

Transferts de pollutions diffuses agricoles et de particules de sol aux milieux aquatiques

Cette fiche regroupe les éléments de connaissances principaux relatifs à la thématique « transferts ». Cette thématique concerne l'ensemble **des transferts de pollutions diffuses agricoles et de particules de sol, des versants aux milieux aquatiques, par ruissellement, érosion hydrique et drainage**. Seuls les transferts, sur les versants ruraux, en surface et en sub-surface ayant pour vecteur l'eau sont concernés. Il ne sera donc pas fait mention des transferts en zone urbaine, des transferts par érosion éolienne et érosion des berges, du lessivage vers les nappes souterraines et de la dérive des phytosanitaires.

Définitions

Le **ruissellement** correspond à un écoulement gravitaire de l'eau en surface du sol causé par les précipitations (1). Il existe plusieurs types de ruissellement (2, 3, 5) – (Figure 1) :

- le ruissellement hortonien qui survient lorsque l'intensité des pluies est supérieure à la capacité d'infiltration du sol ;
- le ruissellement par saturation qui survient lorsque le volume des précipitations est supérieur à la capacité de stockage du sol ;
- le ruissellement par exfiltration provient des écoulements hypodermiques. Il correspond à une résurgence due à une rupture de pente (talus, berge, cours d'eau). Les réseaux de drainage

constituent des cas particuliers des écoulements hypodermiques, ils limitent le ruissellement par saturation ;

- le ruissellement peut aussi se faire par un écoulement concentré (rigoles, ravines, etc.), il s'accompagne généralement d'une érosion.

Écoulement hypodermiques (3)

Les écoulements hypodermiques ont lieu lorsque l'eau infiltrée dans le sol atteint une couche imperméable du sol. L'eau s'écoule alors latéralement, dans le sens de la pente, au-dessus de la couche imperméable, à faible profondeur à travers le sol ou sous formes de nappes superficielles (ex : en contexte de socle, semelle de labour - Figure 1).

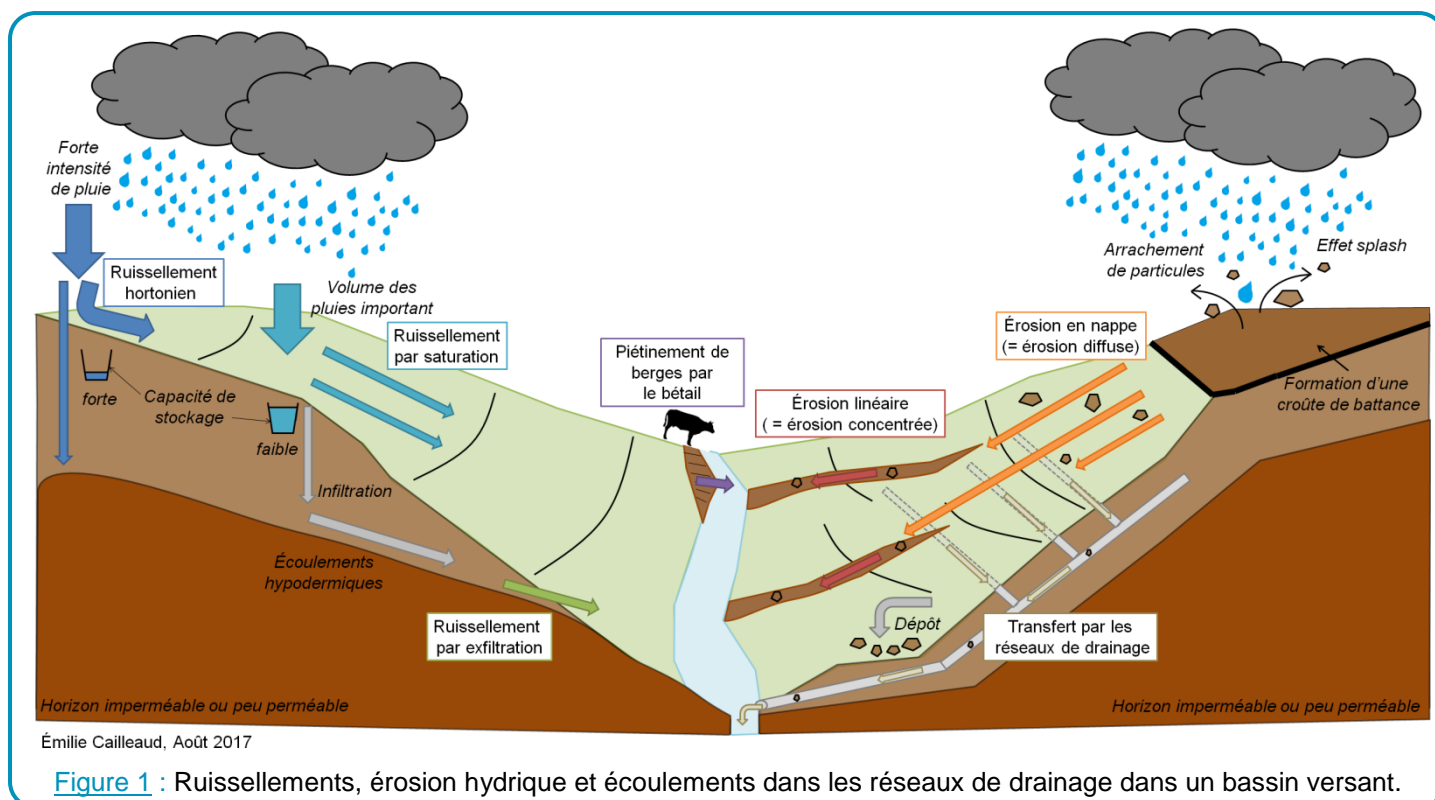


Figure 1 : Ruissellements, érosion hydrique et écoulements dans les réseaux de drainage dans un bassin versant.

L'**érosion hydrique** implique un arrachement de particules du sol puis leur transport par l'eau (1, 4, 6) – (Figure 1). Elle apparaît suite à une modification de la structure du sol par les précipitations. L'énergie de la pluie qui frappe le sol détruit progressivement les micro-agrégats et disperse les particules fines, c'est l'effet *splash*. L'effet *splash* est aussi responsable de la formation d'une croûte de battance (Figure 1). Il existe plusieurs types d'érosion hydrique (2, 3, 5 - Figure 1) :

- lorsque le ruissellement correspond à une lame d'eau, c'est-à-dire qu'il est diffus, une érosion en nappe ou érosion diffuse peut apparaître. Son apparition est favorisée par la présence d'une croûte de battance ;
- lorsque le ruissellement est concentré, l'érosion est dite linéaire ou concentrée en thalweg ;
- le piétinement par le bétail est une forme particulière d'érosion des versants à proximité du cours d'eau.

Modes de transferts (3, 5, 7)

Les écoulements hydriques, que sont le ruissellement, l'érosion hydrique et les écoulements via les réseaux de drainage, sont des voies de transfert de particules de sol et de pollutions diffuses. Les pollutions diffuses peuvent être transférées soit sous forme dissoute soit sous forme particulière, c'est-à-dire adsorbées aux particules de sol :

par saturation, écoulements hypodermiques) et via les écoulements dans les réseaux de drainages.

Les **particules de sol** sont mobilisées par l'effet splash (érosion) puis dans les ruissellements, concentrés ou non. Elles peuvent être lessivées en direction des drains, le lessivage concerne en particulier les particules fines (argiles).

Le **phosphore**, peu soluble et donc en général adsorbé sur des particules, a principalement les mêmes modes de transferts que les particules de sol.

Les **nitrate**s, très solubles, sont transférés via les écoulements de sub-surface (ruissellements hortonien et

Enfin, si un **produit phytosanitaire** est adsorbé sur une particule, son devenir et ses modes de transfert seront ceux des particules de sol. S'il n'est pas adsorbé, ou faiblement adsorbé, son devenir et ses modes de transfert seront ceux de l'eau (ruissellement hortonien ou de saturation, écoulements hypodermiques, drains). Les deux modes de transfert peuvent donc être couplés.

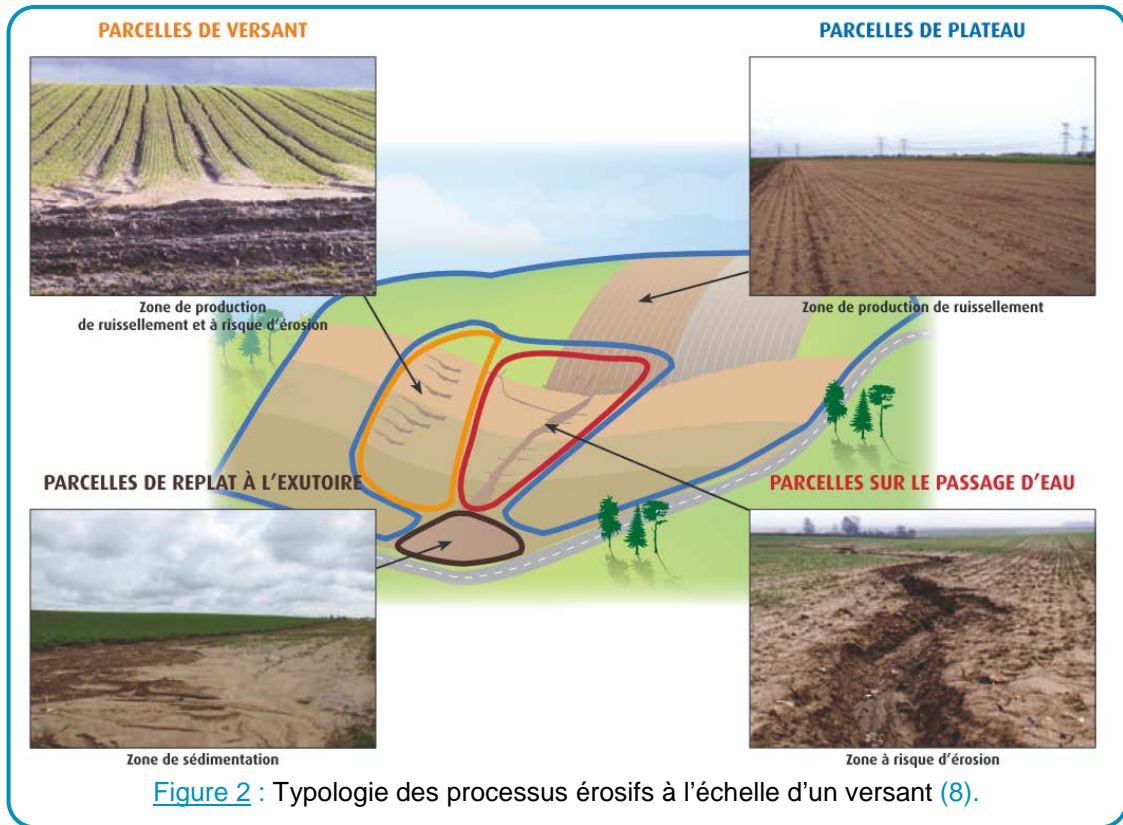
Conséquences des transferts (1, 4)

À l'**amont des bassins versants**, les parcelles agricoles peuvent être fortement touchées par les phénomènes de ruissellement et d'érosion hydrique. Les conséquences sur les parcelles et les cultures sont fonction de leur position sur le versant (Figure 2). Dans la zone où les particules sont arrachées, les semis peuvent être détruits. Dans les replats, où les particules se déposent, les semis peuvent être ensevelis. L'apparition de ravines gêne le passage des engins agricoles. L'érosion entraîne une perte de patrimoine (support de culture, fertilité : éléments minéraux et matière organique). De plus, l'apparition d'une croûte de battance freine les échanges thermiques, hydriques et gazeux. La croûte de battance constitue une véritable barrière physique qui impacte l'émergence des semis et la perméabilité du sol. La perte de sol par érosion entraîne une diminution de la réserve utile en eau. Ainsi, les phénomènes de ruissellement et d'érosion hydrique sur les parcelles agricoles peuvent impacter les rendements agricoles et donc les revenus des agriculteurs.

qui sont touchées. Le ruissellement et l'érosion hydrique s'accompagnent de dégâts de voiries, lors des coulées de boue et des inondations, et du colmatage ou du comblement des réseaux de collecte d'eaux pluviales et des ouvrages de protection (déversoir d'orage, etc.). Ces phénomènes mettent en danger les populations et coûtent chers aux collectivités.

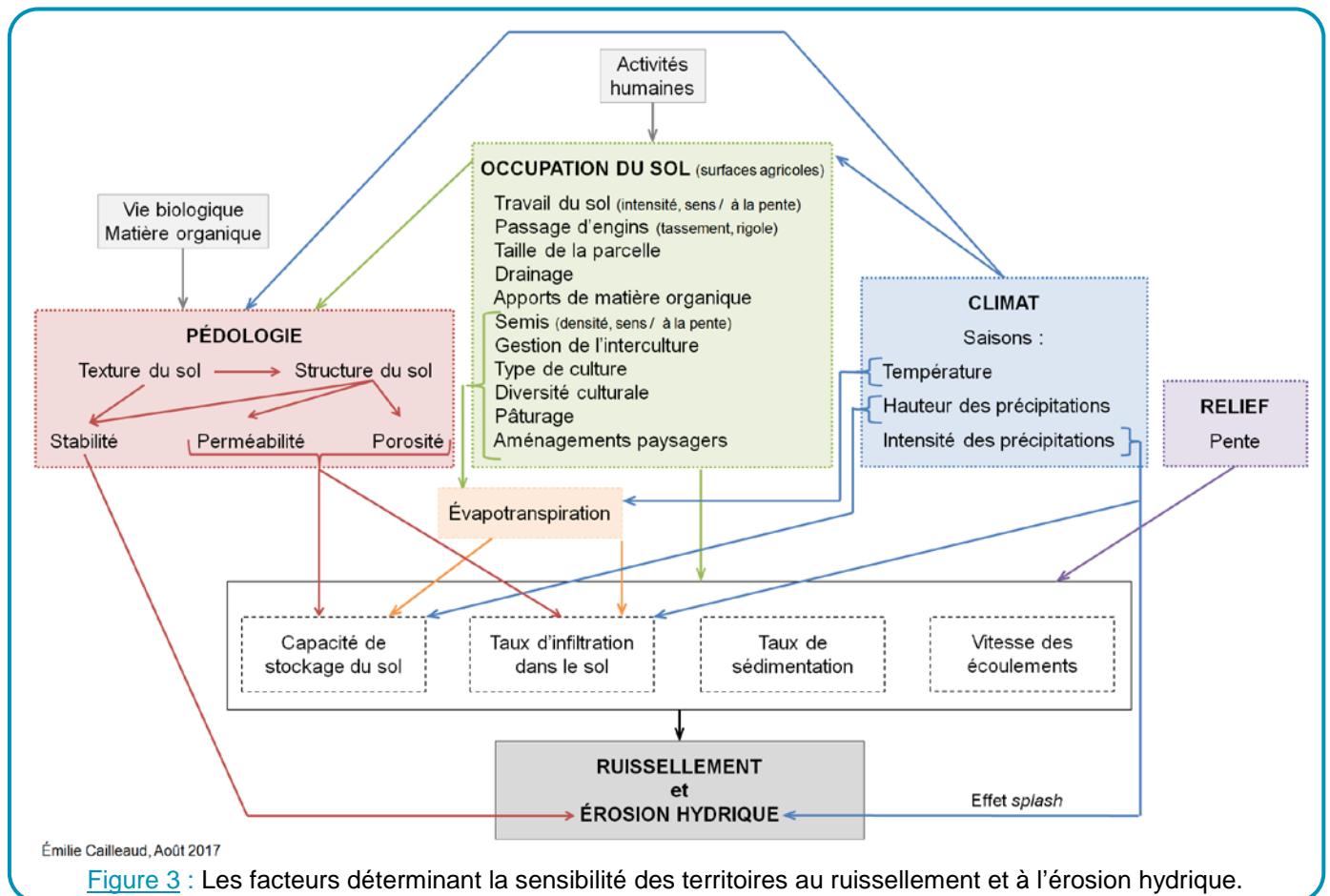
À l'**aval des bassins versants**, ce sont les installations humaines (ouvrages d'art, chaussées et zones bâties)

Dans les bassins versants, ce sont la qualité des milieux naturels et la qualité des eaux qui sont impactées. Les apports de particules de sol peuvent entraîner l'envasement du lit des rivières et leur colmatage, et ainsi la destruction d'habitats (macro-invertébrés, population piscicole). Les phénomènes de ruissellement et d'érosion hydrique favorisent les transferts de pollutions diffuses, l'apparition du phénomène d'eutrophisation et la contamination des organismes vivants (bioaccumulation, biomagnification). Ils dégradent la qualité de l'eau utilisée pour la production d'eau potable. Ces processus entraînent donc des surcoûts pour dépolluer les eaux et mobilisent financièrement les collectivités pour restaurer les milieux dégradés.



Sensibilité des territoires aux transferts

Les territoires sont plus ou moins sensibles aux transferts de pollutions diffuses agricoles et de particules de sol. La sensibilité des territoires aux transferts est fonction de :



- la **présence d'une source de pollutions diffuses** (usages d'intrants).
- la **sensibilité des sols aux phénomènes de ruissellement et d'érosion hydrique**. La sensibilité des territoires à ces phénomènes est liée à la pédologie, au relief, au climat et à l'occupation du sol (1, 2, 4). Ces quatre facteurs agissent sur la capacité de stockage du sol, le taux d'infiltration dans le sol, le taux de sédimentation des particules de sol érodées et la vitesse des écoulements (Figure 3).
- la **connectivité hydro-sédimentaire** (9), c'est-à-dire le potentiel pour le polluant d'être transféré de la parcelle au milieu aquatique. Les réseaux de drainage augmentent la connectivité hydro-sédimentaire. Les zones tampons, comme les haies, les talus et les ripisylves, diminuent la connectivité hydro-sédimentaire.

Conclusions et perspectives

Le ruissellement et l'érosion hydrique sont des **facteurs de pression importants** qui affectent l'ensemble des bassins versants. En effet, de l'amont à l'aval, ces **phénomènes naturels**, parfois **aggravés par les aménagements du territoire** (suppression du bocage, réseaux de drainage, artificialisation des sols, etc.), causent de nombreux dégâts. Ils ont donc des **coûts socio-économiques** mais aussi **environnementaux** importants.

La réduction de ces phénomènes, et leur gestion à l'échelle du bassin versant, permet d'améliorer la qualité de l'eau et des milieux aquatiques. De nombreux leviers existent pour limiter les transferts par ruissellement, érosion hydrique et drainage. Parmi eux on distingue les zones tampons et des pratiques agricoles (voir *Fiche technique 2 - Leviers pour limiter les transferts de pollutions diffuses agricoles et de particules de sol aux milieux aquatiques*).

Pour aller plus loin

- (1) Le Bissonnais Y., Thorrette J., Bardet C., Daroussin J. (2002). *L'érosion hydrique des sols en France*, Rapport INRA/IFEN. 106 p.
 - (2) Auzet A. V. (1987). *L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture : aspects agronomiques*. Centres d'études et recherches éco-géographiques, Ministère de l'environnement, Ministère de l'Agriculture. 60 p.
 - (3) Catalogne C., Le Hénaff G. (coordinateurs) (2016). *Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole*. Élaboré dans le cadre du groupe technique Zones tampons. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles, 64 p.
 - (4) Degan F., Salvador-Blanes S., Cerdan O. (2015). *Cartographie de l'aléa érosif sur le bassin Loire-Bretagne – Projet VERSEAU*, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Laboratoire géohydrosystèmes continentaux de l'Université François Rabelais de Tours, BRGM. 102 p.
 - (5) Corpen (2007) (Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement). *Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux*, Première édition et Annexes 1 à 8. 176 p.
 - (6) Somea (Chambre d'agriculture de la Somme), Chambre d'agriculture du Nord Pas-de-Calais, Agence de l'eau Artois-Picardie, Conseil général du Nord, Conseil général du Pas-de-Calais (2014). *Guide de l'érosion – Lutter contre l'érosion*. 32 p.
 - (7) BRGM, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Université de Tours (2016). *Modélisation de l'érosion et du transfert sédimentaire dans les bassins versants drainés et validation spatio-temporelle*. Rapport final du projet de recherche et développement DRASTIC (version en cours de correction de Novembre 2016). 137 p.
 - (8) AREAS (Association de recherche sur le Ruissellement, l'Erosion et l'Aménagement du Sol) et les Chambres d'agriculture Seine-Maritime Eure (2008). *Fiches sur l'érosion et les cultures d'essai* (21 fiches) <http://www.areas-asso.fr/ressources/>
 - (9) Vandromme R., Cerdan O., Gay O. (2015). *Cartographie de la connectivité – Projet VERSEAU*. Rapport final, BRGM/RP-65184-FR. 35 p.
- Cailleaud É. (2017). *La réduction des transferts de particules de sol et de pollutions diffuses agricoles des versants aux milieux aquatiques, un axe majeur d'intervention du 11^e programme de l'agence de l'eau Loire-Bretagne ?* Sous parties 2.1., 2.2., 2.3. et 2.4 du rapport de stage de Master 2 Sciences de l'eau – Université Lyon 2.

Glossaire

Adsorption : processus au cours duquel des molécules d'un fluide (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide. L'adsorption physique est régie par des forces de Van Der Waals, elle n'implique aucune altération chimique des substances adsorbées. L'adsorption chimique met en jeu la formation de liaisons chimiques. Source : A. Tahar, J.-M. Choubert, P. Molle et M. Coquery. (2010). *Matériaux adsorbants pour la rétention et le traitement de substances pharmaceutiques et phytosanitaires – Caractéristiques et éléments de choix*, Rapport bibliographique. Cemagref, 42 p.

Battance : propension des sols à former en surface une couche peu perméable, plus ou moins épaisse. Source : Degan et al, 2015

Pollution diffuse : par opposition à « pollution ponctuelle », c'est une pollution dont la ou les origines peuvent être généralement connues mais pour lesquelles il est impossible de repérer géographiquement des rejets dans les milieux aquatiques et les formations aquifères. Les pratiques agricoles sur les surfaces cultivées (fertilisation, traitement avec des produits phytosanitaires) peuvent être à l'origine de pollutions diffuses par entraînement d'éléments minéraux (nitrates, phosphore) ou de molécules issues de la dégradation de produits phytosanitaires dans les eaux qui s'infiltrent dans le sol

ou ruissellent. Source : p 488 Système d'information sur l'eau (2017). *Glossaire sur l'eau et les milieux aquatiques*.

Structure d'un sol (ou d'un horizon de sol) : mode d'assemblage des constituants d'un sol, c'est-à-dire le mode d'organisation des différentes particules de sable, de limon et d'argile entre elles pour former des agrégats. Elle est décrite en termes de degré de structure (intensité d'agrégation), classe (taille moyenne des agrégats) et type de structure (forme de l'agrégation), ainsi que par la nature et la distribution des pores et canaux capillaires. Elle peut évoluer dans le temps. Sources : <http://www.ecosociosystemes.fr/structure.html> ; <https://www.aquaportail.com/definition-6761-structure-du-sol.html>

Texture d'un sol : c'est la répartition granulométrique de ses constituants c'est-à-dire la proportion entre les petites particules (argiles), les particules de taille moyenne (limons) et les particules de grande taille (sables (dont le diamètre reste tout de même inférieur à 2 mm)). Elle ne peut pas évoluer dans le temps Sources : http://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/2_1_TextureSol.html ; <http://www.ecosociosystemes.fr/structure.html>

agence.eau-loire-bretagne.fr



Établissement public du ministère
chargé du développement durable

Agence de l'eau Loire-Bretagne : E. CAILLEAUD / T. VILOINGT

Fiche technique 1 - Transferts de pollutions diffuses agricoles et de particules de sol aux milieux aquatiques