



**HAL**  
open science

## Complément d'analyse bibliographique sur les liens entre bocage, ruissellement et inondations

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.. Complément d'analyse bibliographique sur les liens entre bocage, ruissellement et inondations. 2019, pp.21. hal-02609183

**HAL Id: hal-02609183**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02609183>**

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.



## Complément d'analyse bibliographique sur les liens entre bocage, ruissellement et inondations

version Mars 2019

Poulard Christine<sup>1</sup>, Le Hénaff Guy<sup>1,3</sup>, Breil Pascal<sup>1</sup>, Armani Gilles<sup>1</sup>, Achard Anne-Laure<sup>2</sup>, Gonzalez-Sosa Enrique<sup>4</sup>

**Irstea** : <sup>1</sup>UR RiverLy <sup>2</sup> IST-SGLY , centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, BP 32108, 69616 Villeurbanne Cedex (Adresses Irstea: [prenom.nom@irstea.fr](mailto:prenom.nom@irstea.fr) )

<sup>3</sup> **AgrEaunome**, 89 route de l'Europe, 22860 PLOURIVO

<sup>4</sup> **Universidad Autonoma de Queretaro**, Mexico ; [egs@uaq.mx](mailto:egs@uaq.mx)

### Haies et inondations ; une problématique hydraulique, dans un contexte plus large

Cette note bibliographique partage des éléments pour comprendre les liens entre bocage et ruissellement, et de vérifier si on peut **généraliser l'effet positif attendu sur les ruissellements aux inondations survenant plus à l'aval**. C'est un complément à l'article des mêmes auteurs *Petit ruissellement deviendra-t-il inondation ? – peut-on généraliser l'effet de laminage des ruissellements, en particulier par les haies, aux crues* paru dans Sciences Eaux & Territoires<sup>1</sup>, pp44-49, qui permet de davantage détailler l'argumentaire et de présenter les sources bibliographiques. Il est néanmoins conçu pour être consultable seul ; il peut donc exister des répétitions entre les textes.

La question traitée ici, les inondations, n'est que l'une des problématiques liées au bocage : pour avoir une vue d'ensemble, il faut bien entendu considérer également les autres volets hydrauliques, comme les effets sur l'érosion, la qualité de l'eau, la ressource en eau, ainsi que la production de bois de chauffage, la biodiversité, et bien sûr les aspects paysagers et patrimoniaux.

L'annexe 1 élargit la réflexion à la quantification de l'effet de petits aménagements en versant, car les questionnements et les problèmes sont finalement communs ; ce document est issu d'un rapport rédigé avec le soutien du Ministère chargé de l'Environnement (DGPR, BRIL).

L'annexe 2 suit un article de citation en citation, pour montrer comment les conclusions de travaux scientifiques peuvent être déformés, ne serait-ce que par érosion progressive des éléments de contexte. Notre exemple part d'un article scientifique, cité dans un premier rapport destiné à une plus large diffusion, lui-même cité dans le site d'une association.

<sup>1</sup> SET N°27, Les fonctions du bocage pour l'eau : un argumentaire scientifique et technique pour guider l'action

## 1. Haies et ruissellement : définitions

Le ruissellement est classiquement défini comme l'écoulement des eaux pluviales qui n'ont pu s'infiltrer et circulent donc en surface jusqu'à atteindre un cours d'eau.

Les haies, en tant qu'infrastructures linéaires du paysage, ont donc nécessairement un impact sur le ruissellement, qui a lieu en surface. Cependant, nous ne nous intéressons pas ici à une haie isolée, qui aura un impact local, mais à un ensemble de haies, suffisamment denses pour influencer le ruissellement à l'échelle du versant : le bocage. Il peut être défini comme un système structurant le paysage, reconnaissable aux haies délimitant les parcelles :

- **ces haies** peuvent plus ou moins hautes, avec des arbustes et/ou des arbres, et plus ou moins denses
- un système de **fossés** et/ou de **talus** peut doubler les haies proprement dites, en intensifiant donc l'effet sur le ruissellement (interception, collecte, dérivation...) ;
- on associe en général le bocage à des parcelles en prairie, mais il n'est pas exclu que des haies demeurent, après une conversion en champs labouré ;
- d'autres éléments caractéristiques sont les **mares** et les **zones humides** de fond de vallon, importantes pour la qualité de l'eau et la biodiversité.

Le système bocager peut donc jouer sur tous les tableaux du ruissellement :

- la production de ruissellement : le ruissellement est généré par saturation des sols ou par refus d'infiltration (le sol n'est pas encore saturé mais le débit d'infiltration est trop lent pour infiltrer tout ce qui arrive). Ainsi, les éléments du bocage peuvent favoriser l'infiltration en ralentissant les écoulements, et en offrant des zones plus propices à l'infiltration (les zones enherbées ont davantage de capacité d'infiltration que les zones cultivées, qui développent une croûte de battance).
- 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 vont être 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 présentent cependant des risques importants 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 des haies sur les écoulements ne dépend pas tant de leur densité que de leur structure (avec ou sans fossé), et de la manière dont chaque élément, en fonction de son orientation par rapport à la pente principale, va intercepter, collecter ou au contraire accélérer le ruissellement. Un document sur le site de l'association « Skol ar C'hleuzioù », l'Ecole des Talus, pose très bien le problème : « *Un talus dans le sens de la pente n'aura évidemment pas d'effet sur le ruissellement, un talus le long d'une courbe de niveau atténue le ruissellement, sauf s'il est muni d'une ouverture pour une raison ou une autre, au milieu du talus ou à son extrémité : alors, au contraire, il aura concentré le ruissellement avant de le relâcher dans la pente. Tout ceci est du bon sens.* ». L'illustration ci-dessous montre comment des haies dans le sens de la pente, sans effet sur le ruissellement ou créant un effet de « rigole », ont été remplacées par des haies transverses.

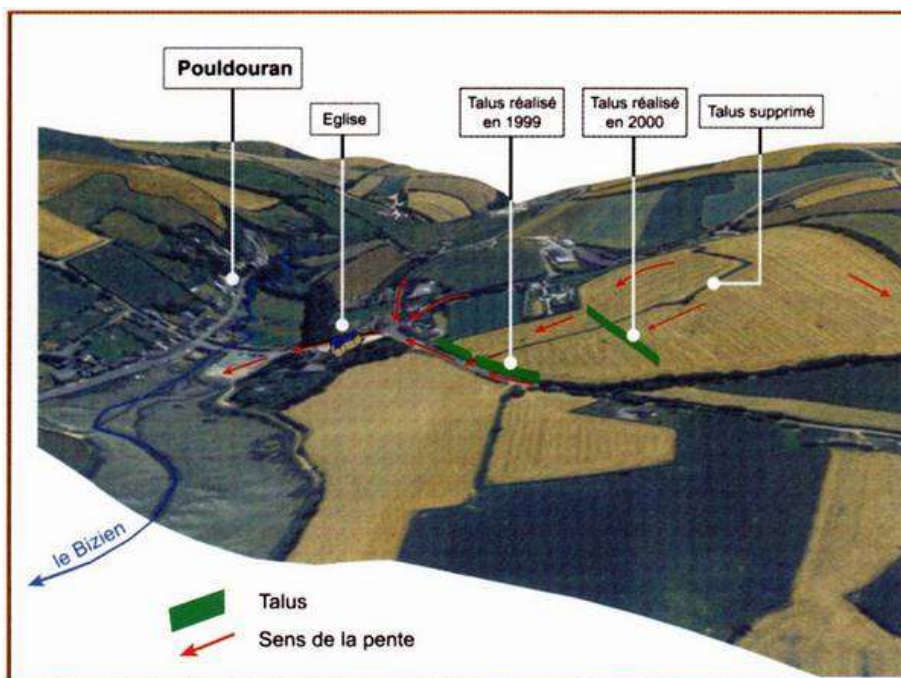


Illustration 1: Article paru dans la plaquette éditée par Dour hon douar, le bulletin de liaison agricole du bassin versant du Jaudy-Guiny-Bizien, de décembre 2002. Cité par <http://talus-bretagne.org/interet.php>

### Que conclure à ce stade ?

L'impact des talus sur la production, le transfert et la rétention de ruissellement est évident, il est observable à l'oeil nu pendant les épisodes de pluie. L'effet dépendra, comme le décrit le site de l'Ecole des Talus, des propriétés de chaque talus (hauteur, continuité ou non, orientation...) et de l'organisation des talus sur le versant.

Que se passe-t-il pour des événements plus rares, quand l'intensité est plus forte que la capacité d'infiltration et/ou le sol est saturé ? La bibliographie scientifique tend à montrer que l'effet d'actions en versant, quelles qu'elles soient, s'atténue pour des périodes de retour rares, plus ou moins tôt selon le cas... On peut penser que, même s'il y a une atténuation de l'effet, on a quand même gagné à retarder le pic de crue. Cependant, l'effet global dépend de la manière dont les contributions se somment, en fonction des décalages temporels entre les différentes contributions. Il faut aussi garder en tête l'exemple d'un ouvrage qui limite le débit sortant en stockant l'excédent : quand il est plein, il ne peut plus stocker. Donc, un ouvrage plein au moment du pic de crue ne peut pas réduire ce pic.

La note de présentation d'un projet britannique, « What regulatory ecosystem services do hedges deliver ? »<sup>2</sup> expose que les haies ont un effet sur « la qualité de l'eau, la réduction du risque inondation et la perte en terre », mais que ces affirmations reposent sur un petit nombre de recherches, notamment en France (on pense immédiatement à l'INRA de Rennes et à Philippe Mérot), et conclut que pour l'instant « les décisions ne sont pas fondées sur des recherches suffisantes ».

« The biodiversity, landscape and cultural benefits of hedges are well known, but hedges benefit us and our environment in other ways too. **They can help to keep the water of our rivers clean,**

2 [http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=12098\\_LM01062pgsummary.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=12098_LM01062pgsummary.pdf)

*reduce the risk of flooding, and prevent soil loss from fields. Yet the evidence base for the extent to which hedges provide such regulatory services is poor, largely reliant on the small amount of research that has been carried out abroad in countries like France. Water quality will be a priority (...) so it is important to understand what the available evidence tells us about the best ways and places to deliver hedge-related management options in order to deliver these services. We also need to be aware of current action which is not supported by good research »*

Ces deux éléments, le faible nombre de travaux et l'impossibilité de transférer les résultats d'un cas d'étude à un autre, font que les travaux à venir seront nécessairement expérimentaux, et qu'il faudra prévoir un volet de suivi métrologique et dans l'idéal la diffusion des enseignements (retour d'expérience) pour petit à petit capitaliser et mutualiser les connaissances, et identifier les lacunes.

Il ne faut pas perdre de vue que les éléments du bocage ne sont pas conçus pour remplir ces fonctions hydrauliques, et donc cet effet n'est pas « optimal ». Ainsi, les talus pouvant être orientés de différentes manières, sans organisation « réfléchi » dans un but de contrôle du ruissellement, l'effet global ne sera pas du tout le même d'un versant à un autre.

Paradoxalement, **la quantification de l'effet sur le ruissellement de ces structures, pourtant simples individuellement, n'est pas un problème d'hydraulique facile**. Le même problème appliqué à des fossés serait déjà délicat (un réseau de fossés, même petits, reste un réseau dont on doit connaître la géométrie pour effectuer des calculs), mais les écoulements en bocage sont plus compliqués : les talus ou fossés peuvent soit collecter et conduire les écoulements des versants, mais aussi déborder et redistribuer les écoulements vers les parcelles. Or, les écoulements sur ces parcelles peuvent être érosifs, provoquant des ravines qui modifient les chemins de l'eau...

L'autre problème est la généralisation : d'une part jusqu'à quelles intensités de pluie les effets des talus sont-ils significatifs, et d'autre part **est-ce que la réduction locale du ruissellement permet de réduire significativement les inondations plus à l'aval ??**

## 2. Des ruissellements aux inondations ?

Par ambition croissante, voilà plusieurs formulations dérivées de cette question :

- le bocage est-il un « contributeur, plus ou moins efficace, à la régulation des inondations » ?
- des travaux de préservation, de restauration ou de réimplantation de haies peuvent-ils être des actions de réduction du ruissellement ? des inondations ?
- des opérations de plantations de haies sont-elles des alternatives à la construction d'ouvrages hydrauliques, crédibles sur un plan purement hydrologique, voire plus pertinentes dans le cadre d'une stratégie de gestion intégrée des inondations (intégrée = prenant en compte toutes les conséquences),

Tout le monde peut s'accorder sur l'impact des « haies » sur le ruissellement, plus marqués s'il y a des fossés, et donc sur l'érosion. Il faut faire attention cependant à l'orientation des haies, et aux points de débordement éventuels des talus et/ou fossés qui collectent le ruissellement. On a déjà nuancé en rappelant que les haies traditionnelles n'ont pas été conçues dans ce but, donc la modification des chemins de l'eau n'est pas optimale, mais que l'on peut en créer dans ce but (Ouvry et al., 2012, parmi d'autres références pertinentes sur le site de l'AREAS ), ou profiter d'une opération de restauration pour améliorer le fonctionnement de ce point de vue (Illustration 1). Mais peut-on généraliser l'effet du versant au bassin versant, et attendre donc un effet de réduction des dégâts liés aux inondations ??

Malheureusement, l'état des connaissances scientifiques nous empêche d'aller beaucoup plus loin. Les travaux de M. Mérot, de l'INRA, sur le rôle des haies sur talus, montrent plusieurs effets. L'évapotranspiration importante de la haie diminue l'humidité du sol, ce qui retarde la production de ruissellement. Il a néanmoins montré que cet effet est surtout sensible pour des petits événements, et en dehors ou au début des périodes humides. Pour des épisodes longs et/ou intense, et a fortiori lors de périodes humides, l'ensemble du bassin versant finit par être saturé, et tous les écoulements ruissellent. On ne doit plus attendre de retard ni d'atténuation du pic, comme c'est le cas d'ailleurs pour un ouvrage de retenue entièrement rempli : il n'a quasiment plus d'effet.

Pour compléter cette intervention, nous joignons en annexe une **synthèse bibliographique** de travaux scientifiques sur lesquels nous nous sommes appuyés, tirée d'une synthèse plus large sur les aménagements en versant et les inondations, recentrée ici sur les enseignements pertinents pour le bocage breton.

### **Concrètement, que tirer de la synthèse bibliographique fournie en annexe ??**

Les publications commentées dans la synthèse montrent que pour obtenir une efficacité réelle sur les crues les ouvrages linéaires devraient être conçus pour contrôler les écoulements (on décide des 'chemins de l'eau' là où leur circulation n'est pas dommageable) et pas forcément pour ralentir les écoulements mais pour faire arriver de manière décalée dans le temps les contributions de chaque sous-bassins (« désynchronisation » des pics). De plus, l'atténuation des écoulements arrivant aux cours d'eau est davantage due au stockage qu'au ralentissement. On peut donc recourir à des ouvrages de stockage, ou bien munir les fossés de dispositifs retenant temporairement les écoulements par des obstacles tels que meurtrières, redents, voire vannes à main.

L'effet d'ouvrages de stockage ponctuels avec des volumes significatifs (bassins de laminage, zones d'expansion de crue...) est plus facile à quantifier que l'effet d'élément qui vont simplement retarder les écoulements. L'efficacité dépend bien sûr de la capacité de stockage (volume), à mettre en regard avec les excédents de pluie. Il apparaît que les petits ouvrages répartis sur le bassin versant sont efficaces sur les érosions et inondations locales. Des ajustements permettent d'accentuer l'effet : si l'entrée d'eau peut se faire par des seuils, il est judicieux de caler la cote de ces seuils de manière à déclencher la mise en eau des volumes de stockage là où l'effet devient souhaitable (pour des débits qui correspondent aux premiers dégâts à l'aval par exemple). Cependant, plus on s'intéresse à une grande surface de bassin, et plus l'efficacité s'atténue. D'une part, parce qu'on ne peut pas avoir la même densité de petits stockages partout, donc la capacité totale n'est plus forcément suffisante pour un grand bassin. De plus elle est moins facile à mobiliser efficacement, en particulier parce que la pluie est hétérogène sur le bassin versant : certains ouvrages peuvent être saturés pendant que d'autres ne sont pas assez sollicités.

La notion d' « ouvrage » ne renvoie pas forcément à un très laid bassin en béton. Il est possible de chercher un compromis entre plusieurs usages, à condition de réunir toutes les compétences nécessaires autour de la table :

- l'expérience du polder d'Erstein, réaménagés de manière à garantir un rôle d'écrêtement de crue, mais aussi des mises en eau volontaires via des vannes pour assurer un fonctionnement de zone humide (Schmitt, 2009) ;
- zone d'expansion des crues de la Borre Becque à Hazebrouck, Borre et Vieux Berquin (59) : ce projet vise à minimiser les risques d'inondations auxquels sont exposés les habitants du bassin versant de la Lys, en reconnectant et réaménageant des zones autrefois humides et mises ensuite en culture : lauréat du prix de génie écologique 2014 dans la catégorie "Prévention du risque d'inondations" (Safer Flandres Artois)

**Adapter le bocage à la lutte contre le ruissellement... mais aussi adapter les études à la bonne**

## échelle : intégration

Comme il a été dit, le bocage est un système **complexe**, avec des haies, éventuellement sur talus et/ou avec fossé de pied, des prairies, des mares, et des zones humides de bas-fond.

On peut concevoir des projet de restauration du bocage pour favoriser les actions positives, en intervenant sur ces éléments et leurs connexions : il s'agit de redessiner les chemins de l'eau pour minimiser les risques d'érosion et diminuer et retarder l'arrivée du ruissellement au cours d'eau. Au minimum, on favorisera l'implantation de haies le long des courbes de niveau (illustration 1), ensuite là où c'est possible renforcer le rôle de stockage des talus par des petites vannes ou des plaques avec orifices calibrés, et si l'on veut un effet réellement significatif il faut combiner le contrôle du ruissellement avec un système de collecte vers des zones de stockage temporaire, prévues pour cet usage, et aménagées en conséquence. En particulier, s'il y a endiguement pour accroître la capacité de stockage ces diguettes doivent être conçues selon les règles de l'art et être munies de déversoirs. Il ne faut jamais oublier non plus que tout aménagement hydraulique doit faire l'objet d'une surveillance et d'un entretien régulier : ces éléments sont sujets à des colmatages et érosions, susceptibles de modifier les chemins de l'eau.

Ensuite, il est important de bien quantifier l'effet que l'on peut espérer, et ne pas le surestimer : les effets seront locaux, pour les épisodes de pluie modestes, et consisteront surtout à réduire les érosions, à favoriser par le rallongement des durées de cheminement la dégradation des molécules phytosanitaires et organiques (auto-épuration).

**On se trompe donc peut-être d'argument pour défendre le bocage en mettant en avant les effets supposés sur les inondations** : une étude hydraulique « mono-objectif » portant sur le fonctionnement en crue ne prend en compte ni l'érosion ni l'abattement en polluants. Pour ces deux volets, il faut imaginer d'autres adaptations, comme des bandes enherbées. Plutôt que de juxtaposer les projets, réunir plusieurs compétences autour d'un même projet permet de se donner les meilleures chances de tirer le meilleur parti dans un contexte multi-objectif.

Prenons l'exemple des trouées de quelques dizaines de cm sont parfois ménagées dans les talus qui pour permettre le passage des eaux hivernales ; peut-on proposer des aménagements, comme par exemple de les fermer au printemps lors de l'usage intensif des phytosanitaires et en hiver pour stocker temporairement de l'eau de ruissellement et ainsi jouer le rôle de petit bassin de laminage ? Attention, il faut que cela soit possible et acceptable (zones de bas fond hydromorphes typiques du contexte armoricain et restés en prairies permanentes ou en zones boisées), et vérifier que l'obstruction de ces trouées ne pose pas de soucis de continuité écologique – voire d'accessibilité par les bêtes ou engins agricoles.

Dans la logique d'intégration des zones tampons dans les bassins versants, il ne paraît pas illogique de mobiliser les parties les moins productives pour apporter un peu de remédiation et de résilience voire pour implanter un dispositif spécifique (Zones Tampon Humides artificielles). Cela pose bien sûr plein de questions : quelle surface agricole mobiliser (1% , 2%, 3%,...) en sachant que ce peut-être le territoire qui "décide" ou tout du moins propose...: talweg boisé, prairies, et autres espaces interstitiels.

L'autre erreur est d'ailleurs envisager le territoire simple point de vue hydrologique, sans tenir compte des activités. La notion de solidarité amont-aval est souvent évoquée, mais il faut pouvoir aussi proposer des contreparties. Bien évidemment, la rétention même temporaire doit être compatible avec l'usage principal de la parcelle, et le propriétaire doit être d'accord. Intervenir dans un domaine privé demande l'adhésion, voire l'**implication des acteurs**, et là nous sortons du domaine de l'hydraulique pour entrer dans la problématique plus vaste de la gestion intégrée des territoires et de la concertation qu'elle demande.

La bonne assiette d'une étude est donc multi-objectifs et multi-acteurs... ce qui demande du

temps et de la bonne volonté de chacun.



## Annexe 1 : synthèse d'un RAPPORT BIBLIOGRAPHIQUE d'Irstea sur les actions en versant contre le ruissellement.

Des équipes de recherche travaillent sur l'effet d'actions en versant sur le ruissellement et sur les inondations. Cependant, les « règles du jeu » de la publication font que leur résultats sont publiés dans des revues spécialisées dont les tarifs sont tels que seules les universités et les centres de recherche sont abonnés – parce qu'il y sont bien obligés.

Pour assurer la diffusion de ces connaissances, une analyse bibliographique a été effectuée par Irstea pour le Ministère chargé de l'Environnement (Bureau des Risques Inondations et Littoral de la DGPR). L'exercice consistait à citer des auteurs pour montrer une certaine diversité dans les résultats, et -toujours en s'appuyant sur des travaux publiés- de chercher les raisons des contradictions apparentes pour réaliser une synthèse. L'occupation du sol et les éléments connexes en versant ont un impact reconnu sur le ruissellement pour les épisodes pluvieux courants (et donc l'érosion), mais qu'il faut nuancer et se garder de généraliser pour des crues fortes et à l'échelle du bassin.

Ce document est centré sur l'effet « hydraulique », ce qui ne signifie pas que les auteurs n'accordent aucune importance aux autres impacts, mais simplement que les effets sur la ressource (Thomas et al., 2012), la qualité de l'eau et la biodiversité relèvent d'autres compétences !

### Quelques travaux et leurs conclusions :

Posthumus *et al.* (2008) commentent l'effet de différentes pratiques agricoles. Pour eux, les rideaux d'arbres ont un effet sur l'infiltration et donc le ruissellement, mais celui des bandes enherbées est variables selon les cas ; ils citent Heathwaite *et al.* (2005) d'après qui les petits bassins de rétention sont efficaces tandis que le sens du labour n'a pas d'effet. Heathwaite *et al.* n'étudiaient cependant pas le ruissellement dans une optique de gestion des inondations, mais des pollutions diffuses.

Dunglas (2001) écrit que « Le ruissellement est ralenti et diminué par une couverture végétale pérenne et par la présence de haies », « les labours transversaux à la pente peuvent avoir une influence positive ». On retrouve cette affirmation chez d'autres auteurs, mais on observe parfois l'inverse : dans le pays de Caux cultiver perpendiculairement à la pente sur un versant peut aggraver la situation si un petit thalweg peut prononcé existe car dans ce cas les écoulements parallèles à la plus grande pente convergent vers ce petit thalweg et concentrent les écoulements ce qui aggrave les phénomènes.

Dunglas poursuit en précisant que « lorsque des circonstances météorologiques exceptionnelles amènent une partie importante des sols d'un bassin à la saturation complète, toute l'eau provenant de nouvelles précipitations ruisselle sur les pentes et contribue immédiatement à une autre crue catastrophique ». Fiener et Auerswald (2006) donnent également ces explications : la capacité d'infiltration est limitée, et quand elle est saturée il n'y a plus d'action sur les ruissellements.

L'article de Marshall *et al.* (2009) accorde également à l'occupation du sol (pâturage, haies) un rôle important dans la genèse des crues. Cet article a pour objectif de « comprendre les processus gouvernant la génération des crues et les effets des pratiques de gestion des territoires » et d'utiliser ces connaissances pour « prédire les effets sur les crues en aval ». Dans le bassin de la Severn au Pays de Galles, les auteurs exploitent des mesures de ruissellement à l'échelle de la parcelle (~100 m<sup>2</sup>), du versant ~0,1 km<sup>2</sup> et du bassin versant (~10 km<sup>2</sup>). Les mesures analysées dans l'article couvrent une période de novembre 2006 à décembre 2007. Ils concluent que, **en sortie d'une prairie non pâturée et où existe un rideau d'arbres d'une dizaine d'années, le ruissellement est significativement plus faible que celui d'une pâture sans rideau d'arbres** ; ils en comparent

aussi les propriétés hydrauliques du sol. Leur discussion sur la propagation de l'effet plus en aval est très intéressante : ils admettent qu'**il y a peu d'arguments qui le prouvent parce qu'il y a peu de travaux sur ce thème et que cette quantification est difficile à cause en particulier des effets d'échelle**. Ils citent d'ailleurs O'Connell *et al.* (2007), qui résumet et critique quelques travaux d'analyse de données et de modélisation sur le lien entre pratiques agricoles et crues en France et dans d'autres pays Européens. O'Connell *et al.* admettent que les modifications des pratiques agricoles aggravent les crues de manière locale, surtout sous forme d'inondations boueuses, et que des recommandations appropriées peuvent y remédier. Pour eux, **aucun effet à l'échelle d'un grand bassin versant n'a été mis en évidence de manière convaincante** (voir aussi Hooijer *et al.*, 2004). Garcia *et al.* (2010) écrivent d'ailleurs que les études centrées sur les parcelles ou les simulations de pluie « mettent l'accent sur les processus tels que l'infiltration, le « splash » (érosion par martèlement des gouttes d'eau et rejaillissement), et la genèse de ruissellements, mais ne prennent pas en compte la connectivité avec les cours d'eau. La structure du réseau hydrographique va également jouer.

Dans un nouvel article, Marshall *et al.* (2013) complètent leurs travaux de 2009 par une campagne de mesure sur 4 sites initialement en prairie pâturée (contrôle), avec deux évolutions : la seule exclusion des moutons et l'exclusion des moutons avec plantation d'arbres. Le volume ruisselé décroît respectivement de 48% et 78%, avec des variations d'un site à l'autre. Cinq ans après la plantation d'arbres, la densité apparente du sol à la surface a diminué et le taux d'infiltration médian du sol a été multiplié par 67. Cependant, les auteurs nuancent ces résultats : **les chiffres sont variables selon les sites**, tous les événements de pluie supérieurs à 5 mm sont pris en compte et donc les événements fréquents -pour lesquels l'effet du traitement du sol est le plus significatif- ont beaucoup de poids, d'autant plus que le pluviomètre ne peut enregistrer des intensités de pluie supérieures à 8mm/h et enfin la campagne ne porte que sur 5 années et les résultats sont donc liés à la spécificité des événements de ces 5 années.

Pour garder à l'esprit que tous les résultats ne sont pas généralisables, il faut également citer les bassins au sol peu épais, comme dans certains bassins de région Méditerranéenne par exemple : des ruissellements intenses se produisent même si le couvert est forestier.

La plupart des travaux de quantification sont à l'échelle de la parcelle, et beaucoup d'auteurs soulignent que'il manque de recherche à l'échelle du bassin, qui est la « bonne » échelle pour la gestion des inondations. Quelques articles, néanmoins, se prononcent l'atténuation des effets avec la surface du bassin et l'intensité des inondations.

Le projet WaReLa, **pourtant centré sur la gestion de l'occupation des sols pour la rétention d'eau, amène des conclusions mesurées** (Schüler, 2007): pour eux, l'efficacité de mesures éparpillées en versant, qu'ils appellent « décentralisées », doit être précisée en fonction du niveau d'observation. Pour les crues courantes, les actions visant à retenir l'eau en versant peuvent réduire les écoulements et donc les dommages induits. L'hiver, quand l'humidité initiale est forte, les actions sur l'occupation du sol n'ont que peu d'effet sur les crues. Plus généralement, au-delà d'une certaine intensité de crue, ils écrivent que seuls les ouvrages structuraux comme les barrages ont un effet significatif (figure 7). La période de retour pour laquelle les actions en versant sont inopérantes dépend de l'événement et du contexte physique local.

Salazar (2012) va dans le même sens : « In general, the strategy of “retaining water in the landscape” through decentralised measures such as afforestation, small-reservoirs and micro-ponds could play an important role for flood management in meso-scale catchments for small and medium events, but has almost negligible effects during the largest flood events. »

Un document technique très complet de l'AREAS (2009) souligne que « Les solutions d'hydraulique « douce » sont complémentaires aux solutions d'hydraulique « lourde ou dure » et non en opposition. ». La complémentarité se fait sur le type d'événements (les « petits » ouvrages

peuvent être conçus pour des épisodes de pluie modestes, pour réserver les « grands » pour les crues plus importantes, sur la couverture de l'espace (les « petits » ouvrages pouvant apporter une solution à un problème local), mais aussi par une complémentarité de fonctionnement : des ouvrages modestes mais judicieusement placés peuvent piéger des sédiments qui autrement combleraient des ouvrages plus importants.

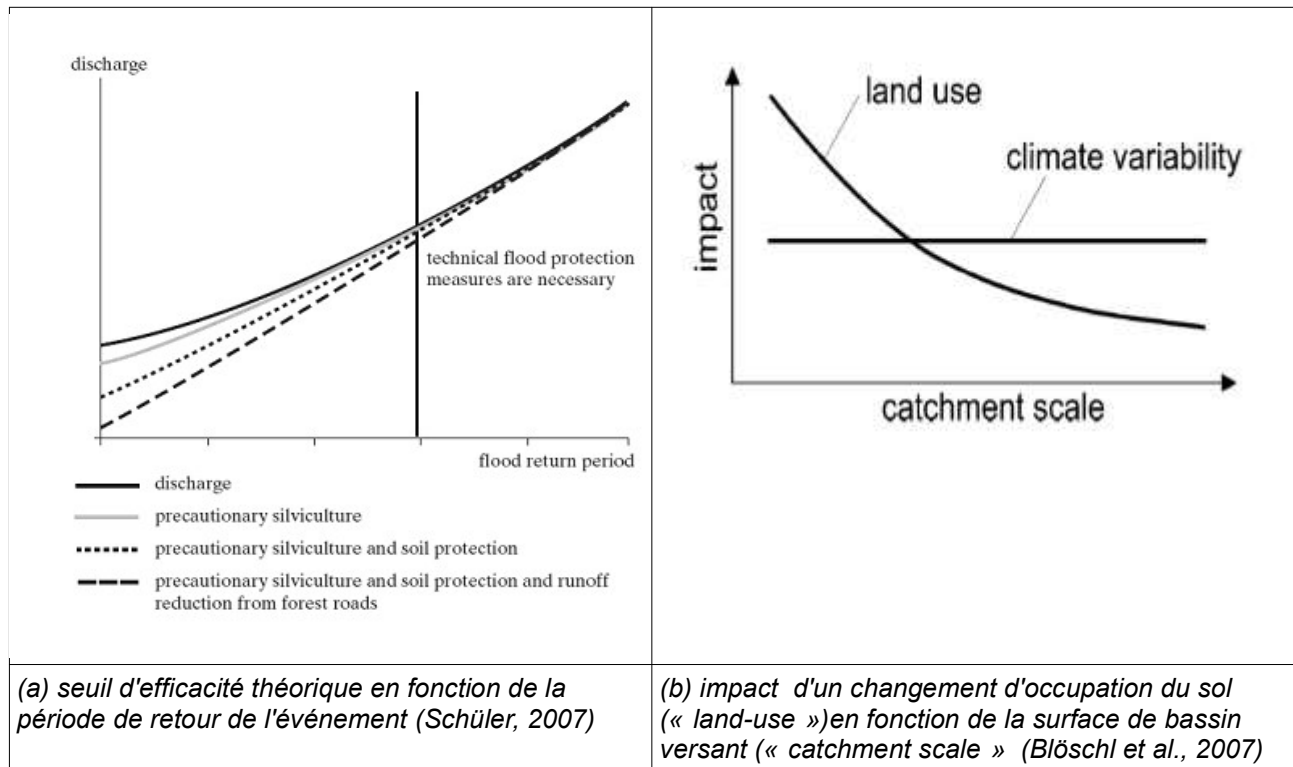


Figure 7 : seuil d'efficacité théorique de mesures de gestion des écoulements en versant : on notera que ces schémas « de principe » ne portent pas d'échelle quantifiée !

### Pourquoi serait-il si difficile de conclure sur l'effet de la modification de paysage et des petits aménagements en versant après des années (des siècles?) d'observations et de recherche ??

- Qu'est-ce que l'efficacité d'un aménagement ??

La réponse est moins facile qu'il n'y paraît !

On peut trouver des travaux avec une évaluation sur un événement, par mesure ou modélisation : à telle date, on a observé une réduction du pic du crue de telle valeur. Un tel chiffre est en fait très insuffisant. Pour caractériser l'effet d'une modification d'occupation du sol ou d'un aménagement, il faut estimer son effet sur toute une gamme de crue : des petites crues aux crues extrêmes. Ce qui est une recommandation de longue date va d'ailleurs devenir la règle, **un projet d'aménagement doit comporter une évaluation pour plusieurs événements, car c'est un préalable au calcul des dommages moyens évités pour bénéficier d'un financement public (programme PAPI).**

Comme le montre bien Mérot (2003), les petits bassins versant ruraux présentent une variabilité importante dans l'espace (topographie, paysages complexes, processus divers) mais aussi dans le temps, ce qui en complique l'étude. Il insiste sur l'importance des conditions initiales, qui sont pour lui au moins aussi importantes que les caractéristiques de la pluie elle-même dans la genèse du ruissellement. Ainsi, l'efficacité peut varier sur un même bassin pour deux pluies similaires en apparence ou pour une même pluie sur deux bassins a priori proches : on comprend que

l'interprétation de résultats est beaucoup plus délicate que l'on souhaiterait.

Pour les projets modestes, il faut donc trouver le juste milieu entre une analyse trop partielle (des observations basées sur un petit nombre d'événements, souvent de fréquence courante, et généralisées ou sorties de leur contexte), et l'ambition d'une étude hydraulique poussée, voire d'un analyse coût-bénéfice tout à fait irréaliste.

- **Comment mesurer l'effet d'un aménagement ?**

Il existe deux approches pour quantifier l'effet d'une modification du paysage ou d'un aménagement par analyse d'observations :

- comparaison de la situation « avant » et « après » aménagement (étude diachronique) : le principal problème est que l'on ne trouvera jamais exactement le même événement ou la même séquence d'événements 'avant' et 'après'. Pour vraiment comparer le fonctionnement « avant » et « après » (en « régime ») il faudrait que chacune de ces deux périodes d'observation soit assez longue, et sans autres modifications que celles que l'on étudie (« toutes choses égales par ailleurs »). De plus, pour isoler l'effet d'une modification on aimerait qu'elle soit unique et assez rapide pour distinguer facilement un « avant » et un « après ». Au contraire, un bassin réel est en constante évolution (changement de culture, construction de route, de lotissements, de réseau d'assainissement, travaux en rivière...), avec le plus souvent des modifications graduelles ;
- comparaison de la situation sur deux bassins voisins (étude synchronique) : il faut chercher 2 bassins «semblables», ne différant que par la caractéristique que l'on étudie. Cela suppose que les processus hydrologiques dominants soient les mêmes, et que le fonctionnement soit suffisamment proches pour que les mêmes causes produisent les mêmes effets. Or, la structuration spatiale des différents versants et réseaux est déterminante pour la génération des crues, et celle-ci est rarement identique d'un bassin à un autre. De plus, si on compare le comportement pour les mêmes épisodes de pluie, il faut s'assurer que les intensités et durées sont vraiment proches sur les 2 bassins, ainsi que les conditions initiales (humidité du sol).

O'Connell *et al.* (2004 et 2007) : « il est difficile d'isoler l'effet de modifications de l'occupation du sol parmi toutes les autres caractéristiques du bassin versant et de l'événement de pluie ». Ils précisent bien que cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas d'effet, mais que « les outils de modélisation ne permettent pas de représenter la complexité des facteurs intervenant ». On peut ajouter que cela est tout aussi vrai pour l'interprétation de mesures : même si on observe une différence entre deux états (deux bassins voisins ou un même bassin à deux périodes), est-on sûr de pouvoir imputer la modification au seul facteur que l'on étudie ?

## **Et la modélisation ?**

L'efficacité d'actions en versant pourrait être évaluée par modélisation hydraulique. La modélisation suppose tout d'abord de connaître la géométrie des structures (linéaires et ouvrages de stockage), et d'estimer les volumes d'eau entrants (scénarios de pluie ou quantiles de débit). Le travail de modélisation n'est pas plus simple pour des fossés que pour une rivière : c'est moins la taille qui compte que le nombre de tronçons, et bien sûr la précision recherchée. Les enjeux étant moins importants en versant que pour des débordements de rivières, les études hydrauliques fines en fossés sont bien entendu plus rares, et plutôt effectuées dans un cadre de recherche.

Pour des réseaux de thalwegs et fossés bien identifiés, on peut recourir à des formules d'ingénieur classiques (estimation des quantités de pluie + modélisation hydraulique simplifiée). Cependant, la tâche peut se révéler complexe: le réseau peut être étendu, ramifié, composite (fossés, talus, chemins...) et les apports venant des versants pas toujours simples à estimer (microtopographie mal connue, drainage agricole...).

Fiener et Auerswald (2006) ont entrepris la modélisation de réseaux de fossés, et leurs résultats

dépendent moins du linéaire total que de la topologie du réseau (est-ce que les pics des différents tronçons sont concomitants ou non : « horloge des crues »). De plus, les petites structures étendues sur de grands linéaires nécessitent un suivi et un entretien sous peine d'avoir rapidement un fonctionnement dégradé (érosions ou colmatages, végétalisation ou au contraire disparition de la végétation, tassements par passage d'engins...).

Des travaux de recherche menés sur le bassin versant polonais de l'Isepnica (Poulard *et al.* 2005) avaient pour but de tester des solutions pour réduire les érosions en versant et les inondations dans le lit majeur d'un torrent. Une étude de terrain approfondie a conduit à proposer une combinaison d'ouvrages en versant pour contrôler et tamponner les ruissellements concentrés (figure 9). Deux modèles pluie-débit basés sur des représentations du ruissellement en versant par des formules de type Manning-Strickler ont été conçus spécifiquement pour ce problème, couplés avec un modèle hydraulique pour le cours d'eau principal pour permettre d'y simuler le fonctionnement de deux barrages à pertuis ouverts.

**Les résultats montrent que les petits ouvrages dispersés limitent le débit sous l'objectif de 10 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale, mais** leur effet dépend beaucoup de leur répartition spatiale et de la répartition spatiale de la pluie. L'efficacité réelle n'est pas proportionnelle au nombre d'ouvrages : restreindre les ouvrages en versant sur 25 % de la surface ne réduit que peu l'écrêtement.

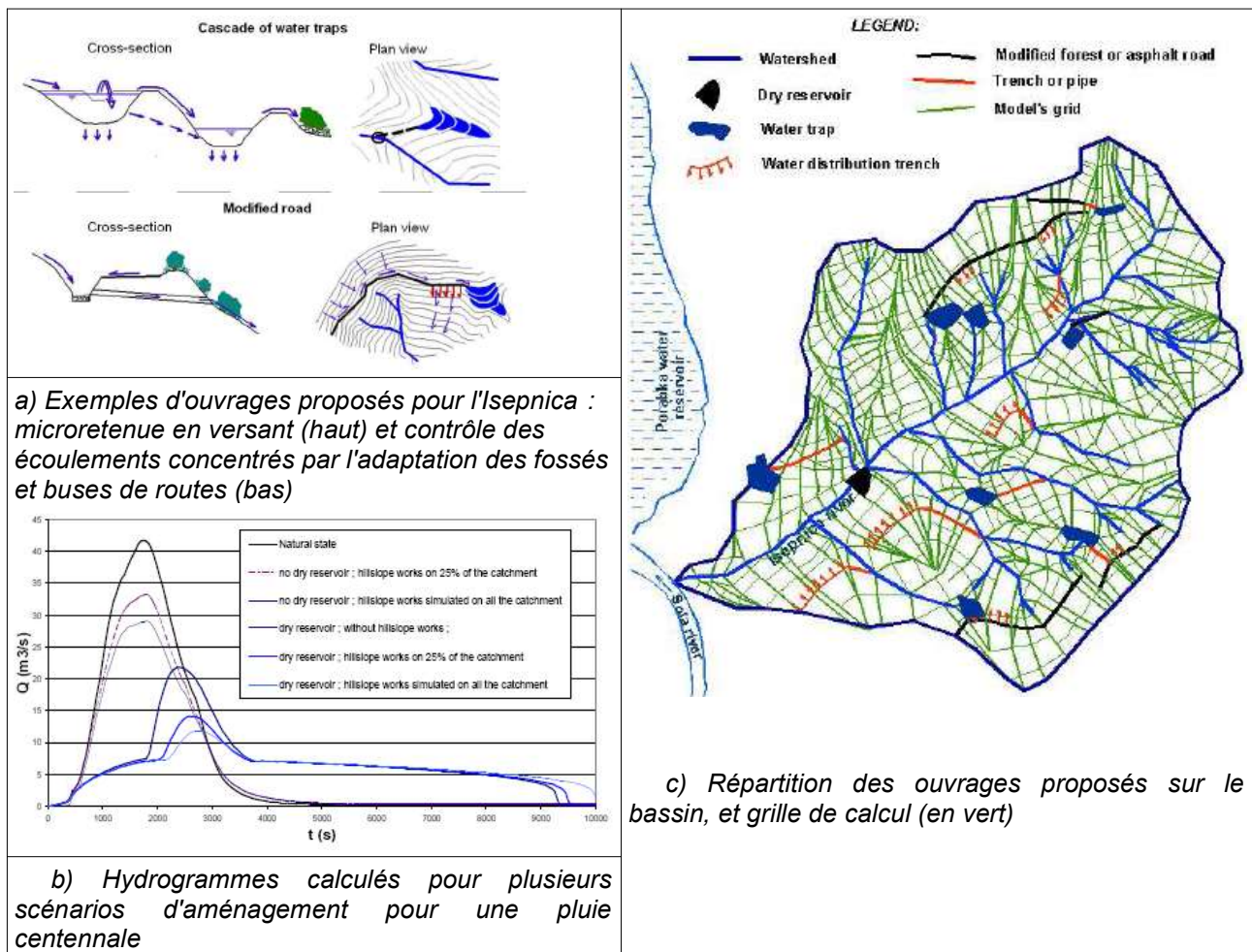


Figure 9 : ouvrages en versant proposés sur l'Isepnica, et efficacité estimée par des simulations pluie débit (in Poulard, 2005)

Comme expliqué dans le document de l'AREAS (2009), ce type de projet peut jouer sur la complémentarité des rôles et des fonctions. Ici, la complémentarité porte sur le type d'événement



maîtrisé, mais aussi sur les fonctions. Les ouvrages en versant réduisent les ruissellements pour les événements courants, pour lesquels bien évidemment les ouvrages en lit majeur (barrages à pertuis ouverts) n'ont aucun effet. De plus, dans ce contexte on vise aussi à stocker de l'eau en tant que ressource – donc les dispositifs de stockage sont munis de surverses mais pas de pertuis ouvert ; Ceci obère leur efficacité en cas d'épisodes rapprochés : en effet, l'eau encore stockée réduit d'autant la capacité de stockage disponible.

Pour les événements rares, les ouvrages en versant contribuent à écrêter mais leur effet est loin d'être aussi significatif et fiable que celui des ouvrages en lit majeur.

### **Etat de l'art et questionnement : exemples chez les anglo-saxons**

La Directive Inondation de 2007 pose un cadre à tous les pays membres de l'Union Européenne pour la gestion du risque inondation. Elle est très centrée sur l'aléa inondation, mais cite néanmoins la nécessité d'une gestion intégrée, donc en lien avec les politiques environnementales.

Les institutions en charge de la mise en œuvre de cette politique en Angleterre et au Pays de Galles (Environment Agency) et en Ecosse (SEPA) ont donc repris le dossiers des moyens de gestion « naturels » des inondations.

Les documents montrent à la fois l'intérêt de la question, et les difficultés pour quantifier les effets à l'échelle du bassin versant, et leur conclusion est le besoin de projets-pilotes, avec un suivi permettant une évaluation objective des effets.

Deux extraits de textes de conclusion sont reproduits ci-dessous ; les documents complets sont consultables en ligne.

SEPA (Ecosse) :

*The evidence base for natural flood management is currently limited and research and demonstration projects are needed to improve the knowledge of natural flood management techniques. Robust and reliable science must be applied at all stages of flood risk management and therefore SEPA is committed to supporting research that addresses priority research questions, and in particular, the catchment scale effects of natural flood management techniques. SEPA is also committed to contribute actively, alongside other organisations, to establishing and supporting demonstration projects. Already, a number of demonstration projects have been initiated with the aim of improving understanding of natural flood management techniques, their effectiveness and issues on the ground.*

**Environment Agency, 2012 (Angleterre et Pays de Galles) :**

*« Although there can be benefits for local flooding mitigation, **the evidence to date has not demonstrated there are benefits in reducing extreme flood events at the catchment scale.** We will continue to support research into large catchment scale impacts of land management changes on flood risk, water quality and resource protection and will actively seek partnership projects. (...) There is a significant theoretical basis to suggest there is a relationship between land use and flood risk management but little monitoring data to demonstrate the effects in practice. Effects at a large catchment scale are difficult to determine as they are the result of aggregating many local-scale effects and are also dependent on individual physical catchment characteristics. The lack of understanding does not necessarily mean that there is no catchment-scale effect, but rather that the nature of the effect differs between different catchments and is difficult to detect »*

## Références bibliographiques

(les documents librement accessibles en ligne sont suivis d'une URL).

AREAS (2009) *Aménagements d'hydraulique rapprochée, Formation technique 21-04-2009*, 161 diapos.

<http://www.areas.asso.fr/images/formations2009/amgtsHD.pdf>

voir aussi une version synthétique de 2010 *Aménagements d'hydraulique douce en 33 diapos* :

<http://www.eure-en-ligne.fr/webdav/site/eure-en-ligne/shared/cg27/pdf/DEA/2011/48%20%20-%20Diaporama%20web%20pr%C3%A9sentation%20AREAS.pdf>

Blöschl G. *et al.* (2007). *At what scales do climate variability and land cover change impact on flooding and low flows?*, *Hydrological Processes*. 21(9), 1241–1247

Breil P. (2018) Intérêt des zones humides pour la prévention des inondations par ruissellement. DOI : 10.14758/SET-REVUE.2018.26.12

Calder, I. R., 2004. *Forests and water - Closing the gap between public and science perceptions*. *Water Science and Technology*. 49: 39-53.

Calder, I. R. and B. Aylward (2006). *Forest and floods: Moving to an evidence-based approach to watershed and integrated flood management*. *Water International* 31(1): 87-99.

Clavé (1859). *Le Reboisement et le régime des eaux en France*, *Revue des Deux Mondes*, 2e période, 19 :633-660.

[https://fr.wikisource.org/wiki/Le\\_Reboisement\\_et\\_le\\_r%C3%A9gime\\_des\\_eaux\\_en\\_France](https://fr.wikisource.org/wiki/Le_Reboisement_et_le_r%C3%A9gime_des_eaux_en_France)

CRESEB (2014) *Pages thématiques « Inondations »*, avec en particulier les sections « De quoi parle-t-on » et « Agir dès l'amont » Disponible sur : <URL : <http://www.creseb.fr/inondations-bretagne-control-de-lalea-culture-risque/>> (consulté le 18/02/2019).

Des connaissances scientifiques et des retours d'expérience ont été présentés et mis en débat lors d'une journée consacrée aux inondations. Cet article aborde les principaux points de discussion et renvoie vers des documents plus complets sur les différents thèmes.

Dehotin, J., Breil, P., Braud, I., de Lavenne, A., Lagouy, M., Sarrazin, B. (2015). *Detecting surface runoff location in a small catchment using distributed and simple observation method*. *Journal of Hydrology*, 525, 113–129.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415001638>

Frisbee, M. D., *et al.* (2011). *Streamflow generation in a large, alpine watershed in the southern Rocky Mountains of Colorado: Is streamflow generation simply the aggregation of hillslope runoff responses?* *Water Resources Research* 47(6).

Dunglas J. (2001) *Les Inondations de janvier 2001 en Bretagne: que penser du rôle de l'agriculture?* *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 87, n° 2, p. 63-78.

Environment Agency (2012) *The Environment Agency's position on Land Management and Flood Risk Management, Position Statement*, 2 p.

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/300216/Land\\_management\\_flood.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/300216/Land_management_flood.pdf)

Fiener P., Auerswald K. (2006). *Influence of scale and land use pattern on the efficacy of grassed waterways to control runoff*. *Ecological Engineering*, vol. 27, n° 3, p. 208-218.

Graëff, A. (1883). *Traité d'hydraulique, précédé d'une introduction sur les principes généraux de la mécanique*, Tome deuxième, partie pratique,. Paris, Impr. Nationale

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2083554.image>

Kirkby, M. 1988. *Hillslope runoff processes and models*, *J. Hydrol.*, 100, 315±339.

Hooijer A. et al. (2004). *Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins: Synopsis of the findings of IRMA-SPONGE*. River Research and Applications, vol. 20, n° 3, p. 343-357.

McGlynn, B.I., McDonnell, J.J., Brammer D.D. 2002. *A Review of the evolving perceptual model of hillslope flowpaths at the Miami catchments, New Zeland*. Journal of Hydrology 257, 1-26.

Marshall M. R., Francis O. J., Frogbrook, Z. L., Jackson B. M., McIntyre N., Reynolds B., Solloway I., Wheeler, H. S., Chell J. (2009). *The impact of upland land management on flooding : results from an improved pasture hillslope*, Hydrological Processes, 23 :464–475.

Marshall, M. R., C. E. Ballard, et al. (2013). *The impact of rural land management changes on soil hydraulic properties and runoff processes: results from experimental plots in upland UK*. Hydrological Processes. DOI: 10.1002/hyp.9826

Mérot P. (1999) *The influence of hedgerow systems on the hydrology of agricultural catchments in a temperate climate*, Agronomie 19:655-669

Mérot Ph. , Gascuel-Oudoux C., Walter C., Zhang X. et Molenat J.(1999), *Influence du réseau de haies des paysages bocagers sur le cheminement de l'eau de surface*, Revue des sciences de l'eau , 12(1):23-44

Mérot P. (2003). *Le comportement des petits bassins versants ruraux dans le contexte des crues et des inondations*, La Houille Blanche, (6): 74-82.

O'Connell, E., J. Ewen, et al. (2007). *Is there a link between agricultural land-use management and flooding?* Hydrology and Earth System Sciences, 11(1): 96-107.

Ouvry J.F., Richet J.B. et al. (2012) *Fascines & haies pour réduire les effets du ruissellement érosif - Caractérisation de l'efficacité et conditions d'utilisation*, AREAS, 70 p

[http://www.areas.asso.fr/images/expe%20autres/efficacite\\_haies\\_fascines AREAS\\_68p.pdf](http://www.areas.asso.fr/images/expe%20autres/efficacite_haies_fascines AREAS_68p.pdf)

Posthumus, H., et al. (2008). *Agricultural land use and flood risk management: Engaging with stakeholders in North Yorkshire*. Agricultural Water Management. 95(7): p. 787-798.

**Poulard C.**, Szczyzny J. et al. (2005). *Dynamic Slowdown: A flood mitigation strategy complying with the Integrated Management concept - Implementation in a small mountainous catchment*. Journal of River Basin Management 3(2): 75-85.

**Poulard C.** (2009). *Revue bibliographique – Panorama de la recherche sur la prévention des inondations*, Ingénieries EAT, N° spécial sur la Prévention des Inondations, Juin 2009, pp 131-155.

<http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/2008/DG2008-PUB00026474.pdf>

**Poulard, C., Breil, P., Dehotin, J., Lagadec, L.R., Patrice, P.** (2015). *Le ruissellement : le comprendre pour diagnostiquer et agir*. Techni.Cités (numéro 281).

**Poulard, C., Royet P., Leblois E. , Faure J.-B., Breil, P., Proust S., Deroo L.** (2017) *Gérer des inondations par des ouvrages dispersés sur le bassin versant : principes et méthodes de diagnostic d'efficacité probabiliste*, N°23, Sciences Eaux et Territoires ( DOI : 10.14758/SET-REVUE.2017.23.07)

Rey, F., Breton, V., **Poulard, C., Breil, P., Mériaux, P.** (2018), *Les solutions fondées sur la nature pour accorder la prévention des inondations avec la gestion intégrée des milieux aquatiques*, Revue Science Eaux & Territoires, GEMAPI : vers une gestion plus intégrée de l'eau et des territoires, numéro 26, 2018, p. 36-41, 09/11/2018.

Disponible en ligne sur <URL : <http://www.set-revue.fr/les-solutions-fondees-sur-la-nature-pour-accorder-la-prevention-des-inondations-avec-la-gestion>> (consulté le 18/01/2019), DOI : 10.14758/SET-REVUE.2018.26.07.

Robinson, M., et al. (2003). *Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: A European perspective*. Forest Ecology and Management 186(1-3): 85-97.

Safer Flandres Artois - *61 ha libérés à l'amiable pour créer une zone d'expansion de crue* ; pages internet consultées le 12/12/2014

<http://www.flandres-artois.safer.fr/Creation-d-une-zone-d-expansion-de-crue.aspx#>

Salazar, S., et al. (2012). *A comparative analysis of the effectiveness of flood management measures*



based on the concept of "retaining water in the landscape" in different European hydro-climatic regions. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **12**(11): 3287-3306.

<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/3287/2012/nhess-12-3287-2012.pdf>

Sivapalan, M. (2003). *Process complexity at hillslope scale, process simplicity at the watershed scale: is there a connection?* *Hydrological Processes* **17**(5): 1037-1041.

Stokes, A. et al., 2014. *Ecological mitigation of hillslope instability: Ten key issues facing researchers and practitioners.* *Plant and Soil* **377**(1-2): 1-23.

Schmitt, L., et al., (2009) *Le « Polder » d'Erstein: objectifs, aménagements et retour d'expérience sur cinq ans de fonctionnement et de suivi scientifique environnemental (Rhin, France).* Ingénieries Eau-Agriculture-Territoires No Spécial "Prévention des Inondations": p. 67-84.

Schüler G. (2007). *Precautionary Land-Use - Sufficient for Flood (Damage) Mitigation?*, WaReLa Scientific Conference on Integrated Catchment Management for Hazard Mitigation, Trier, Germany, 4-5

([http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2007/438/pdf/Proceedings\\_WaReLa\\_Conference.pdf](http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2007/438/pdf/Proceedings_WaReLa_Conference.pdf))

SEPA ( ) *Natural Flood Management Position Statement ; The role of SEPA in natural flood management.* 10 p.

[http://www.sepa.org.uk/flooding/flood\\_risk\\_management/idoc.ashx?docid=266b6df7-b94a-421b-b67a-ee8fd965dd36&version=-1](http://www.sepa.org.uk/flooding/flood_risk_management/idoc.ashx?docid=266b6df7-b94a-421b-b67a-ee8fd965dd36&version=-1)

SEPA (2013 ) *Identifying Opportunities for Natural Flood Management*, December 2013, 13 p.

<http://sepa.org.uk/flooding/idoc.ashx?docid=7800d0e3-1cff-4091-ad1b-8ef4555834ab&version=-1>

Thomas, Z., et al. (2012). *Modelling and observation of hedgerow transpiration effect on water balance components at the hillslope scale in Brittany.* *Hydrological Processes* **26**(26): 4001-4014.

Vallès, F. (1857). *Etudes sur les inondations, leurs causes et leurs effets.* Paris, Victor Dalmont.

<http://hydraulica.grenet.fr/items/show/276>

Vallès, F. (1860) *Nouvelles études sur les inondations. (...) de l'influence des forêts ; du reboisement envisagé comme agissant contre les inondations et les ravinements.* Extrait des Annales des ponts et chaussées, t. XIX, 1er cahier

<http://hydraulica.grenet.fr/items/show/277>

Viel, V., D. Delahaye, et R. Reulier (2014), *Impact de l'organisation des structures paysagères sur les dynamiques de ruissellement de surface en domaine bocager. Etude comparée de 3 petits bassins versants bas-normands,* *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 2014.

résumé : <http://geomorphologie.revues.org/10619>

Weiler M., McDonnell J. 2003. *Virtual experiments: a new approach for improving process conceptualization in hillslope hydrology.* *Journal of Hydrology* **285**, 3–18

Willgoose G, Bras RL, Rodriguez-Iturbe I. 1991b. *A coupled channel network growth and hillslope evolution model.* *Water Resources Research* **27**: 1671-1684.

Wolton, R.J., Pollard, K.A., Goodwin, A. & Norton, L. (2014). *Regulatory services delivered by hedges: the evidence base.* Report of Defra project LM0106. 99pp.

[http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=12096\\_LM0106\\_final\\_report.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=12096_LM0106_final_report.pdf)

voir aussi sa note de synthèse écrite par le DEFRA : [http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=12098\\_LM01062pgsummary.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=12098_LM01062pgsummary.pdf)

Documents complémentaires:

## Forêts et inondations dans la “presse”

Logging does not raise flood risk, BBC 2005/10/12 /<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4331472.stm>, after a FAO report, <http://www.fao.org/docrep/008/ae929e/ae929e03.htm#bm03>

Europe's flood lessons (2002/08/19); <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/2203152.stm>

Storm Frank: What have we done to make the flooding worse? (2015/12/31)

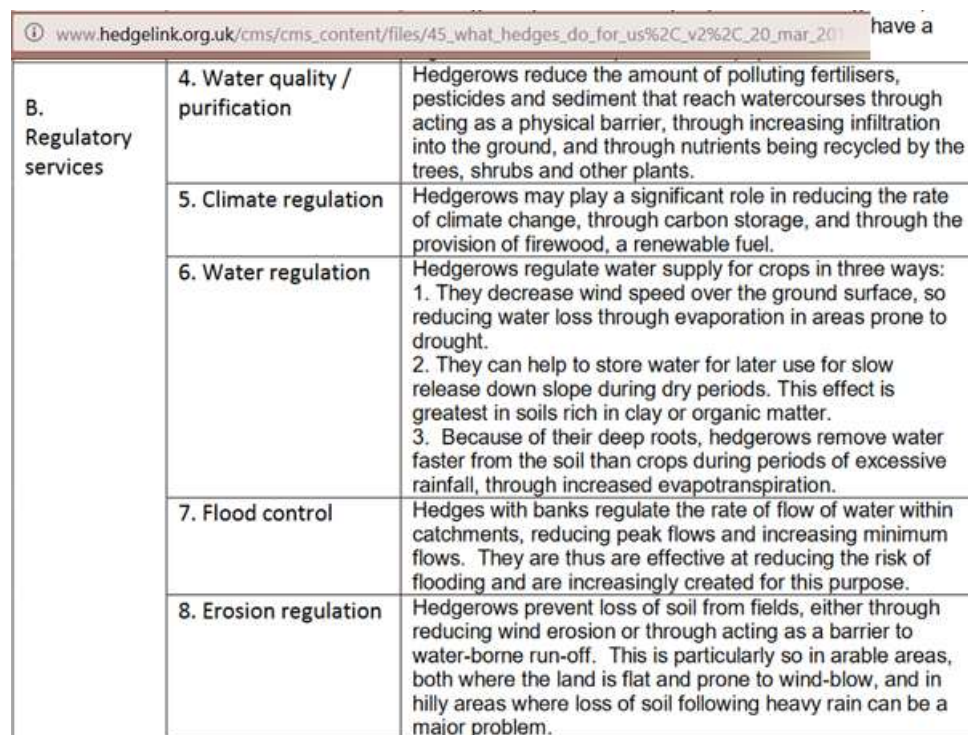
<http://www.bbc.com/news/magazine-35199963>

## Annexe 2 :

### De l'art de la citation

Nous présentons le cas intéressant d'un article cité successivement par 2 documents, qui en plus sont destinés à un public de plus en plus large.

L'article source est de Philippe Mérot (1999), qui présente l'état de l'art, dont ses travaux, selon les règles académiques habituelles. Il est cité dans un rapport commandé par le ministère britannique DEFRA, destiné à une plus large diffusion, mais qui respecte les règles de la citation : les sources sont citées et une liste de références permet de retrouver les documents. Ce rapport est ensuite manifestement utilisé pour alimenter le site d'une association dont le but est de promouvoir les haies.



www.hedgelinek.org.uk/cms/cms_content/files/45_what_hedges_do_for_us%2C_v2%2C_20_mar_2011		
B. Regulatory services	4. Water quality / purification	Hedgerows reduce the amount of polluting fertilisers, pesticides and sediment that reach watercourses through acting as a physical barrier, through increasing infiltration into the ground, and through nutrients being recycled by the trees, shrubs and other plants.
	5. Climate regulation	Hedgerows may play a significant role in reducing the rate of climate change, through carbon storage, and through the provision of firewood, a renewable fuel.
	6. Water regulation	Hedgerows regulate water supply for crops in three ways: 1. They decrease wind speed over the ground surface, so reducing water loss through evaporation in areas prone to drought. 2. They can help to store water for later use for slow release down slope during dry periods. This effect is greatest in soils rich in clay or organic matter. 3. Because of their deep roots, hedgerows remove water faster from the soil than crops during periods of excessive rainfall, through increased evapotranspiration.
	7. Flood control	Hedges with banks regulate the rate of flow of water within catchments, reducing peak flows and increasing minimum flows. They are thus effective at reducing the risk of flooding and are increasingly created for this purpose.
	8. Erosion regulation	Hedgerows prevent loss of soil from fields, either through reducing wind erosion or through acting as a barrier to water-borne run-off. This is particularly so in arable areas, both where the land is flat and prone to wind-blow, and in hilly areas where loss of soil following heavy rain can be a major problem.

Illustration 2: Tableau "ce que les haies font pour nous" sur le site de l'association Hedgelinek

	Mérot, 1999	Wolton et al., 2014	site hedgelink.org.uk	Plaquette DEFRA
Nature du document et objectif	<b>Article scientifique.</b> Rôle du bocage sur l'hydrologie de bassins versants ruraux en climat tempéré : il est relativement méconnu, bien que paradoxalement cité comme important.	<b>Rapport de l'association Hedgelink pour le Defra</b> sur les services rendus par les « haies » au sens large. « This is the first published detailed evidence based review of the regulatory services specifically delivered by hedges. Much current UK action appears to be based on opinion and anecdotal information »	<b>Site d'une association savante</b> , promouvant les haies (dans une optique multifonctions), auteur du rapport Wolton. Pages « about hedgerows, importance of hedgerows » et document « What hedges do for us »	<b>Plaquette de présentation et de synthèse</b> du rapport Wolton par son commanditaire, le DEFRA (Ministère britannique chargé de l'Environnement)
Méthode	analyse bibliographique sur les effets sur l'ETP, la pluviosité, les crues, l'érosion (65 références), dont une analyse hydrologique d'événements de crue sur 2 petits bassins « semblables » dont un seul est en bocage	Analyse bibliographique (plus de 200 références dont Mérot 1999) et entretiens, sur 9 services dont la réduction du risque inondation, mais aussi la qualité de l'eau, l'érosion, la ressource en eau, et les avantages pour les cultures	Informations regroupées par thèmes ; les références bibliographiques sont listées à la fin des paragraphes, sans lien	Résumé et justification de l'étude commandée à Wolton et al. (2014)
Laminage sur un petit BV a) pour quel type de crue ?	<b>pour des crues d'occurrence fréquente</b> , 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 est précisé plus loin que pour les événements extrêmes l'intégralité de la pluie tombée ruisselle <i>La référence à la notion de fréquence est bien présente dans le résumé : « Le bocage joue un rôle tampon sur les</i>	<i>Dans le texte, l'élément de contexte « pour des crues d'occurrence fréquente » est remplacé par « a typical storm », et il disparaît complètement du résumé, avec une utilisation trompeuse du terme « extrême » : (...)</i> « peak flows in streams are <b>less extreme</b> and minimum flows greater in the hedged areas. ».	le texte reprend la phrase du résumé du rapport Wolton, et reformule plus loin la même idée en généralisant	« « They <b>can help</b> to keep the water of our rivers clean, reduce the risk of flooding, and prevent soil loss from fields. « Strong evidence exists that individual hedges can reduce the volume and rate of water moving down slope <b>and so potentially help to reduce the risk of flooding</b> »

	écoulements rapides des eaux en période de crue, du moins pour les événements de forte fréquence»,			
b) avec quelle portée, locale ou à l'amont	L'auteur précise 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 <i>localement</i> . Des recherches complémentaires sont donc nécessaires (modélisations distribuées)	« (...) this effect <b>may</b> not be so pronounced in large catchments due to the smoothing effect of large river flows. » « the effects of tree planting on downstream flooding have been investigated (Carroll <i>et al.</i> 2004, Marshall <i>et al.</i> 2009 & 2013). However, to date <b>no information on effects at a catchment scale has been published.</b> »	Généralisation en mode affirmatif des effets de l'intérieur du bassin à l'aval : « Together with woods, hedges reduce the rate of flow of water <b>within catchments, so</b> help to reduce flooding <b>downstream.</b> » et cite à l'appui la comparaison de 2 bassins Bretons (Mérot, 1999)	« Some evidence exists to show that hedge networks can reduce peak flows of nearby water courses <b>following heavy rainfall by up to 50%</b> , but more research is required at the catchment scale. »
Conséquences pour la décision publique	Perspective : recours à de nouvelles techniques, comme la modélisation hydrologique distribuée, pour quantifier les effets, ainsi qu'à des approches comme l'écologie des paysages.	Expression de besoins de recherche :  « To quantify the effect of hedge networks in reducing flood risk in areas with differing topography, geology and soils, and in catchments of different sizes, at a catchment (or landscape) level. The ability of hedges to reduce flood risk following extreme weather events (i.e. exceptionally high rainfall) also requires research. »	Affirmation que les actions sont efficaces et employées « Hedgerows regulate the rate of flow of water within catchments, reducing peak flows and increasing minimum flows. They are thus are effective at reducing the risk of flooding and are increasingly planted for this purpose. »	Yet the evidence base for the extent to which hedges provide such regulatory services is <b>poor, largely reliant on the small amount of research</b> that has been carried out abroad in countries like France. (...). We also need to be aware of current action which is not supported by good research.'

The biodiversity, landscape and cultural benefits of hedges are well known, but hedges benefit us and our environment in other ways too. They can help to keep the water of our rivers clean, reduce the risk of flooding, and prevent soil loss from fields. Yet the evidence base for the extent to which hedges provide such regulatory services is poor, largely reliant on the small amount of research that has been carried out abroad in countries like France. Water quality will be a priority within the successor scheme to Environmental Stewardship and Catchment Sensitive Farming, so it is important to understand what the available evidence tells us about the best ways and places to deliver hedge-related management options in order to deliver these services. We also need to be aware of current action which is not supported by good research.

*Illustration 3: La plaquette du DEFRA qui présente le rapport Wolton qu'il a commandé met en avant le peu de travaux réalisés, et déplore que la décision publique ne puisse pas se fonder sur des éléments plus solides*

Cet exemple, parce que les documents ont le grand mérite de permettre de retracer les sources, montre donc comment des propos peuvent être peu à peu modifiés par le simple fait de résumer en enlevant des éléments de contexte. Une version... résumée, justement, est présentée dans l'article de SET des auteurs de cette note, mais le tableau ci-dessus, plus complet, montre un autre effet de bord : selon l'endroit où vous cherchez, vous n'aurez pas la même information : c'est-à-dire pour le rapport Wolton soit dans résumé (qui couvre tous les intérêts des haies, dont l'hydrologie n'est qu'une partie) soit dans le chapitre consacré aux aspects hydrologiques, ou bien sur le site de Hedgeline selon la page que vous lisez.

Il faut aussi reconnaître que les publications scientifiques sont souvent difficilement accessibles, les revues qui les diffusent étant payantes. Même si un mouvement de fond initié par les chercheurs et leurs financeurs publics cherche à les rendre plus librement diffusables, il reste que la diffusion en-dehors du monde académique doit faire l'objet d'un effort spécifique. A cet égard, le travail réalisé par le Creseb en 2014 suite à une journée qu'il a organisée sur les inondations est tout à fait exemplaire. Ces pages sur le site du Creseb, que nous citons en bibliographie, utilisent des liens hypertexte, ce qui nous paraît un bon moyen de structurer l'information : la première page présente un résumé, mais vous pouvez rapidement accéder à des informations de plus en plus détaillées. Certes, l'introduction de plusieurs niveaux de lecture ne dispense pas d'être très soigneux dans la rédaction du résumé.

Redonnons la parole à Philippe Mérot sur la bonne interprétation des résultats (Mérot, in « Conférence de l'environnement 2015 : Bocage », Quimper) : pour les crues fréquentes, donc les crues qui ne causent pas de dégâts, le bocage joue un rôle régulateur important. Pour les crues rares, celles qui sont liées à une très importante quantité de pluie tombant au cours d'une période brève -on l'a vu encore récemment, dans le cas des épisodes cévenols dans le sud de la France- c'est autre chose. En hydrologie, quand on dépasse un certain seuil de précipitations, quelle que soit la surface touchée, que l'on soit en ville, que l'on soit à la campagne, dans un paysage bocager ou un paysage de plaine, tout va ruisseler. Le bocage à ce moment-là joue un rôle négligeable par rapport aux risques encourus et aux dégâts occasionnés.

(...) Le talus est un dispositif antiérosif très intéressant plus qu'un dispositif anti-ruissellement intéressant

(...) En fait, la variabilité climatique interannuelle est telle que, lorsqu'on compare des situations avant et après arasement du bocage, on a beaucoup de mal à voir, dans les séries chronologiques, une évolution de la relation entre la pluie et le débit, et ceci que l'on ait du bocage ou pas de bocage.