

L'ÉROSION ET L'ALTERATION

INTRODUCTION A L'ÉROSION

Toute la vie terrestre dépend d'une fine couche de sol. Le premier mètre de la surface de la Terre alimente plus de six milliards de personnes, ainsi qu'un nombre immesurable d'insectes, de reptiles, d'oiseaux et d'animaux. Même une grande partie de la vie marine dépend des éléments érodés ou dissous des continents et transportés dans les milieux aquatiques. Depuis quelques décennies, des pressions économiques et démographiques ont conduit à une dégradation rapide et massive des sols exploités à travers le monde.

Définition de l'érosion :

En géomorphologie, l'**érosion** est le processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des roches, 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 ex.) de la roche ;
- l'absence ou non de couverture végétale et la nature des végétaux ;
- l'histoire tectonique (fracturation par exemple) ;
- l'action de l'homme (pratiques agricoles, urbanisation).

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.

Des phénomènes naturels violents tels qu'une avalanche, ou un orage peuvent modifier considérablement le paysage en quelques heures, voire en quelques minutes.

I LES PROCESSUS D'ÉROSION

L'érosion hydrique est un type d'érosion qui partage les mêmes processus communs à tous les types d'érosion: hydrique (eau), éolienne (le vent), glaciaire (la glace) ou gravitaire (la gravité). En réalité, les différents types d'érosion dépendent de la gravité qui agit sur l'eau (hydrique), sur les masses atmosphériques (éolienne), sur les masses de glace (glaciaire) et sur les solides (gravitaire). Les trois processus sont :

- Le détachement,
- Le transport,
- Le dépôt.

I.1 Le détachement

Avant que les sédiments et matières organiques soient transportés, ils doivent d'abord être détachés des forces cohésives présentes dans le sol. Ce détachement

peut se faire par l'impact des gouttes de pluie, par une combinaison d'impacts des gouttes de pluie et du ruissellement, ou par le ruissellement seul. L'énergie requise pour détacher les particules est plus importante que pour les transporter. Dans un sol cohésif, il faut surmonter l'attraction entre particules (argiles, limons et matières organiques) afin de les mettre en mouvement. Pour des sédiments non-cohésifs, il faut lever les particules contre la gravité avant qu'elles soient mises en mouvement dans l'eau.

I.2 Le transport

Ceci correspond au mouvement des sédiments vers l'aval, que ce soit sur un versant ou dans un cours d'eau. Le transport peut s'effectuer dans l'air, comme c'est le cas pour le splash, ou dans l'eau par le ruissellement.

Le terme « capacité de transport », évoqué pour décrire la capacité du ruissellement à transporter des sédiments, est utilisé de 2 manières :

- La masse totale de sédiments que peut transporter le ruissellement (g/L ou kg/m³).
- La taille maximale des sédiments qui peuvent être transportés à un débit et vitesse d'écoulement donnés (à tel débit avec tel vitesse d'écoulement, des sédiments de telle taille peuvent être gardés en mouvement, les sédiments plus grossiers que cette valeur sont déposés...).

La quantité de sédiments transportés dans un écoulement et par unité de temps est égale à la concentration en sédiments (kg/m³) * le débit (m³/s) = kg/s. A la limite de la capacité de transport, l'écoulement ne peut pas transporter plus de sédiments, même s'il y a beaucoup de sédiments disponibles. Dans ce cas, l'érosion est dite « limitée par le transport ». Dans le cas où la capacité de transport n'est pas atteinte et que l'écoulement pourrait transporter plus de sédiments s'il y en avait, (mais tous les sédiments disponibles sont déjà en mouvement), l'érosion est dite « limitée par le détachement ».

L'écoulement de l'eau trie les sédiments par tailles par sa vitesse d'écoulement : plus la vitesse est importante, plus elle peut transporter des sédiments grossiers. Dès que la vitesse commence à se ralentir, les premiers sédiments qui se déposent sont les plus grossiers ; progressivement, les sédiments de tailles de plus en plus fines sont déposés au fur et à mesure que la vitesse d'écoulement diminue.

L'écoulement dans un cours d'eau représente donc une zone de tri sélectif dans laquelle il y a des zones de sédiments grossiers là où la vitesse d'écoulement est rapide et des zones de sédiments fins là où la vitesse d'écoulement est lente.

I.3 Le dépôt

Tôt ou tard, les sédiments transportés par le ruissellement se déposent. Le dépôt peut se faire à l'intérieur d'une parcelle sur le même versant, dans le fossé en limite de parcelle, sur la route, dans le ruisseau, une rivière, la mer... Très souvent les conséquences provoquées par le dépôt des sédiments sont aussi graves, voire plus graves, que celles provoquées par l'enlèvement de la terre sur le versant.

Le dépôt se fait en fonction de la vitesse d'écoulement : les sédiments sont déposés

en fonction de leur granulométrie et de la vitesse d'écoulement. Les particules très fines, les argiles, sont transportées le plus loin.

I.4 Résumé des formes et processus

I.4.1) Les relations entre formes et processus d'érosion

- L'érosion par le splash résulte d'une combinaison de détachement par l'impact de gouttes de pluie et du transport dans l'air.
- L'érosion diffusée résulte du détachement par le splash dans une fine lame d'eau et du transport par le ruissellement.
- L'érosion concentrée résulte de détachement et du transport par le ruissellement.

I.4.2) Les relations entre texture du sol et processus d'érosion

- Les sols argileux ont une cohésion importante alors une vitesse d'écoulement élevée est nécessaire pour détacher les sédiments. Les particules d'argiles étant très petites, une fois qu'elles sont détachées, elles sont transportées en suspension jusqu'à ce que la vitesse d'écoulement devienne quasiment nulle.
- Les sols limoneux ou riches en sable fin ont une cohésion plus faible que les sols argileux mais représentent des particules encore très petites ; une vitesse d'écoulement moins élevée que pour les sols argileux suffit pour détacher les sédiments et la petite taille des limons assure qu'ils seront transportés loin facilement.
- Les sols riches en sable grossier ont peu de cohésion mais la taille plus importante des particules de sable fait que les vitesses d'écoulement pour le détachement et le transport sont plus importantes que pour les limons et le sable fin. La vitesse de détachement pour le sable grossier est inférieure à celle nécessaire pour les sols argileux, mais la vitesse de transport pour garder les sables en motion doit être beaucoup plus importante que pour l'argile.

LES FORMES D'EROSION

Pour la plupart d'entre nous, les formes d'érosion correspondent à ce que nous voyons dans le paysage dans un contexte érosif.

Nous pouvons distinguer trois types :

- Le splash,
- L'érosion diffuse,
- L'érosion concentrée qui se sub-divise ensuite en deux formes différentes:
 - Les rigoles
 - Les ravines.

I.1 Le splash

La manifestation de l'érosion par le splash dans le paysage est subtile et ne se distingue bien que dans certaines circonstances un peu particulières : un sol soumis à une forte érosion et qui est recouvert par endroit de cailloux. L'impact des gouttes de

pluie à la surface détache les sédiments de la matrice du sol et les transporte dans l'air où la majorité de « l'éclaboussure » (et donc du transport solide) se dirige vers le bas du versant. En général, le splash est important pour le détachement des sédiments dans l'érosion diffuse mais ne transporte que relativement peu de sédiments comparé au ruissellement, qu'il soit diffus ou concentré.

I.2 L'érosion diffuse

Dans ce cas, une lame d'eau d'épaisseur inégale, mais peu profonde, s'écoule sur la surface de manière diffuse. Les sédiments sont détachés de la matrice du sol essentiellement par l'impact des gouttes de pluie. Ce détachement est rendu plus efficace par la présence d'une fine lame d'eau dont l'impact détache plus de sédiments que si la pluie tombait directement sur un sol nu. Cette forme d'érosion peut être importante pour certains sols, notamment les sols limoneux – des sols qui ont une faible résistance à l'érosion et qui sont composés de particules relativement fines et faciles à détacher et transporter. Cependant, la capacité de transport de cette forme d'érosion est limitée.

I.3 L'érosion concentrée

L'écoulement se concentre dans des chenaux plus ou moins grands et l'énergie cinétique du ruissellement (indépendamment du splash) est suffisante pour détacher les sédiments de la surface du sol. L'érosion concentrée peut prendre deux formes, en rigole ou ravine. La différence entre rigole et ravine est une question de taille : les rigoles peuvent être effacées par un travail du sol utilisant des outils agricoles normaux, tandis que les ravines nécessitent une intervention plus lourde avec des engins de génie civil.

De manière générale, les rigoles transportent probablement la plus grande quantité de terre de toutes les formes d'érosion ; les ravines sont plus importantes en taille, mais beaucoup moins nombreuses.

Les différentes formes d'érosion représentent le résultat d'une combinaison spécifique de processus de détachement et de transport.

L'altération :

Définition de l'altération:

Ensemble des modifications chimiques et physiques qui affectent les sédiments et les roches exposés à l'atmosphère, à l'hydrosphère et à la biosphère.

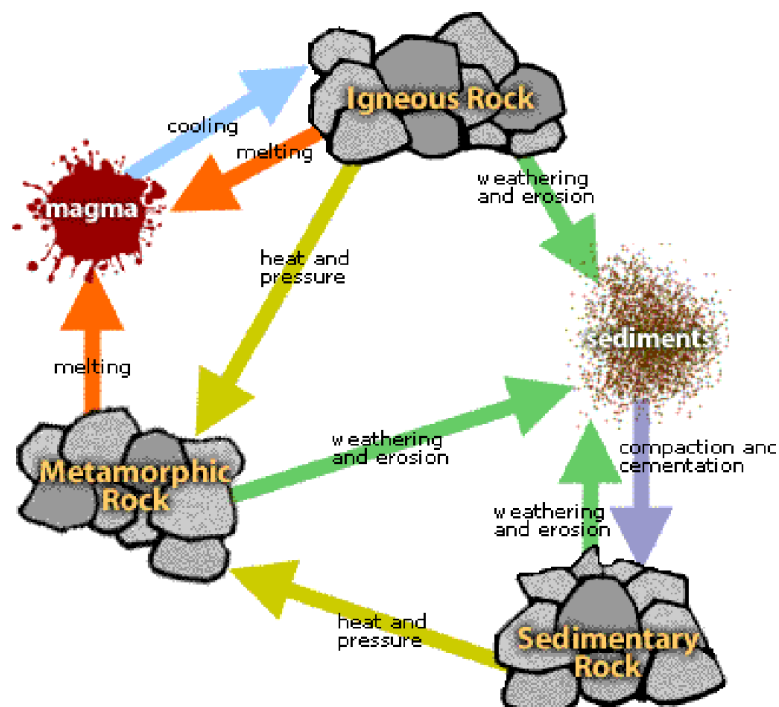
Elle est contrôlée par:

la solubilité des minéraux ; la structure de la roche ; le climat (température et précipitations) ; la présence de sol et de végétation ; la durée d'exposition.

-L'**altération** produit toutes les argiles du monde, tous les sols et les substances dissoutes que les rivières amènent aux océans.

- L'altération **physique** : Ne change pas la composition chimique.
 - l'altération **chimique** : Modifie la composition chimique.
- Une fois les roches réduites en particules elles sont déplacées par l'**érosion**.

Cycle des roches



-L'altération et l'érosion sont des phénomènes clés dans le cycle des roches.

Altération Physique

L'altération mécanique modifie les rapports surface/volume

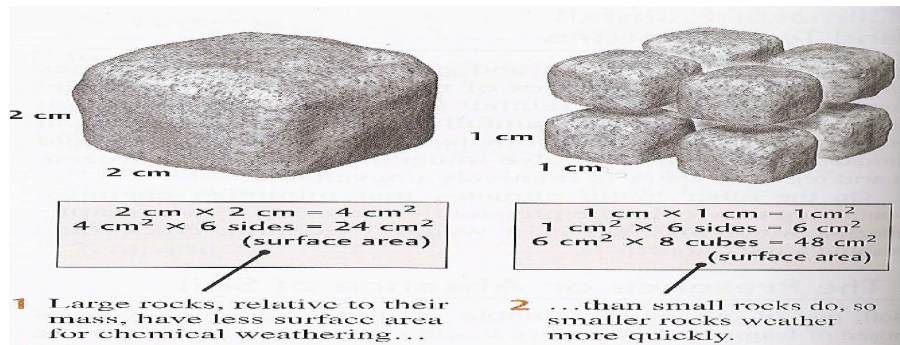
La fragmentation

facilite l'altération.



L'altération

augmente la surface



1. Gel :Les alternances de gel-dégel, en climat suffisamment humide, fragmentent les roches (cryoclastie).

L'eau en gelant augmente son volume de 9-10% et élargit progressivement les fractures.



2. Végétaux

Éclatement de la roche par les racines.

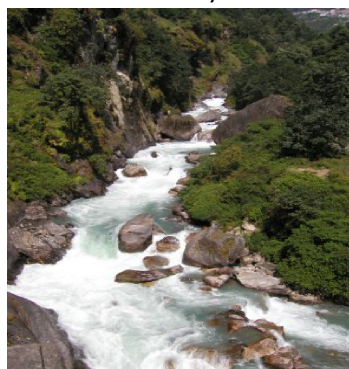
3. Tectonique → microfractures

L'altération dans ce cas progresse le long de plans de fracture (**diaclasses**) d'origine Vraisemblablement tectonique, géométriquement ordonnés, plus ou moins horizontaux et verticaux. Cela donne un débit en boules avec une disposition plus "géométrique"

4. Dilatation thermique dans les régions désertiques



5. Abrasion (vent, sable, rivière turbulente...)



Altération chimique

L'eau = agent majeur de l'altération

L'eau est une molécule singulière La liaison O-H est **polarisée**

La molécule d'eau se comporte comme un dipôle dont la force d'attraction vis-à-vis d'un ion détermine sa solubilité.

La force d'attraction dépend du potentiel ionique(PI).

$$P_i = e/r$$

Dont : e : Charge r : Rayon ionique

LES CONSEQUENCES DE L'EROSION

Le sol est une fine couche de matières minérales et organiques qui permettent la rétention et la circulation de l'eau et de l'air à la surface de la Terre. Cette fine couche, dont l'épaisseur varie de quelques cm à quelques m, fait vivre pratiquement toutes les formes de vie de la planète. Le sol est une ressource « non-renouvelable » qui, lorsqu'il subit une forte érosion, est perdu à l'échelle de millénaires.

Aujourd'hui, l'érosion des sols participe à plusieurs grands problèmes environnementaux qui perturbent la planète

La biodiversité

Le sol est un milieu vivant où des milliards de bactéries, champignons, et insectes de tous genres habitent. Sa dégradation provoque une perte d'espèces dont nous avons peu conscience à cause des difficultés de mesure et de suivi de ces micro-organismes et parce que ces familles d'espèces se trouvent rarement parmi les espèces « emblématiques » (comme le loup, l'aigle, le panda, le dauphin, etc). De plus, la dégradation du sol provoque inévitablement une perte d'habitat pour divers espèces à la surface de la terre et dans les milieux aquatiques, où l'augmentation de la turbidité et de la pollution jouent un rôle important dans la dégradation de ces environnements.

La désertification

Ce thème sera approfondi dans le prochain module, mais il est à noter que la perte du sol dans les milieux semi-arides conduit à la création de vastes zones « stériles » et des conditions de sécheresse aggravée par une augmentation du ruissellement et par la diminution de la réserve hydrique du sol.

La pollution des eaux

Pratiquement toute l'eau qui tombe sur une surface terrestre entre en contact avec le sol. L'eau peut s'infiltrer et percoler vers la nappe phréatique et les cours d'eau, et dans ce cas, elle lessive une partie de ce qui est soluble dans le sol (nitrates, pesticides...). Elle peut également ruisseler à la surface et transporter vers les cours d'eau les sédiments et tout ce qui y sont associés : pesticides, engrais, matières organiques...

De manière générale, nous pouvons regarder les conséquences de l'érosion sous trois angles :

- Les impacts « sur site » et « hors site »
- Les conséquences à court terme et à long terme
- Les conséquences dans les pays riches et les pays pauvres