

# Processus et facteurs de la dégradation des sols à l'échelle des bassins versants

Abdellah EL HMAIDI - Habiba OUSMANA

Équipe sciences de l'Eau et Ingénierie  
de l'Environnement

# Processus et facteurs de la dégradation des sols

**1 – Introduction**

**2 - Dégradation des sols : Définition**

**3 - Effets physiques visibles de la dégradation des sols**

**4 - Conséquences socio-économiques de la dégradation**

**5 - Processus et facteurs de dégradation des sols**

**6 - Lutte contre l'érosion hydrique**

**7 - Conclusion**

# Introduction

L'érosion des sols peut être définie comme un processus d'altération de la surface du sol et de modification du relief impliquant successivement le détachement de particules de sol, leur transport sous l'action de divers agents dont :

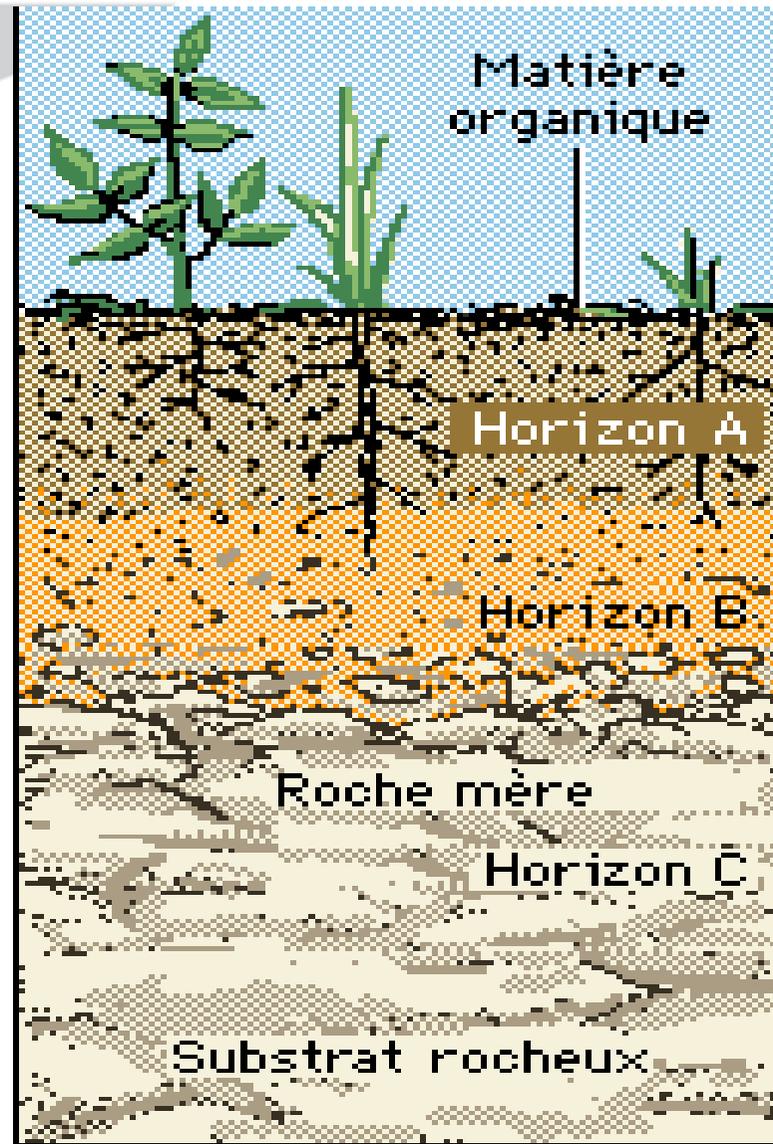
- l'eau (érosion hydrique),
- le vent (érosion éolienne),
- les outils de travail du sol (érosion aratoire),
- la gravité (glissement de terrain),
- les glaciers (érosion glaciaire),
- l'arrachage de certaines cultures,

et ensuite leur dépôt à une distance pouvant varier de moins d'un mètre à plusieurs milliers de kilomètres.

L'érosion des sols est exprimée en mm d'épaisseur de sol ou en tonne par hectare (t/ha).

# Introduction

- ✓ L'érosion est dite naturelle ou géologique lorsqu'elle correspond plus ou moins à un état d'équilibre entre la formation (pédogenèse) et le transport des particules meubles. Ce processus a modelé le relief terrestre actuel.
- ✓ Les pertes de terres peuvent atteindre :
  - 10 t/km<sup>2</sup>/an en biostasie (couverture végétale importante, durant les périodes géologiques humides).
  - 100 t/km<sup>2</sup>/an en rhexistasie (faible couverture végétale durant les périodes géologiques sèches).



**Profil montrant les différents horizons d'un sol formé par altération à partir de la roche mère**

# Dégradation des sols : définition

**La dégradation des sols est un processus qui décrit les phénomènes dus à l'homme et/ou à l'agressivité climatique qui abaissent la capacité actuelle et/ou future à supporter la vie humaine.**

**C'est en quelque sorte une situation où l'équilibre entre l'agressivité climatique et le potentiel de résistance du sol a été rompu par l'action de l'homme.**

# Effets physiques visibles de l'érosion

# Effets physiques visibles de l'érosion

## Erosion en nappe

L'érosion en nappe est le mouvement du sol éclaboussé (inondé) résultant de la destruction de la structure du sol suivi du ruissellement.

L'érosion en nappe a un effet érosif maximal au sommet des versants ou à l'aval d'un obstacle. Au bas des versants, au contraire, il s'agit d'accumulation.



**Photo 1 : Décapage superficiel intense, montrant une absence totale de la végétation naturelle, sur un versant marno-calcaire, exposé au sud, de la nappe d'Ouezzane (rive droite de la vallée de l'O. Garzine, Pré-Rif central)**



**Photo 2 : Erosion en nappe**

# Effets physiques visibles de l'érosion

## Erosion linéaire

les griffes, micro-filets ou fines rigoles représentent des dépressions suffisamment petites pour pouvoir être supprimées par les façons culturales. Elles sont formées par l'eau, particulièrement en haut des pentes, sur le bord des pistes ou dans les champs sillonnés par les labours.

Sur le terrain, 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.



**Photo 3 : Rigoles formées par l'eau, particulièrement en haut des pentes**



**Photo 4 : Réseau dense de rigoles (petits sillons parallèles d'environ 20 cm de profondeur) sur un versant marneux d'exposition sud-ouest, mis en place après des pluies diluviennes à forte intensité (bassin-versant de l'oued Garzine, Pré-Rif central)**



**Photo 5 : Rigoles formées par l'eau, particulièrement en haut des pentes et sédimentation en aval.**



**Photos 6 et 7 : Erosion en rigoles**

# Erosion par ravinement

La ravine est une rigole approfondie où se concentrent les filets d'eau. Cette rigole se transforme en ravine lorsque sa profondeur interdit son nivellement par des simples instruments aratoires.

Le ravinement constitue un stade avancé de l'érosion. Les ravines peuvent atteindre des dimensions considérables, et leur approfondissement remonte du bas vers le haut de la pente (érosion régressive).

Cette forme d'érosion peut transformer le paysage en "badlands" et provoquer également la sape d'ouvrages (ponts, radiers, digues filtrantes...).



**Photo 8 : Ravines sinueuses parallèles à la pente**

# Effets physiques visibles de l'érosion

## Erosion régressive

En terrain argileux ou schisteux, après une forte pluie, les eaux empruntent les fissures du sol, les élargissent progressivement en chenaux parallèles qui fusionnent par écroulement des crêtes qui les séparent.

En même temps, les têtes des chenaux reculent vers l'amont (érosion régressive). Ce processus est responsable de la formation des "bad lands".



Photo 9 : Formation de "bad lands" par érosion régressive dans un versant; Piau Engaly, Pyrénées, France.



**Photo 10 : Erosion hydrique dans des tufs volcaniques d'âge tertiaire**



**Photo 11 : Paysage de bad lands (forme ultime de ravinement généralisé) sur des marnes miocènes du pré-Rif oriental. Leur évolution rapide menace les terres de culture avoisinantes, et les quantités de sédiments évacués y sont excessives (Tribak, 1993).**

## Effets physiques visibles de l'érosion

Les pavages (dallages) de pierres laissés en surface, une fois les particules les plus fines du sol emportées par le ruissellement, observés dans un grand nombre de champs labourés et de terrains de pâture.

## Pavages (dallages) de pierres laissés en surface



Photo 12 (A) : Surface désertique ayant subi la déflation éolienne, responsable de la concentration des éléments les plus grossiers (reg).

Photo 13 (B) : Détail montrant la coloration noirâtre et l'aspect brillant des cailloux : cette patine est le "vernis du désert". Hmar Laghdad, Anti-Atlas, Maroc.

# Effets physiques visibles de l'érosion

Les buttes de sol résiduel, où sont perchées des touffes d'herbes.

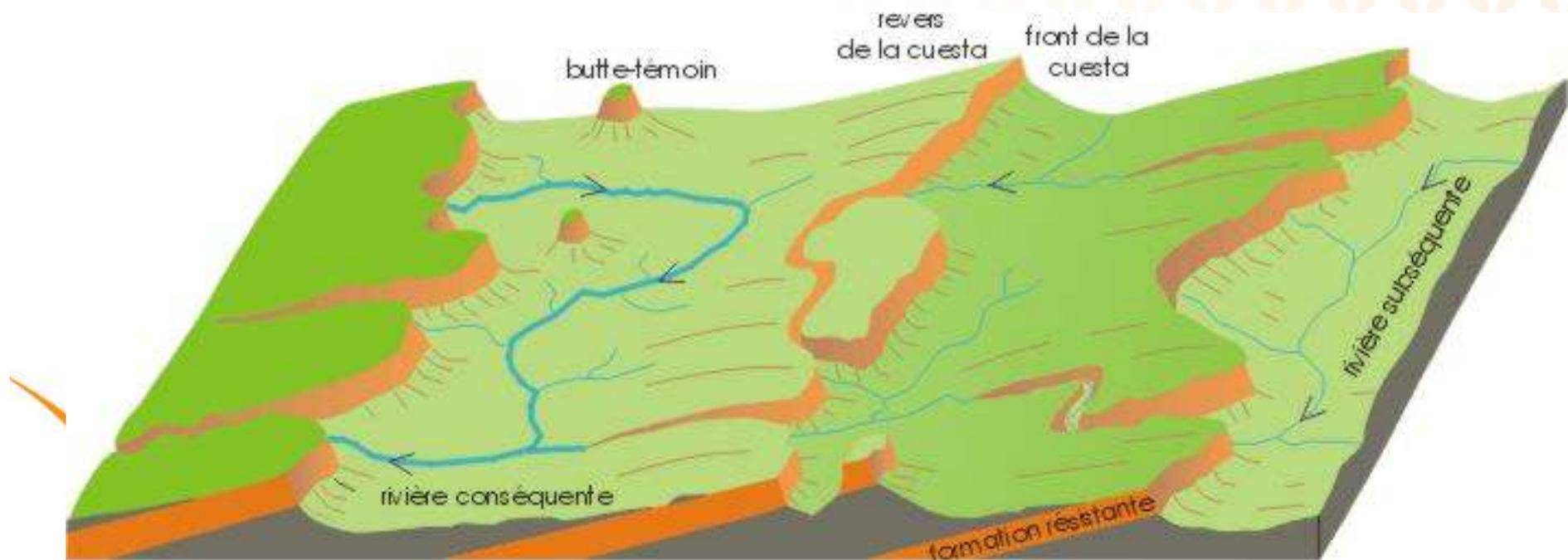


Schéma montrant la disposition théorique des cuestas et de leur réseau hydrographique.

## Effets physiques visibles de l'érosion

- L'accumulation de terre au-dessus des arbres, des pierres, des palissades et des haies sur terrains en pente.
- Les racines d'arbres et arbustes, exposées à l'air, ou mises à nu dans des cours d'eau, résultats d'une dispersion du sol ou d'un accroissement de ruissellement suite à la dégradation de bassins versants.

- Les dépôts de sols sur les pentes douces, ou de graviers, sables et limons, dans les lits de cours d'eau résultent d'une érosion en amont.



**Photo 14 : Érosion linéaire par ravines et dépôts de sédiments en bas des parcelles.**

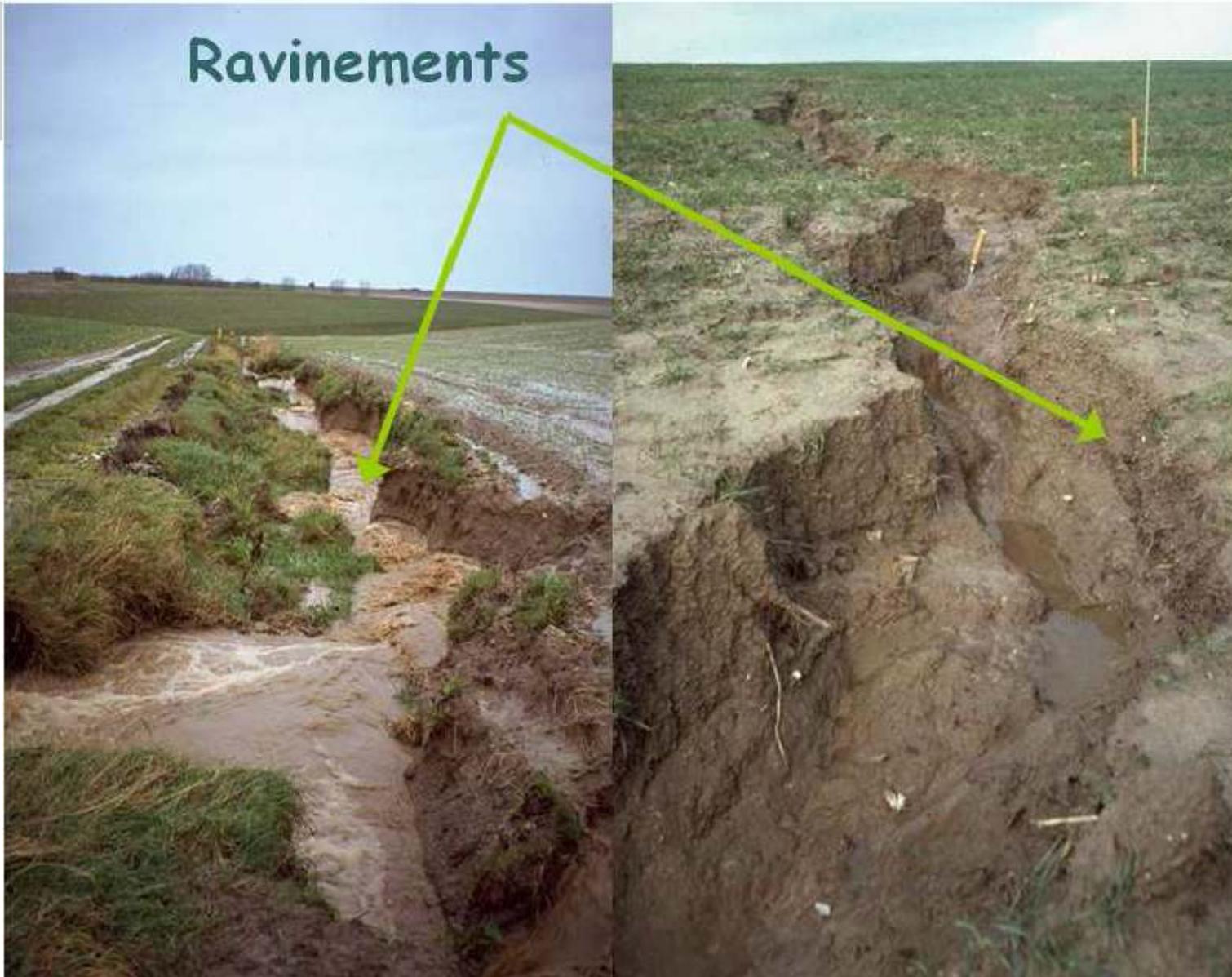


**Photo 18 : Avalanche de débris dans un vallon; Piau Engaly, Pyrénées, France.**



**Photo 15 : Erosion hydrique causée par le ravinement.**

## Ravinements



**Photo 16 : Exemple d'érosion hydrique causée par du ravinement.**



**Photo 17 : Exemple d'érosion hydrique causée par du ravinement.**



**Photos 20 et 21 : Les taches nues dans les herbages et les pacages signes d'une tendance à la dégradation.**



**Photo 19 : Écosystème dégradé d'arbousiers, à cause de la rareté des terrains de pâturage, sur le bord d'une route à travers l'Anti-Atlas.**

## Effets physiques visibles de l'érosion

- le déplacement du sol par piétinement du au pâturage sur les pistes à bétail au long des courbes de niveau, où les animaux font progressivement glisser la terre en bas de la pente.
- les mouvements du sol sous l'action du vent, mis en évidence surtout par la formation de dunes.
- des modifications de la flore (des buissons se substituant à l'herbe), survenant après surpâturage, et accompagnés souvent d'érosion.
- les atterrissements dans les retenues de barrages, lacs et étangs.



**Photo 22 : Collines marneuses du pré-Rif oriental, totalement défrichées et mises en culture. Elles sont livrées aux processus d'érosion, notamment le décapage et le ravinement. Les pertes en terres et la production de sédiments y sont très importantes. (cliché : A. Tribak, 1993)**



**Photo 23 : Coupe de bois de feu et fabrication du charbon de bois au Moyen-Atlas, dans une forêt de chênes dégradée sur un substrat calcaro-dolomitique.**



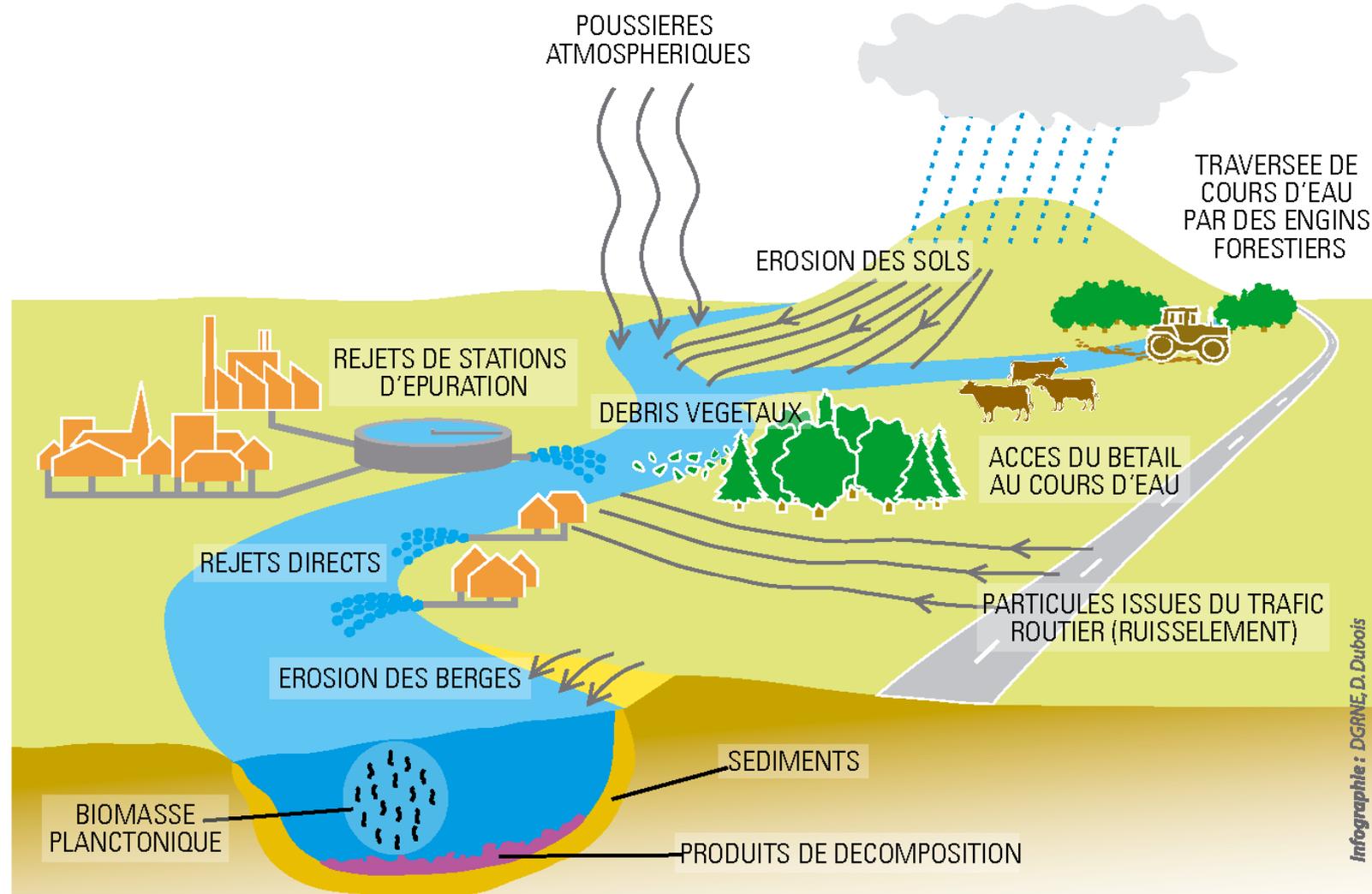
# **Conséquences socio-économiques de la dégradation des sols**

# Conséquences socio-économiques de la dégradation des sols

- baisses croissantes des rendements ;
- l'envasement des barrages, des canaux et systèmes de drainage et par conséquent, la réduction des stocks de poissons ;
- les inondations dues aux eaux de ruissellement par suite de la réduction de la capacité d'infiltration des sols dégradés, et la baisse de niveau ou assèchement des nappes et points d'eau à cause des pertes d'eau par ruissellement ;

# Conséquences socio-économiques de la dégradation des sols

- les problèmes sanitaires et de qualité de la vie : un environnement dégradé n'offre que de mauvaises conditions de vie.
- les besoins accrus de terre et de facteurs de production agricole.
- les préjudices à la société et aux générations futures.



Infographie : DGRNE, D. Dubois

Conception : CEEW

**Figure : Problèmes sanitaires et de qualité de la vie : un environnement dégradé n'offre que de mauvaises conditions de vie.**

# Processus de dégradation des sols

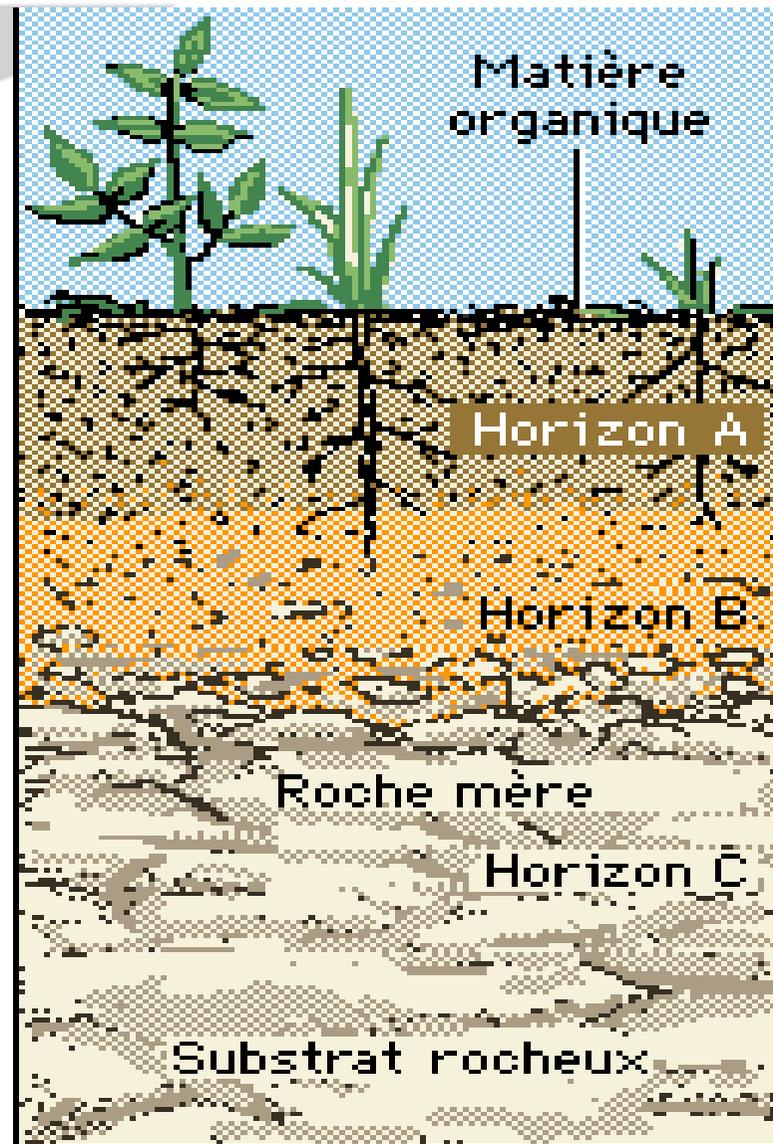
## Aspects des sols non dégradés

A l'état naturel, quand l'homme n'intervient pas, le sol est normalement couvert de végétation. Les feuilles et les branches le protègent contre l'impact de la pluie et l'effet desséchant du soleil et du vent.

Les feuilles mortes et les brindilles cassées forment une litière superficielle qui le protège ultérieurement, favorisent et abritent une importante population de macro et de micro-organismes. Les racines, en surface et en profondeur, ouvrent le sol mais aussi assurent sa cohésion.

La terre qui a été recouverte d'une végétation naturelle pendant longtemps présente, en général, une couche épaisse et bien délimitée de sol de couverture riche (horizon A).

De couleur foncée (forte teneur en matière organique), cette terre présente une grande quantité d'éléments nutritifs des végétaux et une structure stable et bien développée qui lui permet d'absorber et d'emmagasiner une grande quantité de pluie.



**Profil montrant les différents horizons d'un sol formé par altération à partir de la roche mère**

## Processus de dégradation des sols

Si le couvert végétal disparaît, que ce soit pour la culture ou à la suite de surpâturage, d'incendies ou d'aléas climatiques, des changements vont subvenir dans le sol.

La vitesse de ce changement dépend de la température, de la topographie, des précipitations, du sol lui-même et du mode d'aménagement.

En général sous climats chauds, surtout quand les résidus agricoles sont enlevés et que le fumier animal (engrais, compost) ne retourne pas à la terre, la teneur en matière organique tombe au-dessous de 0,5 %, la structure des sols et leur fertilité se détériorent, l'eau des pluies colmate la surface des sols, l'infiltration diminue, le ruissellement et l'érosion démarrent, puis s'accélèrent.

# Dégradation par déplacement du matériau sol par l'eau

## Sur site

- ✓ Perte uniforme de la partie supérieure du sol par ruissellement superficiel ou érosion en nappe.
- ✓ Déformation de terrain : apparition de rigoles et de ravins.

## Hors site

- ✓ Sédimentation en aval
- ✓ Inondation avec comblement des lits de rivières, érosion des berges, dépôt de limon.

# Dégradation par déplacement du matériau sol par le vent

## Sur site

Perte de la partie supérieure du sol : déplacement uniforme par déflation.

Déformation du terrain ; un déplacement inégal caractérisé par de grandes dépressions, des buttes ou des dunes.

## Hors site

Dépôts éoliens tels que recouvrement des structures : routes, constructions et/ou vent de sable sur la végétation.

## Dégradation par détérioration interne chimique du sol

- ✓ Perte des éléments nutritifs conduisant souvent à une réduction sérieuse de la production (acidification accélérée des sols ferrugineux sous culture).
- ✓ Pollution et acidification à partir d'industries biologiques. Apports excessifs d'éléments chimiques.
- ✓ Salinisation due à une roche mère, ou à l'accumulation par drainage latéral, ou causée par les activités humaines telles que l'irrigation.
- ✓ Cessation de la fertilisation par les inondations.



**Photo 24 : Processus de concentration des sels.**

## Dégradation par détérioration interne physique du sol



**Photo 25 : Limons tassés par la pluie formant une croûte de battance à la surface du sol.**



**Photo 26 : Formation de la croûte de battance.**

## Dégradation par détérioration interne physique du sol

- Compaction causée par une machine lourde sur un sol à structure de faible stabilité, ou sur des sols à humus insuffisant.
- Engorgement par l'eau : l'hydromorphie du sol due à l'homme, inondation et submersion (à l'exclusion des rizières).
- Aridification : changement dû à l'homme du régime d'humidité du sol vers un régime aride, changement causé par exemple par l'abaissement du niveau de la nappe phréatique locale suite au défrichement (éclaircissement, déforestation, déboisement) au niveau des bas-fonds.

# Dégradation par détérioration interne biologique du sol

Déséquilibre de l'activité microbologique de la partie supérieure du sol par :

- ✓ déforestation,
- ✓ feu de brousse,
- ✓ surpâturage,
- ✓ excès d'apport d'engrais chimique etc.



**Photo 27 : Déforestation, déboisement ou défrichage par  
brulis, pour mise en culture,(Sud Mexique)**

La destruction de la forêt serait responsable de 18 à 20% des émissions de gaz à effet de serre. C'est un des éléments importants qui causent le réchauffement climatique.



**Figure 28 : Déforestation, déboisement ou défrichement suivi de l'érosion.**

# Mécanisme de l'érosion hydrique

# Erosion hydrique

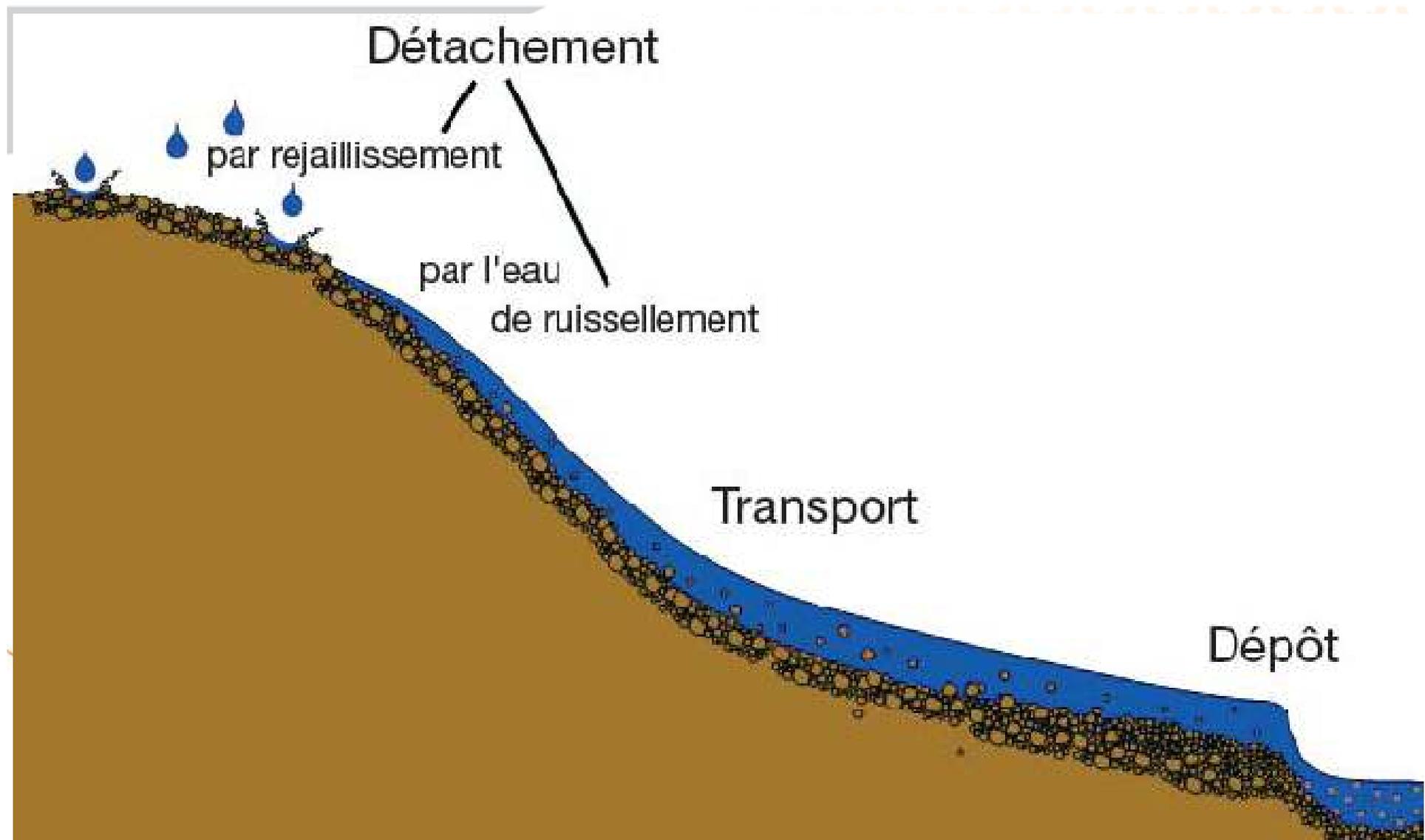
**L'érosion hydrique** : est le processus par lequel le sol est entraîné par l'eau par ruissellement. Ce phénomène a lieu sous l'action de précipitations intenses par un rebondissement des particules de sol et une infiltration insuffisante de l'eau dans le sol saturé.

Avant de pouvoir être transportées, les particules doivent être détachées du sol principalement par :

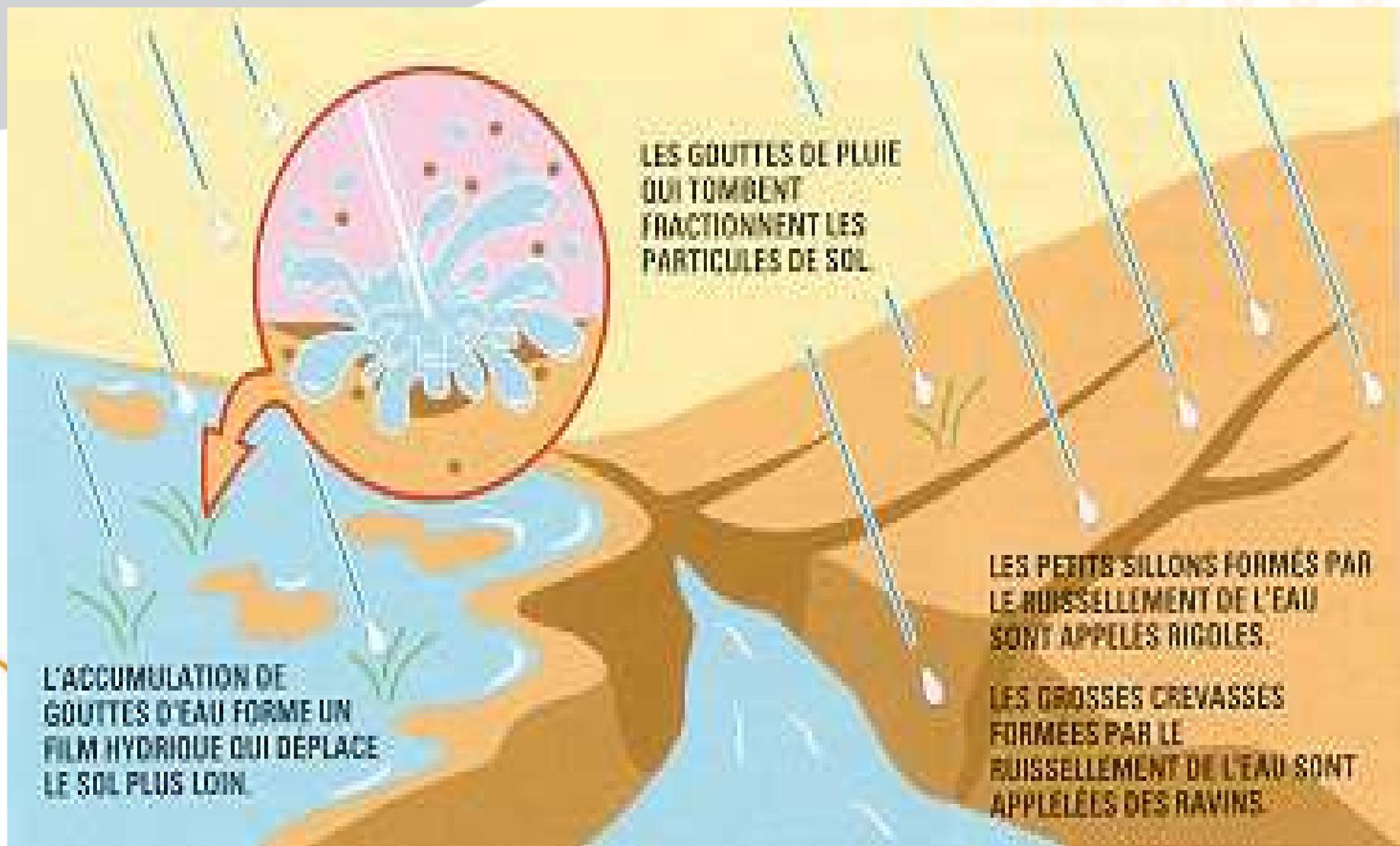
- l'impact des gouttes de pluie sur le sol (« rejaillissement »),
- le « frottement » qu'exerce l'eau de ruissellement à la surface du sol.

Une fois détachées, les particules sont transportées :

- principalement par l'eau de ruissellement,
- dans une bien moindre mesure par bonds successifs sur des pentes fortes lors du rejaillissement.



**Figure : Schéma de l'érosion hydrique**



**Figure : Mécanisme de l'érosion hydrique**



## Photo 29 : Impact de gouttes de pluies sur le sol

Différentes étapes se passent avant que les sédiments provenant des sols mis à nu, sans aucune végétation protectrice, atteignent les cours d'eau.

1 - La pluie agit comme des millions de petites bombes qui émiettent le sol sans végétation.

2 - L'eau qui ruisselle à la surface du sol prend en charge les particules du sol et les déplace

3 - Des rigoles et des ravineaux se créent...

4 - ... et se transforment en ravins

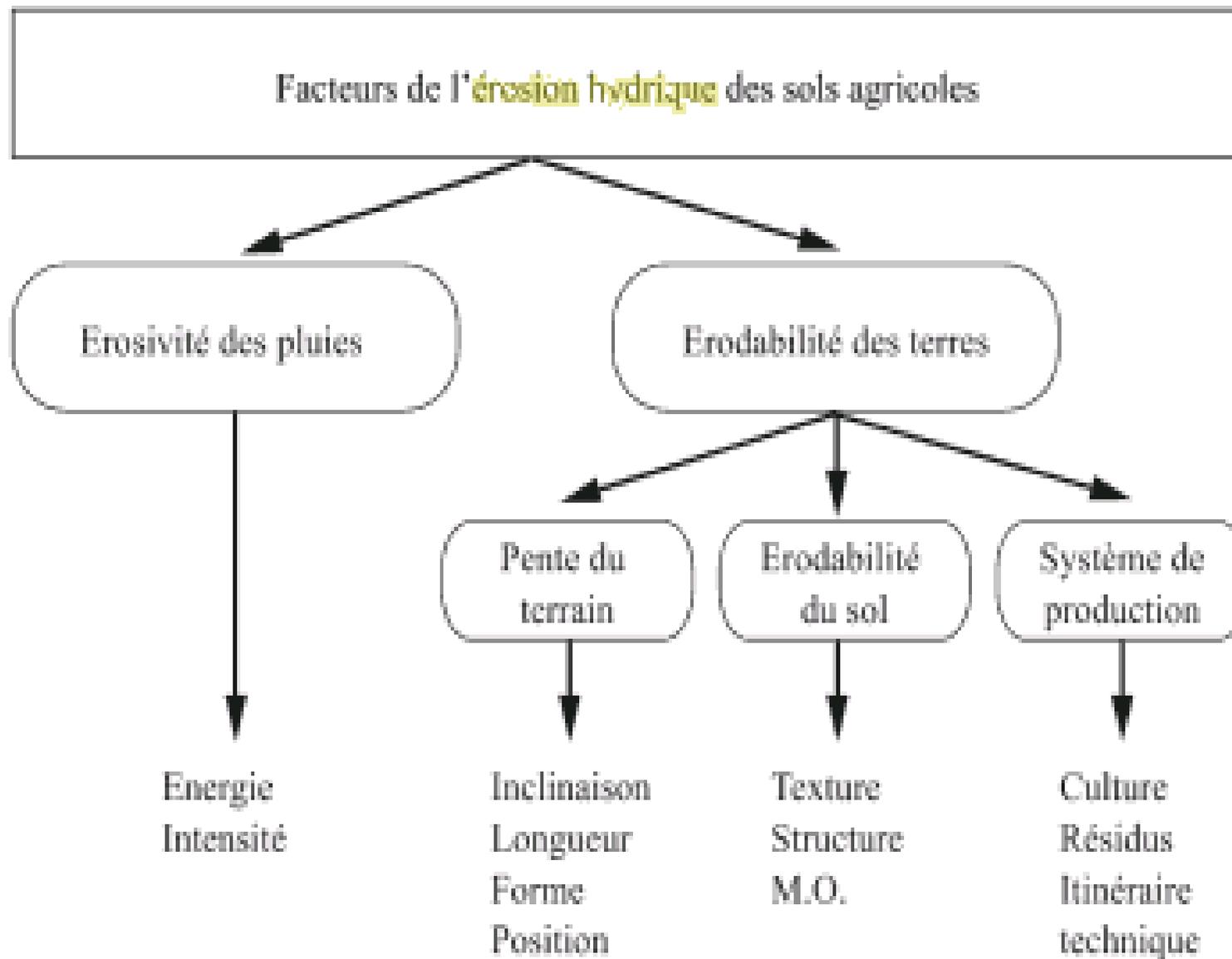
5 - L'eau remplie de sédiments ira envaser, en aval, le lit d'un cours d'eau plus calme où les pentes sont moins fortes.

# Facteurs de l'érosion hydrique

# Facteurs de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique dépend des facteurs suivants :

- le climat et l'hydrologie
- la morphologie du terrain
- La susceptibilité à l'érosion
- la végétation
- l'homme (pratiques agricoles, urbanisation).



**Figure 5 : Facteurs d'érosion hydrique des sols.**



**Figure 30: Erosion liée au travail du sol**



### **Figure 31 : Dommages dus au passage des machines agricoles**

Les traces de roues inhérentes au passage des machines agricoles peuvent favoriser la concentration des rigoles d'eau de ruissellement et accentuer ainsi le problème de l'érosion et des boues.



**Photo 32, 33 et 34: Traces  
d'érosion dues aux véhicules.**





# Lutte contre l'érosion hydrique

# Lutte contre l'érosion hydrique

Les mesures à prendre pour réduire ou éviter l'érosion hydrique consistent à :

- + Réduire l'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol.
- + Empêcher la décomposition et la destruction des agrégats.
- + Augmenter le taux d'infiltration de l'eau dans le sol.
- + Réduire la vitesse d'écoulement de l'eau ruisselant sur la surface.



**Photo 35 : Terrassement au niveau du plateau du Loess (Chine)**



**Photo 36 : Lutter contre l'érosion du sol à l'aide du gazon**



**Photo 37 et 38 : Lutte contre l'érosion hydrique par correction des ravins**



**Photo 39 : Ajout du fumier pour la conservation du sol**

# Lutte contre l'érosion éolienne

## Lutte contre l'érosion éolienne

Brise-vent et haies :

Inertes ou vivants, ils permettent de limiter la vitesse du vent. Les plus répandus sont les brise-vent de plantation en ligne (rangées d'arbres ou d'arbustes plantés contre la direction du vent dominant pour le freiner).



Photo 40 : Plantes vivantes jouant le rôle de brise vent



**Photo 41 : Exemple d'un brise-vent artificiel**

# Lutte contre l'érosion éolienne

## Fixation des dunes :

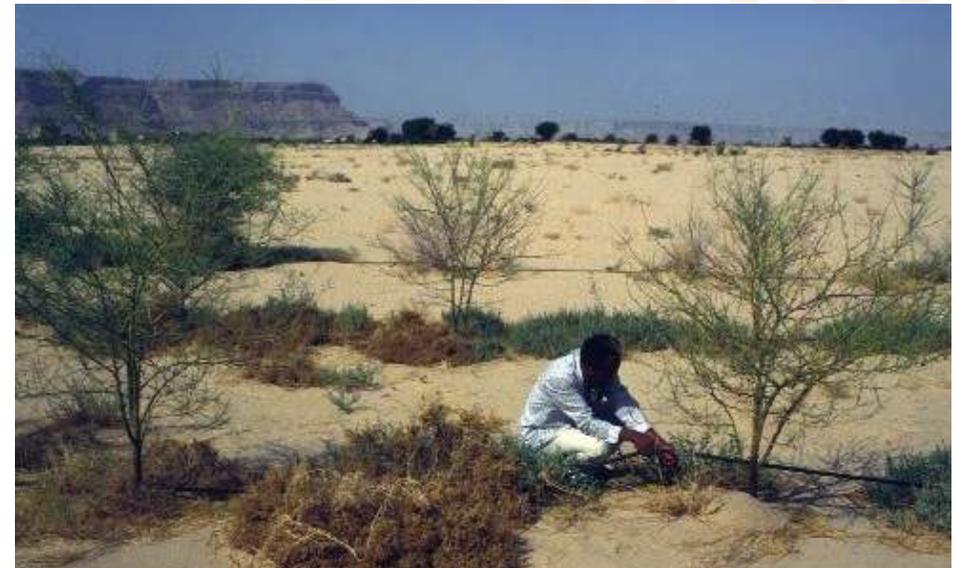
Le principe de la fixation des dunes est d'empêcher le sable de se déplacer pendant un temps suffisamment long pour permettre à la végétation naturelle ou plantée de s'y développer par l'application de la technique de la stabilisation des sables.



**Fig. 42 : Fixation des dunes par des palissades en milieu saharien**



**Photo 43 : Fixation des dunes en milieu saharien par la technique de palissades**



**Photos 44 et 45 : Fixation des dunes par l'espèce *Ammophila arenaria* (à gauche) et alignement d'arbustes (à droite)**

# Conclusion

**Le climat, la nature du sol, le surpâturage, la déforestation, l'intensification de l'agriculture sont des causes d'augmentation considérable de pertes de terres. Il y a rupture de l'équilibre et accélération de l'érosion (érosion anthropique).**

**L'érosion des sols est un facteur limitant de la production agricole. Face à ce fléau mondial, tout le monde doit lutter contre l'érosion et mettre en place des techniques de conservation des eaux et des sols (CES). La pratique de cette CES implique :**

- ✓ l'inventaire et la caractérisation des phénomènes de dégradation de sols,
- ✓ la définition et la mise en oeuvre de méthodes adéquates de prévention et de lutte contre l'érosion.



**Merci de votre  
attention**