



## Les causes de l'érosion et les méthodes de prédiction des risques d'érosion

### 1. Principales causes de l'érosion des sols

Le transport des particules de sols peut survenir sous l'effet de multiples facteurs de déplacement. Certains processus de transport sont naturels mais peuvent être accentués par l'activité humaine comme **l'érosion éolienne et l'érosion hydrique. Le cas de l'érosion hydrique est plus amplement développé au Document 4 car c'est ce type d'érosion qui est le plus souvent rencontré en France.**

D'autres processus de transport sont liés à l'activité humaine, c'est en particulier le cas de l'érosion liée au travail du sol, de l'érosion par les cultures et par l'artificialisation (ces deux derniers processus ne sont toutefois pas reconnus comme relevant de l'érosion par l'ensemble des auteurs).

#### 1.1 Érosion éolienne

L'érosion éolienne correspond à un phénomène naturel de dégradation des sols sous l'action du vent. En zones très sèches, les conditions climatiques deviennent défavorables à l'installation et/ou au maintien d'une couverture végétale suffisante. La végétation ne peut plus constituer une protection suffisante contre le transport des particules de sol par le vent. L'intensité du vent, des caractéristiques de sols spécifiques et l'absence de couvert protecteur peuvent contribuer à déclencher **l'érosion éolienne**. Ce type d'érosion peut être accéléré localement par les activités humaines (surpâturage, surexploitation, défrichement), des modifications climatiques (désertification, diminution de la pluviométrie et augmentation de l'évaporation : sécheresses) et par des aléas tels que l'exposition au vent et aux incendies.<sup>1</sup> Il est aussi possible de constater ce type de transport de particules en zones où les couverts végétaux sont insuffisants durant la période la plus sèche de l'année.

Les **conditions climatiques** (vent, sécheresses/précipitations) peuvent provoquer des déplacements de particules plus ou moins importants selon la nature des sols et leur protection par une couverture végétale. En France, ce processus est d'un impact relativement limité car les sols sont le plus souvent couverts par de la végétation. Il peut être très important dans des pays à climat plus sec.

L'érosion éolienne, due au vent, est certainement le processus d'érosion des sols le plus méconnu en zone tempérée. Pourtant, en conditions de vents importants, l'arrachage, le transport et le dépôt de particules de sol est potentiellement important.

Un sol avec une faible stabilité structurale (souvent en relation à une faible teneur en matière organique, comme par exemple dans le cas des dunes littorales) sera plus sensible aux processus d'érosion éolienne en situation sèche et sur des sols insuffisamment protégés par un couvert végétal.

#### 1.2 Autres formes d'érosion

D'autres processus sont liés à l'activité humaine et se déploient avec d'autant plus d'intensité que les moyens mécaniques disponibles sont importants. C'est le cas de l'érosion du fait des pratiques de culture ou d'élevage :

- L'érosion des berges par le piétinement des animaux d'élevage et le passage d'engins

---

<sup>1</sup> [https://www.persee.fr/doc/morfo\\_1266-5304\\_1997\\_num\\_3\\_2\\_910](https://www.persee.fr/doc/morfo_1266-5304_1997_num_3_2_910)

Le piétinement par les animaux d'élevage fragilise la berge (zone tampon entre le milieu aquatique et le milieu terrestre) en induisant des pertes de végétation, voire en mettant le sol à nu. En effet, la pression qu'exercent leurs sabots sur le sol est importante car ils offrent peu de surface portante. De plus, ces animaux ont tendance à toujours fréquenter les mêmes endroits. En empruntant leurs chemins habituels pour aller boire ou traverser les cours d'eau, ils détruisent la végétation, affaiblissent les berges et enclenchent la formation de foyers d'érosion.

> L'érosion aratoire (aussi nommée érosion mécanique) est liée au travail du sol.

En effet, lors du travail du sol, l'outil déplace une quantité de sol. Il s'agit donc bien d'un processus d'érosion, dont l'intensité dépend de nombreux facteurs :

- le type d'outil
- la profondeur du travail
- la vitesse de progression
- le schéma, l'itinéraire du travail en relation aux conditions topographiques et forme de la parcelle
- les pentes
- l'orientation du travail du sol par rapport à la pente
- la fréquence et l'alternance des passages
- et bien évidemment, le type de sol.

La répétition des passages d'engins de travail du sol peut contribuer au transport de terres des zones convexes du relief d'une parcelle vers les zones concaves. Dans ce cas il n'y a pas de perte en terre mais accroissement d'épaisseur dans les zones concaves et amincissement dans les zones convexes, ce qui peut les rendre moins productives par limitation de la profondeur prospectable par les racines pour l'ancrage et la nutrition de la plante (limitation des ressources hydriques et minérales disponibles).

Les effets de l'érosion aratoire sont visibles à l'échelle des parcelles et des versants de façon particulière et indirecte : sur les versants, l'érosion mécanique due à la descente de la terre par les outils de travail du sol se manifeste par l'apparition de zones décapées sur les sommets ou hauts de versant, alors que les bas de versant s'épaississent. La plupart du temps, les signes sont des accumulations de terres en amont des talus et autres structures linéaires du paysage, des accumulations de terre en position de bas de versant, des variations de l'état de la surface des sols après un travail trop profond (zones avec des couleurs de sol plus claires, abondance en cailloux plus importante, etc.). Les effets se manifestent aussi au niveau du développement des cultures.

### 1.3 Autres exemples de dégradation par pertes de terres

D'autres pratiques peuvent entraîner le déplacement de particules de sols, pour certains en quantités très importantes, s'ajoutant aux déplacements par érosion :

➤ Pertes de terres par les récoltes :

Certaines productions particulières peuvent contribuer à d'importants déplacements de matière des terres cultivées, ce processus n'est pourtant pas inclus parmi les processus d'érosion car il ne s'agit pas de processus physiques naturels :

- la production de gazons en rouleaux conduit à récolter 1 cm d'épaisseur de la terre dans laquelle sont implantées les racines du gazon à transporter (soit environ 140 tonnes par hectare). Les chiffres de la société française des gazons indiquent une surface de déplacement d'environ 200 ha par an<sup>2</sup> en augmentation régulière. La France n'est pas le pays qui fait le plus appel à la mobilisation de cette technique (le marché du gazon en rouleaux serait de 6000 hectares en Grande Bretagne, 2000 hectares en Allemagne, 800 Hectares de gazon en plaques en France).
- la récolte de tubercules ou de plantes-racines peut conduire à entraîner des particules de sols hors de la parcelle de production (cultures de pommes de terres, betteraves sucrières en particulier), mais toutefois en moindre quantité par hectare que les gazons. Ce processus est tout de même important

---

<sup>2</sup> <https://www.distri-concept.com/blog/post/evolution-du-marche-gazon-en-rouleau>

car les surfaces d'implantation de ces cultures sont beaucoup plus étendues. La part de terre exportée avec la récolte de betteraves est appelée « tare terre ». En dix ans, l'évolution des techniques de récolte a réduit de deux tiers les quantités de terre adhérent aux racines.<sup>3</sup> En betterave, un objectif de 10 % du poids de la récolte est considéré comme le résultat d'une bonne pratique. Pour une récolte de betterave au rendement de 90 tonnes/ha, ce sont tout de même **9 tonnes de terre qui sont sorties par hectare lorsque la tare est de 10 %, 18 tonnes lorsque la tare est de 20 %, 27 tonnes lorsque la tare est de 30 %**.

- **L'artificialisation des sols** pour implanter du bâti, des parkings et des infrastructures est une cause massive de déplacement de terres, du moins dans les cas où le décapage de la couche superficielle du sol préexistant est un préalable technique incontournable. Cela peut de surcroît contribuer à l'imperméabilisation et donc à accroître les risques d'érosion liés à l'augmentation du ruissellement.

La première étape des travaux de génie civil consiste à décapier la couche superficielle du sol, dont les propriétés physiques sont peu compatibles avec le nouvel usage. Ainsi un sol bâti ou revêtu (route, parking...), pourra peut-être retrouver des propriétés moins défavorables pour la circulation de l'eau si on « désimperméabilise » la surface par destruction du bâtiment ou du revêtement et évacuation des gravats, mais ne pourra jamais être « désartificialisé » dans le sens où il sera impossible de retrouver les potentialités agronomiques initiales (sauf au prix du transport de sol depuis un autre site... qui sera à son tour irréversiblement dégradé).

On parle d'artificialisation lorsque des aménagements urbains, la construction de bâtiments ou d'infrastructures remplacent une occupation initialement agricole, forestière ou naturelle.<sup>4</sup> La réalisation de la plupart des aménagements conduit à décapier les sols sur plusieurs dizaines de centimètres avant toute réalisation. Ces actions peuvent être assimilées à une forme très radicale d'érosion puisque l'essentiel de la couche hébergeant la biodiversité est généralement enlevée en quelques heures (sauf épisode catastrophique, pour déplacer 15 cm par l'érosion hydrique il faudra la plupart du temps plus d'un siècle [voir Document 4 § 4.4]).

Il est admis qu'une perte d'une tonne de terre par hectare et par an constitue une dégradation irréversible, or l'artificialisation d'un hectare revient à enlever près de 3000 tonnes de terre<sup>5</sup> (si l'horizon organo-minéral représente une épaisseur de 24 cm, si le sol est plus profond on peut atteindre 10 000 tonnes de terre et matériau sous-terrain, voire plus),

Les matériaux ainsi mis à jour par le décapage ou ceux apportés pour équiper le site aménagé en bâti, parkings ou infrastructures, ont une activité biologique potentielle très réduite et des capacités d'infiltration souvent très faible en comparaison de celles des couches de sol naturel préexistantes. Ces nouvelles conditions de la surface des sols augmentent de fait leur capacité à contribuer au ruissellement et l'exposition à l'érosion des sols récepteurs des ruissellements.

Parmi les différentes opérations d'artificialisation, les grands travaux peuvent tout de même être l'occasion de réalisation d'opérations d'aménagement foncier incluant la réalisation d'aménagements en vue de limiter le risque de ruissellement concentré. C'est par exemple le cas de la construction des autoroutes les plus récentes en Seine-Maritime : dans ce département ces opérations sont plutôt considérées depuis les années 90 comme une opportunité d'agir sur les problèmes de ruissellement, en évitant d'aggraver la situation voir en permettant de résoudre des problèmes existant. Les remembrements opérés à l'occasion de ces chantiers ont en effet permis de constituer plus facilement des réserves foncières permettant l'installation d'aménagements hydrauliques du type bandes enherbées ou zones tampons : entre 0,5 et 1 % des surfaces remembrées peuvent être prélevées sur l'ensemble des propriétaires au bénéfice de l'association foncière pour faire de la lutte contre les inondations (ce qui permet d'anticiper et de prévenir des dommages). On parle à ce sujet de remembrements hydrauliques.

---

<sup>3</sup> <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/un-objectif-tare-terre-proche-de-10-meme-en-conditions-difficiles-217-85675.html>

<sup>4</sup> La définition de l'artificialisation posée par le rapport de 2014 de l'observatoire national de la consommation des espaces agricoles est la suivante : "Changement d'état effectif d'une surface agricole, forestière ou naturelle vers des surfaces artificialisées, c'est-à-dire des tissus urbains, les zones industrielles et commerciales, les infrastructures de transport et leurs dépendances, les mines et carrières à ciel ouvert, les décharges et chantiers, les espaces verts urbains (espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain), et les équipements sportifs et de loisirs y compris des golfs. Les espaces qui subissent une artificialisation ne sont plus disponibles pour des usages tels que l'agriculture, la foresterie ou comme habitats naturels. L'extension de l'artificialisation correspond à une consommation d'espaces agricoles, naturels ou forestiers. »

<sup>5</sup> Sous hypothèse d'une Densité apparente de 1,4, pour les calculs cf document 4, § 4.4 (valeur de densité apparente issue des valeurs relevées en France dans le réseau de mesure de la qualité des sols)

## 2. Méthodes de prédiction des risques d'érosion, pour mieux prévenir

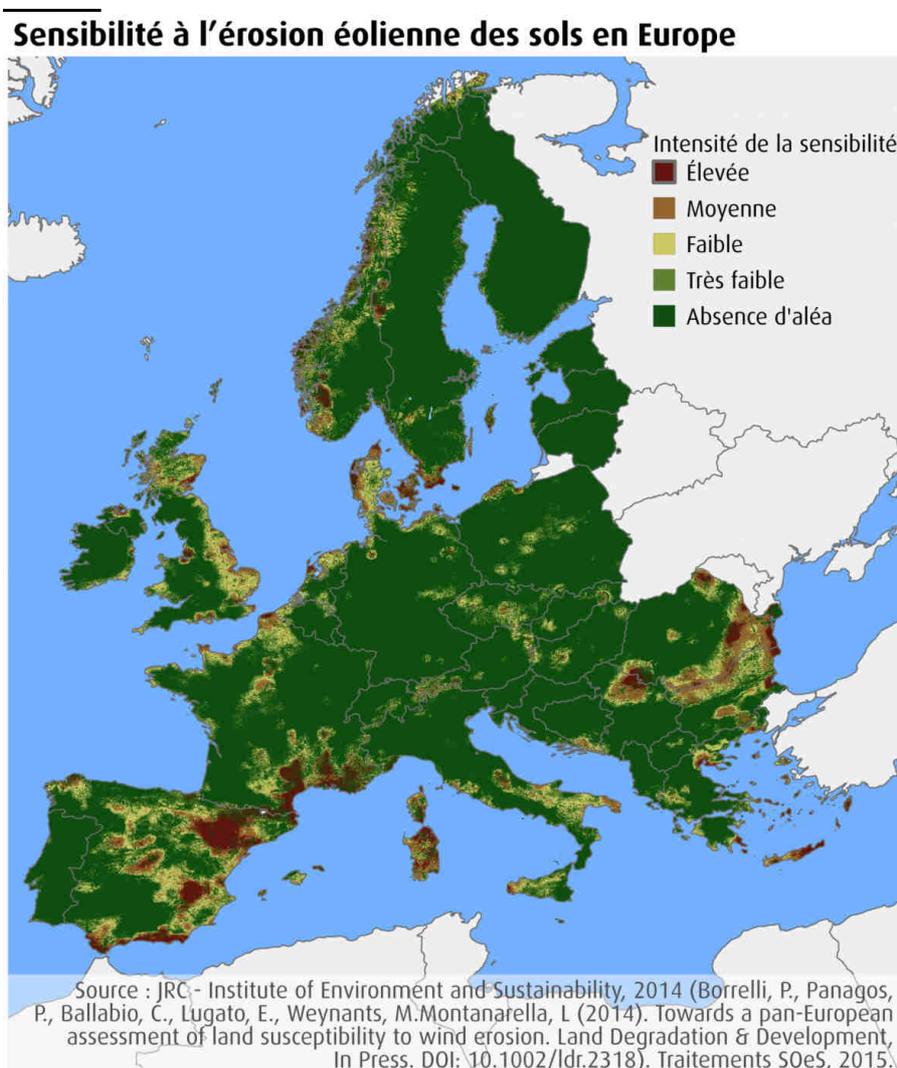
Il est impossible de prévoir exactement quand et où surviendront des phénomènes érosifs d'ampleur majeure car ces phénomènes sont liés le plus souvent à des événements exceptionnels (séismes, cyclones, glissements de terrains...) ou à des événements météorologiques très localisés mais d'intensité exceptionnelle, dont ni l'intensité ni la spatialisation exacte ne peuvent être anticipés (cas des tempêtes; épisodes de pluies exceptionnelles, dépassant de très loin les capacités d'infiltration du sol par exemple).

Il est toutefois possible d'identifier les zones dont les caractéristiques géographiques pédologiques et climatiques sont les plus favorables au déclenchement de processus d'érosion tels que l'érosion hydrique dans ses formes les plus fréquentes en France; ce cas est traité dans le Document 4 consacré à l'érosion hydrique.

Il est aussi possible de modéliser des processus moins fréquents en Europe, comme l'érosion éolienne. La prédiction des risques d'érosion éolienne est possible grâce à l'utilisation de modèles relatifs à ce processus d'érosion.

### Exemples de prédiction des risques d'érosion éolienne, en Europe :

En mobilisant des informations disponibles sur les facteurs favorables au déclenchement des processus d'érosion, il est possible de cartographier par modélisation les zones les plus susceptibles d'être affectées par l'un ou l'autre des processus d'érosion des sols.



À l'échelle de l'Europe, selon les modélisations produites par le JRC (Joint Research Centre, centre de recherche de la Commission européenne), un peu plus d'un cinquième des sols présente une sensibilité à l'érosion éolienne, dont 3 % (soit 13 millions d'hectares) une sensibilité forte.

La plupart des pays sont concernés par la sensibilité à l'érosion éolienne, mais seuls quelques-uns semblent présenter localement une forte sensibilité : Danemark (16,2 % du territoire), Espagne (10,2 %), Grèce (7,9 %), Chypre (6,4 %), Roumanie (5,4 %), France (4,3 %). En zone méditerranéenne, les sols sont très sensibles ou moyennement sensibles à l'érosion éolienne le long de la côte sud-ouest de l'Espagne, le long du golfe du Lion en France et sur les îles françaises, grecques et italiennes.

Dans le nord de l'Europe, les régions les plus sensibles se situent sur le littoral de la Manche en France et aux Pays-Bas. En mer du Nord, cela concerne le sud-ouest de l'Angleterre et de l'Écosse, une large partie du Danemark et les côtes de la péninsule scandinave. Enfin, les côtes roumaines et bulgares le long de la mer Noire et dans les plaines bordant les montagnes des Carpates montrent aussi localement des sensibilités élevées.

Bien que cela n'apparaisse pas sur des modélisations à cette échelle, les cordons dunaires sableux peuvent se déplacer sous l'effet du vent.

A l'arrière du littoral, les sols sableux landais peuvent subir des pertes de matière organique sous l'effet de leur exposition au vent lorsqu'ils sont laissés nus en périodes exposées au vent. Ce phénomène est en diminution par la mise en œuvre du « contrôle souple » de l'érosion éolienne (MIG Dunes de l'ONF).

En France, un quart des sols présente une susceptibilité à l'érosion éolienne, dont 4 % une prédisposition élevée. Toutefois cette sensibilité ne se traduira par des déplacements de particules sous l'effet du vent que si se conjuguent simultanément sensibilité, sol sec et dépourvu de couvert végétal. La partie orientale de l'Occitanie et Provence – Alpes – Côte d'Azur présente les plus fortes sensibilités à l'érosion par le vent (plus d'un quart de leur territoire) ; la Corse est sensible aussi mais dans une moindre mesure. Cela s'explique probablement par la combinaison de vents forts sur le golfe du Lion. D'autres secteurs balayés par les vents marins sont également sensibles, mais dans une moindre mesure : le littoral normand, le nord des Hauts-de-France. Il en va de même des zones de grande culture, telles que le Loiret et l'Eure-et-Loir ou le sud des Hauts-de-France.<sup>6</sup>

### 3. Lien entre érosion des sols et changement climatique

"Le rapport de l'AEE sur le changement climatique<sup>7</sup>, ses incidences et la vulnérabilité en Europe met en lumière des impacts sur les sols liés au changement climatique. Ce rapport mentionne que l'érosion, peut en particulier être accélérée par des événements climatiques extrêmes tels que des épisodes pluviométriques intenses, sécheresses, vagues de chaleur.... Le changement climatique peut réduire certaines zones de production, en les rendant inutilisables ou moins productives, en particulier au sud de l'Europe.

L'augmentation de la fréquence des événements rares semble assez bien établie, notamment pour les pluies<sup>8</sup>.

Le climat influence ainsi directement l'érosion des sols au travers de :

- l'érosivité des précipitations et de son influence sur les processus de saturation en eau des sols (température + variation temporelle/saisonniers des précipitations) ;
- son impact sur l'usage et la couverture du sol (par exemple effets des modifications des températures/précipitations sur les systèmes de culture et sur les systèmes naturels - comme l'augmentation des dépérissements forestiers qui diminue les couverts -, ou l'occurrence des feux de forêts).

L'érosion des sols va pour sa part limiter la résilience face au changement climatique car elle va provoquer :

- la diminution des teneurs en matière organique de la surface du sol dans les zones érodées (export direct à court terme + effet sur la capacité de stockage en eau et d'enracinement des couverts du profil érodé à plus long terme) ;
- la modification des processus d'évolution de la matière organique dans les zones de transport ;

---

<sup>6</sup> <http://www.donnees.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesessentiels/essentiels/sol-perte-eolien.html>

<sup>7</sup> <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

<sup>8</sup> L'état actuel des connaissances ne permet pas d'affirmer que les tempêtes seront sensiblement plus nombreuses ou plus violentes en France métropolitaine au cours du XXI<sup>e</sup> siècle (cf. : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-tempetes> )

- la modification des teneurs en matières organiques en surface et potentiellement en profondeur (en fonction des vitesses de sédimentations, conditions physico-chimiques des milieux...) dans les zones de dépôt.

Le bilan global « érosion/ teneur en matière organique » est toutefois encore sujet à débat.

Même s'il subsiste des inconnues en termes de connaissances scientifiques concernant les interférences entre processus d'érosion et de changement climatique, la prévention des risques d'amplification réciproque entre ces deux processus requiert des **adaptations de pratiques de gestion, tendant à la fois à prévenir l'érosion et atténuer le changement climatique.**"