

LES ENVIRONNEMENTS SEDIMENTAIRES

II. LE MILIEU DESERTIQUE (EOLIEN)

II.1. INTRODUCTION : La caractérisation des dépôts dus à l'action **des vents**, essentiellement **des dunes** fossiles, est difficile. Il s'agit en effet de sédiments meubles formés à l'air libre, aisément remaniés par les eaux.

- Les sédiments éoliens consistent surtout en sables dont la dimension des grains varie entre **0,06** et **2 mm**. La fraction argileuse et les micas ont été vannés. Au niveau des particules, le vent conduit à un façonnement accusé : les **grains sont ronds et mats (L'aspect de la surface des grains)**, les **galets** (La forme et l'arrondi des galets) présentent des **facettes (windkanTERS)**.
- Le classement est toujours bon.
- La stratification est constituée par d'épais faisceaux de lamines obliques, généralement concaves vers le ciel.
- Leur pente est importante : elle peut atteindre **40°**. Mais les directions de leur plongement varient beaucoup en raison des fluctuations du régime des vents. **Des ripple-marks** se forment à la surface des dunes. Mais il n'existe jamais de **rides d'oscillation**.

Durant les temps quaternaires, les fines poussières véhiculées par les vents sur de grandes distances ont donné naissance au **laess**. Le diamètre des particules est compris entre **0,015** et **0,045 mm**. Ces dépôts sont dépourvus de litage. Des gastéropodes pulmonés et des ossements de vertébrés y sont préservés.

Lorsque, dans un **sable** ou dans un **grès**, les **grains émoussés luisants** représentent **plus de 30 %** de l'ensemble des particules, on peut affirmer que **leur usure** s'est faite **en milieu marin**. Quand cette valeur est **inférieure à 20 %**, la **nature fluviatile ou marine** de l'agent de transport **ne peut être précisée**.

II.2. ABLATION ET TRANSPORT PAR LE VENT

Pour concevoir les processus de la glyptogénèse, il paraît opportun de passer en revue le comportement des agents de l'érosion, d'une part selon le matériel qui leur est soumis et d'autre part selon les milieux d'altération et les climats.

Mode de transport

II.2.1. érosion éolienne

A. Action érosive : l'action érosive du vent revêt deux formes :

1. la déflation

2. la corrasion

Cette action érosive n'exerce d'une façon importante que dans les régions arides à couverture végétales réduite ou absente.

1-Deflation : c'est l'effet de balayage exercé par les variations diverses de température et d'érosion mécanique par le vent sur les surfaces rocheuses dont les éléments sont déjà désagrégés. On lui doit :

-le Reg : ce sont de vastes étendues où les éléments fins ont été emportés et il ne reste que la pierraille et les cailloux (**Fig.55**).



Fig.55.Reg

2- Corrasion : les particules transportées par le vent sont projetées avec une certaine force contre les obstacles et les burinent. On obtient plusieurs formes :

a. dans les roches hétérogènes : les parties dures restent en saillie et les portions tendres sont creusées. Ainsi s'expliquent beaucoup de surfaces rocheuses à cannelures subhorizontales.

b. la base des rochers est surtout attaquée par le sable ne se déplaçant à ras du sol, ainsi que se forment les rochers en champignons dit le "sabat" ou à allure tabulaire, appelée "Hamadas" (Fig.56).



Fig.56. Les rochers en champignons(Le Sabot) ou tables éoliennes.

c. les tourbillons de sable peuvent donner lieu à des formes de **corrasion** très spéciales :

1. des excavations en formes d'entonnoirs : c'est une érosion alvéolaire comparable au **Taffoni** (ce sont des alvéoles d'origine encore mystérieuse ; elle n'affecte que les parois verticales ou des surplombs des roches dénudées dures ou durcies : granites, tufs rhyolitiques) (**Fig.57**).



Fig.57. Formation des taffonis (cavités)

2. L'érosion karstique : elle est spéciale aux roches solubles.

3. Les cailloux sont guillochés ou polis : il se forme aussi des cailloux à facettes légèrement convexes : *Dreinkanter* ou *windkanter* (Fig.58).



Fig.58. Dreinkanter

4. Les grains de sable : ils prennent une forme arrondie et leur surface est dépolie (marque de choc) : ce sont des grains **Rond Mat (RM)** (Fig.58).



Fig.59. Les grains Ronds-Mats (RM) indiquent un transport par le vent

5. Les **yardangs** : crêtes sculptées dans les sédiments de piémonts et les terrasses (Fig.60).



Fig.60. yardangs

6. Le classement est toujours bon.

7. La **stratification** est constituée par d'épais faisceaux de **laminés obliques**, généralement concave vers le ciel. Leur pente peut atteindre **40°**. Mais les directions de leur plongement varient beaucoup en raison des fluctuations du régime des vents (**Fig.61**).



Fig.61. Stratification obliques dans un dépôt éolien

8. Les **ripples marks (les rides)** se forment à la surface des dunes. Ce sont des ondulations centimétriques qui couvrent la surface des dunes. Leur crête est perpendiculaire à la direction du vent. Comme les dunes, elles sont asymétriques. Leur longueur d'onde est de l'ordre de la dizaine de cm pour un sable moyen. Il n'existe jamais de rides d'oscillation (**Fig.62**).



Fig.62. Les ripples marks (les rides)

B. Transport éolien :

Trois facteurs essentiels interviennent dans le transport éolien :

1. La sécheresse : le sable sec et pulvérulent est plus facile à enlever que les sables humides qui a tendance à s'agglomérer.

2. La vitesse et turbulence du vent : les vents de tempête tourbillonnaire peuvent, sur la surface lisse, faire glisser, rouler des cailloux et les accumuler en petits amas.

3. La dimension des particules :

- Les particules poussiéreuses (comprise entre **0,03 à 0,06 mm**) sont transportés en **suspension** dans l'air (**10 m/s**) sur plusieurs centaines de kilomètres (**100 km**) : des poussières sahariennes ont été recueillies en Suède, à plus de **4000 km** de leur origine.

- Les grains grossiers (**0,5 mm à 1 mm**) sont déplacés par **roulage (traction ou reptation)**.

- Les grains moyens (**0,1 mm à 0,5 mm**) effectuent des bonds successifs jusqu'à 2 m de hauteur (**Saltation**).

- Leur transport se fait au ras du sol et par **sauts** successifs sur des distances variables (**quelques 10 m à plusieurs km**) (**Fig.63**).

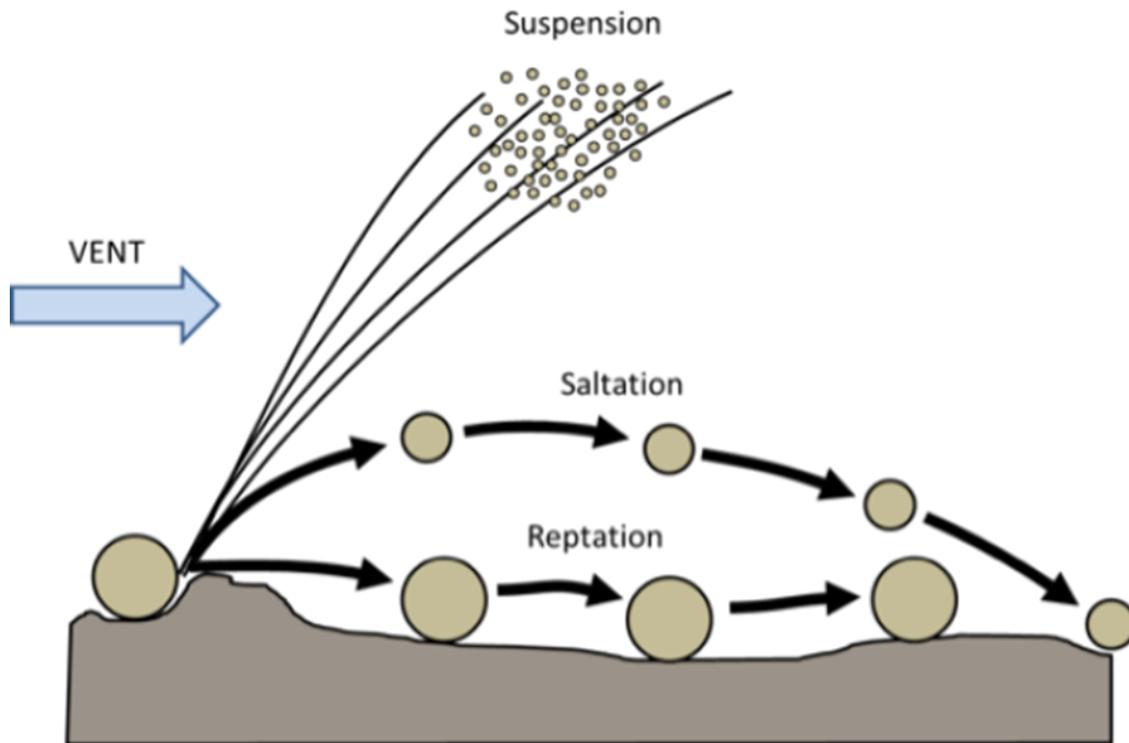


Fig.63. Les trois modes de transport éolien

II.3. DEPOTS EOLIENS :

1. Dunes
2. Löss
3. Formations éoliennes anciennes

1. Dunes : il y a deux types :

a. Dunes maritimes ou côtières : elles se sont formées actuellement le long des côtes basses et sableuses disposées **perpendiculairement à la direction du vent**. Les dunes côtières se sont donc formées de par l'action conjointe entre le **transport de sable par le vent** et la **fixation par la couverture végétale** tout en étant alimentées en sable par la plage (**les nebkhas**).

a.1. Nebka (ou Nebkha) :

C'est un dépôt sableux provoqué par un obstacle (végétal, rocheux...) sur la trajectoire des particules sableuses en mouvement. Une nebkha présente une pente douce sous le vent et une forte pente au vent. Vue en plan, leur forme est ovoïde avec la pointe la plus fine sous le vent. La **dimension** d'une nebkha est de **quelques décimètres de hauteur et de 1 à 4 m de long**. Une

nebkas s'édifient 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 (Fig.64)**.



Fig.64. Des dunes côtières en bordure littorale (les nebkhas)

Les caractéristiques morphologiques des nebkhas sont principalement contrôlées par les espèces végétales, notamment :

Les nebkhas se sont développés respectivement sous forme de monticules coniques à allongés et de monticules de forme hémisphérique ou sous forme de dôme allongé.

Les paramètres qui président à la formation des dunes côtières sont :

1) La force du vent de mer : le transport de sable sera d'autant plus important que le vent est fort.

2) La quantité de sable mobilisable, liée par exemple à l'amplitude de la marée et / ou au (budget sédimentaire) de la plage.

3) La nature et la densité de la couverture végétale, qui pourra freiner le sable et favoriser ainsi son accumulation, ou bien, si le couvert végétal se développe rapidement, fixer le sable et empêcher le déplacement des dunes.

Selon la **quantité de sable disponible et la force du vent**, il se formera soit des dunes **paraboliques** soit des **barkhanes** ou des **rides barkhanoïdes**, isolées ou coalescentes.

b. Dunes continentales ou aériennes : elles se forment dans des régions arides des continents (désert). Elles possèdent des formes et des tailles variées qui dépendent du régime des vents, de la granulométrie du sable et du volume de matériel disponible. On distingue trois grands types de dunes (**Fig.65**) :

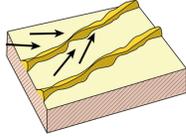
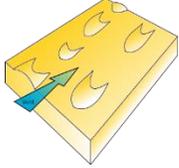
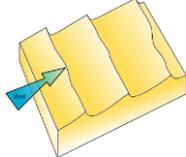
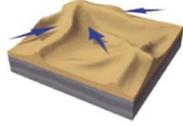
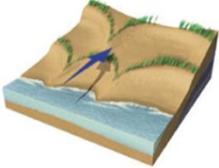
Types de dunes	Dunes longitudinales (linéaire)	Barkhanes	Dunes transversales	Dunes en étoile	Dunes paraboliques
Aspect					
Caractéristiques	Parallèles à la direction du vent	Dunes en croissant convexes cote de l'arrivée du vent	Perpendiculaires à la direction du vent	Résultent de la dynamique d'un courant de vent de plusieurs directions	Dunes en croissant concave cote de l'arrivée du vent

Fig.65. Différents types de dunes continentales

b.1. Les dunes perpendiculaires au vent : dunes transverses, dunes paraboliques, Barkhanes.

b.1.1. Les dunes transverses :

- Environnements à **forte apports en sables** et avec une direction majoritaire de vent (**Fig.66**).
- Crêtes linéaire sub-linéaire perpendiculaire au vent.
- Stratifications obliques planes vont se superposer à la migration des dunes.

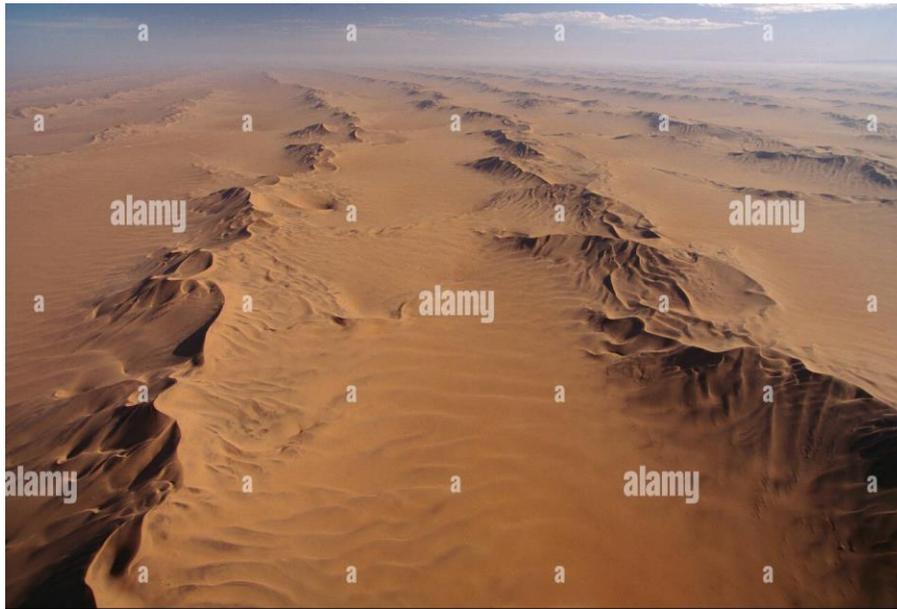
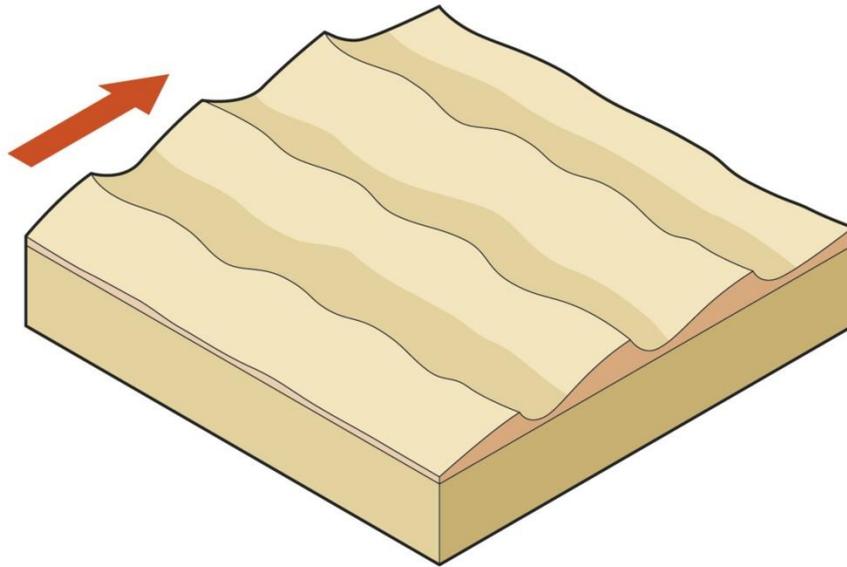


Fig.66. Les dunes transverses

b.1.2. Les barkhanes : Une diminution des apports en sable conduit à la formation de Barkhanes. Ce sont des dunes de petites dimensions en formes de croissant à profil **dissymétrique**, édifiées sur certaine surface plate et désertique. Une Barkhane typique fait environ **10 m** de haut, **100 m** de corne a corne et s'étend sur **100 m** dans le sens du vent. La face des cornes située sous le vent est très incurvée (**Fig.67**).

- Ce type de dune a une morphologie stable jusqu'à des variations dans la direction du vent de **15°** environ par rapport à la direction moyenne

- Les barkhanes sont **des dunes mobiles**.
- Stratification oblique en **auge**.



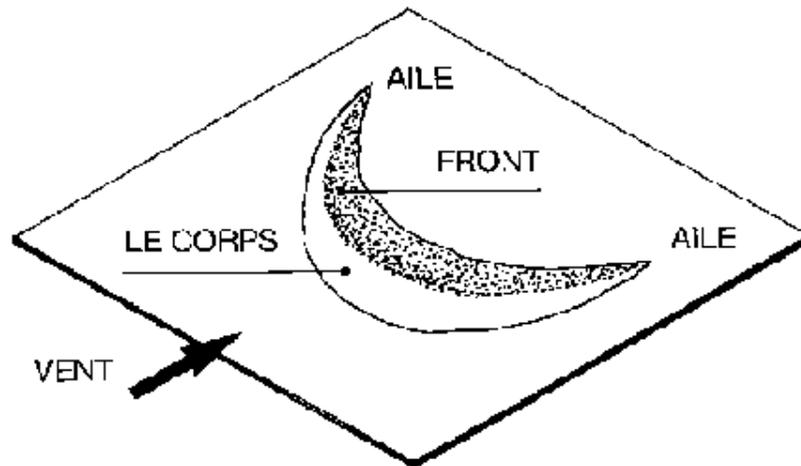


Fig.67. Les barchanes

b.1.3. Les dunes paraboliques :

- Les dunes en parabole sont communes dans de nombreuses **zones côtières** et dans les **zones semi-arides**.
- Ces dunes se caractérisent par leur forme en **U (en forme de fer à cheval)**.
- Elles mesurent de **100 à 500 m de longueur** et de **10 à 70 m de hauteur**.
- Elles sont associées à des zones avec un couvert végétal modéré et avec un régime de vent unidirectionnel. Leur morphologie est inversée par rapport aux **barchanes (Fig.68)**.
- La **dune parabolique est peu mobile** et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée.

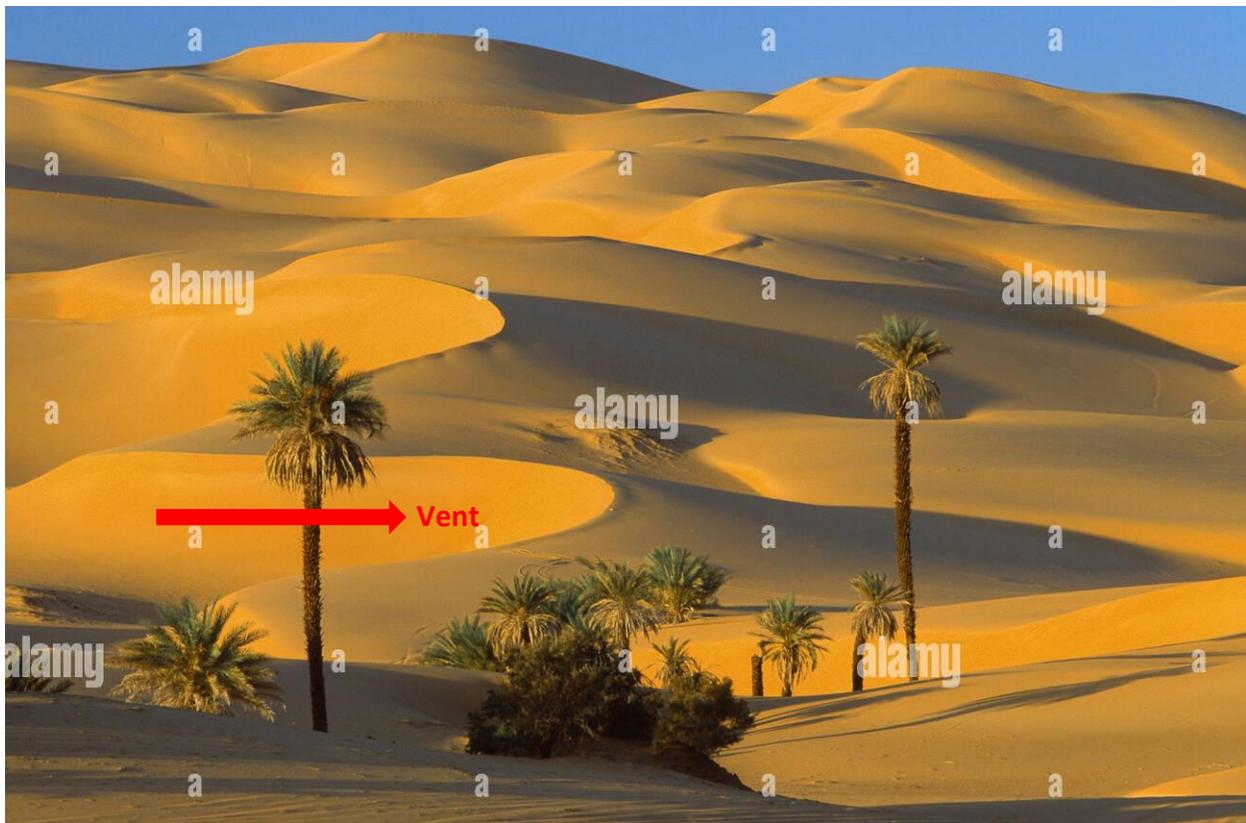
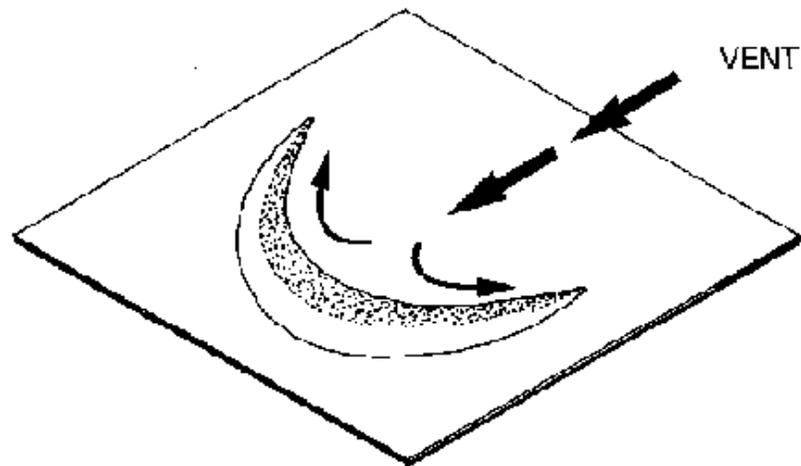


Fig.68. Les dunes paraboliques

Selon les **cornes des croissants**, on distingue deux grands types de dunes (**Fig.69**):

- Cornes des croissants **tournées vers le vent** : dunes paraboliques.
- Cornes des croissants **tournées sous le vent** : barkhanes ou rides barkhanoïdes.

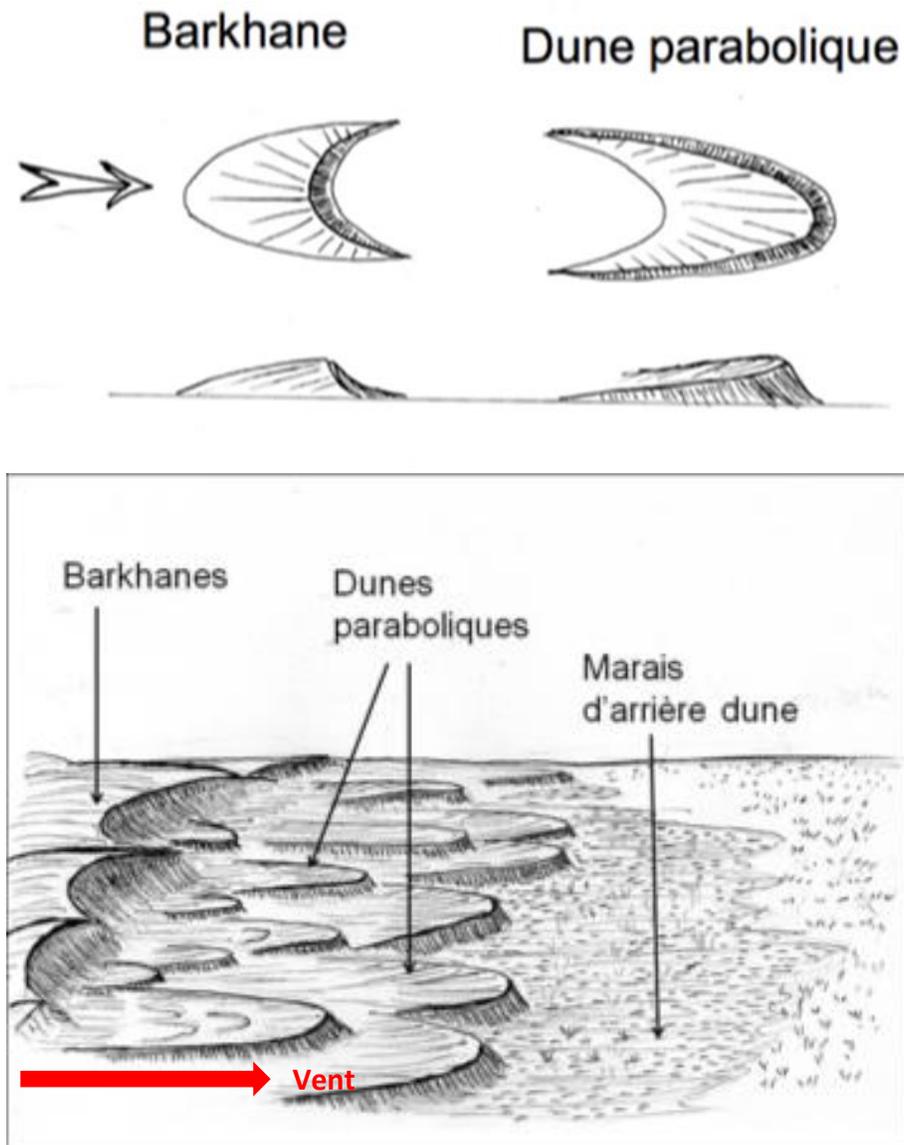


Fig.69. Différence entre les dunes paraboliques et Barkhanes

b.2. Les dunes longitudinales ou linéaires ou parallèles au vent ou Seif :

- Lorsque deux régimes de vents majoritaires à peu près perpendiculaires dominant dans une région.
- Une morphologie linéaire.
- Les dunes linéaires se développent dans des zones avec des régimes de vent provenant d'un **même secteur** mais avec une importante variabilité directionnelle (un seul vent dominant dont les filets d'air ont été divisés par les irrégularités topographiques).

- Elles se produisent aussi dans **des zones arides parcourues par deux régimes de vent bidirectionnels**, et très rarement, dans des zones avec des régimes **directionnels de vents complexes (Fig.70)**.
- En coupe, stratifications obliques bidirectionnelles.

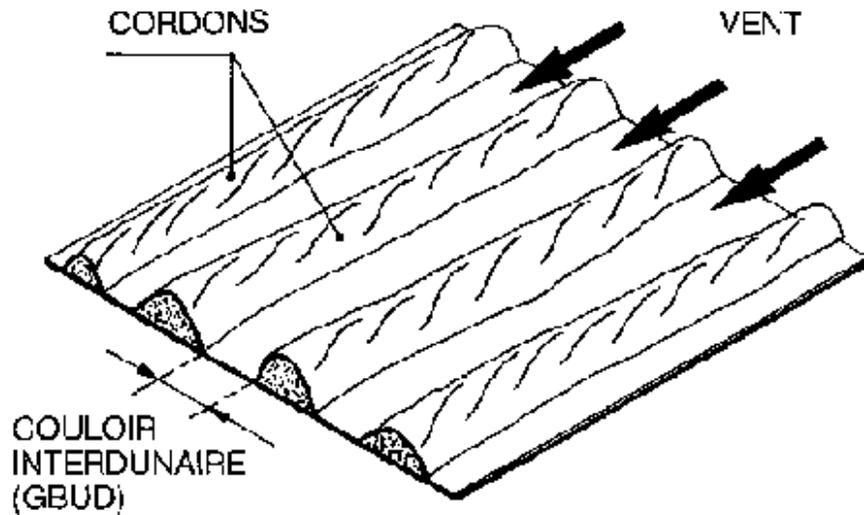


Fig.70. Les dunes longitudinales ou Seif :

b.3. Les dunes de formes complexes : en dôme, en étoile, pyramidales.

- Les dunes en formes de dômes sont des constructions circulaires de faible hauteur.
- Les dunes en étoiles ont un point central d'où partent au moins trois crêtes.
- Leur structure est interprétée comme résultant de l'interaction de vents soufflant dans des dans des régions à régime de **vent multidirectionnel** avec un **fort rapport en sable**.
- Les dunes en étoile sont associées aux régimes de vent multidirectionnels, avec un transport net annuel relativement réduit. Elles naissent à la convergence de plusieurs flux éoliens et sont **pratiquement immobiles**.
- La partie supérieure des dunes en étoile présente une forte pente, avec des valeurs entre **15°** et **30°**. La base est très large et à pente faible, entre **5°** et **10°**.
- Stratification oblique associée est complexe (**Fig.71**).



Fig.71. Les dunes de formes en étoile.

A ces roches, issues des dunes, a donné le nom **éolianites** (Fig.72). Pour rappeler leur origine, leur structure est parfois très caractéristique : sédimentation entrecroisée a forts pendages et ripples marks.



Fig.72. Des dunes fossiles ou éolianites

2. Lœss : le lœss est un limon de teinte jaune paille, au toucher farineux et pulvérulent. Il renferme à l'origine jusqu'à **50%** de calcaire, et il est riche en argile. Il est très poreux et très imperméable à l'eau. Il est dépourvu de stratification.

Remarque : le "lœhm ou lehm" est une argile silteuse, jaune, grise ou rougeâtre, utilisée comme terre à briques, correspondant le plus souvent à la partie supérieure et décalcifiée (niveau éluvial) d'une couche de lœss. Il constitue une terre arable dont la valeur agricole incontestable.

3. Formations éoliennes anciennes : Dans la nature, il existe plusieurs formations inhérentes à l'action du vent. On peut citer les plus importantes :

1- les cinérites : les cendres volcaniques peuvent être transportées par le vent à des distances considérables. Le "Bim" est une pierre de ponce rejetée par le volcan.

2- les grandes séries gréseuses rouges : il y a trois catégories de grès rouges d'origine éolienne dans la nature sur de très vastes étendues et dans différents époques. Citons :

a) Les Vieux-Grès-Rouges = "Old Red Sandstones" (Dévonien)

b) Les Nouveaux-Grès-Rouges = "New Red Sandstones" (Permo-Trias)

c) Les Très-Vieux-Grès-Rouges (Précambrien III et du Cambrien)

Ces grès renferment une grande part d'éléments éoliens qui ont été remaniés par le ruissellement.

3- Les dunes consolidées Quaternaires : il y a des dunes consolidées d'âge quaternaire ancien et moyen, en bordure de la Méditerranée.

II.4. LA SEQUENCE EOLIENNE :

Dans le domaine désertique chaud, c'est le classique domaine de la **rhéxistasie éolienne** avec sa trilogie :

- Falaise burinée et/ou à Taffoni
- Zone de transit à Dreinkanter (Reg)
- Dune d'accumulation (erg)

Les cours d'eau temporaire, engendrent des cônes très plats, riches en galets calcaires. Dans les dépressions s'accumule le natron (mélange de sel et de carbonates)

Exemple d'autre type séquence éolienne (**Fig.73**) :

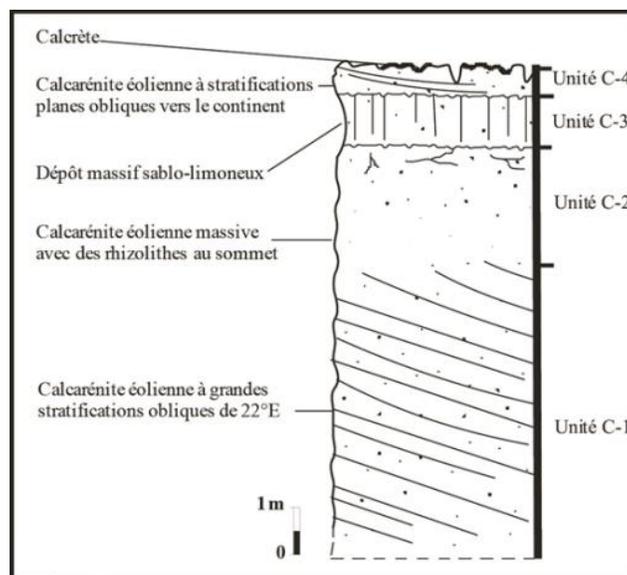


Fig.73. Exemple de séquence de dépôt éolien (Maroc)

II.5. CARACTERISTIQUES DES DEPOTS EOLIENS :

- **Lithologie** : sable et silt
- **Minéralogie** : quartz, rarement des carbonates.
- **Texture** : silts bien à très bien classés à sable moyen
- **Contenu paléontologique** : Les dépôts terrestres peuvent contenir de rares fossiles : débris de vertébrés, traces de racines, mollusques (pulmonés, ex : ***Natica***)
- **Géométrie** : feuilles ou lentilles de sable.
- **Structures sédimentaires** : structures entrecroisées à grande échelle, litage et stratification parallèle dans les sables.
- **Paléocourant** : L'orientation des dunes reconstruite à partir de la stratification croisée indique la direction du vent (**Fig.74**).

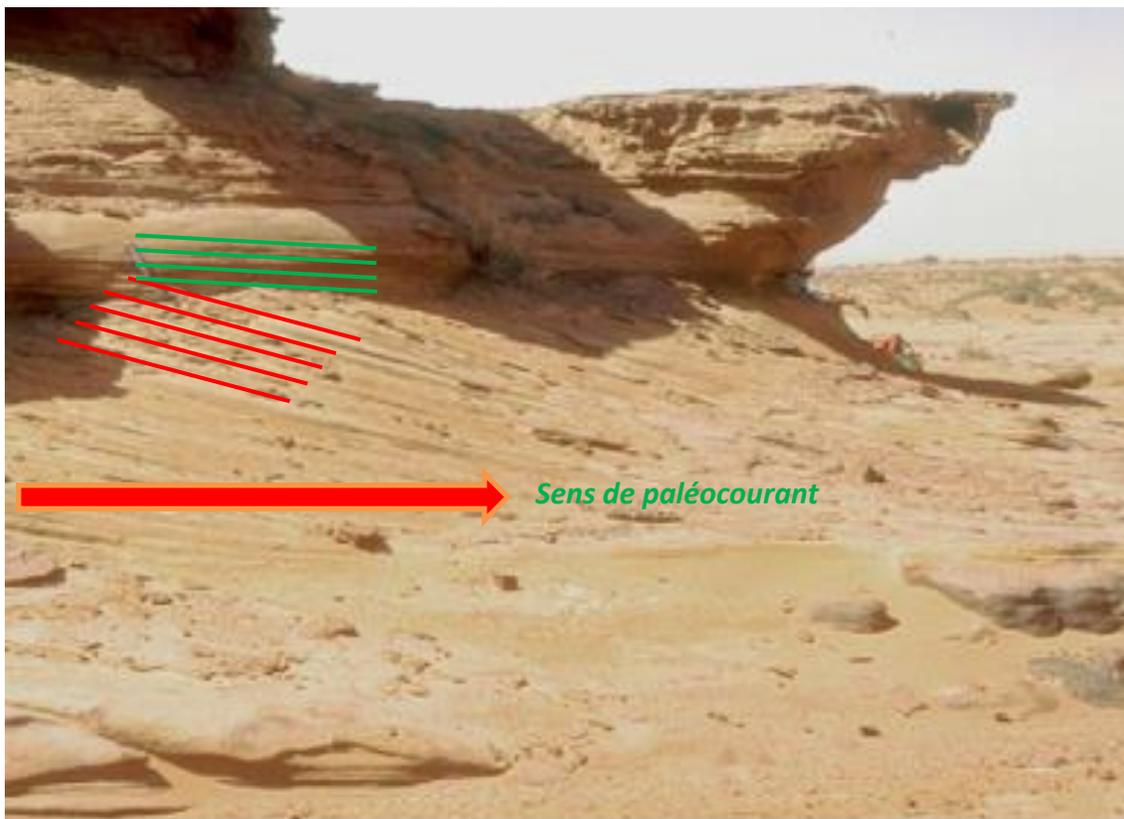


Fig.74. Stratification entrecroisées dans dépôt éolien

- **Couleur** : jaune à rouge en raison des **hydroxydes et oxydes de fer**.
- **Association des faciès** : se trouvent avec des **cônes alluviaux, faciès lacustres** dans les déserts, des dépôts **de plage** de et faciès **d'épandage glaciaire**.

II.6. CONCLUSION :

La connaissance des formations éoliennes permet de préciser certains **faciès**, certains **climats** à plusieurs époques de l'histoire de la terre.

Des champs **pétroliers** sont connus au **Précambrien**, Permien, Jurassique, car ces dépôts peuvent constituer d'excellents réservoirs en raison de l'excellent **classement granulométrique** induisant de **fortes porosités** et **perméabilité**. Par contre, c'est évidemment un environnement **très défavorable** à la **production** et la **conservation** de la **matière organique**. Dans le **domaine de l'industrie** et de **le génie civil**, les dépôts éoliens constitue une source d'approvisionnement en **sable** et en **silice (fabrication du verre et les panneaux solaires)**.

Les **environnements désertiques** peuvent former des **gisements aurifères (Les placers éoliens) (Fig.75)**. Ce type de placers se forme où les **minéraux lourds** sont transportés par le vent le long du versant d'érosion par traction, saltation ou en suspension et déposé dans la zone du versant de dépôt.

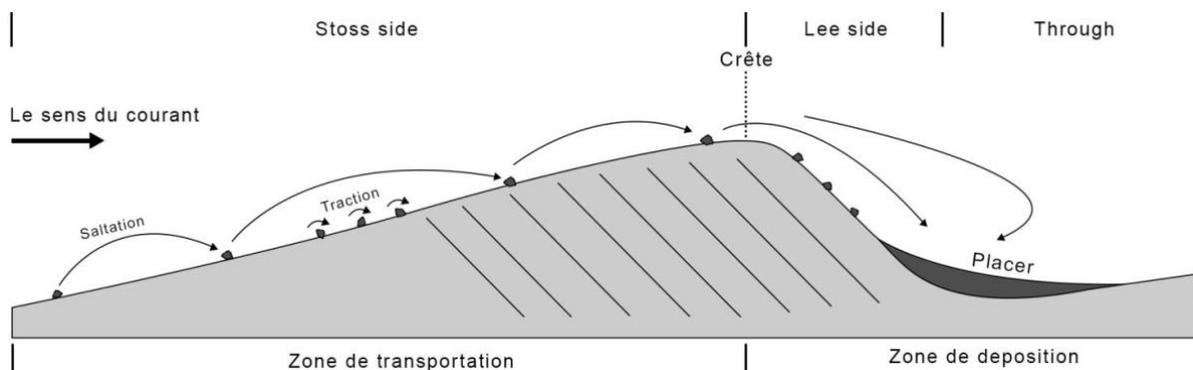


Fig.75. Les placers éoliens