

## Une réflexion sur l'état des connaissances des fonctions du bocage pour l'eau dans une perspective de mobilisation pour l'action

**Le bocage constitue un des éléments essentiels du paysage dans la préservation de la ressource en eau, tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Dans cet article, les auteurs font le point des connaissances scientifiques sur le fonctionnement et le rôle des haies sur l'eau. Leur analyse concerne surtout l'Ouest de la France, une région à réseau hydrographique dense et nappes affleurant au niveaux des talwegs.**



influence du bocage sur les ressources en eau et en sol est un sujet récurrent des débats de l'aménagement foncier. Bien que les paysages bocagers aient profondément évolué depuis cinquante ans, avec une diminution de la densité de haies et aussi une quasi-dis-

parition des autres éléments qui les composaient (ex. : zones humides, prairies, vergers), ils véhiculent une image positive face aux enjeux de qualité des eaux. Cela se traduit par des politiques publiques et mesures agroenvironnementales qui soutiennent la plantation de haies pour réguler la qualité de l'eau.

L'objectif de cet article est de présenter un état des connaissances des fonctions du bocage sur l'eau. Nous exposons les processus mis en évidence à l'échelle locale du voisinage d'une haie. Ceux-ci définissent l'impact sur le cycle de l'eau, la qualité de l'eau et les connaissances à l'échelle du bassin versant qui constitue le niveau de gestion de la ressource. Cet article n'est pas une revue de littérature exhaustive : nous centrons notre approche sur les fonctions du bocage sur l'eau en contexte de climat tempéré, et nous fournissons quelques références pour illustrer les connaissances. L'essentiel de ces travaux concerne l'Ouest de la France, dans des paysages développés sur massifs anciens, à réseau hydrographique dense et nappe superficielle affleurant au niveau des talwegs.

### Bocage et cycle de l'eau

#### Connaissances et quantification des processus locaux au voisinage d'une haie

Les arbres modifient localement les différentes composantes du cycle de l'eau (figure 1). Les processus en jeu sont bien connus, notamment à travers les travaux réalisés en forêt et en milieu aride. Quelques quantifications du rôle des haies existent en milieu tempéré.

**Les arbres interceptent une partie de la pluie avant son arrivée au sol**, modifiant par-là la distribution spatiale des précipitations au sein d'une parcelle. Ghazavi *et al.*, (2008) ont quantifié cette interception au niveau d'une haie localisée à proximité de Rennes (Bretagne, France) et composée de chênes matures (*Quercus robur*) conduits en émondes. Dans ce contexte, où la pluviométrie annuelle est de 720 mm, la haie intercepte 28 % des précipitations pendant la période de présence des feuilles et 12 % en l'absence de feuilles. À travers cette interception, la haie modifie la distribution spatiale des précipitations à son voisinage.

**Les arbres prélèvent de l'eau dans le sol.** Ce sont de puissants systèmes évaporatoires, du fait de leur surface foliaire et de la modification des paramètres microclimatiques, notamment l'écoulement d'air (Guyot, 1997) et le rayonnement (Dupraz *et al.*, 2018), qu'ils reçoivent : une disponibilité suffisante de l'eau dans le sol accroît le

phénomène d'évaporation. Ainsi un arbre isolé prélève plus d'eau dans le sol qu'un arbre en forêt ou qu'une culture. Thomas *et al.* (2008) ont quantifié par modélisation la transpiration des arbres pour une haie de feuillus matures (*Quercus robur*), à côté de Rennes (précipitations annuelles 720 mm, évapotranspiration potentielle annuelle 619 mm) : ils l'estiment à 5 à 6 mm par jour en été, lorsque la disponibilité en eau dans le sol n'est pas limitante, ce qui représente presque deux fois la transpiration d'arbres en forêt.

Ces forts prélèvements d'eau par les arbres renvoient à la question de la compétition pour l'eau entre les haies et les cultures avoisinantes ; cette question se pose avec encore plus d'acuité en contexte de climat changeant. Les recherches menées en agroforesterie montrent :

- que les arbres ont généralement un système racinaire plus profond que les cultures et ont accès à une ressource en eau non explorée par les cultures (Pavlidis et Tsihrintzis, 2018) ;
- que les systèmes racinaires des arbres au voisinage d'une culture sont plus denses sous la rangée d'arbres et plus profonds qu'en forêt (Cardinael *et al.*, 2015).

Cette question a été peu explorée pour les haies (Coussemont *et al.*, 2018), en partie parce que la mesure de la disponibilité en eau au voisinage des arbres n'est pas facile et implique des dispositifs de mesures lourds pour capter la variabilité spatiale et temporelle de la teneur en eau. Des recherches sont en cours pour disposer d'indicateurs de terrain plus opérationnels. La concentration en chlorures dans le sol, plus facilement accessible, est utilisée pour mesurer l'emprise de l'intensité de l'assèchement du sol induit par les arbres : en s'appuyant sur cet indicateur, Hao *et al.* (2015) ont montré que l'étendue de la zone de prélèvement était différente en fonction de la localisation des haies dans les versants et de la distance à une nappe à faible profondeur. Des approches de modélisation des systèmes agroforestiers sont aussi menées pour déterminer les seuils de compétition avec baisse significative des rendements des cultures voisines.

**Les haies modifient la circulation de l'eau en surface du sol et favorisent l'infiltration.** La présence de haie induit une rugosité qui ralentit les écoulements à la surface du sol et peut favoriser l'infiltration de l'eau, d'autant plus que les sols sont souvent plus riches en matières organiques et plus poreux sous la haie (Carnet, 1978). L'efficacité des haies vis-à-vis de l'interception des écoulements de surface dépend de leur orientation par rapport aux chemins de l'eau et à la pente, de la continuité et de la rugosité de sa structure au sol (ex. : présence d'un talus), et de l'intensité des précipitations qui génèrent le ruissellement de surface (photo 1).

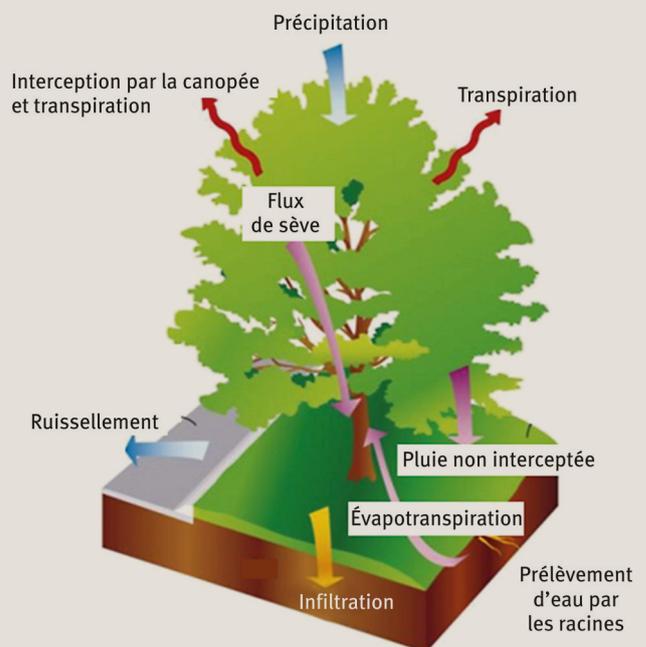
### Conséquences sur les flux d'eau à l'échelle du bassin versant

Des travaux récents de modélisation ont permis de quantifier les implications du prélèvement d'eau par les arbres des haies sur le bilan hydrique à l'échelle du versant et du petit bassin versant. Thomas *et al.* (2012) ont modélisé l'impact de la haie sur le bilan hydrique à l'échelle d'un versant de 28 m incluant une haie arborée et présentant une nappe à faible profondeur : dans ce contexte, la transpiration par la haie représente 25 à 40% des exports d'eau du versant et la contribution de la nappe repré-

sente 60% des entrées d'eau dans le versant. Benhamou *et al.* (2013) ont simulé l'effet d'un réseau de haies d'une densité de 48 m.ha<sup>-1</sup> sur l'évapotranspiration à l'échelle d'un bassin versant de 5 km<sup>2</sup> localisé dans le Morbihan (Bretagne, France) :

- localement sous les haies, l'évapotranspiration annuelle augmente de 20% et la teneur en eau du sol et le niveau de nappe baissent ;
- à l'échelle du bassin versant, l'évapotranspiration augmente de 3% et les flux d'eau à l'exutoire du bassin versant diminuent de 4,5% en moyenne par rapport à une situation sans bocage ;
- les différences sont plus marquées les années sèches lorsque l'enracinement profond des arbres les rend plus compétitifs pour l'accès à l'eau qu'une culture.

#### 1 Impact local des haies sur le cycle de l'eau.



#### 1 Stockage d'eau dans une parcelle cultivée en amont d'une haie sur talus.



© V. Viaud

De nombreuses approches de modélisation ont été développées pour caractériser l'effet du bocage sur le cheminement de l'eau à la surface du sol et sur le ruissellement (Merot, 2003 ; Viaud *et al.*, 2005 ; Viel *et al.*, 2014 ; Reulier *et al.*, 2016 ; Reulier *et al.*, 2017). Elles montrent l'importance de l'agencement spatial du réseau bocager vis-à-vis des cheminements de l'eau, de sa connectivité et de son lien avec les autres réseaux (routes, fossés) pour le degré de connexion des surfaces de bassins versant aux cours d'eau. Le bocage peut avoir un rôle pour limiter les crues les plus fréquentes, de faible intensité ; par contre son rôle est négligeable pour les événements de crues plus extrêmes où l'effet quantitatif de la pluie domine (Merot, 1999).

## Bocage et qualité de l'eau

### Connaissances et quantification des processus locaux au voisinage d'une haie

Les haies sont souvent des espaces non fertilisés qui reçoivent moins d'intrants agricoles que les parcelles. Lorsqu'elles sont situées en bordure de cours d'eau, elles éloignent le passage des tracteurs et des épandeurs et limitent les risques d'apports directs au cours d'eau.

Comme pour l'eau, les arbres prélèvent des nutriments dans le milieu. Les racines des arbres sont souvent plus profondes que celles des cultures, elles peuvent intercepter des nutriments apportés en excès ou produits par minéralisation de la matière organique des sols, et limiter localement la lixiviation de nutriments vers les horizons de sol profonds et les nappes. Grimaldi *et al.* (2012) ont mesuré les concentrations en nitrates dans le sol au voisinage d'une haie à différentes profondeurs et à différentes distances de la haie : à la fin de la période de végétation, les concentrations en nitrates dans le sol sont faibles au voisinage de la haie (figure 2). Mais la haie participe aussi à restituer des nitrates au sol par la minéralisation de la litière aérienne et souterraine. Le bilan n'est positif que si une partie de l'azote est stockée dans la biomasse ligneuse, donc que la haie est en croissance.

Si une nappe est en interaction avec le système racinaire de la haie, des concentrations en nitrate plus faibles

peuvent être observées en surface de la nappe sous la haie, en lien avec les prélèvements directs dans la nappe et en raison de conditions favorables à la dénitrification dans la rhizosphère en hiver (Grimaldi *et al.*, 2012).

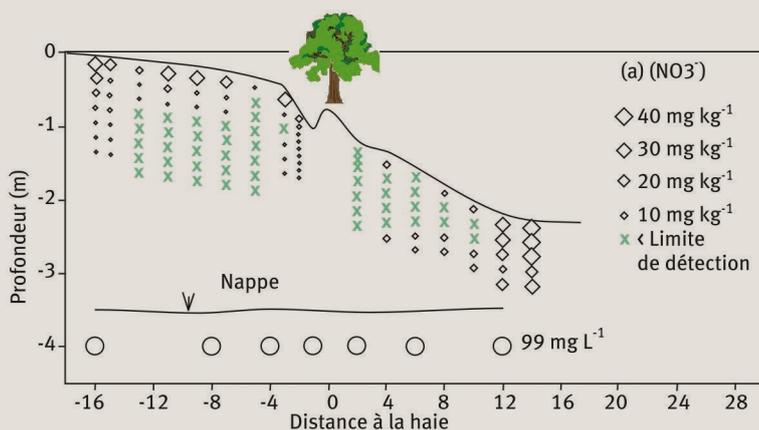
Les haies limitent également les transferts de particules érodées et d'éléments chimiques associés aux écoulements d'eau à la surface du sol (pesticides, phosphore). Il existe peu d'études spécifiques sur l'impact des haies sur les transferts de pesticides, mais l'allongement des temps de transfert et la richesse en matière organique du sol au niveau des haies sont des conditions favorables à la biodégradation des molécules (voir l'article de Carlier *et al.*, pages 66-71 de ce numéro ; Catalogne et Le Hénaff, 2016).

### Conséquences sur la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant

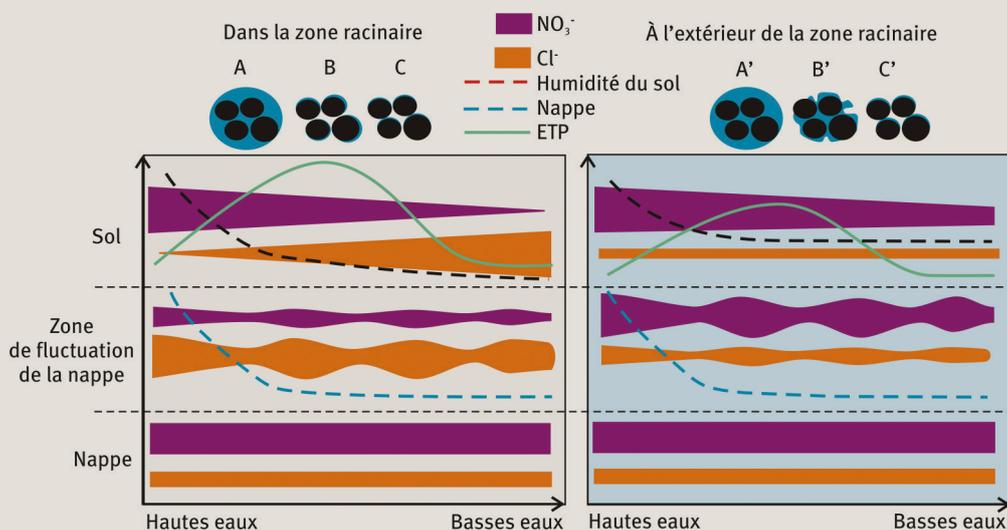
Les processus observés à l'échelle de la haie ont été inclus dans des modélisations à l'échelle du bassin versant. La figure 3 synthétise les connaissances actuelles sur l'influence des haies sur la dynamique de l'eau et des éléments dissous dans les différents compartiments des versants (sols, zone de fluctuation de la nappe et nappe), dans la zone racinaire et hors de la zone racinaire. Thomas et Abbott (2018) ont modélisé l'impact du fonctionnement hydrique et du prélèvement de nitrates par les haies sur les flux de nitrates à l'échelle d'un versant d'une longueur de 28 m et incluant une haie : la présence de la haie induit une réduction des flux annuels de nitrates 26 à 63 %, dont les deux tiers sont liés au prélèvement par les arbres et le reste à des effets connexes tels que l'augmentation de la dénitrification. Benhamou *et al.* (2013) ont modélisé l'effet d'un réseau de haies sur les flux de nitrates à l'échelle d'un bassin versant de 5 km<sup>2</sup>. Ils montrent que l'impact du réseau de haie sur le flux à l'exutoire dépend de la connexion du système racinaire des haies à la nappe ; dans le contexte étudié, contribution du flux intercepté par les haies au flux de nitrates dans le cours d'eau, l'impact des haies sur les flux à l'exutoire est limité. Durand *et al.* (2015) ont repris ces résultats de modélisation pour comparer l'efficacité du bocage vis-à-vis de la réduction des flux d'azote à l'échelle du bassin versant à celles d'autres mesures d'atténuation des flux azotés (introduction de prairies fertilisées ou non fertilisées, diminution de la fertilisation minérale). Il ressort de ce travail que l'efficacité de la densification du réseau bocager est limitée au regard des autres mesures étudiées.

Concernant les éléments associés à l'eau de ruissellement à la surface du sol, à notre connaissance, peu de références quantifiées sont disponibles au sujet de l'effet du bocage sur les flux de pesticides et de phosphore à l'exutoire des bassins versants. Les haies ont été incluses dans des modélisations de la connectivité des parcelles agricoles aux cours d'eau, modélisations qui peuvent être le support d'évaluation de risque de transferts d'éléments comme les pesticides (Gascuel-Oudou *et al.*, 2009). Le bocage participe à limiter le transfert des particules érodées vers le cours d'eau et favorise leur stockage sur les versants. Les taux d'érosion mesurés localement sur les versants bocagers peuvent être importants. Lacoste *et al.* (2014) ont estimé les taux de redistribution des sols par des méthodes de datation et de modélisation, au voisinage

2 Concentration en nitrates mesurée dans le sol en fin d'été (octobre 2006) au voisinage d'une haie (d'après Grimaldi *et al.*, 2012).



③ Synthèse des connaissances sur l'influence des haies sur la dynamique de l'eau, des nitrates et des chlorures (d'après Thomas, 2018).



de haies sur talus, perpendiculaires à la pente au nord de l'Ille-et-Vilaine (Bretagne, France) : ils estiment un taux moyen de dépôt de particules érodés 2 à 4 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> en amont des haies pendant la période 1960-2009, et un taux moyen d'érosion de 4,5 à 11 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> en aval des haies. La perte absolue de matière et la contribution au flux de sédiments dans le cours d'eau dépendent de la connexion du bas de versant à la rivière. Dans certains cas, au regard du flux de sédiments dans le cours d'eau, l'absence de bocage sur les versants peut être compensée par la présence d'une ripisylve dense (Vongvixay *et al.*, 2018).

### Perspectives de mobilisation des connaissances pour l'action

Pour beaucoup, les connaissances produites ont porté sur le niveau local de la haie. Elles ont permis d'identifier et de quantifier les processus en jeu, sachant que le niveau d'organisation pertinent pour prendre en compte l'ensemble des processus ayant trait à la ressource en eau est celui du bassin versant. À cette échelle, le bocage joue un rôle important sur les cheminements de l'eau de surface et les transferts d'éléments associés à ces flux (sédiments, produits phytosanitaires) et contribue à réguler les crues de faible intensité. Mais son rôle est négligeable sur les crues de forte intensité, et il n'a pas d'effet de premier plan sur l'atténuation des pollutions azotées à l'échelle du bassin versant.

Les connaissances présentées ici sont aujourd'hui mobilisées dans des outils développés à destination des gestionnaires, dans une démarche de transfert de connaissances, pour une meilleure gestion de la qualité et de la quantité d'eau (ex. : méthode de diagnostic Territ'eau – Gascuel-Odoux *et al.*, 2013), l'outil BUVARD de dimensionnement des zones tampons (Carlier *et al.*, 2017).

Dans un contexte de changements environnementaux, la mise en place de stratégies d'adaptation des systèmes

agricoles est nécessaire. Il est indispensable d'inscrire les futurs travaux de recherche, sur les fonctions du bocage pour l'eau, dans une démarche à visée plus systémique :

- les recherches sur bocage et eau doivent être menées dans un cadre interdisciplinaire permettant d'évaluer l'ensemble des fonctions agronomiques, écologiques et environnementales de ces organisations paysagères, et leurs interactions ;
- il s'agit aussi de passer de l'étude de la haie en tant qu'aménagement situé en marge des espaces productifs, à son étude en tant que composante de l'espace de production en interaction avec les autres surfaces cultivées. Ce passage suppose un déplacement des questions et des protocoles de recherche pour prendre en compte l'inscription des haies dans les systèmes de production agricoles. C'est le type de démarches mises en œuvre dans les recherches en agroforesterie. En particulier, la question des interactions positives et négatives entre haie et culture vis-à-vis de l'eau et des nutriments, qui a été étudiée dans les années 1970 au moment des remembrements, est de nouveau d'actualité et doit être déployée à un moment où la variabilité du climat et de la disponibilité des ressources en eau s'accroît, et où l'agriculture doit limiter le recours aux intrants chimiques ;
- enfin, nombre des travaux cités plus haut ont été menés pour des haies archétypales, héritées d'un bocage ancien, présentant une végétation arborée bien développée, plantées sur talus, souvent perpendiculaires à la pente et situées, pour la plupart, en bas de versant. Or les haies présentent une grande diversité, de nature, mode de gestion, de place dans le système de production, qui n'a pas été explorée. Des recherches en collaboration plus étroite avec les acteurs non scientifiques (gestionnaires, agriculteurs) pourraient être développées pour identifier les systèmes d'intérêt pour lesquels des références sont à acquérir, voire pour contribuer à la conception de systèmes agroforestiers bocagers. ■

## EN SAVOIR PLUS...

- **BENHAMOU, C., SALMON-MONVIOLA, J., DURAND, P., GRIMALDI, C., MEROT, P.**, 2013, Modeling the interaction between fields and a surrounding hedgerow network and its impact on water and nitrogen flows of a small watershed, *Agricultural Water Management*, n° 121, p. 62-72.
- **CARLUER, N., CATALOGNE, C., DAGÈS, C., TOURNEBIZE, J.**, 2017, Aménager le territoire et gérer les aménagements : les zones tampons sèches et humides, les fossés, pour lutter contre les pollutions diffuses par les phytosanitaires dans les aires de captages, *Innovations Agronomiques*, n° 57, p. 117-139, disponible sur : [dx.doi.org/10.15454/1.5137822668081328E12](https://doi.org/10.15454/1.5137822668081328E12)
- **CARNET, C.**, 1978, Étude des sols et de leur régime hydrique en région granitique en Bretagne : une approche du rôle du bocage, in : *Biologiques, U.S.* (Ed.), Thèse de l'Université de Rennes, 235 p.
- **CATALOGNE, C., LE HÉNAFF, G.**, 2016, Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole, Rapport Irstea-Onema dans le cadre du Groupe technique Zones Tampons, 69 p., disponible sur : [http://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/biblio/guide\\_zones\\_tampons\\_irstea.pdf](http://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/biblio/guide_zones_tampons_irstea.pdf)
- **COUSSEMENT, T., MALOTEAU, S., PARDON, P., ARTRU, S., RIDLEY, S., JAVAUX, M., GARRE, S.**, 2018, A tree-bordered field as a surrogate for agroforestry in temperate regions: Where does the water go?, *Agricultural Water Management*, n° 210, p. 198-207.
- **DUPRAZ, C., BLITZ-FRAYRET, C., LECOMTE, I., MOLTO, Q., REYES, F., GOSME, M.**, 2018, Influence of latitude on the light availability for intercrops in an agroforestry alley-cropping system, *Agroforestry Systems*, n° 92, p. 1019-1033.
- **DURAND, P., MOREAU, P., SALMON-MONVIOLA, J., RUIZ, L., VERTES, F., GASCUEL-ODOUX, C.**, 2015, Modelling the interplay between nitrogen cycling processes and mitigation options in farming catchments, *Journal of Agricultural Science*, n° 153, p. 959-974.
- **GASCUEL-ODOUX, C., AUROUSSEAU, P., CORDIER, M.O., DURAND, P., GARCIA, F., MASSON, V., SALMON-MONVIOLA, J., TORTRAT, F., TREPOS, R.**, 2009, A decision-oriented model to evaluate the effect of land use and agricultural management on herbicide contamination in stream water, *Environ. Modell. Softw.*, n° 24, p. 1433-1446.
- **GASCUEL-ODOUX, C., GUIET, S., MEROT, P., TICO, S., TROCCAZ, O.**, 2013, Approches territoriales autour de l'eau pour réfléchir le paysage et mobiliser des changements de pratiques et systèmes agricoles : l'exemple de Territ'eau, *Innovations Agronomiques*, n° 31, p. 159-168, disponible sur : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5209/40701/file/Vol31-9-Gascuel.pdf>
- **GHAZAVI, G., THOMAS, Z., HAMON, Y., MARIE, J.C., CORSON, M., MEROT, P.**, 2008, Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake, *Hydrological Processes*, n° 22, p. 4723-4735.
- **GRIMALDI, C., FOSSEY, M., THOMAS, Z., FAUVEL, Y., MEROT, P.**, 2012, Nitrate attenuation in soil and shallow groundwater under a bottomland hedgerow in a European farming landscape, *Hydrological Processes*, n° 26, p. 3570-3578.
- **GUYOT, G.**, 1997, *Climatologie de l'environnement*, Masson, Paris, 505 p.
- **HAO, H.T., GRIMALDI, C., WALTER, C., DUTIN, G., TRINKLER, B., MEROT, P.**, 2015, Chloride concentration distribution under oak hedgerow: an indicator of the water-uptake zone of tree roots?, *Plant and Soil*, n° 386, p. 357-369.
- **LACOSTE, M., MICHOT, D., VIAUD, V., EVRARD, O., WALTER, C.**, 2014, Combining Cs-137 measurements and a spatially distributed erosion model to assess soil redistribution in a hedgerow landscape in northwestern France (1960-2010), *Catena*, n° 119, p. 78-89.
- **MEROT, P.**, 1999, The influence of hedgerow systems on the hydrology of agricultural catchments in a temperate climate, *Agronomie*, n° 19, p. 655-669.
- **MEROT, P.**, 2003, Le comportement des petits bassins versants ruraux dans le contexte des crues et des inondations, *La Houille Blanche, Revue internationale de l'eau*, n° 6, p. 74-82, disponible sur : <https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/2003/06/lhb2003115.pdf>
- **REULIER, R., DELAHAYE, D., CAILLAULT, S., VIEL, V., DOUVINET, J., BENSALD, A.**, 2016, Mesurer l'impact des entités linéaires paysagères sur les dynamiques spatiales du ruissellement : une approche par simulation multi-agents, *Cybergeo-European Journal of Geography*, disponible sur : <https://journals.openedition.org/cybergeo/27768>
- **REULIER, R., DELAHAYE, D., VIEL, V., DAVIDSON, R.**, 2017, Hydro-sedimentary connectivity in a small agricultural watershed in French northwest: from field expertise to multi-agent system modeling, *Geomorphologie-ReliefProcessus Environnement*, n° 23, p. 327-340.
- **THOMAS, Z.**, 2018, *Contribution à la compréhension des processus de transfert d'eau et de soluté dans le système végétation-sol-nappe-rivière*, Habilitation à diriger des recherches, Université de Rennes 1.
- **THOMAS, Z., ABBOTT, B.W.**, 2018, Hedgerows reduce nitrate flux at hillslope and catchment scales via root uptake and secondary effects, *Journal of Contaminant Hydrology*, n° 215, p. 51-61.
- **THOMAS, Z., GHAZAVI, R., MEROT, P., GRANIER, A.**, 2012, Modelling and observation of hedgerow transpiration effect on water balance components at the hillslope scale in Brittany, *Hydrological Processes*, n° 26, p. 4001-4014.
- **THOMAS, Z., MOLENAT, J., CAUBEL, V., GRIMALDI, C., MEROT, P.**, 2008, Simulating soil-water movement under a hedgerow surrounding a bottomland reveals the importance of transpiration in water balance, *Hydrological Processes*, n° 22, p. 577-585.
- **VIAUD, V., DURAND, P., MEROT, P., SAUBOUA, E., SAADI, Z.**, 2005, Modeling the impact of the spatial structure of a hedge network on the hydrology of a small catchment in a temperate climate, *Agricultural Water Management*, n° 74, p. 135-163.
- **VIEL, V., DELAHAYE, D., REULIER, R.**, 2014, Impact of landscape structure organization on runoff dynamics in bocage landscapes. Comparative study of 3 small watersheds in Lower Normandy, *Geomorphologie-ReliefProcessus Environnement*, p. 175-188.
- **VONGVIXAY, A., GRIMALDI, C., DUPAS, R., FOVET, O., BIRGAND, F., GILLIET, N., GASCUEL-ODOUX, C.**, 2018, Contrasting suspended sediment export in two small agricultural catchments: Cross-influence of hydrological behaviour and landscape degradation or stream bank management, *Land Degrad. Dev.*, n° 29, p. 1385-1396.

*La lutte contre l'érosion des sols et la préservation de la ressource en eau font partie des principaux rôles reconnus au bocage.*



### Les auteurs

**Valérie VIAUD et Zahra THOMAS**

UMR INRA/Agrocampus 1069 SAS,  
Sol Agro et hydrosystème Spatialisation,  
65 rue de St-Brieuc, CS 84215,  
F-35042 Rennes Cedex, France.

[✉ valerie.viaud@inra.fr](mailto:valerie.viaud@inra.fr)

[✉ Zahra.Thomas@agrocampus-ouest.fr](mailto:Zahra.Thomas@agrocampus-ouest.fr)