

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique
Université de Ghardaïa
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de biologie



Conservation des sols steppiques et sahariens

Niveau : Master 2 (1er Semestre)

Spécialité: Ecologie

Présentée par :

Dr. BENSLAMA Abderraouf

*Enseignant-chercheur, Département de Biologie, Faculté SNV-ST,
Université de Ghardaïa, Algérie*

Courriel : *bensrofa@yahoo.fr / benslama.abdelraouf@univ-ghardaia.dz.*

Année universitaire : 2024-2025

Contenu de la matière :

Introduction

Chapitre 1 : Sensibilité des sols en milieux steppique et saharien

1. Définition : Sol, Zones arides, Zones sèches, Désert
2. Formation du sol
3. Caractéristiques et propriétés des sols
4. Les fonctions du sol
5. Les paysages du Sahara
6. Les sols en milieux steppique et saharien
7. Les facteurs de la pédogénèse spécifiques aux milieux arides
8. Types de sols dans les milieux sahariens

Chapitre 2 : Procédés de conservation des sols

1. Dispositions institutionnelles pour la protection du sol
2. Conservation des sols

Chapitre 3 : Les pratiques de conservation et gestion durable des sols : Contre l'érosion hydrique, contre l'érosion éolienne

1. Dégradation des sols
2. Erosion hydrique
3. Principe de l'érosion hydrique
4. Erosion éolienne
5. Les techniques de lutte contre l'érosion éolienne
6. Gestion durable des sols

Chapitre 4 : Stabilisation : Des sables, des dayas, des chotts et sebkhas, des oasis...

1. La stabilisation des sables
2. Les dayas
3. Les chotts et les sebkhas
4. Les oasis

Table des matières

Introduction.....	6
Chapitre 1 : Sensibilité des sols en milieux steppique et saharien	7
1. Définition : Sol, Zones arides, Zones sèches, Désert	7
Sol :	7
Zones arides :	7
Zones sèches :	8
Désert :	8
2. Formation du sol	8
2.1. Diagramme de formation du sol.....	8
2.3. Examinons de plus près ces facteurs de formation des sols.	9
2.3.1. Le matériau parental : (ROCHE MERE)	10
2.3.2. Conditions climatiques :.....	10
2.3.3. La topographie :	10
2.3.4. La végétation et les organismes :	10
2.3.5. Le temps :.....	10
3. Caractéristiques et propriétés des sols.....	11
3.1. Caractéristiques des sols et terminologie	11
3.2. Caractéristiques du type de sol.....	11
3.2.1. Texture du sol.....	11
3.2.2. Structure du sol	14
4. Les fonctions du sol	16
4.1. Les propriétés du sol déterminent les fonctions du sol	17
4.2. L'impact de l'homme sur les fonctions du sol	17
5. Les paysages du Sahara.....	18
5.1. Erg :	18
5.2. Reg :	18
5.3. Hamada	19
5.4 : Oued.....	19
5.5. Sebkhha (chott)	19
5.6. Guelta :	20
5.7. Montagnes :	20
5.8. Oasis :.....	20
6. Les sols en milieux steppique et saharien	21
6.1. Présentation des zones steppiques Algérienne.....	21
6.2. Quelles sont les principales caractéristiques de la steppe algérienne ?.....	21
6.3. Quel est le climat de la steppe ?	21
7. Les facteurs de la pédogénèse spécifiques aux milieux arides.....	21
8. Types de sols dans les milieux sahariens	22

8.1. Les sols d'ablation :	22
a) Les lithosols (formations rocheuses).....	22
b) Les régosols (les sols des regs).....	23
8.2. Les sols d'apport :	23
A) Les sols d'apport dû à l'eau.....	23
A1) Les sols d'apport alluvial.....	23
A2) Les sols d'apport colluvial.....	24
B) Les sols d'apport Eolien.....	24
B1) Les sols xériques inorganisés :.....	24
B2) Les sols xériques organisé d'apport:.....	24
8.3. Les sols argileux.....	24
A) Les sols polygonés :.....	24
B) Les sols des takys :.....	25
8.4. Les calcisols (ou sols calcaires) :	25
8.5. Les gypsisols :	25
8.6. Les sols halomorphes (salés) :	26
8.7. Les sols hydromorphes :	26
Chapitre 2 : Procédés de conservation des sols : Sous végétation naturelle, sous cultures	27
Introduction.....	27
1. Dispositions institutionnelles pour la protection du sol.....	27
1.1. Au niveau mondial.....	27
1.2. Cadre législatif de la conservation du sol en Algérie.....	28
2.1. Paillage.....	32
2.1.1. Paillage en herbe :.....	32
2.1.2. Paillage en plastique :.....	32
2.2. Rotation des cultures.....	33
Chapitre 3 : Les pratiques de conservation et gestion durable des sols : Contre l'érosion hydrique, contre l'érosion éolienne	34
1. Dégradation des sols.....	34
1.2. Menaces de dégradation des sols.....	34
2. Erosion hydrique.....	38
2.1. La croûte du sol.....	39
a) Absorption d'humidité.....	39
b) Choc des gouttes de pluie.....	39
c) Formation de la croûte structurelle.....	39
d) Le ruissellement en surface.....	40
e) Formation de la croûte érosive.....	40
f) Durcissement de la croûte érosive.....	40
2.2. Concentration argileuse.....	40
2.3. Eléments organiques.....	40
2.4. Concentration d'eau initiale.....	40

2.5. Violence des précipitations	40
2.6. Recouvrement	40
3. Principe de l'érosion hydrique	41
a) Détachement du sol.....	41
b) Transport du sol	41
3.1. La forme de l'érosion.....	41
3.2. Les facteurs d'érosion du sol	42
a) Coefficient d'érosivité des pluies (R).....	43
b) Coefficient d'érodabilité du sol (K)	43
c) Coefficient de longueur de pente (L) et coefficient d'inclinaison (S)	43
d) Coefficient de protection du sol par la couverture végétale (C)	43
e) Coefficient de protection du sol par les pratiques agricoles (P).....	43
4. Erosion éolienne.....	45
4.1. Origines et mécanismes de l'érosion éolienne	45
4.2. Effets et importance de l'érosion éolienne	47
a) Sur le sol	47
b) Sur la végétation	47
c) Sur les infrastructures.....	47
5. Les mesures antiérosives contre le ruissellement et l'érosion des sols.....	47
5.1. Les terrasses	48
5.2. Construction des murets et murettes :	48
5.3. Les alignements de pierre.....	48
6. Les techniques de lutte contre l'érosion éolienne	49
6.1. Au milieu steppique	50
6.2. Au milieu agricoles	50
7. Gestion durable des sols.....	51
Chapitre 4 : Stabilisation : Des sables, des dayas, des chotts et sebkhas, des oasis.....	54
1. La stabilisation des sables	54
2. Les dayas.....	54
2.1. Les dayas sont souvent cultivées (céréales)	54
3. Les chotts et les sebkhas	55
4. Les oasis.....	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	57

Introduction

Le sol est la peau fragile de la terre qui sert d'ancrage à toute vie. Nous dépendons du sol pour construire nos maisons et nos villes, pour cultiver des produits alimentaires et élever du bétail, pour soutenir les transports et permettre les loisirs. Pourtant, nous négligeons cette ressource cruciale et précieuse qui se trouve juste sous nos pieds.

Les sols sont la base de la flore, de la faune et des personnes. Et aussi pour le maintien de la vie. En outre, les sols sont très divers et fascinants, et jouent un rôle crucial et important dans toute une série de défis sociétaux et environnementaux.

Par exemple, ils permettent de garantir la production alimentaire, de lutter contre le changement climatique, de préserver la biodiversité et d'enrayer la dégradation des sols et la désertification.

Ce cours d'introduction explore l'importance du sol pour la vie sur terre, les problèmes, les processus et les défis sociétaux qui sous-tendent la dégradation des sols - et ce qui peut être fait pour assurer une gestion durable des sols à l'avenir. Les menaces qui pèsent sur nos sols sont la déforestation, l'érosion, le surpâturage, l'utilisation de produits agrochimiques, la pollution et le changement climatique.

Chapitre 1 : Sensibilité des sols en milieux steppique et saharien

1. Définition : Sol, Zones arides, Zones sèches, Désert

Sol :

Formation naturelle superficielle, meuble, de l'écorce terrestre, résultant de la transformation, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants, de la roche mère sous-jacente, sous l'influence de processus physiques, chimiques et biologique (DUCHAUFFOUR, 2005).

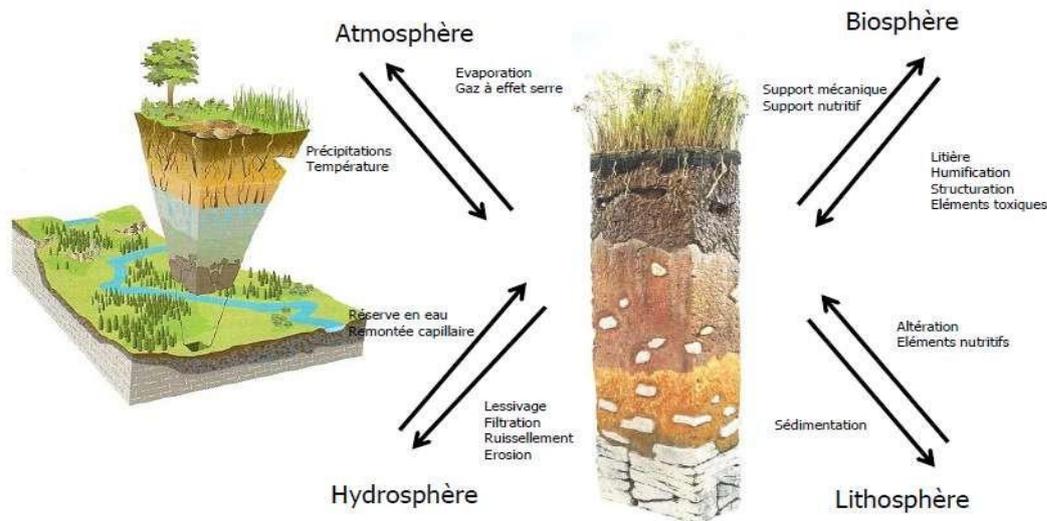


Figure 1 : Processus de

Zones arides :

Malgré l'importance des travaux consacrés à l'aridité et en particulier à sa définition et à sa quantification, ce concept n'est pas encore bien connu. Théoriquement, il implique une insuffisance des précipitations par rapport à l'évapotranspiration pendant une période plus ou moins longue de l'année.

L'UNESCO vient de proposer pour classer la zone aride en considérant les valeurs du rapport P/E.T.P., mais généralement on retient la subdivision de la zone aride en trois domaines comme suit :

- Le domaine hyperaride dont la pluviométrie est inférieure à 100 mm
- Le domaine aride proprement dit dont la pluviométrie est comprise entre 100 et 300-400 mm
- Le domaine semi-aride dont la pluviométrie est comprise entre 300-400 mm et 600 mm.

Ainsi définie, les zones arides occupent environ le 1/3 de la surface terrestre et se trouve surtout concentrée en Afrique, en Asie et en Australie. Les déserts occupent environ 4,2 % de la terre ferme et gagnent chaque année des millions d'hectares sur le domaine aride proprement dit. Enfin en Afrique 55 % de la superficie est constituée de déserts ou de régions désertiques à divers degrés.

Zones sèches :

Les zones sèches sont des écosystèmes caractérisés par le manque d'eau. Elles comprennent des terres cultivées, des prairies, des savanes, des semi-déserts et des vrais déserts. Le manque d'eau y limite la production de cultures, de fourrage, de bois et d'autres services fournis par les écosystèmes. Il existe quatre sous-catégories de zones sèches largement reconnues : subhumides sèches, semi-arides, arides et hyper-arides présentant un niveau croissant d'aridité et de déficit en eau. Les zones sèches désignent les régions terrestres où la précipitation moyenne par an (P) est inférieure à 2/3 de l'évapotranspiration potentielle (évaporation potentielle depuis le sol plus transpiration par les plantes), à l'exception des régions polaires et de certaines hautes montagnes remplissant ces critères mais ayant des caractéristiques écologiques complètement différentes :

- Les régions hyper-arides, également appelés vrais déserts, ont un rapport P/ETP inférieur à 0.05.
- Les régions arides ont un rapport P/ETP situé entre 0.05 et 0.20.
- Les régions semi-arides ont un rapport P/ETP situé entre 0.20 et 0.50.
- Les régions subhumides sèches ont un rapport P/ETP situé entre 0.50 et 0.65.

Désert :

Région du monde où les précipitations annuelles sont faibles, inférieures à 250 mm en moyenne, et insuffisantes pour compenser l'évaporation, compte tenu des températures et du vent.

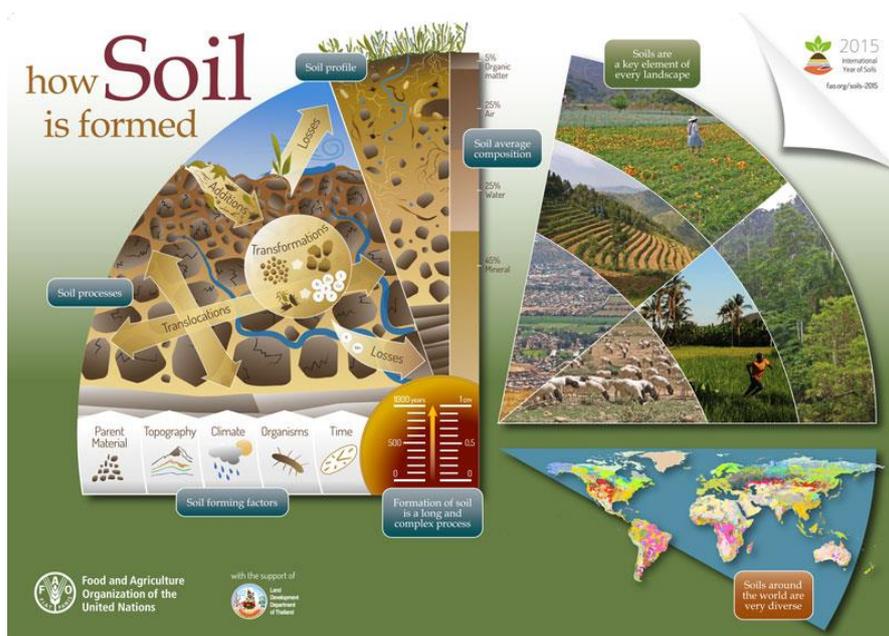
2. Formation du sol**2.1. Diagramme de formation du sol**

Figure 2 : le diagramme de formation du sol



Figure 3: les différents types de sol

Il n'est pas nécessaire de voyager loin, ni d'être un pédologue, pour voir les différences de couleur, de texture et de profondeur. Parfois, des différences apparaissent à très courte distance, même à l'intérieur d'un même champ. Ceci est souvent liée aux facteurs de formation des sols.

2.3. Examinons de plus près ces facteurs de formation des sols.

Le sol est une formation de surface qui dépend de l'effet combiné de plusieurs facteurs

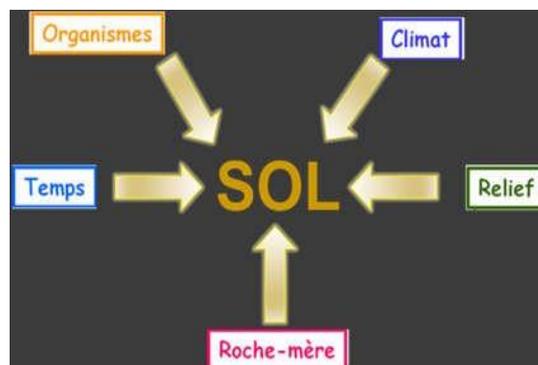


Figure 4 : les facteurs de formation des sols

2.3.1. Le matériau parental : (ROCHE MERE)

Il s'agit du matériau dans lequel les sols se développent. Le matériau parental est le point de départ de la formation du sol. Vous pouvez imaginer que cela fait une grande différence si un sol se forme dans différentes formations rocheuses. Ou bien pensez à la différence entre les sédiments qui ont des textures sableuses ou argileuses. Ou des sédiments récemment déposés par une rivière ou dans des cendres volcaniques (CALVET, 2006).

2.3.2. Conditions climatiques :

Dans des conditions humides, les sols peuvent être lessivés et s'acidifier, tandis que dans des conditions sèches, les sels peuvent s'accumuler dans le sol. Mais la température détermine également la vitesse à laquelle les processus biologiques se déroulent. C'est pourquoi on trouve, par exemple, beaucoup de matière organique dans les sols des régions froides où elle se dégrade lentement (BORDES, 2000).

2.3.3. La topographie :

Est responsable de la distribution des sols dans le paysage. Les sols sont relativement minces sur les pentes mais relativement épais dans une vallée. Cela est dû à l'enlèvement des particules fines de la terre végétale sur les pentes et au dépôt de cette matière sous forme de sédiments dans la vallée. Mais il ne s'agit pas seulement du transport de matériaux, il se peut aussi que l'eau s'infilte davantage dans les sols dans les zones plates par rapport aux zones en pente (FOUCAULT, 2001).

2.3.4. La végétation et les organismes :

La végétation peut protéger le sol de l'érosion, mais elle peut également fournir de la matière organique au sol. Il peut en résulter de beaux sols sombres et fertiles dans les zones où la couverture végétale est importante. D'un autre côté, les sols qui sont complètement dépourvus de végétation peuvent être sans protection et manquer de l'apport de matière organique. Il en résulte des sols relativement minces et de mauvaise structure.

2.3.5. Le temps :

Il est peut-être plus difficile à interpréter comme un facteur de formation du sol. Cependant, le temps pendant lequel les différents processus de formation du sol agissent sur le sol peut donner lieu à des conditions de sol très différentes. Par conséquent, nous constatons que les sols jeunes ont des couleurs relativement claires et brunâtres. Il n'y a pas eu d'accumulation de matière organique dans le sol.

À l'autre extrême, nous pouvons avoir des sols où la formation a eu lieu pendant des milliers d'années. Ce qui donne des sols très rouges comme ceux que l'on trouve sur le continent africain.

Récemment, un sixième facteur de formation des sols a été ajouté à la liste. Il s'agit de l'influence de l'homme.

3. Caractéristiques et propriétés des sols

3.1. Caractéristiques des sols et terminologie

Pour mieux comprendre la nature des sols et leur comportement, il est nécessaire de connaître les caractéristiques des sols et de connaître certains des termes courants que l'on rencontre lorsqu'on parle des sols (BELLAIR & Pomerol, 1984)

3.2. Caractéristiques du type de sol

Le fonctionnement d'un sol et sa capacité à convenir à différents usages sont généralement déterminés par le type de sol (GOGUEL, 1975).

Cependant, un sol ne se résume pas à son type. Le type de sol ne fournit pas à lui seul toutes les réponses sur ce qui fait qu'un sol fonctionne d'une certaine manière.

Le type de sol fait référence à un certain nombre de caractéristiques, principalement physiques et chimiques, d'un sol particulier. Associées aux effets du milieu environnant, de la vie dans le sol et de la gestion du sol par l'homme, ces caractéristiques déterminent les qualités du sol et sa qualité globale.

La qualité du sol a un impact considérable sur sa capacité à remplir les fonctions nécessaires à la vie sur terre. La façon dont l'homme gère le sol a également un impact important sur les aspects dynamiques de la qualité du sol.

Il existe des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol qui, ensemble, influencent la qualité d'un sol. Deux caractéristiques fondamentales sont la texture et la structure du sol. Ces caractéristiques influencent un certain nombre d'aspects importants du comportement et de la fonction potentiels et réels du sol.

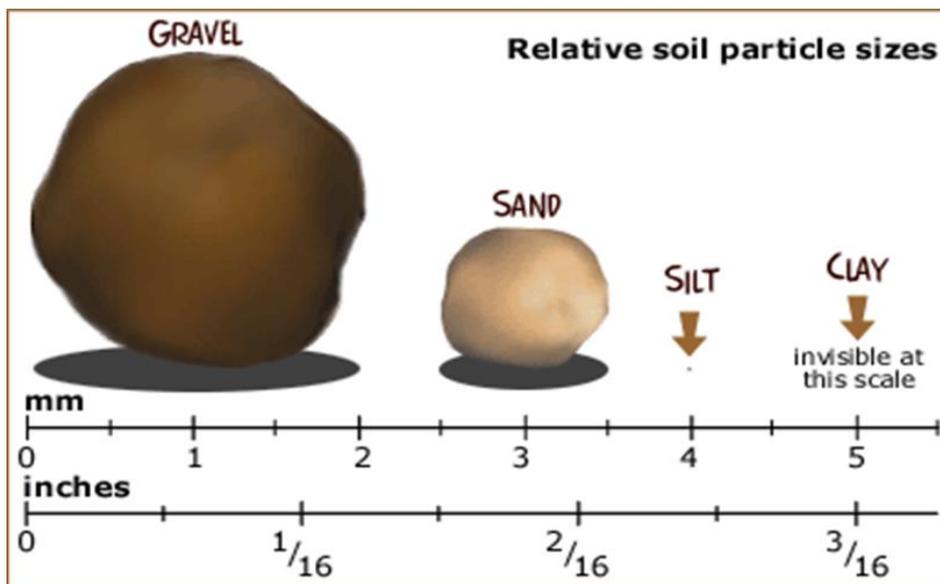
3.2.1. Texture du sol

Le type de sol est en grande partie déterminé par la texture du sol, c'est-à-dire par les particules minérales inorganiques (non vivantes) qu'il contient. Bien sûr, les sols contiennent des nutriments, des organismes et de la matière organique, mais lorsque nous parlons de la texture du sol, nous nous référons uniquement aux composants minéraux, inorganiques.

La texture du sol fait référence à la distribution de la taille des particules minérales présentes dans un échantillon représentatif du sol. Les particules du sol sont normalement regroupées en trois classes principales : le sable, le limon et l'argile. Cependant, des graviers peuvent également exister dans certains sols. Le tableau 1 présente la classification des particules minérales en fonction de leur taille.

Table 1: Range of particle sizes and classes (ISO 14688-1:2002)

Classes		Particle size	Size range (mm)
Coarse Soil	Gravel	Coarse Gravel	20-63
		Medium Gravel	6.3-20
		Fine Gravel	2.0-6.3
	Sand	Coarse Sand	0.63-2.0
		Medium Sand	0.02-0.63
		Fine Sand	0.063-0.02
Fine Soil	Silt	Coarse Silt	0.02-0.063
		Medium Silt	0.0063-0.02
		Fine Silt	0.002-0.0063
	Clay	<0.002	



The Dirt on Soil:
https://school.discoveryeducation.com/schooladventures/soil/name_soil.html

Figure 5 : Tailles relatives des sols et échelles de comparaison

La figure 5 présente une représentation visuelle des échelles relatives des tailles de gravier, de sable et de limon, mais malheureusement, les particules d'argile sont trop petites pour être représentées ici (CAILLEUX, 1976). Mais comment classer les sols en fonction de leur texture ? Un triangle de texture du sol est utilisé pour déterminer la classification de la texture (Fig. 5). Des calculateurs de texture du sol sont également disponibles en ligne. La classification de la texture du sol est nommée en fonction du constituant minéral individuel prédominant ou de la combinaison prédominante dans ce sol, par exemple sable, argile, limon ou argile sableuse, etc.

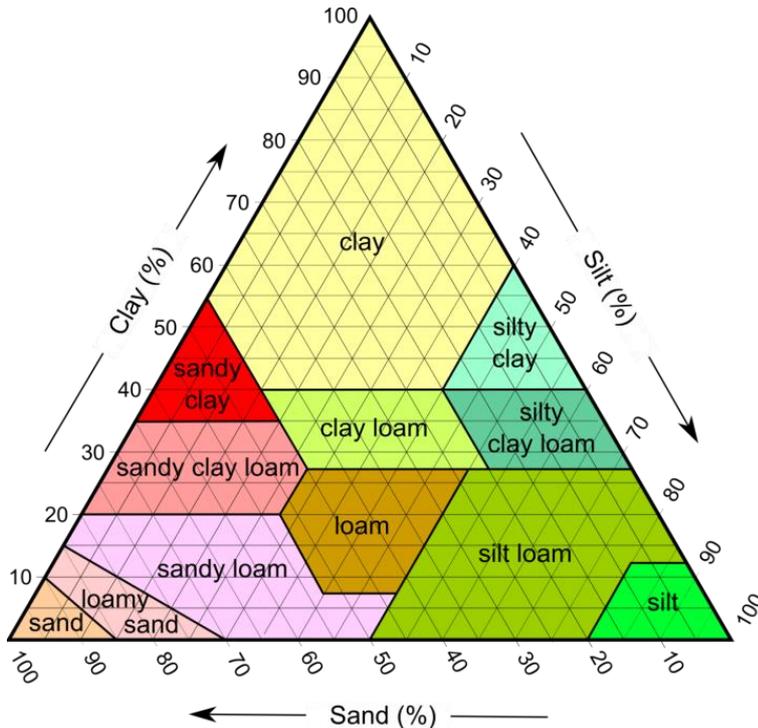


Figure 6: Triangle de texture du sol

Mais il existe un type de sol pour lequel le triangle de texture du sol est difficile à utiliser. Il s'agit des sols tourbeux ou organiques. Que sont les sols tourbeux ? Eh bien, ce sont des sols composés en grande partie de matières végétales décomposées et gorgées d'eau (appelées humus) qui se sont accumulées dans des milieux mal drainés pendant plusieurs milliers d'années. En raison des plus faibles quantités de matériaux inorganiques dans ces sols, le triangle de la texture du sol (Fig. 6) n'est pas très utile.

L'importance de la texture d'un sol se manifeste également d'autres façons. La texture du sol peut régir la capacité de rétention d'eau du sol (capacité du sol à retenir l'eau), sa perméabilité (facilité de passage de l'eau et de l'air) et sa maniabilité (facilité de travail du sol). Par exemple, il existe de nettes différences entre un sol sableux (à droite de l'image) et un sol argileux (à gauche de l'image), comme le montre la figure 7. Les sols argileux (côté gauche de l'image) ont tendance à être moins poreux et moins perméables, avec moins d'espaces de pores (figure 7), ils ont tendance à être difficiles à briser, à retenir l'eau plus longtemps et donc à rester plus longtemps humides. Mais ils retiennent également les nutriments dont les plantes ont besoin pour se développer. À l'inverse, les sols sableux (côté droit de l'image) sont plus faciles à travailler, sont poreux et ont une plus grande perméabilité et ils sèchent donc plus rapidement que les sols argileux. Cependant, ils ne retiennent pas beaucoup d'éléments nutritifs pour la croissance des plantes.

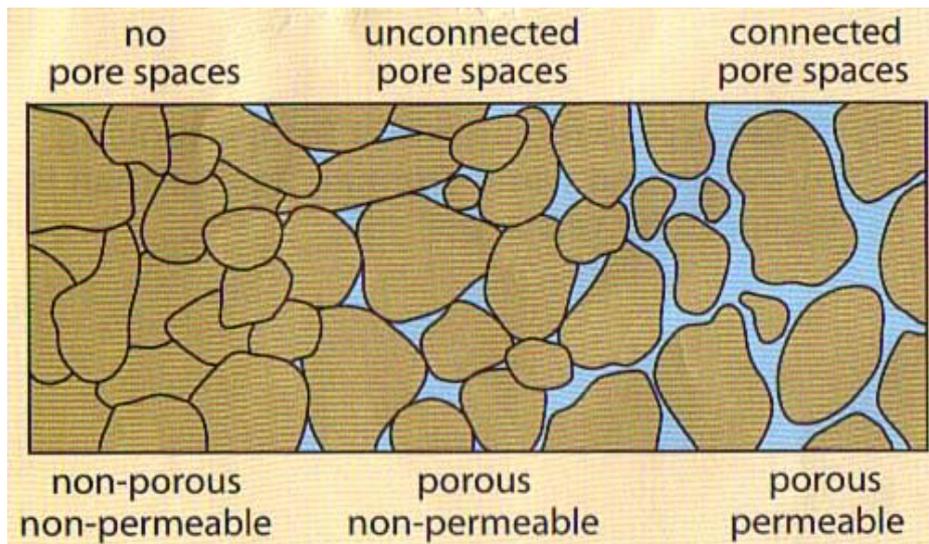


Figure 7 : Variations des espaces poreux et de la perméabilité des sols

La texture du sol peut être analysée avec un haut degré de précision en laboratoire. Elle peut également être évaluée avec un peu moins de précision mais plus rapidement sur le terrain.

3.2.2. Structure du sol

La structure du sol désigne la façon dont les parties solides d'un sol sont disposées, ce qui a une influence majeure sur la circulation de l'eau et de l'air (DERCOURT & PAQUET, 1976). La structure du sol est le résultat de la façon dont les particules individuelles d'un sol sont liées entre elles ou agrégées, et c'est un facteur majeur pour déterminer la taille et la disposition des espaces de pores dans un sol (Fig. 7).

En outre, la structure du sol est l'un des principaux facteurs affectant l'activité biologique, la croissance des racines et l'émergence des semis. Les différences entre un bon sol ou un sol bien structuré par rapport à un sol mal structuré sont mises en évidence dans le tableau 1 et la figure 8.

Tableau 1 : comparaison entre des sols bien structurés et des sols mal structurés

Good or well-structured soil	Poorly structured soil
Root development is enhanced	Limits root development
Larger and connected pore spaces	Fewer connected and smaller pore spaces
Increased infiltration	Reduced infiltration
Enhanced water availability	Reduced water availability
Well-aggregated soil	Poorly aggregated soil
Well drained	Poorly drained
Easily worked, less compacted, lighter friable soil	Hard, difficult to work, compacted and often waterlogged soils
Less prone to erosion due to strong root growth	More susceptible to erosion due to poor root development

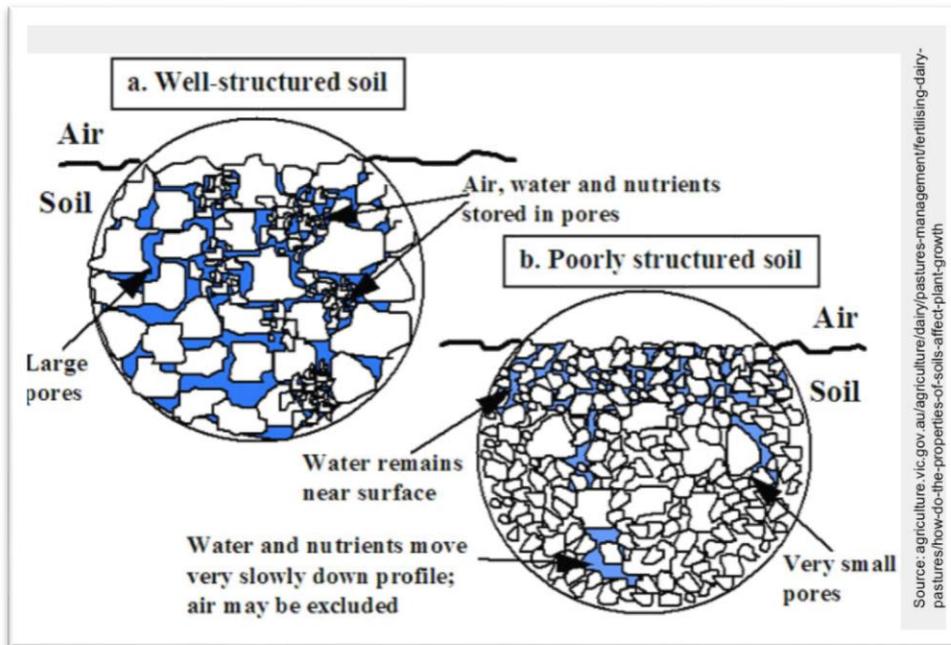


Figure 8: Structure du sol (a : sol bien structuré, b : sol mal structuré)

Les agrégats ou pépins présents dans les sols résultent d'un certain nombre de facteurs, notamment le gel et le dégel, les champignons, le travail du sol, l'humidification et l'assèchement, et les racines des plantes. Souvent, l'argile, les oxydes de fer et la matière organique du sol peuvent agir comme des ciments pour coller les peds ensemble.

Enfin, il existe 8 catégories structurelles pour les sols, comme le montre la figure 5. Parmi ces catégories, la structure la plus souhaitable pour un sol est une structure de sol granulaire, car elle permet la meilleure possibilité de drainage entre les agrégats (comme indiqué dans le tableau 1 et dans la figure 8).

Examples of Soil Structure Types

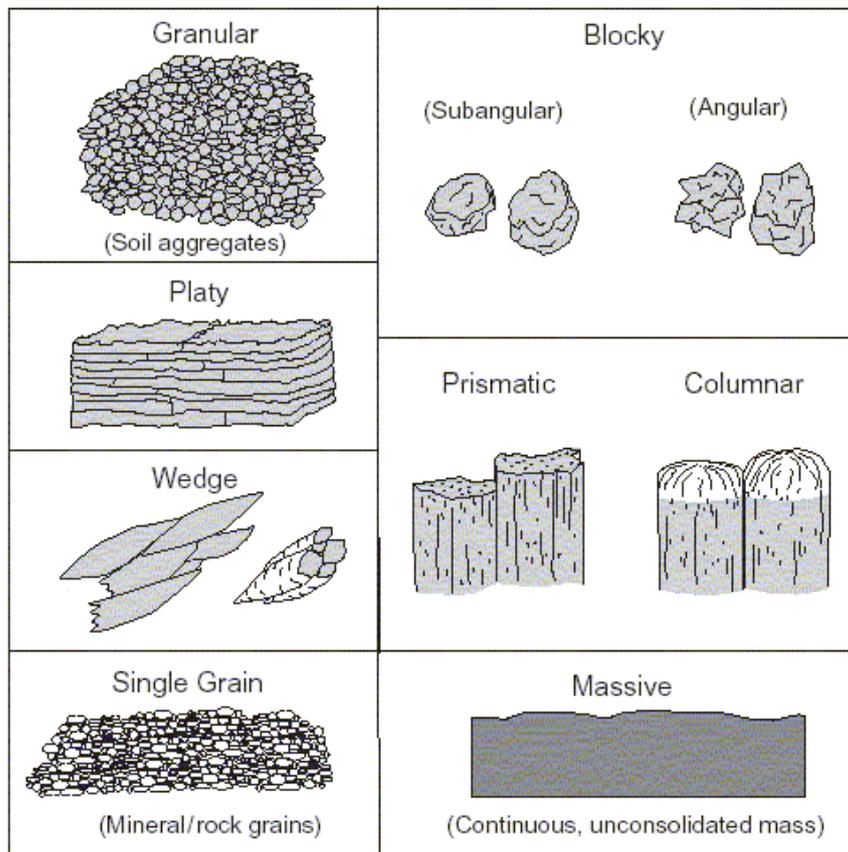


Figure 9 : Exemples de types de structure de sol.

4. Les fonctions du sol

En 2015, l'année internationale des sols a été célébrée. À cette occasion, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a préparé une infographie qui permet de résumer le large éventail des fonctions des sols :



Figure 10 : Fonctions des sols (FAO 2015).

Chaque morceau de tarte représente une fonction du sol. Vous pouvez voir les fonctions qui sont identifiées, ce dont il s'agit et les avantages qu'elles peuvent procurer.

Les avantages que nous tirons des fonctions du sol sont souvent appelés "services écosystémiques du sol" ; par exemple, une alimentation saine, de l'eau douce, des médicaments naturels, le contrôle de l'érosion, la régulation des maladies, etc.

4.1. Les propriétés du sol déterminent les fonctions du sol

Le sol a un certain nombre de fonctions. Compte tenu de l'étonnante diversité des sols, vous pouvez imaginer que tous les sols ne sont pas en mesure de remplir toutes les fonctions du sol en même temps. La nature et les propriétés du sol, par exemple, influencent fortement le pouvoir filtrant et tampon d'un sol. Par exemple, un sol sableux peut stocker plus d'eau, mais sa capacité de filtrage peut être moindre par rapport à un sol argileux. Certains sols sont naturellement fertiles - ou peuvent facilement être rendus et maintenus fertiles par l'homme - et sont donc privilégiés pour la production alimentaire. D'autres sols sont moins fertiles, en forte pente, très humides ou peu profonds et sont de préférence utilisés à d'autres fins, comme le pâturage ou la sylviculture, ou simplement entretenus par la végétation naturelle.

4.2. L'impact de l'homme sur les fonctions du sol

L'homme a modifié les sols de nombreuses façons pour qu'ils remplissent les fonctions que nous considérons comme les plus importantes : la fonction de production. Une quantité toujours plus grande de sols a été et est encore fertilisée, labourée et drainée pour répondre aux besoins d'une population mondiale croissante. Ce processus entraîne une utilisation accrue

des terres et une augmentation de la capacité de production des sols en de nombreux endroits. Il est toutefois important de comprendre qu'une focalisation unilatérale sur la fonction de production se fait souvent au détriment des autres fonctions du sol. La mise en culture des terres réduit généralement la biodiversité aérienne et souterraine. Une diminution de la teneur en matière organique du sol signifie que les fonctions de filtrage et de tampon du sol seront également réduites. Ce phénomène est connu sous le nom de "compromis" entre les différentes fonctions du sol.

5. Les paysages du Sahara

5.1. Erg :

Formation dunaire : c'est le produit final de l'érosion des reliefs, (Vent). 20% de la superficie du Sahara. Il existe plusieurs types : longitudinales, à lames, les barkhanes, en étoile...



Figure 11: Erg

5.2. Reg :

Représente la partie composée de cailloux d'un désert, c'est une étendue monotone de cailloux et de graviers, (trilage par le vent, ablation). Le type de paysage le plus répandu dans le Sahara.



Figure 12: Reg

5.3. Hamada

Grand bancs de calcaires, sillonnés de canaux d'érosion (exp. Tassilis).

Résulte de l'érosion des hauts plateaux gréseux par le sable et le vent ;



Figure 13 : Hamada

5.4 : Oued

Cours d'eau des régions arides à écoulement temporaire,



Figure 14: Oued

5.5. Sebkhha (chott)

Lac temporaire qui se couvre d'efflorescences salines après évaporation et qui occupe une dépression dans une région désertique,

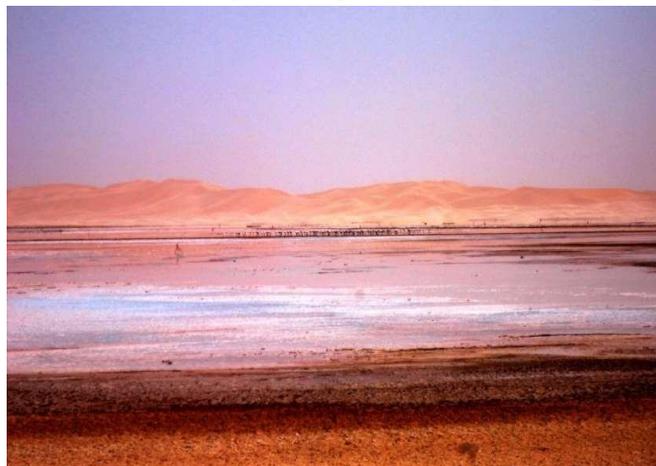


Figure 15 : Sebkhha (chott)

5.6. Guelta :

Stagnation d'eau en zone perchée (Tassili),



Figure 16 : Guelta

5.7. Montagnes :

Les montagnes sahariennes sont pour la plupart volcaniques (Hoggar, Tibesti, ...).



Figure 17 : Montagnes

5.8. Oasis :

Petit espace au milieu du désert, situé autour ou à proximité d'un point d'eau, fertile, habité et cultivé.



Figure 18: Oasis

6. Les sols en milieux steppique et saharien

La steppe est une formation herbeuse et arbustive dans un climat aride. L'herbe est en touffes très espacées laissant le sol à nu entre elles. Chaque plante doit disposer d'une vaste surface afin de capter le peu d'eau infiltrée.

6.1. Présentation des zones steppiques Algérienne

La steppe Algérienne est située entre les isohyètes 400mm au nord et 100mm au sud. Elle s'étant sur une superficie de 20 millions d'hectares, entre la limite sud de l'Atlas Tellien au nord et celle des piémonts sud de l'Atlas Saharien au Sud, répartie administrativement à travers 08 wilayas steppiques et 11 wilayas agro-pastorales totalisant 354 communes. Le climat varie du semi-aride inférieur frais au nord à l'aride inférieur tempéré au sud.

La plupart des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile ; ils sont généralement pauvres en matière organique et sensibles à la dégradation.

Les bons sols dont la superficie est limitée, se situent au niveau des dépressions (sols d'apport alluvial) soit linéaire et constituées par les lits d'oueds soit fermées et appelées Dayas.

6.2. Quelles sont les principales caractéristiques de la steppe algérienne ?

La steppe algérienne est un écosystème aride caractérisé par des ressources naturelles limitées, un sol pauvre, des formations végétales basses et ouvertes et des conditions climatiques sévères

6.3. Quel est le climat de la steppe ?

La steppe se caractérise par une variante modérément sèche du climat tempéré continental, avec des hivers rudes et des étés chauds, elle forme la transition entre les zones boisées et les zones désertiques des climats semi-arides.

7. Les facteurs de la pédogénèse spécifiques aux milieux arides

Les facteurs essentiels sont sous la dépendance du climat avec ses composantes principales :

1) Le vent agissant partout dans le Sahara.

Ses actions sont :

- Il enlève les matériaux fins en certains secteurs du paysage => c'est l'ablation ;
- Il accumule ces particules en d'autres secteurs => c'est l'apport

2) l'amplitude thermique

C'est l'amplitude diurne de la température pouvant atteindre 30°C => thermoclastie.

3) l'eau

Soit par son absence quasi complète sur l'ensemble des grandes unités du Sahara (reg, hamada et erg) ;

Soit par sa présence naturelle dans des points bas.

En plus de ces facteurs, la diversité des sols sahariens est liée au :

degré d'aridité (t°, H%, ETM...);

Présence ou absence du couvert végétal (M.O.);

Nature de la roche mère (gypse, calcaire...);

La topographie (reliefs).

8. Types de sols dans les milieux sahariens

L'interaction de ces facteurs donne une diversité des sols, appartenant aux groupes suivants :

Les sols d'ablation

Les sols d'apport

Les sols argileux

Les calcisols

Les gypsisols

Les sols halomorphes (salés)

Les sols hydromorphes

8.1. Les sols d'ablation :

La pédogenèse est dominée par l'érosion éolienne,

Le transport des particules sableuse par le vent produit sur les roches un effet abrasif qui se manifeste par le creusement des stries ou d'alvéoles (partie tendre) tandis que les couche dures restent en saillie. On distingue :

a) Les lithosols (formations rocheuses)

Ces sols ont subi seulement les premiers stades de l'altération des roches.

Ils occupent une surface limitée dans le Sahara.

Lorsque ces roches sont disposées sous forme de grands bancs homogène et tabulaire, l'érosion aboutit à la constitution des plateaux pierreux (Hamada).

Ces roches et pierres subissent une action chimique conduisant à la formation d'une patine, appelée le vernis désertique.

b) Les régosols (les sols des regs)

Ces sols occupent la grande partie du Sahara (désert). Ils résultent de l'action du vent sur une roche-mère hétérogène.

Il emporte les particules les plus fines, par tri vertical (déflation), et il se constitue un sol caillouteux ou graveleux.

Ces sols sont généralement peu épais (3 à 20 cm) et la roche mère affleure peu au-dessous.

On distingue :

Les régosol autochtones : constitués d'éléments grossiers de forme anguleuse issus des substrats géologiques sous-jacents.

Les régosol allochtones : constitués d'éléments grossiers de forme arrondie, d'origine alluviale.

8.2. Les sols d'apport :

Il y a deux type d'apport à distinguer :

a) Ceux dus à l'action de l'eau : de ruissèlement, ils sont très limités en quantité et en espace.

b) Ceux dus à l'action du vent : ils sont très importants et présentent différents modes et sites d'accumulation.

A) Les sols d'apport dû à l'eau

Ces sols résultent des écoulements qui se passent dans quelques tronçons des bassins versants.

On peut distinguer:

A1) Les sols d'apport alluvial

Sol azonal constitue de dépôts alluvionnaires relativement récents. Ce sont les sols des oueds, ils résultent d'un remaniement interne des dépôts du lit de l'oued, se traduisant par un transfert en un autre point aval du bassin.

Les produits accumulés sont appelées parfois Fech_Fech alluvial.

A2) Les sols d'apport colluvial

Ce sont des sols formés sur colluvion, généralement en situation de pied de pente et dépourvu d'horizon.

Colluvion : matériau subi un transport limité, suite à un ruissellement diffus puis déposés le long de pentes ou au pied de celles-ci.

B) Les sols d'apport Eolien

Ces apports sont très importants dans le désert, mais localisés à certains sites favorables à l'accumulation.

L'accumulation s'effectue :

- Lorsqu'il y a piégeage par un relief (Tassili N'ajjer...etc)
- Au voisinage de l'exutoire des grandes alluvionnements (grand erg occidental ou erg oriental).

Les sols des accumulations sableuses sont:

B1) Les sols xériques inorganisés :

Ou Fech-Fech d'apport éolien, formé sur tous matériaux meubles : apparaisse sous forme des voiles sableux.

B2) Les sols xériques organisé d'apport:

C'est les sols des dunes diverses de toutes formes : rides sableuses, nebka, erg, ...etc

Les formes d'accumulation:

Le sable s'accumule sous divers formes :

- Les rides: formes ondulées de faibles épaisseur.
- Voiles sableux : accumulation de quelques centimètres recouvrant la surface du sol cohérent.
- Les barkhane : petites dunes en forme de croissant, isolées, regroupées, parfois enchevêtrées

8.3. Les sols argileux

Ce sont des sols d'apport organisés, on peut distinguer :

A) Les sols polygonés :

C'est un remaniement superficiel de matériaux argileux par l'eau, dont le produit est une organisation en polygonation suite à une dessiccation des argiles sédimentées en amorçant la

formation d'un réseau de fente et retrait, perméables et filtrants.

Ce sont les sols des dayas résultant généralement des phénomènes Karstiques.

B) Les sols des takys :

Ce sont des anciens Vertisols localisés dans des déserts qui ont débuté leur formation et leur évolution sous climat plus humides.

Mais aujourd'hui ne présentent pas d'évolution vue les caractéristiques du climat hyper aride.

Ce sont de sols de dépression à surfaces argileuses lisse, très dures, en polygone.

Les horizons profonds présentent des phénomènes de salure, suite à des phénomènes du lessivage (lixiviation) par les pluies.

8.4. Les calcisols (ou sols calcaires) :

Un sol calcaire est un sol qui contient sur une partie ou sur la totalité du profil du CaCO_3 (ou CaCO_3 et MgCO_3)

Le calcaire étant présent soit dans les particules fines ($< 2\text{mm}$), soit dans les cailloux (fraction grossière). Il peut se présenter sous plusieurs formes d'accumulation (pseudo-mycéliums, taches, amas friables, nodules, encroûtements, croûtes et dalles calcaires. Il forme ainsi les horizons calciques et pétro-calciques.

Les accumulation calcaires (carbonatés) du Sahara sont héritées de périodes plus humides passées (paléosols ou paléo- formation).

8.5. Les gypsisols :

Sols caractérisés par des accumulations secondaires de gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), sous la forme d'un horizon gypsique ou pétro-gypsique, qui peut se situer en surface.

Ils se forment sous les climats semi-arides à arides ($P < 300 \text{ mm}$) à partir de la dissolution et de la redistribution de CaSO_4 (hydraté ou anhydrite) dans le paysage (sebkha, chott, espace inter-dunaire...).

Les sources de gypse secondaire sont :

- Les altérations de roches ;
- Poussières gypseuses ;
- Nappesphréatiques chargées en CaSO_4 , par remonté capillaire et évaporation.

La formation des sols gypseux est parfois se réalise simultanément avec celle des sols

calcaires donnant des sols dits gypso-calcaire.

8.6. Les sols halomorphes (salés) :

Les sols salés sont des sols dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, plus solubles que le gypse, ou par la richesse de leur complexe adsorbant en ions provenant de ces sels et susceptible de dégrader leurs structures en particulier le sodium.

Deux types de salinisation à distinguer :

- Primaire : d'origine naturelle (roches, nappes, ...) ;
- Secondaire : d'origine anthropique (irrigation).

Les sols salés au Sahara sont observés généralement dans les Sebkhass et les bordures des chotts.

8.7. Les sols hydromorphes :

Ce sont des sols dont la morphologie a été fortement influencée par l'excès d'eau temporaire ou permanent. L'hydromorphie ne signifie pas seulement l'engorgement mais aussi des manifestations morphologiques sous forme de taches, de ségrégations, de colorations ou de décolorations, résultant des phénomènes d'oxydo-réduction. Ces sols sont très peu abondants dans le Sahara, ils occupent certaines dépressions tel que les bordures du chotts, où poussent des végétaux hydrophiles.

Chapitre 2 : Procédés de conservation des sols : Sous végétation naturelle, sous cultures

Introduction

Les sols constituent un compartiment fondamental des écosystèmes : leur dégradation a des impacts majeurs sur tous les autres compartiments, et porte gravement atteinte à la composition et à la diversité de la flore et de la faune, ainsi qu'aux cycles de l'eau et des nutriments. La conservation du sol est considérée comme un investissement à long terme pour protéger le patrimoine foncier pour les générations futures. La gestion des sols peut raisonnablement être considérée comme la base d'une stratégie gagnante qu'autorisent les modes de gestion des cultures dans la mesure où il a été démontré à grande échelle qu'ils assurent par ailleurs la viabilité et durabilité de l'exploitation agricole en protégeant le sol de la dégradation physique, chimique et biologique.

Un grand effort est fait pour mettre au point des systèmes de culture utilisant un travail minimum (agriculture de conservation des sols). La conservation du sol comporte d'abord le maintien de sa fertilité et, par conséquent, l'établissement d'une rotation des cultures, enfouissement de matière organique (fumier, engrais verts, débris et résidus de récolte), apport d'améliorations calciques et d'engrais pour compenser les entraînements par l'eau aussi bien que les exportations par les récoltes...etc.

Du fait que la dégradation des sols affecte leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques et les usages socio-économiques qui en dépendent, leur conservation est un enjeu politique et social. Les mesures susceptibles d'être prises pour répondre à cet enjeu sont très diverses. Outre les interventions techniques, elles peuvent, notamment, inclure des changements législatifs ou réglementaires.

1. Dispositions institutionnelles pour la protection du sol

1.1. Au niveau mondial

Au 18e Session de l'Assemblée générale de l'UICN - l'Union mondiale pour la nature Perth, Australie 1990 [traitant d'un côté la thématique : dégradation des sols]

Elle recommande fermement aux gouvernements nationaux, aux organismes de financement, aux organisations internationales, nationales et provinciales concernées par l'utilisation des terres et la conservation:

a. D'accorder davantage d'attention et de fonds à l'étude des pratiques d'utilisation des terres contribuant à la dégradation des sols et d'élaborer des pratiques encourageant une utilisation durable des terres;

b. De mener des recherches spécifiques sur l'identification et l'élaboration de procédures

et des paramètres simples, permettant de détecter et de mesurer la dégradation des sols;

c. D'établir des programmes d'éducation et de vulgarisation à l'intention des propriétaires fonciers et des utilisateurs des terres à tous les niveaux gouvernementaux;

d. D'impliquer les propriétaires fonciers et les utilisateurs des terres, dans toute la mesure possible, dans les programmes de recherche, de surveillance continue, d'éducation et de vulgarisation;

e. D'établir et appliquer des mesures financières et fiscales pour encourager et aider les propriétaires fonciers et les utilisateurs des terres à appliquer les résultats des activités susmentionnées.

□ Convention internationale sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique

La Convention des Nations-Unies pour la lutte contre la désertification (UNCCD) est un instrument juridique international qui engage tous les pays signataires à coopérer dans la lutte contre la désertification. Elle est entrée en vigueur en 1996 pour 175 états adhérents ;

Pour structurer les politiques, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a demandé aux pays de rédiger des Plans d'Action Nationaux qui établiraient les stratégies à long terme, préciseraient les mesures à prendre et s'attaqueraient aux causes sous-jacentes de la désertification. L'expression "lutte contre la désertification" désigne les activités qui relèvent de la mise en valeur intégrée des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, en vue d'un développement durable et qui visent à:

- (i) prévenir et/ou réduire la dégradation des terres,
- (ii) remettre en état les terres partiellement dégradées,
- (iii) restaurer les terres désertifiées.

1.2. Cadre législatif de la conservation du sol en Algérie

La loi du 2 février 1941 : Elle a jeté les bases de nouvelles méthodes dans ses deux premiers articles : **Art. 1.** La création de périmètres de restauration des sols des bassins versants.

Art. 2. La défense des plantations et des ouvrages de protection, l'aménagement des pâturages. Pour l'application de cette loi, un service Spécial de la Défense et de la Restauration des Sols (DRS) a été créé en 1942

Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement

Art. 9 - La protection des terres contre la désertification l'érosion et la remontée des sels dans les terres vocation agricole est d'utilité publique.

Loi n° 03-10 de 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

Des prescriptions de protection de la terre et du sous-sol

Art. 59. — La terre, le sol et le sous-sol et les richesses qu'ils contiennent en tant que ressources limitées, renouvelables ou non, sont protégés contre toute forme de dégradation ou de pollution.

Art. 60. — La terre doit être affectée à des usages conformes à sa vocation, l'utilisation des terres pour des usages non réversibles doit être limitée.

Art. 61. — L'exploitation des ressources du sous-sol doit obéir aux principes qui fondent la présente loi, et en particulier au principe de la rationalité.

Art. 62. — Sont fixées par voie réglementaire :

1) Les conditions et mesures particulières de protection environnementale destinées à lutter contre la désertification, l'érosion, les pertes de terres arables, la salinisation et la pollution de la terre et de ses ressources par les produits chimiques ou tout autre matière pouvant altérer les sols à court ou à long terme ;

2) Les conditions dans lesquelles peuvent être utilisés les engrais, et autres substances chimiques dans les travaux agricoles, notamment : - la liste des substances autorisées ; - les quantités autorisées et les modalités d'utilisation afin que les substances ne portent pas atteinte à la qualité du sol ou des autres milieux récepteurs.

Loi n° 05-12 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau

Concernant la lutte contre l'érosion hydrique

Art. 34. — Pour chaque périmètre retenu et délimité en fonction de l'intensité de l'érosion hydrique des sols des bassins-versants, il est établi un plan d'aménagements anti-érosifs concerté entre les administrations, les organismes et les représentants des populations concernées, en vue d'assurer la conservation des eaux et des sols et de réduire les risques de dégradation des écosystèmes menacés.

Art. 35. — Dans les zones caractérisées par une forte érosion hydrique provoquant un envasement accéléré des retenues d'eau superficielle.

Loi n° 08-16 du 3 août 2008 portant orientation agricole

Parmi les dispositions générales :

- préserver et valoriser le patrimoine foncier par la précision de l'organisation foncière et la définition d'un mode approprié d'exploitation des terres agricoles ;
- permettre une utilisation rationnelle des sols par l'adaptation des systèmes de productions notamment dans les régions soumises aux menaces de dégradation ;
- assurer le développement agricole et rural des zones de montagne à travers un reboisement harmonieux, la conservation de la nature et la protection des bassins versants;
- permettre la fixation des cordons dunaires, la restauration du couvert végétal pâturé et la protection de la steppe et des zones pastorales ;
- assurer l'utilisation rationnelle et la valorisation des ressources en eau pour l'irrigation des terres agricoles.

Art. 4. - permettre une utilisation rationnelle des sols par l'adaptation des systèmes de productions notamment dans les régions soumises aux menaces de dégradation ;

- assurer le développement agricole et rural des zones de montagne à travers un reboisement harmonieux, la conservation de la nature et la protection des bassins versants;
- permettre la fixation des cordons dunaires, la restauration du couvert végétal pâturages et la protection de la steppe et des zones pastorales ;

Art. 11. Le plan national de développement agricole et rural est constitué de programmes portant notamment sur les domaines d'intervention suivants :

- la préservation et le développement des ressources génétiques animales et végétales ;
- la mise en valeur des terres ;
- le boisement et reboisement ;
- la lutte contre la désertification ;
- le développement de l'agriculture en régions sahariennes ;
- le développement de l'agriculture montagnaise.

Loi n° 10-02 du 29 juin 2010 portant approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire SNAT.

Le développement durable du territoire national constitue une dimension orientant l'ensemble des lignes directrices du SNAT. La ligne directrice « vers un territoire durable » se décline en cinq Programmes, parmi lesquels, la conservation des sols et la lutte contre la désertification.

Objectifs :

- Protéger et valoriser la ressource en sols,
- Inscrire la protection des sols dans une stratégie intégrée d'aménagement du territoire.

Stratégie :

- Renforcer et mettre en œuvre la protection des sols,
- Adapter la protection des sols aux enjeux spécifiques des différents espaces.

Programme d'action :

- Mesures de conservation et de restauration des sols.

1. Agriculture de conservation des sols

Les trois principes de l'agriculture de conservation sont les suivants :

1.1. Perturbation mécanique des sols minimale (pas de travail du sol) par le placement direct de semences et / ou d'engrais.

1.2. Une couverture organique des sols permanente (d'au moins 30%) faite de résidus végétaux et/ou de cultures de couverture.

1.3. La diversification des espèces cultivées, à travers des séquences de cultures variées et des associations impliquant au moins trois cultures différentes.

2. Végétalisation et techniques culturales

La végétation protège le sol contre l'érosion, améliorer sa structure et par conséquent sa fertilité. Pour arrêter la dégradation du couvert végétal et favoriser sa restauration, diverses solutions sont envisageables en fonction de la nature du couvert et de la cause de la dégradation. Le rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion se résume en 15:

- L'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui diminue dans une large mesure l'effet "splash" ;

- Les plantes ralentissent les eaux de ruissellement par la rugosité qu'elles donnent au terrain ;

- Elle augmente la cohésion du sol par son système racinaire.

Le renforcement de la résistance du sol à l'entraînement par l'eau passe par l'amélioration de la stabilité de sa structure grâce à des amendements humifères, des amendements calcaires qui stabilisent les complexes argilo-humiques et par des bonnes pratiques de gestion du sol (mise en défens, rotations des cultures, travail approprié du sol...etc.). Lorsqu'il s'agit de terrains agricoles, le travail du sol selon les courbes de niveau est très favorisé uniquement sur pente faible. Ces mesures combinées avec une bonne gestion du sol peuvent réduire le détachement et le transport des particules. Parmi les techniques les plus connues on peut citer : le paillage, la rotation des cultures...etc.

2.1. Paillage

2.1.1. Paillage en herbe :

Consiste à étaler des résidus de récolte (Débris végétaux, les pailles, les cannes de maïs, qui peuvent être incorporées superficiellement pour produire le mulching) sur les parcelles sensibles à l'érosion. La paille en absorbant l'énergie cinétique des gouttes de pluie, Contribue à protéger la surface recouverte contre l'agressivité des précipitations en limitant plus spécialement les effets de l'érosion « splash ». Le paillage agit de différentes façons par la matière organique qu'il apporte, il enrichit le sol et améliore ses qualités physiques en augmentant la perméabilité, il protège des effets d'érosion par le vent et empêché de former sur le surface du sol une mince couche compacte s'opposant à la pénétration de l'eau 17 (Figure 19A).

2.1.2. Paillage en plastique :

Les films de paillage en plasticulture sont destinés à couvrir le sol d'une culture. Ils ont plusieurs fonctions de base (Figure 19B) : -protéger la structure du sol (limiter la battance des sols) ; - limiter l'évaporation d'eau du sol ; - réduire les pertes par lessivage d'éléments fertilisants; - contribuer à réduire les risques phytosanitaires sur la plante ; - contribuer à la propreté de la récolte ; - limiter ou éviter l'enherbement de la culture selon que les films sont transparents ou opaques (réduction du recours aux herbicides) ; - réchauffer le sol ; - améliorer la précocité selon la couleur du film.



A

B

Figure 19 : Paillage en herbe (A) et en plastique (B)

2.2. Rotation des cultures

Consiste en l'organisation de la succession culturale des espèces sur une parcelle¹⁹. La rotation des cultures s'organise en un cycle régulier plus ou moins long, ex :

- plantes sarclées : (espèces de plantes cultivées comme la betterave, le maïs, la pomme de terre...etc.) ;
- Blé ;
- Légumineuses (elles désignent un type de cultures récoltées dans le seul but d'obtenir des grains secs, ex : Les haricots secs, les lentilles et les pois...etc.) ;
- Jachère (état d'une terre labourée qui n'a pas étéensemencée, afin de la laisser reposer).

La lutte contre la dégradation des espaces forestiers inclut la définition précise des droits fonciers et des droits d'usage, l'aménagement des forêts selon les principes de la gestion durable, la lutte contre le surpâturage et la surexploitation du bois de feu, la défense contre les incendies. La régénération de la végétation naturelle sur des terrains de parcours peut s'obtenir par une diminution de la charge en animaux, ou même, sur des terrains très dégradés, par une interdiction totale du pâturage, plus ou moins prolongée (mise en défens).

Chapitre 3 : Les pratiques de conservation et gestion durable des sols : Contre l'érosion hydrique, contre l'érosion éolienne

1. Dégradation des sols

Qu'est-ce que la dégradation des sols ? La dégradation des sols est le déclin de la qualité des sols causé par leur utilisation inappropriée, généralement à des fins agricoles, pastorales, industrielles ou urbaines.

Il s'agit également de la dégradation de la qualité des sols causée par les activités humaines, qui a constitué un grave problème mondial au cours du XXe siècle et qui restera une priorité internationale tout au long du XXIe siècle. Par conséquent, la dégradation des sols représente un grave problème environnemental mondial qui pourrait également être exacerbé par le changement climatique.

L'importance de la dégradation des sols parmi les autres problèmes mondiaux est aggravée par son impact sur la sécurité alimentaire mondiale et la qualité de l'environnement. Les terres agricoles disponibles diminuant ou se dégradant de plus en plus en raison de la pression exercée pour produire davantage de nourriture, nous pourrions voir la production agricole diminuer au fil du temps.

Dégradation des terres et/ou des sols ?

Nous avons surtout parlé ici de la dégradation des sols MAIS il y a un autre terme que nous n'avons pas abordé... et c'est la dégradation des terres.

Qu'est-ce que : a) la dégradation des terres et b) en quoi diffère-t-elle de la dégradation des sols ?

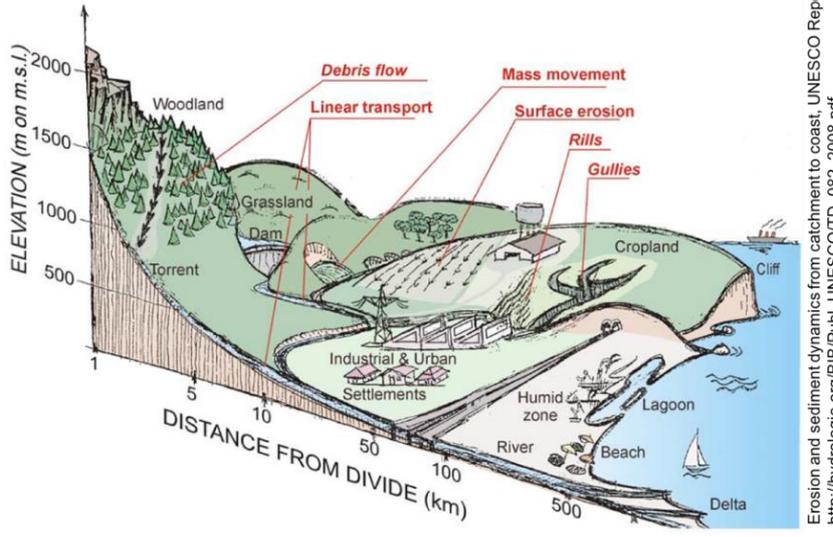
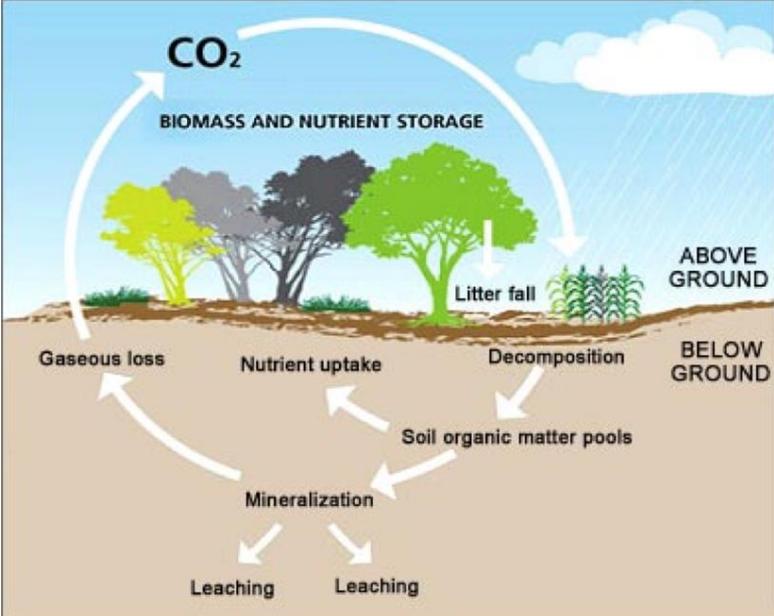
La dégradation des sols peut être un terme délicat (et contesté) à définir mais il décrit essentiellement comment les ressources terrestres (sol, eau, végétation, roches, air, climat, relief) ont changé pour le pire. Selon la FAO, la dégradation des terres signifie le déclin temporaire ou permanent de la capacité de production des terres.

Cependant, l'état du sol est le meilleur indicateur de la dégradation des terres car le sol intègre une variété de processus importants tels que la croissance de la végétation, l'écoulement des eaux de surface, l'infiltration de l'eau, l'utilisation et la gestion des terres. La dégradation du sol est, en soi, un indicateur de la dégradation des terres.

1.2. Menaces de dégradation des sols

Un certain nombre de menaces de dégradation des sols pèsent sur les ressources pédologiques de notre planète. Il s'agit notamment des menaces suivantes :

Tableau 2 : Menace pour les sols

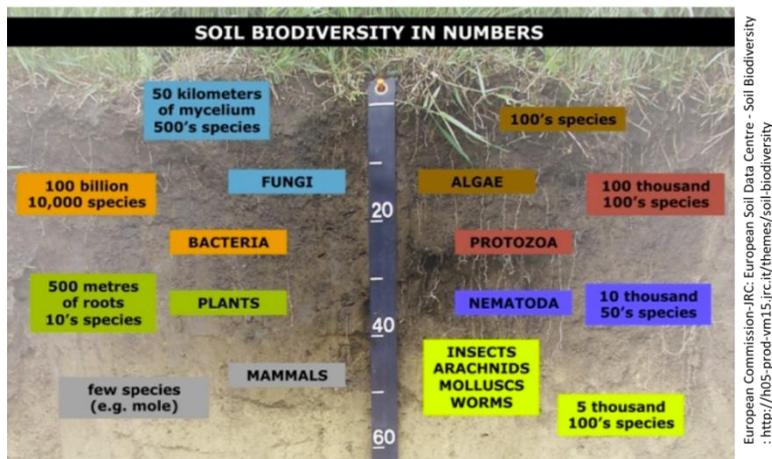
Menace pour les sols	Description
	<p>Érosion hydrique et éolienne Influencée par des facteurs tels que la pente, le sol, l'utilisation et la gestion des terres, le climat (en particulier les précipitations et l'évaporation potentielle).</p>
	<p>Diminution de la matière organique du sol (MOS) Les facteurs comprennent le climat, la modification du pH, la modification de l'utilisation des terres, les pratiques agricoles, les techniques de gestion des terres (méthode de travail du sol, irrigation, intensité du pâturage, etc.)</p>
	<p>Déséquilibre en éléments nutritifs Désigne principalement les déficits en éléments nutritifs dans les sols de certains pays et les excédents d'éléments nutritifs dans les sols d'autres pays. Les déficits se produisent lorsque la récolte extrait plus d'éléments nutritifs qu'elle n'en remplace grâce à la</p>



gestion de la fertilité des sols. Les excédents se produisent lorsque l'on applique plus d'éléments nutritifs qu'on n'en extrait. Les facteurs qui influencent le déséquilibre des éléments nutritifs comprennent la gestion des sols, des cultures et du bétail, ainsi que les conditions socio-économiques.



Scellement de surface
Principalement due à l'urbanisation et à l'industrialisation. Impacts : plus de ruissellement de surface, moins d'infiltration et de recharge des eaux souterraines. Si le sol est imperméabilisé : le sol n'est plus disponible pour de nombreuses autres fonctions.



Le déclin de la biodiversité des sols
La biodiversité des sols (des mammifères aux bactéries) joue un rôle important dans la capacité métabolique des écosystèmes terrestres.

<p style="text-align: center;">SOIL COMPACTION reduction in pore size</p> <p>lower infiltration rate</p> <p>changes in micro-organism activity</p> <p>less earthworm activity</p> <p>root penetration more difficult</p> <p>reduced soil drainage</p> <p>reduced air content</p> <p style="font-size: small; text-align: right;">https://www.biology-fieldwork.org/grassland/grassland-plants/fieldwork.aspx (CC BY-NC-ND 3.0)</p>	<p>Tassement du sol Due à une réduction de la porosité du sol et à une augmentation de la densité apparente, causée par des contraintes mécaniques dues aux activités humaines, entraînant la détérioration d'une ou de plusieurs fonctions du sol (par exemple, les machines agricoles, le piétinement des animaux, etc.)</p>
<p>Atmosphere</p> <p>short & long-distance transport</p> <p>deposition</p> <p>Application of pesticides</p> <p>evaporation</p> <p>spray drift</p> <p>precipitation</p> <p>dry deposition</p> <p>diffuse contamination</p> <p>land run-off</p> <p>crop run-off (endo-drift)</p> <p>point source contamination</p> <p>water sources</p> <p>seepage</p> <p>leaching</p> <p>drainage</p> <p>ground-water</p> <p style="font-size: small; text-align: right;">Roy Bateman at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/index.php?curid=11923365</p>	<p>Contamination des sols Due à l'industrialisation : Il en existe deux types : a) la pollution ponctuelle et b) la pollution diffuse</p>
	<p>Perte de mouillabilité du sol Modification de l'état d'un sol entraînant une perte partielle ou totale de la capacité d'infiltration et de redistribution. Influencée par l'encroûtement du sol et l'imperméabilité du sol.</p>

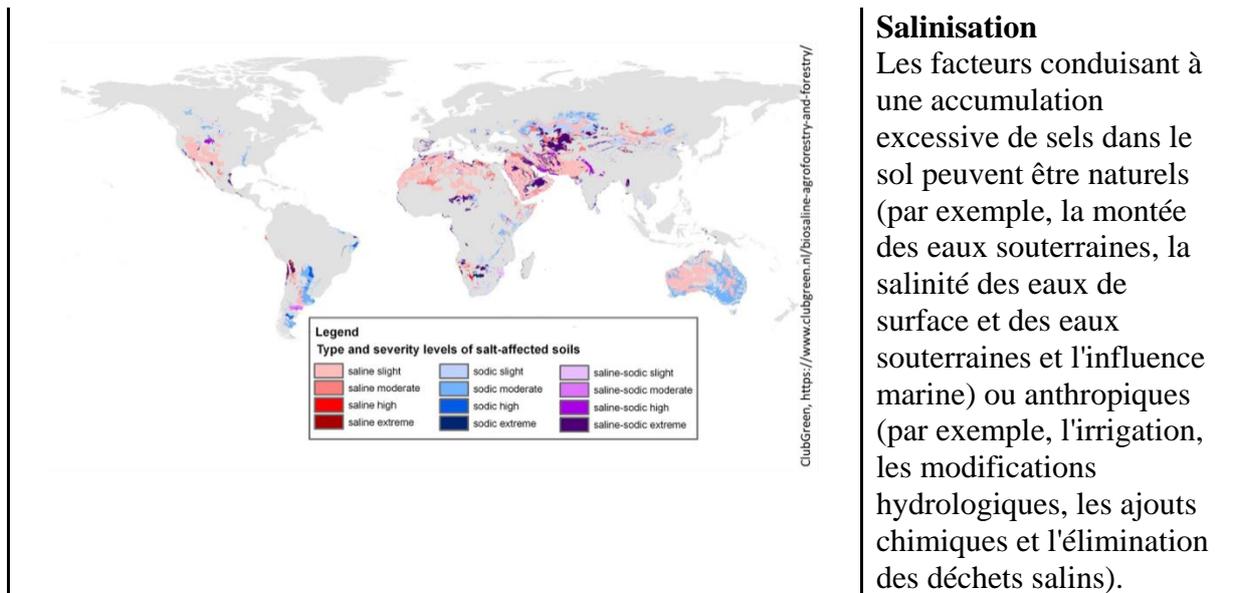


Figure 20 : Les sols sont menacés

2. Erosion hydrique

Depuis une trentaine d'années, l'écosystème steppique a été complètement bouleversé, tant dans sa structure que dans son fonctionnement à travers sa productivité primaire. On assiste à un ensablement progressif allant du voile éolien dans certaines zones à la formation de véritables dunes dans d'autres. La réduction du couvert végétale et le changement de la composition floristique sont les éléments qui caractérisent l'évolution régressive de la steppe.

2.1. La croûte du sol

La croûte du sol est une fine membrane qui se forme à sa surface. La croûte prend naissance par la destruction des agrégats sous les pluies violentes (effet splash), cette destruction donnant lieu à une nouvelle répartition des agrégats en fines particules qui se dispersent et pénètrent dans les interstices du sol et les bloquent. La formation de la croûte fait considérablement obstacle à l'infiltration de la pluie dans le sol, avec pour conséquence du ruissellement en surface et l'accélération de l'érosion. La formation de la croûte se compose d'un certain nombre de processus parallèles et continus. Ces processus sont schématisés à la Figure (21).

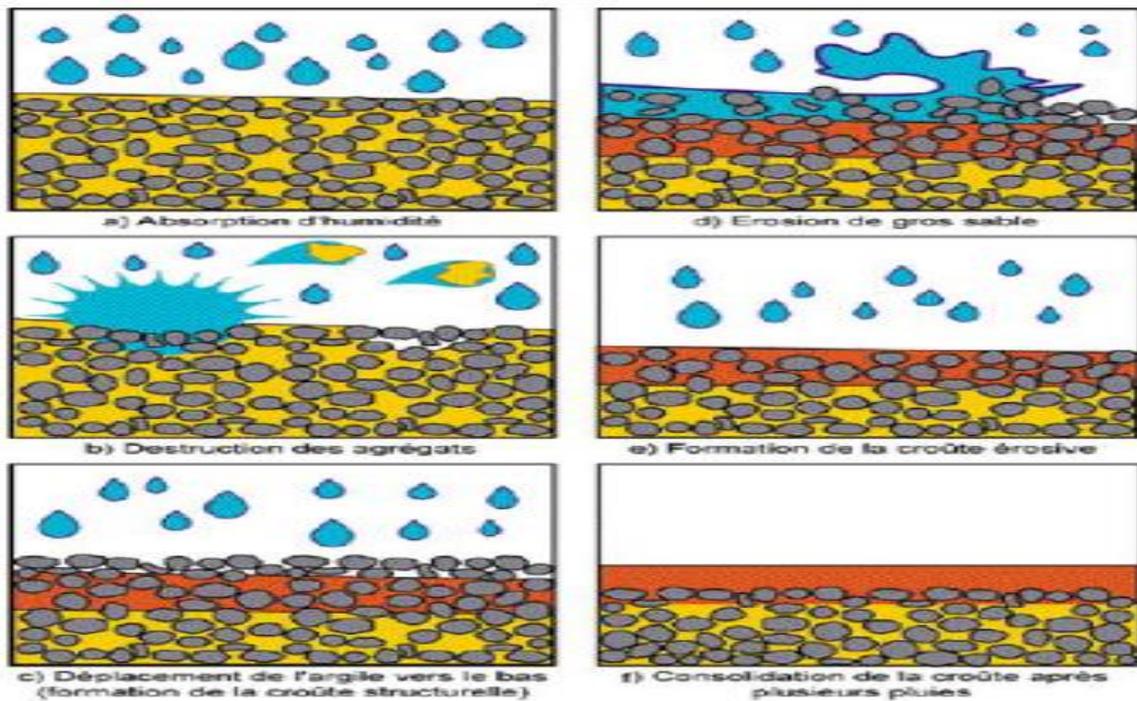


Figure 21 : Principe de l'érosion hydrique

a) Absorption d'humidité

Lorsque la pluie commence à tomber, le sol sec de la surface s'humidifie subitement, des bulles s'y forment et la différence de pression entraîne la destruction des agrégats. Lorsque le taux d'argile et de matière organique sont faibles, la force d'adhésion des particules y est peu élevée. Il s'ensuit qu'il se sépare aisément sous le choc des gouttes de pluie.

b) Choc des gouttes de pluie

La surface du sol devient cratériforme (petite dépression) sous le choc des gouttes de pluie, et il se produit une nouvelle répartition des particules.

c) Formation de la croûte structurale

Si, d'une part, les grosses particules de terre demeurent à la surface, les petites sont dispersées et pénètrent avec l'eau interstitielle, bloquant ainsi les interstices et donnant lieu à la formation d'une membrane peu perméable. Ce phénomène est résumé par l'expression "croûte

structurelle".

d) Le ruissellement en surface

Si la pluie continue de tomber et donne naissance au ruissellement, les grosses particules demeurées à la surface du sol sont emportées par le ruissellement ; la couche inférieure dense dont les interstices avaient été bouchés se trouve ainsi exposée.

e) Formation de la croûte érosive

On appelle cette couche la "couche érosive". L'épaisseur de sol sableux y est d'environ 1mm. La surface y est d'apparence douce, sans interstices. La diminution de la rugosité de la surface entraîne une augmentation de la vitesse du ruissellement.

f) Durcissement de la croûte érosive

Chaque nouvelle précipitation accentue la densité de la croûte érosive, la solidifiant. La facilité avec laquelle se forme la croûte dépend largement de la stabilité des particules du sol et de la force des précipitations. Nous expliquons ci-dessous les facteurs qui interviennent dans ce phénomène.

2.2. Concentration argileuse

Lorsque la concentration argileuse est élevée, la plus grande capacité d'adhésion des agrégats limite la formation de la croûte. On considère généralement que les sols qui donnent facilement naissance à la croûte ont une concentration argileuse de 20% ou moins; selon Poeson (1986), c'est sur les sols dont la concentration combinée d'argile et de limon est d'environ 10% que la croûte se forme le plus facilement.

2.3. Eléments organiques

Puisque les éléments organiques, à l'instar de l'argile, sont des matières aux particules adhérentes, plus leur concentration est élevée, plus les particules sont stables et plus la croûte se forme difficilement.

2.4. Concentration d'eau initiale

Si le sol est sec lorsque la pluie se met à tomber, les agrégats sont plus facilement sujets à la destruction par l'absorption subite d'humidité. C'est lorsque le sol est humide que sa stabilité est élevée.

2.5. Violence des précipitations

Plus l'énergie générée par le choc des gouttes de pluie est élevée, plus la croûte se forme facilement. Plus les précipitations se poursuivent avec violence sur une longue période, plus la croûte se forme facilement.

2.6. Recouvrement

Lorsque la surface du sol est recouverte de végétation et de paillage, la formation de la croûte se trouve limitée par l'adoucissement des chocs des gouttes de pluie sur les particules du sol.

3. Principe de l'érosion hydrique

Lorsque la force des précipitations excède la capacité d'absorption du sol, l'excédent d'eau ruisselle à la surface et descend le long des pentes. Ce phénomène de transport du sol par le ruissellement (érosion) est appelé érosion hydrique. L'érosion hydrique comprend deux processus, Le détachement du sol et son transport. L'énergie nécessaire à ces processus provient des précipitations et du ruissellement.

a) Détachement du sol

Sous l'énergie des précipitations, les agrégats sont détruits, et le sol ainsi dispersé est transporté par le ruissellement. Ou encore, le ruissellement lui-même provoque le soulèvement du sol par sa surface.

b) Transport du sol

L'énergie du ruissellement dépend de sa vitesse. La vitesse du ruissellement à laquelle le déplacement des particules de terre devient remarquable varie selon le type de sol, mais plus les particules sont fines, plus leur transport se fait facilement même avec un ruissellement lent. Dans les pentes, plus l'inclinaison est prononcée, plus la vitesse est élevée, et plus la puissance de transport du sol augmente. L'accroissement de l'inclinaison fait augmenter la puissance d'érosion du sol. Quant aux effets de la longueur de la pente, ils sont dirigés selon son inclinaison et sa forme.

3.1. La forme de l'érosion

La figure (22) présente le processus de progression de l'érosion. Lorsqu'il pleut et que cela génère du ruissellement, le ruissellement descend d'abord vers le bas sur toute la surface, mais par la suite il se concentre en des endroits relativement peu élevés de la pente en formant des voies de ruissellement. De telles voies de ruissellement sont appelées des rigoles. Le ruissellement dans les rigoles entraîne une augmentation soudaine de la profondeur d'eau et de la vitesse de ruissellement, provoquant ainsi une augmentation de la puissance de détachement et de transport du sol.

C'est pour cette raison que les rigoles grandissent à chaque précipitation, par érosion du sol qui les entoure. On appelle "ravin" la rencontre de plusieurs rigoles. Ce terme désigne des endroits où l'érosion a atteint une profondeur telle que la culture n'est plus possible dans ces voies de ruissellement, et où les deux versants se dressent sous la forme d'une coupure très prononcée. Ils apparaissent facilement là où la couche inférieure du sol est fragile et se brise facilement. Dans les ravins, on trouve des points de chute d'eau aux endroits où l'érosion a progressé rapidement ; ces points progressent par la suite de plus en plus vers le haut. L'érosion du sol dans les ravins est considérablement plus grande que dans le ruissellement de surface et les

rigoles.

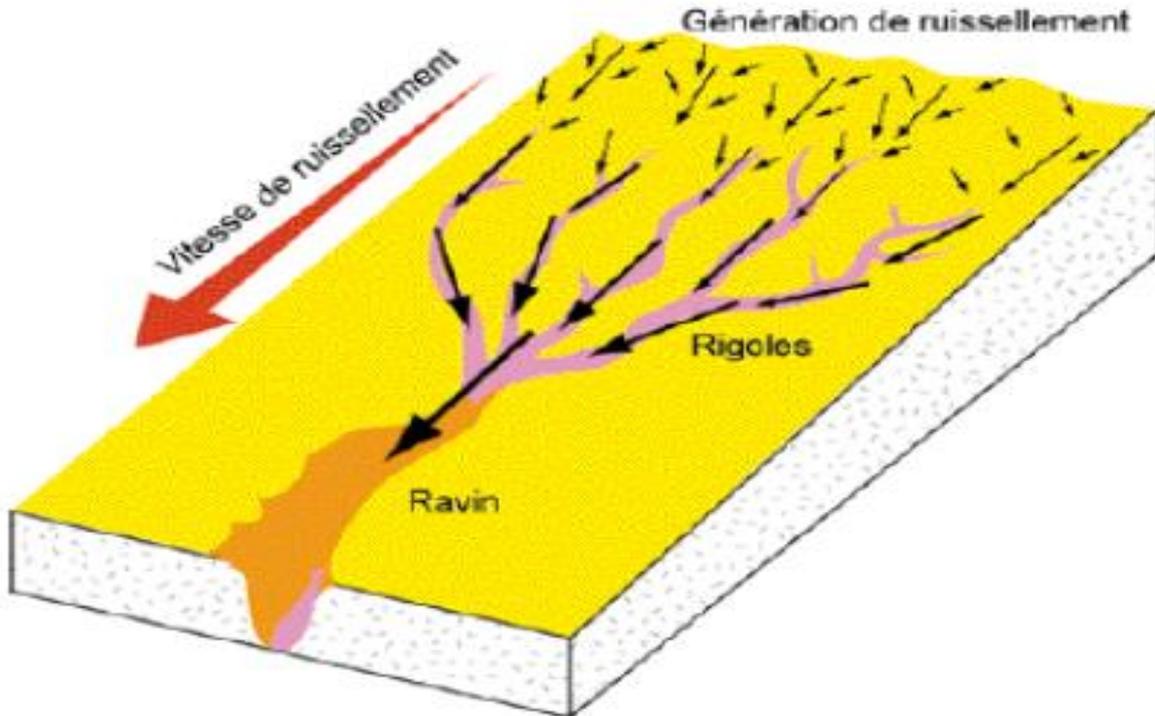


Figure 22 : le processus de progression de l'érosion

3.2. Les facteurs d'érosion du sol

L'équation universelle d'érosion des sols (USLE) (équation de WISCHMEIER) étant la façon la plus claire de présenter les facteurs d'érosion du sol, nous la présentons ci-dessous, de façon simple. Cette équation a été établie sur la base de tests sur des boîtes de ruissellement, dans le cadre d'un très grand projet réalisé dans toutes les régions des Etats-Unis, pour pouvoir y procéder à l'estimation des volumes d'érosion du sol. L'USLE permet de calculer la tendance à l'érosion des sols à long terme, dans une rigole ou sur une surface qui comporte des rigoles.

Aujourd'hui, cette équation a été adoptée à travers le monde. Elle prend la forme ci-dessous :

$$A = (0,224) RKLSCP$$

Où : A: correspond à la perte de sol (kgm^{-2}), R: au coefficient d'érosivité des pluies, K: au coefficient d'érodabilité du sol, L: au coefficient de longueur de pente, S: au coefficient d'inclinaison, C: au coefficient de protection du sol par la couverture végétale, et P: au coefficient de protection du sol par les pratiques agricoles.

Comme le montre la formule, le volume d'érosion du sol peut être représenté par le produit de coefficients exprimant divers facteurs. Autrement dit, il est possible de réduire le volume d'érosion du sol en s'efforçant de rendre plus petit chacun de ces coefficients. Nous présentons les divers facteurs d'érosion ci-dessous.

a) Coefficient d'érosivité des pluies (R)

Le coefficient d'érosivité des pluies est établi en fonction de deux particularités. Il s'agit de l'énergie de déplacement des pluies et de la force des pluies. L'énergie de déplacement des pluies dépend du diamètre des gouttes de pluie. En général, plus la force de la pluie est grande, plus le diamètre des gouttes est grand, et plus l'énergie de déplacement est élevée. Ainsi, plus la force de la pluie est grande, plus la valeur R sera élevée. L'intervention humaine sur ce facteur n'est pas possible.

b) Coefficient d'érodabilité du sol (K)

Pour le coefficient d'érodabilité du sol K, le facteur dominant est le taux de limon (0,002 à 0,05 mm) et de sable fin (0,05 à 0,1 mm) dans le sol. D'autres facteurs exercent également des effets, dont notamment le taux de matières organiques, la structure du sol et sa perméabilité. La valeur de K augmente avec la quantité de limon et de sable, et en raison inverse de la présence de matières organiques et de la perméabilité. La valeur de K peut être diminuée par l'intervention humaine, en introduisant des matières organiques pour élever la stabilité des agrégats du sol, ou encore en limitant le niveau de développement de la croûte pour assurer la perméabilité du sol.

c) Coefficient de longueur de pente (L) et coefficient d'inclinaison (S)

Bien que ces deux coefficients soient indépendants, ils sont en fait utilisés ensemble sous la forme d'un seul coefficient LS. La longueur de la pente correspond à la distance qui sépare le point où commence le ruissellement, et le point où la pente se termine. Quant à l'inclinaison, elle est normalement exprimée sous la forme d'un pourcentage. La vitesse du ruissellement et, par conséquent, l'érosivité augmentent en fonction de la longueur de la pente et de son inclinaison. Par exemple, si on divise la longueur en plusieurs segments courts à l'aide de cordons de pierres, la vitesse de ruissellement sera alors réduite, entraînant une diminution du coefficient L.

d) Coefficient de protection du sol par la couverture végétale (C)

Ce coefficient varie selon l'état de la couverture du sol et la présence de produits spécifiques ; il varie donc selon des facteurs tels que l'état de croissance du système végétal, la longueur de la période de culture, le système de labour, la gestion des résidus végétaux, l'emplacement du sol par rapport à la distribution pluviométrique dans la région, etc. Lorsque le taux de couverture végétale (plantes et résidus végétaux) est élevé, cela prévient le choc direct de la pluie sur la surface, réduisant ainsi la valeur du coefficient. Plus la période de couverture est longue, plus la valeur de C diminue.

e) Coefficient de protection du sol par les pratiques agricoles (P)

Il s'agit d'un coefficient d'ajustement qui varie selon l'adoption de mesures contre l'érosion par

la culture orientée de haut en bas sur la pente: terrasses (Fig.3.a), culture en bandes (Fig.3.b), culture selon les courbes de niveau (Fig.3.c), etc. Avec une inclinaison de 15% ou moins, la culture selon les courbes de niveau permet de réduire le volume d'érosion à 50% ou 70% ; quant aux terrasses, elles permettent une réduction jusqu'à 15%.

Ainsi, pour faire la synthèse de ce qui précède, il faut, pour réduire l'érosion du sol :

- Elever la stabilité du sol par le dosage des matières organiques, et assurer une perméabilité élevée du sol pour empêcher la formation de la croûte.
- La construction d'une structure sur une longue pente permet de réduire la vitesse de ruissellement. Dans une perspective à long terme, l'inclinaison de la pente peut également être adoucie par des terrasses.
- La couverture du sol par le paillage et des végétaux permet d'éviter qu'il ne soit mis à nu.



a. Terrasses



b. Culture en bandes



c. Culture selon les courbes de niveau

Figure 23. Culture orientée de haut en bas sur la pente

4. Erosion éolienne

L'érosion éolienne est le phénomène de dégradation du sol sous l'action du vent qui arrache, transporte et dépose des quantités importantes de terre. Elle s'installe quand :

- IL existe de vents violents et réguliers durant de longues périodes dans la même direction (vents dominants).
- Il s'agit d'un sol à texture grossière, sableux notamment
- Il existe des reliefs atténués sur des grandes étendues plates
- Le climat a une saison sèche entraînant la dessiccation des horizons superficiels du sol et la disparition du couvert végétal.

4.1. Origines et mécanismes de l'érosion éolienne

L'arrachage, le transport et dépôt des particules de sols sont fonction de la vitesse du vent, mais de la taille et de la densité de ces particules, de l'humidité du sol et du couvert végétal.

Les facteurs de l'érosion sont donc :

- Facteurs causal : climat (vent, humidité)
- Facteur de conditionnement
 - o Nature du sol (texture, teneur en M.O)
 - o Topographie
 - o Couvert végétal

En termes plus simples, le facteur qui exerce la plus grande influence sur l'érosion éolienne est la vitesse du vent près de la surface du sol. Après l'enlèvement des particules légères et sables fins du sol (déflation), le déplacement des particules du sol peut prendre ensuite trois formes, comme l'indique la Figure (4). Il s'agit de la saltation, de la reptation et de la suspension, chacune de ces formes se distinguant du point de vue de la grosseur des particules et de la vitesse du vent.

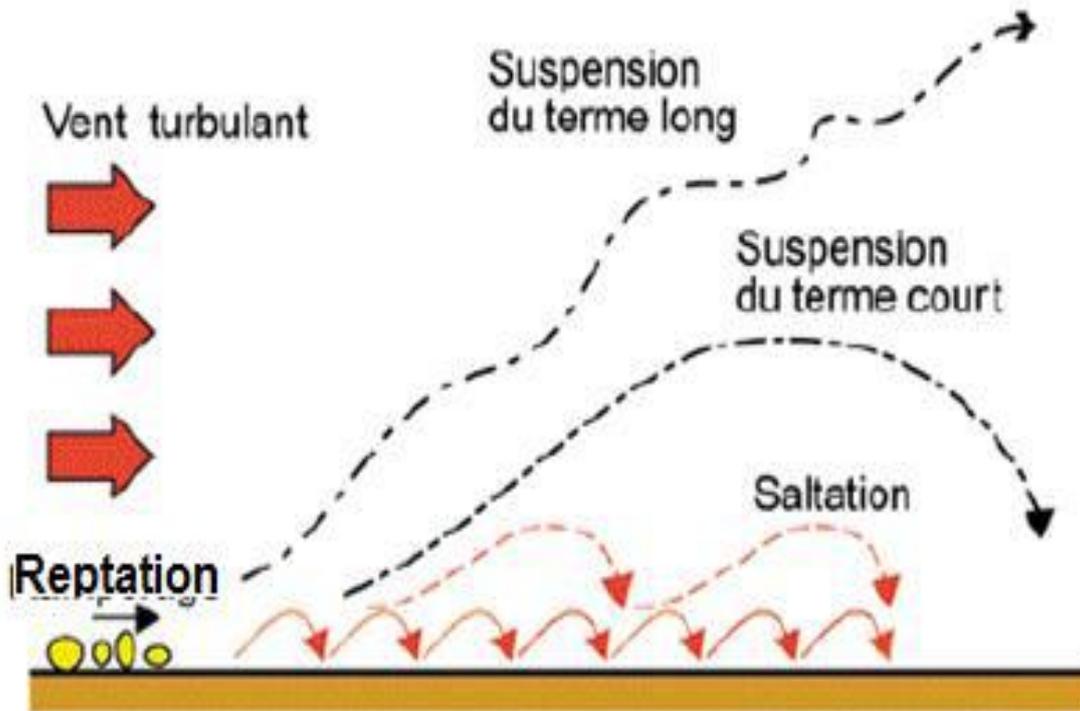


Figure 24 : Formes de déplacement du sol lors de l'érosion éolienne

Les microparticules, telles que celles d'argile et de limon ($70 \mu\text{m}$ ou moins) ne nécessitant pas une très grande énergie cinétique pour leur transport, elles sont soulevées de la surface du sol et se trouvent en suspension dans l'atmosphère sur une période qui varie de quelques heures à quelques jours, et peuvent se déplacer sur de grandes distances (de 200 à 1.000 km). A l'opposé, les grosses particules telles que celles de sable gros ($0,5 \text{ mm}$ ou plus) n'arrivant pas à flotter même à grande vitesse éolienne, leur déplacement à la surface du sol ne se limite qu'à quelques mètres ou quelques dizaines de mètres, elles roulent ou glissent à la surface du sol. C'est ce qu'on appelle la reptation (50-80% du transport et est le principal déplacement des grandes dunes). Quant à la saltation (7 à 25 % du transport), elle désigne le déplacement des particules de grosseur moyenne, qui frappent le sol de manière répétée en étant d'abord soulevées par le vent à une hauteur d'environ 1 mètre, puis ramenées au sol par leur masse. Le déplacement par saltation peut s'étendre de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres.

Lorsque le vent perd de la vitesse ou quand il est chargé, les particules de sables transportées et poussières se déposent, c'est l'accumulation. Il apparaît qu'à la zone d'accumulation est toujours associée la zone de déflation et la conséquence est que: Une dune mobile avance par le mouvement de ses propres sables et est à la fois zone d'alimentation et d'accumulation.

4.2. Effets et importance de l'érosion éolienne

Comme l'érosion hydrique, l'érosion éolienne est néfaste pour le développement économique et l'avenir de l'environnement de l'homme dans les zones propices à son installation. Les dangers sont notamment :

a) Sur le sol

Le vent entraîne en premier lieu les parties fines du sol, c'est-à-dire le limon, le sable fin et la matière organique. Il détériore ainsi la structure du sol, qui devient plus sableuse, donc plus sensible à son action, et il diminue sa capacité de rétention d'eau. De petites buttes se créent autour de la végétation ligneuse et herbacée, rendant ainsi le terrain accidenté. Le sol devient progressivement impropre à la culture.

b) Sur la végétation

L'action du vent sur la végétation est à la fois mécanique et physiologique.

- Effets mécaniques : Les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec force, entraînant l'abrasion de leurs tissus. Dans les zones où les particules sont prélevées, les racines se déchaussent et la végétation risque d'être déracinée. Dans les zones où elles sont déposées, la végétation est progressivement enterrée.

- Effets physiologiques : Le vent augmente l'évaporation et dessèche les plantes, principalement pendant la saison sèche. De plus, la capacité de rétention d'eau du sol est diminuée et conduit à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère.

c) Sur les infrastructures

L'érosion éolienne provoque l'enterrement des routes, de voies ferrées et de réseaux d'irrigation et constitue un véritable danger pour les villages, les parcelles de culture et pâturages.

5. Les mesures antiérosives contre le ruissellement et l'érosion des sols

La lutte antiérosive doit donc prévoir la gestion de ces eaux de ruissellement. Il existe quatre modes de gestion des eaux auxquels correspondent des structures antiérosives :

- la capture du ruissellement pour l'irrigation d'appoint ;
- l'infiltration totale ;
- la diversion des eaux excédentaires ;
- la dissipation de l'énergie du ruissellement.

Les méthodes antiérosives sont des techniques qui agissent en modifiant le trajet de l'agent d'érosion et en réduisant sa force. Voici quelques exemples :

5.1. Les terrasses

Elles sont exécutées sur forte pente, elles permettent de cultiver horizontalement sur des terrains pentus en même temps qu'elles permettent de lutter contre l'érosion. Dans les régions arides elles sont utilisées pour la lutte contre les ruissellements et l'érosion. Les successions de terrasses prennent en effet la forme d'un escalier ou de gradins. Elles doivent s'adapter à la pente : lorsque la pente augmente les terrasses rétrécissent tandis que le mur (ou le talus) de soutènement prend de la hauteur. Elles constituent des ouvrages par la cassure de l'énergie du ruissellement mais aussi d'amélioration des terres (humidité, profondeur) et donc de la productivité des sols. Elles sont plus adaptées aux pentes fortes (>15 %).



Figure 25 : Terrasses

5.2. Construction des murets et murettes :

Les aménagements de versants en murets de pierre sèche (se sont des petits murs construits en pierres sèches sans ciment ni enduit) selon les courbes de niveau, et le traitement des ravines par des comblements en pierre sont conseillés pour stabiliser les têtes de bassin et réduire les écoulements (Figure 12).



Figure 26 : Murets avec terrasses

5.3. Les alignements de pierre

Les cordons pierreux sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse de ruissellement ; ils permettent la sédimentation des particules (sables, terre fine, matière organique). Elles sont des petits murs construits en pierres sèches (sans ciment) selon les courbes de niveau (Figure 13).

L'utilisation des petits seuils en pierres sèches peut jouer un rôle provisoire dans la correction

de ravinement avant la mise en place des seuils biologiques par la végétation. Ces seuils peuvent créer par leur atterrissement un milieu favorable à l'installation des plants. Le ruissellement provenant de l'impluvium formé par des collines, peut aussi être capté par une digue en terre et irriguer un champ aménagé en cordons de pierres.

6. Les techniques de lutte contre l'érosion éolienne

Les méthodes de conservation peuvent aussi être classées selon leur nature : techniques de travail du sol, techniques fondées sur la gestion des cultures ou des résidus de culture, et brise vents. La lutte contre l'érosion éolienne s'organise à deux niveaux:

- Réduire la vitesse effective du vent au niveau du sol par les palissades (Figure 27) ;



Figure 27 : Palissade : fixation des dunes par les feuilles de palmes

- Augmenter la cohésion du sol.

Pour lutter contre l'érosion éolienne, il existe 4 méthodes fondamentales de défense :

- Former ou ramener en surface des agrégats ou des mottes de dimension suffisante pour résister à la force du vent ;
- Rendre la surface inégale de façon à ralentir le vent et à retenir la terre mise en mouvement;
- Établir par intervalles des pare-vent ou des bandes de fixation pour réduire la vitesse du vent et freiner le processus d'avalanche ;
- Établir et maintenir une végétation (Figure 20), ou des résidus végétaux qui protègent le sol.

Ces principes peuvent trouver partout leur application, mais l'efficacité relative de chacun d'eux varie avec les conditions locales de climat, du sol et d'utilisation du sol. Toutes les méthodes doivent prendre en compte :

- L'accès des paysans et des nomades à leurs sites et à leurs pâturages ;
- L'organisation traditionnelle des villages ;
- La disponibilité en main d'oeuvre et le savoir-faire local ;

- Les coûts financiers des techniques de lutte et surtout de leur maintenance.



Figure 28 : Plantation de l’Atriplex pour la fixation des dunes

La réussite des programmes de lutte suppose l’utilisation et la valorisation des spécificités écologiques et humaines locales pour minimiser les coûts et rendre les solutions viables pour les communautés.

6.1. Au milieu steppique

- L’intervention concernera l’ensemble des zones dégradées, à travers tout le territoire steppique (Figure 21), dont la superficie était estimée à 7 millions d’hectares dont 3 millions d’hectares ont été récupérés par les actions de restauration du HCDS (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) ;

- Préserver les faciès steppiques originels par des systèmes de mise en défens améliorés ;

- Mettre en oeuvre un Schéma National de Conservation des Sols et de Lutte Contre la Désertification.

6.2. Au milieu agricoles

Pour pouvoir réaliser efficacement l’étude de terrain et élaborer un plan de conservation des terres agricoles adapté aux conditions locales, l’examen préliminaire ci-dessous s’impose l’élaboration du plan tiendra compte l’ensemble des recommandations suivantes [26] :

- Offre d’informations aux habitants de la zone pour que réussisse l’application des mesures de conservation des terres agricoles, il est important, d’une part, que les habitants de la zone prennent conscience des phénomènes qui se produisent sur leurs terres de culture et dans leurs villages et, d’autre part, qu’ils comprennent l’importance du plan de conservation des terres agricoles et de l’application des mesures qu’il comprend ;

- Il importe de respecter les pratiques traditionnelles et sociales de la zone, telles qu'identifiées lors de l'étude de terrain. Il est également important que les activités reliées à la composition, à la procédure d'établissement et à la description des activités de cette organisation s'effectuent sur la base d'un processus de discussions avec les habitants ;
- Offre de formation technique si les habitants de la zone ne connaissent pas les techniques impliquées par les mesures de conservation des terres agricoles ;
- Plan de promotion de la participation des habitants l'exécution des activités de conservation est fondée sur la participation non rémunérée des habitants de la région. Il importe donc que l'on motive ces derniers afin qu'ils offrent de manière spontanée leur participation aux activités
- Calcul des coûts et planification de l'approvisionnement en fonction d'un plan concret d'exécution.

7. Gestion durable des sols

Nous devons gérer la terre de manière efficace et explorer le rôle de la gestion durable des sols. Par exemple, il existe de bonnes et de mauvaises façons de gérer les terres et leurs effets sur le fonctionnement des sols sont illustrés à la figure 29.

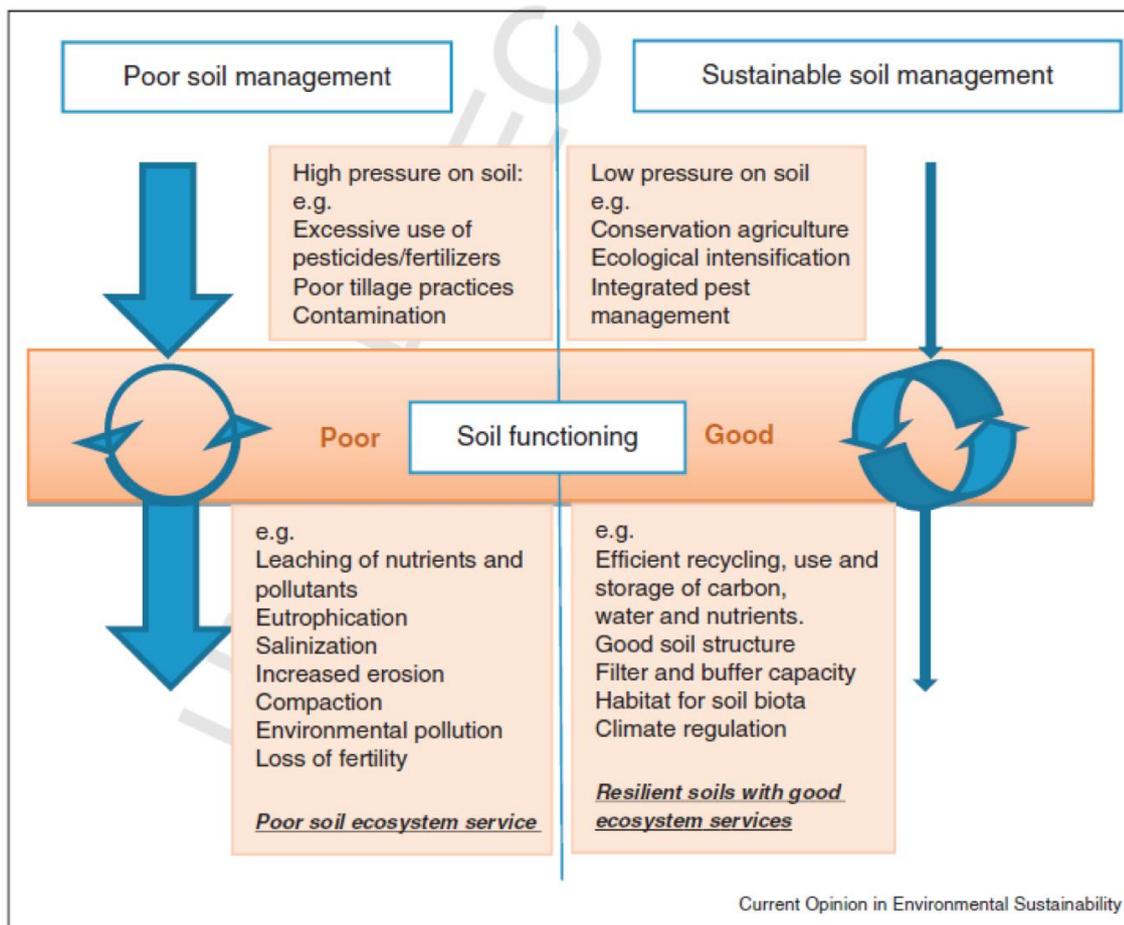


Figure 29 :Gestion médiocre et durable des sols et leurs impacts sur le fonctionnement des sols.

La FAO a fourni (Fig. 30) une liste des solutions les plus importantes en matière de gestion durable des sols. Celles-ci comprennent

- o La gouvernance inclusive des sols
- o Le traitement des eaux usées
- o Augmentation des investissements dans la gestion durable des sols
- o L'élimination appropriée des déchets
- o Plaidoyer/sensibilisation
- o Réduire l'érosion
- o Établir des systèmes d'information sur les sols
- o Rotation des cultures
- o Développer les capacités et renforcer la vulgarisation sur les sols
- o Travail minimum du sol
- o Arrêter la dégradation des sols
- o Utilisation judicieuse des nutriments
- o Restaurer/réhabiliter les sols dégradés
- o Maintenir la surface du sol couverte
- o Mettre en œuvre une planification de l'utilisation des terres
- o Augmenter la teneur en matière organique du sol
- o Analyser/évaluer l'état du sol

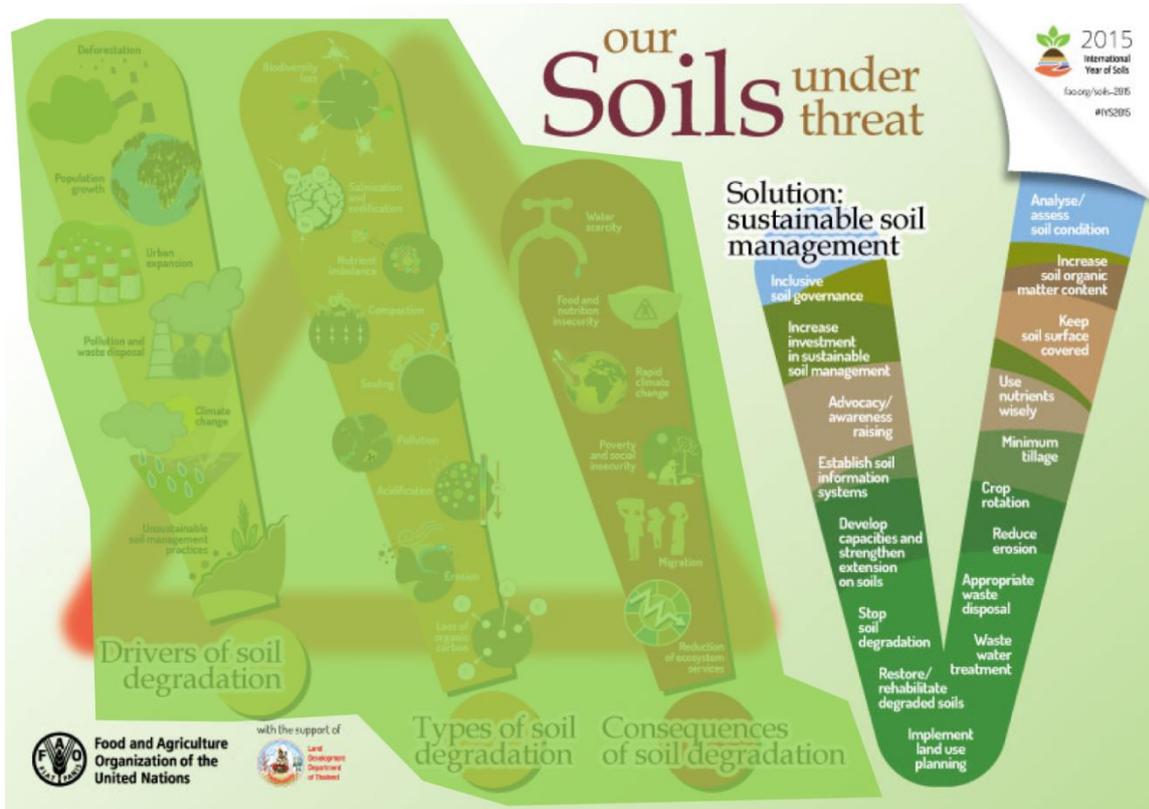


Figure 30 : Liste des solutions les plus importantes en matière de gestion durable des sols

Chapitre 4 : Stabilisation : Des sables, des dayas, des chotts et sebkhas, des oasis...**1. La stabilisation des sables**

La phase initiale de la lutte contre l'ensablement consiste à freiner le mouvement du sable en érigeant des palissades de 1 à 1,5 m de hauteur, afin de provoquer à leur niveau une accumulation de sable qui permettra la formation d'une dune artificielle. Le phénomène s'explique mécaniquement par le fait que la palissade ralentit l'écoulement de l'air, et cette réduction de vitesse provoque des flux d'air, qui se délestent à ce niveau de leur charge de sable. On distingue deux types de dunes artificielles, selon le positionnement de la palissade par rapport à la direction du vent dominant.

La dune en arrêt est la pratique la plus courante pour arrêter la progression du sable. La dune se forme à partir d'une palissade perpendiculaire à la direction du vent dominant. Si les vents viennent de directions autres que celle du vent dominant, le dispositif mis en place est complété par un clayonnage croisé ou un quadrillage entre deux palissades successives. Le quadrillage est un réseau de lignes d'arrêt délimitant entre elles des carrés ou des losanges. La nature et la technique de mise en place sont similaires à celles des palissades. En effet, chaque élément de clayonnage fonctionne comme une palissade au-delà de laquelle se dépose le sable. Les unités d'espace à l'intérieur du clayonnage se combinent progressivement au fur et à mesure qu'elles piègent le sable.

2. Les dayas

Ce terme vernaculaire caractérise une dépression fermée de l'ordre métrique à kilométrique où s'accumulent les eaux de ruissellement non ou peu salées. Les eaux se maintiennent quelques jours ou quelques semaines ; une partie s'évapore, une autre partie s'infiltré très lentement à travers un sol de texture moyenne à très fine alors que le reste est utilisé par une végétation variée : arbres (*Pistacia atlantica* ou « botma », ce sont les célèbres « betoum »), nanérophytes (*Ziziphus lotus*) et plus généralement des espèces végétales adaptées à la texture et au régime de submersion temporaire.

2.1. Les dayas sont souvent cultivées (céréales)

La plupart des dayas se localisent sur les surfaces encroûtées du Quaternaire ancien, moins souvent sur le Quaternaire moyen. D'autres dépressions, analogues aux dayas, existent dans les formations gréseuses et argiles versicolores (Jurassique et Crétacé inférieur).

En fonction de leur taille et surtout de leur profondeur, il est commode de distinguer avec CONRAD et al. (1967) trois types principaux de dayas : type peu déprimé : 15 à 20 m de diamètre et quelques centimètres de dénivellation ; le changement de végétation et de la surface du sol permettant de discerner ce type de daya ; type un peu déprimé : diamètre de 60

à 150 m pour une dénivellation ne dépassant pas un mètre. Leur forme reste grossièrement circulaire avec des évaginations correspondant aux chenaux de ruissellement plus ou moins bien individualisés et profonds ; type très déprimé : diamètre de l'ordre hectométrique sinon kilométrique pour une dénivellation de plusieurs mètres. Le fond de la daya est plat, les bords se relevant brusquement avec une petite falaise incisée par un réseau rayonnant d'entailles. Les « Mekmene » de la région de Mécheria seraient un type de daya analogue mais encore plus évolué : la dalle de calcaire lacustre forme une corniche dominant les argiles sableuses rouges du Tertiaire continental, érodées en « bad-lands ».

Entre ces trois types principaux, tous les intermédiaires existent. Leur formation résulterait de la conjugaison variable de trois processus d'érosion :

- dissolution chimique (formation karstique, analogie avec les dolines) ;
- élargissement par ruissellement (érosion hydrique). ;
- approfondissement par récurage éolien.

Sans entrer dans le détail de leur formation, il convient de souligner la spécificité de ce milieu écologique qui tranche vivement avec les zones avoisinantes beaucoup plus sèches.

3. Les chotts et les sebkhas

Repris par l'usage scientifique, ces termes vernaculaires désignent des dépressions salées dont la différence essentielle réside dans le mode d'alimentation.

Les sebkhas restent sous la dépendance d'apports d'eaux de crues. Les chotts seraient des « machines évaporatoires » alimentées non seulement par des apports superficiels de ruissellement, mais aussi par des nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources (chott Chergui) ou des suintements (bordure des Zahrez).

En période pluvieuse, il se forme de véritables lacs ; l'eau s'évapore peu à peu, la saturation en sels devient excessive (300 à 400 g/l) avec des dépôts de chlorures de sodium très importants, parfois exploitables (salines du Zahrez Rharbi).

Balayant cette surface desséchée sans végétation, le vent est susceptible d'entraîner dans certaines conditions des particules argileuses et des cristaux de sels (chlorure de sodium, gypse) qui s'accumulent en bordure de dépression, ce sont les lunettes et bourrelets éoliens de sebkha.

Tout autour de la sebkha ou du chott, la présence d'une nappe phréatique salée et inégalement profonde, contribue à la formation de sols halomorphes très variés. À ces zones salées peuvent être rapprochées les dépressions alluviales mal drainées de l'oued Touil dans sa

traversée des Hautes Plaines et les versants situés à l'aval de sources ou suintements d'eaux souterraines plus ou moins saumâtres (grès de la région d'El Bordj près de Messaad).

4. Les oasis

Les oasis, en tant qu'écosystèmes fragiles et précieux, sont essentielles pour les populations locales, offrant des ressources vitales telles que l'eau, les terres agricoles et un habitat pour la biodiversité.

Le développement durable des oasis doit être conçu à la fois sur le plan écologique (préservation et économie d'usage des ressources), social (acceptabilité et responsabilité) économique (des activités rentables) et culturel (valeurs et qualités humaines d'endurance, de solidarité, de générosité et de patience).

Une stratégie intégrée pour la stabilisation et le développement des oasis pourrait garantir leur durabilité environnementale, améliorer la qualité de vie des populations locales et préserver ces écosystèmes uniques pour les générations futures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BELLAIR P. & Pomerol C., (1984). Elément de géologie. Ed. Armont Colin- collection U, Paris.

BORDES, F. (2000). Leçons sur le paléolithique, Vol. 1. Notions de géologie quaternaire

CAILLEUX A. (1976). Géologie générale : Terre, lune, planètes, Ed. Masson.

CALVET R (2006). Le sol et ses constituants Ed .Masson

DERCOURT J. et Paquet J. (1978). Géologie, objets et méthodes, Dunod

DUCHAUFFOUR A (2005). Abrégé de pédologie Ed.Dunod

FOUCAULT A. (2001). Dictionnaire de géologie. Ed. Dunod.