

L'érosion des sols sévit aussi dans le bocage !

Des tonnes de « terre », issues de l'érosion des parcelles agricoles, se déversent dans les rivières lorsque les eaux de pluies, ne pouvant plus s'infiltrer, ruissellent à la surface du sol. Souvent présentés comme bien protégés des altérations environnementales, les paysages bocagers ne sont cependant pas épargnés par les phénomènes d'érosion hydrique et de ruissellement érosif.



**ROMAIN REULIER¹, DANIEL DELAHAYE¹,
VINCENT VIEL², THIBAUT PREUX¹**

¹ Université de Caen, Laboratoire LETG-Caen
Géophen, UMR 6554 CNRS,
UFR de géographie.

² Université Paris 7-Diderot,
UMR CNRS 8586 Prodig – Paris.

26 millions d'hectares affectés en Europe¹ par l'érosion hydrique, avec des conséquences parfois dramatiques...

L'érosion hydrique se définit par un ensemble de processus de mobilisation, de transfert puis de dépôt de matériaux arrachés aux couvertures pédologiques, sous l'effet de l'eau. Il s'agit d'un phénomène naturel, exacerbé par les pratiques anthropiques.

La création d'un excès hydrique à la surface d'un sol est la première étape ; il apparaît quand l'eau de pluie ne peut pas s'infiltrer dans le sol. Ce refus d'infiltration peut être lié à la saturation du sol en eau ou à une intensité de pluie supérieure à la capacité d'infiltration du sol. Une fois cet excès hydrique en place, la pente commande la circulation de l'eau depuis les parcelles agricoles. En ruisselant à la surface du sol, les écoulements peuvent arracher des particules de terre et les déplacer sur des distances parfois importantes (plusieurs centaines de mètres), voire jusqu'aux cours d'eau.

Ce ruissellement érosif entraîne de nombreuses conséquences sociétales et environnementales. Elles sont d'autant plus importantes qu'un grand nombre d'espaces sont concernés et s'observent à trois échelles spatiales : sur les parcelles agricoles, dans les cours d'eau et aux exutoires des bassins versants.

Sur les parcelles agricoles d'abord, la disparition du sol est considérée comme irréversible à l'échelle humaine puisqu'il faut cinquante ans pour former 1 cm de sol. Cette érosion est particulièrement impactante, parce qu'elle entraîne une diminution de la fertilité du sol. Souvent insidieuse car peu perceptible, l'érosion peut être notable en cas d'incision profonde du sol (ravines), qui entraînera à la fois une gêne immédiate pour le travail du sol par l'agriculteur mais aussi le départ des semis.

Les particules de terre arrachées sur les parcelles agricoles peuvent ensuite être acheminées jusque dans les cours d'eau où elles vont dégrader la qualité des milieux aquatiques selon différents mécanismes. Tout d'abord en augmentant la turbidité de l'eau :

les particules sédimentaires transportées en suspension dans l'eau vont réduire la pénétration de la lumière, avec des conséquences sur la qualité biologique des eaux de rivière. Ensuite, lorsqu'en fin de crue les débits diminuent, les particules ne peuvent plus être transportées et se déposent alors au fond de l'eau, colmatant les frayères². Les polluants, fixés sur les particules sédimentaires lors de leur épandage (herbicides, fongicides...), se retrouvent également dans les cours d'eau : une pollution locale initialement, car limitée aux parcelles traitées chimiquement, gagne ainsi tous les compartiments de l'hydrosystème.

Enfin, aux exutoires des bassins versants, la concentration des écoulements chargés en particules de terre peut contribuer à la formation de crues turbides aux conséquences parfois dramatiques (coulées de boues, inondations...).

¹ D'après la Commission européenne.

² Espaces de reproduction des poissons.

Les bocages, remparts efficaces contre le ruissellement érosif ?

Prairies et haies inhibent le ruissellement...

Pour limiter l'érosion et le ruissellement érosif des sols, le bocage dispose de deux atouts : les prairies et les haies. La prairie protège les sols de l'érosion pluviale, grâce au maintien permanent d'un couvert végétal qui protège les sols de l'action érosive des gouttes de pluie et par l'évapotranspiration ; mais aussi par la porosité du sol qu'elle entraîne grâce à un développement racinaire important, ce qui permet une bonne infiltration des eaux de pluie et de ruissellement provenant de parcelles voisines.

La haie bocagère est le second atout du bocage : située perpendiculairement à la pente, elle est un frein à l'écoulement et favorise le stockage de matières (organiques, sédimentaires...). Ainsi, il n'est pas rare de voir un atterrissement à l'amont d'une haie tel que la dénivellée amont/aval peut dépasser deux mètres. Des recherches scientifiques ont par ailleurs montré, en comparant deux bassins versants de tailles semblables, l'un bocager, l'autre non, que le débit de pointe était deux fois plus important dans le bassin versant non bocager.

... mais d'autres éléments paysagers le favorisent

Le système bocager n'est cependant pas uniquement composé de haies et de prairies. Il se caractérise également par des réseaux de routes et de chemins, qui ont un impact différent. Ces réseaux linéaires facilitent en effet la concentration des eaux et leur évacuation vers les cours d'eau, notamment s'ils sont associés à un fossé. Très denses en milieu bocager, car développés pour desservir l'ensemble des parcelles agricoles, les routes et les chemins ont souvent des conséquences très néfastes en termes de transferts sédimentaires dans les cours d'eau. En effet, ces réseaux connectent des surfaces qui contribuent, même en contexte bocager, à produire du ruissellement, comme les parcelles cultivées. La sensibilité des parcelles cultivées au ruissellement érosif est particulièrement élevée pendant les périodes d'inter-cultures et au cours des premiers stades végétatifs des cultures en place, durant lesquels elles ne disposent d'aucune protection contre l'agressivité des pluies : aucun prélèvement en eau n'est assuré par la végétation encore insuffisamment développée, et le développement racinaire ne permet pas de recréer une porosité disparue sous l'effet du travail mécanique du sol pendant les semis. La sensibilité des sols est alors fonction des pluies qui, même de faible intensité, vont remplir graduellement la réserve utile



© R. Reulier

▲ Atterrissement à l'amont d'une haie orientée perpendiculairement à la pente.

des sols et/ou favoriser le développement d'une croûte de battance. Le passage du ruissellement de la parcelle agricole aux réseaux de routes et de chemins s'opère souvent par les entrées de champs. Aussi nombreuses que les parcelles elles-mêmes, elles sont un point de passage entre les surfaces agricoles et les réseaux linéaires. Situées sur une haie perpendiculaire à la pente, elles peuvent alors réduire à zéro l'effet « barrière » de la haie, en permettant aux écoulements de traverser (cette remarque vaut aussi pour les trouées de talus).

Finalement, si certains « éléments paysagers » du bocage ont un rôle inhibiteur sur le ruissellement (haies, prairies...), d'autres le génèrent voire l'exacerbent (parcelles cultivées, fossés, trouées de talus...). Ainsi, la densité de ces derniers aura un impact particulièrement important. Cependant, le système bocager est complexe, et il apparaît de plus en plus clairement que c'est moins la densité que la localisation et l'organisation des éléments du paysage qui sont déterminants dans le processus de transferts du ruissellement entre les parcelles agricoles et les cours d'eau. En effet, une entrée de champs située dans une haie parallèle à la pente n'aura pas d'impact

sur le ruissellement. À l'inverse, placée au milieu d'une haie située perpendiculairement à la pente, elle annihilera l'effet barrière de la haie. De même, une alternance de surfaces cultivées et en herbes créera une rugosité de surface telle que le ruissellement généré sur une parcelle cultivée sera infiltré par la prairie située à l'aval (figure 1).

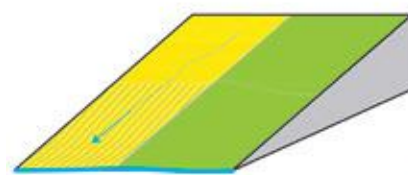
Pour mieux comprendre la circulation du ruissellement dans un paysage bocager et mesurer les quantités de terre « en jeu » au cours de périodes de ruissellement, différentes campagnes de mesures ont été menées.

Avec 47 mm de pluie, 170 tonnes de sédiments exportés sur un petit bassin de 15 km² !

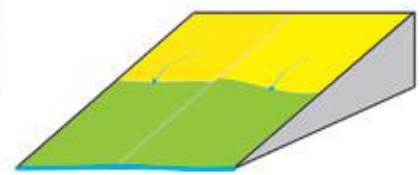
Un important travail de mesures

Une dizaine de campagnes de terrain a été réalisée au cours de différents épisodes ruisselants, faisant suite à des précipitations hivernales et estivales. Deux stations hydrologiques, disposées dans deux cours d'eau d'un même bassin versant, ont permis des mesures en continu du débit de l'eau et de la quantité de particules sédimentaires en

Figure 1 Exemples de transfert du ruissellement selon l'organisation des éléments du bocage.



Succession de parcelles cultivées dans le sens de la pente : connexion au cours d'eau.



La position des prairies, à l'aval des parcelles cultivées, permet l'infiltration du ruissellement.



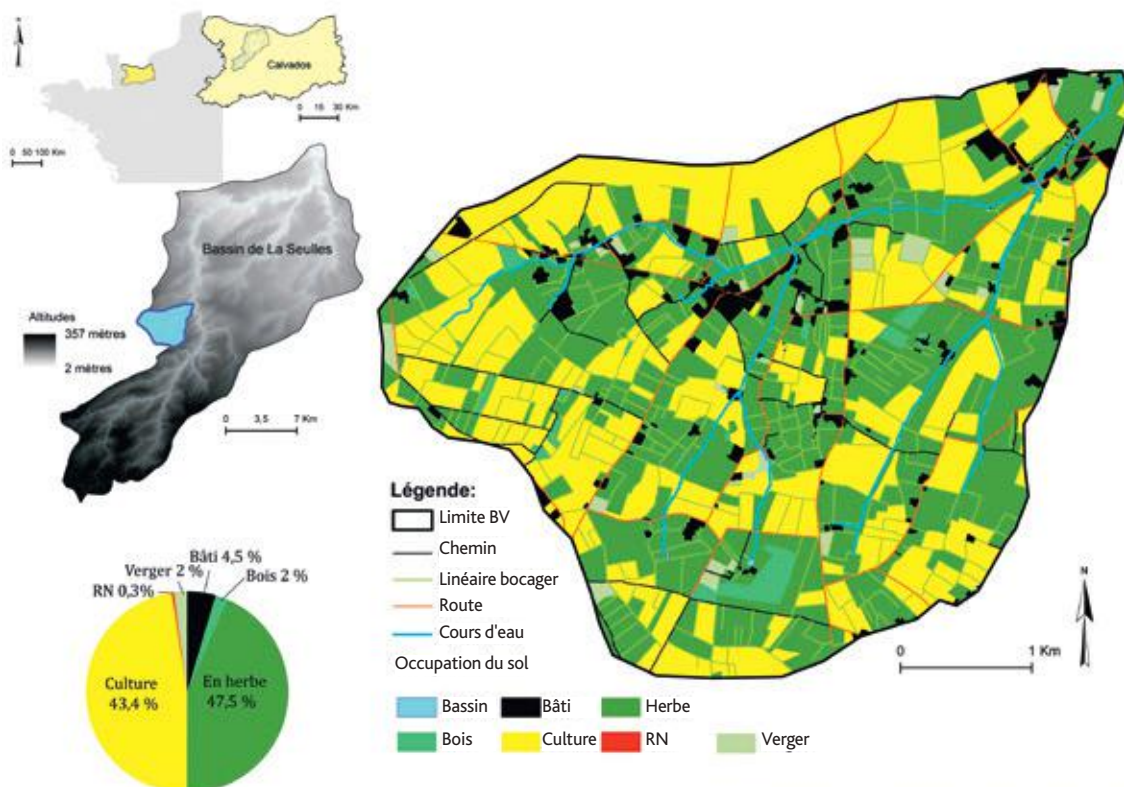
▲ Mesure des débits au moulinet.

suspension dans l'eau. En complément de ce dispositif, entre deux et sept personnes ont, à chaque épisode, investigué le bassin versant « pour suivre la piste » du ruissellement. Systématiquement, une mesure de débit et un prélèvement d'eau ont été effectués. Au total, ce sont près de 300 prélèvements d'eau qui ont été réalisés en une

dizaine de points, au cours de dix épisodes. Les prélèvements ont ensuite été analysés en laboratoire pour quantifier les matières en suspension contenues. Les quantités ainsi mesurées ont ensuite été associées au débit, pour obtenir le volume de sédiments transités en chacun des points au cours de chaque épisode. Cet important travail de mesure a

été réalisé sur le bassin versant de Lingèvres (Calvados, Basse-Normandie). D'une superficie de 15 km², ce petit bassin versant bocager (47,3 % de la superficie en herbes et une densité de linéaire de 6,6 km/km²) est situé au contact entre le Massif armoricain (au sud du bassin) et le Bassin parisien (figure 2).

Figure 2 Bassin versant de lingèvres.



Conception et réalisation: Romain Reulier. LETG-Caen



▲ Talus percé et entrée de champs permettant le passage du ruissellement.

Une érosion qui peut être forte

Les résultats montrent que les processus d'érosion, de ruissellement et de transferts vers les cours d'eau peuvent être importants dans les espaces bocagers. Il a ainsi été mesuré, à l'exutoire du bassin, des quantités très importantes de particules sédimentaires exportées : 54 tonnes après une averse de 21 mm (08-03-2013), 170 tonnes après une averse de 47 mm (15-11-2010), 17 tonnes après 9,6 mm (14-12-2012). Ces expérimentations de terrain et les mesures réalisées en laboratoire montrent clairement que les sources en sédiments sont multiples.

Des sédiments d'abord issus de la dégradation des berges des petits ruisseaux

Précisons ici qu'une distinction doit être faite entre érosion de berge et dégradation de talweg. Dans le premier cas, on parle de l'érosion des berges du cours d'eau permanent par le cours d'eau lui-même. Dans le second cas, on parle de la dégradation des talwegs des petits ruisseaux à régime intermittent et situés dans les parties amont des bassins. Les débits y sont rarement assez forts pour éroder les berges. Ces ruisseaux qui traversent les prairies constituent des abreuvoirs pour le bétail en pâture pendant la période estivale. En s'abreuvant dans ces ruisseaux, le bétail piétine les berges

qui s'effondrent. Si, en période estivale, les ruisseaux ne sont pas assez puissants pour exporter les particules de terres, ces dernières seront exportées à l'automne lors de la première crue de l'année. Ainsi, malgré la présence de prairies dans les parties amont, leur utilisation pour le pâturage du bétail peut entraîner la dégradation des berges et être responsable d'importantes pertes en terres. Les mesures réalisées montrent en effet que 91 tonnes de terres ont été exportées de ces espaces lors de la crue du 14 novembre 2010, soit environ 50 % des sédiments exportés du bassin ce jour-là. Une telle production sédimentaire des têtes de bassins versants herbagères n'est cependant pas récurrente. Il semblerait que seule la première crue automnale soit autant « exportatrice » dans ces zones ; car cette crue, dite de « vidange », évacue les particules de terres érodées par le piétinement « estival ».

L'érosion des parcelles cultivées, seconde source de sédiments

Le travail de prélèvement le montre parfaitement : une part significative des particules de sols arrachées sur les parcelles cultivées est acheminée jusque dans les cours d'eau. Le trajet des sédiments peut être direct, s'ils sont arrachés sur des parcelles situées le long d'un ruisseau, ou indirect. Dans ce cas, c'est la localisation et l'agencement des parcelles, des entrées de champs et des

réseaux linéaires qui vont être déterminants. Le phénomène est assez classique : une parcelle cultivée génère un excès d'eau au cours d'un épisode pluvieux, le ruissellement se forme, quitte la parcelle via une entrée de champs et s'écoule dans un linéaire, jusqu'à ce qu'une buse lui permette de se jeter dans le cours d'eau. Il n'est pas rare de voir du ruissellement émis par des parcelles très éloignées se « connecter » à un cours d'eau. Cette prégnance des réseaux linéaires est particulièrement forte dans les parties amont des bassins versants. Les mesures réalisées dans ces zones montrent en effet des quantités de terres érodées et exportées de l'ordre de 60 à 150 kg par hectare lors de la crue du 15 novembre 2010 (47 mm) et de 40 à 100 kg par hectare le 8 mars 2013 (21 mm de pluie). Si les sédiments exportés du bassin pendant ces épisodes ruisselants proviennent des processus de dégradation de berges par le bétail et du ruissellement de surfaces cultivées, on estime à 20 % la contribution des sédiments issus de l'érosion des berges du cours d'eau principal sur le bassin de Lingèvres.

Les transferts sédimentaires entre les parcelles (cultivées ou en pâtures) et le cours d'eau ne sont pas linéaires dans le temps et dans l'espace. Il a ainsi été mesuré, sur le bassin versant de Lingèvres, que seuls quelques épisodes pluvieux étaient responsables de l'exportation de la quasi-totalité



des sédiments érodés dans un bassin au cours d'une année. Autrement dit, à quantité de pluies égales, les quantités de terres érodées et exportées d'un bassin ne sont pas les mêmes ; on parle alors de variabilité temporelle du ruissellement. Mais cette variabilité est également spatiale, avec – on l'a vu – plusieurs sources sédimentaires : les parcelles cultivées ruisselantes, les talwegs piétinés et les berges du cours d'eau. Cette variabilité spatio-temporelle est liée à des paramètres fondamentaux tels que les antécédents hydriques, le contexte géologique et pédologique, l'intensité des pluies, le développement végétal mais aussi la localisation des parcelles et des réseaux linéaires dans le bassin versant.

Conclusion

Le rôle des paysages de bocage vis-à-vis des processus d'érosion des sols et de ruissellement est complexe. La forte proportion de surfaces enherbées et un linéaire de haies important ne garantissent pas un cloisonnement hydrologique total des bassins versants. Dans les paysages bocagers, l'organisation spatiale des espaces de production de ruissellement (parcelles agricoles), des éléments inhibiteurs (prairies, haies) et des réseaux de transferts (routes, fossés, chemins) est la clé de compréhension du fonctionnement du ruissellement érosif. De par sa multifonctionnalité (biodiversité, trame verte, bois-énergie...), la haie bocagère apparaît être l'élément paysager indispensable pour limiter les transferts sédimentaires entre les parcelles agricoles et le cours d'eau, à condition d'être bien positionnée sur le versant et d'être continue pour éviter le passage de l'eau (entrées de champs). ●

▼ Dégradation des berges par piétinement bovin.

