



AGIRaCAD

Appui à la gestion des risques d'inondation par
ruissellement en zones rurales. Analyse coûts-
avantages et aide à la décision

Document de vulgarisation

Octobre 2014

Dr. Dogot Thomas
Ir. Grégoire Michaël

Ulg - Gembloux Agro-Bio Tech
Unité d'Économie et Développement rural
Passage des déportés, 2
5030 Gembloux
E-mail : Thomas.Dogot@ulg.ac.be

Prof. Xanthoulis Dimitri
Ir. Debauche Olivier

EPUVALEAU asbl
Avenue de la Faculté d'agronomie, 2
5030 Gembloux
E-mail : d.xanthoulis@ulg.ac.be



Table des matières

1	Cartographie des points noirs liés au ruissellement	4
2	Estimation du coût des dommages consécutifs aux inondations par ruissellement à l'échelle de la Région wallonne	5
2.1	Etude du coût des dommages auprès des « Riverains »	7
2.2	Etude du coût des dommages auprès des « Agriculteurs »	8
2.3	Etude du coût des dommages subis par la collectivité	9
2.4	Extrapolation des résultats à l'échelle de la Région wallonne	10
2.4.1	Extrapolation des coûts « Riverains ».....	10
2.4.2	Extrapolation des coûts « Agriculteurs ».....	10
2.4.3	Extrapolation des coûts « Collectivité ».....	11
2.5	Derniers développement	11
3	Etude des Plans d'eau permanent- Volumes multiples	12
3.1	Définition et identification des PEP-VM	12
3.2	Méthodologie de dimensionnement	13
3.3	Etude de cas	14
3.4	Mesures de protection de sol	14
3.5	Coût des ouvrages	14
4	Aide à la décision	15
4.1	Etude du potentiel des PEP-VM en matière de lutte contre les inondations par ruissellement en Région wallonne	15
4.2	Analyse coûts-avantages des PEP-VM en Région Wallonne	16
5	Développement d'un catalogue de bonnes pratiques agricoles et d'aménagements hydrauliques	18
6	Conclusion	19

Contexte et Objectifs

L'objectif global de la présente étude est d'assister le Service Public de Wallonie – Direction opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3) dans la mise en œuvre des plans de gestion imposée par la Directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (2007/60)CE. Plus particulièrement, cette mission concerne la problématique des inondations par ruissellement et l'analyse coûts-avantages de la mise en œuvre de leur solution et leur adoption à l'échelle de la Région Wallonne. Elle contribue notamment au développement d'outils permettant de déterminer les actions prioritaires dans les bassins versants, en y intégrant une composante économique.

L'étude a pour principaux objectifs spécifiques l'estimation du coût moyen annuel de non-action en matière de lutte contre les inondations par ruissellement (WP1), l'évaluation des potentialités des zones à plan d'eau permanent et volumes multiples comme mesure de prévention (WP2) et un apport en termes d'aide à la décision (WP3).

Ce document de synthèse consiste en une note de vulgarisation reprenant la démarche employée dans le cadre du projet ainsi que les résultats majeurs issus de l'étude.

1 Cartographie des points noirs liés au ruissellement

Au démarrage du projet, le premier exercice a consisté à établir un recensement des lieux où des dommages ont été observés consécutivement à des inondations occasionnées par du ruissellement d'origine agricole. Ce recensement s'appuie sur une compilation de diverses sources¹ d'information préexistantes. Ces sources d'information diffèrent en termes de représentativité temporelle et spatiale, de pertinence quant à l'identification de l'origine des inondations et de précision sur la géolocalisation. Une enquête téléphonique auprès des services compétents des communes pour lesquelles les données existantes étaient jugées peu fiables ou lacunaires a permis de valider le recensement.

Le résultat de ces compilations et enquêtes a permis d'obtenir une base de données reprenant **501 zones potentiellement touchées** par la problématique. Ces zones sont réparties sur 101 communes parmi les 262 communes que compte la Wallonie. Une mise à jour récente de la base de données a permis d'augmenter le nombre de points recensés en Région wallonne. Néanmoins, l'analyse permettant l'estimation des coûts liés aux dommages dus au ruissellement se base sur les 501 points noirs² identifiés en 2013. La figure suivante présente la répartition de ces points sur l'ensemble du territoire wallon.

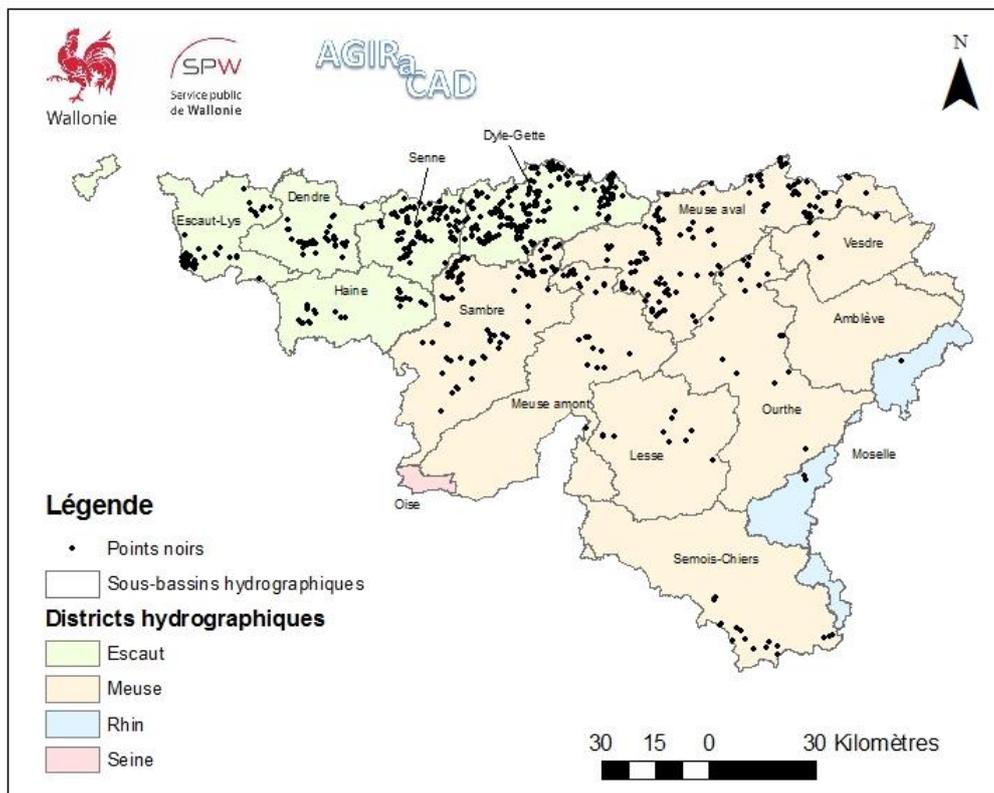


Figure 1. Répartition des points noirs liés au ruissellement agricole - Base de données AGIRaCAD (2014)

Il apparaît clairement sur cette figure que les points se concentrent principalement dans les sous-bassins de l'Escaut-Lys, de la Dendre, de la Senne et de la Dyle-Gette concernant le district hydrographique de l'Escaut et dans les bassins Meuse aval et dans le nord du bassin de la Sambre concernant le district hydrographique de la Meuse.

¹ Enquêtes Inondations – SPW, GISER, Epuvaleau, AMHY, ADALI, INASEP, Plan PLUIES - Liège

² Point noir : Zones vulnérables habitées ou non, soumises à l'aléa inondation et coulées boueuses, situées à l'exutoire d'un bassin hydrographique et alimentées en eau de ruissellement en tout ou en partie de celui-ci.

2 Estimation du coût des dommages consécutifs aux inondations par ruissellement à l'échelle de la Région wallonne

Les coûts des dommages consécutifs aux inondations par ruissellement sont supportés par différents acteurs. Les individus, riverains de zones à risque d'érosion et de ruissellement, supportent les dommages liés aux inondations par ruissellement. Une partie des dépenses incombe à la collectivité, représentée par ses institutions publiques (communes, pompiers, autres). Les agriculteurs subissent des pertes de rendement et consentent des dépenses supplémentaires pour palier au problème.

En l'absence d'estimations chiffrées disponibles par ailleurs, la collecte des données a reposé sur un vaste dispositif d'enquête auprès des acteurs ciblés plus haut. La première étape a consisté à définir une méthode d'échantillonnage raisonnée et représentative qui autorise l'extrapolation des résultats observés ponctuellement aux 15 sous-bassins des districts hydrographiques wallons ainsi qu'au territoire considéré dans son ensemble.

A partir de la base de données AGIRaCAD, un classement par région agro-géographique a permis d'analyser la distribution des points en fonction de caractéristiques homogènes (critères d'occupation du sol, aménagement du territoire, pratiques culturelles). Comme le montre le tableau 1, quatre classes de densité de points noirs apparaissent et traduisent le degré de vulnérabilité au ruissellement des 10 régions agro-géographiques wallonnes.

Tableau 1. Classification des points noirs par région agro-géographique

Régions agro-géographiques	Densité (Points/kha)	Classe	Vulnérabilité au ruissellement
Plateau Limoneux Brabançon	1,028	A	Fortement sensible
Hesbaye	0,929		
Pays de Herve	0,339	B	Moyennement sensible
Plateau Limoneux Hennuyer	0,321		
Condroz	0,285		
Région Industrielle Sambre et Meuse	0,181	C	Peu sensible
Lorraine	0,129		
Fagne-Famenne	0,104		
Haute-Ardenne	0,024	D	Non concerné
Ardenne Centrale	0,014		

L'unité d'échantillonnage retenue est la commune. Une stratification des communes en fonction de leur distribution au sein des régions agro-géographiques du territoire wallon a orienté la formation d'un échantillon de 10 communes.

Sur base des observations de terrain et des données d'enquête, il apparaît que les habitations riveraines et les infrastructures publiques touchées par des problèmes de ruissellement sont essentiellement concentrées dans un rayon de 200 m autour des points noirs assimilés aux exutoires des bassins versants qui leur sont associés. La superficie formée par ce rayon autour des points noirs non enquêtés a donc été considérée comme zone vulnérable lors de l'extrapolation à l'échelle des sous-bassins hydrographiques.

Le Tableau 2 présente les résultats issus de l'extrapolation des coûts provenant des résultats d'enquêtes aux 501 points noirs identifiés comme potentiellement vulnérables à un risque d'inondations par ruissellement.

Les coûts annuels extrapolés sont présentés selon les sous-bassins hydrographiques et en fonction du type de dommage (Riverains, Agriculteurs, Collectivité), l'ensemble des résultats étant également agrégé à l'échelle de la Région wallonne.

Tableau 2. Coûts à l'échelle des sous-bassins hydrographiques et à l'échelle de la RW

Sous-Bassins Hydrographique	Coût annuel "Riverains" (€/an)	Coût annuel "Agriculteurs" (€/an)	Coût annuel "Collectivité" (€/an)	Coût annuel total (€/an)
Dyle-Gette	144533	50167	32982	227 682
Sambre	73447	16552	18335	108 334
Meuse Aval	49632	18469	21538	89 639
Senne	58883	10358	19514	88 755
Escaut-Lys	5324	5750	2608	13 682
Dendre	2912	456	6934	10 302
Meuse Amont	4673	3260	2314	10 247
Haine	4249	2974	1961	9 184
Semois-Chiers	4757	84	4073	8 913
Ourthe	955	1182	3631	5 768
Lesse	1859	932	2684	5 476
Vesdre	1243	0	626	1 869
Amblève	0	0	0	0
Oise	0	0	0	0
Moselle	0	0	0	0
Région Wallonne	352466	110185	117199	579 851

Le coût annuel total estimé à l'échelle de la Région wallonne avoisine les **600 000 €/an**.

Notons que les coûts annuels estimés de la Dyle-Gette, de la Sambre, de la Meuse Aval et de la Senne, représentent ensemble 89 % du coût annuel estimé total propre à la Région wallonne dont une part de 39 % qui est imputable au sous-bassin de la Dyle-Gette.

Les points suivants présentent la méthodologie employée dans l'extrapolation des résultats à l'échelle de la Région wallonne.

2.1 Etude du coût des dommages auprès des « Riverains »

Pour chaque commune étudiée et sur base d'une identification exhaustive de tous les points noirs, un recensement des habitations potentiellement touchées a été établi par contact téléphonique. Ensuite, pour chaque habitation touchée, un entretien en face-à-face avec les riverains concernés a été réalisé sur base d'un questionnaire préétabli reprenant les différentes catégories de dommages potentiels.

Lors de l'entretien en face-à-face avec les riverains, un formulaire reprenant des questions relatives à (i) la caractérisation du répondant, (ii) la perception de l'origine, des causes et conséquences du ruissellement, (iii) l'estimation des dégâts tangibles ainsi (iv) qu'aux aménagements consentis a été administré. L'habitant a également été invité à envoyer par la suite les photos prises lors d'évènements ayant touché son habitation, sa rue ou son quartier.

Sur base de ces informations, un modèle a été établi permettant de caractériser les évènements dommageables selon 4 niveaux auxquels correspond un coût moyen ainsi qu'une période de retour. Le tableau 3 caractérise les 4 types d'évènements identifiés. Notons également que chaque type d'évènement correspond à une catégorie de dommages bien précise.

Tableau 3. Caractérisation des types d'évènements

Type d'évènement	Coût moyen (intervalle de confiance)	Période de retour	Portée des dommages
1	262 € (+/-47 €)	15 ans	Remise en état des bâtiments et jardins
2	447 € (+/- 105 €)	5 ans	Remise en état des bâtiments et Jardins Dégâts dans les jardins
3	2 073 € (+/- 198 €)	15 ans	Dégâts dans les jardins Dégâts dans les caves et garages
4	12 914 € (+/-3 064 €)	30 ans	Dégâts dans les caves et garages, Dégâts au rez-de-chaussée Dégâts sur la structure des bâtiments

L'application de ce modèle aux communes échantillonnées a permis d'établir un coût moyen annuel par habitation pour chaque classe de vulnérabilité. Le Tableau 4 présente ces résultats.

Tableau 4. Coût moyen annuel par habitation

Classe	Vulnérabilité au ruissellement	Coût moyen annuel par habitation
A	Fortement sensible	144 €
B	Moyennement sensible	86 €
C	Peu sensible	76 €
D	Non concerné	0 €

Au vu de ces résultats, on peut constater une nette différence entre les coûts annuels des classes A et B, la différence étant moins marquée entre les classes B et C. Ces résultats confirment le fait que les communes appartenant à la classe A de vulnérabilité sont relativement plus impactées par des problèmes de ruissellement que les autres communes wallonnes.

2.2 Etude du coût des dommages auprès des « Agriculteurs »

Parmi les communes échantillonnées et comme pour l'enquête auprès des riverains, des entretiens en face-à-face ont été organisés afin de soumettre aux agriculteurs concernés par des problèmes de ruissellement un formulaire reprenant des questions relatives aux causes et conséquences ainsi qu'aux dégâts tangibles sur leurs parcelles.

Lors de l'entretien en face-à-face avec les exploitants agricoles, un formulaire reprenant des questions relatives à (i) la caractérisation du répondant, (ii) une estimation des dommages subis en amont, (iii) les aménagements consentis ainsi (iv) qu'aux dommages collatéraux induits en aval a été administré à l'exploitant touché.

Le détail des dommages tangibles repris sous différentes rubriques permet de structurer les coûts de la manière suivante:

- ✚ **Coûts sur le rendement :** l'agriculteur est invité à signaler pour chaque parcelle touchée lors d'un évènement au moins la nature de la culture lors de l'évènement, la superficie de la parcelle, la perte de rendement brut estimée, la cause de la perte et la fréquence à laquelle ce type d'évènement se produit sur la parcelle.
- ✚ **Autres frais :** les coûts relatifs à des dégâts matériels, des coûts supplémentaires (engrais, semences) ou le temps de travail supplémentaire dû au ruissellement sont renseignés par l'agriculteur.

Un questionnaire d'enquête a pu être administré en face-à-face à 19 exploitants, soit 82 % des exploitants contactés ayant affirmé être touchés. Dans certains cas, l'exploitant s'est trouvé indisponible afin de planifier une rencontre en face-à-face.

Le coût total annuel résultant des pertes de rendement observées (2310 €/ha/an) complété des coûts supplémentaires observés dans les exploitations lors d'évènements impliquant du ruissellement (116,8 €/ha.an) est de **2426,8 € / ha.an**. Notons que ce coût ne concerne que les surfaces touchées par du ruissellement et des coulées boueuses et non l'entièreté d'une parcelle impactée.

Les figures 2 et 3 présentent la répartition des pertes de rendements et des coûts supplémentaires subis par les agriculteurs.

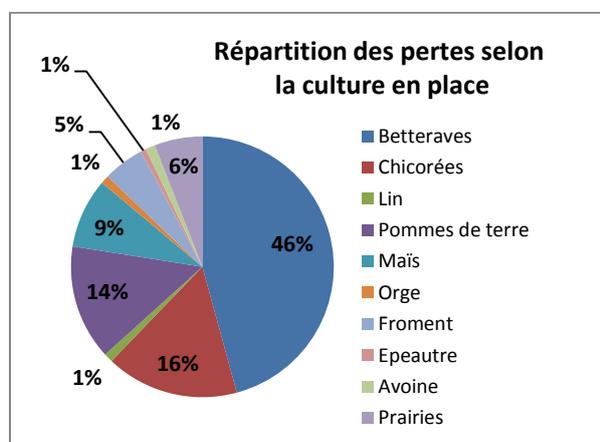


Figure 2. Répartition des pertes selon la culture en place

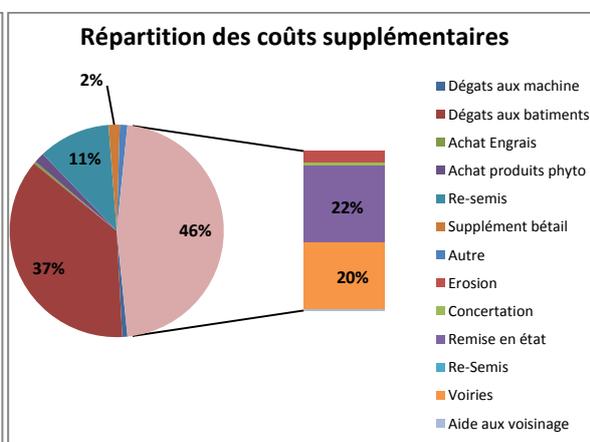


Figure 3. Répartition des coûts supplémentaires

2.3 Etude du coût des dommages subis par la collectivité

Pour chaque commune échantillonnée, un entretien avec le responsable communal en charge des problèmes liés au ruissellement a été réalisé. Lors de ces entretiens, il leur a été demandé une liste la plus exhaustive possible des dépenses communales liées aux évènements impliquant du ruissellement dans leur commune au cours des dernières années.

Les dépenses communales liées au ruissellement peuvent être de différentes natures, à savoir :

- ✚ Mobilisation du personnel ouvrier et administratif dans les zones sensibles lors d'évènements importants (aide aux riverains, nettoyage des routes, mise en place d'un dispositif d'action auprès des riverains) ;
- ✚ Remise en état des voiries endommagées par des coulées boueuses (location du matériel adéquat et temps de travail engagé par le personnel ouvrier) ;
- ✚ Repas et eau potable apportés aux riverains fortement touchés lors d'un évènement ;
- ✚ Remise en état des infrastructures publiques suite aux passages de coulées boueuses.

Sur l'ensemble des interlocuteurs rencontrés, il est apparu que les informations disponibles au sein des différentes communes sont relativement limitées dans le temps.

En effet, de manière générale, les communes ayant été récemment concernées par le problème ont pu fournir des informations plus ou moins détaillées concernant les dépenses communales liées à un phénomène de ruissellement. Cependant, les dépenses listées remontent principalement au dernier évènement enregistré dans la commune, les informations relatives aux précédents évènements n'étant pas disponibles car non répertoriées.

Concernant les communes les moins concernées par le problème, l'information relative aux dépenses communales est inexistante, soit car aucune intervention de la part de la commune n'a été réalisée, soit par un manque de listing des interventions pour ce type de problème, jugé mineur par rapport aux interventions enregistrées pour d'autres types de problèmes.

Le Tableau 5 présente les résultats obtenus pour chacune des communes ayant fait l'objet d'une enquête.

Tableau 5. Résultats des enquêtes "Collectivité"

Classe	Commune	Coût renseigné
A	Orp-Jauche	1.471.633 € / év. (2011)
	Gembloux	7.035 € /an
	Braine-le-Comte	10.125 € / év.
	Genappe	4.800 € / év.
B	Chièvres	Information non disponible
	Nandrin	0 €
	Herve	0 €
C	Hotton	1.600 € / év.
	Meix-devant-virton	0 €
D	Bastogne	0 €

2.4 Extrapolation des résultats à l'échelle de la Région wallonne

Sur base des résultats issus des différents dispositifs d'enquête, une extrapolation des coûts à l'échelle des sous-bassins hydrographiques et à l'échelle de la Région wallonne, a été réalisée. Le Tableau 2 présente ce résultat.

2.4.1 Extrapolation des coûts « Riverains »

Pour chaque classe de régions agro-géographiques, une fonction de dommages unitaire permettant d'estimer pour une habitation comprise dans une zone vulnérable, le coût moyen annuel subi dans cette habitation consécutivement aux dommages dus à du ruissellement agricole, a été calculée.

Ces fonctions permettent d'obtenir pour chaque habitation une valeur du coût annuel subi par une habitation en fonction de la classe de région dans laquelle elle se trouve, à savoir :

- Classe A : **144 € / an.hab.**

-Classe B : **86,4 € / an.hab.**

- Classe C : **75,7 € / an.hab.**

Pour connaître l'estimation des coûts propres aux riverains situés à proximité d'un point noir, le nombre d'habitations compris dans un rayon de 200 m autour de ces points est calculé. Ce nombre d'habitations total par point noir est ensuite ramené aux proportions relatives au taux de couverture des habitations touchées autour d'un point et au taux d'habitations non touchées comprises dans le rayon considéré.

2.4.2 Extrapolation des coûts « Agriculteurs »

L'analyse des enquêtes auprès des exploitants agricoles a permis d'obtenir un coût annuel par hectare de surface agricole impactée par du ruissellement de **2426,8 €/ ha/ an.**

Pour chaque point noir et en prenant l'hypothèse que la surface agricole impactée se situe de part et d'autre des axes de ruissellement, il est alors possible d'obtenir dans chaque zone vulnérable non enquêtée la superficie induisant un coût auprès des agriculteurs concernés par le problème.

Pour ce faire, on considère que :

- La surface agricole impactée par du ruissellement se concentre uniquement dans les parcelles à proximité des exutoires ;

- La probabilité d'observer une surface impactée par du ruissellement se situe à 10 m de part et d'autre des axes de ruissellement de niveau 4 et de niveau 3 ;

- La surface impactée est plus importante à proximité des axes de niveau 4 que des axes de niveau 3.

L'estimation des coûts annuels des dommages agricoles relatifs à un point non enquêté résultera de l'application du coût annuel par ha de surface impactée sur la surface impactée, c'est-à-dire comprise dans un rayon de 10 m de part et d'autre des axes de ruissellement de niveaux 4 et 3.

2.4.3 Extrapolation des coûts « Collectivité »

Pour chaque classe de vulnérabilité et sur base des informations récoltées lors de ces entretiens et dans la littérature, 3 types d'évènements liés aux dépenses communales ont été établis.

- ✚ Type 1 : Nettoyage des routes : Coût relativement peu élevé et plus fréquent
- ✚ Type 2 : Aide à la population : Intervention des pompiers, plus ponctuel
- ✚ Type 3 : Réparation des infrastructures : Coût très élevé, dépense rare

Pour chacun de ces types a été attribué un coût moyen annuel ainsi qu'une période de retour. Le tableau suivant présente le calcul des coûts annuels moyens ramenés à la superficie des voiries impactées (comprises dans la zone vulnérable) en fonction de chaque classe de région agro-géographique. En effet, les dépenses communales enregistrées renseignent, de manière générale, des interventions des services communaux liées aux voiries (nettoyage, réparation). Ce paramètre semble donc être le plus adapté à une extrapolation à plus grande échelle.

Tableau 6. Coûts moyens annuels par km² de voirie impactée

Classe	Coût moyen annuel par commune (€/an)	Nb communes	Coût annuel total (€)	Superficie de voiries en zones vulnérables (km ²)	Coût moyen annuel / km ² (€)
A	7 146	4	28 584	0,64	44 663
B	791	3	2 373	0,13	18 254
C	320	2	640	0,01	64 000

2.5 Derniers développements

En juillet 2014, une mise à jour de la base de données AGIRaCAD a été réalisée en incorporant les données reprises dans la base de données GISER. Cette mise à jour a permis d'identifier 13 communes supplémentaires ayant subis des dommages liés au ruissellement. Le tableau ci-dessous présente le résultat de l'extrapolation à l'échelle de la région wallonne prenant en compte les coûts annuels extrapolés relatifs aux **13 communes supplémentaires** pour lesquelles des points noirs ont été identifiés.

Tableau 7. Coûts à l'échelle des sous-bassins hydrographiques et à l'échelle de la RW. (Derniers développement)

Sous-Bassins Hydrographique	Coût annuel "Riverains" (€/an)	Coût annuel "Agriculteurs" (€/an)	Coût annuel "Collectivité" (€/an)	Coût annuel total (€/an)
Dyle-Gette	152 726	51 515	35 759	240 001
Sambre	74 128	16 906	18 522	109 555
Meuse Aval	59 229	18 756	23 686	101 670
Senne	58 883	10 358	19 514	88 755
Meuse Amont	12 647	5 806	6 878	25 332
Haine	8 014	5 966	6 780	20 760
Dendre	5 044	4 174	8 571	17 789
Escaut-Lys	6 324	7 879	3 562	17 764
Semois-Chiers	4 757	84	4 073	8 914
Ourthe	955	1 182	3 631	5 768
Lesse	1 859	932	2 684	5 475
Vesdre	1 243	55	626	1 924
Amblève	0	0	0	0
Oise	0	0	0	0
Moselle	0	0	0	0
Région Wallonne	385 810	123 611	134 287	643 707

3 Etude des Plans d'eau permanent à Volumes multiples

3.1 Définition et identification des PEP-VM

La solution d'aménagement envisagée dans le cadre de cette étude pour protéger les enjeux situés en aval sont les Plans d'Eau Permanents à Volumes Multiples (PEP-VM). En effet, les zones de rétention à PEP-VM permettent d'intercepter le ruissellement et d'en limiter les effets négatifs. Ces zones sont conçues comme des bassins de rétention dont les différents volumes sont dimensionnés de manière à remplir différentes fonctions (Figure 4) : amélioration de la qualité des eaux de ruissellement (sédimentation et épuration in situ), diminution de la vitesse d'écoulement (protection des berges et canaux), protection contre les inondations et contre les crues exceptionnelles. Les diverses fonctions des zones à PEP-VM concourent à limiter les coûts des dommages liés au ruissellement et aux inondations par ruissellement.

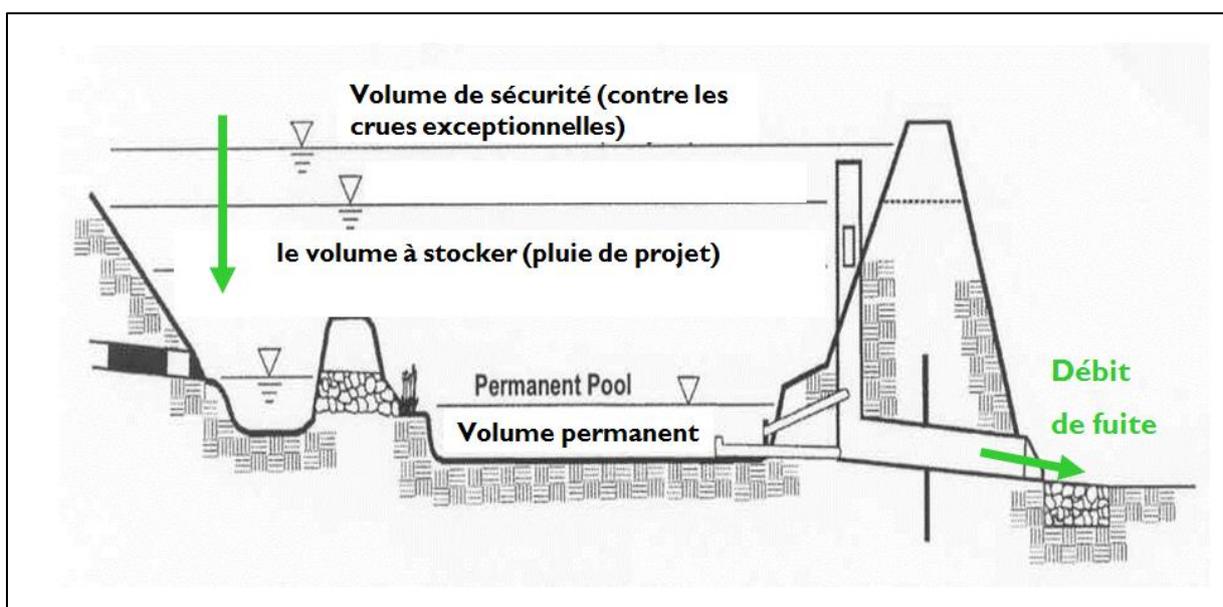


Figure 4. Vue schématique d'un PEP-VM

Trois types de sites paraissent particulièrement indiqués pour l'implantation de PEP-VM.

Premièrement, des PEP-VM peuvent être implantés en lieu et place de bassins de rétention simple (bassin d'orage mono volume).

Deuxièmement, certains plans d'eau permanents existants (PEP) pourraient utilement être implémentés en PEP-VM.

Enfin, dans certaines zones à sédimentation potentiellement élevée (SPE), des PEP-VM pourraient être aménagés pour capter les coulées boueuses et limiter l'impact environnemental négatif du ruissellement. Les efforts de dragage seraient dès lors transformés en des efforts de curage localisés.

Le choix a été fait de dimensionner les PEP-VM pour un volume de stockage de crue de 12 500 m³. correspondant à un compromis entre un volume suffisamment grand pour permettre une activité épuratoire et la répartition des zones candidates à l'implantation d'un PEP-VM sur le territoire de la Région wallonne.

Différents critères d'exclusions et de sélection (occupation du sol, paramètres hydrologiques, type de sol, pentes, volumes ruisselés) des sites à dimensionner ont permis d'obtenir **1923 zones** propices à l'implantation de PEP-VM.

Une évaluation de l'efficacité épuratoire des PEP-VM a également été réalisée permettant de caractériser l'avantage dû à l'amélioration de la qualité des eaux de ruissellement. Des analyses d'eau à l'entrée et à la sortie de bassins de rétention alimentés principalement par des eaux de ruissellement provenant de parcelles agricoles ont permis d'obtenir des résultats concluants. En effet, ces analyses montrent un abattement de l'azote total variant entre 74 et 94%, de près de 74 % pour l'ammonium et le nitrate atteignant parfois une valeur sous la limite de détection. Le phosphore total a montré dans certains cas un abattement de 70% et les matières en suspension un abattement variant de 93 à 99%.

Ces très bonnes performances s'expliquent par le temps de séjour de l'eau ruisselée dans le bassin permettant la sédimentation des MES³ et par la présence de plantes (phragmites) qui consomment une partie des nutriments, N et P.

3.2 Méthodologie de dimensionnement

Afin d'uniformiser le concept pour mettre en place des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement, une approche standardisée, élaborée aux Etats-Unis, utilise des critères unifiés pour résoudre quantitativement et qualitativement le dimensionnement de ces ouvrages.

Il a été montré qu'une approche uniformisée est le moyen le plus efficace pour élaborer et présenter les critères de dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement. L'objectif est de développer une approche cohérente pour le dimensionnement d'ouvrages répondant aux bonnes pratiques d'aménagement qui permettent de :

- ✚ Satisfaire les premiers objectifs de gestion des eaux pluviales sur le versant qui sont :
 - d'éviter les impacts négatifs du ruissellement,
 - de réduire les impacts lorsque l'évitement complet n'est pas possible par des aménagements spécifiques permettant la rétention et le traitement des eaux de ruissellement
- ✚ Promouvoir la réduction des eaux de ruissellement par l'application de méthode de dimensionnement de techniques dites 'douces' pour réduire le volume de ruissellement
- ✚ Gérer juste assez (mais pas trop) d'eau de ruissellement pour résoudre les problèmes d'excès d'eau en aval. Fournir un stockage élevé n'est pas toujours une bonne solution car cela augmente les coûts de construction et consomme inutilement des superficies de terres.
- ✚ Être simple à gérer, relativement facile à calculer avec des modèles hydrologiques existants, réalisables sur une large gamme de conditions pluviométriques. Parmi les critères uniformisés, les périodes de retour de la pluie sont établies pour chaque type de volume de rétention quel que soit le profil pluviométrique indépendamment de la région et une durée de pluie de 24h. La durée de pluie de 24 heures a été choisie par similitude au temps de vidange des bassins, par débit de fuite, qui est de 24 heures.

³ MES : Matières en suspension

3.3 Etude de cas

Afin de mettre en pratique la potentialité d'implantation d'un PEP-VM, deux études de cas ont été réalisées de manière à dimensionner et, partant, estimer les coûts et impacts potentiels liés à l'instauration d'un PEP-VM. Les deux sites sélectionnés ont été choisis dans des communes ayant fait l'objet d'une enquête approfondie dans la partie économique de l'étude.

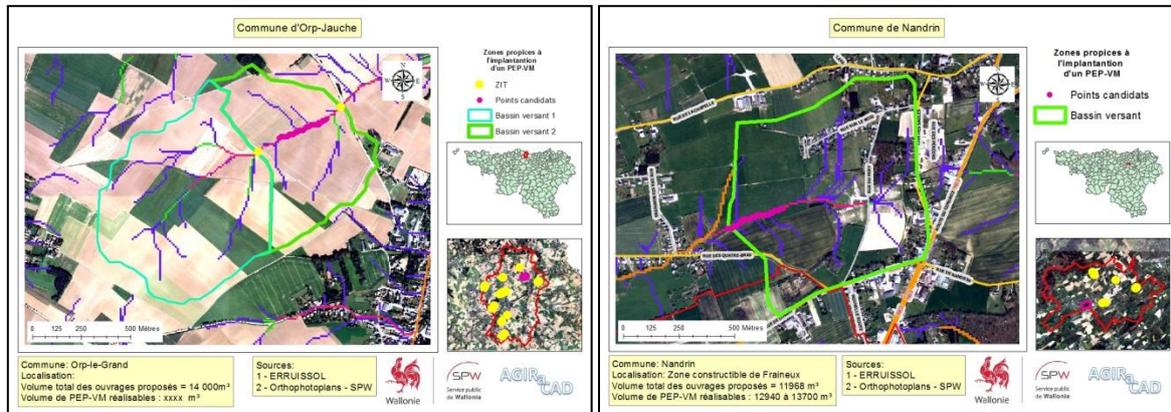


Figure 5. Etudes de cas PEP-VM

3.4 Mesures de protection de sol

Les mesures de protection de sol retiennent les sédiments et favorisent l'infiltration des eaux de pluie. Ce faisant, elles améliorent l'efficacité épurative des PEP-VM, diminuent les besoins de curage des bassins et permettent à un même ouvrage d'accueillir des pluies plus intenses.

Dans cette optique, à objectifs d'épuration ou de protection constants, des couplages de PEP-VM à des mesures anti-érosives ont été envisagés afin de limiter les dimensions des aménagements, et, par conséquent, leur coût.

Parmi les différents scénarios envisagés, il résulte de cette analyse qu'une infrastructure couplant le PEP-VM à des mesures dites « **Bandes enherbées** » permet d'atteindre des ratios coûts-efficacité favorables par rapport à d'autres mesures de protection de sol.

3.5 Coût des ouvrages

Les calculs de coûts liés aux PEP-VM ont été réalisés en ne tenant pas compte des éventuelles indemnités liées aux servitudes d'inondation ni des aménagements périphériques potentiels (voies d'accès au dispositif d'évacuation, abattage d'arbres, enlèvement des clôtures,...).

Nandrin

Concernant l'étude de cas réalisée dans la commune de Nandrin, il résulte de ces calculs pour un cas de couplage de PEP-VM & « Bandes enherbées » un coût moyen de **168 936 €** pour la construction de l'ouvrage. Ce coût est ramené à **134 516 €** si le volume lié à la qualité de l'eau n'est pas pris en compte.

Orp-Jauche

Concernant l'étude de cas réalisée dans la commune d'Orp-Jauche, il résulte de ces calculs, pour la même combinaison d'infrastructures un coût moyen de **192 582 €** pour la construction de l'ouvrage. Ce coût est ramené à **179 100 €** si le volume lié à la qualité de l'eau n'est pas pris en compte.

4 Aide à la décision

Le troisième volet du projet a permis la mise en perspective des éléments d'aides à la décision apportés par les deux premiers volets du projet.

4.1 Etude du potentiel des PEP-VM en matière de lutte contre les inondations par ruissellement en Région wallonne

Par superposition de la carte reprenant les points noirs liés à la base de données AGIRaCAD ainsi que de la carte reprenant l'ensemble de points propices à l'installation de PEP-VM, il ressort que **69 sites** potentiellement implémentables en PEP-VM se situent dans des bassins versants théoriquement responsables de zones de dégâts (Figure 6).

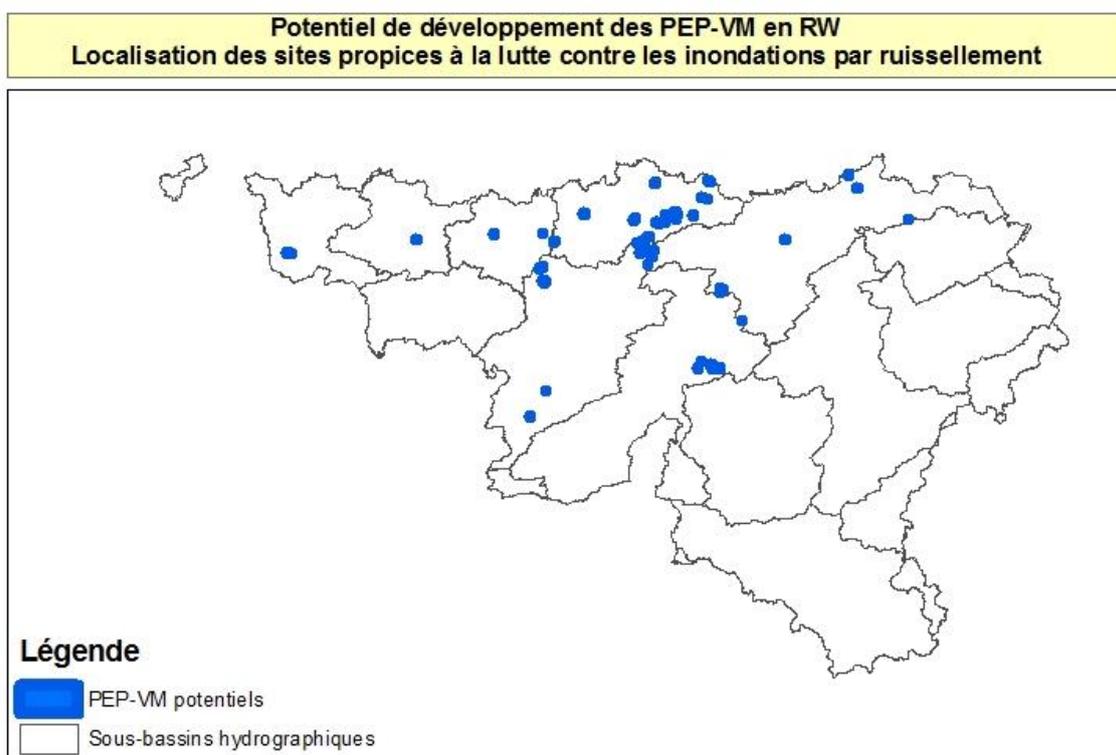


Figure 6. Potentiel de développement des PEP-VM en RW

L'analyse de ces sites potentiels permet de constater que 56 des 69 sites potentiels se situent dans les sous-bassins hydrographiques subissant les dommages les plus importants lorsqu'ils sont appréciés par les coûts annuels moyens des dégâts provoqués par du ruissellement d'origine agricole. Près de deux tiers de ces 56 sites se trouvent dans les sous-bassins de la Dyle-Gette et de la Sambre.

Au total, les zones vulnérables autour des points noirs concernés comprendraient, selon les principes d'extrapolation appliqués supra, près de **320 habitations exposées aux dommages** et qui subiraient annuellement un coût global estimé à près de **73 000 €** dont plus de la moitié est concentré dans les bassins de la Dyle-Gette et de la Sambre.

4.2 Analyse coûts-avantages des PEP-VM en Région Wallonne

Une analyse coûts-avantages a été réalisée afin de juger de l'efficacité de l'allocation des ressources financières par rapport aux coûts potentiellement évités. Cette analyse s'est concentrée sur les deux études de cas proposées dans le cadre de ce projet.

Le Tableau 8 présente une vue globale des coûts des dommages ainsi que du coût de la mise en place du scénario privilégié au terme de l'analyse développée, à savoir le scénario « Bandes enherbées ». Afin de comparer le coût des dommages établis aux coûts de la mise en place du scénario sélectionné, la valeur actualisée nette (VAN) pour une période de 50 ans a été calculée. La période de 50 ans a été retenue en se basant sur la durée de vie moyenne d'un PEP-VM, estimée à 50 ans. Le coût annuel des dommages a été, pour chacun des deux cas, calculé sur une période de 50 ans en tenant compte d'un taux d'actualisation de 2 %. Le Tableau 8 présente également les résultats du calcul des VAN.

Tableau 8. Analyse Coûts-Avantages

Cas	Coûts des dommages	Coût de l'aménagement		Valeur actualisée nette	
		Avec volume qualité	Sans volume qualité	Avec volume qualité	Sans volume qualité
Nandrin	2319 €/an	168 936 €	134 519 €	-92 751 €	-59 010 €
Orp-Jauche	4871 €/an	192 582 €	171 557 €	-35 714 €	-15 128 €

Il résulte de cette opération que, dans le cas d'Orp-Jauche, la réalisation du scénario « Bandes enherbées » sans volume de qualité tend vers l'équilibre au vu des résultats obtenus dans les autres cas. Cette valeur est à prendre avec précaution étant données les imprécisions des estimations des coûts extrapolés des dommages et des hypothèses faites dans le cadre du dimensionnement des ouvrages. La valeur actualisée nette de l'aménagement avec volume qualité représente ici l'investissement supplémentaire à réaliser afin d'améliorer la qualité de l'eau à la sortie du PEP-VM. Le différentiel de coût, de l'ordre de 20 000 € représente l'effort d'investissement supplémentaire à réaliser pour améliorer la qualité de l'eau et devrait être mis en regard avec les avantages que représente la fonction épuratoire du PEP-VM.

Concernant le cas de Nandrin, les valeurs actualisées nettes calculées ne semblent pas pouvoir justifier la mise en place de tels aménagements dans un cas comme celui-ci. En effet, la commune de Nandrin, appartenant à la classe B de vulnérabilité au ruissellement, représente une zone où les coûts de dommages dus au ruissellement ne semblent pas être en adéquation avec des ouvrages de type PEP-VM. Néanmoins, un dimensionnement de l'ouvrage sans volume lié aux crues exceptionnelles ramènerait le coût total des aménagements à des montants de 139 611€ et 102 291€ correspondant respectivement aux options « avec » et « sans » volume de qualité. Dans ce dernier cas, la valeur actualisée nette reste négative mais est ramenée à -27 414 €. Cette valeur est plus acceptable mais il serait opportun d'envisager d'autres solutions techniques qui pourraient vraisemblablement présenter un ratio coûts/avantages plus favorable.

Par ailleurs, les avantages comptabilisés dans cette analyse sont centrés sur les coûts des dommages tangibles liés aux riverains, aux agriculteurs et aux infrastructures publiques. D'autres avantages, non

pris en compte dans cette analyse, peuvent contribuer à tendre vers un meilleur équilibre entre les coûts et les avantages et rendre dès lors plus pertinente la mise en place d'un tel aménagement.

5 Développement d'un catalogue de bonnes pratiques agricoles et d'aménagements hydrauliques

Un catalogue de bonnes pratiques agricoles et aménagements hydrauliques conseillés pour limiter l'érosion, le ruissellement et les effets induits des inondations par ruissellement a été élaboré en concertation avec la cellule permanente GISER.

Ce catalogue a été enrichi de divers éléments tant économiques que portant sur les performances des techniques en matière de lutte contre l'érosion et le ruissellement.

Cet outil permettra de faciliter le traitement des points au cas par cas et pourra également servir de support à la vulgarisation. Le Tableau 9 présente les 16 fiches fournies dans le catalogue.

Tableau 9. Liste des fiches réalisées - Catalogue

Fiche n°	Aménagement	Fiche n°	Aménagement
1	La bande enherbée	9	La prairie inondable
2	La fascine	10	La digue en terre
3	Le fossé -talus - (haie)	11	Le bassin de bio-rétention
4	La mare tampon	12	Le filtre à sable
5	La haie dense	13	Le fossé d'infiltration
6	Le chenal enherbé et noue	14	Le bassin d'infiltration
7	La bande tassée	15	Le puits d'infiltration
8	Le cloisonnement en pommes de terre	16	Le bassin de rétention

Chacune des fiches réalisées est construite sur la même structure et se compose des points suivants :

1. Objectif
2. Positionnement de l'aménagement
3. Principe de fonctionnement
4. Dimensionnement / Conception
5. Conseils de mise en place
6. Entretien
7. Efficacité (ruissellement / sédiment)
8. Amélioration de la qualité de l'eau
9. Coûts / Primes

6 Conclusion

Le projet AGIRaCAD a contribué au développement d'une méthodologie scientifique et d'outils d'aide à la décision visant à limiter les dommages liés aux inondations par ruissellement.

501 points noirs répartis sur l'ensemble du territoire wallon ont été identifiés grâce à diverses sources et à des enquêtes sur le terrain.

10 communes ont fait l'objet d'un recensement et d'une identification précise des points noirs où des enquêtes auprès de la population locale, des agriculteurs et auprès des autorités communales ont été réalisées. Une priorisation des points noirs d'un point de vue économique a pu, par conséquent, être réalisée pour chaque commune.

Cette démarche a permis une caractérisation des communes en classes de vulnérabilité et l'identification de **4 types d'évènements** ayant chacun un coût et une fréquence propres en fonction des dommages observés dans le temps.

Un modèle a été développé permettant l'estimation des coûts de dommages subis par les riverains, les agriculteurs et les autorités communales dans les zones vulnérables enquêtées. La zone vulnérable correspond à une aire circulaire d'un rayon de 200 m autour d'un point noir identifié. Les estimations réalisées par ce modèle comparées aux données observées sur le terrain ont permis d'obtenir une **qualité d'estimation variant de 89 à 102 % selon les régions**.

Une extrapolation des résultats à l'échelle de la Région Wallonne a permis d'obtenir une estimation du coût des dommages dus au ruissellement agricole proche des **600 000 € par an**. Ce montant tient compte des dommages subis par les riverains, les agriculteurs et les autorités communales et se base sur une combinaison de scénarios associés aux différents types d'évènements et à leur occurrence propre sur une période de 30 ans.

Les résultats de l'extrapolation montrent que les sous-bassins hydrographiques de la Dyle-Gette, de la Sambre, de la Meuse aval et de la Senne semblent être les plus fortement touchés par la problématique du ruissellement, les coûts estimés pour ces 4 bassins correspondant à près de **90 %** du coût total annuel en RW.

L'étude hydrologique réalisée dans ce projet s'est concentrée sur la mise en place potentielle de plans d'eau permanents à volume multiples (PEP-VM). Ces zones de rétention permettent d'intercepter le ruissellement et d'en limiter les effets négatifs. Les différents volumes considérés permettent une amélioration de la qualité des eaux de ruissellement, une diminution de la vitesse d'écoulement permettant ainsi une protection des berges et des canaux et enfin une protection contre les inondations et contre les crues exceptionnelles.

Suite à une identification des sites potentiellement implémentables en PEP-VM sur l'ensemble du territoire wallon, plusieurs critères de sélection ont permis de localiser les sites ayant un réel intérêt en terme de lutte contre l'érosion et les inondations par ruissellement agricole.

Il résulte de cette analyse que **69 sites d'intérêt potentiels** se situent dans des bassins versants liés à des points noirs identifiés dans la base de données AGIRaCAD.

Parmi ces points, deux cas de dimensionnement couplés à des mesures de protection du sol ont été calculés afin de comparer les coûts de mise en œuvre de ce type d'ouvrage et les avantages à en retirer dans des cas concrets.

Il résulte de ces cas de dimensionnement que la mise en place de bandes enherbées en amont du PEP-VM permet de réduire de manière significative les volumes à stocker et, partant, les dimensions et coûts des ouvrages. Parmi les différents scénarios testés, le couplage des bandes enherbées aux PEP-VM est le scénario le plus coût-efficace. Au vu des coûts des dommages subis par les riverains, les agriculteurs et la collectivité dans ces zones vulnérables, il s'avère que la mise en place de tels ouvrages pourrait se justifier dans des zones fortement sensibles au ruissellement agricole (ex : Orp-Jauche). On retient également, à l'issue des deux études de cas, que l'analyse coûts-avantages est très sensible aux conditions locales, ces dernières influençant fortement le dimensionnement des options techniques de protection contre les inondations par ruissellement. En conséquence, l'exercice d'extrapolation se révèle peu pertinent sans une analyse approfondie des paramètres locaux intervenant dans le dimensionnement.