HAL
open science

Le ruissellement, comprendre pour diagnostiquer et agir

C. Poulard, Pascal Breil, E. Hauchard, J. Dehotin, L.R. Lagadec, Pierre Patrice

To cite this version:

C. Poulard, Pascal Breil, E. Hauchard, J. Dehotin, L.R. Lagadec, et al.. Le ruissellement, comprendre pour diagnostiquer et agir. Techni.Cités, 2015, mars 2015, pp.21-28. hal-01166072

HAL Id: hal-01166072

https://hal.science/hal-01166072v1

Submitted on 22 Jun 2015

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.

Le ruissellement : comprendre pour diagnostiquer et agir

« version auteur » d'un dossier paru dans Techni.Cités en Mars 2015.

Coordination : Christine Poulard, Ingénieur ; Pascal Breil, Chargé de Recherche à Irstea (1)

Contributeurs : Emmanuel Hauchard, Directeur directeur adjoint du service des eaux et assainissement de la Codah (2), Judicael Dehotin (3), Lilly-Rose Lagadec (1, 3), Pierre Patrice (1).

(1) **Irstea**, Unité de Recherche Hydrologie-Hydraulique, 5 rue de la Doua, CS 70077, F-69626 VILLEURBANNE cedex (*prenom.nom@irstea.fr*).
(2) **CODAH**, Dir. Cycle de l'eau, Délégation Hydrosystèmes, rivières, lutte contre les inondations. Hôtel d'Agglomération, 19 rue Georges Braque, CS 70854, F-76085 Le Havre Cedex /CNRS-UMR6143-M2C Rouen
(3) **SNCF** INFRA – Projets Système Ingénierie – Département lignes voie environnement (PSIGT-Ive) - Division Etudes Générales et Projets (EGP)

Avertissement : qu'est-ce qu'un texte en « version auteur » ?

Ce texte est la « version auteur » d'un dossier paru dans Techni.Cités en Mars 2015, c'est-à-dire avant mise en page par le journal. Le texte peut présenter quelques variations avec la version publiée, qui a été ponctuellement corrigée ou reformulée par la rédaction. Les documents iconographiques reproduits ici sont soit les versions des auteurs, soit la version réalisée par Techni.Cité (crédit Stéphane Mimouni-Groupe Territorial) à partir des schémas des auteurs pour la publication. Certaines illustrations non indispensables sont présentes dans une version et pas dans l'autre.

Le présent document peut auto-archivé et partagé, sachant que le journal Techni.Cités détient les droits sur la version définitive.

* * *

Ce dossier t**raite des inondations par ruissellement, du diagnostic aux moyens d'actions pour réduire les désordres provoqués.** L'accent sera mis sur les points suivants :

- **le ruissellement , oui mais lequel?** selon l'échelle l'étude (parcelle, versant, tout le bassin versant), les problématiques sont différentes (érosion, coulées de boue, engorgement de réseaux…)

- **un éventail de moyens d'action,** reposant sur l'infiltration, le contrôle et la rétention temporaire ;
- calcul de l'**effet combiné à l'échelle du bassin versant** : état de l'art et pistes de recherche.

Production et transfert du ruissellement intense depuis une tête de bassin.

Photo 1: ruissellement sur une parcelle agricole (photo d'illustration du SMBV Pointe de Caux, parue dans l'article de Techni.Cités)

Le ruissellement : le petit bout de chemin pas toujours tranquille de l'eau de pluie jusqu'à la rivière

La première cause d'inondation qui vient à l'esprit est le débordement de cours d'eau, avec des paysages submergés par de l'eau qui « monte » inexorablement. Mais d'autres phénomènes causent inondations et désordres: les débordements de réseaux, les remontées de nappes, les ruptures d'ouvrages et enfin le **ruissellement.** C'est à ce dernier que nous nous intéresserons, en partant de sa définition classique: quand les précipitations atteignent le sol une partie s'infiltre, et le reste s'écoule suivant la topographie, jusqu'à rejoindre un cours d'eau.

Le ruissellement est donc temporaire, et le plus souvent discret. Mais en cas d'averses intenses ou longues, surtout si le sol est déjà saturé, il devient visible, voire envahissant : il peut causer des ravinements sur son passage, et entraîner des matériaux (boue, cailloux…). Quand une multitude de petits écoulements se rejoint, le flot peut submerger des routes et dévaler dans des villages, causant d'autant plus de dégâts qu'il emprunte des chemins inhabituels.
La Caisse Centrale de Réassurance a estimé que 45 % des dommages assurés provoqués par des inondations en France sont dus au ruissellement, soit la même proportion que le débordement de cours d'eau **(Moncoulon et al., 2014)**. Ces chiffres peuvent surprendre, mais le même constat a été fait dans d'autres pays : le ruissellement a longtemps été sous-estimé, sans doute parce qu'il est difficile de collecter les informations et de distinguer dans les archives les dégâts dus aux phénomènes de ruissellement de ceux dus aux débordements, surtout quand ils surviennent

simultanément. De plus, le terme ruissellement n'est pas utilisé par tous de manière identique : les écoulements en fossés et en thalwegs secs ne sont pas considérés comme ruissellement par certains auteurs, qui réservent ce terme au ruissellement en versants.

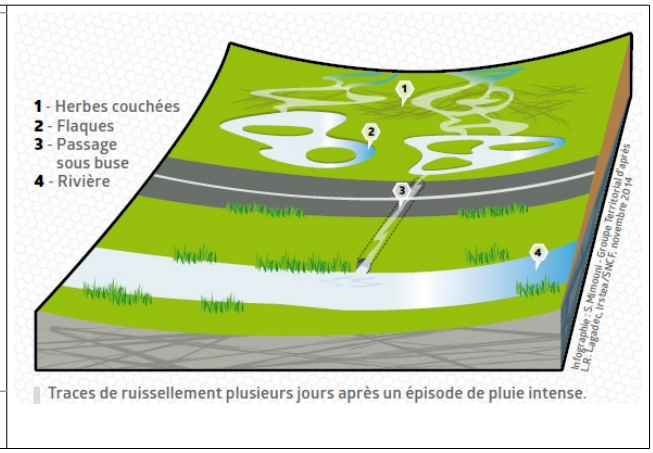


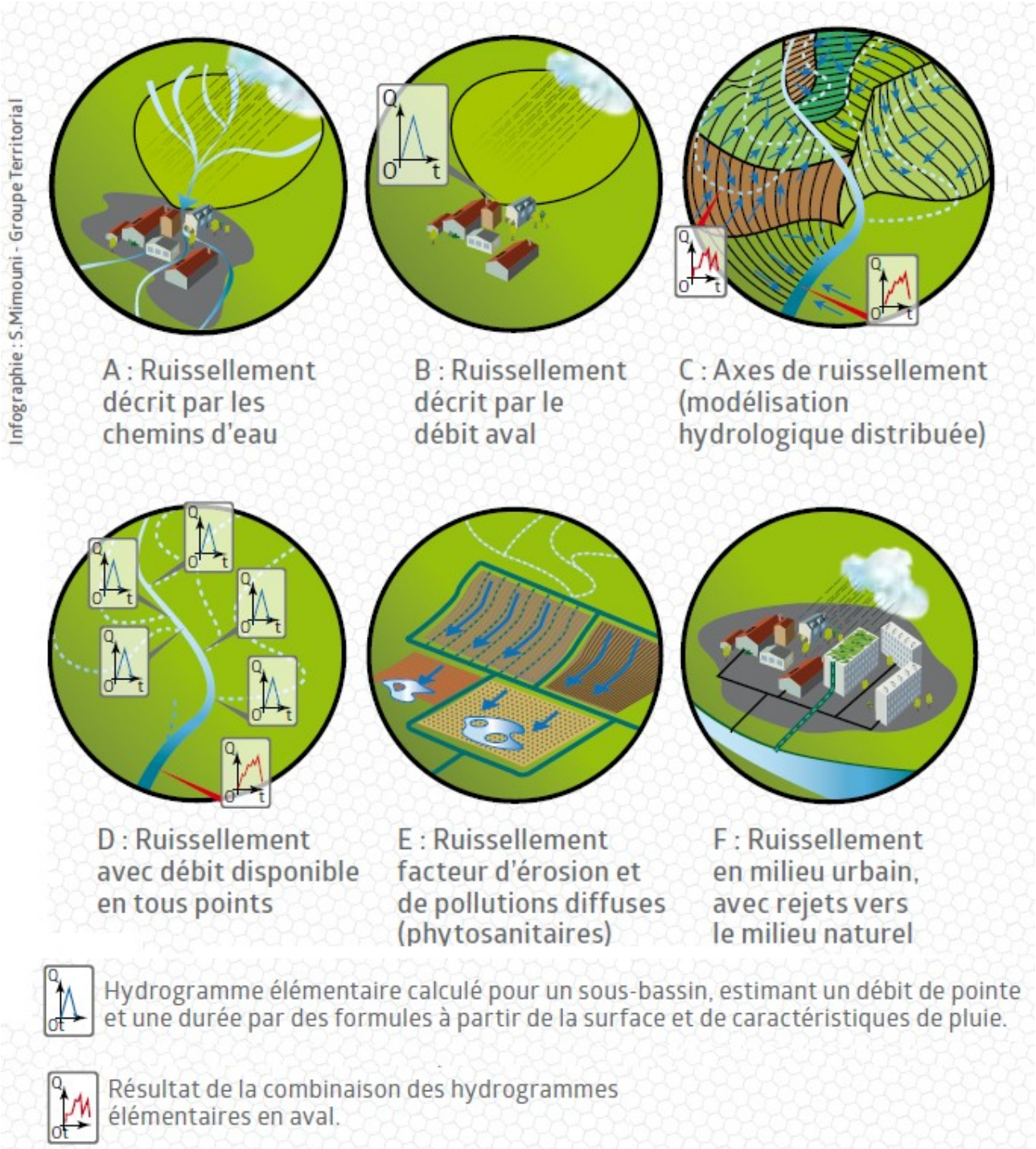
Illustration 1: Traces de ruissellement plusieurs jours après un épisode de pluie intense (bassin de l'Auzon, Ardèche;photo des auteurs). A gauche: photo L.R. Lagadec, Irstea/SNCF, novembre 2014 ; à droite, son interprétation (infographie Stéphane Mimouni-Groupe Territorial pour l'article Techni.Cités).

1. Diagnostic du ruissellement… oui mais LEQUEL ?

Entre la parcelle et le cours d'eau, on distinguera utilement les zones de **production** de ruissellement, dont les facteurs sont par exemple la surface du bassin, la perméabilité et de la pente du sol, le **transfert** de ruissellement concentré, souvent boueux, empruntant des axes prévus à cet effet (fossés…) ou non (sentiers, ravines en plein champ...), et **l'accumulation,** qui peut donc créer des submersions même à distance des cours d'eau.

Le ruissellement peut donc être étudié pour différents objectifs et à plusieurs échelles, avec à chaque fois une méthodologie spécifique selon :

- **l'échelle d'espace** : la parcelle agricole (où il cause des **é**rosions des sols et pertes en terre**,** et d'où il entraîne des produits phytosanitaires vers les milieux naturels, voir infographie 1, vignette E), le versant, les réseaux d'assainissements urbains (F), voire le bassin versant.
- **le type d'événements** : courants (cas des calculs de flux de phytosanitaires), décennaux (dimensionnement des réseaux et fréquence de surverse) ou tous événements même rares (inondations) .
- **la ou les variables pertinentes** : hauteurs et vitesses sont les meilleurs facteurs explicatifs des dommages, mais ils sont plus complexes à évaluer car le trajet est diffus, alors que dans un cours d'eau il est aisé de définir a priori la géométrie. Ainsi, selon les enjeux et les informations disponibles, le ruissellement peut être décrit soit par une cartographie des chemins de l'eau à dire d'expert (A), soit par des calculs (B à D). Ces calculs peuvent être des estimations simplifiées de volume produit (par exemple pour dimensionner des ouvrages de stockage, ou comme données d'entrée dans des modèles hydrauliques), et quand les enjeux le justifient, des calculs plus ou moins détaillés des écoulements dans tout le bassin, nécessitant une certaine expertise, ainsi que des données.



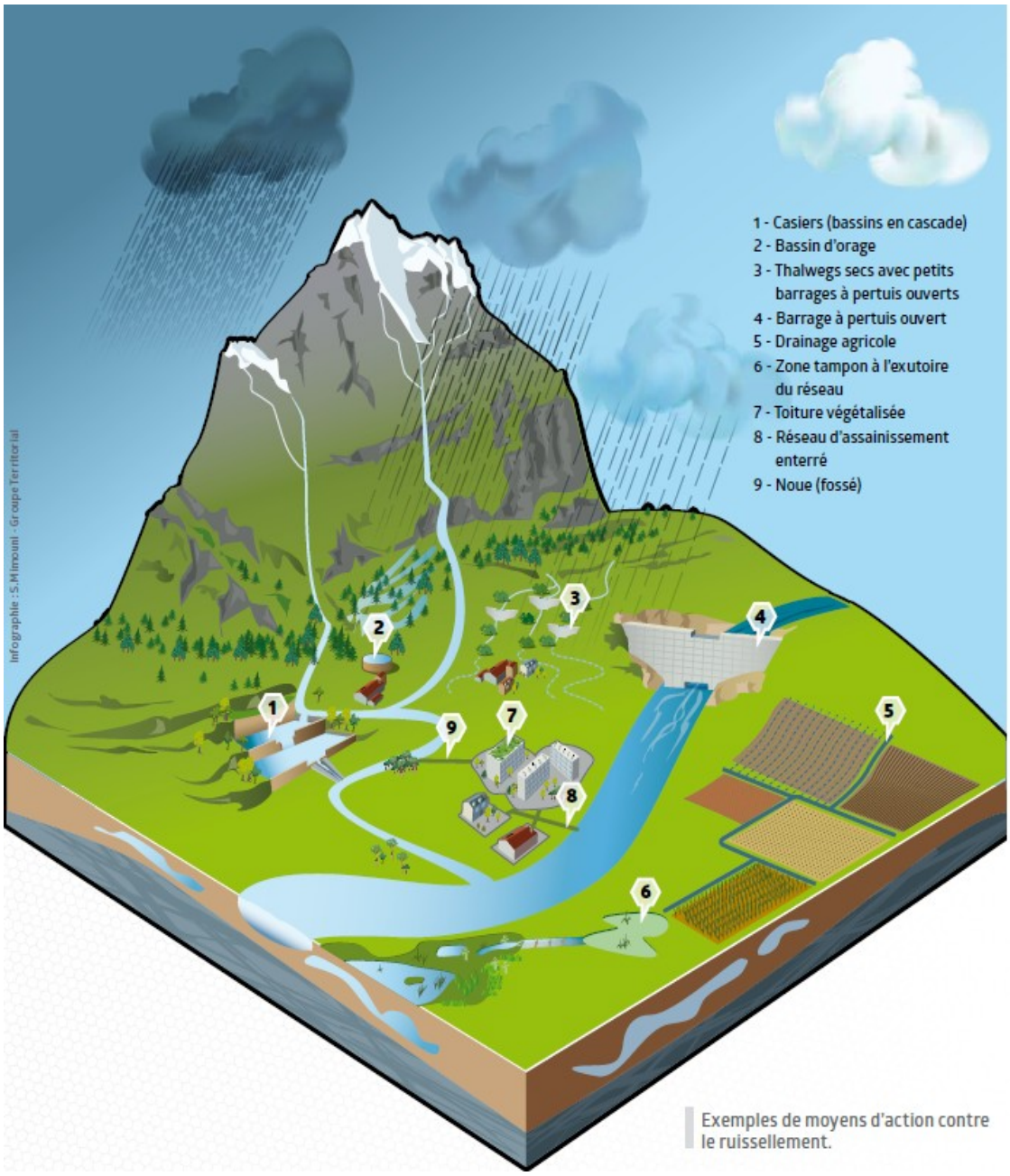
Infographie 1 : diversité des modélisations du ruissellement en fonction des objectifs de l'étude ((infographie Stéphane Mimouni-Groupe Territorial , d'après un schéma Irstea)

Un diagnostic répond donc à un objectif précis, et il ne faut pas généraliser ses conclusions.
Les objectifs, les échelles spatiales, le type d'événements à considérer, les méthodes, voire les variables à étudier peuvent être très différentes. En particulier, on ne généralisera pas les bonnes pratiques de lutte contre le ruissellement d'une échelle à l'autre *(des épisodes pluvieux fréquents aux épisodes plus rares, de l'échelle locale à celle du bassin)* ni d'un objectif à l'autre (*réduire l'érosion, retarder les flux de polluants, diminuer les inondations*).

Il ne faut pas opposer les méthodes, mais bien les choisir selon le contexte, voire jouer la complémentarité (une étude pédologique est précieuse pour la paramétrisation d'un modèle hydrologique quantifiant le ruissellement).

2) Les moyens d'action

Il s'agit d'intervenir sur les lieux de production du ruissellement ou en amont des réseaux afin de limiter les désordres (inondations, engorgement des réseaux...)



Infographie 2: exemples d'actions de gestion du ruissellement ((infographie Stéphane Mimouni-Groupe Territorial , d'après un schéma Irstea)

Des appellations et des réalisations variées...
Ces moyens sont souvent désignés en milieu urbain comme « techniques alternatives » (TA), sous-entendu alternatives au tout-réseau, alors qu'en milieu rural on parle d' « hydraulique douce », d' « actions versant » ou de « ralentissement dynamique ».
L'apparente diversité de réalisations et des fonctionnements rend difficile une typologie : on peut agir à la parcelle, en versant, dans les fossés et réseaux, et jusqu'aux toitures végétalisées, le tout avec moult variantes.

...reposant toujours sur les trois mêmes principes
L'analyse du fonctionnement de ces moyens d'action permet de reconnaître une constance des modes d'actions. Nous proposons ici de les classer en 3 catégories (Poulard *et al*., 2013) :

(1) **contrôler la production en favorisant l'infiltration :** *pratiques culturales, drainage enterré / toits végétalisés, jardins d'eau, structures poreuses (chaussées perméables, gabions)...* **et/ou le stockage** : *citernes.*

(2) **contrôler le transfert**, on impose les cheminements des écoulements de surface, en cherchant le plus souvent à les ralentir: *haies, thalwegs embroussaillés, fossés et noues avec limiteurs de débit et/ou redents (y compris fossés d'assainissement agricole recevant les eaux des collecteurs de drainage enterrés)...*

(3) **stocker temporairement, par une limitation de débit** dans des ouvrages prévus à cet effet ou des espaces où une inondation temporaire est acceptée, avec aménagement de la zone réceptrice. Le stockage peut être réalisé au moyen d'ouvrages de toutes tailles, en versant ou en thalwegs secs : *obstacles avec orifice calibré en fossé ou en thalweg sec, barrage à pertuis ouvert, casier latéral / structures réservoirs, bassin de stockage avec débit de fuite. zones humides, parcelles agricoles de faible enjeu / espaces publics de faible enjeu...* Ces actions sont analogues dans leur principe à des ouvrages classiques construits sur les cours d'eau : *casiers latéraux, barrages à pertuis ouverts*… (Tableau 1,f)

Une solution technique peut agir sur un ou plusieurs de ces phénomènes.

Le tableau 1 compare des ouvrages apparemment différents à un schéma de principe (a) : tous les ouvrages de rétention se prêtent à une description par une limitation de débit et un stockage, avec éventuellement infiltration. Les noues et fossés, conçus pour contrôler le transfert, se comporteront aussi comme une cascade d'ouvrages de rétention quand ils sont munis de dispositifs de limitation de débit (e).

Ainsi, quelle que soit leur taille et le contexte, urbain, périurbain et rural, les ouvrages sont finalement très semblables, et leur dimensionnement repose sur des principes identiques : à partir d'une estimation des flux entrants, on calcule le volume de stockage et le calibre de l'orifice de sortie de manière à obtenir l'atténuation de débit attendue. Le calcul doit couvrir le régime des événements, des plus petits à partir desquels les ouvrages fonctionnent, jusqu'aux événements saturant la capacité des ouvrages, pour lesquels il faut vérifier le devenir des excès (surverses...).
L'entretien est indispensable (colmatage, érosion, passages d'engins... sont susceptibles de dégrader rapidement leur fonctionnement).

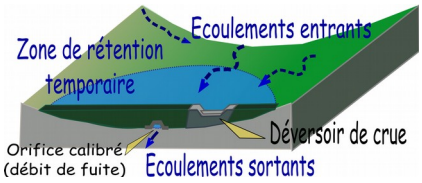
		
a) principes d'action : limitation de débit par orifice calibré, stockage de la différence derrière une digue, dispositif de surverse	b) bassin de rétention en versant (Seine-Maritime) – la couleur indique une forte charge en sédiments	c) bassin de stockage avec filtration d'eaux pluviales – la vidange se fait par drains enterrés (Grézieu-la-Varenne, 69)
d) noues en pied d'immeubles, avec succession de plaques à orifice calibrés, écoquartier de la Haute Deûle (59)	e) barrage à pertuis ouvert dans un thalweg sec (Seine-Maritime) – parement amont	f) pour comparaison : barrage à pertuis ouvert sur un cours d'eau (Sobieszów ,PL) – parement aval

Tableau 1: principe de rétention temporaire des eaux pluviales (a) et diversité des déclinaisons de ce principe en versant (b à e), jusqu'au cours d'eau (f) (crédit photos Irstea)

Encadré 1 : cadre réglementaire pour les ouvrages hydrauliques de rétention dynamique

Version plus développée que le texte définitif de Techni.Cités.

Les ouvrages hydrauliques de rétention dynamique amont sont soumis le plus souvent à autorisation au titre des articles L214-1 à L214-3 et R214-1 du code de l'environnement et de ce fait également à étude d'impact conformément au décret 2011-2019 portant réforme sur les études d'impact. Selon leur taille ils peuvent également être soumis au décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques (actuellement en cours de révision et qui fera l'objet d'un nouveau décret à paraître en janvier 2015).

La mise en œuvre de techniques alternatives au sein des projets d'aménagements (fossés, noues d'infiltrations, dispositifs de stockage restitution à la parcelle, parking et chaussées drainantes…) peut être imposée dans le cadre du règlement d'un schéma directeur de gestion du pluvial annexé au PLU et se référant aux articles 640 et 641du code civil et R 111-2 et R 111-8 du code de l'Urbanisme. Par ailleurs les projets tels que les lotissements, ZAC…sont également soumis à déclaration ou autorisation au titre des articles L214-1 à L214-3 et R214-1 du code de

l'environnement notamment pour des surfaces de projets incluant le bassin versant amont intercepté supérieures à 1 ha (déclaration) ou supérieures à 20ha (autorisation). Des recommandations sont parfois mises en place afin d'inciter à une meilleure gestion des ruissellements lors de projets d'aménagements. La DISE de Seine-Maritime préconise ainsi une gestion limitant les rejets à 2 $L.s^{-1}.ha^{-1}$ pour une pluie projet de période de retour 100 ans. Dans tous les cas il demeure essentiel de prendre en considération les débits admissibles en aval que ce soit en surface, vers dans le milieu naturel, ou pour un rejet en réseau. Des contraintes de perméabilité des sols ou de pentes peuvent limiter les possibilités de gestion des eaux à la parcelle.

En complément de ces gestions actives du ruissellement il est également nécessaire de maîtriser l'exposition au risque des enjeux toujours plus nombreux (développement urbain). Les Plans de Prévention des Risques Inondations, les PPRI, définis par les articles L-562-1 et suivants du code de l'environnement), ont pour but de : 1- délimiter les zones exposées aux risques ; 2- délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou plus généralement les activités humaines pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions ; 3- définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones préalablement identifiées. Un PPR est une servitude d'utilité publique, annexé de ce fait au PLU. Le second point concernant l'objet des PPR est particulièrement intéressant pour nous ici : l'article L-652-1 du code de l'environnement permet d'identifier des zones sur lesquelles l'activité peut être réglementée **lorsqu'elle est susceptible d'aggraver l'aléa**. On parle alors de « zonage de précaution ». C'est le cas par exemple des activités agricoles, susceptibles d'aggraver les phénomènes de ruissellement et par là même l'érosion. Il est dès lors possible d'identifier des zones soumises à érosion et leur imposer des prescriptions ou recommandations. Le bassin versant de la Lézarde, dans l'agglomération havraise, a ainsi servi de site test national pour l'élaboration d'un **zonage de l'aléa érosion**, venant compléter le zonage de l'aléa ruissellement prévu dans le PPR Inondations.

Dans le même état d'esprit que l'aléa « érosion » d'un PPRI, le décret 2007-882 du 14 mai 2007 ainsi que les articles. L114-1 à L114-3 et R114-1 à R114-5 du Code Rural permettent d'identifier certaines zones soumises à contraintes environnementales en application de l'article 21 de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006 vient. Il est possible dans ce cadre d'identifier des zones particulièrement sensibles aux phénomènes d'érosion du fait de l'incidence des pratiques d'utilisation, notamment agricole du sol, en application de l'article R11-2 du code rural. Cette démarche a également été menée et testée sur le territoire du bassin versant de la Lézarde en complément de la démarche « aléa érosion » du PPRi.

L'exercice d'une compétence permettant la maîtrise des ruissellements est généralement intégrée à une compétence plus vaste de service public d'assainissement des eaux pluviales, et parfois associée à une compétence assainissement dans le cadre de réseaux urbains unitaires. Elle peut également être identifiée directement comme compétence de gestion des ruissellements le plus souvent associée à la lutte contre les inondations, la gestion des rivières ou la protection de la ressource en eau. Elle peut être exercée par une commune, un EPCI, un syndicat mixte de bassin versant ou de rivière, un EPAGE ou un EPTB. La récente loi n°2014-58 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles instaure un bloc de compétences comprenant les missions relatives à la gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations, définies aux 1°, 2°, 5° et 8° du I de l'article L.211-7 du code de l'environnement à savoir l'aménagement de bassin hydrographique, l' entretien de cours d'eau et la défense contre les inondations offrant un nouveau cadre permettant lui aussi dans une certaine mesure la prise en compte des problématiques liées aux phénomènes de ruissellement en conformité avec les SDAGEs existants.

Encadré 2, IRIP (Indicateur du Ruissellement Intense Pluvial)

IRIP est une méthode géomatique pour cartographier les zones susceptibles de produire/transférer/accumuler du ruissellement.
Elle est plus aisé à mettre en oeuvre qu'une modélisation pluie-débit, et permet donc un diagnostic rapide, sur des petits comme des grands territoires.

Des facteurs de prédisposition sont définis pour chacune des trois étapes : production, transfert et accumulation. L'illustration 2 montre comment ces facteurs sont traduits en indices de prédisposition, dont on calcule un état (favorable / non favorable) à partir de données facilement disponibles (topographie, perméabilité, érodibilité, occupation du sol…). La somme des valeurs des 5 indicateurs donne pour chaque pixel un score entre 0 à 5. Ainsi, on obtient trois cartes des niveaux de prédisposition respectivement à la production, au transfert et à l'accumulation de ruissellement.

Diagnostic IRIP pour aider au choix et à la localisation des solutions
Les cartes produites pour chaque étape du ruissellement constituent ainsi un diagnostic, et donnent des pistes pour le choix des actions : au niveau des zones les plus susceptibles de produire et accumuler du ruissellement on envisagera de la rétention et de l'infiltration, de la maîtrise des écoulements pour les axes de transfert et de la réduction de vulnérabilité pour les zones les plus sensibles au ruissellement.

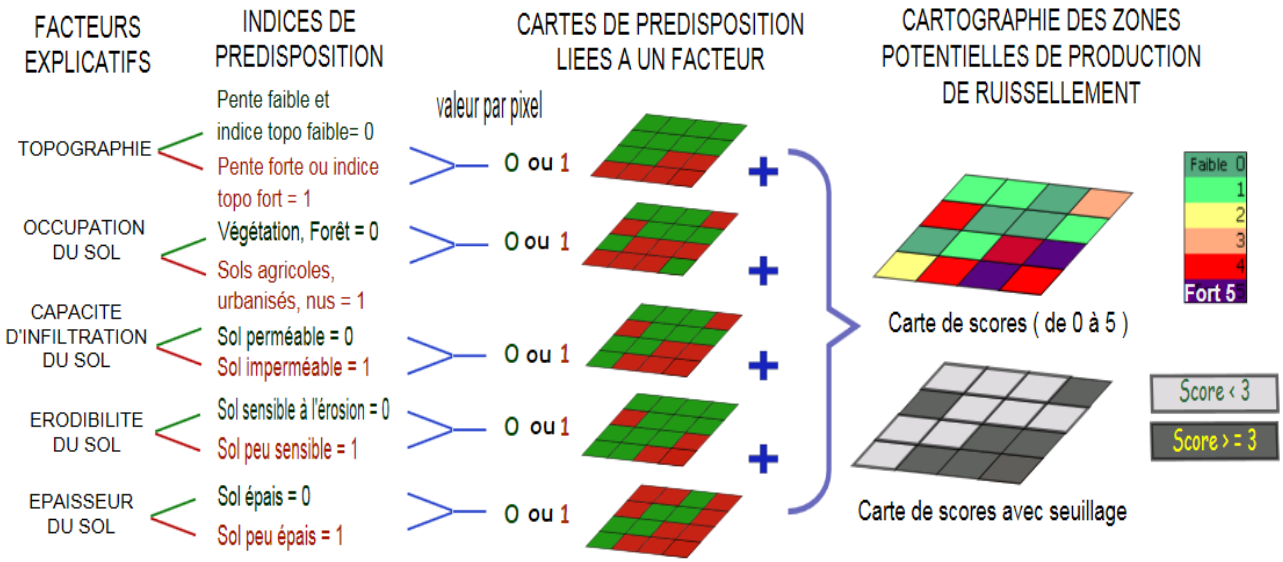


Illustration 2: principe de l'établissement de la carte de production de ruissellement par IRIP

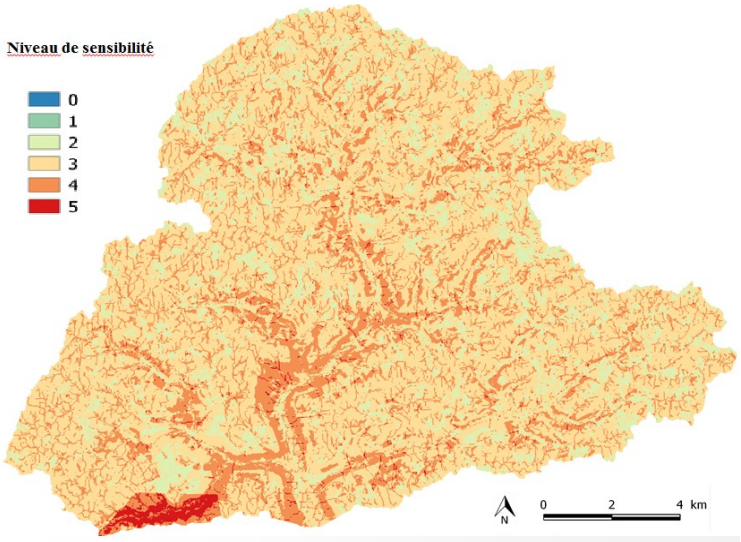


Illustration 3: Exemple de carte de production de ruissellement obtenue par IRIP (application au bassin de la Lézarde)

3) Efficacité locale / efficacité à l'échelle du bassin versant / efficacité à l'échelle d'une gestion intégrée

La conception d'ouvrages même modestes doit reposer sur les mêmes principes que les grands ouvrages, avec des difficultés qui apparaissent quand le nombre augmente : démultiplication des dossiers, des gestions d'emprises, de l'entretien... (voir encadré réglementaire : les petits ouvrages sont également soumis aux mêmes procédures). De plus, les petits ouvrages doivent être adaptés au contexte : il faut étudier les chemins de l'eau et les spécificités locales ; une solution qui a fait ses preuves à un endroit n'est pas forcément pertinente dans un autre contexte.

Il semble aisé de dimensionner des ouvrages individuellement, en calculant l'impact de l'ouvrage sur des scénarios de crue. En pratique, pour bien décrire cet effet à l'échelle du régime il faut définir des scénarios représentatifs de plusieurs périodes de retour, ce qui est déjà est un art délicat. Le problème se complique encore pour un ensemble de petits ouvrages.

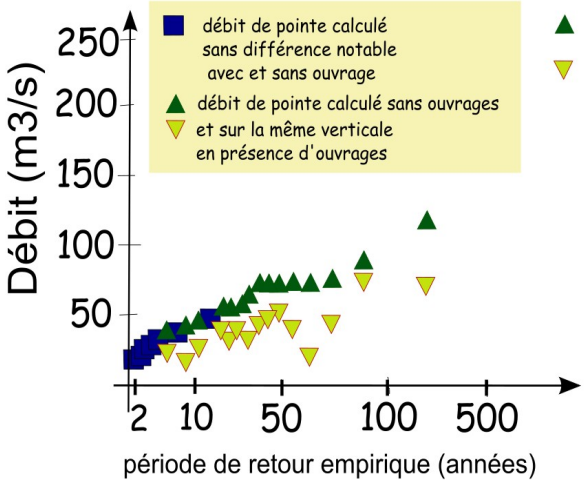
L'hétérogénéité des pluies engendre une forte variation de l'efficacité individuelle et collective des ouvrages.

La figure du tableau 2a schématise le fonctionnement de barrages à pertuis ouverts lors d'une épisode de pluie. La connaissance des comportements individuels est insuffisante pour déduire le comportement global d'une combinaison d'ouvrages, car ceux-ci sont sollicités différemment : l'un sera peu ou pas mis en eau (affluent rive droite), un autre sera éventuellement saturé et en surverse, donc avec une efficacité très amoindrie. Le problème sera accentué pour des petits ouvrages dispersés en versants.

Le tableau 2 b montre des résultats de calcul d'efficacité d'une combinaison d'ouvrages écrêteurs sur la réduction du débit de pointe à l'aval du bassin (thèse Chennu ; 2008). Il n'y a pas de relation simple entre la période de retour estimée du débit de pointe et l'écrêtement, tout simplement parce que l'efficacité de cet écrêtement dépend fortement de la répartition spatiale et temporelle des pluies, et de la répartition spatiale des ouvrages.

Modéliser un grand bassin avec beaucoup de petites actions requiert des scénarios de crue cohérents à l'échelle du bassin versant

La modélisation de petits ouvrages divers dispersés sur un grand territoire pose déjà un défi aux modélisateurs. Si on s'intéresse aux crues, on a vu qu'il faut simuler des événements de crue de plusieurs périodes de retour (Tableau2b) ; or, il est très compliqué de définir des scénarios de crue non plus locaux mais à l'échelle d'un bassin versant. De plus, pour des études multiobjectifs il faut élargir l'étude aux événements fréquents (pour les débordements de réseaux qui impactent la qualité des cours d'eau) voire courants (pour les flux de phytosanitaires exportés des parcelles agricoles). Des recherches en cours visent à améliorer les méthodologies du calcul de l'aléa à l'échelle de bassins (Moncoulon *et al*., 2013) et de l'efficacité d'ouvrages (Labbas *et al.*, 2013, Poulard *et al.,* 2013). Ceci passe par la construction de scénarios d'apports à l'échelle du bassin, en tenant compte de la variabilité des événements pluvieux et de l'hétérogénéité spatiale de chaque événement (Nédélec 2008 ; Poulard *et al*., 2013).



a) illustration de l'hétérogénéité d'un épisode pluvieux « réel » sur un bassin versant et conséquences sur le fonctionnement des ouvrages	b) pics de crue naturel (noir) et écrêtés par une combinaison de petits ouvrages (rouge) à l'exutoire d'un bassin pour des épisodes pluvieux hétérogènes dans l'espace (d'après Chennu, 2008). En abscisse : période de retour empirique du débit de pointe à l'exutoire du bassin

Tableau 2: quantification de l'efficacité d'un ensemble d'ouvrages en lit majeur

Ce dossier est synthétique par nécessité, si vous souhaitez être informés de la sortie d'articles plus détaillés actuellement préparés par les auteurs, sur les méthodes de diagnostic notamment, n'hésitez pas à les contacter par courriel.

Sélection de références bibliographiques (plus étendue que le texte paru dans Techni.Cités)

Chennu, S. (2008). Réduction des crues à l'échelle du bassin versant au moyen de barrages secs ispersés : analyse de l'impact sur l'ensemble du régime débit-fréquence (en anglais), Thèse, spécialité "Océan, Atmosphère, Hydrologie", INPG Grenoble, Cemagref, 212 p.

Dehotin, J. - La Méthode IRIP de cartographie du ruissellement (Indicateur du Ruissellement Intense Pluvial), pages internet (consultées le 02/12/2014) http://fr.wikipedia.org/wiki/IRIP

Labbas, M., *et al.* (2013). Multi-scale approach to assess the impacts of land use evolution and rainwater

management practices on the hydrology of periurban catchments. Application to the Yzeron catchment (150 km2), in Novatech - Stratégies et solutions pour une gestion durable de l'eau dans la ville, 27/06/2013, GRAIE, Lyon (France). 8p. http://hdl.handle.net/2042/51315

Moncoulon, D. et A. Quantin (2013). Modélisation des événements extrêmes d'inondation en France métropolitaine. La Houille Blanche 2013(1): pp. 22-26.

Nédélec, Y. (2008). Deux exemples d'inondations par ruissellement: quelles leçons en tirer pour une meilleure prévention? Ingéniéries EAT, n° spécial prévention des inondations ; pp 55 – 66

Moncoulon, D., et al. (2014). Analysis of the French insurance market exposure to floods: a stochastic model combining river overflow and surface runoff. Nat. Hazards Earth Syst. Sci.. 14(9): pp. 2469-2485. http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/2469/2014/

Nédélec, Y. (2008). Deux exemples d'inondations par ruissellement: quelles leçons en tirer pour une meilleure prévention? Ingéniéries EAT, n° spécial prévention des inondations ; pp 55 – 66

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

Petrucci, G. et al., (2013) Linking the management of urban watersheds with the impacts on the receiving water bodies: the use of flow duration curves, in 8e conférence internationale Novatech 2013. 8p. http://hdl.handle.net/2042/51320

Poulard, C. *et al.* (2013). La gestion des eaux pluviales coule de source, de l'amont à l'aval, du rural à l'urbain et vice-versa. in 8e conférence internationale Novatech 2013, 8 p. http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/51321

GLOSSAIRE

Débit : le débit est le volume d'eau qui passe en une section donné sur une durée donnée : il est souvent exprimé en m³/s. Le **débit de pointe** est le débit maximum observé sur un épisode de crue ; il est souvent cité pour quantifier la crue.

Période de retour : par exemple, une crue de période de retour 100 ans ou crue centennale est dépassée en moyenne une fois tous les 100 ans. Mais le phénomène est aléatoire : en fait, en un endroit donné il y a chaque année une chance sur 100 qu'une crue dépasse la crue centennale...