

## Peut-on lutter contre l'érosion des sols ?

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 07.05.Q02

octobre 2022

**Mots clés : sol - forme érosion - méthode conservation**

Comme l'a encore confirmé le rapport de la FAO de 2015 sur l'état mondial des ressources en sol, l'érosion constitue la principale forme de dégradation des sols. Elle représente des pertes moyennes d'environ un millimètre par an.

L'érosion des sols résulte de nombreux facteurs et processus qu'il importe de prendre en compte à différentes échelles d'espace et de temps.

### Quels sont les principaux effets de l'érosion ?

L'érosion de la partie superficielle du sol entraîne une perte sélective des éléments les plus fins (argile, puis limon) et de la matière organique sous l'effet du ruissellement ou du vent. Or ce sont justement l'argile et la matière organique qui permettent de stocker et d'échanger les éléments nutritifs des plantes. Il en résulte dès lors un **appauvrissement** du sol. De plus, en favorisant les pertes en matière organique, l'érosion augmente l'instabilité structurale des sols, les risques d'encroûtement superficiel et de ruissellement, causant ainsi une auto-accélération des processus de détachement.

Les effets hors-sites comprennent les problèmes d'**envasement** et d'**ensablement** des retenues et des cours d'eau. Pour les grands barrages, la réduction de la durée de vie des réservoirs, due à leur envasement, correspond à un coût considérable, d'où l'importance de limiter l'érosion en provenance de leurs bassins versants. La qualité des eaux superficielles continentales se trouve fortement influencée par le ruissellement et les particules détachées par l'érosion, souvent riches en matière organique et en éléments nutritifs. Il en résulte des risques en aval d'**eutrophisation** et de **pollutions** par les métaux lourds, les pesticides et des bactéries pathogènes.

Les transports et les dépôts de sédiments n'ont toutefois pas que des aspects négatifs, puisqu'ils permettent un **transfert de fertilité** depuis les versants aux bas-fonds et depuis les montagnes jusqu'aux deltas et aux océans. Par exemple, dues à l'érosion éolienne d'une dépression désertique au nord du Tchad, les poussières contribuent à la fertilisation des sols d'une partie de l'Afrique de l'Ouest, des Antilles et de la forêt amazonienne, ainsi que des eaux de l'océan Atlantique.

### Quelles sont les formes et les causes de l'érosion ?

Tout processus d'érosion comprend trois mécanismes :

- le détachement de particules de sol,
- leur transport
- et leur dépôt.

L'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol arrache des particules terreuses (**rejaillissement** ou *splash*, Fig. 1) qui, en retombant au sol, se réorganisent pour former des **croûtes** structurales. Ces croûtes réduisent la porosité superficielle, favorisent le ruissellement et l'exportation des particules détachées par le rejaillissement. Le ruissellement apparaît ainsi le plus souvent lorsque l'intensité de pluie excède l'infiltrabilité du sol, qui se trouve réduite du fait de ces croûtes. Le refus à l'infiltration se manifeste par la formation de micro-flaques qui, en débordant, alimentent ce que l'on désigne par le **ruissellement en nappe**. Celui-ci transporte les particules issues du rejaillissement, plus qu'il ne les détache lui-même. Toutefois,

sur pente, ce ruissellement – qui reste rarement uniforme – tend à se concentrer dans les dépressions : c'est le ruissellement concentré ; si sa vitesse atteint un certain seuil, il détache des particules en incisant le sol. Comme cette vitesse dépend du ruissellement,



Figure 1. Dans une plantation de teck où le sous-bois est brûlé (nord du Laos), des racines et des cailloux protègent le sol de l'érosion due à l'énergie cinétique des gouttes.

Ces figures en piédestal sont typiques de l'érosion par rejaillissement.  
photo C. Valentin

l'apparition de ces incisions, sous forme de rigoles et de ravines, est directement liée à la superficie et aux états de surface plus ou moins perméables du bassin versant, et donc en grande partie de l'usage des sols. Dès lors, ces rigoles et ravines ne se forment pas que sur de fortes pentes, mais aussi sur tous les sols qui

tendent à s'encroûter : sols limoneux, sols sableux pauvres en carbone organique. Il n'existe pas de différence de processus entre rigoles et ravines (*Fig. 2*), la distinction entre les deux étant d'ordre agronomique : une rigole peut être effacée par le travail du sol, or la profondeur et l'efficacité de celui-ci dépend bien sûr des moyens utilisés, et donc des conditions économiques.

Le sol peut ainsi s'éroder par la surface (érosion en nappe) ou par incision (érosion linéaire), mais aussi pour tout ou partie de l'ensemble de la masse, surtout lorsqu'il est humide ou saturé. Les conséquences des **glissements de terrain** peuvent être catastrophiques, particulièrement



*Figure 2.* Érosion en rigole. Le ruissellement en nappe apparaît même sur une très faible pente et lors d'une pluie peu intense sur des sols limoneux sensibles à l'encroûtement. Ce ruissellement tend à se concentrer rapidement après de faibles longueurs de pente. Pays de Caux, France.  
*photo C. Valentin*

lorsque les villes se sont construites sur de fortes pentes. Le déclenchement du glissement correspond à un seuil combinant plusieurs facteurs : une augmentation de la masse (du fait de pluies intenses, par exemple), sur une forte pente où existe une surface de glissement saturée d'eau, souvent entre deux horizons du sol, voire entre deux roches. Ils peuvent survenir sur fortes pentes tout aussi bien sous forêt ou plantation d'arbres si l'ancrage par les racines est insuffisant pour s'opposer aux forces de cisaillement. Ils peuvent être aussi favorisés par des **séismes** plus ou moins marqués et canaliser les écoulements superficiels, donnant ainsi lieu à des ravines, voire des **mégaravines**, comme le *lavakas* de Madagascar.

Sur pente, le travail du sol détache et mobilise des mottes et des agrégats qui, sous l'effet de la pesanteur, tendent à se déplacer vers l'aval plutôt que vers l'amont ; ces agrégats sont stoppés par des obstacles : plantes et bordures d'aval du champ. Cette forme d'érosion est parfois appelée érosion sèche, mais le plus souvent **érosion aratoire** (du latin *arare* cultiver). Elle augmente exponentiellement avec l'inclinaison de la pente et peut atteindre, pour une pente de 60 %, 7 tonnes par hectare et par an, même en travail manuel, ce qui est du même ordre que les pertes en terre par érosion hydrique.

Les processus d'érosion éolienne impliquent des vents suffisamment violents pour mettre en mouvement des particules libres à la surface du sol (*Fig. 3*). Toutefois, ce ne sont pas les particules les plus petites qui sont les premières mises en mouvement. En effet, elles sont maintenues au sol par des forces de cohésion électrostatiques. De même, les fractions les plus grossières sont difficiles à déplacer en raison de leur poids.

Ainsi, seuls les grains de taille intermédiaire des sables fins (entre environ 50 et 200 micromètres de diamètre) sont directement mis en mouvement à la surface des sols par le vent. Les grains plus grossiers se déplacent à la surface du sol par bonds successifs : c'est la **saltation**. En retombant au sol, ces grains génèrent une énergie cinétique qui provoque, comme celle des gouttes de pluie, l'éclatement des agrégats et libère ainsi les plus fines particules du sol. Celles-ci sont alors disponibles pour être transportées en **suspension** dans l'atmosphère.

Enfin, l'énergie fournie par les grains en saltation peut aussi entraîner le déplacement au sol par roulement ou

**reptation** des particules les plus grossières (sable grossier et éléments grossiers).



*Figure 3.* L'érosion éolienne se manifeste par un nuage de poussières. Région de Niamey, Niger.  
*photo C. Valentin*

## Pourquoi est-il difficile de mesurer et de prévoir les pertes en sol ?

Une des plus grandes difficultés d'étude de l'érosion hydrique et éolienne réside dans la diversité des processus mis en jeu, chacun d'entre eux dépendant de l'**échelle** considérée. Pour cette raison, il est impératif de mentionner l'échelle à laquelle les mesures sont effectuées : micro-parcelles (inférieure ou égale à 1 m<sup>2</sup>), parcelles classiques d'érosion (de longueur généralement supérieure à 10 m), micro-bassins versants (de l'ordre de l'hectare), petits (de l'ordre du km<sup>2</sup>) et grands bassins (plusieurs dizaines de milliers de km<sup>2</sup>).

Les processus d'érosion hydrique et éolienne obéissent à des **effets de seuils**, et ne sont donc pas linéaires, en grande partie du fait de l'importance des **événements climatiques extrêmes**. Ainsi la probabilité de mesurer les effets de ces événements augmente avec le temps. Dès lors, les moyennes de pertes en terre calculées pour des périodes de quelques années présentent de fortes incertitudes.

La grande difficulté de la **modélisation** de l'érosion découle de la multiplicité des processus et des échelles qui doivent être à chaque fois bien précisés. À cela s'ajoute une variété d'approches : statistiques, à

bases physiques, ou hybrides. Pour l'érosion hydrique, le modèle le plus utilisé à l'échelle de la parcelle est l'équation universelle révisée des pertes en terres (RUSLE)<sup>1</sup>. Une équation de prédiction analogue a été développée pour l'érosion éolienne à l'échelle du champ.

Comme toute relation statistique, ces équations ne doivent pas être extrapolées à d'autres échelles d'espace que celle pour laquelle elles ont été établies : celle de la parcelle. Or, c'est encore trop souvent ce qui est effectué, tant il est tentant de combiner cette équation à des données issues de la télédétection et des modèles numériques de terrain. Par ailleurs, il existe une multitude de modèles à bases physiques adaptés à l'échelle du versant ou du bassin versant, mais ils exigent un nombre tellement élevé de paramètres que certains doivent servir de variables d'ajustement, ce qui réduit considérablement la validité de ces modèles. Une des options les plus fréquentes est d'avoir recours à des modèles qui combinent la connaissance physique des processus et des approches statistiques.

### Comment conserver les sols ?

Les principes de conservation des sols découlent de la connaissance des processus et facteurs d'érosion aux différentes échelles. Des sols moins sensibles à l'encroûtement superficiel, plus mottés, offriront une meilleure résistance aux érosions hydrique et éolienne. Ainsi, il importe de renforcer la stabilité structurale des agrégats superficiels, en augmentant la teneur en **carbone organique** par apport de fumier, de boues, et d'une manière générale de produits résiduels organiques. L'apport d'**amendements** calciques ou calcomagnésiens (chaulage) tend également à améliorer la stabilité structurale des sols.

C'est toutefois la **protection la plus proche du sol** qui s'avère la plus efficace contre l'érosion par rejaillissement (*splash*), contre l'érosion en nappe, ainsi que l'érosion éolienne à l'échelle de la parcelle. Tel est le cas notamment des résidus de culture ; ainsi, les pâturages du Sahel présentent une bien plus faible érosion éolienne que le Sahara ou même que les champs cultivés du sud du Sahel. *A contrario*, un couvert arboré dépourvu de sous-bois – comme c'est souvent le cas pour des plantations – n'aura pas d'effet protecteur et pourra même augmenter considérablement les risques d'érosion, en favorisant l'augmentation de la taille des gouttes qui l'auront traversé.

À l'échelle du versant, il est très important de limiter la vitesse de ruissellement pour réduire les risques d'apparition de rigoles et de ravines. Ainsi, depuis au moins l'âge du Bronze, les paysans ont cherché à réduire l'inclinaison de pente par la construction de **terrasses**. Maintenant, l'abandon de ces terrasses, consécutif à l'exode rural dans le sud de l'Europe, entraîne une érosion en ravines très marquée.

En favorisant l'augmentation de la **taille des parcelles**, la mécanisation du travail du sol a augmenté les risques d'érosion. En effet, plus un champ sera grand, plus seront élevées les vitesses du vent au sol et du ruissellement. Des parcelles de taille limitée tendent, de plus, à réduire l'érosion aratoire. Il importe également d'augmenter la rugosité aérodynamique de la surface du sol, en plantant des haies vives brise-vent ou en établissement un quadrillage de pailles (*Fig. 4*). Toute forme de fractionnement du sol favorise

l'érosion. Il est ainsi préférable d'éviter tout travail du sol sur fortes pentes pour éviter l'érosion aratoire. Le travail du sol, qu'il soit manuel ou mécanique, ainsi que le piétinement par le bétail tendent, en conditions sèches, à fractionner le sol et à favoriser dès lors le soulèvement de poussières en périodes venteuses. C'est ainsi que se sont développées – notamment

après la grande crise d'érosion éolienne aux États-Unis au milieu des années 1930 (*dust bowl*) – des pratiques agricoles moins fondées sur le travail du sol. En particulier **l'agriculture de conservation** qui, malgré de très nombreuses variantes, repose sur trois grands principes :

- un semis direct et un travail du sol très réduit,
- une couverture permanente du sol, notamment par les résidus de culture,
- des rotations dans l'espace et le temps, incluant des légumineuses.

Ces principes combinent ceux évoqués plus haut, et permettent une réduction significative des pertes en terres.

Toutefois, un système de culture ne peut pas être évalué uniquement selon le seul critère de la conservation des sols.



Figure 4. Quadrillage de paille de roseau pour lutter contre l'érosion éolienne. Désert du Taklamakan, Chine. photo C. Valentin

<sup>1</sup> [http://fargo.nserl.purdue.edu/rusle2\\_dataweb/About\\_RUSLE2\\_Technology.htm](http://fargo.nserl.purdue.edu/rusle2_dataweb/About_RUSLE2_Technology.htm).

Plusieurs critiques ont ainsi été émises notamment sur la difficulté d'adoption de ce type de pratique par l'agriculture familiale en Afrique. Il est en effet nécessaire de disposer d'outils spécialisés pour semer à travers un mulch, et d'avoir recours à des **herbicides** de synthèse dont la nocivité pour l'Homme et l'environnement est de plus en plus souvent évoquée. De plus, le meilleur stockage du carbone dans les sols est davantage dû à l'apport de matière organique qu'au non-travail du sol.

À l'échelle des bassins versants, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble des processus érosifs. Les mesures de conservation des sols doivent porter en priorité sur la protection des zones amont, susceptibles de générer du ruissellement en appliquant les principes précédents.

Une **mosaïque paysagère**, comprenant des parcelles forestières ou enherbées, permet de réduire la vitesse du ruissellement et de piéger des sédiments sur les versants. Dans le cas où les rigoles ou les ravines sont déjà formées, il est nécessaire d'installer des obstacles pour retenir les sédiments : **fascines**, rondins, gabions, voire des murettes plus ou moins importantes, en commençant par l'aval, à partir d'un seuil (affleurement rocheux) puisque cette forme d'érosion progresse de l'aval vers l'amont. La connectivité hydrologique entre les zones amont et aval doit être également évitée en multipliant les obstacles à l'écoulement le long des courbes de niveau : talus, haies, fossés d'infiltration.

Pour les mouvements de masse, la priorité doit être accordée à la **cartographie des zones à risques** et à sa prévention, en évitant notamment d'y construire.

Dans les zones de fortes pentes où des glissements de terrain ne se sont pas encore produits, certains indices peuvent signaler ces risques : petit décrochement de terrain, lézardes dans les murs. La plantation d'arbres à racine pivotante profonde permet en principe de mieux stabiliser les versants

Christian VALENTIN & Yves BRUNET, membres de l'Académie d'Agriculture de France

#### **Ce qu'il faut retenir :**

Seule l'identification des facteurs et processus multiples de l'érosion permet de concevoir des stratégies de conservation des sols.

Dès lors, celles-ci ne peuvent que très rarement se fonder sur une approche unique.

Comme le montrent de nombreux exemples, l'érosion due aux activités humaines n'est pas une fatalité dès lors qu'il existe une volonté politique et des moyens de la réduire.

#### **Pour en savoir plus :**

- C. VALENTIN : *Les sols au cœur de la zone critique : dégradation et réhabilitation*, Éditions ISTE, London, 2018
- voir aussi les fiches : *Comment évaluer l'état de dégradation des sols* 07.05.Q01 et *Les sols d'Europe* 07.05.Q09