

MODREC 2

HYDROLOGIE

Laboratoire Vesdre : vers des
territoires d'innovation hydrologique



SYNTHESE NON TECHNIQUE

Aurore DEGRÉ, Lisa DI MAGGIO, Benjamin GUILLAUME, Marie HEYMANS,
Adrien MICHEZ, Adil THAMI, Camille WEZEL

INTRODUCTION

En Wallonie, le changement climatique intensifie déjà le cycle hydrologique, entraînant une augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies extrêmes, mais également des sécheresses prolongées, des vagues de chaleur récurrentes en été et des risques d'incendie associés selon les récentes projections de l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat (Harchies et al., 2025). Face à ces extrêmes, les répercussions environnementales et socio-économiques sont majeures : plus de 500 000 ménages wallons sont aujourd'hui exposés aux risques d'inondation et, sans mesures d'adaptation rapides, un réchauffement de 2 °C pourrait coûter chaque année 69 millions d'euros pour la gestion des crues et 184 millions d'euros en pertes agricoles (Harchies et al., 2025). Dans l'hypothèse d'un réchauffement moyen de 4 °C, les pénuries d'eau et les vagues de chaleur feraient des feux de forêt une norme en été, à l'instar du sud de la France, menaçant directement les 34 % de la population wallonne résidant dans des zones à risque élevé d'incendie (Harchies et al., 2025). Sur le plan hydrologique, ces bouleversements accentuent le ruissellement de surface, l'érosion des sols, ainsi que la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraine. Ces phénomènes sont amplifiés par l'artificialisation progressive des terres et par des pratiques d'occupation du sol qui réduisent leur capacité naturelle à absorber et réguler les épisodes pluvieux. C'est précisément pour assurer la résilience des territoires face à ces changements globaux que la restauration des cycles naturels de l'eau s'impose.

À la suite des inondations de juillet 2021 dans le bassin versant de la Vesdre, deux conventions successives ont été établies entre l'ULiège (Gembloux Agro-Bio Tech) et le Service Public de Wallonie (SPW). Dans le cadre du projet ModRec-Vesdre (Degré et al., 2024), une première modélisation hydrologique sur le bassin versant de la Vesdre a permis d'évaluer l'efficacité hydrologique globale de différentes mesures de gestion agricole, forestière et de restauration fondées sur la nature, telles que proposées dans le Schéma Stratégique Vesdre (SSV). Cette première phase a mis en évidence des pistes d'amélioration significatives de la gestion hydrologique du territoire, notamment en lien avec les zones agricoles et forestières, et a souligné l'importance d'une meilleure compréhension spatiale des processus de ruissellement et d'infiltration.

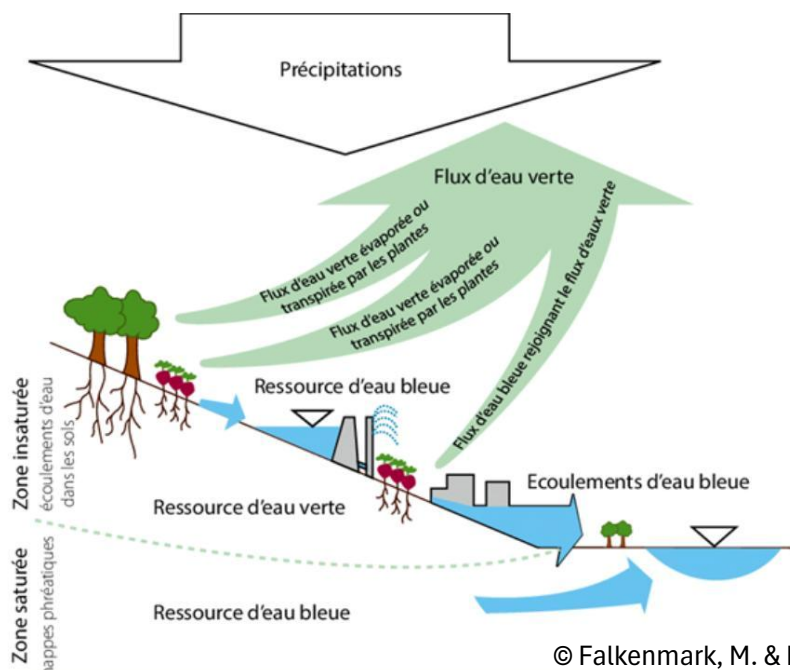
Le présent rapport s'inscrit dans la continuité de ces travaux, au sein du projet ModRec 2-Hydrologie (Degré et al., 2026), mené conjointement par le Contrat de Rivière Vesdre (CRV), l'ULiège-GxABT et le SPW. Cette seconde phase du projet vise ainsi à fournir des éléments opérationnels permettant de soutenir la gestion intégrée du bassin versant, dans une optique de résilience hydrologique. Sur base d'une identification préalable, à l'échelle du bassin versant de la Vesdre, des zones les plus propices, la démarche s'est concrétisée par la sélection de sites pilotes, baptisés Territoires d'Innovation Hydrologique (TIH). Déployés sur deux bassins versants en milieu rural et un bassin versant forestier, ils ont pour vocation de devenir des sites-écoles pour exemplifier et reproduire la démarche de ModRec 2-Hydrologie. L'enjeu central repose dès lors sur la co-construc-

tion de plans d'aménagement avec toutes les parties prenantes, ainsi que sur l'évaluation de leur efficacité.

Une approche collaborative à l'échelle du bassin versant est essentielle. Elle doit impliquer l'ensemble des acteurs concernés (agriculteurs, riverains, administrations, industries, etc.) et intégrer une réflexion sur la localisation des aménagements proposés, dans une logique de solidarité entre l'amont et l'aval.

TERRITOIRES D'INNOVATION HYDROLOGIQUE

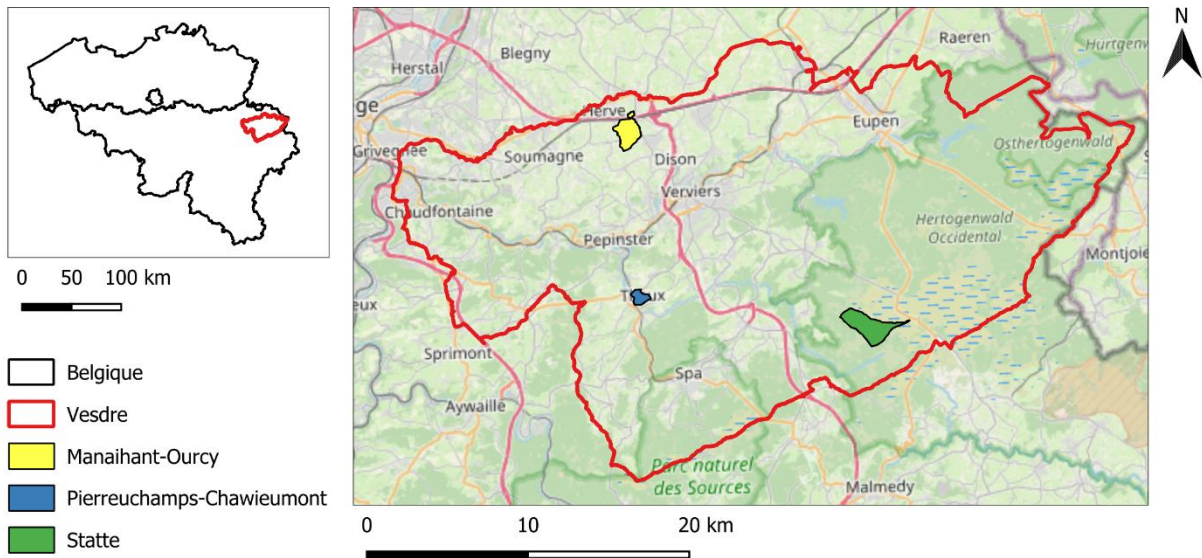
Les TIH sont définis comme des micro-bassins versants pilotes d'une superficie de 1 à 4 km² au sein desquels des stratégies d'aménagement sont conçues et testées pour restaurer les fonctionnalités naturelles du cycle de l'eau, selon les principes de l'hydrologie régénérative. Face aux extrêmes climatiques (inondations et sécheresses), cette approche vise à rééquilibrer la dynamique entre l'eau verte (l'eau infiltrée et stockée dans les sols, essentielle à la végétation et à l'évapotranspiration) et l'eau bleue (l'eau de surface et souterraine qui alimente nos cours d'eau). En ralentissant les écoulements de surface, en favorisant l'infiltration profonde et en maximisant le stockage naturel dans le paysage, les TIH permettent de recharger les réserves d'eau tout en atténuant l'impact des crues. Les aménagements apportés font partie des Solutions Fondées sur la Nature (SFN) déjà connues et répandues (haies, mares tampons, noues, etc.), mais également innovantes (*keyline design*, redessin parcellaire).



Représentation du cycle hydrologique selon le paradigme de l'eau verte et de l'eau bleue.

La volonté initiale a été de travailler dans les contextes ruraux (agricole et péri-urbain) et forestier qui s'étaient avérés les plus prometteurs, dans le cadre du premier volet de Mo-

dRec (Degré et al., 2024). Ainsi, trois TIH ont été sélectionnés. Les critères de sélection des sous-bassins versants au sein de ces communes ont été définis en fonction du contexte. Les analyses présentées s'appuient sur des simulations hydrologiques à haute résolution spatio-temporelle (5 – 10 m de résolution, pas de temps horaire) intégrant des scénarios d'aménagement élaborés dans le cadre d'une démarche de co-construction avec les acteurs locaux du territoire. L'objectif est de quantifier les effets hydrologiques d'interventions déployées de manière systémique à l'échelle de ces territoires et de mieux comprendre les facteurs déterminant leur efficacité.



Localisation des Territoires d'Innovation Hydrologique : Manaihan-Ourcy, Pierreuchamps-Chawieumont et la Statte.

CONTEXTE RURAL

La mise en perspective des travaux menés sur les TIH de Manaihan-Ourcy et de Pierreuchamps-Chawieumont met en lumière deux trajectoires contrastées, tant sur le plan de la gouvernance que de la réponse hydrologique.

Co-construction et concertation

D'un côté, le projet de Manaihan-Ourcy s'est soldé par la co-construction d'un plan d'aménagement concerté, rendu possible par la mobilisation de la commune de Herve, l'implication active des agriculteurs, des habitants et la coordination essentielle du CRV. Cette dynamique a nécessité de nombreux allers-retours afin de faire avancer les réflexions sur le décloisonnement de la gestion des espaces et d'assurer que tous les acteurs concernés soient en phase avec l'avancement du projet. Cette démarche a toutefois dû composer avec d'importants freins techniques, économiques et socio-culturels du côté agricole : dépendance liée au statut foncier, crainte de perdre de la surface utile et manque de recul face à certaines mesures. Dès lors, seuls les aménagements à emprise minimale, en bordure de parcelle ou situés dans des zones peu productives ont été

retenus. À l'inverse, les pratiques modifiant le foncier (redessin parcellaire) ou réorganisant les parcelles (e.g., *keyline design*) ont été écartées, reportant la réussite future des mesures sur la mise en place de conventions claires pour définir qui prendra en charge l'installation et l'entretien des ouvrages.

À l'inverse, le TIH de Pierreuchamps-Chawieumont n'a pas pu aboutir à un tel scénario partagé, malgré une intention initiale d'intégrer les citoyens, la commune et les agriculteurs. Ce blocage, lié à des contraintes organisationnelles et à des difficultés d'accès aux données, souligne un besoin futur de simplification administrative, notamment en permettant aux chargés de mission de contacter directement les acteurs dans le respect du RGPD.

Réponse hydrologique

Sur le plan purement hydrologique, les diagnostics révèlent des réalités physiques complexes et des efficacités d'aménagement variables selon les scénarios. Cela s'explique en partie par la morphologie contrastée des deux territoires. Le bassin versant de Manaihan-Ourcy présente une configuration très diversifiée sur le plan pédologique et topographique, caractérisée par de nombreuses prairies humides et une urbanisation au centre du territoire. À l'inverse, Pierreuchamps-Chawieumont affiche un profil beaucoup plus linéaire avec de fortes pentes, caractérisé par des prairies en amont et la zone péri-urbaine en aval.

Lors d'épisodes pluvieux faibles à modérés, la grande proportion de prairies permanentes (75 % et 63 % respectivement) commune aux deux TIH assure pleinement leur rôle de régulation des écoulements. Toutefois, lorsque les précipitations deviennent plus intenses, ces sols atteignent rapidement la saturation. C'est dans ces conditions que les aménagements de ralentissement et de rétention révèlent pleinement leur potentiel. Ainsi, lors d'événements majeurs sur le bassin très réactif de Pierreuchamps-Chawieumont, les différences avec un scénario « intermédiaire » composé d'aménagements légers (comme la complétion de haies existantes) sont faibles, car ce type d'intervention n'apporte que peu de modifications fonctionnelles par rapport à la situation actuelle. En revanche, en adoptant une stratégie plus intégrée (scénario « théorique »), qui s'appuie sur de nouvelles haies et fossés pour redistribuer et infiltrer les écoulements en amont, on observe une baisse significative des débits de pointe (entre 9 et 45 %). À Manaihan-Ourcy, le scénario d'aménagement est plus diversifié afin de prendre en compte l'hétérogénéité du territoire, combinant rétention (mares, zones d'immersion temporaire) et infiltration (haies-fossés, noues). Il a également prouvé sa capacité à atténuer les débits de pointe à l'exutoire, avec des diminutions plus marquées allant de 27 à 67 % selon l'intensité des événements.

Trois constats ressortent des résultats :

- (1) Le rôle fondamental des prairies pour réguler et tamponner les écoulements lors des événements pluvieux courants, et ce, indépendamment des aménagements, soulignant leur importance pour la gestion hydrologique quotidienne du paysage ;
- (2) La capacité significative des aménagements à réduire le risque d'inondation à l'exutoire des bassins versants lors d'évènements extrême, et ce, malgré leur emprise spatiale limitée (de l'ordre de 1 à 2 % des surfaces) ;
- (3) Le fait que cette réduction des débits de pointes est conditionnée par l'adéquation entre la typologie des aménagements et le contexte biophysique propre à chaque TIH.

Efficacité hydrologique des aménagements

L'analyse technique des différents types d'ouvrages permet de distinguer leurs fonctions hydrauliques et environnementales. D'une part, les mesures de stockage temporaire en zone agricole, telles que les zones de rétention et les mares, se révèlent être les plus efficaces pour atténuer les débits de pointe dans un contexte dominé par les prairies. Les zones de rétention agissent comme de simples freins hydrauliques sans restaurer le cycle de l'eau, tandis que les mares offrent un meilleur compromis entre stockage et infiltration. Ces solutions de stockage présentent l'avantage d'être bien acceptées par le monde agricole car elles occupent des zones humides peu productives.



Illustrations de SFN en contexte rural : réseau de haies, mares tampons, zone de rétention, noue urbaine.

D'autre part, les structures linéaires sur les versants (haies, fossés, noues) agissent de manière plus diffuse. Si les haies favorisent l'infiltration selon l'humidité préalable du sol, ce sont les haies-fossés qui tirent leur épingle du jeu en combinant interception, infiltration et pompage racinaire.

Solidarité territoriale et vision intégrée

Enfin, les deux projets s'accordent sur la nécessité d'adopter une vision spatiale et solidaire de la gestion de l'eau. À Manihant-Ourcy, l'intégration des zones résidentielles à travers la désimperméabilisation des voiries et l'usage de noues urbaines a prouvé son efficacité. Cette contribution des espaces urbanisés est d'ailleurs une condition majeure de l'acceptabilité sociale du projet pour les agriculteurs, qui acceptent difficilement de fournir des efforts sur leurs terres pendant que l'urbanisation périphérique, menaçant la capacité des sols à infiltrer l'eau, se poursuit. Cependant, cette vision intégrée doit s'accompagner d'une grande vigilance locale. Comme le révèlent les simulations de Pierrechamps-Chawieumont, si les aménagements améliorent globalement la situation à l'échelle du bassin, ils peuvent aussi dévier les trajectoires de l'eau et déplacer ponctuellement les écoulements vers de nouvelles zones vulnérables. Une analyse fine de l'organisation spatiale et du dimensionnement des ouvrages reste donc indispensable avant la phase de mise en œuvre pour éviter tout transfert de risque d'un secteur à un autre.

CONTEXTE FORESTIER

Co-construction et concertation

Le travail mené sur le TIH de la Statte se distingue des deux autres territoires par son contexte à dominance forestière et majoritairement situé dans le domaine public. Ce bassin versant a permis de travailler principalement avec un seul acteur et gestionnaire, le Département de la Nature et des Forêts (DNF), en étroite collaboration avec la commune de Jalhay, propriétaire de l'essentiel des surfaces. Cette configuration a facilité la concertation et a permis d'aboutir rapidement à des scénarios d'aménagement. Les propriétaires privés (2 % de la superficie du TIH), bien que conviés à participer, ne se sont pas manifestés, soulignant une fois encore la difficulté de mobiliser l'ensemble des acteurs fonciers d'un territoire.

Réponse hydrologique

L'évaluation des aménagements sur le bassin met en évidence une relation directe entre l'effort consenti et l'atténuation des crues à l'exutoire. Les mesures déjà programmées à l'amont par le DNF offrent des résultats encourageants à l'échelle locale avec une baisse de 14 % des débits de pointe. Pour obtenir un impact d'envergure, il faut s'orienter vers des scénarios plus ambitieux. Le scénario "théorique", combinant des opérations essentiellement basées sur des travaux de terrassement telles que des mares, redents, déviations, bouchage de drains et zones de dispersion, permet d'abaisser les pointes de crue de 40 %, une performance portée à 50 % dans le scénario à "long terme" qui intègre une

amélioration des propriétés hydrauliques des sols et une diversification des essences forestières. Bien que ces modélisations des scénarios les plus poussés doivent être interprétées avec prudence, elles confirment le rôle tampon majeur que peut jouer l'écosystème forestier.

Efficacité des aménagements

Sur le plan technique, ces travaux valident et encouragent la stratégie d'investissements non productifs déjà initiée par le DNF, tout en traçant des pistes pour maximiser l'efficacité des interventions futures. Les mesures de génie écologique et hydraulique identifiées sur la Statte reposent sur une large palette d'actions complémentaires : la création de mares, l'installation de redents, les déviations de flux, le bouchage de drains artificiels ou encore la création de zones de déviation. Pour dépasser le stade de l'effet local et obtenir une régulation significative à l'échelle du bassin entier, les résultats démontrent qu'il ne faut pas seulement multiplier ces ouvrages, mais aussi combiner des techniques physiques de stockage avec une transformation biologique du milieu afin d'agir simultanément sur plusieurs processus du cycle de l'eau.



Illustrations de SFN en contexte forestier : bouchage de drains, déviation de drains, redents imitant un barrage de castor, zone de déviation des écoulements.

Transition à long terme

Enfin, ce projet forestier introduit une variable temporelle cruciale et bien distincte de celle des milieux ruraux : la superposition de temps courts et de temps longs. Si l'installation d'équipements hydrauliques génère des bénéfices immédiats dès la fin des travaux, la conversion des peuplements monospécifiques vers des forêts mixtes ainsi que

l'agradation des propriétés physiques du sol exigent une tout autre échelle de temps, s'étalant sur plusieurs décennies. Cette dynamique lente implique un engagement politique et technique durable de la part des gestionnaires du territoire. Ce choix de gestion à long terme s'avère toutefois hautement stratégique, car il constitue un levier puissant et rentable pour contrebalancer en partie les effets du changement climatique, même si sa quantification exacte nécessite encore des recherches complémentaires.

CONCLUSION

L'adaptation des territoires aux changements climatiques constitue un défi majeur de notre époque. Face à l'intensification des épisodes climatiques extrêmes, les solutions fondées sur la nature s'imposent comme des réponses à la fois efficaces et durables. Le projet ModRec 2 - Hydrologie démontre qu'il est possible, sur des territoires complexes et multiusages, de construire collectivement une vision hydrologique cohérente et de la traduire en actions concrètes. La modélisation a permis de quantifier les bénéfices hydrologiques des scénarios envisagés, mais aussi de les rendre tangibles auprès des parties prenantes, en illustrant concrètement leurs effets potentiels. Ces allers-retours entre phases de simulation et phases de discussion ont constitué le cœur de la démarche, permettant d'affiner progressivement les scénarios en tenant compte des réalités des acteurs concernés. En se confrontant aux réalités du terrain, le projet a permis de tirer une série d'enseignements quant à la conception et à la mise en œuvre concrète de ces solutions.

La modélisation comme témoin de l'efficacité des mesures. La modélisation démontre une capacité significative des aménagements à réduire les débits de pointe jusqu'à 67 % lors des événements les plus extrêmes. Néanmoins, le manque de documentation scientifique sur certaines mesures injecte de l'incertitude dans les résultats. L'instrumentation des sites pilotes est donc une priorité absolue pour mesurer la réponse hydrologique réelle des TIH, puis valider et calibrer les hypothèses de simulation.

Modéliser pour convaincre, concerter pour décider. Si les résultats chiffrés de la modélisation permettent de convaincre et de légitimer les mesures, les acteurs tranchent *in fine* sur la base de critères socio-économiques et techniques. Dans ce contexte, une concertation centrée sur des échanges individuels, des visites de terrain et des propositions d'aménagement concrètes dès le départ favorise grandement l'appropriation des mesures proposées. De plus, une clarification plus précoce du cadre financier aurait permis d'instaurer un cadre plus sécurisant pour l'ensemble des participants.

La co-construction et la concertation : deux processus exigeants mais incontournables. Bien que longs et exigeants, ces processus constituent la seule voie pour garantir l'appropriation des mesures et leur maintien à long terme. À cet égard, la motivation et l'implication des autorités communales se sont révélées décisives pour légitimer la démarche. Attention toutefois aux aspects logistiques en apparence anodins, comme l'obtention des coordonnées des acteurs dans le respect du RGPD, qui s'avèrent très chronophages et peuvent freiner le projet.

La gouvernance à l'échelle du bassin versant : un prérequis incontournable. La diversité des acteurs impliqués (agriculteurs, habitants, communes, gestionnaires publics) rend indispensable la présence d'un organe coordinateur capable de fédérer et d'apaiser les postures contradictoires. Ce rôle, assuré ici par le CRV, est essentiel pour maintenir une vision cohérente et intégrée à l'échelle du bassin versant.

Des bénéfices collectifs, des efforts partagés. Puisque les aménagements génèrent des externalités positives pour toute la collectivité, il est indispensable de soutenir le secteur privé par des mécanismes à la fois incitatifs et rémunérateurs. Cela implique non seulement une juste rétribution financière, mais également un accompagnement concret dans la mise en œuvre à travers une simplification administrative et un appui technique et logistique.

Les outils, les méthodes et les enseignements développés ici constituent une base solide pour aller plus loin. La question n'est plus de savoir si ces solutions fonctionnent, mais de se donner collectivement les moyens de les déployer à la hauteur des enjeux. Cela suppose un engagement partagé entre pouvoirs publics, agriculteurs, gestionnaires et citoyens, et un cadre financier à la mesure des bénéfices collectifs attendus. Le temps de la démonstration laisse désormais place à celui du déploiement : c'est maintenant, et dans l'action collective, que se joue la capacité de nos bassins versants à faire face aux défis climatiques de demain.

TRAVAUX CITÉS

- Degré, A., Di Maggio, L., Guillaume, B., Heymans, M., Michez, A., Thami, A., & Wezel, C. (2026). *Laboratoire Vesdre : vers des territoires d'innovation hydrologique*. Rapport final du projet ModRec 2-Hydrologie. Contrat de Rivière Vesdre, Université de Liège (Gembloux Agro-Bio Tech).
- Degré, A., Guillaume, B., Michez, A., Bonaventure, N., Leyh, E., Di Maggio, L., & Rabouli, S. (2024). *Modélisation Hydrologique du Bassin Versant de la Vesdre—Projet Modrec*. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/314437>
- Harchies et al. (2025). *Risques climatiques en Wallonie*. Rapport final de l'étude de vulnérabilité et d'adaptation de la Wallonie. Service Public de Wallonie (SPW) - Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC).