

Chapitre IV Facteurs externes de la morphologie

En géomorphologie, l'**érosion** est le processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des sols, roches, berges et littoraux qui est causé par tout agent externe (donc autre que la tectonique).

Un relief dont le modelé s'explique principalement par l'érosion est dit « relief d'érosion ».

Les facteurs d'érosion sont :

- ✓ Le climat
- ✓ Le relief ;
- ✓ La physique (dureté) et la chimie (solubilité par exemple) de la roche ;
- ✓ Des facteurs écologiques et pédologiques (présence/absence de faune, couverture végétale etc...) et leur nature ;
- ✓ l'histoire tectonique (fracturation par exemple) ;
- ✓ l'action de l'humain (pratiques agricoles telle que labours, surpâturage, minéralisation des sols, cultures sur pentes...), déforestation, imperméabilisation, artificialisation, urbanisation qui dans le monde prend une importance croissante et préoccupante.

L'érosion agit à différents rythmes et peut, sur plusieurs dizaines de millions d'années, araser des montagnes, creuser des vallées, faire reculer des falaises.

1. Modalités de l'érosion

L'érosion est un mécanisme d'usure et de transformation des roches et du sol par des agents d'érosion tels que l'eau, le vent, le mouvement des glaciers ou la température.

L'ensemble des formes qui résulte de l'érosion est le modelé. Si les processus d'érosion concourent à réduire les points hauts du relief, le modelé est dit « d'aplanissement ». Il est créé par l'érosion aréolaire, dont les agents sont multiples et qui s'exerce en surface, sur les interfluvies. Si, au contraire, ils tendent à les creuser, le modelé est dit « de dissection ». Il est créé par l'érosion des eaux courantes, ou érosion fluviale, qui a pour agent l'écoulement concentré des eaux courantes et qui s'exerce le long des talwegs.

- a) **Embouchures des fleuves** : les fleuves se jettent dans un bassin marin ou océanique avec les conditions physico- chimiques, la vitesse du courant apporte des matériaux entraînés par les fleuves.
- b) **Action des vagues et des mers** : les processus des alluvions et d'évacuation détermine la formation embouchure Delta (partie de la terre composé le dépôt alluvion) et présente une plaine à pente douce taillé par des chemins des fleuves appelés bras.
- c) **Ecroulement** : des masses rocheuses rigides importantes sont affectées par des déplacements en masse qui sont le résultat de l'éclatement ou dissociation au cours de sa chute par le jeu d'érosion de leur substratum.



d) **Eboulements :**

Sur les versants rocheux, les mouvements sont brutaux. L'éboulement concerne la chute instantanée de grandes masses donnant un chaos de rochers. Ce sont des dégradations désordonnées par simple gravité des blocs rocheux métriques, à partir d'une paroi rocheuse, les chutes élémentaires des blocs et des fragments portent le nom de chutes de pierre. Ces chutes régulières libèrent des blocs alimentent des accumulations des blocs sous forme d'un cône d'éboulis disposés en contre bas d'une paroi ayant une pente concave (35°) et un granoclassement de l'amont vers l'aval, les plus grands vont plus loin et se stabilisent dans une position d'équilibre ou sous forme des talus d'éboulis quand les cônes entrent en coalescence..



Les types des mouvements gravitaires sont :

- Soulèvement (par phénomène de gélivation et gélifraction)
- Ecoulement (humide) présence d'eau liquide ou solide
- Eroulement (sec) rupture de paroi

- e) **Glissement de terrain** : c'est le déplacement d'une masse de terrain le long d'une surface vers le bas d'une partie du matériel d'un versant par des forces d'équilibre et déséquilibre, il y a des glissements laminaires et des glissements rotationnels, sont les types planes, circulaires et quelconques. Il dépend de plusieurs facteurs : la pente, la nature plastique des matériaux, action anthropique, tectonique et la teneur en eau (forte pluie) avec des conséquences humaines et environnementales.



Glissement de terrain ayant emporté une partie de la colline et une route. Ce mouvement de terrain a eu lieu après plusieurs jours de pluies torrentielles.

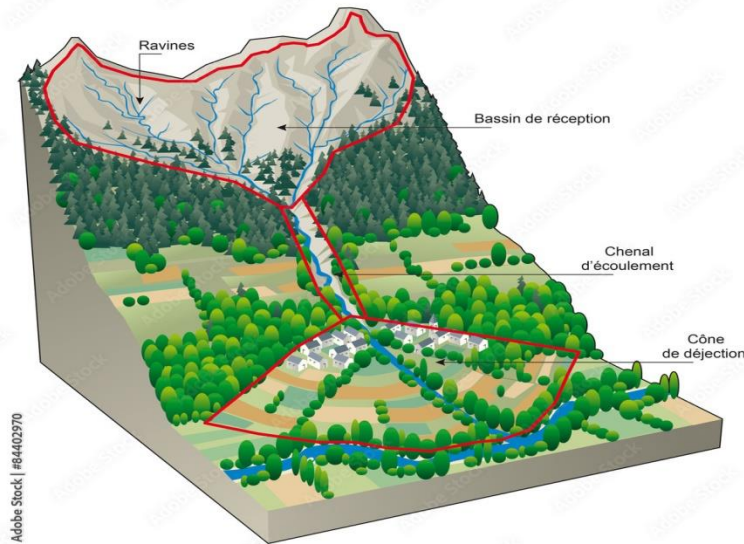
□ La *solifluxion*, ou descente des débris sous forme boueuse, concerne les formations plastiques. Au-delà d'un certain seuil de plasticité, correspondant à la teneur en eau au-dessus de laquelle le terrain devient plastique, le glissement de boue, lent, se traduit par des loupes. Au-delà d'un certain seuil de liquidité, une coulée boueuse se produit avec un arrachement en forme de niche à l'amont de la coulée, tandis que celle-ci présente des bourrelets et des bosses.

□ Le *glissement à sec*, observé dans des formations pulvérulentes et en l'absence d'eau, se produit lorsque le versant n'est plus en équilibre soit du fait d'une accumulation à son sommet, soit à cause d'une érosion à sa base. Les formations plus compactes et susceptibles de compression sont à l'origine des terrassettes (gradins de petite taille) quand une pente forte entraîne ces formations vers le bas.

- f) **Tassement** : est une descente de masse sur un versant sous l'effet de la gravité, il y a des différences entre une barre rocheuse dure (calcaire) et un sol moins résistant (marne), un tassement peut soit évoluer brutalement, soit lent par basculement et enfouissement.



- g) **Cône de déjection torrentiel** : les matériaux de toutes tailles transportés par un torrent, à faible pente la vitesse du courant diminue, son canal de ventilation s'étendant, généralement à la sortie sur une plaine plate ; ils forment un éventail.



- h) **Glacis** : ce sont des versants raides avec une pente faibles (profil concave 1-12°), les matériaux sont hétérogènes souvent anguleux :
- ☐ Glacis d'ablation (matériaux tendres, érosion dénudation)
 - ☐ Pédiment (roches dures avec minces alluvions, surface d'érosion à partir du pied de masse montagneux)
 - ☐ Glacis d'accumulation et d'épandage (dizaines de mètres des matériaux alluvial, les roches en places masquées par une épaisseur de quelque mètres à dizaines de mètres)
- i) **Sebkha** : Élément essentiel du paysage semi-désertique, dépression inondable peu profonde une étendue blanchâtre de sel aux rivages indécis et changeants, selon la saison et la pluviosité (formation argilo-limoneuses).



2. Processus de l'érosion :

L'érosion désigne les phénomènes qui enlèvent des particules aux terrains existants correspondent à la mobilisation des produits de l'altération.

Les principaux agents d'érosion sont le vent, l'eau (gouttes de pluie, de ruissellement, cours d'eau et mer) les glaciers et les organismes vivants (bio-érosion) chacun provoquent une perte importante du sol chaque année. Le lessivage de la terre peut résulter une réduction du potentiel de production et provoque des chutes et conduit à la modification des reliefs jusqu'à l'aplanissement.

L'efficacité de l'érosion dépend des facteurs suivants :

- a/ granulométrie du matériel (les blocs sont moins facilement érodés que les sables)
- b/ dynamisme de l'agent érosif (un vent fort érode plus qu'une brise calme)
- c/ topographie (pentes raides s'érodent plus rapidement que les pentes douces sous l'effet de ruissellement)
- d/ présence de végétation.

3. Erosion aréolaire :

L'**érosion** en nappe (ou **aréolaire**) lorsque l'énergie des gouttes de pluie s'attaque à toute la surface du sol et que le transport des matériaux arrachés s'effectue par le ruissellement en nappe, ou suite au gonflement des argiles par hydratation.

Cette érosion en nappe entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface. De ce fait, elle est peu visible d'une année à l'autre. Le signe le plus connu de l'érosion en nappe est donc la présence de plages de couleur claire aux endroits les plus décapés. Également, il y a un autre symptôme de l'érosion en nappe est la remontée des cailloux en surface par les outils de travail du sol.

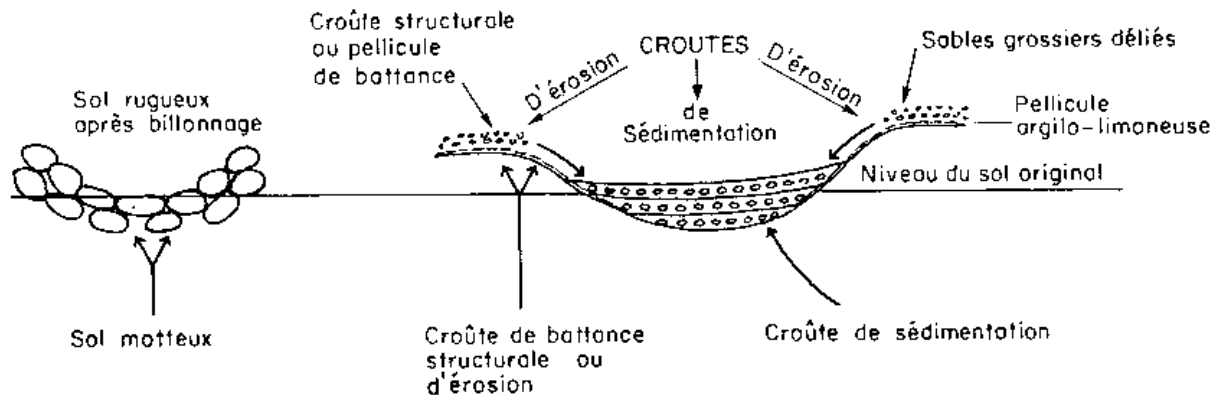


Figure : Formation des pellicules de battance et des croûtes d'érosion et de sédimentation sous l'effet des gouttes de pluie (d'après ROOSE, 1994).

- La cause de l'érosion en nappe est l'énergie de la battance des pluies sur les sols dénudés. Les gouttes de pluies déclenchent le processus de destruction des agrégats du sol tandis que le ruissellement n'assure que le transport des particules détachées sur des pentes inférieures à 15% ; au-delà le ruissellement devient lui-même abrasif et son énergie dépasse celle de la battance de la pluie, l'érosion en nappe ne débute que lorsque pendant une averse, la quantité de pluie et/ou l'intensité de celle-ci dépasse respectivement la capacité de rétention maximale et d'infiltration en eau du sol.



4. Profils des versants

Les profils en long (ou longitudinal) et en travers (perpendiculairement au réseau hydrographique) sont des éléments clés du diagnostic du fonctionnement du cours d'eau et des relations entre le lit mineur et le lit majeur.

En géomorphologie, un **versant** est une surface topographique inclinée, située entre des points hauts (pics, crêtes, rebord de plateau, sommet d'un relief) et des points bas (pied de versant, talweg). Les formes de versants (profils en travers) caractérisent les vallées. Le profil d'un versant peut être régulier ou irrégulier (c'est-à-dire avec des ruptures de pente), en fonction de la lithologie et de l'action de l'érosion.

On définit un versant par :

- **Ses caractéristiques topographiques** : largeurs selon les lignes de niveau et profils en travers, dénivelés, pentes (moyenne, extrêmes), profil en long (régulier (ex. : rectiligne, combe) / irrégulier (ex. : présence de replats, de terrasses fluviales), exposition au soleil (adret / ubac).
- **Ses caractéristiques superficielles** : géologie (sol, affleurement rocheux, éboulis, neige), végétation (boisement, étagement), aménagement par les Hommes (terrasses, constructions / urbanisme, etc.).



5. Erosion linéaire : les terrasses

L'érosion linéaire est exprimée par tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant diverses formes et dimensions (griffes, rigoles, ravines, etc.). En fait, L'érosion linéaire apparaît lorsque le ruissellement en nappe s'organise, En effet, sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles.

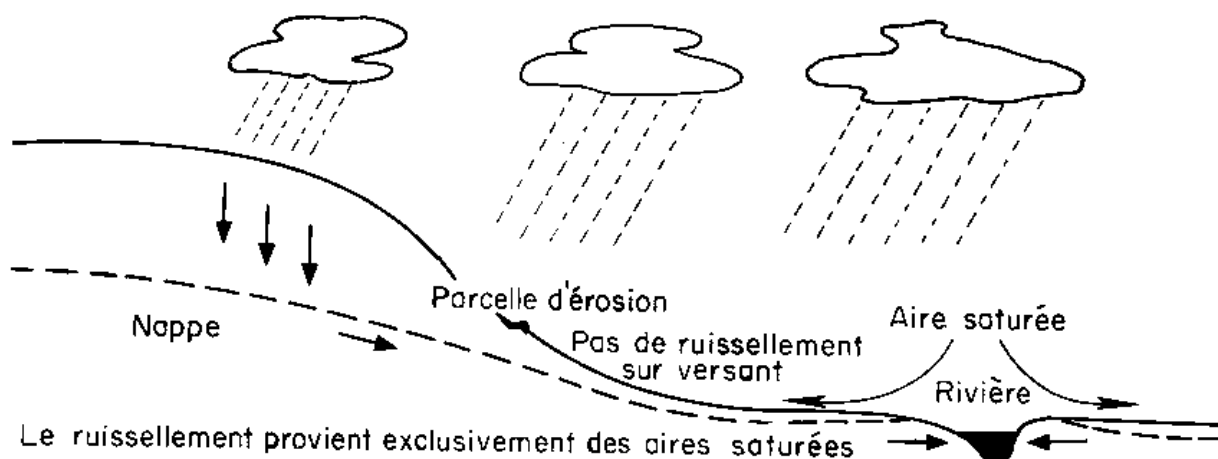


Figure : Cause et processus de l'érosion linéaire

6. Erosion périglaciaire

Le mot périglaciaire désignait à l'origine la zone environnante couverte de glaciers, entraînant un climat froid avec des gelées longues et sévères en hiver et une fonte des neiges en été. Ce concept a ensuite été élargi pour désigner tous les processus géomorphiques associés au gel et au dégel de l'eau du sol, de la surface et des roches. Les zones périglaciaires ne sont donc pas nécessairement glaciaires. Bien qu'associées principalement au pergélisol, les dynamiques périglaciaires peuvent également se développer dans le contexte de gelées saisonnières. En raison du frottement des particules de différentes tailles contenues dans la glace, le mouvement glaciaire provoque l'enlèvement de blocs du substrat rocheux, de deux manières :

Arrachement des blocs rocheux sont arrachés au substrat par le mouvement lent de la glace et incorporés à celle-ci, les blocs généralement délimité par des fissures d'origine tectonique par l'effet gel, dégel.

Abrasion glaciaire par polissage (sable) et raclage(bloc, galets et gravier) le polissage tend à émousser les saillies du fond rocheux, constituant ainsi les roches moutonnées, produit des sillons de mm à cm, la glace contient des fragments rocheux de tailles diverses.

L'eau toujours présente au fond d'un glacier, contribue également à polir et à creuser le fond rocheux. A grande échelle, l'érosion glaciaire conduit à la formation de vallées en U.



7. Modèle Karstique

Le mot Karst est le nom allemand de la région des plateaux calcaires à l'est de Trieste, en Slovénie.

Le karst est toujours défini, à tort, uniquement comme un type particulier de morphologie. Or le paysage du karst résulte des écoulements souterrains particuliers qui se mettent en place progressivement dans les roches carbonatées (calcaires et dolomies) et dans les roches salines (gypse et parfois sel gemme). Le karst est donc également un aquifère puisque l'eau souterraine est totalement impliquée dans sa formation et dans son fonctionnement. Ainsi, le karst est constitué par un ensemble de formes souterraines et de surface et de conditions d'écoulements souterrains qui interagissent les unes sur les autres.

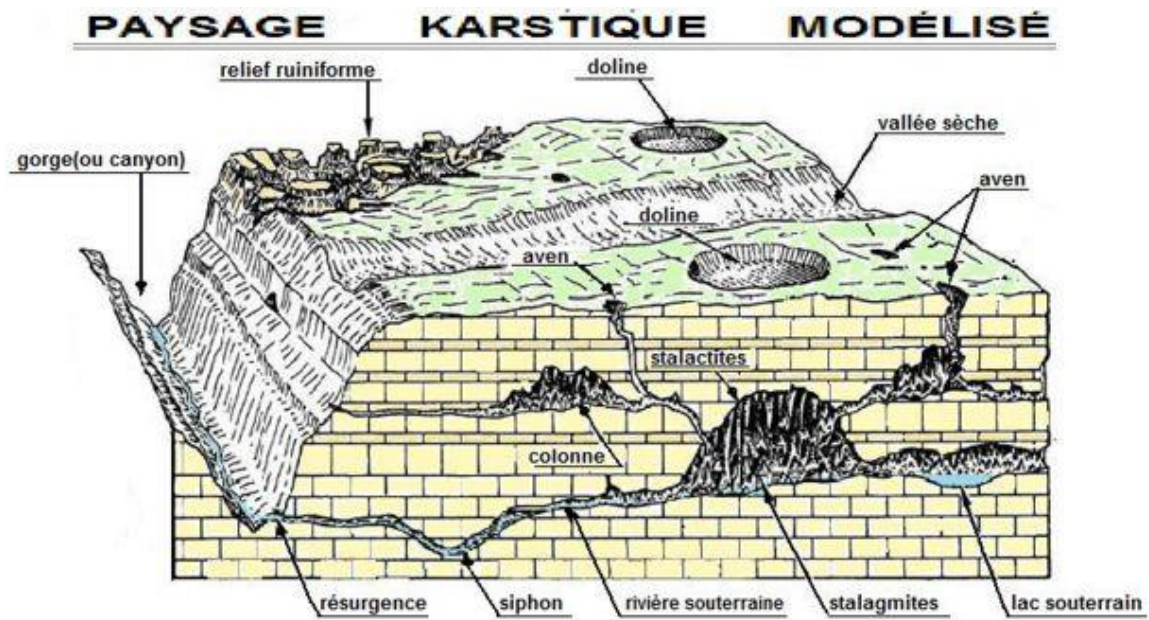


Figure : Schéma topographie karstique (formation de grottes souterraines géologiques)

8. Erosion éolienne : formations éoliennes

L'érosion éolienne se manifeste dans les climats arides là où les pluies sont < 600 mm sur des sols dénudés et en présence des vents avec des vitesses dépassant un seuil de l'ordre de 20 km/h ou de 6m/s sur sols secs. Elle peut avoir lieu également dans des climats humides lorsque certains mois de l'année sont particulièrement secs, en plus que le sol soit préparé par des techniques culturales qui pulvérisent la surface du sol.



Le facteur déterminant dans la manifestation de l'érosion éolienne est particulièrement l'intensité érosive de la force du vent, qui agit sur la surface du sol.

*Nature du sol (texture, structure, teneur en M.O) : La texture et * la structure du sol interviennent comme facteurs de risque de l'érosion éolienne. Les sols les plus fragiles et les plus sensibles à l'effet de l'érosion éolienne sont les sols sableux. Cependant, certaines particules de faible diamètre peuvent résister à l'action érosive du vent et ce, grâce à leur aptitude à la cohésion.

*La structure du sol est l'arrangement des particules individuelles du sol en agrégats. Les agrégats sont plus lourds que les particules individuelles à être transportées par le vent.

Les processus d'agrégation dépendent étroitement des conditions climatiques et des phénomènes mécaniques qui interviennent en surface. La structure se modifie constamment et tout ce qui tend à réduire le degré d'agrégation aggrave par la suite les risques d'érosion. Moins les sols comportent en surface de matières qui améliorent la structure (matières organiques, fer et alumine libre, calcaire), et plus ces sols sont fragiles.

*La Topographie : agit dépendamment de l'augmentation de la rugosité du terrain par la présence de billons ou des bandes de labour intervient à réduire l'effet de l'érosion éolienne et ce, en agissant comme un obstacle de réduction de la vitesse du vent (donc selon l'orientation par rapport au vent dominant). Aussi, la pierrosité à la surface du sol, en formant un "pavage", réduit les risques d'érosion éolienne. C'est le cas dans les regs.

*Le Couvert végétal : La couverture végétale protégée contre l'érosion éolienne par son action à réduire la vitesse du vent à la surface du sol. La plupart des sols ont besoin d'une couverture végétale d'au moins 30% pour prévenir l'action destructrice de l'érosion éolienne. Aussi, à signaler que les chaumes et les résidus de culture étalés sur le sol pourraient représenter une alternative à adopter pour réduire la vitesse du vent au ras du sol.

*L'humidité du sol augmente la cohésion des particules du sol, rendant ceux-ci temporairement indisponibles pour l'arrachage.

Les mécanismes de l'érosion éolienne

➤ La saltation

Le mouvement initial des particules du sol est une série de sauts. Le diamètre des particules en saltation est compris entre 0,5 et 1,1 mm. Après avoir sauté, les particules retombent sous l'action de la pesanteur. La partie descendante de la trajectoire est très inclinée vers le sol et pratiquement rectiligne. Peu de particules atteignent une altitude supérieure à 1 m et environ 90 % d'entre elles font des sauts inférieurs à 30 cm. L'amplitude horizontale d'un saut est généralement comprise entre 0,5 et 1 m. Le phénomène de saltation est indispensable pour amorcer l'érosion éolienne. Il est la cause de deux autres modes de transport des éléments du sol par le vent: la reptation en surface et la suspension dans l'air.

➤ La reptation en surface

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

➤ La suspension

D'une façon générale les fines poussières ne peuvent être emportées que si elles ont été projetées dans l'air par l'impact des grains plus gros. Une fois parvenues dans la couche turbulente elles peuvent être soulevées à de grandes hauteurs par les courants d'air ascendants et former des nuages de poussière atteignant fréquemment des altitudes de 3 à 4.000 mètres. Même si leur aspect peut être impressionnant, le mécanisme essentiel de l'érosion éolienne demeure la saltation car sans elle de tels nuages ne pourraient se produire.

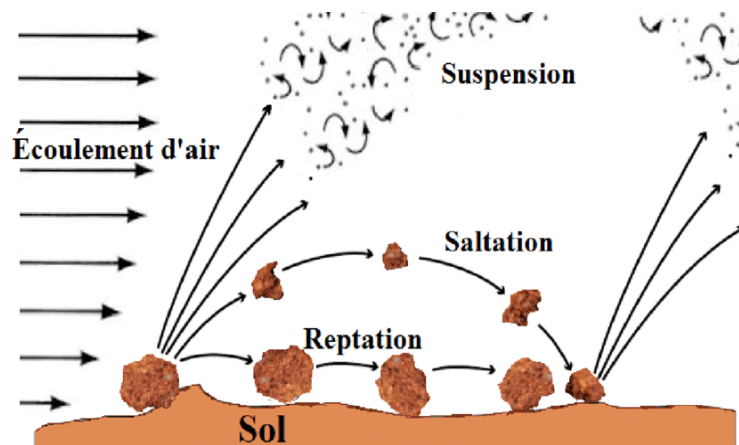


Figure : Les mécanismes de l'érosion éolienne

9. Cuvettes hydroéoliennes: Daia

Ou cuvettes de déflation sont des dépressions circulaires (diamètre de quelques décamètres à plusieurs km) dans lesquelles les matériaux fins engendrés par la désagrégation sur place des roches compactes ou apportés par le ruissellement sont exportés par le vent.

Daia dont le centre est occupé par une dépression hydro-éolienne. Ce type de dépression se forme à la faveur d'une convergence localisée de cours d'eau dans une plaine accusant un léger abaissement topographique. La concentration des eaux qui s'en suit, engendre des dépôts superficiels de limons et d'argile, matériaux aptes à maintenir une certaine humidité qui favorise la croissance végétale transformant alors, les dépressions hydro-éoliennes en d'excellents parcours. Par ailleurs, l'humidité suffisante de ces sols justifie souvent une mise en valeur agricole à bons rendements. La surface de ces dépressions est exposée à une intense déflation, cause de leur surcreusement. (**Benazzouz Mohamed T. 1994**)

10. Action anthropique et morphogénèse

L'érosion du sol est une forme de dégradation au même titre que la compaction, la réduction des taux en matière organique, la détérioration de la structure du sol, le drainage souterrain insuffisant, la salinisation et l'acidification du sol. Toutes ces formes de dégradation, sérieuses en elles-mêmes, accélèrent l'érosion du sol.

L'érosion est un processus naturel sur toutes les terres. Les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, chacun provoquant une perte importante de sol chaque année. L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné, ou encore prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. Le lessivage de la terre arable peut résulter en une réduction du potentiel de production, en une réduction de la qualité de l'eau de surface et en l'encrassement des réseaux de drainage.

On peut distinguer deux formes principales de l'action humaine : l'érosion du sol, qui, se plaçant à la rencontre de la mainmise humaine et des processus d'érosion naturels, accroît la fragilité des terres culturales et pastorales ; les implantations directes de voies de circulation, d'exploitations et de constructions industrielles ainsi que leurs effets induits. La mise en culture ou en pâture aux dépens de la forêt ou de formations arbustives diminue le rôle de protection du sol joué par le couvert végétal. En général, elle diminue le taux de recouvrement par la végétation. Indirectement, elle agit aussi par l'intermédiaire des troupeaux qui, lorsque le nombre de bêtes par unité de surface est trop grand (surcharge pastorale) endommage, par la dent et le piétinement, la couverture végétale du pâturage. Il résulte de ces actions une

intensification de l'érosion qui s'effectue aux dépens des surfaces utiles et peut prendre l'aspect d'un fléau national

La bio érosion des êtres vivants à l'érosion du substrat rocheux est peu importante, leur action peut être mécanique ou chimique.

L'expression pollution anthropique désigne l'activité humaine comme principale coupable des émissions de gaz à effet de serre, qui sont elles-mêmes responsables du réchauffement climatique. Le gaz incriminé et généré par nos activités s'appelle le dioxyde de carbone ou CO₂. L'homme par de nombreuses activités (exploitation minière, construction routière, déboisement), contribue parfois directement à l'érosion des reliefs et la dégradation par le jeu d'un être humain sous forme d'une pollution sur l'environnement.