

Facteurs externes de la morphologie

Introduction

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 *modèle* 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.

I- Modalités de l'érosion

L'érosion use le matériel rocheux et façonne des formes très diverses.

1. Formes en creux

L'érosion peut creuser la roche et donner naissance à des modèles de dissection (**Pech et al, 1992**)

- Gorge, canyon ;
- Vallée et cirque glaciaire ;
- Gouffre, caverne, grotte ;
- Ravine ;
- etc.



Canyon

Le ravinement affecte les paysages nommés badlands. Les précipitations, en coulant sur les pentes constituées de matériaux meubles (argile, sédiments), creusent des rigoles et des sillons.

2. Autres formes

L'érosion peut donner naissance à des modèles d'accumulation.

- Karst à tourelles ;
- Inselberg ;
- Pinacles ;
- Chaos de boules granitiques (Bretagne, Massif central) ou de blocs de grès (Forêt de Fontainebleau) ;
- Pain de sucre Rio de Janeiro ;
- Cheminée : cheminées de fées (Hautes-Alpes), Demoiselles coiffées (Turquie)

3. Littoral

Le recul et la transformation des littoraux dépendent de très nombreux facteurs :

- La configuration de la côte ;

- La nature de la roche ;
- La force et l'orientation des courants, des vagues, de la dérive littorale et de la houle ;
- La présence de galets ;
- L'anthropisation.

On peut donc avoir plusieurs cas de figure :

- littoral à falaise différent selon les roches ;
- les calanques appartiennent au relief karstique ;
- les rias, abers et fjords ;
- les marais, deltas, estuaires ;
- les dunes.



Un produit de l'érosion du littoral

4. Érosion des sols agricoles

L'érosion des sols agricoles produit des croûtes (gypseuses ou calcaires), des cuirasses ferrugineuses et latéritiques. Cette érosion est due en grande partie à l'action de l'humain :

- Les défrichements ;
- Les méthodes agricoles intensives, la monoculture, la culture en rang espacés, la mécanisation, le labour, le sol nu en période hivernale, le défrichage, les sillons dans le sens de la pente, etc ;
- Les aménagements routiers et urbains augmentent les surfaces de ruissellement ;
- Le surpâturage : dans les pays du Sahel, la désertification est la conséquence du surpâturage ;
- Les zones détruites par les incendies sont particulièrement exposées à l'érosion.



Oued en crue en zone de culture



Érosion des sols

II- Érosion aréolaire, ou érosion sur les interfluves

L'érosion s'exerce par l'intermédiaire d'agents d'érosion, tels que les agents atmosphériques et les agents biologiques; leurs modalités d'action sont les processus d'érosion, très divers, classés en processus d'érosion mécaniques d'une part, et en processus d'érosion chimiques d'autre part. **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 »; si, au contraire, ils tendent à les creuser, le modelé est dit « de dissection ».

Le modelé de dissection 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.

Le modelé d'aplanissement est créé par l'*érosion aréolaire*, dont les agents sont multiples et qui s'exerce en surface, sur les interfluves.

L'interfluve, constitué de deux versants séparés ou non par une surface plus ou moins plane, est soumis à l'altération sur place des roches qui le composent. L'altération sur place concerne l'ensemble des phénomènes de désagrégation physique et de décomposition chimique des minéraux et des roches dus à l'action des eaux, aux variations de température, à la présence d'oxygène et d'anhydride carbonique, ainsi qu'à l'importance des organismes.

Les processus de désagrégation physique comprennent, d'une part, la désagrégation mécanique et, d'autre part, la désagrégation thermique.

1°. La désagrégation thermique

La *désagrégation thermique* résulte du réchauffement et du refroidissement inégaux des roches. Quand la température varie, les grains constituant les roches se dilatent ou se contractent. Comme la chaleur ne pénètre que lentement, la dilatation n'affecte que la partie superficielle de la roche : telle est l'origine de la fissuration parallèle de la surface externe de la roche et de son *écaillement*, ou desquamation. Les roches de composition minérale hétérogène sont les plus susceptibles d'être soumises à la désagrégation thermique puisque les coefficients de dilatation sont variables d'un minéral à l'autre.

2°. La désagrégation mécanique

La *désagrégation mécanique* a pour principal agent le gel. L'eau s'infiltré dans les *diaclasses*, fissures de moindre résistance dont l'origine est liée aux variations de température et de pression pendant les mouvements tectoniques. A une température inférieure à 0°C, l'eau augmente de volume (environ de 10 %) et fait éclater la roche. C'est le processus de *gélifraction*, ou *gélivation*. La gélifraction est d'autant plus intense que la température oscille fréquemment autour du point de congélation de l'eau, ce qui conduit à la *fragmentation* en blocs anguleux de roches cohérentes comme le basalte et les roches cristallines à grains fins. La fragmentation est également favorisée par la cristallisation des sels, par les racines des arbres agissant comme des coins et par certains animaux fouisseurs. La désagrégation physique est toujours accompagnée d'une altération chimique dont les actions principales sont l'oxydation, l'hydratation, la dissolution et l'hydrolyse.

3°. L'oxydation

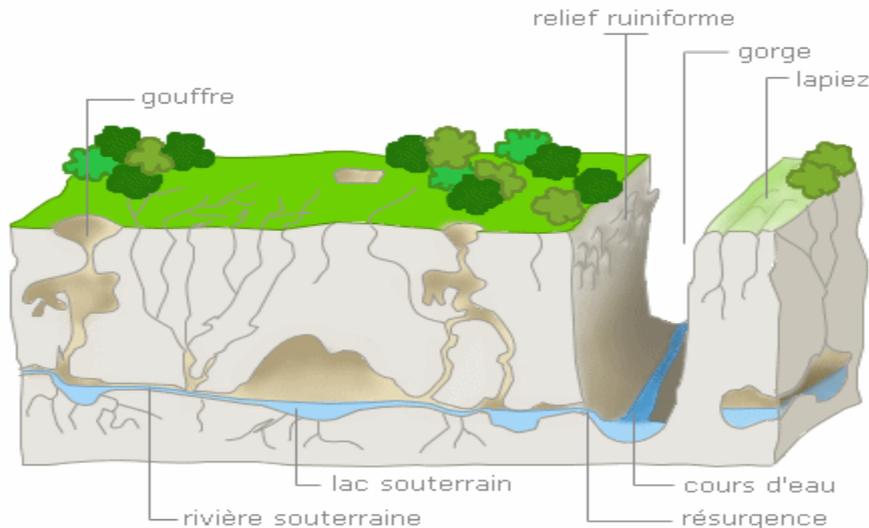
L'*oxydation* est due à la présence d'oxygène actif libre, d'autant plus efficace que son action se produit au sein d'un milieu aqueux. Les phénomènes d'oxydation se produisent aux dépens de presque tous les minéraux ferromagnésiens. Le protoxyde de fer, qui s'oxyde rapidement, recouvre les minéraux d'une croûte brune. De même, les sables, les grès, les argiles, les marnes comportant des inclusions ferrugineuses sont souvent colorés en brun ou en ocre.

4°. L'hydratation

L'*hydratation* consistant dans l'absorption de l'eau par les minéraux s'observe, notamment, dans les silicates et alumino-silicates et se traduit par une augmentation de volume.

5°. La dissolution

La *dissolution* complète des minéraux par l'eau, accompagnée de gaz carbonique qui augmente considérablement son pouvoir de dissociation, s'observe dans les bancs de sel, de gypse et surtout dans les calcaires. Dans ces derniers, la dissolution est à l'origine d'un type de relief particulier, le relief karstique.



Relief karstique

6°. L'hydrolyse

L'hydrolyse menée conjointement par l'eau chargée de gaz carbonique conduit à la décomposition des silicates, notamment des feldspaths, minéraux les plus répandus dans les poches plutoniques. Ainsi, l'orthose donne par hydrolyse le kaolin et l'opale. Les minéraux ferromagnésiens se décomposent plus énergiquement que les feldspaths.

7°. Le rôle des organismes vivants

Le rôle des *organismes* dans l'altération chimique n'est pas à négliger : les plantes exercent non seulement une action mécanique par l'intermédiaire des racines mais également une action chimique par dégagement d'acides organiques à partir des radicelles, par absorption des éléments minéraux nécessaires à leur développement, par émission d'oxygène et de gaz carbonique, et par dégagement d'acides humiques pendant leur décomposition.

<http://www.fossiliraptor.be > geomorphologie2>

III- Processus de l'érosion

On distingue deux grandes catégories de processus d'érosion dont les phénomènes s'additionnent : l'érosion physique ou mécanique et l'érosion chimique.

✓ **L'érosion physique :**

Les végétaux, l'eau (sous toutes ses formes), le vent (chargé en particules abrasives) et le climat en sont les principaux agents.

- Les alternances de gel et de dégel font éclater roches ce qui augmente les surfaces d'attaque par d'autres agents érosifs. En effet, l'eau en gelant augmente son volume de 10% entraînant la fracturation des roches fissurées d'où l'expression « geler à pierre fendre ».

http://maroc.voyage.free.fr/index_fichiers/Page1145.htm

- Il existe une érosion glaciaire. C'est une abrasion des roches due à l'action des glaciers. Elle provoque un surcreusement des vallées à l'origine des vallées dites en U ou en auge, ainsi que des lacs de montagne. La pression et le frottement exercés par le déplacement des glaciers transforment les roches en matériaux très fins (limons poussières, on parle de farine glaciaire) et en morceaux plus gros (moraines). L'érosion glaciaire est aussi responsable du polissage des roches ou au contraire de leurs stries action marquées, quand les glaciers présentent dans leur masse des caillots.

Glacial landscape FR.PNG par Rémi via Wikimedia Commons, Domaine public, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glacial_landscape_FR.PNG?uselang=fr

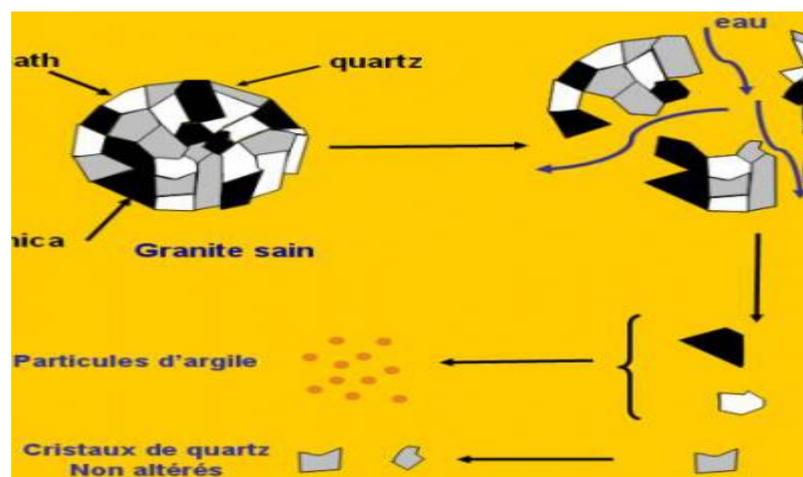
- Les variations brutales de température peuvent entraîner la désagrégation des roches surtout si celle-ci n'ont pas le même coefficient de dilatation (haute montagne et déserts).
- Les racines de végétaux agrandissent les fissures



Source : Lilla Frerichs, <https://www.publicdomainpictures.net/fr/view-image.php?image=67216&picture=peinture-de-roches-et-de-racines>

✓ L'érosion chimique ou altération

Elle correspond à l'ensemble des processus physico-chimiques conduisant à la perte de liaisons des éléments chimiques et à la déstabilisation des minéraux permettant leur mobilisation pour le transport. Elle dissout les minéraux par l'action de l'acide carbonique contenu dans l'eau de pluie et formé lors du passage du CO_2 atmosphérique de l'état gazeux à l'état dissout dans les gouttes de pluie. On parle d'hydrolyse (coupure par l'eau). Elle est particulièrement importante dans les pays calcaires à reliefs karstiques.



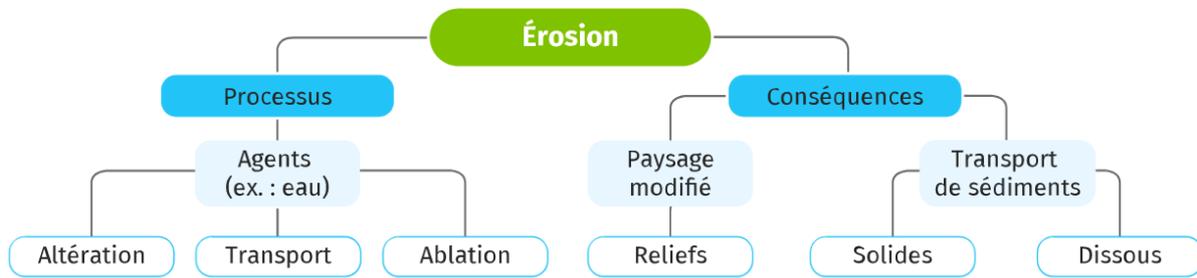
Source : Mécanisme d'altération du granite :

http://eric.lacouture.free.fr/college/5eme/cours_5_ch8.htm

Ce phénomène s'observe aussi très bien dans les granites où l'on voit bien les auréoles d'altération autour des micas et des feldspaths. Chez ces minéraux de la famille des silicates (charpente de SiO_2 entre lesquels se trouvent différents cations K^+ , Na^+ ..), les cations vont être mis en solution de façon +/- importante : la structure du minéral est modifiée.

Le transport des sédiments

Les débris solides obtenus après altération et érosion sont transportés principalement par l'eau. On les appelle « des sédiments ». Ils vont être soit transportés jusqu'à des bassins ou la mer, soit déposés en cours de route en fonction de la vitesse du courant et de leur taille.



IV- Profils des versants

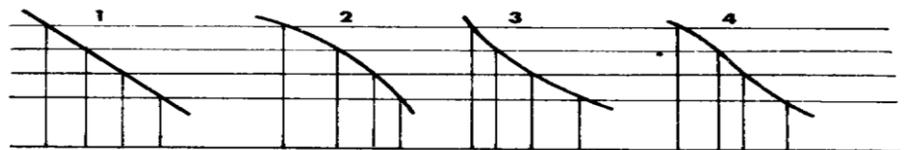
En géomorphologie, un **versant** est une surface topographique inclinée, située entre des points hauts (pics, crêtes, rebord de plateau, sommet d'un relief) et des points bas (pied de versant, talweg).

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.

[https://fr.wikipedia.org > wiki > Versant](https://fr.wikipedia.org/wiki/Versant)

Différents types de versants :

- 1) Pente uniforme
- 2) Profil convexe
- 3) Profil concave
- 4) Profil concavoconvexe.



Profil d'un versant : sa plus grande pente, vue de côté.

V- Érosion linéaire: les terrasses

L'érosion linéaire (ou érosion concentrée) est le phénomène de creusement des cours d'eau, ou des lignes d'écoulement lorsqu'ils sont en plan.

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. On les trouve sur les versants et dans les fonds des vallées, entre les lits des oueds et le début des fortes pentes.

La construction se fait sur les sols profonds afin d'éviter d'aller dans la roche mère.



La **cause de l'érosion linéaire** est à chercher dans l'énergie du ruissellement, laquelle dépend à la fois du volume ruisselé et de la vitesse de celui-ci.

L'érosion linéaire (ou érosion concentrée) : elle résulte de l'arrachage des particules du sol par l'écoulement rapide de l'eau et se présente sous forme de rigoles, appelées ravines lorsqu'elles sont de grande taille. Elle peut apparaître lorsque l'érosion diffuse alimente les passages de roues des engins agricoles ou les lignes de travail du sol. On parle d'érosion en rigoles parallèles quand elle se manifeste sur un versant et d'érosion concentrée de talweg, quand elle génère des incisions dans le fond des vallons (**Véronique et al, 2009**).

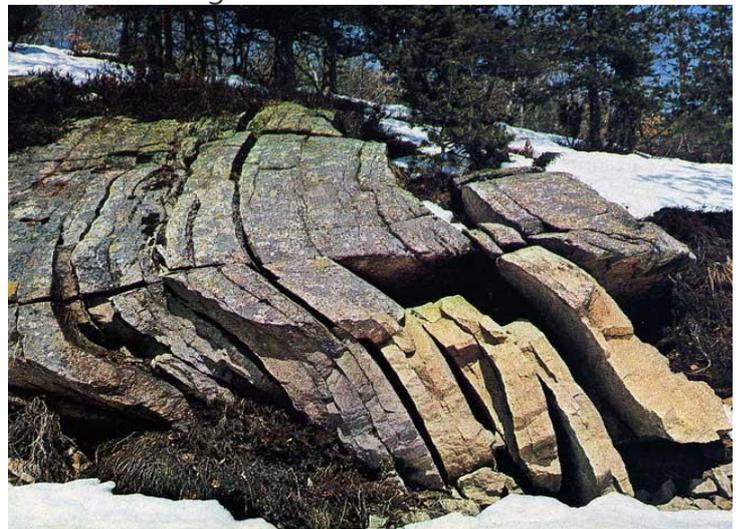
Les terrasses



VI- Erosion périglaciaire

Le terme « périglaciaire » désigne par définition les conditions, les processus et les formes du relief associés au froid mais dans des environnements non-glaciaires.

L'utilisation moderne se réfère à un plus large éventail de conditions climatiques froides, indépendamment de leur proximité d'un glacier. Une majorité d'environnements périglaciaires, possèdent un pergélisol (permafrost en anglais) et tous sont dominés par les processus d'action du gel. La notion d'environnements « paraglaciaires » a été énoncée dans les années 1970 pour définir des processus non-glaciaires mais directement conditionnés par la proximité d'un glacier.



La notion de périglaciaire est étroitement liée aux processus d'érosion et à la dynamique des formes de surface associées. Les environnements périglaciaires sont principalement caractérisés par une alternance de cycles gel-dégel et la présence d'un sol continuellement gelé (pergélisol).

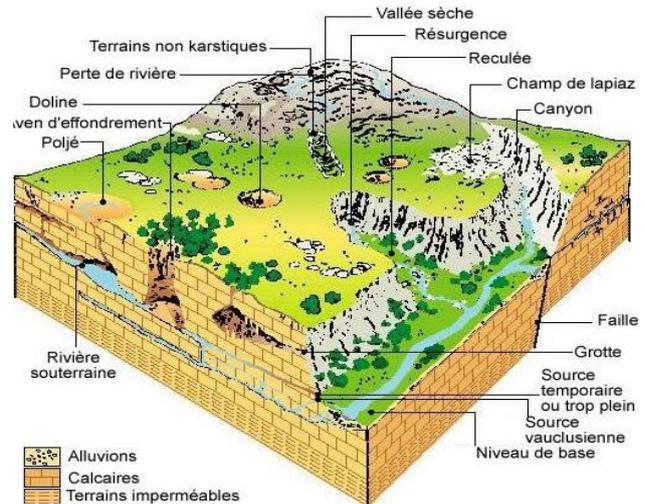
Le processus d'érosion qui explique les paysages périglaciaires est le gel. Il est d'autant plus efficace que la végétation se fait de plus en plus rare avec l'altitude d'une part, et la latitude d'autre part.

VII- Modèle Karstique

Le **karst** est une structure géomorphologique résultant de l'érosion hydrochimique et hydraulique de toutes roches solubles, principalement de roches carbonatées dont essentiellement des calcaires. Des structures karstiques se rencontrent en outre dans des chlorures évaporitiques. Des processus de type karstique, dits « pseudokarstiques », peuvent aussi se développer dans certaines roches autres que les roches carbonatées ou les chlorures évaporitiques.

Le **relief karstique** est un ensemble de formes de reliefs caractéristiques des régions dont la roche se dissout relativement vite avec le passage d'eau. Il s'agit le plus souvent de roches calcaires.

Relief karstique



Modelé Karstique

1. Les chenaux et les lapiés

Les régions karstiques possédant un très faible réseau hydrographique superficiel, les pentes y sont rares et l'on y observe une succession de plateaux entaillés par des gorges étroites et profondes où s'écoulent les cours d'eau, les *clues*. Le modelé karstique est très varié.

2. Les dépressions fermées

Le second trait caractéristique du modelé karstique est la présence d'un grand nombre de dépressions fermées. Il en est de toutes tailles : Les dolines, les ouvalas, les poljés etc...

3. L'enfouissement des eaux

L'enfouissement des eaux est en effet le trait majeur des reliefs karstiques.

4. La circulation souterraine des eaux enfouies

Dernier trait caractéristique du modelé karstique : la circulation souterraine des eaux enfouies. Celle-ci peut se faire sous pression dans des fissures et des conduits étroits ; elle peut aussi s'effectuer en écoulement libre dans des galeries et des puits.

VIII- Erosion éolienne: formations éoliennes

L'érosion éolienne se manifeste dans les climats arides là où les pluies sont < à 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 6 m/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.

IX- Cuvettes hydroéoliennes: Daia

Cuvettes hydro-éoliennes ou **cuvettes de déflation** : dépressions circulaires fermées et souvent salées, dans lesquelles les matériaux fins produits par la météorisation (hydro- et haloclastie) sont exportés par déflation. Ex : sebkhas en Afrique du Nord et au Moyen-Orient.



chott

(arabe) cuvette hydro-éolienne, dépression d'argile salifère et gypsifère. Terme surtout utilisé au Sahara septentrional. Le chott entoure une sebkha ; quoique salé, son sol porte une végétation de petites plantes halophiles (salsolacées) qui constituent de bons pâturages. Par extension, chott désigne parfois la sebkha elle-même. Pluriel *chtoût*.

X- Action anthropique et morphogénèse

Longtemps on a pu considérer que l'action de l'humanité s'exerçait surtout par la mise en culture ou en pâture, mais on se rend compte aujourd'hui qu'elle peut aussi bouleverser la nature par des effets induits et des constructions. Toutes ces modifications sont rapides et on a pu parler d'une action accélérée, par comparaison avec l'échelle de temps géologique, beaucoup plus lente.

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.

De toutes les causes de la dégradation des ressources naturelles l'action anthropique est de loin la plus déterminante. L'homme à travers ses activités de production utilise des techniques qui ont certes fait leurs preuves dans un contexte environnemental fondamentalement différent, mais sont devenues aujourd'hui inefficaces voire destructrices.

L'ampleur croissante de l'occupation humaine et la pression foncière qui en résulte ne font qu'accélérer l'évolution régressive de l'environnement amorcée par les crises climatiques.

Bibliographie

Pierre P. et Hervé R. 1992. *Géographie physique*, Paris, Presses universitaires de France, coll. « Premier cycle », 432 p. (ISBN 978-2-130-44735-1, OCLC 26665771), p. 238
Véronique A. et Frédéric D. 2009. L'érosion des sols .UR0272 Science du Sol, INRA, Orléans
<http://www.fossilraptor.be> > *geomorphologie2*
http://maroc.voyage.free.fr/index_fichiers/Page1145.htm

Glacial landscape FR.PNG par Rémi via *Wikimédia Commons*, *Domaine public*, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glacial_landscape_FR.PNG?uselang=fr

Source : Lilla Frerichs, <https://www.publicdomainpictures.net/fr/view-image.php?image=67216&picture=peinture-de-roches-et-de-racines>

Source : *Mécanisme d'altération du granite* :
http://eric.lacouture.free.fr/college/5eme/cours_5_ch8.htm

<https://fr.wikipedia.org> > *wiki* > *Versant*