



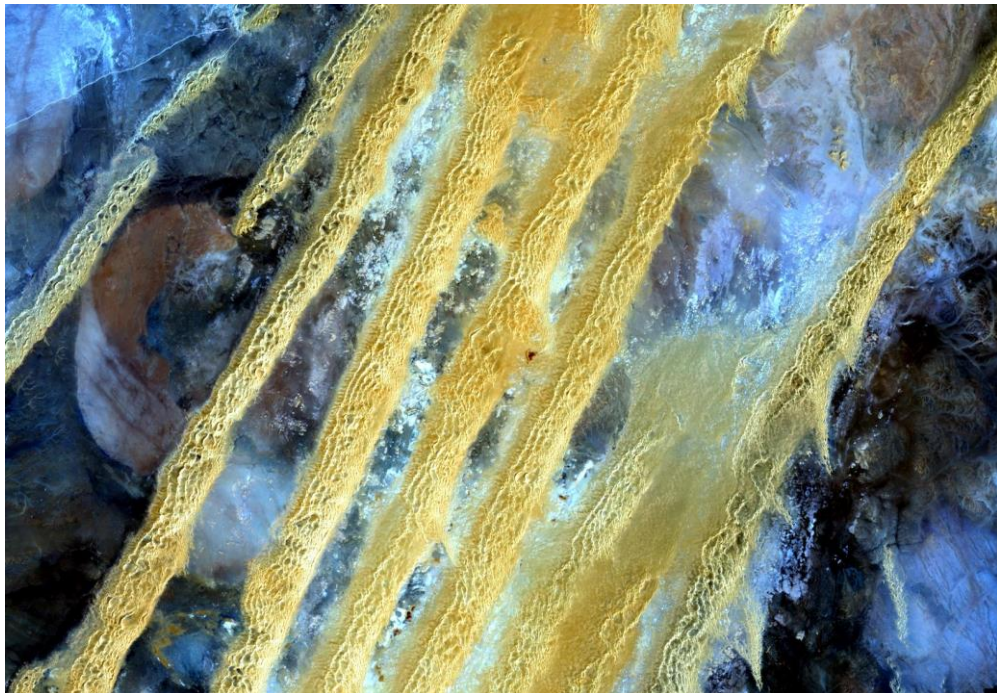
République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ziane Achour –Djelfa



Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences biologiques  
Spécialité M1-EVE

Cours :

## Lutte contre la désertification (LCD)



Réalisé par

Dr. MOUISSA Habib, SNV- UZAD

Mr. GUERINIAI ALI, Conservation des forêts de la wilaya de Djelfa

Année universitaire 2019/2020

## **Objectif du cours**

L'objectif de ce cours est d'offrir aux étudiants une plateforme théorique et pratique sur la désertification, les causes de la désertification, le milieu dunaire et les différentes formes d'accumulation de sable. L'influence des facteurs climatiques sur la formation des dunes, la dynamique et la modalité du transport éolien sont abordés. Enfin les différentes méthodes de fixation des dunes sont exposées. Le cours LCD permettra aux étudiants de la spécialité EVE d'obtenir des notions de base très utiles dans leur progression scientifique (Master et Doctorat).

Des sorties sur le terrain sont programmées pour voir l'expérience Algérienne en matière de lutte contre la désertification et les projets de fixation des dunes au niveau de la station expérimentale de l'INRF de la région EL MESRANE (Wilaya de Djelfa).

## Liste des figures

<b>Titre</b>	<b>page</b>
Fig. 1 : Feux actifs depuis 2000 à ce jours (4/4/2020)	3
Fig. 2 : Voile Sableux	6
Fig. 3 : Forme générale des Barkhanes. (Couloir de barkhanes à Tarfaya, Maroc).	7
Fig. 4 : Dune parabolique	8
Fig. 5 : Dunes linéaires (sifs )	8
Fig. 6 : Dunes longitudinales dans la région de Tindouf (Image Landsat 8)	9
Fig. 7: Dunes pyramides	9
Fig. 8 : Champ en W	10
Fig. 9 : Carte des précipitations de l'Algérie.	11
Fig. 10 : Précipitation moyenne pour les années 1993,1995,2007, et 2009.	11
Fig. 11 : Séries chronologiques des précipitations annuelles (P) et de l'écart cumulé par rapport au P annuel moyen à El Bayadh	12
Fig. 12 : Carte de ruissellement de l'Algérie.	12
Fig. 13 : Carte de la température moyenne de l'Algérie pour l'année 2016.	13
Fig. 14 : Carte des déserts.	14
Fig. 15 : Déflation: les grains de petites dimensions sont emportés par le vent	16
Fig. 16 : Modalité de transport du sable.	17

## SOMMAIRE

<b>Objectif du cours</b>	i
<b>Liste des figures</b>	ii
<b>Sommaire</b>	iii
Introduction	1
<b>CHAPITRE 1 : APERÇU GÉNÉRAL SUR LA DÉSSERTIFICATION</b>	1
1.1. Définitions	1
1.2. Causes de la désertification	1
1.3. Causes naturelles de la désertification	2
1.4. Causes anthropiques	2
➤ Surpâturage et piétinement (Trampling)	2
➤ Éradication des espèces ligneuses	2
1.5. Mécanisme de désertification	3
1.6. Conséquence de la désertification	3
1.7. Lutte contre la désertification	4
<b>CHAPITRE 2 : MILIEU DUNAIRE</b>	5
2.1. Origine des dunes	5
➤ Dune allochtone	5
➤ Dune autochtone	5
2.2. Différentes formes d'accumulations sableuses	5
2.2.1. Les formations sableuses	6
➤ <i>Voile sableux</i>	6
➤ <i>Nebka</i>	6
➤ <i>Barkhane</i>	7
➤ <i>Micro-dune</i>	8
➤ <i>Dune parabolique</i>	8
➤ <i>Dunes linéaires (sifs)</i>	8
➤ <i>Dunes longitudinales</i>	8
➤ Dunes pyramides	9
2.2.2. Champ de dunes	10
➤ Champ en W	10
➤ Champ en râteau	10
• Champ à rides transversales	10
• Champ à rides longitudinales	10
2.3. Influence des facteurs climatiques sur la formation des dunes	10
2.3.1. Pluviométrie	10
2.3.2. Température	13
<b>CHAPITRE 3 : LE VENT ET L'ÉROSION ÉOLIENNE</b>	14
3.1. Définition	14
3.2. Types de vents	14
➤ <i>Vents de poussières</i>	14
➤ <i>Vents de sables</i>	15
3.3. Influence de la rugosité sur l'efficacité du vent	15
3.4. Dynamique des vents	15
➤ <i>Circulation laminaire</i>	15
➤ <i>Circulation turbulente</i>	15
3.5. Dynamique et modalité de transport éolien	15
3.5.1 Dynamique de transport éolien	15
➤ <i>Déflation</i>	15
➤ <i>Corrasion</i>	16

3.5.2. Modalité de transport	16
➤ <i>Suspension</i>	16
➤ <i>Saltation</i>	16
➤ <i>Reptation</i>	17
3.6. Cycle de sable	17
➤ Ablation	17
➤ Transport	17
➤ Dépôt	18
3.7. Influence des caractéristiques édaphiques	18
➤ Texture	18
➤ Humidité	18
➤ Matière organique	18
<b>CHAPITRE 4 : FIXATION DES DUNES</b>	19
4.1. But de fixation	19
4.2. Principales méthodes utilisées	19
4.2.1. Fixation mécanique des dunes	19
4.2.2. Fixation chimique	19
4.2.3. Fixation biologique	20
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

## **Introduction**

La désertification est une problématique environnementale majeure pour le XXI<sup>e</sup> siècle (Anonyme, 2002 ; Ozer et Ozer, 2005). Elle affecte environ un sixième de la population mondiale et un quart de toute la surface émergée de la terre (MEA, 2005).

## **CHAPITRE 1 : APERÇU GÉNÉRAL SUR LA DÉSSERTIFICATION**

### **1.1. Définitions**

C'est « une diminution de la productivité biologique, une réduction de la biomasse végétale, de la capacité utile des terres pour l'élevage, des rendements agricoles et une dégradation des conditions de vie pour l'homme » (FAO, 1993).

La Conférence des Nations Unies pour l'environnement et le développement (1991) et le Sommet de la Terre de RIO en 1992 (Chapitre 12 de l'agenda 21) la définissent comme « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » (PNUE, 1991).

Selon Le Houérou, (1996), la désertification est « l'ensemble d'actions qui se traduisent par une réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal aboutissant à l'extension de paysages désertiques nouveaux à des zones qui n'en présentaient pas les caractéristiques».

Pour Cornet (2002), La désertification est étroitement liée à l'activité humaine, la dégradation des terres constitue à la fois une des conséquences du mal-développement et une entrave majeure au développement durable des zones sèches. D'après Oldache (1978), la désertification est un processus de dégradation du sol qui résulte d'une interaction, souvent complexe entre l'homme, les plantes, les animaux et le climat.

Donc, la désertification est l'un des aspects du déséquilibre des écosystèmes naturels. Elle se traduit par la diminution ou la destruction du potentiel biologique qui fait planer une menace importante non seulement sur les populations de ces régions mais aussi à long terme sur l'organisation économique et sociale toute.

D'après toutes ces définitions, La désertification est l'ensemble des actions humaines qui conduit à la réduction des potentialités biologiques d'une région entraînant l'apparition de condition analogues à celles des impératifs de l'environnement désertique.

### **1.2. Causes de la désertification**

La plupart des auteurs admettent qu'il existe deux causes principales qui agissent simultanément dans le processus de la désertification :

### 1.3. Causes naturelles de la désertification

#### *Facteur eau*

- Faible précipitation.
- Répartition erratique et imparfait du régime des pluies.

#### *Facteur sol*

- Faible recouvrement du sol par les végétaux;
- Sol meuble et sec;
- Une végétation rabougrie et clairsemée;
- Vent violent soufflant sur une surface étendue;
- Dégradation de la structure du sol;
- Sédimentation et envasement.

### 1.4. Causes anthropiques

Par ces actions néfastes, l'Homme est considéré comme étant l'agent essentiel de la dégradation du milieu et de l'évolution régressives du couvert végétal (Le Houérou, 1996).

#### ➤ **Surpâturage et piétinement (Trampling)**

La steppe Algérienne forme un ruban de 1 000 km de longueur sur une largeur de 300 km à l'Ouest et au centre à moins de 150 km à l'Est. Elle s'étend sur plus de 20 millions d'hectares (Benrebiha, 1984 ; Kanoun et al., 2007). Géographiquement, elle se localise entre deux chaînes de montagnes en l'occurrence, l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud. L'office national des statistiques confirme que l'effectif du cheptel ovin en 2009 est de 21 404 584 (têtes) ce qui est presque 4 fois l'effectif signalé les années soixante-dix 70. C'est dans cette aire géographique que se pratique la transhumance des cheptels ovins avec comme but la recherche permanente des pâturages.

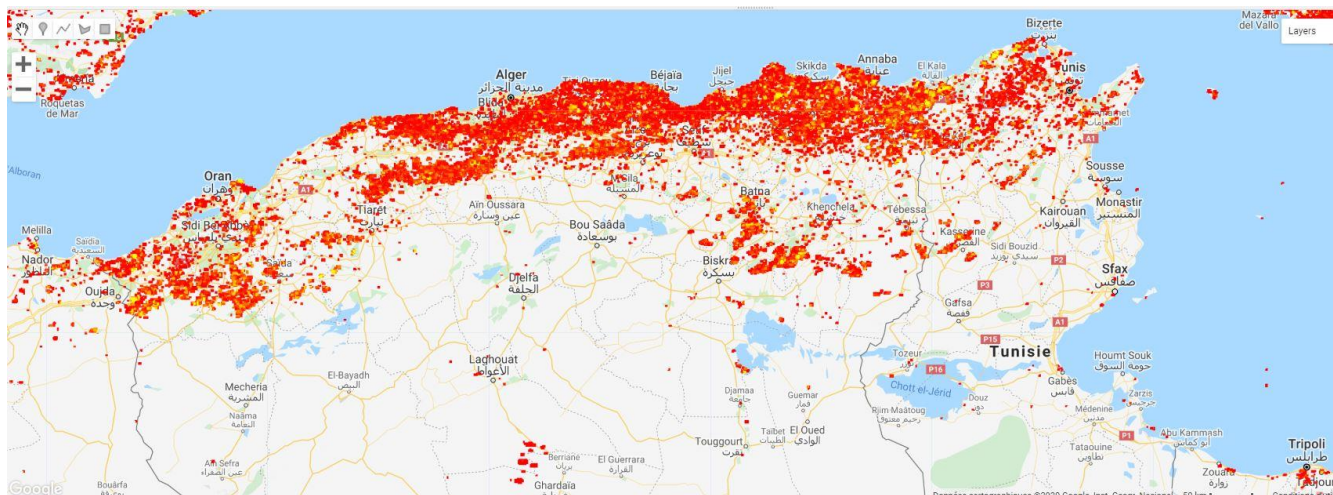
Le surpâturage est défini comme étant le prélèvement d'une quantité végétale supérieure à la production annuelle, le piétinement comme étant l'action de piétiner (flouer avec le pied) les terres qui seront plus compactes. Ces deux derniers sont les deux principales causes de la dégradation du milieu, particulièrement dans les zones arides qui aboutissent à une situation caractérisée par : 1) une réduction du couvert végétal des espèces vivaces; 2) Le développement des espèces non broutées par le bétail, telles que *Paganum harmala* (Harmel).

Le piétinement est un tassement du sol qui conduit à une diminution de sa perméabilité et une augmentation de ruissellement et par conséquent une tendance à l'extension des sebkhas.

#### ➤ **Éradication des espèces ligneuses**

Les besoins en combustibles pour la cuisson des aliments et le bois de chauffage amènent les habitants des régions steppiques à déraciner les espèces ligneuses parfois même celles de petite taille, comme l'armoise (Le Houérou, 1996).

Rabeh CHELLIG, En 1982, a évalué l'arrachage des plantes pour les besoins domestiques au niveau de la steppe d'environ un hectare / famille et /an, ce qui représente une surface de 150.000ha/an.



Source : Google Earth Engine

Fig. 1 : Feux actifs depuis 2000 à ce jours (4/4/2020).

### 1.5. Mécanisme de désertification

La végétation des zones arides et semi –arides provient de la dégradation plus ou moins récente des formations forestières primitives ou éventuellement des steppes arborées (Martínez-Valderrama et al., 2018). A l’heure actuelle, la dynamique serait donc régressive.

Plusieurs chercheurs distinguent pour l’Afrique du Nord Sept étapes dans ce processus de transformation régressive.

- Forêt plus ou moins claire à pin d’Alep, genévrier de Phénicie clairières à Alfa.
- Matorral ouvert à genévrier de Phénicie, Romarin et Alfa.
- Matorral mixte et Alfa.
- Steppe à Alfa avec espèces caractéristiques du pin d’Alep.
- Steppe à alfa et Armoise.
- Steppe à Armoise (*Artemesia herba alba* et *Artemesia compestris*).
- Désertification, végétation messicales post pastorales à *Thymelia hirsuta*, *Paganum harmala* (Harmel), *Herbai chemifolai*.

### 1.6. Conséquence de la désertification

Une fois le processus de la désertification entamée, le phénomène s’entretient par lui-même. Par conséquent les surfaces agricoles utiles diminuants, ce qui toucherait également le cheptel en matière d’alimentation.

Le remise en valeur de ces terres perdus (désertifiées) parait très difficile du point de vue technique et économique.



## **1.7. Lutte contre la désertification**

La lutte contre la désertification reste toujours l'une des préoccupations des pays qui sont touchés par ce fléau. La lutte contre ce phénomène apparait donc comme une nécessité. Parmi les différents moyens de lutte nous pouvons citer notamment :

- L'étude processus de désertification et des facteurs qui l'accroissent.
- La recherche des techniques de lutte adaptées aux différentes situations non seulement écologiques mais aussi socio-économiques.
- La connaissance et l'amélioration des espèces végétales pour des usages variés : protection et production de du fourrage et de bois d'industrie.
- La maîtrise des eaux de ruissellement et leurs utilisations à des fins de productions.
- Le développement de l'hydraulique pastoral.
- La conduite du troupeau et les conditions de l'installation d'un élevage moderne répondront aux normes techniques et socio-économique.
- Appliquer une gestion strictement contrôlée ou le pâturage et l'abattage du bois seraient au minimum sinon interdits de façon à favoriser la régénération de la végétation.
- Créer un réseau de points d'eau avec contrôle des volumes d'eau disponible de façon à disperser le bétail et à alléger les zones actuellement surpeuplées.

## CHAPITRE 2 : MILIEU DUNAIRE

Les dunes ne sont pas spéciales aux déserts, puisqu'on les trouve partout ou en partie découverts sont attaquées par un vent violent (cordons littoraux, lits fluviaux). C'est toute fois dans les déserts qu'elles couvrent la grande surface (Derruau, 1957).

Les dunes de sable se regroupent selon leur répartition géographique en deux grandes catégories.

- **Dunes maritimes** : Elles se forment le long des côtes à partir du sable déposé près de la mer.
- **Dunes continentales** : Ce sont les dunes dont le matériel sableux provient de la désagrégation des roches ou encore de l'abrasion des sols sous l'effet de l'érosion, elle se trouvent partout mais c'est au niveau des déserts qu'elles couvrent les plus grandes étendues.

### 2.1. Origine des dunes

Lorsque le sable est apporté par les courants marins et que son accumulation sur les rivages est importante, il forme des dunes maritimes ou littorales.

Lorsqu'il provient de l'intérieur des terres, il forme des dunes continentales. Pour ce dernier cas, l'origine du sable:

- Peut-être lointaine et on dit que le sable est allochtone
- Peut-être locale et on l'appelle sable autochtone.

#### ➤ **Dune allochtone**

Le sable peut être transporté par le vent et emporté très loin. Ce transport à grande distance porte exclusivement sur des particules dont le diamètre est inférieur à 0,05 mm. Le sable local est plus grossier.

#### ➤ **Dune autochtone**

Sont des édifices de matériel autochtone, c'est à dire repris par le vent sur matériel local.

Selon la FAO (1988), le sable d'origine locale peut provenir :

- De la décomposition de grès qui constituent les roches de montagnes
- De la désagrégation des sols de plaines alluvionnaires suite à la disparition du couvert végétal
- Les limons charriés par les oueds et qui résultent d'une érosion hydrique dans les bassins versants de ces cours d'eau.

Le sable autochtone a une couleur brunâtre assez foncée tandis que celui d'origine allochtone est plus clair, jaunâtre.

### 2.2. Différentes formes d'accumulations sableuses

Les conditions topographiques, la nature et la direction des vents, la présence d'obstacles, les conditions climatiques, tous ces paramètres interviennent dans la forme et les dimensions des accumulations sableuses.

Selon les conditions du milieu, ces accumulations peuvent être soit isolées sous formation élémentaire, soit regroupées dans des champs dunaires.

### 2.2.1. Les formations sableuses

- **Voile sableux** : Le recouvrement est généralement discontinu et peu ou plus ou moins fixé par des espèces spasmophiles. Ce ne sont pas des formations dunaires proprement dite mais plutôt de placages de sable peu épais (quelques centimètres d'épaisseur)



**Fig.2 : Voile Sableux**

Quatre formes caractéristiques du désert. (a) méga-rides, (b) schifflones, (c) creusement derrière un obstacle, (d) petite nebka. Toutes ces structures sont très courantes dans les zones désertiques pour peu que le vent soit unidirectionnel. Source (Hersen, 2005)

- **Nebka** : C'est un dépôt sableux provoqué par un obstacle (végétal, roche, etc..), sur trajectoire la des particules sableuses en mouvement (FAO,1988).

Le sable s'accumule sous le vent formant un monticule en forme de point de fléché, la taille de la nebka est généralement réduite de quelques décimètres en hauteur et de 1 à 4 m de longueur.

Une Nebka s'édifie rapidement en quelques jours de vent fort de direction constante. Elles peuvent se détruire aussi rapidement, certaines sont de formes fugitives caractéristiques du dernier vent de sable. Elle indique une mobilité du sable à l'échelle locale.

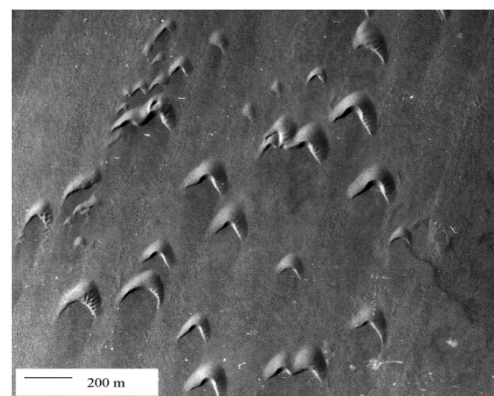
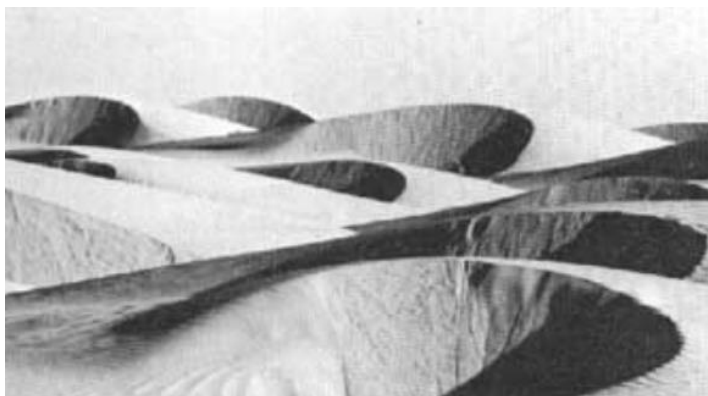
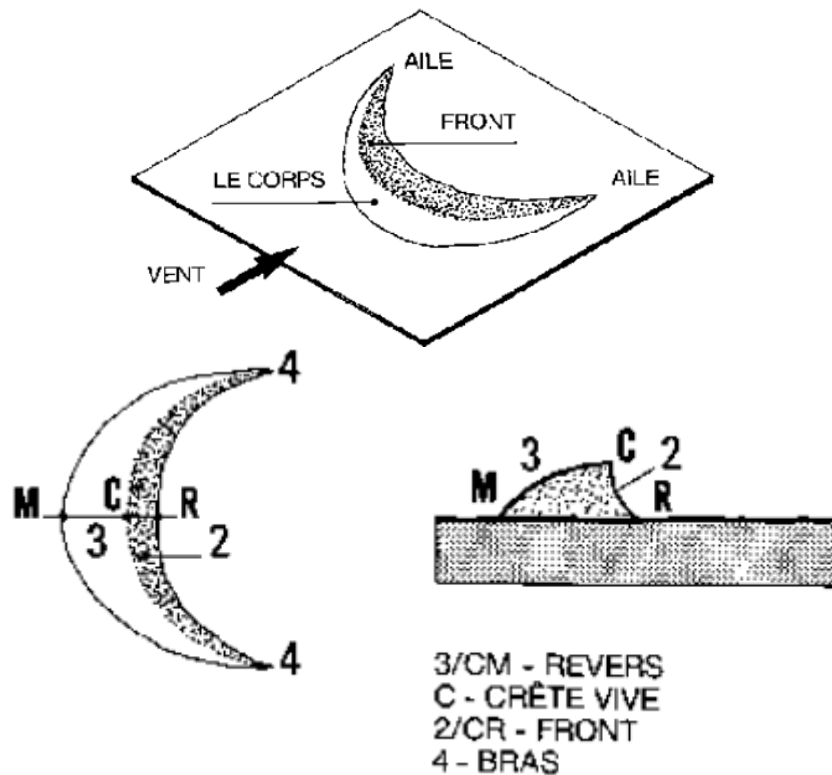
La taille de l'obstacle peut jouer un rôle dans la forme de la nebka. Les obstacles larges sont souvent suivi d'une Nebka de forme moins allongée que les obstacles étroits (Callot et al., 1994).

- **Barkhane** : Une Barkhane est une dune libre mobile en croissant dont le versant convexe est face au vent, tandis que les deux ailes disposées de part et d'autre d'un axe de symétrie s'allongent en flèches courbées sous le vent, déterminant une concavité.

Leur dimension peut atteindre les 10 m de hauteur et 30 à 50 m de diamètres (Oldache, 1988).

La barkhane est une dune en croissant, elle indique le sens et la direction du dernier vent efficace (Callot et al., 1994, 1987)

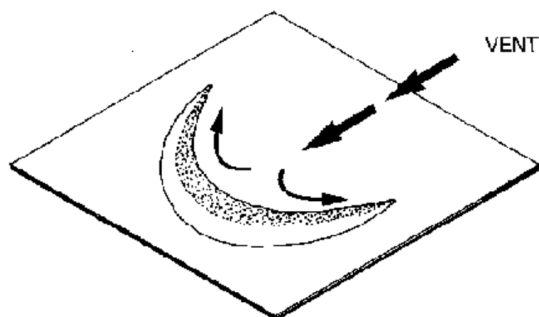
Les conditions de leur genèse sont un vent dominant, une source de sable dont le diamètre varie de 0,125 à 0,350 mm, une topologie plane sous couvert végétal très peu dense (Mainguet, 1991).



Source : (Hersen, 2005)

Fig.3 : Forme générale des Barkhanes. (Couloir de barkhanes à Tarfaya, Maroc).

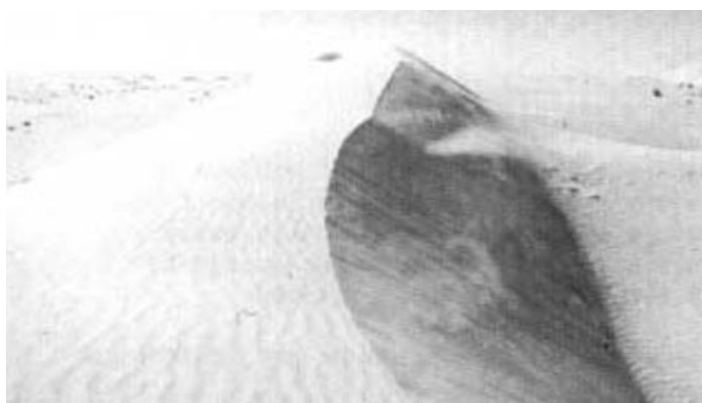
- **Micro-dune** : Cette formation désigne des accumulations sableuses généralement plus importantes que les nebkas. Ces micro dunes sont des formes sociales et se regroupent en association avec les dunes vives de l'erg. La hauteur des micro-dunes varie entre 1 et 2 mètres, ces dernières sont souvent colonisées et fixées par touffes de *Psammophytes vivaces* (*Aristida pungens*).
- **Dune parabolique** : C'est une dune dissymétrique en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation. Sa disposition par rapport à la direction du vent est inverse de celle de la barkhane. La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée.



**Fig.4 : Dune parabolique**

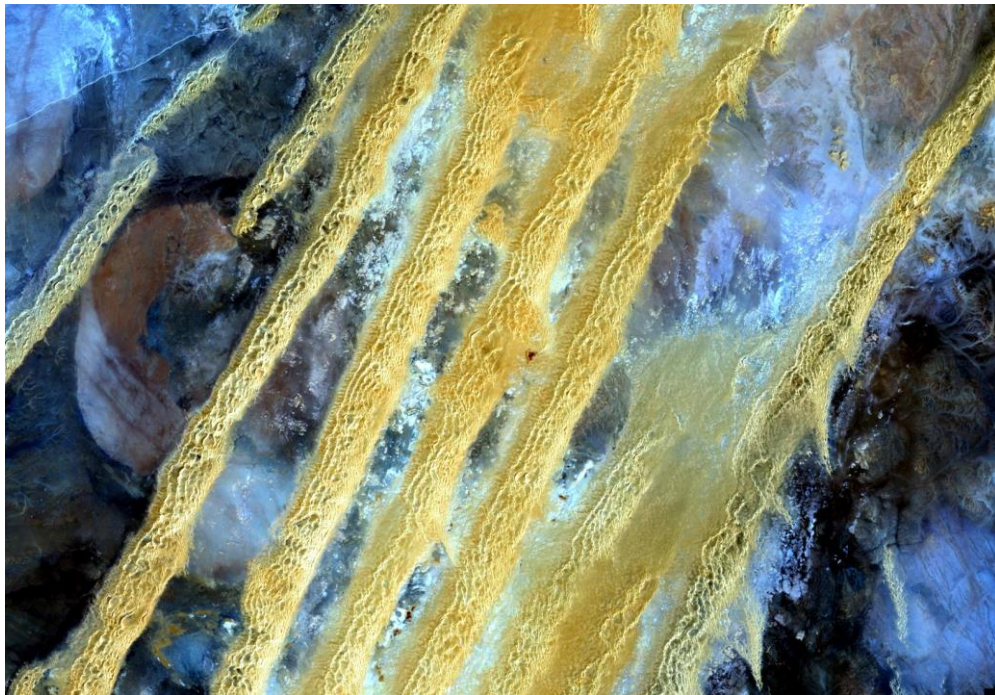
- **Dunes linéaires (sifs)** : Ce sont des édifices allongés étroits de forme étirée sur toute leur longueur, ils possèdent deux cotés à pente forte qui se rejoignent en une crête active (FAO,1988). Sa longueur est toujours plusieurs fois plus grande que sa largeur. En moyenne les sifs ont de 2 à 3 kms de long et 30 à 150 mètres de large. Quelquefois ils peuvent être discontinus et assemblés en rides pouvant atteindre 30 à 40 kms de longueur.

Les dunes linéaires se produisent dans un environnement aride parcouru par deux vents dominants de direction différente, ou par un seul vent dominant dont les filets d'air ont été divisés par des irrégularités topographiques. La direction de ces dunes est oblique par rapport au vent résultant annuel. Le mouvement d'une dune linéaire se fait par allongement.



**Fig.5 : Dunes linéaires (sifs)**

- **Dunes longitudinales** : Ce sont des accumulations sableuses parallèles et séparées par des couloirs dunaires (couloirs de déflation) au sens du vent dominant. Leur masse globale est immobile. Ces cordons longitudinaux sont différents des dunes linéaires par leur bilan sédimentaire négatif (exportation de sable) (Mainguet, 1991). Ils s'alignent dans la direction des vents dominants contrairement aux sifs qui sont obliques par rapport à la direction résultante annuelle.



**Fig. 6 : Dunes longitudinales dans la région de Tindouf (Image Landsat 8)**

- **Dunes pyramides** : Une dune pyramides appelée aussi (ghourd) est une colline de sable en forme de pyramides, du sommet de laquelle s'échappent trois ou plusieurs bras dont le profil est en dièdre. Ces dunes se forment dans les zones où le vent n'a pas de direction privilégiée (Oldache, 1988).



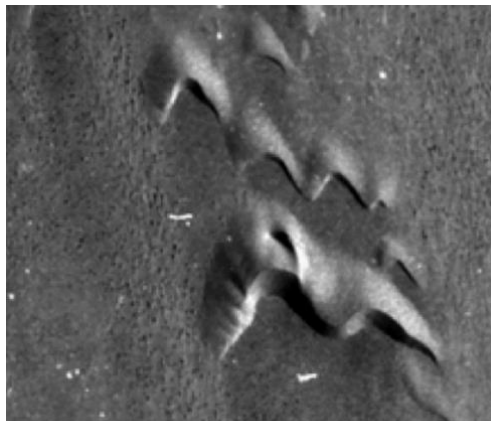
Source : (Hersen, 2005)

**Fig. 7: Dunes pyramides.**

### 2.2.2. Champ de dunes

Un champ de dunes est une région constituée par un assemblage de dunes. Nous distinguons les champs de dunes formés par l'associations des formes individuelles déjà étudiées.

- **Champ en W** : D'après (Hersen, 2005), les barkhanes se juxtaposer et se fondre (ces collisions sont souvent observables à partir des photographies aériennes de champ de dunes), elles donnent alors des alignements désignés du nom de dunes en W.



100 m

**Fig. 8 : Champ en W** (Hersen, 2005)

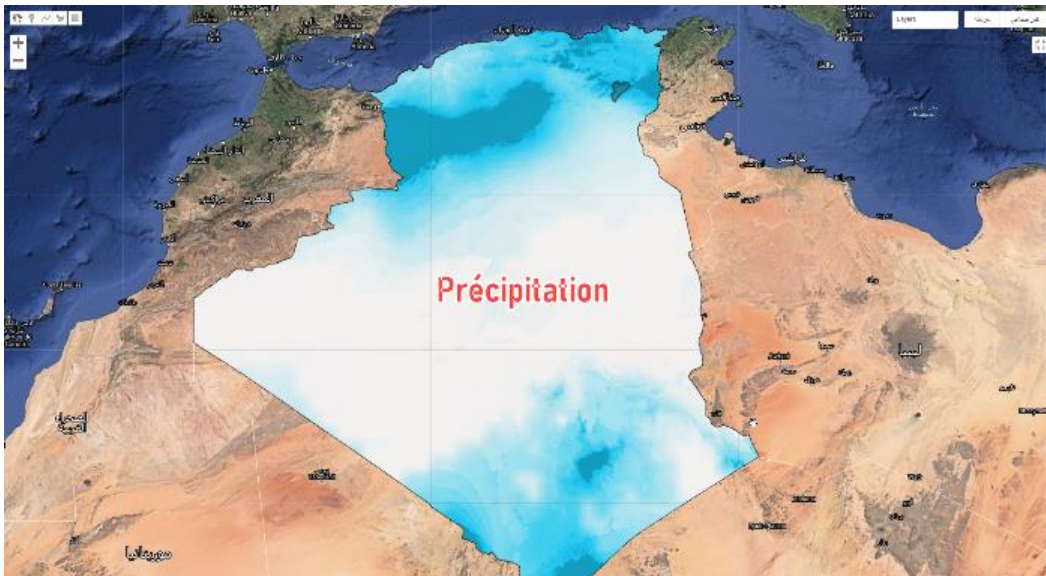
- **Champ en râteau** : Plusieurs dunes parabolique associées constituent un champ en râteau (Oldache,1988).
- **Champ à rides transversales** : Pour Higgins et al. (1974), les rides de sable transversales sont disposées à angles droits par rapport aux directions des vents, elles sont formées sous des vents opposés, de forces semblables (l'angle entre vents dominants d'été et vents d'hiver est supérieur à 120°).
- **Champ à rides longitudinales** : Ce sont des chaînes souvent plus rouges à sommet aplati, très souvent ondulent, séparées par des couloirs à plancher sableux ou rocheux (Rougerie,1962)

Selon Higgins et *al.* (1974), les rides de sables longitudinales sont allongées parallèlement à la direction des vents dominants.

## 2.3. Influence des facteurs climatiques sur la formation des dunes

### 2.3.1. Pluviométrie

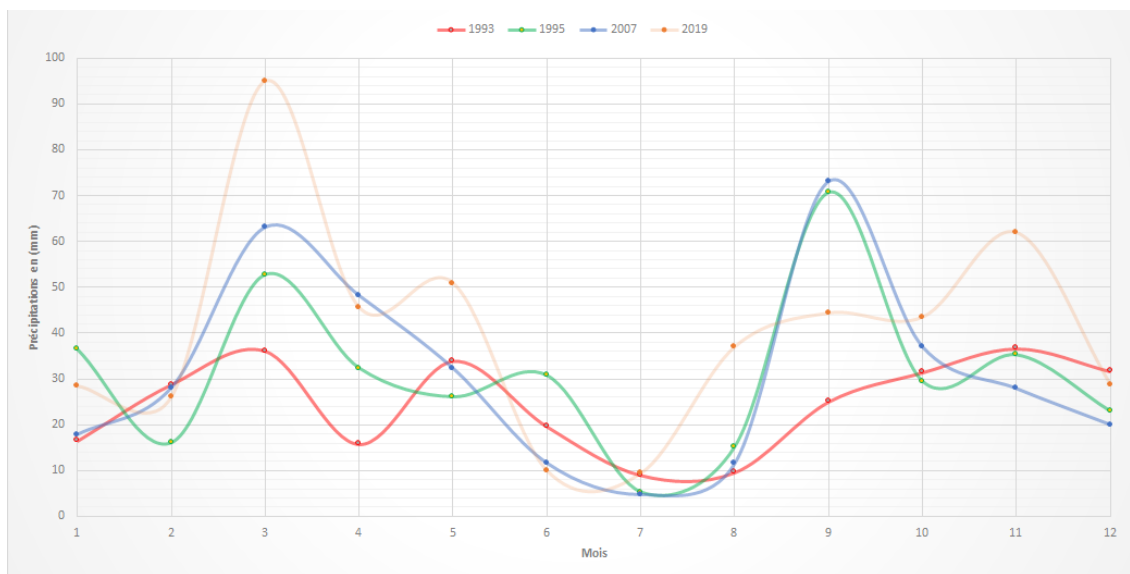
Les zones arides se caractérisent par une succession d'années sèches et d'années humides, dans ces zones la pluviométrie est inférieure à 400 mm/an (Kadik,1982).



Source : Google Earth Engine

**Fig.9 : Carte des précipitations de l'Algérie.**

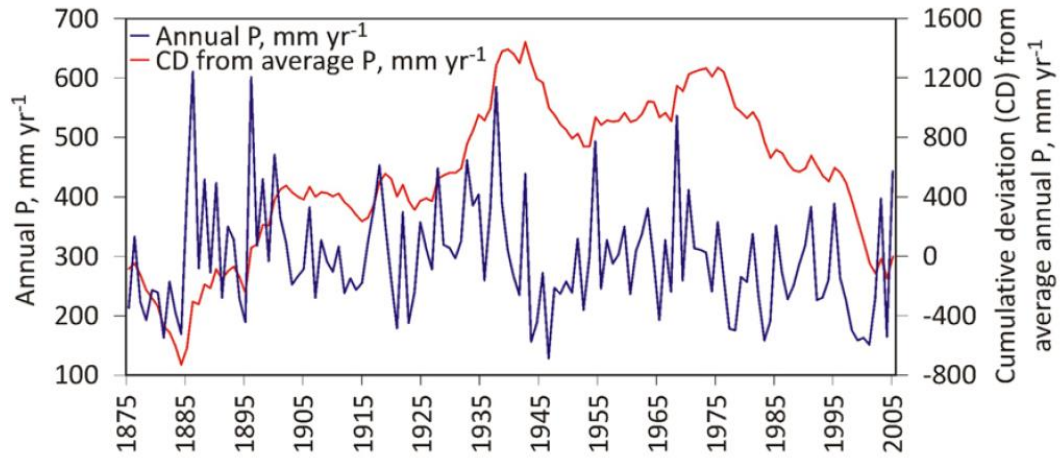
La pluviométrie est très irrégulière et mal répartie au cours de l'année.



Source : Chakali et al. (Non édité).

**Fig. 10 : Précipitation moyenne pour les années 1993,1995,2007, et 2009.**





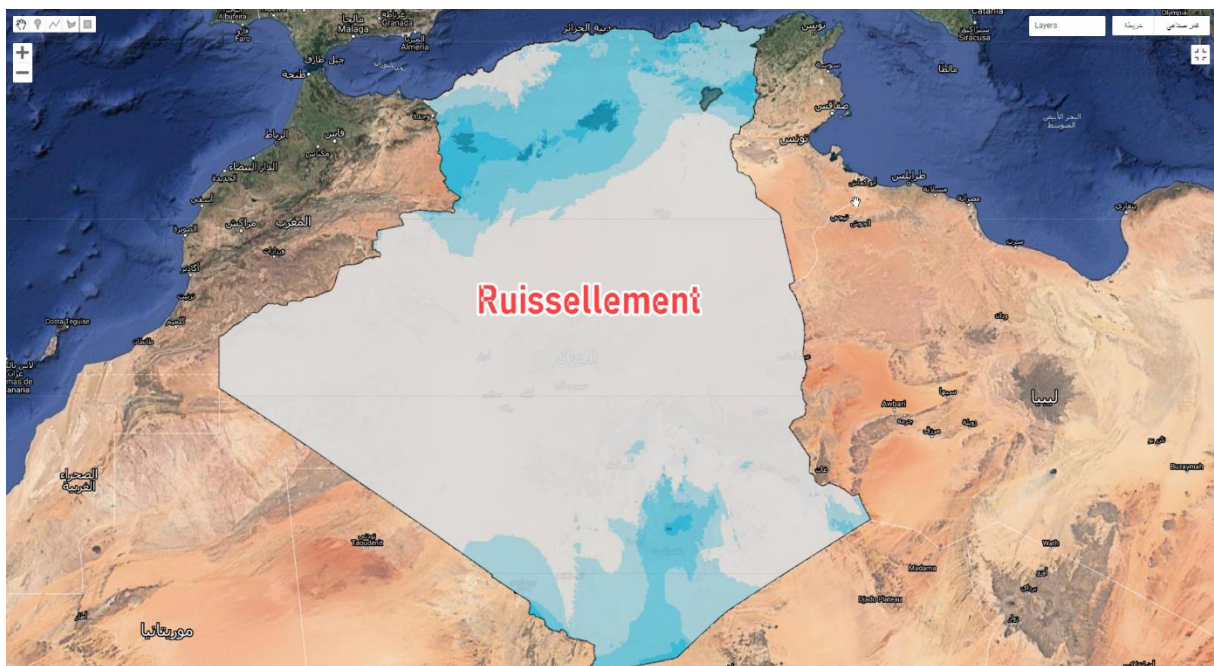
**Fig. 11 : Séries chronologiques des précipitations annuelles (P) et de l'écart cumulé par rapport au P annuel moyen à El Bayadh (Slimani et al., 2010)**

En Algérie, il y a deux sortes de pluies :

- Orageuses locales et violentes, qui se produisent durant la saison chaude surtout sur les façades abruptes du versant montagneux Nord de l'Atlas saharien, elles prennent le plus souvent l'aspect de pluies torrentielles.
- Pluies généralisées, moins drues, elles tombent durant toute la saison froide.

Au niveau du versant montagneux de l'Atlas Saharien, ces pluies jouent un rôle très important dans le transport des matériaux meubles par ruissellement.

Le ruissellement est favorisé par : 1) l'absence d'une couverture végétale; 2) la nature de la pluie et 3) la pente forte.



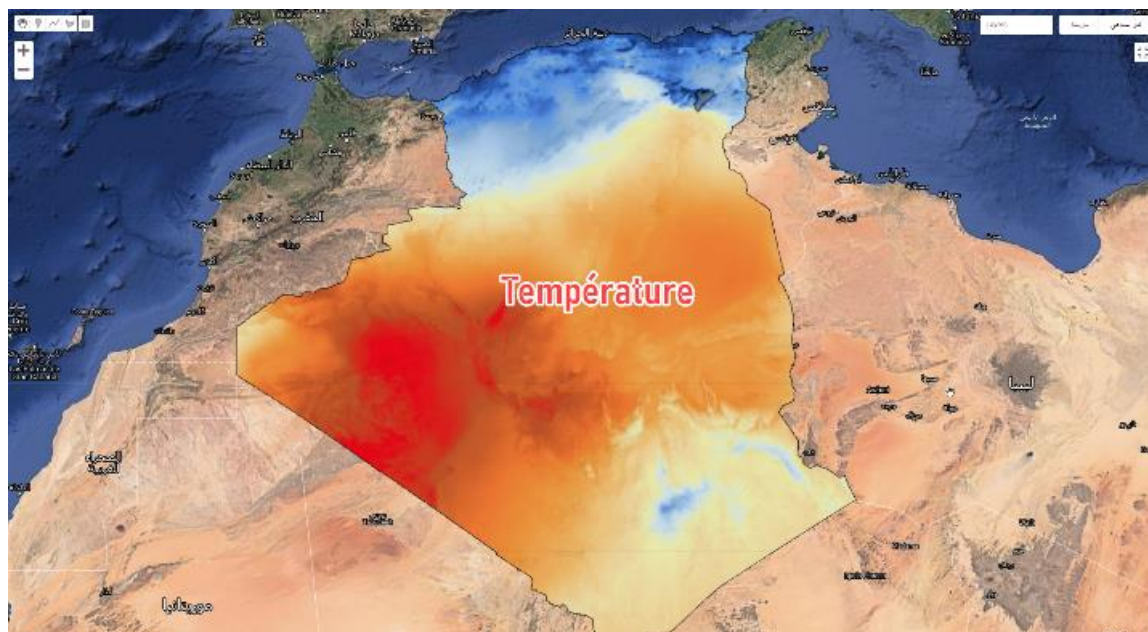
Source : Google Earth Engine

**Fig. 12 : Carte de ruissellement de l'Algérie.**

### 2.3.2. Température

Ce sont des zones soumises aux gelées en hivers et aux fortes chaleurs en été. Dans les zones désertiques, l'amplitude est assez élevée et peut atteindre 35 C°, elle exprime le caractère continental du climat.

Les variations de température agissent sur la texture la plus fine de la roche et libèrent les grains de sable constitués de grès qui sont ensuite exportés.



Source : Google Earth Engine

Fig. 13 : Carte de la température moyenne de l'Algérie pour l'année 2016.

## CHAPITRE 3 : LE VENT ET L'ÉROSION ÉOLIENNE

Les régions dans lesquelles l'action du vent entraîne des effets graves englobent le Nord de l'Afrique, les régions arides et semi-arides au Nord du Sahara, l'Afrique méridionale aride, certains secteurs de l'Asie méridionale, le centre de l'Australie, et le Sud de l'Amérique (FAO, 1988).



<http://mag.bouts-du-monde.com/planete/desert.htm>

Fig. 14 : Carte des déserts.

### 3.1. Définition

Le vent est une masse d'air en mouvement selon une composante horizontale, l'air s'écoule des hautes pressions atmosphériques (anticyclone) vers des basses pressions atmosphériques (cyclone ou dépression).

Alors qu'un tourbillon est un déplacement d'air autour d'un axe, l'inclinaison verticale variable ; la vitesse du vent y est multipliée par cinq, d'où sa grande efficacité d'érosion et de transport (Mainguet, 1991)

Toute action liée au vent, est dite éolienne (EOLE : dieu du vent selon la Mythologie Grecque)

En générale, on parle de vent efficace lorsque sa vitesse est supérieure à un seuil critique à partir duquel le soulèvement des particules du sol et leur transport deviennent possibles. Selon (Callot., 1987), une étude de migration des sables doit négliger toutes les valeurs d'une vitesse inférieure à celle de la mise en mouvement des sables (4 et 6 m).

Une expérience faite par Mainguet (1991) montre qu'il faut une vitesse de 7 m/s pour le décollage d'une particule et une vitesse et une de 3m/s suffisante pour maintenir les particules en saltation.

### 3.2. Types de vents

Il faut d'abord différencier les vents de poussière et les vents de sable.

- **Vents de poussières** : Sont des vents qui transportent des particules de diamètre inférieur à 1/6 mm (Dubief, 1943). Les vents de poussière non accompagnée de sable sont plus fréquents dans la région subdésertique que dans le désert, ce sont des phénomènes à l'échelle intercontinentale (Dubief, 1943)

- **Vents de sables** : Les vents de sable sont tous les vents transportant une quantité important de sable d'un diamètre supérieur à 1/6 mm (0,0625 mm) au-dessus d'une surface de plusieurs Kilomètres carrés (Dubief, 1943). Le diamètre le plus fréquent est compris entre 0,3 et 0,15mm (Dubief,1952).

Le vent de sable proprement dit se produit lorsqu'un vent pas nécessairement fort, mais très turbulent souffle sur un sol de sable meuble et très sec (ergs, sebkhas); il se manifeste par l'arrivée d'un '*Mur de sable*' s'élevant de 1000 à 2500 m et même 3500 m (Dubief, 1943).

### 3.3. Influence de la rugosité sur l'efficacité du vent

La vitesse du vent à proximité du sol varie selon la rugosité, elle-même liée à la topographie et la couverture végétale.

Les plantes basses accroissent la rugosité du sol, elles diminuent efficacement la vitesse du vent , tous les autres s'accordent sur ce fait; les résultants expérimentaux ont montré que la couverture végétale atténue l'influence du vent (Mainguet, 1991).

### 3.4. Dynamique des vents

Le vent se déplace de différentes manières selon la vitesse.

- **Circulation laminaire** : La circulation se fait sur une faible épaisseur au-dessus du sol, en mouvements réguliers parallèle à la surface du sol (Dubief, 1943). Mainguet (1991), estime que pour une surface nue à peu près plane entre 0,03 et 2,5 mm, la vitesse du vent est nulle sur une faible hauteur au-dessus de niveau, la circulation de l'air est régulière ou « laminaire ».
- **Circulation turbulente** : La variation de la vitesse la plus importante s'observe dans les premiers mm ou cm au-dessus de la surface, c'est la couche de turbulence. Cette couche de turbulence engendre les formes entraînant le mouvement des particules.

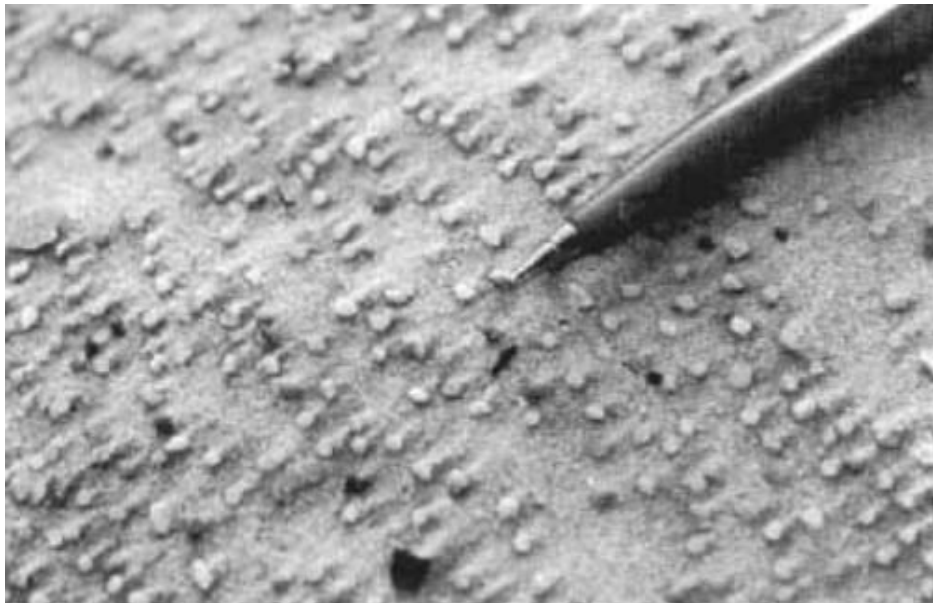
La vitesse du vent est aussi en fonction de la résistance du sol, cette dernière varie selon sa texture sur une surface caillouteuse lors de la saltation, la trajectoire des grains est plus longue, les chocs sont moins fréquents, il faudra donc moins d'énergie pour déplacer des grains que sur une surface sableuse ; c'est là un des mécanismes de la croissance des dunes, le sable étant un meilleur frein au transport éolien des particules sableuses que la roche nue ou les regs (Mainguet,1983).

### 3.5. Dynamique et modalité de transport éolien

#### 3.5.1 Dynamique de transport éolien

Le vent érode par déflation et corrasion

- **Déflation** : La déflation est essentiellement un vannage, c'est-à-dire l'entraînement des particules les plus fines laissant ainsi les particules les plus grossières en place. ce vannage aboutit à un véritable pavage de cailloux, protégeant les élément fins qu'il recouvre, ce paysage est la reg (Derruau, 1957).



**Fig. 15 : Déflation: les grains de petites dimensions sont emportés par le vent.**

Source :

<http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f04.htm#1.%20les%20m%C3%A9canismes%20de%20mouvement%20a%20l'%C3%A9chelle%20des%20particules>

- **Corrasion** : La corrasion est l'attaque mécanique de la surface sur laquelle souffle un vent chargé de particules (vent armé), notamment de grains de quartz, cette action est surtout sensible au voisinage du sol, car la charge diminue au-dessus d'une certaine hauteur de l'ordre de 1 à 2m (Derruau, 1957).

La corrasion joue le rôle le plus important dans la formation des roches en forme champignons constatées dans le désert.

### 3.5.2. Modalité de transport

Selon la taille des particules et la vitesse des vents, le transport éolien est divisé en trois types : suspensions, saltation et reptation (voir figure).

- **Suspension**

Ce mécanisme

de déplacement concerne les particules les plus fines, celles dans le diamètre est inférieur à 0,01 mm (Mainguet, 1991). Une fois parvenues dans la couche turbulente elles peuvent être soulevées à de grandes hauteurs par les courants d'air ascendants et former des nuages de poussière atteignant fréquemment des altitudes de 3 à 4.000 mètres.

La vitesse de dépôt des particules est faible, les particules peuvent rester en suspensions dans l'air pendant de longues périodes (Oldache ,1988).

- **Saltation**

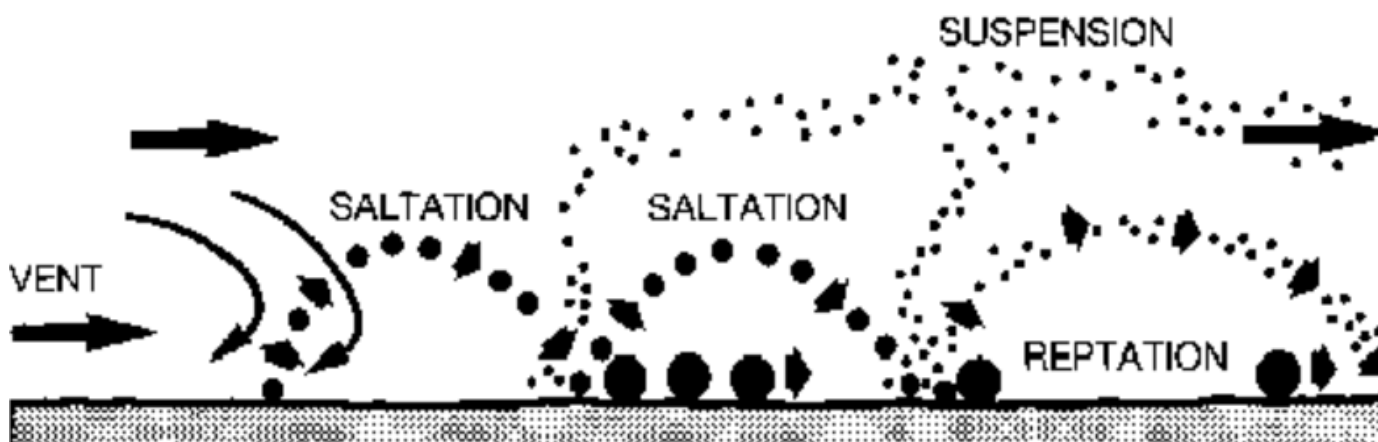
Le mouvement initial des particules du sol est une série de sauts (FAO,1988). Le diamètre des particules en saltation est compris entre 0,5 et 1,1 mm. Après avoir sauté, les particules retombent sous l'action de la pesanteur. La partie descendante de la trajectoire est très inclinée vers le sol et pratiquement rectiligne. Peu de particules atteignent une altitude supérieure à 1 m et environ 90 % entre elles font des sauts inférieurs à 30 cm. L'amplitude horizontale d'un saut est généralement comprise entre 0,5 et 1 m.

Le phénomène de saltation est indispensable pour amorcer l'érosion éolienne. Il est la cause de deux autres modes de transport des éléments du sol par le vent: la reptation en surface et la suspension dans l'air (FAO,1988).

➤ **Reptation**

Les particules de plus grande dimension roulent ou glissent à la surface du sol. Trop lourdes pour être soulevées, leur mouvement est déclenché par l'impact des particules en saltation plutôt que par l'action du vent. Les particules qui se meuvent ainsi ont des diamètres compris entre 0,5 et 2 mm suivant leur densité et la vitesse du vent.

Une expression faite par Capot-Rey (1970) montre que le poids du sable déplacé en reptation représente entre 1/3 et 1/4 du poids total du sable.



**Fig.16 : Modalité de transport du sable.**

<http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f04.htm#1.%20les%20m%C3%A9canismes%20de%20mouvement%20a%20l'%C3%A9chelle%20des%20particules>

### 3.6. Cycle de sable

Les régions de sable passent par trois stades dès le moment où ils sont enlevés par le vent jusqu'à la retombé sur le sol.

➤ **Ablation**

Les grains les plus fine sont entraînés les première et tant que la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du seuil correspondant aux plus gros grains, le déplacement du sable continue (Capot-Rey, 1970)

La force d'érosion du vent dépend de sa vitesse, celle-ci détermine en effet la taille et par conséquent la qualité des éléments qui pourront être arrachés du sol.

➤ **Transport**

La plus grande partie des grains est entraînée en saltation et en reptation, une proportion très faible seulement en suspension; la qualité des matériaux mis en mouvement est fonction de l'étude du terrain soumis à l'action du vent. En effet, chaque particule déplacée favorise à son point d'impact le départ d'autres particules.

### ➤ **Dépôt**

Selon Capot-Rey, (1970), le dépôt des grains s'effectue de trois façons :

- Lorsque les particules arrivent au sol à une vitesse horizontale trop faible, elles peuvent être reprises par le vent ou peuvent sédimenter. C'est le seul mode de dépôt à envisager pour les grains de sable très fins transportés en suspension.
- Les grains de sable sont poussés sur la surface jusqu'à ce qu'ils aient une position abritée.
- Lorsqu'il y a une dénivellation brusque, en creux ou en relief, la reptation est arrêtée, tandis que la saltation peut continuer. Les grains qui ont roulé sur le versant au vent se déposent dès qu'ils ont franchi la crête par ce qu'ils sont à l'abri du bombardement de la saltation qui les poussait en avant.

### **3.7. Influence des caractéristiques édaphiques**

Selon FAO (1988), l'érosion éolienne est la manifestation de l'attaque du sol par le vent, ce type d'érosion a toutes les chances de se produire quand le sol présente les caractéristiques suivantes :

- Meuble, sec et finement émiette;
- Surface uniforme;
- Couverture végétale absente ou clairsemée;
- Zone suffisamment étendue dans le sens du vent.

Selon Pouget (1980), le sol dunaire est classé comme étant un sol minéral brut d'apport éolien.

### ➤ **Texture**

La texture des sols dunaires est fine (sable siliceux peu calcaire) est constitué par un ensemble de matériaux avec environ 90% du sable dont les dimensions varient de 160-300  $\mu\text{m}$  (Pouget, 1980).

### ➤ **Humidité**

Le taux d'humidité sur la dune est en fonction de plusieurs paramètres à savoir :

- La position topographique sur la dune;
- L'exposition (face au vent ou sous le vent);
- La période des prélèvements sur la dune.

### ➤ **Matière organique**

Le taux de matière organique (MO) est relativement faible en sol dunaire par rapport aux autres milieux, cette faible présence est due à la nature du couvert végétal (faible recouvrement).

La décomposition de la matière organique est très lente et cela est en grande partie due à la faible activité des micro-organismes.

## CHAPITRE 4 : FIXATION DES DUNES

La fixation des dunes mobiles est un problème capital dans un plan d'aménagement des terres en vue de leur conservation. Ces dunes de sable mouvant sont le plus souvent dépourvues de végétation. Elles correspondent à des superficies perdues, non utilisées par l'homme, et constituent une menace constante pour les sols fertiles des régions avoisinantes, l'agglomération humaine, les forêts, les routes, etc.).

### 4.1. But de fixation

Le principal but est d'empêcher le mouvement de la dune pendant un temps assez long pour permettre à la végétation de s'installer.

### 4.2. Principales méthodes utilisées

La lutte contre l'ensablement consiste avant tout à favoriser la colonisation des dunes mobiles, par des espèces végétales susceptibles de se perpétuer. Le choix peut être porté sur des essences utiles, il s'agit donc d'une opération de mise en valeur avant tout.

Vue le mouvement auxquels sont soumises les dunes vives, il est nécessaire de procéder au préalable à leur fixation par des moyens mécaniques. Ainsi donc l'opération comporte deux actions :

- Fixation provisoire à l'aide des moyens mécaniques.
- Mise en valeur pour la fixation biologique.

#### 4.2.1. Fixation mécanique des dunes

La fixation mécanique doit être entreprise sur toute la dune à l'exception de celles recouvertes de végétation et des espaces inter-dunaire, le traitement de la dune doit être intégral de la base au sommet.

Le principe de la fixation mécanique consiste à ériger des obstacles capables à la fois de freiner la vitesse du vent (par effet brise-vent) et d'interdire tout déplacement de grains de sable au-delà de la zone d'accumulation.

A l'heure actuelle, les matériaux utilisés comme obstacle ou barrière sont diversifiés, on peut citer à titre d'exemple : Maille plastique noire ou verte, Branchage de pin d'Alep, Pneus usés, Palmes sèches...etc.

#### 4.2.2. Fixation chimique

Cette technique consiste à pulvériser le produit chimique (un dérivé pétrolier) sur le sable.

L'utilisation du bitume a pour rôle de coller les particules de sable et empêcher leur déplacement par le vent. L'épandage se fait de plusieurs façons :

- Épandage du Bitume en bandes parallèles.
- L'épandage du Bitume se fait partiellement sur le sommet de la dune, la surface pulvérisée par le Bitume dépend de la dimension de la dune.

#### 4.2.3. Fixation biologique



Les travaux de la fixation mécanique doivent être suivis par les travaux de fixation biologique qui permettent d'assurer un recouvrement permanent des dunes ; comme pour la fixation mécanique, la dune devra être traitée intégralement de la base au sommet.

Un premier objectif à mettre en place un rideau végétal arbustif ou arborescent, le long et de part et d'autres des fascines (palissades) destinées à remplacer rapidement l'effet protecteur de cette dernière. Nous aurons donc recours ici à des espèces à croissance rapide, résistantes au froid et à la sécheresse.

D'une façon générale, les principaux caractères adaptatifs des plantes dunaires sont :

**Pour l'appareille aérien :**

- Résistance au mitraillage par le sable projeté, cuticule épaisse.
- Résistance à la sécheresse, réduction de la surface foliaire, feuilles grasses pouvant s'enrouler.
- Résistance à l'ensemble fort croissance verticale des tiges et des feuilles, émission des racines adventives, multiplication végétative.
- Synchronisation avec les saisons favorables.

**Pour l'appareil souterrain :**

- Résistance au déchaussement, pivot très profond, multiplication des Rhizomes.
- Résistants à la sécheresse : encaissement très profond (nappe).
- Colonisation des sables nus : Rhizomes horizontaux traçant.

**NB :** Pour voir la liste des espèces utilisées pour la fixation des dunes veuillez consulter la page suivante :

<http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f0b.htm#2.1%20les%20esp%C3%A8ces%20utilisables%20sur%20les%20dunes>

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, 2002, World development report 2003, Sustainable development in a dynamic world: transforming institutions, growth, and quality of life. Oxford University Press : World Bank. 272 p.
- Benrebiha A. 1984, Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques : cas de la coopérative pastorale d'Ain Oussera (W. Djelfa). Mémoire de Magister, INA, Alger (Algérie), 160p.
- Callot, Y., 1987, Géomorphologie et paléoenvironnements de l'Atlas Saharien au Grand Erg Occidental: dynamique éolienne et paléo-lacs holocènes, (Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris) Mémoires des Sciences de la Terre, 87-21.
- Callot, Y., Mering, C., Simonin, A., 1994. Image-analysis and cartography of sand hill massifs on high resolution images: Application to the Great Western Erg (NW of Algerian Sahara). *Int. J. Remote Sens.* <https://doi.org/10.1080/01431169408954359>
- Capot-Rey, R., 1970. Remarques sur les ergs du Sahara. *Ann. Geogr.* <https://doi.org/10.3406/geo.1970.19801>
- Cornet, A., 2002. La Désertification à la croisée de l' environnement et du développement Un Problème qui nous concerne, in: Johannesburg 2002. Sommet Mondial Du Développement Durable. Quels Enjeux ? Quelle Contribution Des Scientifiques ?
- DERRUAU, M., 1957. Précis de Géomorphologie. *Soil Sci.* <https://doi.org/10.1097/00010694-195703000-00018>
- Henareh Khalyani, A., Mayer, A.L., Falkowski, M.J., Muralidharan, D., 2013. Deforestation and landscape structure changes related to socioeconomic dynamics and climate change in Zagros forests. *J. Land Use Sci.* 8, 321–340. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.667451>
- Hersen, P., 2005. Morphogenese et Dynamique des Barchanes. Université Paris VII.
- Kusserow, H., 2017. Desertification, Resilience and Re-greening in the African Sahel &ndash; A matter of the observation period? *Earth Syst. Dyn. Discuss.* 1–33. <https://doi.org/10.5194/esd-2017-4>
- Le Houérou, H.N., 1996. Climate change, drought and desertification. *J. Arid Environ.* <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0099>
- Mainguet, M., 1991. Desertification: natural background and human mismanagement. *Desertif. Nat. Backgr. Hum. mismanagement.* <https://doi.org/10.2307/3451508>
- Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Del Barrio, G., Alcalá, F.J., Sanjuán, M.E., Ruiz, A., Hirche, A., Puigdefábregas, J., 2018. Doomed to collapse: Why Algerian steppe rangelands are overgrazed and some lessons to help land-use transitions. *Sci. Total Environ.* 613–614, 1489–1497. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.058>
- MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis, World Health.
- Ozer, A., Ozer, P., 2005. Désertification au Sahel : crise climatique ou anthropique? *Bull. Séanc. Acad. R. Sci. O.-m. Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet.*
- Pouget, M., 1980. SOL-VEGETATION dans les steppes sud-algéroises, ORSTOM. ed. 2e trim. 1980 I.S.B.N. : 2-7099-0564-7.
- Slimani, H., Aidoud, A., Rozé, F., 2010. 30 Years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification. *J. Arid Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.10.015>