



Offre de stage, second semestre 2026

Caractérisation de la multifonctionnalité des haies sur les flux hydrologiques par l'outil HedgeTools

Lieu du stage : Laboratoire CESBio, Toulouse

Public cible	Stage de Master 1, Master 2, césure
Discipline	Ecologie du paysage, Agronomie/Agroécologie, Géomatique appliquée à l'environnement, Modélisation territoriale, Hydrologie
Période	Flexible à partir de septembre 2026 pour une durée de 2 à 4 mois
Mots clefs	Cartographie, analyse spatiale, hydrologie, services écosystémiques, haies

1 CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Les haies constituent un élément structurant des paysages agricoles européens. Elles jouent un rôle majeur dans le maintien de la biodiversité, la régulation des processus écologiques et la fourniture de multiples services écosystémiques dans les agroécosystèmes. Historiquement, une disparition massive des haies et des arbres dans de nombreuses régions d'Europe, a conduit à une simplification des paysages et à une perte de biodiversité (Burel, 1996 ; Montgomery *et al.*, 2020).

Face à ces enjeux, les haies font aujourd'hui l'objet d'un intérêt renouvelé dans les politiques agricoles et environnementales. Dans le cadre du Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal) et de la Stratégie européenne pour la biodiversité à l'horizon 2030, les infrastructures paysagères telles que les haies sont identifiées comme des éléments clés pour restaurer la biodiversité dans les paysages agricoles. En France, plusieurs initiatives nationales visent également à renforcer la présence et la gestion durable des haies. Le Pacte en faveur de la haie, lancé en 2023, ambitionne notamment de planter 50.000 km de haies d'ici 2030 tout en améliorant la gestion durable des haies existantes. Par ailleurs, des dispositifs tels que le Label Haie ou les programmes territoriaux de plantation et de gestion du bocage visent à valoriser les haies comme infrastructures agroécologiques contribuant à la transition agroécologique des exploitations agricoles et à la résilience des territoires face au changement climatique.

Très étudiée à l'échelle intra-parcellaire, la haie est l'objet d'études paysagères depuis peu. Son rôle dans les dynamiques hydrologiques et la gestion de l'eau dans les agroécosystèmes est d'intérêt pour la transformation agroécologique des territoires. De façon non exhaustive, l'arbre permet à l'échelle hydrologique paysagère de (García de León & Rey Benayas, 2021 ; Sheil et Tobella, 2021) :

- L'infiltration, contrôlant la production de ruissellement de surface et la recharge du sol et des eaux souterraines. Il permet notamment un flux préférentiel dans le sol ;
- La transpiration en extrayant l'eau en profondeur pour la rejeter dans l'atmosphère sous forme de vapeur ;
- La réduction de l'évaporation du sol ;
- Un support de captage en contribuant à la capacité de rétention d'eau dans le sol ;
- Une redistribution hydraulique passive de l'eau : verticale ou horizontale ;
- La pompe biotique, où le couvert arboré attire les flux atmosphériques en favorisant la condensation pour se produire plus fréquemment ;
- Une zone tampon pour une partie des nutriments et des pesticides transportés par ruissellement.

Les haies peuvent ainsi contribuer à la régulation des cycles de l'eau à l'échelle des agroécosystèmes et peuvent contribuer à atténuer certains impacts hydrologiques de l'intensification agricole. Cependant, la capacité des haies à fournir ces services dépend fortement de leurs caractéristiques structurelles et de leur gestion : composition, hauteur, largeur, continuité, etc. La diversité structurelle des haies apparaît notamment comme un facteur déterminant pour soutenir simultanément la biodiversité et les services écosystémiques associés (Kratschmer *et al.*, 2024). Par ailleurs, plusieurs travaux montrent que la multifonctionnalité des haies est également liée au contexte paysager (Boinot *et al.*, 2023).

Pour ces raisons, les haies sont un des éléments de recherche du projet de thèse de Léna Fouque, dans lequel s'inscrit le stage. L'objectif de la thèse est la modélisation des impacts des pratiques agroécologiques sur les flux hydrologiques du bassin versant du Caussels (Albi, 81). La thèse fait partie du projet de recherche BAGHEERA financé par l'Agence de l'Eau du Bassin Adour-Garonne. Ainsi, la caractérisation de la multifonctionnalité des haies, c'est-à-dire leur capacité à fournir simultanément plusieurs fonctions écologiques et services écosystémiques, constitue un enjeu scientifique et opérationnel important pour accompagner les politiques publiques. L'outil HedgeTools s'inscrit dans cette perspective, en permettant d'évaluer différents indicateurs liés aux services écosystémiques et à la biodiversité fournis par les haies.

2 OBJECTIFS SCIENTIFIQUES ET PROGRAMME DES TRAVAUX

Le principal objectif de ce projet est de permettre un premier déploiement de l'outil HedgeTools sur le bassin versant du Caussels. Cet outil permet l'évaluation des caractéristiques des haies à large échelle *via* le calcul automatique d'un ensemble d'indicateurs. L'outil, développé par Gabriel Marquès, Guillaume Guébin, Marc Lang, Claude Monteil et David Sheeren de l'AgroToulouse (ENSAT, UMR Dynafor), s'utilise sur le Système d'Information Géographique QGIS (version 3.28).

Objectif : contribuer à l'évaluation de la multifonctionnalité des haies à partir de cet outil, afin d'identifier les caractéristiques des haies et des paysages agricoles qui favorisent la fourniture simultanée de plusieurs services écosystémiques.

Enjeu scientifique : mesurer la multifonctionnalité de l'élément de la haie. Mesurer un service écosystémique est déjà complexe ; mesurer plusieurs services simultanément l'est encore plus. Pour cette raison, HedgeTools est un outil pertinent, dont l'intérêt est de poursuivre son développement et son analyse. Il repose sur une structure de données permettant de représenter les haies selon plusieurs géométries et suivant plusieurs points de vue. Plus d'informations sont disponibles dans les rapports suivants :

- Marquès, G., Villierme, L., Boissonnat, J. B., Guébin, G., Lang, M., Monteil, C., & Sheeren, D. (2024). HedgeTools: un outil d'analyse spatiale dédié à l'évaluation de la multifonctionnalité des haies. *Mappemonde. Revue trimestrielle sur l'image géographique et les formes du territoire*, (138).
- Présentation HedgeTool au Séminaire Métaprogramme BIOSEFAIR (INRAE), 2023 <https://biosefair.hub.inrae.fr/content/download/3790/38171?version=1>

Etapes du stage :

Application de HedgeTools sur le bassin versant d'étude

1. Extraction des données : réseaux de haies ; occupation du sol ; contexte paysager
2. Création de la structure topologique des haies

3. Calcul des indicateurs

- 3.1. Indicateurs de structure : densité de haies, longueur totale, taille moyenne des segments, continuité du réseau
- 3.2. Indicateurs qui prennent en compte le voisinage des haies
- 3.3. Indicateurs paysagers : connectivité écologique, distance entre haies, proportion d'éléments semi-naturels

Les résultats de ce stage permettront de modéliser des scénarios d'implantation de haies dans le cadre de l'agroécologisation massive du bassin versant, notamment en étudiant les synergies entre différentes infrastructures et pratiques agroécologiques.

Livrables :

- Spatialisation des résultats :
 - Cartes de services écosystémiques
 - Cartes de multifonctionnalité
 - Zones prioritaires pour la restauration des haies : les secteurs où les haies jouent un rôle écologique majeur et les zones où leur restauration serait la plus efficace
- Potentiellement si le temps le permet, l'analyse de scénarios *via* la plantation de nouvelles haies et le changement de gestion de haies

Responsables : Léna Fouque (doctorante au CESBio) et Youen Grusson (Maître de conférences de l'Université Toulouse au CESBio).

Les candidatures sont à adresser à lena.fouque@utoulouse.fr et youen.grusson@utoulouse.fr, accompagnées d'un CV et d'une lettre de motivation.

3 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Boinot, S., Alignier, A., Pétilion, J., Ridel, A., & Aviron, S. (2023). Hedgerows are more multifunctional in preserved bocage landscapes. *Ecological Indicators*, 154, 110689.

Burel, F. (1996). Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical reviews in plant sciences*, 15(2), 169-190.

García de León, D., Rey Benayas, J. M., & Andivia, E. (2021). Contributions of hedgerows to people: a global meta-analysis. *Frontiers in Conservation Science*, 2, 789612.

Kratschmer, S., Hauer, J., Zaller, J. G., Dürr, A., & Weninger, T. (2024). Hedgerow structural diversity is key to promoting biodiversity and ecosystem services: A systematic review of Central European studies. *Basic and Applied Ecology*, 78, 28-38.

Montgomery, I., Caruso, T., & Reid, N. (2020). Hedgerows as ecosystems: service delivery, management, and restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), 81-102.

Sheil, D., & Tobella, A. B. (2021). Plus d'arbres pour plus d'eau dans les terres arides: mythes et opportunités. *Restauration des terres arides de*, 230.