



HAL
open science

Bocage et inondation : peut-on généraliser l'effet de laminage des ruissellements aux crues ?

Christine Poulard, G. Le Hénaff, Pascal Breil, G. Armani, A.L. Achard, E. Gonzalez-Sosa

► To cite this version:

Christine Poulard, G. Le Hénaff, Pascal Breil, G. Armani, A.L. Achard, et al.. Bocage et inondation : peut-on généraliser l'effet de laminage des ruissellements aux crues ?. Sciences Eaux & Territoires, 2019, 30, pp.48-53. 10.14758/SET-REVUE.2019.4.10 . hal-02609806

HAL Id: hal-02609806

<https://hal.inrae.fr/hal-02609806>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Bocage et inondation : peut-on généraliser l'effet de laminage des ruissellements aux crues ?

Agir en amont sur le ruissellement en plantant ou en restaurant des haies est présenté dans certains documents comme une excellente solution pour atténuer les inondations. Pour d'autres, ces effets sont plus mesurés. Pour comprendre ces désaccords, les auteurs de cet article ont analysé la littérature scientifique sur l'effet des actions en versant, et en particulier des haies, sur le ruissellement. Ils attirent notamment l'attention sur la manière dont les résultats scientifiques sont présentés et cités, car elle peut être à l'origine de mauvaises interprétations.

Décrire et quantifier le ruissellement

Le ruissellement est à la fois une cause directe de dommages (coupures de route, par exemple) et une contribution à la genèse des crues à l'aval. Il est important de bien le définir, le caractériser en tant qu'aléa, mais aussi de le quantifier, avant de comprendre comment agir pour en atténuer les conséquences.

Le ruissellement en tant que trajet d'une goutte de pluie entre son point de chute et le cours d'eau ?

Le *Glossaire international d'hydrologie* (1992) définit le ruissellement comme un « écoulement diffus de l'eau sur le sol avant d'atteindre un cours d'eau ». Cette définition évoque le cheminement de l'eau en surface, depuis le point de chute de la pluie au cours d'eau. Complétons : le ruissellement va se concentrer peu à peu, creusant souvent lui-même les rigoles dans lesquelles il s'écoule, mais il peut aussi être stoppé dans sa progression par une rupture de pente ou un obstacle, et éventuellement s'étaler de nouveau. Les infrastructures anthropiques (drainage, fossés divers, routes...) modifient beaucoup les chemins du ruissellement. La figure ❶ est une représentation de ces chemins de l'eau ; les flèches rouges indiquent des vitesses plus fortes. Mais d'autres définitions du ruissellement, complémentaires, introduisent d'autres notions. Castany (1967)¹ propose : « quantité d'eau qui, au cours d'une précipitation, échappe à l'infiltration et à l'évapotranspiration ». Cette fois, un bilan s'ébauche : Ruissellement = Pluie – Évapotranspiration – Infiltration.

Comme le fait très justement remarquer le site www.hydrologie.org, ces définitions peuvent suggérer qu'une partie de la pluie s'infiltrerait immédiatement, et que l'excédent ruisselle et vient grossir les cours d'eau, alors que cela est trompeur. En effet, des écoulements ont également lieu dans le sol, en fonction de la nature, de la structure et de la pente de chacune des couches du sol. La figure ❷ ne fait qu'évoquer schématiquement ces cheminements, en illustrant que l'eau infiltrée peut ressortir et provoquer du ruissellement plus loin. C'est une question cruciale pour notre étude : l'eau infiltrée est-elle pour autant soustraite à la crue ?

Quels processus faut-il prendre en compte ?

La figure ❷ schématise le devenir de la pluie : l'interception par le feuillage, l'infiltration, le ruissellement avec éventuellement entraînement des sédiments, les écoulements de sub-surface (ici, dans une couche de sol située au-dessus d'une couche moins perméable), et enfin l'interception des écoulements de surface par la microtopographie (flaques) ou des infrastructures (ici : fossé et talus). Pour un « simple » bilan, il faut identifier les phénomènes importants et les quantifier. Pour une modélisation, il faut mettre ces processus en équations et en déterminer les paramètres, souvent spatialisés. L'infiltration, en particulier, est un processus dynamique, qui dépend des propriétés physiques des couches du sol (perméa-

1. Cité sur la page : <http://hydrologie.org/glu/FRDIC/DICRUISS.HTM>

bilité, porosité), de l'humidité du sol et de l'intensité de la pluie. En effet, l'infiltration est limitée par la capacité de stockage du sol, mais aussi par une vitesse d'infiltration maximale (hypothèse de Horton). Ensuite, non seulement l'eau infiltrée peut réapparaître en surface, par exemple à l'occasion d'une rupture de pente, mais elle va faire monter le niveau des nappes de versant qu'elle réalimente. Or, pour certains auteurs, quand ces nappes de versant sont connectées à la nappe d'accompagnement, l'augmentation de la charge hydraulique accroît le flux des échanges de la nappe vers la rivière. Et en effet, des travaux s'appuyant sur des analyses chimiques indiquent que l'eau d'une crue n'est pas exactement celle de la pluie fraîchement tombée. Au contraire, de l'eau souterraine peut contribuer fortement aux crues.

Remarquons enfin qu'un épisode de pluie donné n'activera pas nécessairement tous les chemins de l'eau. En effet, les circuits de l'eau dépendent de la répartition spatiale des intensités de pluie et des durées, mais aussi de l'état d'humidité initial du sol et des niveaux de nappe.

De la parcelle au versant puis au bassin versant

Les conséquences qui nous intéressent sont à des échelles allant de la parcelle ou ensemble de parcelles (érosion et entraînement de terres arables) au bassin versant (inondation).

Comprendre la difficulté à modéliser un bassin versant, ou même un simple versant, est important. La figure 2 illustre des écoulements complexes, avec des composantes en surface et en subsurface, qui peuvent interagir. Ils dépendent de paramètres spatialisés : la microtopographie, l'état de surface (qui joue sur la rugosité et sur l'infiltrabilité), le maillage parcellaire, les infrastructures linéaires ainsi que les caractéristiques des couches du sol. Des écoulements qui se concentrent dans une rigole ou un fossé, puis débordent de nouveau en un écoulement moins structuré sont plus complexes à modéliser que des écoulements chenalisés. Mais en plus, les chemins de l'eau peuvent changer en cours d'événement, en raison des phénomènes d'érosion et de dépôt. Les petits ouvrages de stockage sont aussi sujets à des comblements en cours d'événement, ce qui change radicalement leur effet. Enfin, autre écueil, en plus de données spatialisées à résolution suffisante (topographiques, pédologiques...), il faut des mesures pour le calage et la validation. Or, mesurer du ruissellement, par nature modeste et réparti sur des larges surfaces, est (encore) plus difficile que de mesurer des débits en cours d'eau. Les autres termes du bilan (infiltration, évapotranspiration) ne sont pas non plus simples à quantifier.

A fortiori, l'évaluation de l'effet d'actions sur le ruissellement est une tâche d'autant plus complexe que ces actions seront nombreuses et de natures différentes. Et, plus le territoire à modéliser est étendu, plus il est compliqué de représenter finement chaque ouvrage, fossé ou talus.

Influences possibles du bocage

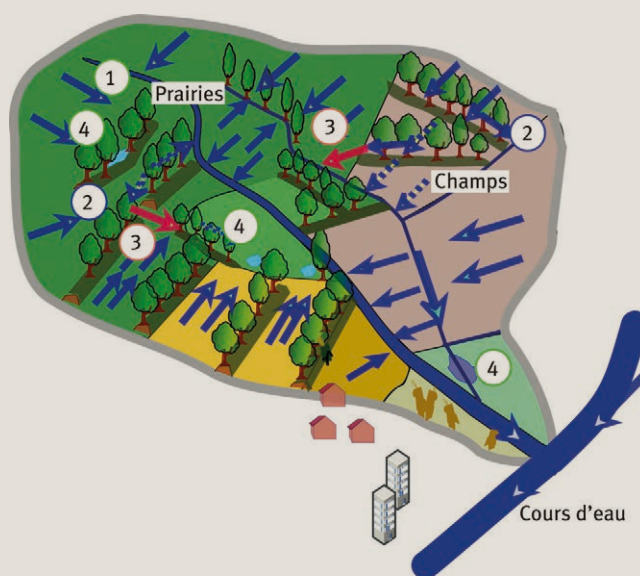
Pour mieux appréhender la complexité de la dynamique du ruissellement à l'échelle des versants, on peut néanmoins s'appuyer sur une notion développée dans les modèles d'érosion agricole : distinguer les zones de production, de transfert et d'accumulation. Cette représentation du paysage qui dépend de la pente, de l'occupation

du sol et des propriétés édaphique et hydraulique des sols constitue une clé de lecture pour les aménagements en versant.

Les éléments du système bocager, qui sont des haies plus ou moins denses, des fossés et des talus, ainsi que des prairies, pourraient donc jouer sur les trois phénomènes associés au ruissellement :

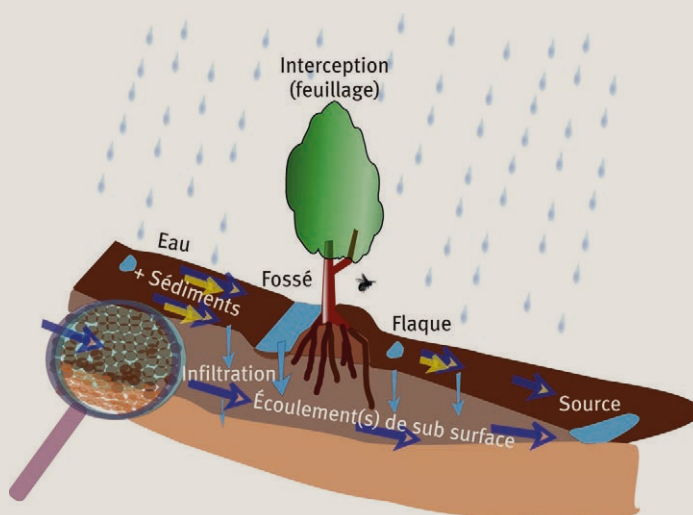
- la **production** de ruissellement. Il a été rappelé que le ruissellement est généré par saturation des sols et/ou par refus d'infiltration (Horton). Ainsi, l'infiltration est favorisée respectivement par le maintien de prairies plutôt

1 Les chemins du ruissellement dans un bassin versant : représentation en plan.



À l'échelle du bassin versant, seules les haies en travers de la pente principale [1] collectent le ruissellement, et donc le concentrent [2] ; il peut donc devenir érosif s'il finit par suivre la pente, dans un thalweg érodable [3]. L'idéal est d'identifier les cheminements, pour les embroussailler, et de les diriger vers des zones peu vulnérables (fonds de vallons humides [4]).

2 Les chemins du ruissellement : bloc diagramme avec les écoulements de surface et de subsurface, dans les interstices du sol.



► que de zones labourées qui développent une croûte de battance, et par le ralentissement des écoulements ;

- le **transfert** de ruissellement. En créant des obstacles linéaires, les haies, surtout si elles sont munies de talus et/ou fossés redessinent les chemins d'écoulement. Selon leur orientation par rapport à la pente principale, les écoulements seront ralentis ou au contraire concentrés ;
- l'**accumulation** de ruissellement. La topographie naturelle et les talus peuvent délimiter des micro-casiers qui retiennent des volumes d'eau, plus importants en fond de vallons plats que dans les pentes. Cependant, les talus n'étant pas conçus comme des digues, ils peuvent présenter des risques de rupture. Les mares et zones humides de fond de vallon peuvent aussi jouer un rôle de rétention temporaire des eaux de ruissellement.

L'effet individuel de structures linéaires – comme les haies, talus et fossés – dépend de leur nature (avec talus, avec fossé...) et de leur orientation par rapport à la pente. À l'échelle du bassin versant, l'effet combiné dépend donc de leur densité, mais surtout de leur structure dans l'espace (figure ①).

Ce que dit la littérature scientifique sur les actions de réduction du ruissellement et pourquoi elle semble se contredire

À toutes échelles, en milieu urbain comme en milieu rural, les ouvrages de prévention des inondations reposent sur les mêmes processus : réduire le flux en stockant une partie de l'eau, ralentir les écoulements pour les

étaler dans le temps, les canaliser pour les acheminer là où ils ne provoqueront pas de dégât. L'effet d'ouvrages de génie civil comme d'interventions plus modestes doit être évalué non pas sur un événement mais sur une gamme d'événements, afin de décrire l'effet en régime.

Ces deux rappels, sur les phénomènes et sur l'évaluation des actions de prévention, nous permettent de mieux aborder maintenant l'analyse des travaux scientifiques.

Actions (au sens large) contre le ruissellement

Notre étude bibliographique² fait ressortir que les effets des actions en versant peuvent être significatifs pour réduire l'érosion et les inondations locales pour des événements modestes. Par contre, quand le sol est saturé et ne peut plus infiltrer, le pic de crue est inchangé par rapport à une occupation du sol moins infiltrante. En effet, comme pour un ouvrage écrêteur, le débit est réduit car on en « stocke » une partie (dans les fossés, les dépressions, en infiltrant...). Une fois que la capacité de stockage est pleine, ce laminage ne peut plus avoir lieu. Cependant, le seuil au-delà duquel l'effet s'estompe varie fortement d'un bassin à un autre, en fonction notamment des pentes et de la nature du sol.

En plus de l'écrêteur, le ralentissement retarde le pic de crue local. Cela peut réduire ou non le pic de crue plus loin à l'aval, en fonction des décalages temporels entre les différentes contributions (notion d'« horloge des crues »). Là encore, cet effet dépend des caractéristiques de chaque événement.

2. Voir la note bibliographique complémentaire (Poulard et al., 2019).

① L'ART DE LA CITATION, OU COMMENT RÉSUMER SANS TRAHIR ?

Une version plus détaillée se trouve dans le complément bibliographique, avec les références (Poulard et al., 2019).

Suivons un article de Philippe Mérot (1999) de citation en citation. Cet article, en anglais, a donc pu être lu et utilisé dans un rapport britannique ; dans la liste restreinte, nous renvoyons le lecteur plutôt à Mérot (2003), en français.

1) L'article : le résumé annonce que le rôle hydrologique (du bocage) en pays tempéré « est relativement méconnu bien que paradoxalement cité comme important (...) ». Il présente notamment ses résultats sur la comparaison des écoulements sur deux petits bassins versants similaires et comparables, hormis la présence de bocage sur un des sites. Pour des crues d'occurrence fréquente, le coefficient de ruissellement et le pic de crue étaient de 1,5 à 2 fois plus forts sur le bassin sans bocage que sur l'autre. Il conclut que le bocage joue un rôle tampon sur les écoulements rapides des eaux en période de crue, du moins pour les événements de forte fréquence, et précise qu'il est admis que des événements de pluies extrêmes finissent par saturer le sol, après quoi l'intégralité de la pluie tombée ruisselle. Il précise également que le rôle du bocage dépend de la nature de la haie et du contexte, et que l'influence n'en a été étudiée que localement.

2) Un rapport signé par Wolton (2004), avec le logo de l'association Hedgelink, met également en avant le manque de connaissances : « *Much current UK action appears to be based on opinion and anecdotal information* ». Dans le chapitre consacré à l'hydrologie, il cite Mérot (1999) et son évaluation de l'atténuation des pics de crue par le bocage, mais l'élément de contexte « *événements d'occurrence fréquente* » est remplacé par « *pluie typique* » ; il disparaît du résumé avec une utilisation trompeuse du terme « *extrême* » : (...) « *peak flows in streams are less extreme (...) in the hedged areas* ». Il invite à la prudence quant à l'effet sur les crues à l'aval.

3) Le site de l'association Hedgelink (hedgelink.org.uk) ne cite pas forcément ses sources, mais le rapport Wolton porte le logo Hedgelink, certaines formulations sont identiques et la « *comparaison de 2 bassins Bretons* » renvoie forcément à Mérot (1999) ; pourtant, leur conclusion dépasse la pensée de l'auteur : « *Together with woods, hedges reduce the rate of flow of water within catchments, so help to reduce flooding downstream. A comparison between two very similar catchments in Brittany, one with hedges and the other without, showed that peak flows in streams are less extreme and minimum flows greater in the hedged areas* ». Contrairement au rapport Wolton qui met en avant le manque de connaissances sur le lien entre haies et inondations, il est même écrit dans un autre paragraphe que les haies sur talus sont efficaces, et de plus en plus installées dans ce but.

Cet exemple de suivi, de citation en citation, met en lumière :

- l'appauvrissement ou la déformation des propos d'un auteur par le seul fait de résumer ; on notera d'ailleurs que l'information est assez correcte dans le corps du rapport Wolton mais la formulation dans le résumé est trompeuse ;
- le danger de reprendre une citation sans vérifier, sous peine de déformer encore plus le propos (hélas beaucoup de journaux scientifiques sont payants, et donc leurs articles difficiles à trouver hors du monde académique) ;
- l'intérêt de citer les sources. Le rapport Wolton s'y conforme et le lecteur peut donc vérifier, replacer les informations dans leur contexte complet, et éventuellement trouver de proche en proche d'autres informations sur le sujet. Le site Hedgelink n'est pas soumis aux mêmes contraintes académiques ; le lecteur ne sait pas sur quels exemples s'appuie l'affirmation que les haies sont efficaces, ni quels projets y recourent.

2 FORÊT ET CRUES, UNE CONTROVERSE « HISTORIQUE »

Le ruissellement est a priori facilement observable, mais dépend en fait d'un ensemble de phénomènes plus complexes (variabilité de l'infiltration dans le temps et dans l'espace, écoulements de sub-surface...).

« Je ne crois pas, moi qui ai souvent vu, dans les bois de la Loire supérieure, quelle influence retardatrice exerçaient les mousses et les plantes rampantes sur l'écoulement des eaux, qu'il y ait un moyen plus efficace de régularisation du régime de nos grandes rivières que le reboisement des montagnes. Je ne comprends même pas que l'on puisse discuter encore cette question, devenue évidente pour tous ceux qui ont voulu se donner la peine d'aller voir. »

Graëff, A. (1883).

« Les forêts régularisent elles du moins les écoulements superficiels des eaux fluviales ?

« (...) dans ces moments de crise (...), préparés à l'avance (...) par des chutes d'eau abondantes, il est incontestable, disons nous, que la couche supérieure du sol des forêts, en tout temps plus humide que celle des autres terrains, arrive à très-peu près à saturation, et devient ainsi impropre à de nouvelles imbibitions.

Vallès, F. (1857 et 1860) .

En résumé, les principaux enseignements que nous avons tirés de la littérature scientifique sur le diagnostic d'effet des actions contre le ruissellement sont :

- ne pas généraliser les conclusions d'un cas sur l'autre, car les résultats dépendent du contexte (climat, pente), de la répartition spatiale des ouvrages au moins autant que de leur nombre, et des conditions de l'étude (type d'événement : période de retour, durée, conditions initiales, états de surface) ;
- ne pas sous-estimer la difficulté de la modélisation. Elle dépend du nombre d'ouvrages et de processus, pas de leur taille. De plus, avant d'interpréter un résultat, il faut vérifier sur quelles hypothèses il repose ;
- ne pas sous-estimer la difficulté des mesures et de leur analyse. En comparant des événements ou des séries temporelles avant et après une modification ou entre deux bassins voisins, il faut vérifier que les écarts sont significatifs et dus au seul trait étudié et non aux différences entre les événements suivis ou celles entre les bassins étudiés (dont l'occupation du sol ou les infrastructures peuvent évoluer dans le temps) ;
- bien identifier l'objectif d'une étude. A-t-elle pour but de réduire le ruissellement érosif, le transfert des polluants, les inondations locales ou les inondations à l'échelle du bassin versant ? Les auteurs d'études de ruissellement à l'échelle d'un versant, tout en précisant généralement très bien le contexte, suggèrent souvent en conclusion, au conditionnel, que la réduction du ruissellement pourrait réduire les crues en aval, ce qu'il faudrait étudier. Quand ces travaux sont cités, les éléments de contexte et le conditionnel disparaissent parfois... (encadré 1)

Haies et ruissellement, forêts et ruissellement

Il y a finalement peu de travaux spécifiques sur les haies pour l'érosion, le transfert de polluants et les inondations, alors qu'il y a un réel besoin de connaissances pour évaluer les services rendus et fonder les décisions publiques (encadré 1).

À défaut, on peut donc chercher à s'appuyer sur les nombreuses études sur les forêts. Déjà en 1859, Clavé parle de débats sur les digues, réservoirs et canaux de dérivation, et indique que le reboisement des montagnes « plus que tout autre, (...) a eu ses défenseurs convaincus et ses adversaires acharnés » (encadré 2, Graëff vs Vallès). Les publications modernes font émerger que ce n'est pas tant la forêt que le sol qui favorise l'infiltration, et que les forêts ne semblent pas jouer de rôle significatif pour

atténuer les fortes crues. Cependant, même au vingt-et-unième siècle, des opinions contraires subsistent. La difficulté de quantifier les phénomènes, les spécificités locales (pentes, sols) et conjoncturelles (types de pluie), mais aussi un jeu d'acteurs avec une culture et des priorités différentes (forestiers, ingénieurs, biologistes...) concourent à expliquer la difficulté de conclure.

Les haies n'ont pas été historiquement conçues pour un effet hydraulique. En revanche, des projets de restauration peuvent être une occasion de tester leur potentiel. Il ne faut pas raisonner sur une haie, mais à l'échelle du paysage, et chercher à diriger les écoulements collectés par les fossés vers des zones d'épandage (fonds de vallons) ou vers des émissaires dimensionnés pour cela. Il faut veiller aussi à ce que les talus soient protégés des érosions et des surverses. D'après l'analyse bibliographique de la littérature scientifique, on peut attendre des effets de réduction de l'érosion (Ouvry, 2012), du transfert des pollutions diffuses et des crues locales. Pour les fortes crues, des ouvrages de prévention des inondations « classiques » seront plus indiqués. Les deux stratégies sont finalement complémentaires. De plus, on peut très bien faire appel à des compétences en écologie pour imaginer des solutions techniques avec le moins d'effets négatifs possibles (principe de « co-conception »).

« Haies et inondations »... une question trop restrictive ?

Les haies n'ont vraisemblablement pas d'effet sur les fortes crues... Cette conclusion est souvent perçue comme contre-intuitive. C'est pourquoi la description des phénomènes et le rappel des difficultés de quantification est un préalable important, mais pas toujours suffisant pour convaincre. Nous évoquons ici deux pistes pour favoriser la synthèse entre connaissances scientifiques et action sur un territoire.

Partager des connaissances... un métier !

Dans les territoires de bocage, le bon sens et l'observation indiquent que les haies freinent le ruissellement, et il semble logique d'en déduire qu'ils vont atténuer les inondations, comme l'écrit Graëff (encadré 2). D'après la littérature scientifique, cette généralisation est plutôt hasardeuse, mais il est difficile de l'expliquer simplement. Les écoulements dans le sol échappent à l'observation courante, et sont jugés complexes même par les spécialistes. Il faut pourtant donner des clés pour éviter les mauvaises interprétations. Prenons un exemple : il est

tendant de comparer la capacité de stockage du sol avec la lame d'eau tombée lors d'une pluie, puisque toutes les deux peuvent s'exprimer en millimètres. Les rappels énoncés plus haut invitent à nuancer : les épisodes précédents ont pu déjà humidifier le sol. De plus, l'intensité de pluie n'est pas homogène et la vitesse d'infiltration est limitée, selon l'hypothèse d'Horton. Enfin, l'eau infiltrée peut quand même contribuer à la crue plus tard ou plus loin. Une recommandation très importante pour interpréter des résultats est de bien les replacer dans le régime hydrologique (raisonner sur un épisode est insuffisant) et/ou dans une variabilité climatique (des observations sur quelques années ne permettent pas de conclure sur les tendances). Rendre les résultats des travaux scientifiques compréhensibles sans les dénaturer par des simplifications abusives est en fait un réel challenge. Des structures comme le Creseb³ peuvent contribuer à faciliter les échanges, sur le long terme : après avoir organisé des journées sur le thème des inondations en Bretagne, avec des scientifiques et des acteurs locaux, le Creseb a rédigé des pages thématiques à partir des éléments fournis par les intervenants, toujours en ligne (Creseb, 2014).

Un autre élément important dans la diffusion des travaux scientifiques est de citer les sources, pour que le lecteur puisse vérifier et aller plus loin. Le document bibliographique annexé à cet article facilite l'accès aux textes analysés (Poulard *et al.*, 2019). En effet, l'encadré 1 montre comment le propos d'un auteur peut être déformé de citation en citation. Une des raisons de cette distorsion est certainement la nécessité de résumer, conduisant à supprimer des éléments de contexte. Mais il existe sans doute un filtrage, même involontaire : on recherche souvent des arguments pour conforter ses propres propos.

La bonne échelle de raisonnement : multicritères, sur quel territoire ?

Quand un rapport ne traite que du problème des crues, on peut l'accuser de mépriser les autres intérêts des haies et du bocage. Relativiser l'effet des haies sur les inondations ne signifie pas qu'elles n'ont pas d'autres intérêts, hydrauliques (réduction de l'érosion et des petites inondations locales, ralentissement des transferts de polluant, recharge de la ressource), mais aussi écologiques, paysagers, patrimoniaux, et même en termes de production agricole. Il faut bien entendu envisager tout aménagement ou réaménagement dans une approche intégrée. Pour cela, il convient de recourir à des approches d'analyses multicritères ; nous renvoyons au numéro 26 de la revue *Sciences Eaux & Territoires* « GEMAPI : vers une gestion plus intégrée de l'eau et des territoires » (2018) pour en savoir plus. Nous citerons seulement une mise

en perspective pertinente de Tacnet *et al.* (2018) : « Aider à décider consiste ainsi autant à aider, identifier et comprendre le contexte de décision (qui décide ? Sur quoi porte la décision ? Quels sont les critères utilisés ?), qu'à évaluer et comparer des solutions entre elles à l'aide de diverses méthodes de calcul agrégeant des évaluations de critères et de préférences ».

Ainsi, au lieu de collectionner des rapports sectoriels apparemment contradictoires, il faut se donner une vue d'ensemble, chaque domaine contribuant à l'évaluation, mais aussi définir en concertation avec les acteurs, les indicateurs et les règles de cette évaluation. Il est également de bon sens de ne pas envisager d'étude pertinente sur un territoire sans tenir compte des activités. La notion de solidarité amont-aval est souvent évoquée, mais il faut pouvoir aussi proposer des contreparties. Toute intervention, par exemple sur l'organisation du linéaire de haies et la rétention même temporaire, doit être compatible avec l'usage principal de la parcelle, avec l'accord et même l'adhésion des propriétaires et exploitants. En outre, l'implication des acteurs locaux est précieuse, pour leur connaissance fine du terrain, physique (présence de zones humides temporaires...) mais aussi culturelle, et pour trouver des solutions partagées. Idéalement, il s'agit de mettre réellement en pratique le souci d'une co-construction tenant compte des connaissances scientifiques et des réalités et savoir-faire de terrain. Les compétences et réflexions hydrauliques sont au service d'une problématique plus vaste, celle de la gestion intégrée et concertée des territoires. ■

Les auteurs

**Christine POULARD, Pascal BREIL
et Gilles ARMANI**

Irstea, UR RIVERLY, centre de Lyon-Villeurbanne,
5 Rue de la Doua, CS 20244,
F-69625 Villeurbanne Cedex, France.

✉ christine.poulard@irstea.fr

✉ pascal.breil@irstea.fr

✉ gilles.armani@irstea.fr

Guy LE HÉNAFF^{1,2}

1. Irstea, UR RIVERLY, centre de Lyon-Villeurbanne,
5 Rue de la Doua, CS 20244,
F-69625 Villeurbanne Cedex, France.

2. AgrEaunome, 89 route de l'Europe,
F-22860 Plourivo, France.

Anne-Laure ACHARD

Irstea, IST-SGLY, centre de Lyon-Villeurbanne,
5 Rue de la Doua, CS 20244,
F-69625 Villeurbanne Cedex, France.

✉ anne-laure.achard@irstea.fr

Enrique GONZALEZ-SOSA

Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico.

✉ egs@uaq.mx

3. Le Centre de ressources et d'expertise scientifique sur l'eau de Bretagne (Creseb) est un groupement d'intérêt scientifique (<http://www.creseb.fr/>).

Remerciements

Ces travaux bénéficient du soutien du ministère chargé de l'environnement (DGPR/SRNH), dans le cadre de la convention avec Irstea – Programme 181 action 10 sur la connaissance et prévention des risques naturels et hydrauliques. Nos réflexions ont été enrichies par les échanges lors de journées thématiques organisées par le Creseb (Les inondations, Vannes, 2014), le département du Finistère (Conférence sur le bocage, Quimper, 2015), et bien sûr la conférence Afac-Agroforesteries en 2018. Cet article s'appuie en partie sur une communication des mêmes auteurs avec Philippe Mérot (Inra) et Laurent Grimault (Creseb) au colloque EcoHydrology 2015, à Lyon, en la réactualisant.



EN SAVOIR PLUS...

- 📖 CRESEB, 2014, Pages thématiques « Inondations », avec en particulier les sections « De quoi parle-t-on ? » et « Agir dès l'amont », disponibles sur : <http://www.creseb.fr/inondations-bretagne-contrôle-de-lalea-culture-risque/>
- 📖 MEROT, P., 2003, Le comportement des petits bassins versants ruraux dans le contexte des crues et des inondations, *La Houille Blanche*, n° 6, p. 74-82.
- 📖 OUVRY, J.-F., RICHET, J.-B., BRICARD, O., LHÉRITEAU, M., BOUZID, M., SAUNIER, M., 2012, *Fascines & haies pour réduire les effets du ruissellement érosif - Caractérisation de l'efficacité et conditions d'utilisation*, AREAS, 70 p., disponible sur : http://www.areas-asso.fr/images/expe%20autres/efficacite_haies_fascines_AREAS_68p.pdf
- 📖 TACNET, J.-M., PITON, G., PHILIPPE, F., GOUHRAND, A., VASSAS, C., 2018, Décider dans le contexte de la GEMAPI : exemple de méthodologie d'une approche intégrée d'aide à la décision et application aux projets d'aménagements, *Revue Sciences Eaux & Territoires*, n° 26, p. 48-53, disponible sur : <http://www.set-revue.fr/gemapi-vers-une-gestion-plus-integree-de-leau-et-des-territoires>
- 📖 POULARD C., LE HÉNAFF, G., BREIL, P., ARMANI, G., ACHARD, A.-L., GONZALEZ-SOSA, E., 2019, Complément d'analyse bibliographique sur les liens entre bocage, ruissellement et inondations, permettant de compléter et approfondir cet article, disponible sur : <https://irsteadooc.irstea.fr/cemoa/PUB00061108>