

Modélisation hydrologique du bassin versant de la Vesdre

Synthèse non technique

Noémie BONAVENTURE

Aurore DEGRE

Lisa DI MAGGIO

Benjamin GUILLAUME

Emmanuelle LEYH

Adrien MICHEZ

Sara RABOULI

Mars 2024

1 Contexte

À la suite des inondations de juillet 2021, la convention MODREC-Vesdre a été établie entre l'ULiège (HECE et Gembloux Agro-Bio Tech) et le SPW. En plus de la construction d'un modèle hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Vesdre, un des objectifs majeurs du projet était d'évaluer de manière chiffrée l'impact de mesures de restauration hydrologique proposées dans le cadre du Schéma Stratégique Vesdre (SSV). L'objet de la présente note est de synthétiser ces résultats.

Les propositions faites dans le cadre du SSV reposent sur un réseau d'éléments d'atténuation du ruissellement se déployant à l'échelle de l'ensemble de la matrice paysagère rurale. Les propositions sont relatives aux écosystèmes productifs (agricoles et forestiers) ainsi qu'aux écosystèmes peu voire non productifs (aires protégées). Les mesures peuvent avoir une logique d'implantation surfacique, en lien avec l'échelle de gestion de la ressource considérée (ex : la parcelle agricole) mais également une logique d'implantation plus hydrologique en lien avec des éventuelles interventions sur les réseaux d'écoulement. L'éventail des mesures détaillés par après est large, allant des pratiques de gestion (ex : travail du sol adapté) à la restauration d'écosystème (conversion de pessière drainée).

L'équipe de Gembloux Agro-Bio Tech a réalisé cette évaluation quantitative à l'aide d'une interface de modélisation hydrologique « physiquement basée ». Cette dernière modélisation permet de représenter les flux hydrologiques (ruissellement, infiltration, évapotranspiration, écoulements dans les sols non-saturés, ...) de manière explicite sur l'ensemble d'un territoire à une résolution spatiale fine (de 10 à 40m) et au pas de temps horaire. La modélisation a été réalisée au sein de 3 bassins versants pilotes d'une superficie d'approximativement 50 km².

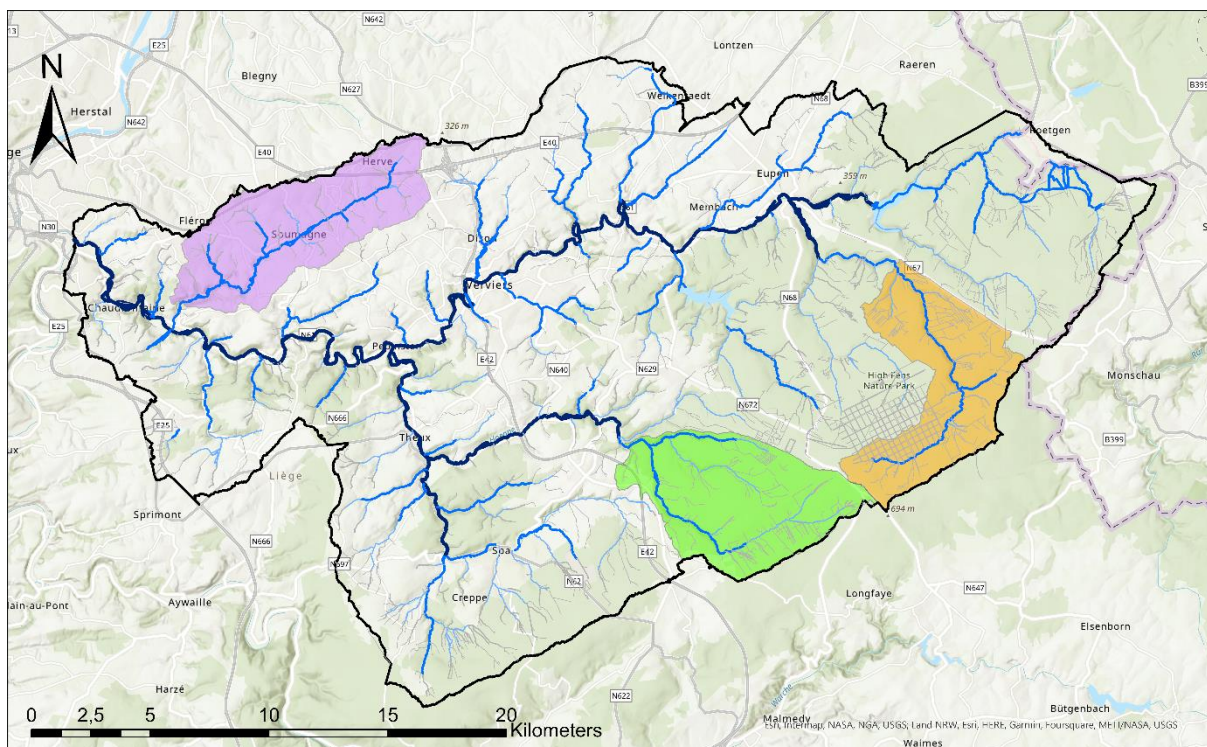


Figure 1 : bassin versant forestier (Hoëgne, en vert), bassin versant agricole (Magne, en violet) et bassin versant tourbeux (la Helle, en orange).

Ce type de modélisation permet de représenter de manière explicite et localisée des aménagements (modification de la qualité du sol, modification du relief, modification de la rugosité de surface, ...) ainsi que leurs effets hydrologiques (modification de la production du ruissellement, modification de l'infiltration, de l'évaporation, modification de la dynamique de transfert vers la rivière, ...).

De cette manière, différents scénarios d'aménagements proposés par le Schéma Stratégique Vesdre ont été modélisés pour 3 sous-bassins contrastés de la Vesdre.

Deux sous-bassins pilotes de faibles superficies ont également été modélisés pour l'installation de designs paysagers innovants visant à maximiser l'utilisation de l'eau de pluie et à améliorer la fertilité du sol: les «keylines».

2 Aménagements dans le contexte forestier et tourbeux- Restauration des écosystèmes humides

Le SSV propose la restauration d'écosystèmes humides dans le contexte assez spécifique des zones tourbeuses du plateau des Hautes Fagnes ainsi que de manière plus générale la restauration d'écosystèmes sur les sols hydromorphes.

Au sein du bassin versant de la Vesdre, ces milieux ont historiquement fait l'objet d'une politique de "valorisation" entraînant généralement l'installation d'un réseau de drainage permettant un rabaissement du niveau de la nappe et facilitant l'écoulement vers l'aval. La réalisation de ces réseaux de drainage était régulièrement associée aux plantations monospécifiques d'épicéa. Les conséquences pour les écosystèmes sont l'assèchement et la minéralisation de la couche tourbeuse lorsqu'elle était présente et appauvrissement voire disparition de la biodiversité spécifique à ces milieux.

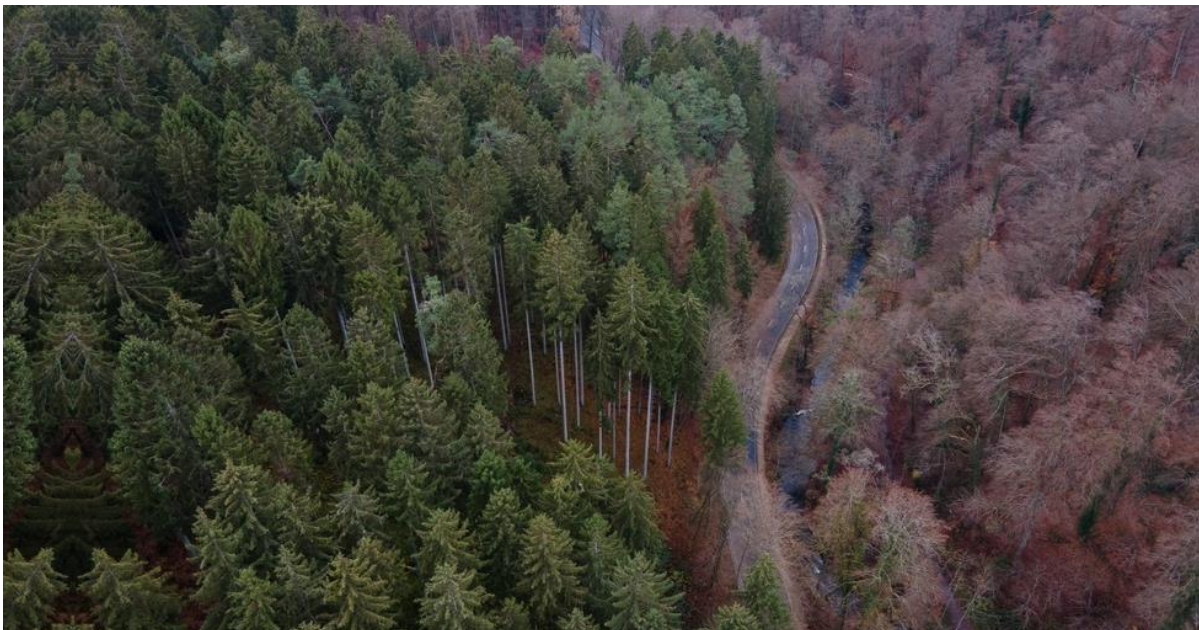


L'impact hydrologique de l'application de différentes stratégies d'aménagements des bassins versants de la Hoëgne et de la Helle a été évalué au sein d'une large gamme de conditions météorologiques, dont celles associées à la crue du 21 juillet 2021.

Représenter la restauration de ces milieux au sein du modèle a consisté à remplacer la végétation arborée sempervirente par une végétation basse, augmenter la rugosité de la surface, créer un réseau de mares et boucher le réseau de drainage existant.

Si l'impact de ces stratégies peut sembler évident en matière de biodiversité, les résultats en matière hydrologique sont plus limités. L'impact hydrologique de la **restauration de tourbières** varie selon l'occupation initiale du sol. Lorsque le milieu préexistant est déjà de type ouvert (lande humide), les modifications d'un point de vue strictement hydrologique restent limitées et l'impact à court terme est quasiment nul. S'il s'agit de transformer des forêts de résineux vers de futures tourbières, l'impact hydrologique consiste en une diminution du ruissellement inférieur à 1%. Cet effet très léger est à mettre en relation avec les modifications apportées à la végétation, modifiant différentes composantes du cycle hydrologique (interception et évapotranspiration).

La transformation des plantations monospécifiques de résineux vers des **forêts de feuillus mixtes** sur les sols hydromorphes semble être l'action présentant le plus d'impact sur la résilience hydrologique dans le domaine forestier avec une diminution du ruissellement entre 5 et 10% lorsqu'elle est combinée aux bénéfices d'une meilleure **gestion de la compaction des sols**. Le prélèvement d'eau plus important en été par les forêts de feuillus mixtes a pour conséquence une diminution des quantités d'eau présente dans le sol de surface. Cela libère la porosité du sol et contribue à une augmentation visible de l'infiltration, en été comme en hiver. Cet effet joue un rôle prépondérant dans la diminution du ruissellement lors d'un événement comme juillet 2021. Un autre effet sur la dynamique du cycle hydrologique est le passage d'une végétation à feuilles persistantes vers une végétation à feuilles caduques en hiver. Cela a principalement pour effet en hiver de diminuer l'interception, d'augmenter la quantité d'eau arrivant au sol et d'augmenter l'infiltration. Il est également possible que l'augmentation des quantités d'eau arrivant au sol entraîne par moment une très légère augmentation du ruissellement. Néanmoins, cette différence d'interception est très négligeable si on considère un événement de pluie extrême. La variation saisonnière du cycle végétatif des feuillus a également pour conséquence d'augmenter les variations de la recharge de la nappe entre l'été et l'hiver. En été la recharge diminue alors qu'elle augmente en hiver.



- Gestion du réseau de drainage forestier

Même si ces éléments n'ont pas pu être évalués indépendamment des autres aménagements, les résultats semblent indiquer qu'il n'y a peu, voir pas, de réduction des débits maximums associés au bouchage du réseau de drainage. Cette observation est confortée par la littérature. « *Le rabattement du niveau de la nappe, consécutif au drainage, a généralement un effet plus important sur la formation du débit de pointe que l'augmentation de la capacité de transport des canaux dans les bassins—versants drainés* » (IRITZ et al., 1994 ; Laudon et al., 2023). Ainsi, l'augmentation du niveau de la nappe, consécutive au bouchage des drains, peut avoir pour effet de limiter l'infiltration de l'eau dans des sols déjà partiellement saturés. Et cet effet (négatif en termes de réduction du débit de pointe) ne serait que partiellement compensé par la déconnexion hydrologique du bassin versant.

- Mise en œuvre des pratiques forestières limitant la compaction des sols

Les pratiques limitant la compaction des sols forestiers impliquent principalement une réflexion autour d'une limitation du recours aux engins lourds et lorsque que cela s'avère nécessaire, d'une limitation de la circulation des engins forestiers à travers par exemple l'usage de cloisonnement. L'implémentation de cette pratique au sein de l'interface de modélisation s'est traduite par une augmentation des valeurs de conductivité hydraulique (+50%) et de porosité (+10%) associées au 40 premiers centimètres de sol. La mise en œuvre de ces modifications entraîne une augmentation générale de la quantité d'eau dans le sol en surface. Dans les sols à drainages favorables, cette augmentation de la quantité d'eau contribue à une diminution visible de la sensibilité aux stress hydriques des peuplements, associée à des périodes de sécheresses. On observe également une tendance à la réduction de la production de ruissellement de l'ordre du pourcent, qui peut s'avérer importante en cas d'événements extrêmes (entre 6 et 9% du ruissellement associé à la crue de juillet 2021). L'efficacité de cette pratique (en termes de réduction de la production de ruissellement) est plus importante sur des sols à drainages favorables, là où l'infiltration est fortement conditionnée par la perméabilité du sol en surface. En s'appliquant à l'ensemble du domaine forestier, ces pratiques constituent un levier d'action important en faveur de la résilience hydrologique du bassin versant de la Vesdre, particulièrement dans les sols à drainage naturel favorable.



L'impact des pratiques sylvicoles sur le tassement des sols est souvent peu considéré en forêt. Le passage des machines peut entraîner des conséquences sur le long terme pour l'écosystème.

3 Aménagements dans le contexte agricole et péri-urbain

La modélisation du bassin versant agricole indique que les zones urbanisées génèrent deux fois plus de ruissellement que les prairies permanentes, à surface équivalente, lors d'événements tels que celui de juillet 2021. Un scénario de modélisation étudiant l'expansion urbaine dans les parcelles dites "adéquates à l'urbanisation¹" situées dans les zones urbanisables du Plan de secteur (ZDU) et aux Zones d'aménagement communal concerté (ZACC) avec schéma d'orientation local (SOL) a été réalisé. Les résultats montrent qu'**une telle urbanisation sur 2,4% de la surface du bassin de la Magne augmente de 3 à 5% les débits maximums à l'exutoire**. L'augmentation des surfaces imperméabilisées n'est donc pas conciliable avec des objectifs de réduction de vulnérabilité face aux inondations. Au contraire, la désimpermeabilisation devrait être favorisée. Pour limiter ses impacts négatifs, l'urbanisation doit restreindre son emprise au sol tout en créant des espaces multifonctionnels non-imperméabilisés comprenant des mesures de stockage et d'infiltration effectifs et fonctionnels.



Exemple d'un espace urbain comprenant des mesures de stockage et d'infiltration (noues infiltrantes et bassins temporaires) sur le campus de Gembloux Agro-Bio Tech : Jardin de pluie – WASABI – Gembloux. Cet espace se veut multifonctionnel en y intégrant un auditoire en plein air, une promenade, des aménagements favorisant la biodiversité, la qualité de l'eau et la diminution des îlots de chaleur urbains.

Le scénario intégrant des aménagements agricoles dans le bassin versant de la Magne se présente comme le plus prometteur pour atténuer le risque d'inondations. En couvrant 25% du territoire, ces aménagements permettent une diminution des débits de 28 à 30% lors de crues. Bien qu'hypothétique et optimiste, ce scénario met en lumière le potentiel service de régulation hydrologique que les zones agricoles, même dominées par des prairies, peuvent rendre à la collectivité.

Un élément incontournable permettant ce résultat est la restauration d'une trame bocagère dense. Cette trame peut être reconstituée à partir de différents types de barrières interparcelles visant le renforcement de fonctions régulatrices, comme les haies herbacées ou ligneuses, alignement d'arbres, tout en préservant une vocation productive, telles que des haies fourragères, des bandes de miscanthus, de saule ou de silphie. La diminution du ruissellement au droit de ces aménagements atteint en moyenne 38% pour l'évènement de juillet 2021. Cette diminution du ruissellement est plus importante lorsque ces aménagements se situent dans les sols à drainages modérés, imparfaits, et à engorgements temporaires assez pauvres². En effet, l'engorgement partiel limite l'infiltration dans ces

¹ définies dans le sens du point 4.1.1 du Schéma Stratégique Vesdre.

² Au sens de la Carte Numérique des Sols de Wallonie.

sols. Par conséquent, l'établissement d'une végétation dense, pérenne et à enracinement profond libère l'eau de l'espace poral du sol, via l'augmentation de la transpiration, permettant une meilleure capacité d'infiltration. Les barrières interparcellaires bien localisées dans le paysage permettent même la réinfiltration du ruissellement généré en amont.



Exemples de barrières interparcellaires : Haie vive plurispécifique composée d'espèces indigènes, barrière anti-érosive de miscanthus, taillis courte durée de saule (à vocation de valorisation énergétique).

Par ailleurs, deux techniques agricoles ont été également implémentées dans ce dernier scénario ; les techniques culturales simplifiées (TCS) sans labour et le rouleau antiérosif en maïs. Les TCS modifient à terme la porosité du sol, permettant une meilleure infiltration et rétention de l'eau. Le rouleau antiérosif crée des microcavités dans l'inter-rang lors du semis, augmentant le stockage d'eau en surface. Cette dernière pratique est facilement implémentable et est sans impacts négatifs pour les rendements. Les TCS constituent un changement de pratique plus important ayant des conséquences sur différents aspects de la gestion de culture. Les résultats de modélisation montrent que ces deux techniques peuvent réduire la production de ruissellement de 10 à 20%, là où elles sont implémentées.



Rouleau antiérosif en maïs. Des microcavités sont creusées dans l'inter-rang lors du semis.

Enfin un scénario mettant en œuvre des designs hydrologique innovants ou « keylines » a été modélisé sur une partie du bassin versant de la Magne (site pilote 1). Ce type d'aménagement montre un potentiel intéressant avec une diminution de 12% des débits de crues pour 10% de surface aménagée (restant productive). Les keylines visent à redistribuer l'eau de ruissellement des fonds de vallées vers les crêtes, par un système de fossé-butée où une haie est implantée. Ainsi, les keylines peuvent être un outil intéressant pour recréer une **trame bocagère hydrologiquement optimisée** en milieux agricole. Néanmoins, la disposition actuelle du réseau viaire et du parcellaire agricole peut s'avérer être une contrainte forte à l'installation optimale de keylines, soulevant la question d'un remembrement à vocation hydrologique.



Illustration de l'aménagement de keylines selon Ponce-Rodríguez et al., 2021 (à gauche) et une keyline en fossé-butée (à droite) (F = zone de fossé, K = zone sur la keyline avec la plantation d'arbres et A = zone en aval de la keyline).

4 Conclusion

Les aménagements agricoles sont les plus efficaces pour réduire le risque d'inondation, suivis par les aménagements forestiers. La restauration de tourbières n'a pas d'impact hydrologique, tandis que l'urbanisation augmente le risque.

Un élément important réside dans la temporalité de l'efficacité des actions, dont les effets bénéfiques se feront voir principalement sur le moyen-long terme. L'installation de barrières interparcelles et la mise en œuvre de pratiques forestières limitant la compaction des sols auront un effet neutre à court terme, puis positif à moyen et long terme. La conversion de résineux en forêts de feuillus mixtes aura probablement un effet négatif à court terme, qui s'inversera à moyen et à long terme. Enfin, l'utilisation du rouleau antiérosif et l'installation de keylines peuvent avoir un effet bénéfique immédiat.

Enfin, cette synthèse se concentre principalement sur les effets des aménagements en termes de réduction du risque d'inondation. Néanmoins, nous avons pu démontrer par la modélisation que ces aménagements inspirés par la nature et proposés par le SSV auront un effet positif, sinon neutre, sur la réduction des risques de sécheresses agronomiques. De plus, les aménagements hydrologiques proposés par le SSV sont susceptibles de rendre d'autres services (de régulation et de production) qu'il convient d'évaluer afin d'en tenir compte lors de la prise de décision. Ainsi, l'objectif de résilience du bassin versant de la Vesdre ne peut se limiter aux actions le long du linéaire visant exclusivement à réduire le risque d'inondations. Il exige une approche intégrée sur l'ensemble du territoire.

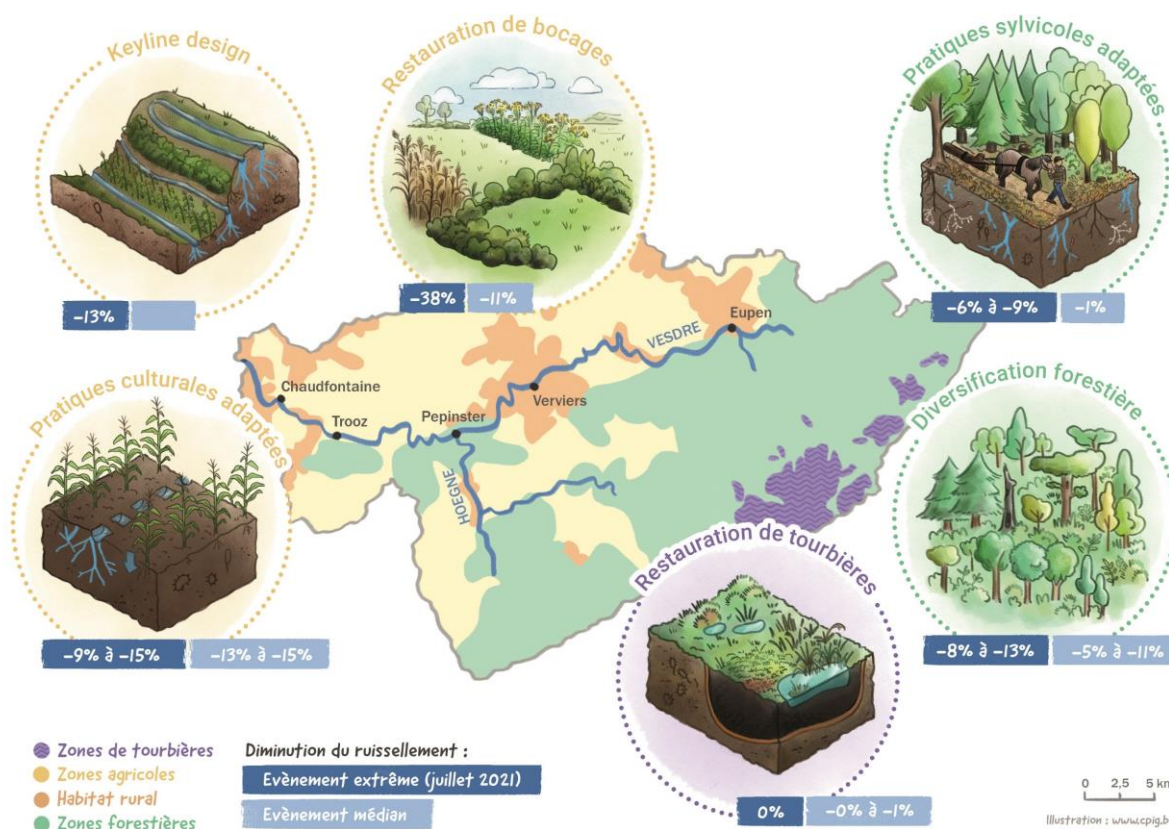


Figure 2 Synthèse des résultats hydrologiques Projet MorRec Vesdre