



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, le numéro de l'article et le DOI.

Ralentir et conserver l'eau dans les têtes de bassin versant : enjeux, solutions et évaluation des effets hydrologiques

Zoé REVERDY^{1,3}, Nadia CARLUER², Sabine GIRARD³

¹ ENS de Lyon, Lyon, France.

² UR Riverly, INRAE, Lyon, France.

³ UR LESSEM, INRAE, St Martin d'Hères, France.

Correspondance : Nadia Carluer, nadia.carluer@inrae.fr ; Sabine Girard, sabine.girard@inrae.fr

Dans un contexte de changement climatique accentuant les sécheresses comme les inondations, la gestion de l'eau dans les têtes de bassin versant suscite un intérêt croissant. De nombreuses initiatives cherchent à ralentir, infiltrer et conserver l'eau grâce à des pratiques agricoles, forestières ou paysagères inspirées des processus naturels. Cet article synthétise les connaissances disponibles sur leurs effets hydrologiques et identifie les conditions de leur efficacité selon les contextes territoriaux.

Introduction

Le changement climatique intensifie les événements hydrométéorologiques extrêmes, multipliant les épisodes de sécheresse et d'inondation, les phénomènes de ruissellement et d'érosion. Face à ces défis, les solutions traditionnelles d'ingénierie « grise » (génie civil, stockage imperméabilisé) peuvent être complétées ou remplacées par des mesures « vertes » visant à ralentir ou conserver l'eau dans les sols, les milieux naturels et les paysages. Souvent multifonctionnelles, ces mesures mobilisent les propriétés des écosystèmes naturels (forêts, prairies, zones humides, haies) et intègrent des pratiques et aménagements issus de l'agroécologie, de l'agroforesterie, du génie écologique ou de la correction torrentielle : réduction du travail du sol, couverts permanents intra ou interparcellaires, diversification culturale, aménagements de fossés, micro-barrages, bassins d'infiltration, etc. Diverses approches sont mobilisées, sous les appellations de mesures naturelles de rétention d'eau (MNRE), de solutions fondées sur la nature (SfN) ou plus récemment d'hydrologie régénérative ou de mesures éponges. Malgré l'intérêt croissant des gestionnaires de l'eau pour ces approches, notamment dans les secteurs en déséquilibre quantitatif, leurs effets hydrologiques restent

mal quantifiés. Les principales interrogations portent sur l'efficacité quantitative individuelle et cumulée de ces mesures, leurs conditions d'application optimales selon les contextes climatiques et pédologiques, les synergies et antagonismes entre différentes mesures, et les outils d'évaluation disponibles.

Cet article reprend les principaux résultats d'une récente analyse documentaire et bibliographique sur les effets hydrologiques des mesures de ralentissement et de conservation de l'eau dans les têtes de bassin versant ruraux (quelques dizaines de km²) en contextes agricole et forestier, excluant les milieux urbains et fluviaux, aux processus distincts. L'objectif était d'identifier les connaissances établies, les zones d'incertitude, les controverses scientifiques et les besoins de recherche concernant l'évaluation des effets hydrologiques des mesures de ralentissement et de conservation de l'eau. L'analyse bibliographique a été réalisée sur le moteur de recherche Web of Science (WoS), et doublée d'une étude de la littérature grise. Elle a été complétée par douze entretiens semi-directifs avec des experts scientifiques (hydrologues, agronomes) et opérationnels (consultants, services techniques de collectivités) (Reverdy *et al.*, 2025, page 9 et annexes 8.2 et 8.3 pour le détail de la méthodologie).

Différentes notions pour aborder des processus et enjeux similaires

Processus hydrologiques et facteurs de contrôle

À l'échelle de la parcelle, l'eau des précipitations, du ruissellement et de l'irrigation se redistribue par infiltration, ruissellement de surface, évaporation, et transpiration végétale. L'évapotranspiration dépend des conditions météorologiques locales et du couvert végétal, tandis que la partition puis le devenir des écoulements verticaux et latéraux sont contrôlés par les propriétés du sol (texture, structure, perméabilité), de la topographie et de la géologie des sites. La caractérisation du fonctionnement hydrologique d'un bassin versant nécessite le suivi des variables météorologiques, l'analyse des caractéristiques physiques des composantes du bassin et de la relation pluie-débit, pour quantifier les contributions de chaque processus au bilan hydrique global. Les têtes de bassin jouent un rôle particulièrement important dans ce bilan hydrique, en influençant fortement le fonctionnement aval.

Enjeux quantitatifs dans les bassins versants ruraux

Les enjeux hydriques des bassins versants ruraux concernent tant l'excès que le déficit d'eau, affectant les écosystèmes, les infrastructures et populations, les activités agricoles et forestières (figure 1). Le changement climatique intensifie les sécheresses météorologiques, édaphiques et hydrologiques ainsi que les inondations et les processus érosifs. Ralentir et retenir l'eau dans le paysage vise alors à réduire l'intensité des aléas et leurs conséquences sur les milieux, en temporisant l'arrivée des flux à l'exutoire, en atténuant le ruissellement et en favorisant l'infiltration de l'eau et son stockage dans les versants.

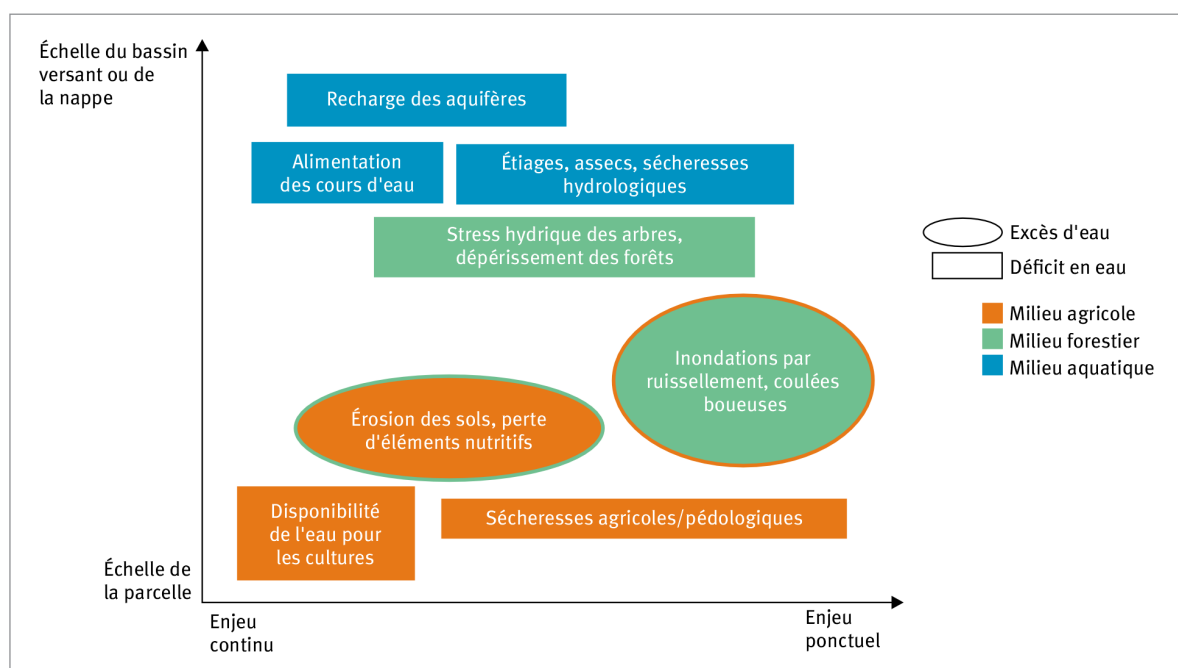
Diversité des notions associées, origines et utilisation

Différentes notions émergent depuis quelques années pour qualifier et catégoriser l'utilisation des fonctions des milieux naturels et semi-naturels vis-à-vis de la rétention de l'eau et de l'atténuation d'aléas hydrométéorologiques. Elles proviennent de communautés distinctes, s'adressent à des publics différents, avec des approches et des objectifs variés. Les approches les plus fréquemment mobilisées par les questionnaires et institutions en France sont les suivantes :

- solutions fondées sur la nature (SfN). Développées depuis 2010 par des organisations internationales (Union internationale pour la conservation de la nature, Commission européenne), elles désignent des actions visant à protéger, gérer et restaurer les écosystèmes pour satisfaire les besoins humains tout en bénéficiant à la biodiversité. Largement diffusées dans la recherche scientifique (913 publications associant SfN et eau depuis 2016 d'après une requête sur WoS le 23/01/2025), elles s'appliquent principalement à la gestion des risques et à l'adaptation au changement climatique, en contextes urbains et fluviaux. En France, le concept s'institutionnalise progressivement, par le biais de guides d'accompagnement des politiques publiques ;

- mesures naturelles de rétention d'eau (MNRE). Introduites par la Commission européenne (2010-2015) pour atteindre les objectifs de la directive cadre sur l'eau, elles se centrent spécifiquement sur la rétention d'eau, en ralentissant l'écoulement de l'eau de surface et en favorisant son infiltration, avec une intégration moindre des enjeux de biodiversité et une échelle d'application pouvant être plus localisée. Le terme reste moins utilisé que les SfN par les institutions françaises et dans la litté-

Figure 1 – Enjeux quantitatifs et processus hydrologiques impliqués (cas des bassins versants ruraux). Les enjeux et processus sont représentés en fonction de l'échelle spatiale et temporelle à laquelle ils se manifestent, et selon le milieu concerné (agricole, forestier, aquatique). Les deux encadrés bicolores concernent autant les milieux agricoles que forestiers.



rature scientifique (24 publications sur WoS depuis 2016 d'après une requête effectuée le 23/01/2025);

- mesures et paysages « éponges ». Plus récentes (sous l'impulsion de l'Union européenne vers 2020, dans la lignée du concept plus ancien des villes éponges), ces notions prolongent celle de MNRE en intégrant des infrastructures vertes quand c'est possible, mais également grises quand cela est nécessaire. Le terme « éponge » désigne la capacité des paysages à stocker et libérer lentement l'eau. Il a la vertu d'être pédagogique et se diffuse rapidement dans les communautés opérationnelles;

- hydrologie régénérative (HR). Issue en 2022 d'une association regroupant des bureaux d'étude et chercheurs indépendants, l'HR insiste sur la nécessité d'inverser la tendance actuelle à la dégradation des cycles de l'eau. Elle se définit comme « la science de régénération des cycles de l'eau douce par l'aménagement du territoire », en insistant sur l'échelle du bassin versant. S'inspirant notamment de la permaculture et de pratiques agricoles en milieux arides, elle s'articule autour du triptyque « sol-eau-arbres » et des actions permettant de « ralentir, infiltrer, stocker l'eau dans le paysage, et évapotranspirer ». Elle fait l'objet d'une médiatisation importante dans l'espace public et d'un fort intérêt de collectivités territoriales, en particulier dans le Sud de la France, confronté au manque d'eau. Elle suscite des interrogations dans la communauté scientifique, qui pointe les risques d'occurrence d'effets hydrologiques indésirables, ainsi que des risques de simplification et d'extrapolation hâtive de résultats acquis dans d'autres contextes ou à d'autres échelles. Certains scientifiques interrogés constatent cependant que ce mouvement a réussi à enclencher une diffusion active des concepts mobilisés et une réelle dynamique opérationnelle, au-delà de ce que la recherche académique sur ces concepts a pu initier.

Bien que distinctes, ces notions cherchent toutes à impulser et structurer des initiatives visant à ralentir et conserver l'eau au sein des bassins versants. Si cette multiplication terminologique peut faciliter l'appropriation par différentes communautés d'expertise, elle peut aussi brouiller la perception du fait que les concepts mobilisés sont pour beaucoup similaires, et leur préexistaient. Le principal enjeu concerne l'évaluation de leur efficacité du point de vue hydrologique, à différentes échelles et pour différents types et intensités d'événements.

L'effet localisé des mesures d'infiltration et de ralentissement des eaux

La littérature et les entretiens analysés mettent en évidence des mesures visant à ralentir et conserver l'eau dans les paysages. Trois types de leviers sont identifiés : **l'adaptation des pratiques agricoles et forestières, les actions de préservation de milieux naturels, et l'installation de petits aménagements hydrauliques**. On présente ici une évaluation qualitative des effets sur l'hydrologie, qui s'appuie sur des références détaillées dans Reverdy *et al.* (2025) (pages 22-34, en particulier le tableau 1), sans prétention à l'exhaustivité dans un champ scientifique qui évolue rapidement. Selon les références, les effets sur l'hydrologie sont observés, mesurés ou modélisés.

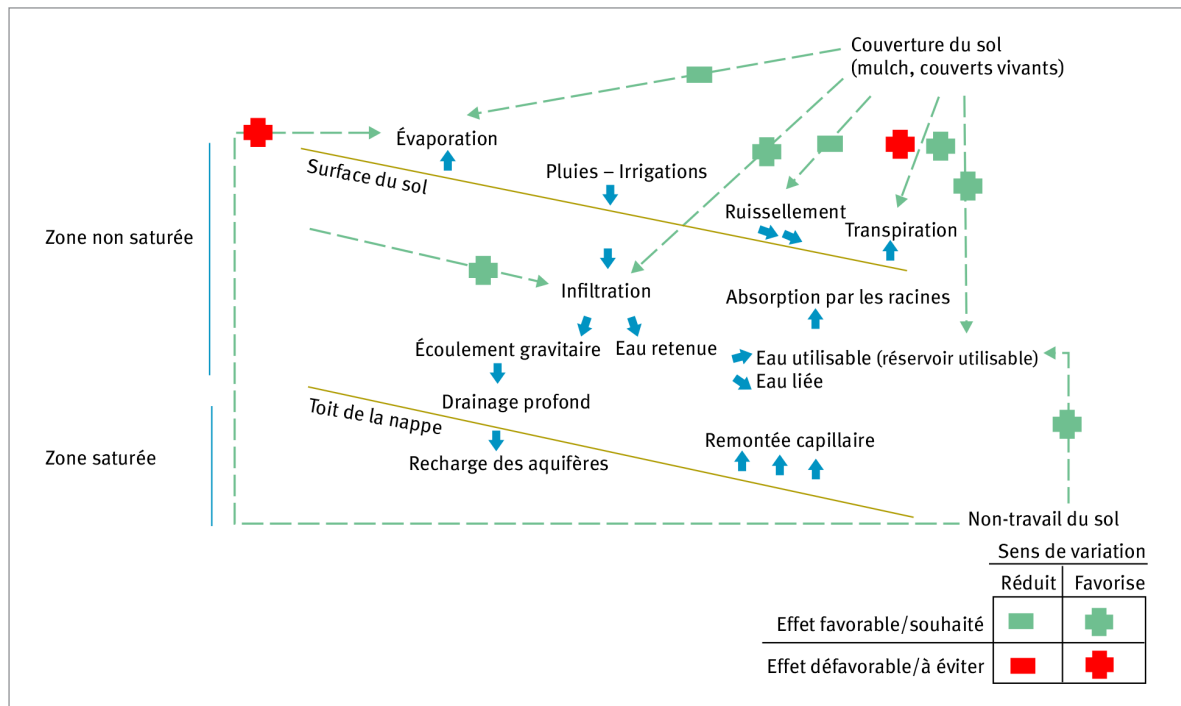
L'adoption de pratiques agricoles et forestières permettant de conserver l'eau et les sols

Les pratiques de conservation des sols et de l'eau, telles que définies par l'**agriculture de conservation (AC)**, reposent sur trois principes : absence ou réduction du travail du sol, couverture permanente du sol, et diversification des cultures. Ces techniques visent à préserver la fertilité et limiter l'érosion, tout en améliorant les propriétés hydrodynamiques des sols. Elles permettent notamment de limiter le ruissellement, de favoriser l'infiltration et d'augmenter la capacité de rétention en eau, bien que les résultats sur ce point restent variables selon les contextes. Le projet BAG'AGES (Alletto et Bustillo, 2023 – figure 2) en Adour-Garonne a par exemple montré une augmentation de 8 à 10% de la taille du réservoir utilisable des sols après plusieurs années de mise en œuvre. Toutefois, il manque des études couvrant une diversité suffisante de contextes agropédoclimatiques pour généraliser ces effets. En outre, l'AC est souvent associée à un usage accru de pesticides, posant un enjeu environnemental. Des approches hybrides, comme l'agriculture biologique de conservation (ABC), cherchent à concilier préservation des sols et réduction des intrants chimiques. En contexte forestier, des pratiques similaires visant à limiter la compaction des sols sont également étudiées (éviter le recours aux engins lourds). Enfin, l'effet de l'augmentation de la matière organique sur la rétention d'eau reste incertain selon les experts.

L'agroforesterie, bien qu'elle relève de la diversification végétale promue par l'agriculture de conservation, se distingue par le rôle central donné aux arbres dans les systèmes agricoles. Cette pratique associe arbres et cultures ou élevage sur une même parcelle ou un ensemble de parcelles. Malgré des politiques de soutien depuis 2015, sa diffusion reste limitée en France. Les haies interparcellaires en sont la forme la plus répandue. L'agroforesterie offre de nombreux bénéfices : lutte contre l'érosion éolienne et hydraulique, création d'ombrage, biodiversité, stockage du carbone. Sur le plan hydrologique, les effets sont complexes, variables et incertains (Zhu *et al.*, 2020). Les arbres peuvent améliorer l'infiltration et la structure du sol grâce à leur réseau racinaire, réduire le ruissellement et limiter l'évaporation au sol et la transpiration des cultures sous l'ombre. Toutefois, leur forte demande en eau peut dans certains contextes engendrer une compétition avec les cultures, impactant le bilan hydrique global. Les racines plus profondes des arbres peuvent prospecter des réserves non accessibles pour les cultures. Les mécanismes de redistribution de l'eau le long des racines et le rôle des mycorhizes sur la rétention d'eau restent également à approfondir. L'effet hydrologique global de la présence d'arbres associés aux cultures est difficilement généralisable, car il dépend des propriétés du sol, des espèces végétales et du contexte climatique. Les experts interrogés soulignent la nécessité d'études dans une diversité de contextes pour affiner les connaissances sur ses effets hydrologiques.

Le drainage contrôlé ou adapté consiste à réguler ponctuellement l'évacuation de l'eau depuis les parcelles agricoles, en retenant temporairement l'eau dans le sol ou en la redirigeant vers des zones de stockage (mares, zones humides). Cette pratique se limite à des zones très peu pentues. Par rapport au drainage classique, il limite

Figure 2 – Schématisation des processus hydrologiques à l'échelle d'une parcelle agricole (d'après Alletto et Bustillo, 2023 et Agence de l'eau Adour-Garonne, INRAE, 2021¹). Cette figure illustre de manière simplifiée les résultats du projet BAG'AGES mené sur des sols agricoles en Adour-Garonne. Les principales pratiques agroécologiques de conservation des sols (couverts végétaux et non-travail du sol) sont caractérisées par leurs effets qualitatifs sur les différents processus hydrologiques.



1. https://eau-grandsudouest.fr/sites/default/files/2022-01/Plaquette%20Bagages_2021.pdf

l'assèchement des sols et des nappes, et contribue à la réduction des pollutions diffuses. Des pratiques similaires s'appliquent aux réseaux de fossés forestiers, qui permettent d'évacuer l'eau des chemins. Par ailleurs, le tracé approprié des chemins agricoles ou forestiers peut limiter le ruissellement et l'érosion, en suivant au mieux les courbes de niveau.

La restauration, préservation, et création de milieux naturels ou semi-naturels

Les infrastructures agroécologiques (IAE) – haies, prairies, bandes enherbées – sont des éléments du paysage agricole *a priori* non productifs mais essentiels pour la rétention d'eau et la filtration des polluants. Agissant comme zones tampons, elles ralentissent le ruissellement, favorisent l'infiltration et limitent l'érosion. Les haies, en particulier, sont efficaces si elles sont placées perpendiculairement à la pente. Les prairies et bandes enherbées améliorent aussi l'infiltration par rapport à des sols nus.

La préservation et la restauration des zones humides situées sur les têtes de bassin versant contribuent également au ralentissement et à la conservation de l'eau, en agissant comme « zones tampons ». C'est également le cas de la **restauration morphologique des petits cours d'eau**, en les reconnectant à leur nappe d'accompagnement et en maintenant l'humidité des sols autour du cours d'eau.

La (re)forestation par des espèces locales est reconnue pour ses bénéfices en matière de biodiversité, de

qualité de l'eau et de stockage du carbone. Ses effets hydrologiques dépendent du contexte local. Les forêts favorisent l'infiltration et limitent le ruissellement ; elles peuvent soutenir ou réduire les débits d'étiage (et la recharge des nappes), selon le climat, les sols et les essences (selon leur transpiration). Dans les climats humides, elles ont majoritairement un impact positif sur les faibles débits et la recharge, mais dans les zones tempérées, les effets sont plus variables. Le boisement atténue globalement les crues, mais peut aggraver les sécheresses, notamment dans le cas de plantation d'espèces non indigènes.

La conception de petits aménagements pour ralentir et infiltrer l'eau de ruissellement

Les **infrastructures de collecte d'eau (rainwater harvesting) ou d'atténuation du ruissellement** sont des aménagements légers visant selon les contextes à ralentir les écoulements, favoriser l'infiltration et stocker temporairement l'eau, ou réduire l'érosion. Issues de pratiques agricoles traditionnelles (par exemple, l'agriculture pluviale méditerranéenne), elles sont aujourd'hui étudiées et réintroduites dans différents contextes et climats, comme éléments de gestion intégrée de l'eau (photo 1). Ces dispositifs incluent :

- des bassins de rétention et *checkdams* (en bois, en terre ou en pierre), implantés dans les fonds de talweg sec pour retenir temporairement les eaux de ruissellement ;
- des fascines ou barrières végétalisées, efficaces contre l'érosion ;

Photo 1 – Exemples d'aménagements permettant de ralentir l'eau de ruissellement. À gauche, baissières végétalisées aménagées en septembre 2023, Drôme, France. À droite, zones d'infiltration aménagées en juin 2023, Andalousie, Espagne. Crédits : © Permalab.



- des fossés d'infiltration ou baissières (swales), souvent accompagnés d'arbres sur le bourrelet aval, facilitant l'infiltration en surface voire en profondeur ;
- des canaux de dérivation, orientés pour répartir l'eau vers des zones d'infiltration privilégiées ;
- des terrasses, utilisées sur des terrains en pente pour limiter l'érosion et conserver l'humidité.

Les études disponibles, notamment celles citées par Lalonde *et al.* (2024), montrent généralement une réduction significative du ruissellement et une augmentation de l'infiltration, bien que les résultats varient selon les matériaux utilisés, la topographie et les conditions pédo-climatiques. Les effets sur l'évaporation et les débits en aval restent encore mal connus.

Les aménagements agricoles sont généralement placés perpendiculairement à la pente, suivant les lignes de contour topographiques, pour retenir le ruissellement et favoriser l'infiltration. Cette optimisation spatiale s'applique aussi au travail du sol, à la plantation et aux chemins d'accès, basée souvent sur des savoirs empiriques. Parmi d'autres pratiques, la technique « *keyline design* », développée par P.A. Yeomans dans les années 1950, identifie des courbes de niveau spécifiques, situées sur des ruptures de pente, qui permettent le plus efficacement de diffuser l'eau depuis les talwegs vers les lignes de crête et ainsi de favoriser son infiltration sur une large surface. Bien qu'encore peu étudiée scientifiquement, cette méthode est utilisée dans différents pays et semble participer notablement à la réduction du ruissellement.

La dépendance des effets aux conditions locales et le suivi des effets dans la durée

L'efficacité des mesures fondées sur les fonctions hydrologiques des milieux naturels et semi-naturels dépend fortement des conditions locales (climat, géologie, pédologie, pratiques agricoles, etc.). Des indicateurs environnementaux adaptés (pluviométrie, régimes thermiques, pente, exposition, débits caractéristiques, profondeur du sol, perméabilité, porosité, etc.) permettent de caractériser les spécificités du contexte local, et ainsi de guider les choix des acteurs. Cependant, les études disponibles ne documentent pas toujours précisément ces paramètres, ce qui limite la possibilité de généraliser ou de transférer les résultats. Enfin, un suivi rigoureux dans le temps (idéalement sur plusieurs années, avant et après la mise

en place de la mesure, avec plusieurs points de contrôle, voire un site témoin) est essentiel pour évaluer les effets des mesures, et ajuster les interventions si nécessaire. On peut noter par ailleurs que les mesures présentées ci-dessus s'appliquent plutôt dans un contexte de manque d'eau, ou d'épisode pluvieux intense. Elles sont moins adaptées à des contextes d'excès chronique en eau.

Le changement d'échelle

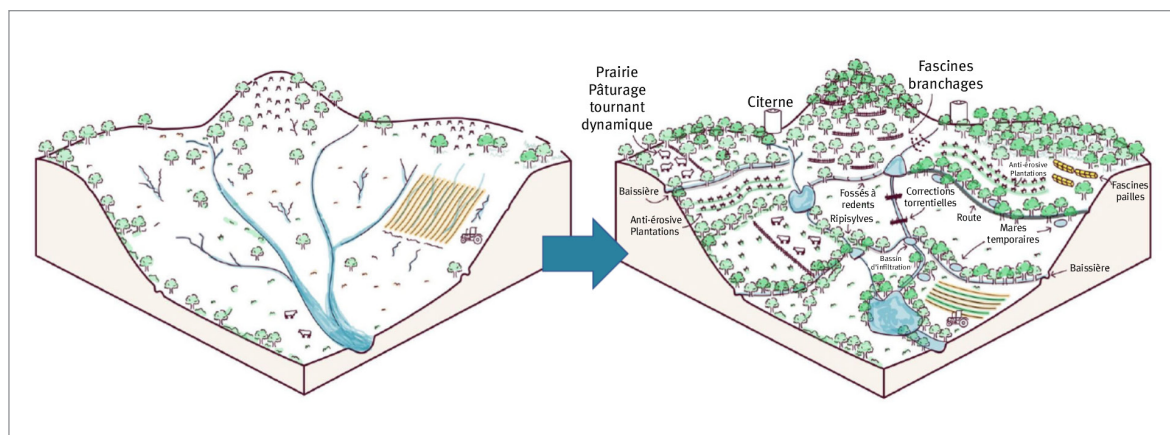
Le passage à l'échelle du bassin versant est un enjeu central pour les gestionnaires de l'eau. À cette échelle, l'enjeu ne porte pas seulement sur la disponibilité de l'eau ou le maintien du sol sur une parcelle agricole, mais aussi sur le régime hydrologique, la protection des populations, la satisfaction des usages de l'eau, et la préservation des écosystèmes. Il s'agit alors de mettre en œuvre une logique d'action en amont pour mieux gérer une situation critique à l'aval, en rompant avec les pratiques qui prévalent depuis plusieurs décennies, consistant à construire des ouvrages de génie civil pour traiter des enjeux liés au trop plein ou au manque d'eau. Les approches s'appuyant sur des mesures d'infiltration et de ralentissement des eaux en tête de bassin versant sont promues comme capables de traiter conjointement les deux types d'aléas hydrométéorologiques, secs et humides, en :

- ralentissant et infiltrant le ruissellement dès l'amont lors d'épisodes pluvieux intenses pour atténuer leurs impacts (érosion, coulées de boue, inondations) ;
- retenant l'eau dans le sol pour l'infiltrer, recharger les nappes, alimenter les cours d'eau et les écosystèmes associés en période de sécheresse météorologique.

Il peut s'agir de déployer un type de mesure donné sur une part conséquente du bassin versant ou, plus fréquemment, de mettre en œuvre une combinaison de mesures judicieusement implantées. À cette échelle, les enjeux sont le plus souvent multiples, et les concilier peut impliquer des compromis, et suppose d'intégrer les effets parfois antagonistes que peuvent entraîner certaines mesures. Par exemple, une densification de la végétation peut atténuer les impacts d'une précipitation intense, mais accroître les conséquences d'une sécheresse météorologique sur les cours d'eau par une augmentation de l'évapotranspiration.

Figure 3 – Illustration d'une combinaison de mesures de rétention et conservation de l'eau dans un petit bassin versant agricole, selon le bureau d'étude Permalab. Crédits : © Permalab.

À gauche, un bassin versant agricole au paysage simplifié, favorisant l'exportation rapide de l'eau et des éléments associés : particules de sol érodées, nutriments et contaminants d'origine agricole. À droite, le même bassin versant après mise en œuvre de pratiques agricoles et forestières et d'aménagements favorisant le ralentissement et l'infiltration de l'eau.



Toutefois, les références manquent actuellement sur l'efficacité de ces approches à l'échelle d'un bassin versant (d'une dizaine de km² ou plus). En effet, elles n'ont que peu été mises en œuvre à cette échelle, et de surcroît sans qu'un suivi quantitatif soit mis en place, qui permettrait d'évaluer la significativité de leurs effets, au-delà de la variabilité interannuelle naturelle de la réponse hydrologique du bassin aux conditions climatiques. En particulier, les effets sur la recharge de la nappe, et les conséquences sur les débits d'étiage et le bon état des milieux, nécessairement différés dans le temps par rapport aux événements pluvieux, mériteraient un intérêt particulier. Compte tenu des enjeux, et de l'intérêt actuel pour ce type de solutions, plusieurs projets sont en cours pour développer des références d'efficacité à des échelles dépassant l'échelle individuelle des mesures.

La modélisation hydrologique apparaît comme un outil privilégié pour aborder ces échelles, en particulier pour évaluer *ex ante* des scénarios de mise en œuvre de solutions. Elle se heurte toutefois encore à des verrous scientifiques, qui restent à lever : les modèles mobilisables aux échelles de gestion ne sont en général pas capables de représenter de façon adéquate les changements de pratiques agronomiques ou la mise en place d'aménagement agroécologiques, modifiant la partition et la connectivité des écoulements. À l'inverse, les modèles capables de représenter ces évolutions ne sont le plus souvent adaptés qu'à de petites échelles, et sont très exigeants en données d'entrée (Kumar *et al.*, 2021). Il y a donc un enjeu à articuler ces deux types de modèles pour appréhender des échelles opérationnelles. Dans tous les cas, une modélisation pour être robuste doit pouvoir s'appuyer sur des données, idéalement plus variées que le seul débit à l'exutoire (par exemple, variables « internes » au bassin versant comme le débit et le niveau piézométrique en plusieurs points, l'évolution de l'humidité de surface...) pour mieux contraindre la modélisation et assurer qu'elle rende bien compte du comportement hydrologique du bassin versant, et de sa réponse, nécessairement du second ordre, à l'évolution des pratiques et des aménagements.

Le passage à l'échelle du bassin versant, qu'il s'agisse d'une tête de bassin versant de quelques kilomètres carrés ou *a fortiori* d'un bassin versant de centaines de kilomètres carrés correspondant aux échelles habituelles de gestion, soulève également le déficit de connaissances et références sur l'influence d'une re-végétalisation intensive sur le cycle de l'eau à des échelles supra. Certains acteurs mettent en avant une rétroaction positive sur le climat, l'augmentation de la transpiration à un endroit favorisant les précipitations ailleurs. La communauté des hydroclimatologues est toutefois globalement sceptique sur le fait que l'accroissement de la rugosité du paysage suffise à contrebalancer la transpiration accrue. Les éléments théoriques et surtout les constats empiriques manquent en effet actuellement pour appuyer cette hypothèse.

Conclusion

Les mesures permettant de ralentir et conserver l'eau dans les têtes de bassin versant, mobilisées sous des appellations multiples (solutions fondées sur la nature, agroécologie, mesures naturelles de rétention d'eau, hydrologie régénérative) font actuellement l'objet d'un intérêt marqué de la part d'acteurs divers, soucieux de l'accentuation des enjeux liés à l'eau (trop ou trop peu, pas au bon moment), conséquence des changements climatiques et d'usage des sols. Les actions mises en œuvre vont en général dans le bon sens au vu des enjeux adressés. Elles impliquent le plus souvent également des bénéfices connexes, par exemple du point de vue de la qualité de l'eau, de la diversification des paysages, ou de la biodiversité. En ce sens, elles peuvent être qualifiées de solutions sans regret.

On constate toutefois un déficit d'évaluation de leur effet à grande échelle. Par grande échelle, on peut entendre échelle spatiale, pour articuler les enjeux identifiés à des échelles locales (par exemple, disponibilité de l'eau et préservation du sol sur une parcelle agricole ou forestière) et ceux émergeant à des échelles plus larges (par exemple, bon fonctionnement des milieux aquatiques,

ou préservation des zones urbanisées de ruissellements intenses) ou échelle temporelle, pour couvrir la variabilité interannuelle des conditions hydroclimatiques, et inclure des événements extrêmes. Il convient en conséquence de considérer ces solutions comme venant compléter le panel de solutions mobilisables, mais ne s'y substituant pas.

Compte tenu de la multiplication actuelle des projets mettant en œuvre ce type de solution, à des échelles et dans des contextes divers, il paraît essentiel de mettre en place des suivis dès que possible sur le territoire concerné par les aménagements. Ces suivis doivent être définis de façon à couvrir les enjeux identifiés, afin d'établir un diagnostic initial de la situation, puis de permettre à terme une évaluation objective des changements induits par les aménagements et évolutions de pratiques mis en œuvre. Une telle objectivation repose sur la définition d'indicateurs partagés par les acteurs, et qui permettra la communication auprès des différentes parties prenantes impliquées sur le territoire. La capitalisation des résultats de tels suivis, sous la forme de retours d'expérience détaillant le contexte de mise

en œuvre, tant du point de vue des caractéristiques du bassin versant que des acteurs impliqués et de la gouvernance associée, pourrait servir de référence pour des territoires aux contextes similaires, et leur permettre de dimensionner les actions à mettre en œuvre.

La définition, la mise en œuvre, puis l'évaluation de tels projets, et l'accompagnement des acteurs, ouvrent des perspectives de recherche, et incitent à favoriser les échanges entre disciplines sur ces questions et ces approches. ■

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre des projets de recherche GGEMM et BOST-El, cofinancés par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, la Zone atelier Bassin du Rhône ainsi qu'INRAE. Les autrices remercient vivement toutes les personnes sollicitées pour des entretiens, experts, scientifiques et gestionnaires, ainsi que Samuel Pinjon (UMR 5600 Environnement Ville Société/Université Lyon 3), pour sa contribution aux échanges autour des notions abordées dans cet article.

RÉFÉRENCES

- Alletto, L., & Bustillo, V. (2023). Fonctionnement hydrique de sols en Agriculture de Conservation des Sols. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 13(1), p. 59. <https://doi.org/10.54800/vbl896>
- Kumar, P., Debele, S. E., Sahani, J., Rawat, N., Marti-Cardona, B., Alfieri, S. M., Basu, B., Basu, A. S., Bowyer, P., Charizopoulos, N., Gallotti, G., Jaakko, J., Leo, L. S., Loupis, M., Menenti, M., Mickovski, S. B., Mun, S., Gonzalez-Ollauri, A., Pfeiffer, J.,... & Zieher, T. (2021). Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards : Modelling methods, advantages and limitations. *The Science Of The Total Environment*, 784, 147058. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147058>
- Lalonde, M., Drenkhan, F., Rau, P., Baiker, J. R., & Buytaert, W. (2024). Scientific evidence of the hydrological impacts of nature-based solutions at the catchment scale. *Wiley Interdisciplinary Reviews Water*, 11(5). <https://doi.org/10.1002/wat2.1744>
- Reverdy, Z., Girard, S., Carluet, N., & Pinjon, S. (2025). *Ralentir et conserver l'eau dans les têtes de bassin versant : enjeux, solutions et évaluation des effets hydrologiques. Rapport INRAE-ENS de Lyon.* <https://hal.inrae.fr/hal-05094198v1>
- Zhu, X., Liu, W., Chen, J., Bruijnzeel, L. A., Mao, Z., Yang, X., Cardinael, R., Meng, F., Sidle, R. C., Seitz, S., Nair, V. D., Nanko, K., Zou, X., Chen, C., & Jiang, X. J. (2020). Reductions in water, soil and nutrient losses and pesticide pollution in agroforestry practices : a review of evidence and processes. *Plant And Soil*, 453(1-2), 45-86. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04377-3>

EN SAVOIR PLUS...

- Union Internationale pour la conservation de la Nature (UICN) - Solutions fondées sur la nature : <https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>
- Office international de l'eau (OIEau) – Projet Sponge Works : <https://www.oieau.org/projets/spongeworks-Co-creation-Developpement-Paysages-eponge-Utilisation-Mesures-Naturelle-Retention-Eau-Gestion-Durable>
- Catalogue des mesures naturelles de rétention d'eau (MNRE) : <https://www.nwrm.eu/measures-catalogue>
- INRAE et Agence de l'eau Adour-Garonne – Projets de recherche sur les effets des pratiques agroécologiques sur l'eau BAG'AGES (2016-2020) et BAGHEERA (2025-2029) : <https://www.inrae.fr/actualites/quest-ce-que-lagroecologie-letude-bagages-capsules-video>
https://eau-grandsudouest.fr/sites/default/files/2022-01/Plaquette%20Bagages_2021.pdf
<https://www.inrae.fr/actualites/impacts-lagroecologie-gestion-ressources-bassin-adour-garonne>
- Office français de la Biodiversité (OFB) – Projet Life intégré ARTISAN sur les solutions fondées sur la nature appliquées à l'adaptation au changement climatique : <https://www.ofb.gouv.fr/le-projet-life-integre-artisan>
- BRGM et Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse – Projet SFN-ESO : Des solutions fondées sur la nature pour une gestion durable des eaux souterraines : <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-72417-FR> et <https://astee-tsm.fr/articles/tsm-9-2023-selles/>
- Commission européenne – Projet OPTAIN : Optimal strategies to retain and re-use water and nutrients in small agricultural catchments across different soil-climatic regions in Europe (2020-2025) : <https://www.optain.eu/>
- Rey, F., Bertrand-Krajewski, J., Fernandez, S., Guerrin, J., Herivaux, C., Lafforgue, M., Coent, P. L., Pons, M., & Rulleau, B. (2026). Nature-based solutions for water management : Pluridisciplinary state-of-the-art and research needs. *Ecological Engineering*, 225, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107887>
- Site web de l'association Pour une hydrologie régénérative : <https://hydrologie-regenerative.fr/>