiquement impossible de renoncer à ce système sans remettre en cause le mode très spécifique de distribution de l'eau qui est lié. La gestion des eaux de la foggara obéit à des lois coutumières de répartition appelées "droit de l'eau". Chaque individu est propriétaire d'une part d'eau proportionnelle à sa contribution. A la différence des autres oasis où l'eau est répartie entre les propriétaires au tour d'eau ou "nouba", dans les oasis du Touat, Gourara et Tidikelt, la distribution s'effectue au volume et non en temps. La mesure de chaque part d'eau s'effectue au moyen d'une plaque de cuivre percée de trous de différents diamètres ; à la sortie de la foggara, l'eau est canalisée par rigole vers un répartiteur «peignes» qui assurent toutes les divisions et subdivisions nécessaires du débouché de la foggara aux jardins individuels. Ce système (mesure et répartiteur) est contrôlé en permanence par un syndic (Kiyal el ma) dont la charge est héréditaire. Celui-ci est assisté de témoins lors des mesurages et qui interviennent lors des contestations, des ventes de parts d'eau en transcrivant dans un registre toutes les opérations concernant l'exploitation du réseau de l'eau. Le mesureur et ses témoins sont considérés comme infaillibles et nul ne conteste leurs décisions (Gast 1998).

Au total, on se trouve donc en présence d'une gamme extrêmement riche et variée de technique hydro-agricole, témoignant de l'ingéniosité de la population et de son acharnement à tirer partie des moindres ressources d'un milieu aussi sévère. Cela ne doit pas masquer cependant la gravité de la crise hydraulique dans laquelle se débattent depuis des décennies la majorité des oasis.

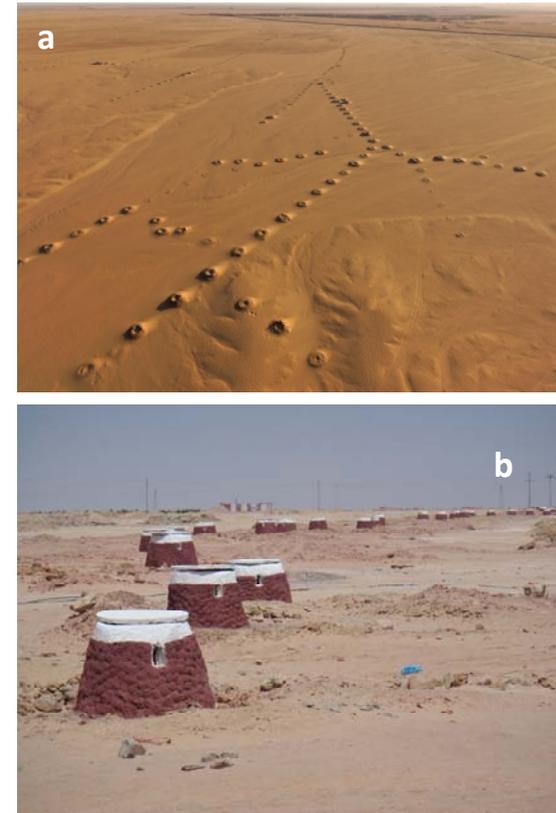


Figure 45 – (a) et (b). Galeries de captation souterraine conduisent l'eau de la nappe phréatique jusqu'à l'oasis, grâce à une légère inclinaison d'un ou deux millimètres par mètre.

VI. Afreg dans les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt

Le Touat, le Gourara, le Tidikelt

A ce système hydraulique (foggara) s'associe un système de lutte contre les méfaits de l'ensablement, qui lui aussi dénote une forte capacité d'organisation du travail et un savoir-faire incontestable. Pour survivre dans un milieu implacable, les agriculteurs oasiens du Touat-Gourara-Tidikelt ont développé des techniques ingénieuses et adaptées afin de minimiser les dégâts de l'ensablement, réalisation de barrières connues localement sous le nom d'afreg. Au Touat, les afreg sont implantés le long du chapelet d'oasis, de Bouda à Reggane, selon un axe nord-sud ou nord-ouest/sud-est. Les afreg font partie intégrante du paysage de ses oasis en formant des dunes longitudinales, par fois plus épaisses et hautes, elles sont souvent parallèles à la route nationale n° 6. On trouve la même disposition des afreg collectifs dans le Tidikelt. Les afreg (dune artificielle) ont atteint dans cette partie du Sahara un développement considérable et ce ; d'une part, la capitalisation de ces travaux au long des siècles, chaque génération bénéficiant des travaux faits par les aînés et y ajoutant les siens. Cette technique minimise au maximum l'action négative de l'ensablement. Il est également utilisé autour des jardins pour délimiter les propriétés et protéger les cultures de l'ensablement et du vent, comme il est utilisé pour protéger l'oasis toute entière de l'ensablement en faisant l'objet de travaux d'entretien réguliers et de réimplantation périodiques ; d'autre part, grâce à la touiza, forme de volontariat qui s'effectue avec la participation de tout le monde, notamment les habitants des Ksour.

De nos jours, l'**afreg** technique traditionnelle qui a fait preuve d'efficacité au cours des siècles montre les capacités des sahariens à adopter des solutions techniques propres, témoignant de l'ingéniosité de la population. Tous ces procédés techniques de protection ne tirent cependant leur efficacité réelle que de leur insertion dans des formes d'organisation sociale très complexes, seules capables d'imposer la discipline collective nécessaire à la survie dans un environnement hostile.

1. Technique «d'afreg en arrêt» perpendiculaire à la direction du vent dominant

Dune-afreg

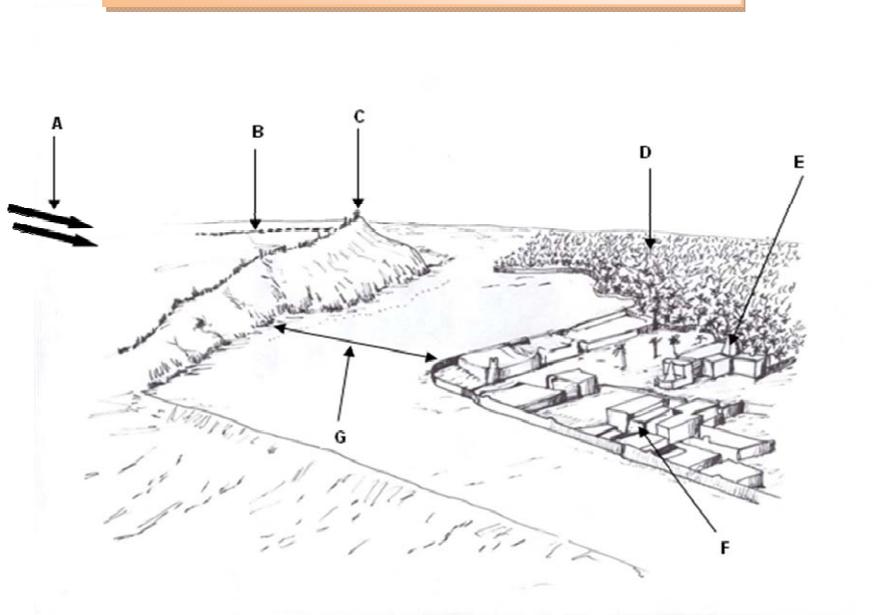


Figure 46. Protection du village de la palmeraie par une dune-afreg. A : vent dominant. B : système foggara. C : dune-afreg. D : palmeraie. E : mosquée. F : Ksar. G : distance à respecter entre l'afreg et la zone à protéger.

Cette technique consiste à poser des palissades en palmes pour arrêter l'avancée du sable en formant un amoncellement, jouant le rôle de brise-vent que l'on nomme «afreg». De conception simple, l'afreg est construit en matériaux locaux, essentiellement en troncs et feuilles de palmier (jerid), agencés sous forme de grille et implantés perpendiculairement à la direction des vents dominants à proximité de l'oasis. Faisant office de barrière, l'afreg ne retient qu'une faible partie du sable charrié et la plus grande quantité pénètre la grille pour être déposée plus loin sur une surface plus large.

La sagesse des ksouriens et l'observation montre que la perméabilité de la barrière améliore son rendement, ce qui signifie qu'elle n'arrivera pas à bloquer tous les grains de sable mais provoquera le dépôt de la plus grande partie du sable entraîné par Saltation et reptation, tant au vent que sous le vent de l'obstacle artificiellement créé. C'est pourquoi l'afreg est toujours fixé à une certaine distance du terroir à protéger. (cf. figure 46).

1. Technique «d'afreg en arrêt» perpendiculaire à la direction du vent dominant

Dune-afreg

Pour éviter l'ensevelissement sous le sable des villages et leur terroir attenant, les habitants (du Sud-Ouest du Sahara Algérien) les ceinturent toujours de haies de palmes sèches (jerid) grossièrement entre croisées, parfois tressées, jouant le rôle de brise-vent que l'on nomme «**afreg**» : l'accumulation de sable se produit au niveau de la haie, si bien que rapidement naît une dune qui épouse le tracé même de l'**afreg** ; à mesure que le sable s'accumule, la dune artificielle ainsi créée «**dune-afreg**» s'élève, finira par être totalement submergée par le sable. On en érige une nouvelle avec les mêmes matériaux (chaque exploitant participe par la fourniture de palmes et d'heures de travail) 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, protégeant du même coup très efficacement le jardin et l'habitat située sous le vent de cette dune (cf figure 47). La réalisation de ces afregs collectifs a depuis toujours été assurée par la population locale ; les habitants des ksour s'organisant mutuellement à travers la touiza (organisation sociale particulière, fondée sur la solidarité traditionnelle) pour réaliser ces barrières. Ces afreg forment au fil des années une importante dune qui pouvait contraindre le Ksar à s'étendre.

La «dune-afreg» et/ou dune artificielle présente alors un tracé rectiligne ou légèrement incurvé, et un profil dissymétrique et effilé, témoignage évident de l'efficacité du système.

1. Technique «d'afreg en arrêt» perpendiculaire à la direction du vent dominant



Figure 47 : (a et b) dune afreg en arrêt perpendiculaire à la direction du vent dominant, présente alors un tracé rectiligne ou légèrement incurvé, et un profil dissymétrique et effilé, témoignages évidents de l'efficacité du système.

VI. Afreg dans les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt

1. Technique «d'afreg en arrêt» perpendiculaire à la direction du vent dominant

Dans certains cas où le positionnement de l'afreg est trop proche du site à protéger, celui-ci peut même avoir un effet inverse et menacer le site qu'on se propose de protéger. L'occupation progressive de l'espace libre entre la dune-afrègue et le ksar due à la poussée démographique qui a valu la construction de nouvelles maisons, de nouveaux bâtiments scolaires, systématiquement et volontairement construits à l'écart des villages ; certes les sites retenus étaient, à l'origine, libres de tout ensablement, mais on avait oublié que tout obstacle ne peut que provoquer un ensablement : il ne faut donc pas s'étonner si le sable dépasse parfois le niveau des fenêtres (cf. figure 48). D'où l'utilité ou même la nécessité de cartographier les zones vulnérables à ce risque avant l'implantation de tel projet.

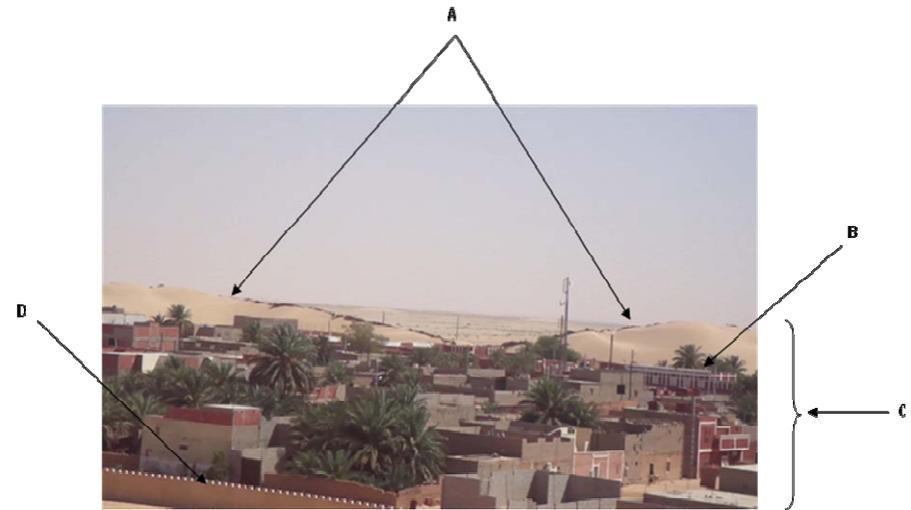


Figure 48. Occupation progressive de l'espace libre entre la dune-afreg et le Ksar due à la croissance démographique à Bouda au Touat 2013. A, dune-afreg. B, Bâtiments scolaires. C, ancienne limite (cimetière).

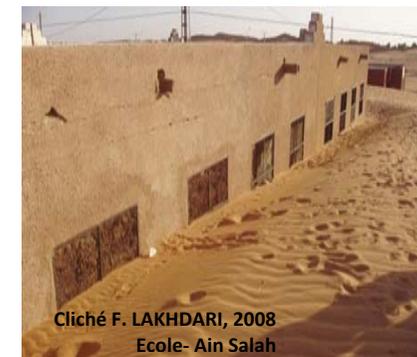


Figure 49. Le sable dépasse parfois le niveau des fenêtres.

Cliché F. LAKHDARI, 2008
Ecole- Ain Salah

2. Des édifications en successions d'afreg autour des oasis

Technique de substitution de charge

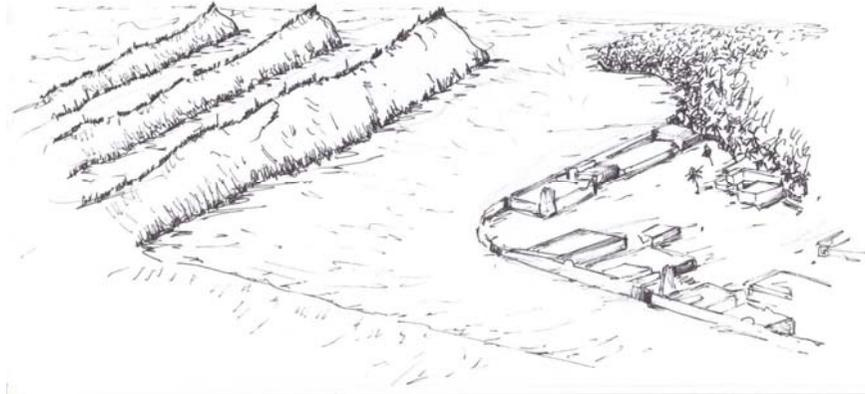


Figure 50. Croquis illustrant le phénomène de substitution de charge, Des édifications en succession d'afreg autour de l'infrastructure à protéger

Les Ksouriens du Touat, du Gourara, et du Tidikelt entourent leurs oasis de clôtures de palmes faisant un obstacle linéaire qui diminue la vitesse du vent, engendre une réduction de la capacité de charge, un blocage du sable et donc un dépôt du sable à son niveau (cf. figure 49 et 50). Il en résulte la formation d'une dune artificielle. Dès que l'accroissement vertical de l'accumulation sableuse due à la «dune-afreg» dépasse la hauteur de celle-ci, le sable n'est plus piégé mais transporté au-delà, d'où la nécessité d'ériger une seconde afreg de 30 à 40 mètres au vent de la première, qui provoque le désensablement de la première. 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 ainsi d'un surcroît d'énergie qui lui permet de dégager le sable accumulé par la première. Si à son tour la seconde afreg est ensevelie, l'édification d'une troisième jouera à l'égard de cette afreg n° 2 le même rôle que celle-ci a joué à l'égard de la première. Il se produit ce qu'on appelle une substitution de charge.

2. Des édifications en successions d'afreg autour des oasis

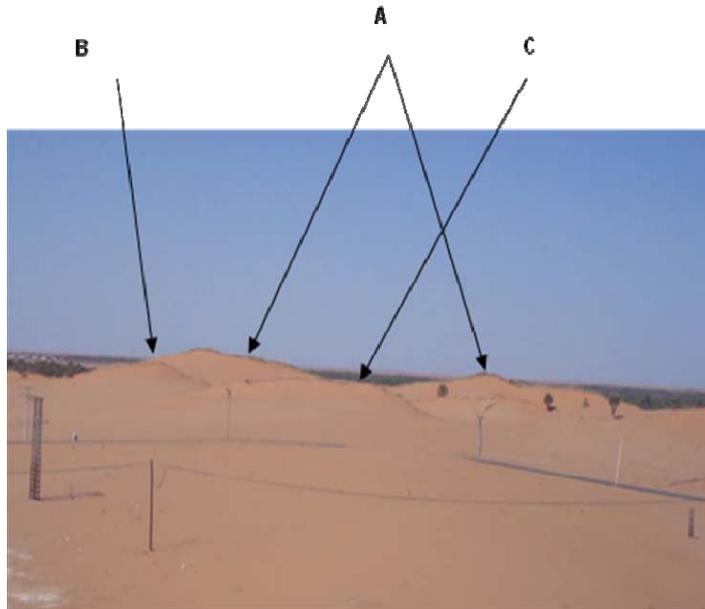


Figure 51. Protection de la palmeraie de Hadj Kacem (In Salah, Tidikelt) par des afregs successives. A : dune-afreg. B : seconde afreg protectrice. C : Troisième afreg protectrice.

3. Afreg en défilement déposés obliquement à la direction du vent dominant (traditionnellement Tassoutta)

L'afreg **en défilement**, utilisée pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant. Elle se forme à partir d'afreg dont l'orientation fait un angle de 120 à 140° avec la direction moyenne de ce vent dominant. Aucune des parties de l'afreg en défilement ne doit se situer à moins de 200 mètres de la zone à protéger.

Une ouverture au milieu appelée traditionnellement **Tassoutta** de 2 à 4 m peut être un accélérateur du vent qui favorise le déplacement du sable par la force éolienne. Un autre afreg vient se disposer sur la dune linéaire suivante mais avec une distance bien déterminée de 40 à 50 m orientées perpendiculairement à l'afreg en défilement (en face de l'ouverture Tassoutta), qui est destinée à arrêter la progression du sable aussi complètement que possible. Le vide compris entre les afregs favorise le déplacement du sable par la force éolienne dans une autre direction que celle du vent dominant. (cf. figure 51 et 52).

Le seul inconvénient de cette technique, le sable détourné risque d'envahir d'autres zones d'habitations et de mise en valeur situées à de très grandes distances de la zone qui fait l'objet des travaux de protection.

Afreg en défilement

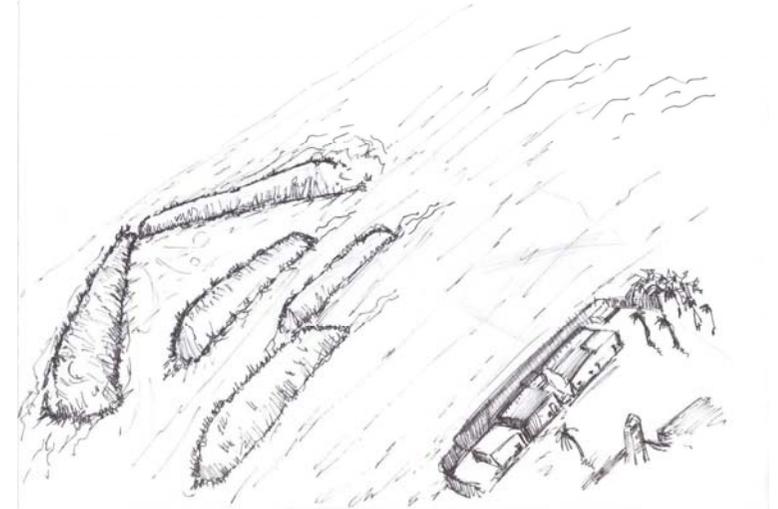


Figure 52. Croquis illustrant la technique d'afreg "en défilement" dont l'orientation fait un angle de 120 à 140°. Utilisée pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant

3. Afreg en défilement déposés obliquement à la direction du vent dominant (traditionnellement Tassoutta)

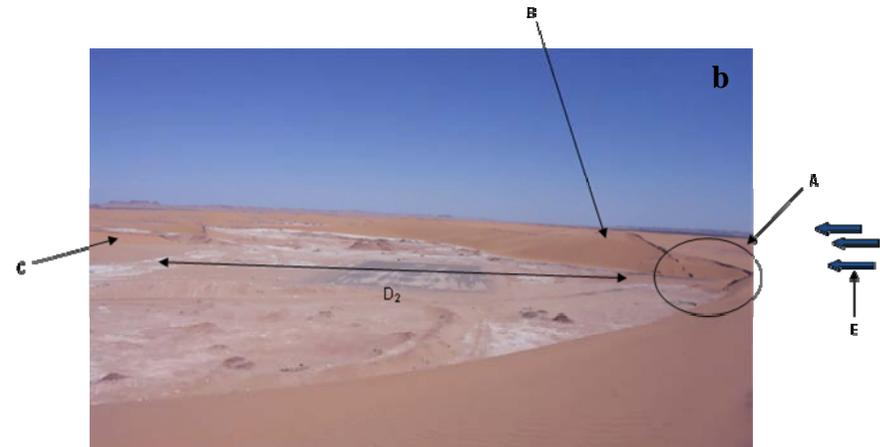


Figure 53. Technique d'afreg en défilement ou de diversion appliquée à Hadj Kacem (In Salah, Tidikelt) montre l'efficacité de la technique Tassoutta. A : ouverture entre deux afrègs appelée traditionnellement Tassoutta. B : afreg oblique. C : afreg perpendiculaire. D_2 : distance à respecter entre l'afreg oblique et l'afreg perpendiculaire. E : vent dominant

Afreg concentrique pour la protection de l'oasis (palmeraie et village) dans le cas des vents pluridirectionnels

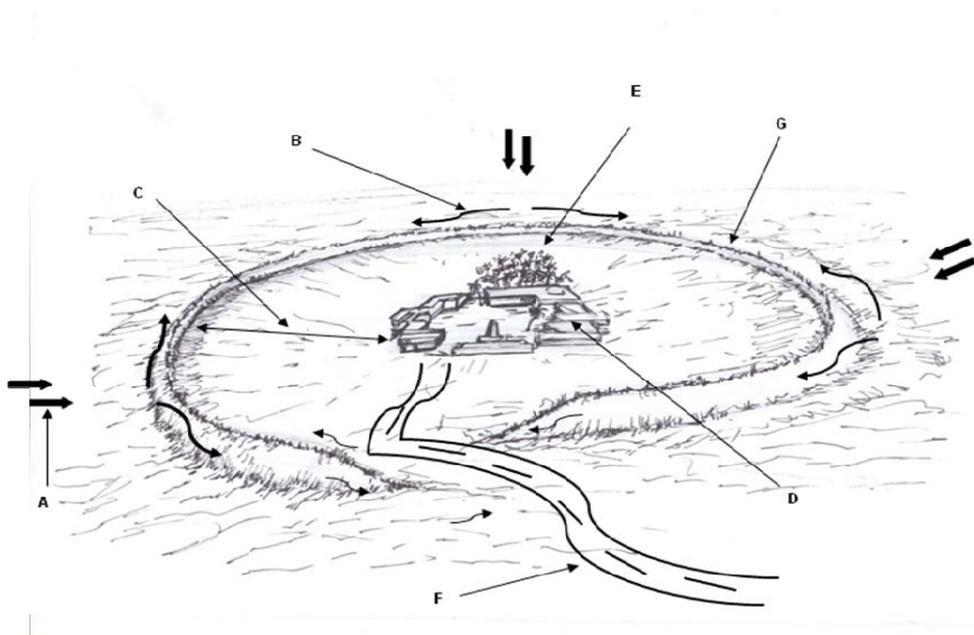


Figure 54. Technique «d'afreg concentrique» pour la protection du village de la palmeraie dans le cas des vents pluridirectionnels. A : vent dominant. B : circulation des flux éoliens. C : distance à respecter entre l'afreg concentrique et le village. D : village. E : palmeraie. F : chemin d'accès. G : dune-afrège concentrique.

En cas de régime éolien pluri-directionnel et de vents violents : pour s'en protéger, la réponse a été la réalisation d'afreg, à versants très évasés et d'aménagements anti-éoliens sur une grande superficie alentour. Ils traduisent une remarquable maîtrise des phénomènes éoliens.

Les agriculteurs dressent un afreg suivant un tracé circulaire autour de l'oasis (village et palmeraie), judicieusement disposé au sommet des dunes et qui, en créant des courants tourbillonnaires ascendants, empêchent le sable de retomber. D'une manière générale plus le pourtour du village de la palmeraie est circulaire mieux elle est protégée de l'invasion des sables et l'action du vent est exploitée à son profit pour le désensablement.(cf. figure 53)

Toute atteinte à ces règles entrave la protection du village de la palmeraie et l'expose à l'ensablement par le vent pluridirectionnel qui souffle et entraîne le sable par reptation continue.

Conclusion

Le vent est le seul agent morphologique réellement efficace au désert qui, si l'on n'y prend garde, peut progresser très vite, au point d'effacer toute intervention humaine : l'échelle ne se mesure plus ni en siècles, ni en décennies, mais plutôt en années. Contraignant périodiquement à l'abandon des habitations et plantations ensevelies sous les dunes. Ce qui ralentit considérablement le développement socio-économique de ces localités, rendant ainsi la vie oasienne très pénible.

Les résultats enregistrés sur le terrain et le niveau de protection assuré aux infrastructures, agglomérations et oasis par l'application de diverses techniques antiérosives (la mise en place des **Drâas** ou **Gaouatie**, système de protection contre l'ensablement des Gitâne « nommé **Bernoussa**, la technique **d'Afreg**... ». Les modèles de stabilisation mécanique des dunes mis en place, demeurent encore intact et confirme une fois de plus leur efficacité, face à l'agressivité de l'action des vents violents. Toutefois, des innovations techniques basées sur un affinement des connaissances relatives à la dynamique des vents et des sols mobiles doivent être apportées aux systèmes ancestraux pour augmenter et améliorer leur efficacité.

Nous avons ici la démonstration des capacités des sociétés humaines à s'adapter à l'environnement aride très rude par une connaissance ancestrale des caprices du climat désertique et les systèmes d'adaptation pour y faire face. La technique de **Drâas** est venue pour combler les insuffisances et mettre en place une solution à la fois pratique et durable pour l'évacuation des dunes menaçant les routes, de part la facilité de mise en place de ces petits barrages et de leur longue durée de vie, d'autre part par le coût de revient de cette technique considérablement réduit

par rapport à d'autre méthode de fixation ; sa facilité d'installation avec la possibilité de mécanisation offrent de grandes perspectives. Les murs antisables (**Drâas**), connus actuellement dans la seule région du Bas-Sahara (Oued Righ, Souf et Ouargla), très certainement utilisés depuis longtemps, mériteraient d'être généralisés, soit sous leur forme primitive de murs de sable recouverts par des matériaux grossiers, soit sous celle de cônes, gros tas de sable pointus. Les **afregs** traditionnels ont fait preuve à travers l'histoire d'une étonnante capacité de résistance et d'adaptation. Ils ont joué et continueront de jouer un rôle fondamental dans l'aménagement et le développement des régions arides et hyper arides (le Touat, le Gourara et le Tidikelt).

Toutes ces techniques de protection ne tirent cependant leur efficacité réelle que de leur insertion dans des formes d'organisation sociale très complexes, fédératrice vers une discipline collective nécessaire à la survie dans un environnement normalement hostile à la vie humaine.

Glossaire

Afreg : Haies de palmes sèches (jerid) grossièrement entre croisées, parfois tresses, jouant le rôle de brise-vent

Bahri : vent de la mer (du Nord-est)

Bernoussa : Rangées de palmes sèches de protection (Zarb) en demi-cercles ou concentriques dressés sur le sommet des crêtes ou en avant, de façon que le vent dominant, c'est-à-dire du Nord-est n'ensable pas le fond de la palmeraie.

Bour : culture sèche, sans irrigation.

Drâas : Des petits barrages faits en matériaux lourds et compacts dont la forme et l'emplacement obligent les vents dominants à travailler contre leurs impulsions naturelles et à chasser le sable qui, sans eux, s'accumulerait sur la route.

Dune en arrêt : Elle se forme à partir d'une palissade orientée perpendiculairement à la direction du vent le plus dangereux, destinée à arrêter la progression du sable aussi complètement que possible.

Dune en défilement : Elle se forme à partir d'une palissade dont l'orientation fait un angle de 120° à 140° avec la direction du vent, utilisée pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant.

Erg : Massif dunaire

Fellaha : Spécialistes, détenteurs d'un savoir traditionnel.

Foggara : le nom est d'origine arabe ; il vient de la racine fakara signifiant creuser la terre. Galerie souterraine qui draine par gravité l'eau d'une nappe phréatique vers les terres cultivables en aval. Des puits d'aération plus ou moins profonds sont aménagés régulièrement pour évacuer les matériaux, aérer la galerie et assurer son entretien périodique (curage et creusement).

Ghoût : Jardin en arabe-pluriel : Ghitâne ou Aghouat ; le Ghout désigne l'entonnoir ; cratère creusée par l'homme pour la culture des palmiers.

Harams : Limites d'une propriété-licite pour tout autre que le propriétaire.

Houd : Cratère moins profonds qu'un Ghout, peu enfoncés dans le sol.

Jerid : Palme

Louss : Concrétionnement gypseux, est une roche géologique de formation gypseuse, très dure et résistante, la pierre Louss est utilisée pour sa solidité et son imperméabilité dans la construction.

Peigne et/ou Kas-riya : dispositif répartiteur, qui permettra la redistribution de l'eau de la foggara.

Sahanes : les sahanes sont des plateaux déprimés, souvent assez étendus parfois caillouteux ou recouverts d'une croûte gypseuse ; ils sont enserrés par l'Erg qui leur donne ainsi une forme de cratère.

Tafza : Concrétionnement tendre de gypse (servant pour le plâtre) ou pierre à plâtre calcaire.

Tercha : Concrétion de grain de gypse et de sable agglomérés aux formes et tailles variées, soit sous la forme d'une rose de sable ou amalgamée à d'autres.

Touiza : Forme de volontariat qui s'effectue avec la participation de tout le monde, fondée sur la solidarité traditionnelle.

Zarb : Haie en tronçons de p

Références bibliographiques

1. **BALLAIS, J-L. (2010).** Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérien. Géographie Physique et Environnement, volume IV. pp. 107-127.
2. **BATAILLON, CL. (1955).** Le Souf, étude de géographie humaine. Alger : Institut de Recherches Sahariennes. Mémoire n° 02. 140p.
3. **BENSAAD, A. (2005).** Eau, urbanisation et mutations sociales dans le Bas-Sahara. In la ville et le désert, Côte, M. (dir), paris : Karthala-Iremam, pp. 95-119.
4. **BISSON, J. (1957).** Le Gourara, étude de géographie humaine, Mémoire n° 3, Université d'Alger, Institut de Recherche Sahariennes, 221p.
5. **BNEDER, (1992).** Etude d'un plan directeur de développement de l'agriculture dans la Wilaya d'EL-Oued. Alger, plusieurs volumes, multigraphies.
6. **CHALABI, K. (2008).** Etude floristique des formations sahariennes et de la germination des graines de Retama retam (Webb) de la région de Taleb EL Arbi (W d'EL-Oued). Thèse Magister. Université d'Oran. 82p.
7. **Charoy, J. et Torrent, H. (1990).** Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les oasis. Revue options méditerranéennes, CIHEAM, série A, n° 11, pp. 229-235.
8. **COTE, M. (2005).** La ville et le désert, le Bas-Sahara algérien. Ed Karthala et Iremam, Paris, Aix-en-Provence, 306p.
9. **COTE, M. (2006).** Si le Souf m'était conté comment se fait et se défait un paysage. Constantine : Média-Plus. 135p.
10. **DESPOIS, J. et Raynal, R. (1967).** Géographie de l'Afrique du nord-ouest. Paris : Payot. 570p.

11. **DPAT, (2006)**. Annuaire statistique de la Wilaya d'EL-Oued. 99p.
12. **DSA, (2011)**. Rapport annuelle de la direction des services agricoles de la Wilaya d'EL-Oued. 24p.
13. **FAO, (1980)**. Cahier FAO conservation des sols n° 3 : conservation des ressources naturelle en zone aride et semi – arides.
14. **FAO, (1988)**. Cahier FAO conservation n° 18 : Manuel de fixation des dunes. Rome. 68p.
15. **FAO, (1992)**. Cahier FAO conservation n° 20 : Foresterie en zone arides. Guide à l'intention des techniciens de terrain. 143p.
16. **GANGBAINA, SL. (1984)**. La lutte contre l'ensablement et la désertification dans la vallée de Draâ. Bilan de lutte. Mémoire de 3^{ème} cycle Agronomique option Eaux et Forêts. I.A.V. Hassan II. Rabat.
17. **Gast, M. (1998)**. Foggara, in 19/Filage-Gastel, Aix-en –Provence, Edisud («volumes», n° 19), [En ligne], mis en ligne le 01 juin 2011, consulté le 30 août 2015. URL : <http://encyclopedieberbere.revues.org/1951>.
18. **GRANDGUILLAUME, G. (1973)**. Régime économique et structure du pouvoir : le système des foggaras du Touat Revue de l'occident Musulman et de la Méditerranée, 13-14, pp. 437-459.
19. **GUILLERMOU, Y. (1993)**. Survie et ordre social au Sahara : les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt en Algérie in Cah. Sci. Hum. 29 (1). pp 121-138.

20. **HAGEDON, (1977)**. Dune stabilisation. A survey of literature on dune formation and dune stabilisation. Géographics Universistat wurzbung. pp. 119-141.
21. **Houmyid, M. (1993)**. Guide des techniques de lutte contre l'ensablement projet RAB/98/084. FAO. 91p.
22. **MAINGUET, M. (1991)**. Désertification. Natural back ground and human mismanagement. Springer, series in physical environment, vol9, springer-verlag.306p.
23. **Mainguet, M. et Remini, B. (2004)**. Le rôle des méga-obstacles dans la formation et le façonnement des ergs : quelques exemples du Sahara. Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface.
24. **MAINGUET, M. et DUMAY, F. (2006)**. Combattre l'érosion éolienne : un volet de la lutte contre la désertification. Les dossiers thématiques du CSFD. N° 3. Montpellier : Agropolis. 44p.
25. **MOUDJAHED, N. (2007)**. Protection des routes contre l'ensablement : cas des RN 53, de la RN 53 A, et de la RN 16. In C.R.S.T.R.A, éd. Actes des journées d'études et de sensibilisation sur la quantification du sable en transit éolien et sur la lutte contre l'ensablement. Biskra : C.R.S.T.R.A.pp. 53-71.
26. **NAJAH, A. (1971)**. Le Souf des oasis. Alger : la Maison des livres. 174p.

27. **NESSON, CL. (1975).** L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas-Sahara Algérien, In : recherche sur l'Algérie, Mémoires et document n° 17, Paris, CNRS. pp. 7-99.
28. **OTMANE, T. (2010).** Mise en valeur agricole et dynamiques rurales dans le Touat, le Gourara et le Tidikelt (Sahara Algérien). Thèse de Doctorat en Cotutelle, Université d'Oran, Algérie et Université de Franche-Comté, France.
29. **REMINE, B. (2006).** La disparition des Ghout dans la région d'EL-Oued (Algérie). Larhyss Journal, n° 5, pp. 49-62.
30. **SEBAA, A-k ; BERROUSSI, S ; BOUHANNA, M ; BENAZOUZ, M-T. (2009).** Utilisation des méthodes traditionnelles de lutte contre l'ensablement dans le Bas-Sahara Algérien : le tas de remblai. Journal Algérien des Régions Arides. N° 8. pp. 107-117.
31. **SOLTNER, D. (2005).** Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol et son amélioration 24^e éd. Paris.472p.
32. **TROIN, J-F (dir.) et al. (2006).** Le Grand Maghreb (Algérie, Libye, Maroc, Mauritanie, Tunisie) mondialisation et construction des territoires. Paris : Armand Colin, 383p.
33. **UNSO, (1991).** Sand encroachment control in Mauritania. Tech. Publ. Series, n° 5. Office to Combat Desertification and Drought, New York. 45p.
34. **VOISIN, A-R. (2004).** Le Souf, monographie. EL-Oued : EL Walid. 319p.
35. **Zella, L. et Smadhi, D. (2006).** L'eau la gouvernance et l'éthique. Alger : Office des Publications Universitaires. 131p.
- **LAKHDARI, F. ; SUET P.E. et DRIENCOURT Y. (2000).** Compagne de photographie aérienne au niveau d'Oued Righ et du souf (agriculture oasienne et mise en valeur)
 - **La quasi totalité des photos sont propriétés du CRSTRA**

