

ÉROSION HYDRIQUE

❖ Dégradation hydrogéologique

Introduction :

Le sol est une ressource renouvelable. Il se fait à partir de la roche sous-jacente (le granite, le calcaire, le basalte, le grès, le schiste...) : cette « roche-mère » s'altère, se transforme sous l'effet des actions conjuguées de la vie animale et végétale, de l'eau, de l'air.

Les différents aspects de dégradation des sols, de l'eau et de l'environnement sont intimement liés au développement des hommes et des civilisations : ils concernent autant les agronomes et les forestiers, les géographes, les hydrologues, les sédimentologues, que les socio-économistes.

Les régions arides, semi-arides et montagneuses à vocation agro-pastorale ou agro-sylvo-pastorale connaissent depuis le début du siècle une dégradation excessive de la flore, de la faune, des sols et du réseau hydrographique. Cette dégradation est le résultat conjugué des facteurs naturels et d'actions anthropiques, ces régions fragiles se dégraderont et évolueront rapidement vers la désertification.

Si de la terre est arrachée lors du ruissellement, on parle alors d'**érosion hydrique** des sols. L'érosion hydrique provoque un déplacement de sol de l'amont vers l'aval.

L'érosion hydrique des sols est un phénomène naturel dû aux précipitations. Toutefois, de nombreuses pratiques humaines, principalement agricoles, peuvent déclencher et/ou renforcer l'érosion hydrique des sols.

I. Définition:

Érosion vient de "ERODERE", verbe latin qui signifie "ronger". L'érosion ronge la terre. En fait, c'est un processus naturel qui n'est donc pas forcément souhaitable de l'arrêter, mais de le réduire à un niveau acceptable et tolérable.

L'érosion hydrique est un processus qui emporte et redistribue le sol. Bien qu'une certaine érosion se produise graduellement, le phénomène est surtout imputable à des événements météorologiques extrêmes (une forte pluie).

L'érosion hydrique est composée d'un ensemble de processus complexes et interdépendants qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol.

Elle se définit comme la perte de sol due à l'eau qui arrache et transporte la terre vers un lieu de dépôt.

D'après (HORTOD, 1940) in (ROOSE,É, 1996) le ruissellement se développe lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol.

Chaque nouvelle perte de couche arable aggrave les effets de l'érosion, et le sol devient de moins en moins capable de maintenir une productivité optimale, de régulariser et de répartir l'écoulement de l'eau dans l'environnement, ce qui peut être une source d'une pollution diffuse (contamination des cours d'eau par les pesticides et les engrais, turbidité de l'eau,...etc.).

II. Types d'érosion hydrique :

Il existe deux grands **types d'érosion**, liés à deux grands types de ruissellement :

- **L'érosion diffuse.** La lame d'eau qui ruisselle est de faible épaisseur avec une vitesse d'écoulement faible. Cette lame d'eau n'est pas capable d'arracher des particules de terre, seules les particules issues de la désagrégation due aux gouttes de pluie (effet splash) sont entraînées. C'est une érosion qui concerne de grandes surfaces.
- **L'érosion concentrée.** Si la vitesse du ruissellement est forte, des incisions se forment dans le sol. Les particules de sol sont arrachées par cette lame d'eau concentrée, et forment des rigoles, voire des ravines.

Les deux types d'érosion peuvent se rencontrer dans un même bassin versant.

III. Principaux facteurs : Les principaux facteurs responsables de l'érosion sont :

- L'érosivité du climat : intensité et quantité des précipitations ;
- La présence d'une pente, sa longueur et son degré d'inclinaison ;
- La capacité d'infiltration de l'eau dans le sol et la stabilité structurale du sol, et donc finalement la nature du sol ;
- Le rôle de la végétation ;
- Les facteurs liés à l'homme.

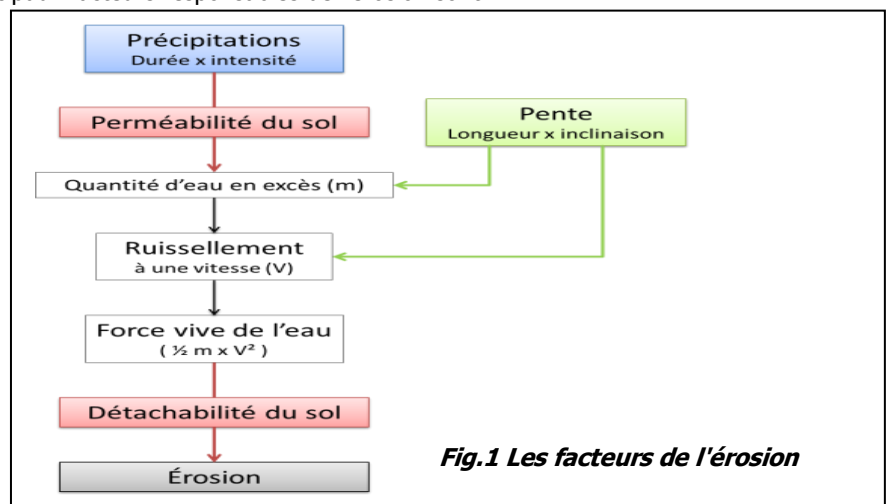


Fig.1 Les facteurs de l'érosion

1. L'érosivité du climat :

Les précipitations atmosphériques sont la principale cause de l'érosion hydrique, elles sont caractérisées par la hauteur des averses, l'intensité et la fréquence.

La pluie désagrège les agrégats et mottes en éléments fins susceptibles d'être entraînés par le ruissellement favorisant le colmatage et limitant l'infiltration.

L'action de la pluie dépend davantage de son intensité que de sa hauteur, ce qui semble évident : une pluie d'orage de 10mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine 40mm (**SOLTNER, 1999**), cela est favorisé par un milieu fragile.

En effet lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif et provoque une dégradation rapide des horizons superficiels et de forts ruissellements.

2. La pente :

La notion de pente comprend en réalité deux facteurs bien distincts : le degré d'inclinaison du terrain par rapport à l'horizontal et la longueur sur laquelle s'applique ou se manifeste de façon continue un processus.

L'influence de la pente (inclinaison, longueur, forme) est très complexe.

Il est bien entendu que, plus la pente est raide, plus l'eau érodera le sol.

❖ **Forme** : Les pentes convexes apportent plus de sédiments à la rivière que les pentes concaves où l'on observe des piègeages de sédiments détachés : d'où les sols colluviaux.

❖ **Longueur** : La longueur des pentes a en général peu d'effet sur le ruissellement et **l'érosion en nappe** car les frottements sur les rugosités du sol empêchent l'accélération des nappes ruisselantes, par contre ; la masse du ruissellement concentré en rigole peut s'accumuler le long d'une pente et ouvrir un impact exponentiel sur l'érosion linéaire.

❖ **Inclinaison** : L'inclinaison du versant n'augmente pas toujours le ruissellement, lequel peut être très forte sur des pentes faibles. Par contre la charge solide et l'érosion augmentent de façon exponentielle et l'exposant peut varier de 1.2 à plus de 2 si le sol est mal couvert (**ROOSE.É, 1980**) in (**ROOSE.É, 1990**).

L'érosion en nappe ou aréolaire ou laminaire "sheet erosion" : C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion. Cette érosion en nappe entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface, autrement dit c'est une forme d'érosion diffuse. De ce fait, elle est peu visible d'une année à l'autre.

3. Le rôle de la végétation:

L'élément déclencheur de l'accélération de l'érosion dans les zones arides et semi-arides est la disparition de la couverture végétale, qui peut être causée par un changement climatique à long terme ou plus directement par le surpâturage. La perte de la couverture végétale entraîne une exposition de sol à l'érosion éolienne et hydrique, et la perte des sols fait diminuer le potentiel de production agricole, ceci entraîne au final une diminution de la charge animale des parcours. Bien qu'elle se produise dans les zones arides et semi-arides, l'érosion est bien le résultat des précipitations rares mais abondantes.

On effet la végétation présente un intérêt majeur dans la lutte antiérosive en agissant de plusieurs façons. Rôle protecteur pour les impacts des pluies.

- Diminution du ruissellement.
- Accumulation des débris et enrichissement en matière organique.

4. Les facteurs liés à l'homme :

L'homme est l'une des causes principales de l'érosion, il est responsable des destructions des forêts du défrichement des incendies, des surpâturages et des techniques culturales mal suivies.

Ce sont les agents de la dénudation artificielle du sol, car dans le monde entier cinq millions de Kilomètre carré de terre cultivable ont été perdus par la faute de l'homme (**DAJO Z, 1985**).

La croissance démographique a entraîné la dégradation des ressources naturelles par :

- La mise en culture ;
- La pression pastorale ;
- Les incendies ;
- L'écoulement hydrique.

Chaque civilisation a créé des conditions favorables au développement de l'érosion et la dégradation de la fertilité des sols, les villes, les routes, les zones des pâtures sont des milieux peu perméable qui accumulent les volumes ruisselés, et provoquent des inondations et des dépôts de boue.

IV. Mécanisme (formes) de l'érosion hydrique :

La pluie est le facteur climatique qui menace le plus sérieusement l'état des ressources de base, cette pluie occasionne des problèmes quand :

- Des croûtes se forment à la surface, empêchant les jeunes pousses à sortir.
- Des particules de terre sont ameublées en surface par l'impact des gouttes de pluie.
- L'eau ne peut s'infiltrer suffisamment vite dans le sol et stagne à la surface. Si le terrain est en pente l'eau ruissellera le

long de cette pente. L'eau sera perdue pour le champ (ruissellement) mais pire, l'eau peut détacher et accumuler les particules de la surface du sol et provoquer l'érosion.

1. Erosion splash :

L'érosion splash, appelé érosion élémentaire est due au choc de la goutte de l'eau de pluie sur le sol. Celle-ci désagrège les particules du sol qui rejaillissent.

Cette action de rejaillissent est liée à l'énergie cinétique libérée par les gouttes de pluie en arrivant sur le sol.

L'énergie cinétique est égale au demi-produit de sa masse par le carré de sa vitesse. $E_c = \frac{1}{2}mv^2$;

m : La masse de la goutte

v : La vitesse de la goutte

E_c : L'énergie cinétique en joule (si m en Kg et v en m/s).

Le diamètre des gouttes de pluie, leur vitesse de chute et leur masse totale déterminant la capacité de détachement des particules du sol.

2. Le ruissellement :

Quand le sol ne peut plus absorber l'eau des précipitations, une lame d'eau se forme à la surface du sol, correspondant à l'eau en excès.

Le ruissellement est l'écoulement par gravité à la surface du sol souvent la pente de terrain.

La mise en mouvement de cette eau forme le ruissellement.

Le ruissellement a deux origines :

- Lors de pluies intenses (comme les pluies d'orage), la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol est inférieure à la quantité d'eau arrivant au sol dans le même laps de temps,

- Si le sol est saturé d'eau, il ne peut plus infiltrer et absorber l'eau arrivant au sol.

Le ruissellement peut être diffus ou concentré est en fonction des cinq paramètres :

- L'intensité relative de la pluie ;
- L'indice de rugosité faible ;
- La pente ;
- La durée de la pluie ;
- L'infiltration dans le sol.

(MORSLI et al, 2004)

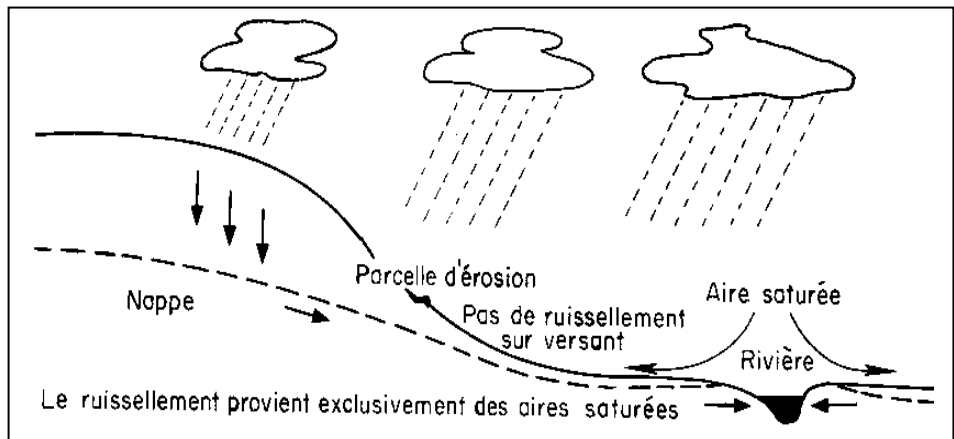


Fig.2 Naissance du ruissellement

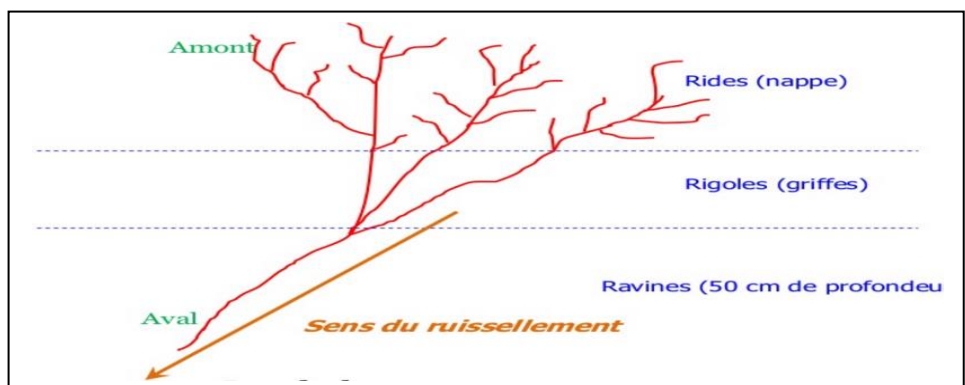


Fig.3 Effets de l'érosion pluviale

3. L'infiltration :

On entend par l'infiltration la partie de l'eau des précipitations qui est absorbée par le sol et dirigée vers les couches inférieures. Selon, qu'il est sec ou humide, le sol ne réagit pas de la même façon aux précipitations.

L'infiltration est en fonction de plusieurs facteurs :

- L'épaisseur de la couche saturée du sol ;
- L'humidité du sol ;

- Effet splash des gouttes ;
- Mouvement des particules fines (transport solide) ;
- L'influence des facteurs anthropique ;
- Les états de surface ;
- Le gel et la qualité de l'air dans le sol.

L'érosion est donc le fruit d'un **processus** commençant par une désagrégation des agrégats à la surface du sol. Elle entraîne la formation d'une croûte structurale puis sédimentaire, communément appelée **la battance**. Cette croûte réduit l'infiltration de l'eau et conduit à la formation de ruissellement.

Si la lame d'eau est peu épaisse et ruisselle (cas de faible pente et grandes surfaces), l'érosion qui s'en suit est dite diffuse. Si la lame d'eau ruisselle à une forte vitesse, une incision du sol se produit et on assiste à une érosion de type concentrée.

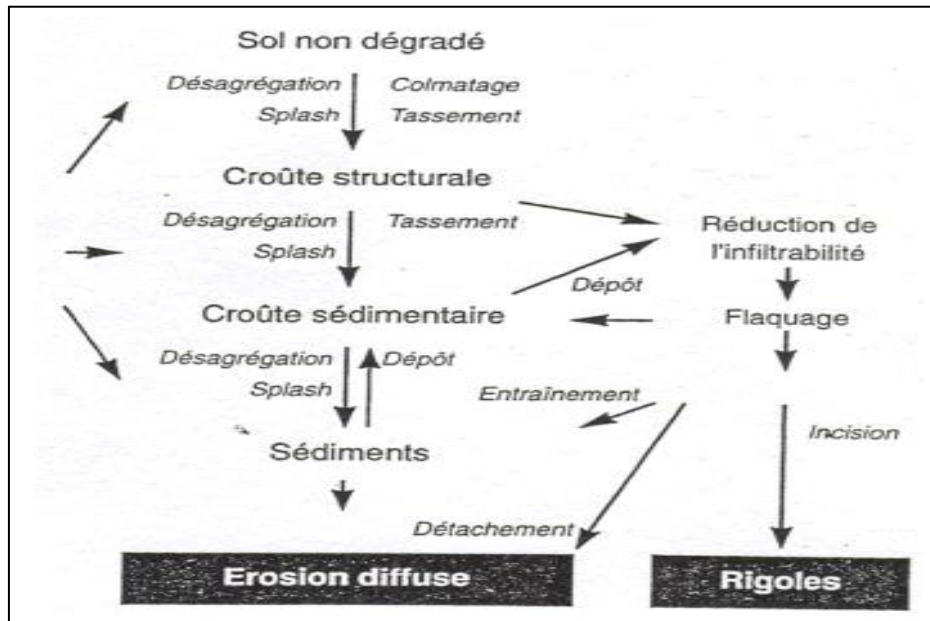


Fig.4 Mécanisme de l'érosion

✓ Que signifie battance ?

La *battance* est l'action de fortes pluies sur la surface du sol, et par extension, il s'agit de l'évolution de la structure de surface des sols par la désagrégation des mottes et la formation de structures appelées croûte de battance.

✓ Croûte de battance :

C'est la croûte superficielle compacte formée par l'action des gouttes de pluie et le fractionnement des agrégats à la surface du sol. La formation de croûtes entraîne une baisse de l'infiltration de l'eau dans le sol et ainsi une augmentation du ruissellement. Une croûte de battance a aussi pour conséquence des problèmes de germination et de levée des cultures.

✓ La formation d'une croûte de battance :

La battance se forme sous l'action des gouttes de pluie (énergie cinétique). Elles cassent et ainsi fragmentent les agrégats du sol. Ces fragments d'agrégats sont déplacés, et comblent les espaces inter-agrégats du sol par accumulation. La porosité à la surface du sol est ainsi comblée, et une croûte de battance apparaît.

✓ Lors de la formation d'une croûte de battance, on peut distinguer **deux types de croûtes**, apparaissant successivement :

1. La croûte **structurale** : elle correspond à la désagrégation des agrégats sur place, sans déplacement des particules issus de cette désagrégation [étape B].
2. La croûte **sédimentaire** : elle résulte du déplacement des particules et surtout d'une ségrégation et sédimentation des particules, suivant leur taille, dans les flaques dues à l'excès d'eau non infiltrée en raison de la formation de la croûte structurale [étape C].

Les mécanismes de désagrégation des agrégats sont principalement les mécanismes d'éclatement des agrégats en sol sec et d'éclatement par arrachement mécanique. La fragmentation couplée au déplacement des fragments d'agrégats est due à l'action des gouttes de pluie, que l'on nomme l'**effet splash**.

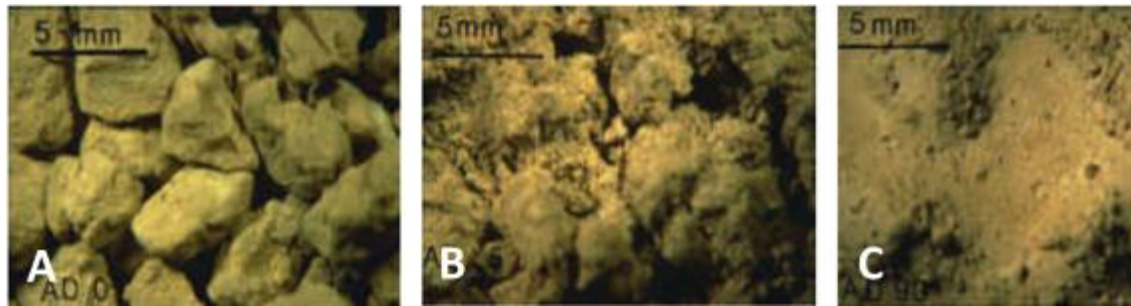


Fig.5 Étapes de formation d'une croûte de battance :
A) Agrégats visibles ; B) Agrégats dégradés ; C) Croûte de battance formée

Tous les sols ne réagissent pas de la même façon à l'action des gouttes de pluie. L'intensité de désagrégation et de fractionnement est conditionnée par une propriété physique des sols : la **stabilité structurale**. Plus les agrégats sont stables, moins ils seront désagrégés, et inversement.

La stabilité structurale :

La stabilité structurale est une propriété physique du sol. Elle se définit comme l'aptitude des agrégats du sol à résister à l'action dégradante des pluies.

La stabilité structurale d'un sol dépend de :

- Sa teneur en argile : plus il y a d'argile dans le sol, plus il est stable
- Sa teneur en matière organique : plus il y a de matière organique dans un sol, plus il est stable
- Sa garniture ionique : le calcium (Ca^{2+}) stabilise les agrégats, à l'inverse le sodium (Na^+) tend à les rendre instable.

V. Cause et conséquences de l'érosion hydrique :

La **dégradation** des terres dans la région méditerranéenne et en Algérie est **liée** :

- A la sécheresse qui sévit partout au moins temporairement et qui frappe surtout les zones arides, induit des contraintes sévères et conditionne même les catastrophes, ce la s'explique par l'emplacement en marge du désert accompagné des températures excessives.

En effet l'évapotranspiration consomme partout plus de 70% des pluies et 90% sur le terrain sud du tell.

- Au recul et la dégradation du couvert végétal suite :

A une rapide dégradation physiologique des formations végétales en liaison avec la surexploitation par des coupes abusives de bois et du surpâturage.

❖ **Les conséquences de l'érosion hydrique** sont multiples, dont les plus importantes sont :

✓ **Au niveau du sol**

L'érosion hydrique a pour effet la diminution de la fertilité du sol par l'entraînement de l'humus ce qui rend la nutrition en éléments minéraux déficiente, les éléments fins disparaissent et le sol perd sa fertilité initiale. Du point de vue physique la perméabilité du sol décroît et l'eau ruisselle au lieu de pénétrer en profondeur et aucune réserve en eau dans ce cas ne se constitue pendant la saison sèche.

✓ **Influence sur le régime des eaux**

A la suite de la diminution de l'infiltration, les nappes sous terraines ne sont plus alimentées ; les sources tarissant en saison sèche, en saison humide la masse d'eau de ruissellement gonfle les cours d'eau et provoque des crues brutales et dangereuses.

✓ **La dégradation des routes et des talus**

En Algérie, les coupures des routes, voies inaccessibles temporairement et ruptures de ponts sur les chemins sont liées pratiquement à chaque saison pluvieuse, au cours de ces dernières années le bilan s'alourdit en grève les budgets des collectivités locales et régionales (**CHAFFI, 1998**).

L'érodibilité d'un sol traduit la résistance inhérente d'un sol au détachement de particules (dégradation) et à leur transport par l'eau des précipitations (érosion). Elle est déterminée par la force de cohésion entre les particules de sol et peut varier selon la présence ou non d'un couvert végétal, de la teneur en eau du sol et du développement de sa structure.

