



L'érosion des sols et ses impacts

L'érosion du sol est une forme de dégradation susceptible d'impacter à la fois la biodiversité du sol subissant l'érosion et celle des milieux aquatiques qui peuvent être les récepteurs des particules du sol déplacées.

Ce document réunit des informations sur ce qu'est l'érosion, quels sont ses signes dans le paysage et comment les détecter précocement, et quels sont ses impacts.

- Pour en savoir plus sur ses causes et ses formes, les zones les plus susceptibles d'être affectées par différentes formes d'érosion, voir le Document 3 ;
- Pour en savoir plus sur l'érosion hydrique et l'observation de ses formes, voir le Document 4;
- Pour en savoir plus sur les solutions et moyens disponibles pour préserver les sols de ce type de dégradation , voir le Document 5 ;

Afin que chacun puisse s'emparer plus facilement de ce sujet et prendre connaissance des solutions disponibles, de nombreux liens ont été prévus vers des supports techniques et scientifiques diversifiés. Les types d'érosion décrits ne visent pas à l'exhaustivité.

1. Définir l'érosion des sols

L'érosion regroupe l'ensemble des processus qui, à la surface du sol (ou à faible profondeur), enlèvent tout ou partie des terrains existants et modifient ainsi le relief. Ces processus peuvent être naturels ou dus à des actions anthropiques ou accélérés par des actions anthropiques.

Lorsque l'érosion progresse, cela peut prendre des formes très apparentes, mais ce n'est pas toujours le cas. La surface de sol est toujours présente, mais ce sont les qualités et propriétés du volume de sol présent en dessous de cette surface qui sont dégradées par les effets de l'érosion, le plus souvent de manière irréversible.

Les processus d'érosion sont nombreux. Ce document développe plus particulièrement l'érosion des sols agricoles et forestiers. Ce sont donc principalement les processus d'érosion physique, responsables du détachement, du transport et de la sédimentation des particules de sol, sous l'action de l'eau (érosion hydrique), du travail de sol (érosion aratoire) et du vent (érosion éolienne) qui sont considérés.

Il serait possible de compléter la liste des processus qui modifient la profondeur du sol avec par exemple le piétinement des animaux sur les berges de cours d'eau ou plans d'eau, ainsi que la dégradation physique induite par la récolte des végétaux susceptible de diminuer l'épaisseur du sol.

L'artificialisation des sols provoque des pertes de terres mais elle ne peut pas être considérée comme une forme d'érosion des sols, c'est la raison pour laquelle elle n'est pas traitée dans ce document. L'artificialisation peut accélérer les circulations d'eau par l'imperméabilisation et le ruissellement qu'elle induit.

L'ensemble de ces processus affecte la capacité des sols à remplir leurs fonctions.¹

D'autres facteurs causent des déplacements de terres et contribuent à diminuer les potentialités des terres affectées par l'ablation de la partie superficielle du sol. L'action des pratiques d'exploitation et l'artificialisation des sols (qui peuvent impacter les autres actions décrites précédemment) seront aussi mentionnées au

¹ <http://www.fao.org/3/a-ax374f.pdf>

Document 3. Les changements d'occupation des sols sont susceptibles d'accentuer la sensibilité des sols aux facteurs de l'érosion, cet aspect est particulièrement développé dans un article de Thibault Lorin et al.²

Les glissements de masses surviennent entre couches du sol ou celles du sous-sol déstabilisées à l'occasion d'épisode de fragilisation par des masses d'eau importantes infiltrées dans le volume susceptible de se déplacer. On parle alors de glissements de terrains.

Pour aller plus loin :

Le partenariat mondial sur les sols a publié en 2019, un document disponible en ligne³, réunissant les ressources scientifiques les plus récentes afin de décrire ce qui est entendu par érosion au niveau de la FAO :

- description des processus d'érosion, facteurs de l'érosion et de son contrôle ;
- les mesures et modélisation des différents types d'érosion ;
- méthodes de gestion durable des sols et de contrôle de l'érosion des sols ;
- gouvernance et pistes d'action.

Ce document montre qu'il s'agit de phénomènes connus de longue date et ayant des impacts économiques, mais qu'il existe encore des controverses scientifiques concernant la validité des modèles d'identification de la localisation et de quantification des phénomènes.

2. Impacts de l'érosion des sols sur site et hors site

Qu'il s'agisse de services de support, de régulation ou de production assurés par les sols, le déplacement des particules de sols induira des impacts sur le site de départ des terres et sur les sites de réception des sédiments en aval.

Ces impacts peuvent se produire dans les milieux où circulent les particules de sol arrachées (transfert de sédiments et des contaminants qui peuvent leur être associés vers les milieux aquatiques, transfert de particules dans l'atmosphère, transferts latéraux de matière organique et possibilité d'accroissement d'émissions de CO₂) mais aussi dans les milieux où ils aboutissent et sur les sites de réception des sédiments (turbidité dans les milieux aquatiques, eutrophisation si les sols transportés sont riches en matières organiques et minéraux nutritifs, contamination si les sites d'émission comprenaient des sources de contaminants).⁴

Ces effets peuvent provenir des zones agricoles mais aussi forestières (CNPF, 2014, Pratic Sols, 2017).

2.1 – Impact sur la qualité des sols et la sécurité alimentaire

La fertilité chimique des sols est essentiellement liée aux propriétés des premiers centimètres de sol, là où la quantité de racines, d'organismes, de matière vivante et de matière organique morte est la plus importante. En effet la décomposition des matières organiques restitue dans le sol les éléments nutritifs chimiques dont ont besoin tous les végétaux, qu'ils soient cultivés ou spontanés.

Les particules fines du sol sont plus facilement transportées que les particules grossières. Les particules fines peuvent se déplacer dans l'air, avec les eaux de surface qui ruissellent, mais aussi être transportées par les réseaux de drainage. Or ce sont ces particules fines – argiles, limons, matière organique - qui sont déterminantes pour les qualités agronomiques des sols, et donc pour leur fertilité hydrique et chimique.

Une fois la couche supérieure du sol dégradée, les couches inférieures sont plus proches de la surface : non seulement elles peuvent être moins fertiles chimiquement, mais elles peuvent aussi être plus difficiles à travailler et plus difficiles à prospecter par les racines.

² Lorin, T.; Lallemand, F.; El-Shafey, A. & Darboux, F. (2018). Quelques conséquences locales et régionales des changements d'usages des sols liés aux activités humaines. Planet-Terre <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/erosion-sols.xml>

³ FAO, 2019, Soil erosion : the greatest challenge for sustainable soil management, Rome, 100p, <http://www.fao.org/3/ca4395en/ca4395en.pdf>

⁴ idem

La réduction de l'épaisseur du sol superficiel par l'érosion induit donc :

- une perte de fertilité, à la fois par réduction de la zone d'enracinement et par une perte de particules fines (argiles, limons et matière organique) déterminantes pour la nutrition hydrique et minérale des végétaux ;
- une diminution de ressources hydriques dans les sols par diminution de l'infiltration et de la capacité de rétention en eau du sol (désertification dans les cas les plus sévères).

De ce fait, quand 15 cm de sol de surface sont érodés, c'est l'essentiel de la richesse chimique et biologique, donc la fertilité du sol qui est affectée à très long terme, voire irréversiblement.

Les rendements des cultures pratiquées sur un terrain affecté par l'érosion diminuent d'autant plus que la profondeur du sol utilisable par les racines est limitée. Un document publié en 2015⁵ par la FAO estime qu'au niveau mondial, l'érosion transporte chaque année entre 25 et 40 milliards de tonnes de terre de surface – c'est-à-dire de sol utilisable pour l'installation et la croissance des végétaux – ce qui réduit de manière notable les rendements des cultures ainsi que la capacité des sols à assurer les services écosystémiques tels que le stockage de carbone, le recyclage des éléments nutritifs et la contribution au cycle de l'eau. Les auteurs estiment que **faute d'action pour limiter l'érosion, les projections de rendement des cultures à 2050 reviendraient à perdre 1.5 million km² de terres cultivées, soit l'équivalent d'environ la totalité des terres arables de l'Inde.**

Le Partenariat mondial sur les sols a consacré un symposium international à l'érosion des sols en 2019⁶, de très nombreux documents très largement illustrés sont disponibles.⁷

2.2 – Impact sur la qualité des milieux aquatiques et leur biodiversité

Les matières en suspension sont particulièrement visibles dans les fleuves, où la couleur de la terre déplacée peut colorer les eaux jusqu'à l'embouchure des fleuves et être visible jusqu'en mer sur des photos satellites.

Le transport de sols riches en minéraux ne diminue pas seulement la fertilité des sols sur la zone d'arrachement des particules, mais il contribue à accroître les quantités de matières en suspension dans les eaux de surface en aval, la richesse minérale des eaux et donc les possibilités de développement des processus d'eutrophisation des milieux aquatiques et donc de perturbation de la biodiversité des milieux aquatiques. Lorsque des zones forestières sont incendiées, il est nécessaire d'intervenir très rapidement afin de préserver les ressources en eau voire d'éviter des inondations catastrophiques en aval des zones incendiées.

L'érosion peut contribuer à détériorer la potabilité des ressources en eau. Au contraire, une amélioration de la stabilité structurale des sols peut contribuer à une amélioration de la qualité de l'eau (voir encadré en fin de paragraphe).

L'érosion du sol peut entraîner les contaminants présents sur les sols et dans leur volume (qu'ils soient issus du fond géochimique, des apports atmosphériques ou qu'ils proviennent des apports par épandages de produits résiduels ou par diverses pratiques agricoles (fertilisation, protection des cultures, traitements vétérinaires...)).

Le suivi des matières en suspension dans les cours d'eau peut être un indicateur des progrès de la prévention des processus d'érosion des sols en amont mais ne permettra pas de distinguer les particules provenant respectivement de la circulation d'eau en surface des terres ou par les réseaux de drainage. Des travaux de quantification des transports de matières en suspension sont conduits par quelques équipes de recherche, les ordres de grandeurs des pertes d'épaisseur de sol par drainage sont estimées sur le bassin expérimental de l'Orgeval : le flux de pertes par drainage y est estimé à 180 kg/ha/an, pour des sols de textures limoneuses⁸, soit moins de 1 cm/100 ans avec une densité apparente de 2,45. Dans des cas plus extrêmes – sols à texture argileuse, rarement drainés - ces pertes peuvent s'élever à 0,1 mm/an, soit 10 cm sur 100 ans, ce qui est similaire aux mesures de pertes en sol par érosion hydrique de surface en conditions de forte érosion.

⁵ FAO and ITPS. 2015., Status of the World's Soil Resources Brochure. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, 8p

⁶ <http://www.fao.org/news/story/fr/item/1194358/jcode/>

⁷ <http://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/en/> & <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>

⁸ Antcil F., Filion M, Tournebize J. A neural network experiment on the simulation of daily nitrate-nitrogen and suspended sediment fluxes from a small agricultural catchment, Ecological Modelling 220 (2009) 879–887

Des pratiques ou événements peuvent augmenter la sensibilité à l'érosion, que ce soit en zone forestière, agricole [2,4], ou urbaine. C'est le cas de l'imperméabilisation qui augmente le ruissellement² et donc les risques de transferts de polluants, voire d'érosion hydrique en aval lorsque les zones imperméabilisées sont en hauts de versant. C'est aussi le cas du tassement des sols qui limite les possibilités d'infiltration de l'eau et donc favorise le déclenchement du ruissellement⁹ en surface [par exemple la Cartographie des risques de tassement des sols relatifs à la culture du maïs en France métropolitaine (sauf Corse) est disponible dans un article de J-R. Estrade 20113].¹⁰

Au contraire, dans les zones qui reçoivent des sédiments ou des dépôts éoliens, les apports de particules fines peuvent contribuer au maintien de la fertilité (par exemple les crues du Nil ont pu permettre à l'Egypte de bénéficier des apports de sédiments provenant de l'amont depuis des millénaires).

Les sols sont ainsi impactés localement, mais les parcelles sont interconnectées les unes avec les autres au sein d'un paysage, les circulations hydrologiques sont connectées en réseau hydrographique : des processus d'érosion peuvent ainsi affecter les sites de départ de terres mais aussi les zones de transfert – en particulier les milieux aquatiques – et les milieux récepteurs des sédiments (envasement des milieux aquatiques et zones humides, d'estuaires pouvant provoquer des répercussions sur des risques d'inondations, voire comblement de barrages,...).

L'érosion des sols est un processus qui exige de travailler sur de multiples échelles et avec de multiples acteurs afin de diminuer son occurrence et les dommages engendrés.

FOCUS : La stabilité structurale des sols

Les sols ont une structure : les éléments solides (grains de sables, de limons, d'argile ; matières organiques) ne sont pas empilés au hasard. Le mode d'empilement de la partie solide du sol va contenir des pores de tailles et de formes variables (fissures, galeries de vers de terre, etc.) qui affecteront de nombreuses propriétés du sol (infiltration, rétention d'eau, circulation d'air, etc.).

La structure solide se décompose en agrégats (ou mottes de terre) de différentes tailles. Elle possède aussi une résistance mécanique.

Les tests de stabilité structurale

Des méthodes de mesures ont été mises au point pour mesurer la résistance mécanique des agrégats. On les appelle « tests de stabilité structurale ».

La méthode de mesure de la stabilité structurale normalisée AFNOR/ISO (ISO 10930 – 2012) va permettre d'évaluer la sensibilité d'un sol à l'encroûtement, au ruissellement et à l'érosion : un sol dont les agrégats sont instables va produire des fragments fins en plus grande quantité. Ces fragments pourront colmater la porosité de la surface et former des croûtes. Ces croûtes étant moins poreuses que le sol initial, elles vont limiter l'infiltration et donc favoriser le ruissellement. De plus, un sol se désagrégant en fragments fins sera plus facile à éroder : les fragments fins sont plus faciles à transporter par le splash des gouttes de pluie ou par le ruissellement. Il aura ainsi une plus forte érodabilité.

3. Occurrences de coulées d'eau boueuse

Lors des épisodes pluviométriques les plus importants en zone sensible à l'érosion hydrique, les particules de sols peuvent être transportées des sols érodés vers des zones topographiques basses. Des masses de sédiments vont ainsi se déposer là où l'eau perd de l'énergie nécessaire à la poursuite du transport des particules. Ces dépôts, appelés aussi « atterrissements » peuvent être spectaculaires, entraver les circulations, voire s'avérer dangereux pour les populations et les infrastructures.

⁹ <https://www.duralpes.com/le-ruissellement-urbain-une-source-de-polluants-a-ne-pas-negliger/>

¹⁰ Dégradation physique des sols agricoles et forestiers liée au tassement : principaux résultats du projet GESSOL-ADD DST, Étude et Gestion des Sols, 18 (3), pp. 187-199, 2011. http://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_18_3_Roger_Estrade.pdf

La fréquence des coulées d'eau boueuse, résultat de l'érosion hydrique, est considérée comme un bon indicateur d'une érosion chronique importante des sols¹¹. Les dégâts provoqués par ces coulées faisant l'objet de demandes d'indemnisation au titre des catastrophes naturelles, il est possible de suivre l'évolution des demandes d'indemnisations : 74 700 arrêtés ont ainsi été recensés en France entre 1982 et 2013.

Sur cette période de 30 ans, un cinquième des arrêtés relatifs aux coulées de boue ont été enregistrés les deux premières années, peut-être en raison de la mise en place de cette procédure administrative. L'évolution du nombre d'arrêtés semble en partie corrélée à celle de la pluviométrie¹². Il reste toutefois nécessaire d'analyser ces résultats au vu de la stabilité des critères pris en compte au fil du temps pour prendre les arrêtés en question.

Les coulées de boues ont des impacts économiques, en particulier pour les collectivités territoriales : coulées de boues, nettoyage des routes, coût d'épuration ...

Pour exemple :

« Dans le département des Pyrénées-Atlantiques, les services routes intègrent le coût lié à l'érosion des sols aux coûts globaux liés aux intempéries. Le montant des travaux liés aux intempéries est évalué à environ 1 M€ de travaux en 2015-2016 pour le Département ... »¹³.

¹¹ <http://www.donnees.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesessentiels/essentiels/sol-perte-hydrique.html> ; <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/de106.pdf>

¹² <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/de106.pdf> & <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/themes/milieus-et-territoires-a-enjeux/sols-et-sous-sol/pertes-en-sols/article/l-erosion-hydrique-des-sols>

¹³ https://www.institution-adour.fr/files/adour_files/docs/SAGE_Adour_amont/Etude/SAGE_Adour_amont_Etude_2018_03_risq_erosion.pdf