

Érosion

☞ Pour les articles homonymes, voir Érosion (homonymie).

En géomorphologie, l'**érosion** est le processus de dégra-



Roche sculptée par l'érosion éolienne (Mont d'Eilat, Palestine)



Effet de la combinaison de l'érosion éolienne et hydrique (Coyote Buttes, Vermilion Cliffs National Monument, Arizona, USA)

dation et de transformation du relief, et donc des roches, qui est causé par tout agent externe (donc autre que la



érosion de formations karstiques à El Torcal de Antequera, Andalousie (Espagne).

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, un jökulhlaup, un lahar ou un orage peuvent modifier considérablement le paysage en quelques heures, voire en quelques minutes.

1 Quantifications

L'« érosion totale » se calcule au niveau d'une section donnée d'un cours d'eau, en mesurant la quantité totale des produits transportés (y compris les particules

finies idéalement). Puis on rapporte cette mesure à la superficie développée (réelle) du bassin-versant (et non celle qui est cartographiée en 2D). On obtient alors une quantité (en tonnes/km²/an) qui divisée par la densité (2,5 en moyenne) permet d'évaluer le volume initial de roche en place enlevée (en réalité il faudrait aussi tenir compte de l'érosion éolienne et chimique). La quantité en m³/km²/an équivaut à « une ablation (épaisseur uniformément répartie sur le bassin) en 0,001 mm/an ou mm/millénaire. On recherche des « ordres de grandeur » non des valeurs rigoureuses »^[1]

2 Mécanismes de l'érosion



Érosion des colonnes basaltique, Islande



Makhtesh Ramon, Israël

Dans les processus d'érosion, on distingue généralement trois phases distinctes :

- destruction du matériel rocheux (ablation du matériel) ;
- transport ;
- accumulation des débris (dépôt du sédiment).



Sphère quasi parfaite taillée dans le granite rose de Bretagne, à Trégastel



Nostoc ; colonie de milliards de bactéries. La destruction du biofilm, du film bactérien, d'algues, ou de la croûte de lichens ou des nostocs fragilisent les sols vulnérables à l'érosion éolienne et hydrique

L'érosion implique une désagrégation superficielle de la roche ou du sol appelée météorisation^[2]. Elle se produit sur place, et produit des débris .

Le degré d'érosion dépend des caractéristiques de la roche :

- de la dureté (voir échelle de Mohs) et de la cohésion de ses minéraux
- de sa dilatation thermique ;
- des réactions chimiques possibles entre ses minéraux et le milieu.

2.1 L'érosion mécanique

La désagrégation mécanique se produit sous l'action d'une force physique qui arrache des morceaux de roche plus ou

moins volumineux :

- éclatement dû au gel ou à la chaleur ;
- usure par frottement : glacier, écoulement d'eau (cavitation^[réf. nécessaire]) ou vent ; ce sont les débris charriés par ces facteurs (rochers, graviers, quartz ou sable) qui sont efficaces dans le processus d'érosion. L'érosion mécanique est particulièrement active dans les milieux froids (gels et dégels) et/ou arides.

2.1.1 Érosion par l'eau

Elle est mécanique et chimique, avec comme principales altérations : l'hydroclastie, l'effet splash (impact des gouttes d'eau qui tombent sur le sol), la reptation, la solifluxion. L'érosion par l'eau est renforcée par la pente (torrents) et est un facteur de transport à plus ou moins longue distance de polluants du sol (dont pesticides agricoles ou de la vigne^[3]). Sur le littoral, il faut tenir compte des vagues et des courants. Dans les fleuves ou canaux, c'est le batillage qui accélère l'érosion.

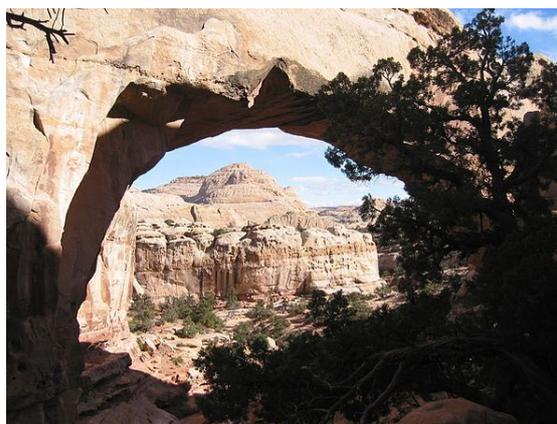
Si un fluide comme l'eau coule, il peut se charger de particules en suspension. La vitesse de sédimentation est la vitesse minimale qu'un flot doit avoir pour transporter, plutôt que déposer, des sédiments et est donnée par la loi de Stokes :

$$w = \frac{(\rho_p - \rho_f)gr^2}{4.5\mu}$$

où w est la vitesse de sédimentation, ρ est la masse volumique (les indices p et f indiquent particule et fluide respectivement), g est l'accélération due à la gravité, r est le rayon de la particule et μ est la viscosité dynamique du fluide. Si la vitesse de l'écoulement est plus grande que celle de dépôt, le granulat continue vers l'aval. Comme il y a toujours des diamètres différents dans le flot, les plus gros se déposent (décantation) tout en pouvant continuer à descendre par des mécanismes comme la *saltation* (collisions particules-paroi), roulant et glissant, dont les traces sont souvent conservées dans les rochers solides, et peuvent être utilisées pour estimer la vitesse du courant.

- Le ruissellement est le type d'érosion le plus fréquent sur terre. Il peut être *concentré* (torrents, oueds) ou *diffus* (films d'eau issus de la fonte des neiges, érosion littorale).
- L'érosion fluviale est produite par des cours d'eau^[4]. Elle peut être une érosion régressive.
- Hydroclastie : alternance humectation-dessiccation.
- Effet splash : impact des gouttes d'eau sur le sol^[5].
- L'érosion fluvioglaciaire : la glace exerce une forte pression sur elle-même qui la rend fluide et donc érosive avec des cailloux.

2.1.2 Érosion par le vent



Arche naturelle, creusée par l'érosion, Capitol Reef National Park, États-Unis



Phénomène d'érosion éolienne et hydrique sur sol dévégétalisé, Ile Maurice

L'érosion éolienne attaque les roches en enlevant des particules (déflation, abrasion) ou en polissant la surface. Elle est d'autant plus efficace que les obstacles sont inexistantes et que le vent est puissant, régulier et chargé de poussières

Elle conduit à une dégradation environnementale sévère par l'appauvrissement des sols et le déplacement de volumes élevés de particules par le vent^[6]. L'érosion éolienne est le principal facteur physique d'épuisement des terres agricoles et, par l'ensablement, constitue une des gênes majeures dans les aires urbaines et oasiennes des écosystèmes secs.

2.1.3 Érosion liée aux différences de température

Dans les régions de forte amplitude thermique (climat continental, polaire, déserts, haute montagne, etc), les chocs thermiques répétés par la succession des cycles *jour/nuit*, fend puis fait éclater certaines roches, à différentes échelles micro et/ou macroscopique ; c'est la thermoclastie.

L'érosion liée à la température fait également intervenir l'eau comme agent d'érosion en présence de roches poreuses et/ou de fissures qui éclatent en cas de gel. La **cryoclastie** est un exemple d'érosion par thermoclastie : la roche éclate à cause de l'alternance gel-dégel de l'eau qui s'infiltré, lorsque l'eau gèle, elle occupe plus de volume et exerce une force capable de faire exploser une roche. Les morceaux libérés par le gel sont appelés **gélifrac**s^[7]. Le cycle gel/dégel est saisonnier (en Sibérie par exemple) ou quotidien en haute montagne.

Ce sont les processus de la **gélifraction** ou **gélivation**^[8]. En montagne, la cryoclastie produit des phénomènes de chute de bloc(s) ou parfois, collectivement, des éboulements, qui peuvent former des **éboulis** en pied de pente.

2.2 L'érosion chimique

Article détaillé : **Altération (géologie)**.

La décomposition chimique des roches donne naissance à des modelés de désagrégation.

- Un processus important est la dissolution, en particulier des calcaires par la pluie plus ou moins acide, on parle alors de karst.

Article détaillé : **Karst**.

La dissolution est une forme de **météorisation** qui affecte essentiellement les massifs calcaires. Elle donne lieu à des paysages de karst. L'eau, chargée en acides organiques et en **dioxyde de carbone**, s'infiltré par les fissures et modèle les roches carbonatées ; elle constitue un « complexe d'altération »^[2]. Elle libère les éléments chimiques de la roche sous forme d'ions dissous dans l'eau. En effet, contrairement au **grès siliceux**, les calcaires sont particulièrement vulnérables à la dissolution^[9]. Aussi, d'autres roches et minéraux sont solubles^[10] :

- la silice, relativement peu soluble
- les carbonates, d'autant plus soluble que l'eau est acide
- le **gypse**, d'autant plus soluble que l'eau est chaude
- les sulfates
- les chlorures de sodium et de potassium (solubilité extrêmement importante)
- L'altération chimique modifie les minéraux des roches : hydratation, oxydation, oxydo-réduction, hydrolyse.
- Dans la zone intertropicale, l'altération des roches feldspathiques par lessivage permet la formation de **latérites**, roches rouges ou brunes constituées

d'**hydroxydes d'aluminium** et de fer et qui forment une véritable cuirasse à la surface des plateaux des régions chaudes et humides.

- L'hydrolyse est le processus de rupture des liaisons chimiques des minéraux. Elle donne naissance à des oxydes tels que la limonite, ou des argiles et finit par former un sol.

2.3 L'érosion causée par les êtres vivants

- **Biométéorisation**
- **Microorganismes**
- **Mollusques perforateurs**, pholades par exemple
- **Végétaux** peuvent concourir à l'érosion par leurs racines par exemple
- **Érosion anthropique** (par l'homme) : **déforestation**, **labours** (érosion aratoire), urbanisations diverses

2.4 Phénomènes exceptionnels et brutaux

- **Avalanche**
- **Glissement de terrain**
- **Séisme**
- **Phénomènes volcaniques**
- **Lahar**

3 Le transport



Déplacement d'un rocher, vallée de la Mort, États-Unis

Le transport des matériaux issus de la désagrégation de la roche s'effectue soit sous forme dissoute dans la circulation des eaux continentales, soit sous forme solide. Dans ce dernier cas, il peut s'agir de processus gravitaires

agissant à faible distance par des processus gravitaires ou de transport à plus longue distance quand les matériaux sont pris en charge par un agent de transport : glacier, eau, vent. Les matériaux transportés peuvent éventuellement être stockés, créant des accumulations sédimentaires, avant d'être de nouveau mis en mouvement. À long terme, ils aboutissent dans les mers et les océans et que tous ces moyen de transports sont mise en place d'être comme un vent des emplacements des matériaux comme : sable de plage *Emoussé luisant (EL)* sable fluratif *Non usé (NU)* sable desertif *Rond mat(RM)* .

- La masse de matériaux transportés sous forme dissoute par les eaux continentales est importante. C'est le processus essentiel des régions karstiques.
- De multiples processus gravitaires (éboulement, avalanche, reptation, ruissellement, solifluxion) nourrissent un manteau d'altération à proximité immédiate de la zone source. Sur les versants ou à leur base, on trouve des cônes de déjection, des cônes d'éboulis ou des talus d'éboulis.
- Les glaciers transportent des matériaux de toute taille (blocs erratiques, moraines, sables).

Sur le long terme, la sédimentation des débris donne naissance à des roches détritiques. Le vent constitue un formidable agent de transport, en particulier dans les régions désertiques. Le vent peut aussi transporter des graviers et du sable (par saltation) et des limons (par suspension) à partir de zones de (déflation). Ils emportent et déposent les less parfois à des milliers de kilomètres de leur lieu d'origine.

Dans les régions anthropisés, l'érosion des sols augmente dans les bassins versants, mais les barrages artificiels peuvent aussi bloquer le transit sédimentaire normal jusqu'en mer^[11].

4 Les modèles de l'érosion



Antelope Canyon, États-Unis

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

4.1 Les formes en creux



Canyon de la Fish River, Namibie

L'érosion peut creuser la roche et donner naissance à des modèles de dissection^[12] :

- gorge, canyon ;
- vallée et cirque glaciaire ;
- gouffre, caverne, grotte ;
- arche ;
- lavaka ;
- calanque, fjord ;
- ravine ;
- etc.

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.

4.2 Les autres formes

L'érosion peut donner naissance à des modèles d'accumulation^[12]

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



Pinnacles dans le désert australien



Demoiselles coiffées, Renon/Ritten ; Trentin-Haut-Adige/Tirol méridional

4.3 Le littoral

Article détaillé : Érosion du littoral.

Le recul et la transformation des littoraux dépendent de



Ensamblage de la baie du Mont-Saint-Michel, France

très nombreux facteurs :

- la configuration de la côte ;
- la nature de la roche ;



Un produit de l'érosion du littoral : l'arche naturelle de la Manneporte, Étretat, France

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

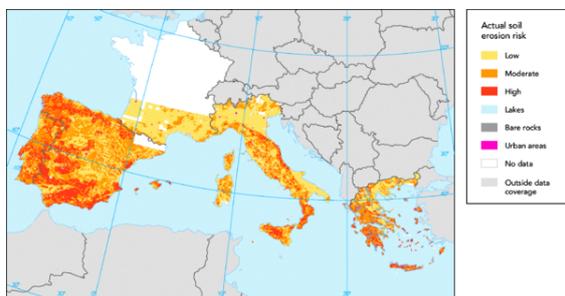
On peut donc avoir plusieurs cas de figure :

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

4.4 L'érosion des sols agricoles

Article détaillé : Régression et dégradation des sols.

L'érosion des sols agricoles produit des croûtes



Risque d'érosion des sols (Europe méditerranéenne)

faible

modérée

élevé

lacs, mers, océans

roche nue

zones urbaines

absence de donnée

en dehors de l'objet de l'étude



Érosion des sols

(gypseuses ou calcaires), des cuirasses ferrugineuses et latéritiques Cette érosion est due en grande partie à l'action de l'homme :



Oued en crue en zone de culture (Algérie)

- 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 ;
- le remembrement des années 1960, en France, a abouti à l'augmentation de la taille des parcelles et corrélativement à la suppression des haies, des talus et des fossés. Les surfaces en cultures de printemps, encouragées par les subventions, augmentent (tournesol, maïs, betterave) et laissent la terre à nu en hiver. Les terrains pentus sont progressivement colonisés par la vigne. Enfin, la destruction des plantes adventices par les herbicides laisse le sol à nu entre les plants cultivés.
- les zones détruites par les incendies sont particulièrement exposées à l'érosion.

5 Notes et références

- [1] Corbel J. *Érosion et grands cours d'eau en France*. In : L'information géographique. Volume 26 n° 3, 1962. pp. 113-117. doi:10.3406/ingeo.1962.2153
- [2] Max Derruau, *Les formes du relief terrestre. Notions de géomorphologie*, Paris, Armand Colin, 1969, 2001, 8^e édition, ISBN 2-200-21014-0, page 11
- [3] Quantification des flux de pesticides associés à l'érosion hydrique en contexte viticole (Cours en ligne, Université de Strasbourg, PDF, 2 pages)
- [4] Roger Brunet (dir.), *Les Mots de la géographie*, Paris, Reclus-La Documentation française, 1993, ISBN 2-11-003036-4, article « fluviale », page 219.

- [5] Pierre Pech, Hervé Régnauld, *Géographie physique*, Paris, PUF, 1992, ISBN 978-2-13-044735-1, p. 246
- [6] Mainguet Monique et Dumay Frédéric, 2006. Combattre l'érosion éolienne : un volet de la lutte contre la désertification. Les dossiers thématiques du CSFD. Numéro 3. 44 pp.
- [7] *Paysages et érosion. La Terre à visage découvert*, page 10
- [8] Le terme « gélifraction » est un anglicisme ; le terme approprié en français est « gélivation » ; lire Max Derruau, *Les formes du relief terrestre. Notions de géomorphologie*, Paris, Armand Colin, 1969, 2001, 8^e édition, ISBN 2-200-21014-0, page 11
- [9] *Paysages et érosion. La Terre à visage découvert*, page 9
- [10] Pierre Pech, Hervé Régnauld, *Géographie physique* page 247 ; *Paysages et érosion. La Terre à visage découvert*, page 10
- [11] A poirel, ONEMA, *Transports solides*, consulté 2012-11-14
- [12] Pierre Pech, Hervé Régnauld, *Géographie physique*, Paris, PUF, 1992, ISBN 978-2-13-044735-1, p. 238

6 Voir aussi

6.1 Bibliographie

- Jean Riser, *Érosion et paysages naturels*, Flammarion, Paris, 1995
- P. Birot, *Les processus d'érosion à la surface des continents*, Masson, Paris, 1981
- M. Derruau, *Précis de géomorphologie*, Masson, Paris, 1988
- G. Rougerie, N. Beroutchachvili, *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthode*, Colin, Paris, 1991
- Jean Demangeot, *Les milieux « naturels » du globe*, Masson, Paris, 1984, 1990
- Pierre Pech, *Géomorphologie dynamique : L'érosion à la surface des continents*, Armand Colin, Paris, 1999, ISBN 2-200-01796-0
- Yvette Veyret, *L'érosion entre nature et société*, CDU SEDES, Paris, 1997, ASIN 2718191899
- Rene Neboit, *L'Homme et l'érosion. L'érosion des sols dans le monde*, Presses universitaires Blaise-Pascal Clermont-Ferrand (PUBP), 1991, ISBN 2-84516-062-3
- *Paysages et érosion. La Terre à visage découvert*, TDC n° 749, 1-15 février 1998, Paris, CNDP
- *La mesure de l'érosion*, dans le Spécial érosion des Cahiers ORSTOM, série "Pédologie", 1987

- *L'écorce terrestre*, dans *Pour la Science*, n° hors-série, juin 1995.
- Pierre Pech, Hervé Régnauld, *Géographie physique*, PUF, Paris, 1992.
- Roger Brunet (dir.), *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique.*, Reclus, La Documentation Française, Paris, 1993.
- Schmittner Karl-Erich and Giresse Pierre, 1999. The impact of atmospheric sodium on erodibility of clay in a coastal Mediterranean region. *Environmental Geology* : 37/3 : 195-206.

7 Liens externes

- (fr) Cours de Géologie de Pierre-André Bourque de l'Université de Laval au Québec. Voir section "Géodynamique externe".
- (en) Exemples (avec photos) d'utilisation de compost pour restaurer des sols et lutter contre l'érosion.

7.1 Articles connexes

- Érosion du littoral
- Exemples de paysages érodés : Parc national des Badlands - Parc national des Arches - Monument Valley - Canyonlands - Parc national du Grand Canyon
- Conservatoire du littoral
- Bardenas Reales (exemple d'érosion extrême en Europe)
-  Portail des sciences de la Terre et de l'Univers
-  Portail de la géographie

8 Sources, contributeurs et licences du texte et de l'image

8.1 Texte

- **Érosion** *Source* : <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89rosion?oldid=115228970> *Contributeurs* : Anthere, Céréales Killer, Kelson, Alno, BenoitStandre, Koyuki, Jd, P-e, Robbot, Phe, Marc Mongenet, MedBot, Oblic, Phe-bot, Domsau2, Urban, Escaladix, Romary, Jef-Infojef, Jide, Pixeltoo, Botica, Baronnet, Leag, Erasmus, Bob08, Piku, Teofilo, Andre315, Stanlekub, Romanc19s, Sebd, Inisheer, Vanina82, RobotQuistnix, FlaBot, YurikBot, TvpM, Eskimbot, StéBot, Jerome66, CaptainHaddock, Solbot, Litlok, Crouchineki, Expression libre, Ludovic89, MelancholieBot, KocjoBot-frwiki, SoLune, Sum, Philippe Kurlapski, Manu bcn, AEIOU, Lanredec, Astirmays, Esprit Fugace, Emericpro, Manu1400, Lamiot, Liquid-aim-bot, Sam67fr, GabrielL, Laurent Deschodt, Bapt1steD, Captainm, Chico75, NicoV, Cocco2345, Thijs !bot, Mnémosyne, Aristoi, Piglop, Auseklis, Creasy, Laurent Nguyen, Anne97432, Arlette1, RémiH, JAnDbot, IALex, Nono64, Rafmav, CommonsDelinker, Erabot, Eiffele, VonTasha, M-le-mot-dit, Haltopub, Analphabot, Salebot, GabHor, Ln 1, Vajrallan, Samsa, AlnoktaBOT, Idioma-bot, TXiKiBoT, VolkovBot, Theoliane, Maxime géo, Chicobot, Evpok, Michaudbonnet, Synthebot, Little Savage, Xic667, BotMultichill, SieBot, Louperibot, Iafss, JLM, Vlaam, Hercule, BenoniBot-frwiki, Calicoba33, Charlie Pinard, Gnan-garra, HerculeBot, ZetudBot, Seteun, LinkFA-Bot, Ricky Notaro, Sanyi4, Micbot, Wilson44691, Jotterbot, GrouchoBot, Nakor, Papatt, Joscuin, ArthurBot, Xqbot, Prosumac2, Nouill, Io Herodotus, LairepoNite, Lomita, Toto Azéro, EmausBot, Salsero35, Jebulon, Eo-Winn, Sisqi, HRoestBot, Michel Awkal, Franz53sda, Scientif38, Les3corbiers, ChuispastonBot, Bdc43, Calypso874, Mouh2jjjel, 0x010C, Madelgarius, Cascade65, MerllwBot, OrlodrimBot, Snaevar-bot, Harry cot, Titlutin, OrikriBot, Rome2, Hosterdam, DiliBot, Addbot, Adelgarde, MacKenzie white, Do not follow et Anonyme : 87

8.2 Images

- **Fichier:Capitol_Reef_-_Hickman_Bridge.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Capitol_Reef_-_Hickman_Bridge.jpg *Licence* : CC BY-SA 2.0 *Contributeurs* : Travail personnel picture taken by Bob Palin with a Canon S40. *Artiste d'origine* : Bob Palin
- **Fichier:Crystal_browser.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Crystal_browser.png *Licence* : LGPL *Contributeurs* : All Crystal icons were posted by the author as LGPL on kde-look *Artiste d'origine* : Everaldo Coelho and YellowIcon
- **Fichier:Disambig_colour.svg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Disambig_colour.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Bub's
- **Fichier:Erosion.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Erosion.jpg> *Licence* : Public domain *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:EtretatGreatArch.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/EtretatGreatArch.jpg> *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Fish_River_Canyon.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Fish_River_Canyon.jpg *Licence* : CC BY-SA 2.5 *Contributeurs* : Transferred from fr.wikipedia *Artiste d'origine* : Original uploader was Anne97432 at fr.wikipedia
- **Fichier:Flag_of_the_United_States.svg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Flag_of_the_United_States.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : SVG implementation of U. S. Code : Title 4, Chapter 1, Section 1 [1] (the United States Federal "Flag Law"). *Artiste d'origine* : Dbenbenn, Zscout370, Jacobolus, Indolences, Technion.
- **Fichier:Geographylogo.svg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Geographylogo.svg> *Licence* : CC0 *Contributeurs* : OpenClipart *Artiste d'origine* : OpenClipart
- **Fichier:Islande_Jökulsárgljúfur_orgues_1.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Islande_J%C3%B6kuls%C3%A1rglj%C3%BAfur_orgues_1.jpg *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Lower_Antelope_Canyon_478.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Lower_Antelope_Canyon_478.jpg *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : http://meckimac.com/drupal/v/album_004/Bild+478.jpg.html (reduced size) *Artiste d'origine* : Uploaded by Meckimac
- **Fichier:Mauritius6.JPG** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/Mauritius6.JPG> *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Groucho85
- **Fichier:MtStMichel_avion.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/MtStMichel_avion.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:NegevWadi2009.JPG** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/NegevWadi2009.JPG> *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Wilson44691
- **Fichier:NostocFL5.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/NostocFL5.jpg> *Licence* : CC BY-SA 3.0 *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Lamiot
- **Fichier:Oued_à_La_Wilaya_de_Batna_(Algérie).jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Oued_%C3%A0_La_Wilaya_de_Batna_%28Alg%C3%A9rie%29.jpg *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Pinnacles_gnangarra-57.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Pinnacles_gnangarra-57.jpg *Licence* : CC BY 2.5 au *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : User:Gnangarra
- **Fichier:Race-track-Playa-Death-Valley-2.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Race-track-Playa-Death-Valley-2.jpg> *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : Originally from en.wikipedia; description page is (was) here *Artiste d'origine* : Daniel Mayer
- **Fichier:RittenLehmpyramiden.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/RittenLehmpyramiden.jpg> *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Rocks_El_Torcal_de_Antequera_karst_Andalusia_Spain.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Rocks_El_Torcal_de_Antequera_karst_Andalusia_Spain.jpg *Licence* : CC0 *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Jebulon

- **Fichier:Soil_erosion_risk.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Soil_erosion_risk.png *Licence* : Public domain *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Timna_2.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Timna_2.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Little Savage
- **Fichier:Tregastel_Brittany_France_Curious_Stone.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Tregastel_Brittany_France_Curious_Stone.jpg *Licence* : CC BY-SA 2.5 *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Sebastien D'ARCO
- **Fichier:Verm_wave.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Verm_wave.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : <http://www.blm.gov/az/vermilion/vermilion.htm> *Artiste d'origine* : BLM Photo

8.3 Licence du contenu

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0