



Université de Picardie Jules-Verne

Contrats doctoraux, campagne 2025

DESCRIPTIF DU SUJET ET ARGUMENTAIRE DES DIRECTEURS DE THESE

Nom et prénom du directeur de thèse HDR: *Dr. Jonathan Lenoir*

Adresse mail : jonathan.lenoir@u-picardie.fr

Numéro de téléphone : : 03 22 82 54 17

<https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Lenoir>

Nom et prénom du co-directeur de thèse: *Dr. Boris Brasseur*

Adresse mail : boris.brasseur@u-picardie.fr

Numéro de téléphone : 03 22 82 70 76

<https://www.researchgate.net/profile/Boris-Brasseur>

Intitulé du projet de recherche doctorale

Effet de l'ancienneté forestière sur le fonctionnement de la litière à l'interface air-sol

Résumé du sujet de thèse

Dans le cadre de l'atténuation des effets du changement climatique actuel, les forêts remplissent plusieurs services écosystémiques essentiels. L'un des premiers services réalisés est celui du stockage de carbone en surface (biomasses végétales aériennes), dans le sol (système racinaire) mais aussi à l'interface air-sol et dans la partie superficielle des sols (litière / humus forestier).

L'effet de l'épaisseur et de la structure de la litière forestière sur les processus microclimatiques dans le sol reste encore mal connu. Cette litière, qui constitue un stock transitoire de carbone, pourrait affecter le microclimat du sol et donc la biodiversité qu'il abrite ainsi que certains services écosystémiques comme la capacité de stockage de carbone et d'infiltration des eaux de surface dans les sols car la litière sus-jacente agit comme une véritable éponge protectrice de la bioporosité sous-jacente. Néanmoins, la qualité de la litière (épaisseur et structure) dépend en grande partie de l'ancienneté de l'usage forestier. Il est par conséquent primordial d'étudier celle-ci en lien avec l'ancienneté forestière.

L'objectif de cette thèse est de mesurer, sur un gradient d'afforestation, l'impact de la litière forestière sur plusieurs processus fonctionnels à l'interface air-sol : le stockage de carbone, l'infiltration des eaux de pluies et le tampon microclimatique des sols. Mieux caractériser l'hétérogénéité spatiale de l'épaisseur et de structure de la litière pourrait s'avérer déterminant pour spatialiser finement la prévision de certains services écosystémiques rendus par les sols forestiers et ainsi orienter les choix de gestion des territoires pour leur adaptation au changement climatique.

Unité de Recherche : « Ecologie et dynamique des systèmes anthropisés » (EDYSAN) UMR CNRS 7058

DESCRIPTIF DU SUJET

1) Le sujet de recherche choisi et son contexte scientifique et économique :

Dans le cadre du changement climatique actuel différents défis attendent nos sociétés dans les efforts d'adaptation et d'atténuation des impacts attendus. En France, une partie des services écosystémiques clés rendus par les espaces forestiers doit notamment permettre :

- de capturer une partie du carbone issu des émissions anthropiques nationales (20%) grâce au stockage dans les sols et la biomasse aérienne ;
- de tamponner par son microclimat les extrêmes macroclimatiques pouvant impacter la biodiversité sous-jacente ;
- de faciliter l'infiltration dans les sols des eaux pluviales alors que les projections du dernier rapport du GIEC (2023) soulignent l'augmentation à venir des épisodes pluvieux à forte intensité et des inondations qui en découle. Les événements climatiques de l'automne 2023, qui ont particulièrement touché le Pas-de-Calais, illustrent l'impact sociétal de cette problématique.

Ces objectifs se retrouvent au sein du « Programme National de la Forêt et du Bois 2016-2026 » et dans des accords internationaux tels que l'assemblée générale des Nations unies de septembre 2015. Les enjeux sont synthétisés dans des Rapports de la commission Européenne depuis plusieurs dizaines d'années (voir par exemple : AGRI-2007-G4-06 Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development).

D'un point de vue économique, une partie de ces services doit être financiarisée au travers du Label Bas Carbone « Forêts Anciennes » permettant d'accéder à des « Crédits Carbone » et des « Crédits Biodiversité ». Pour une gestion environnementale plus juste il sera donc d'autant plus important de pouvoir différencier la qualité des services rendus en fonction des forêts (ex : disposer de gradients entre forêts anciennes et forêts récentes).

Depuis 1830, la surface forestière française a doublé. L'usage forestier des sols est donc relativement jeune sur la moitié de la surface du domaine forestier national. Par ailleurs, plusieurs plans de gestion tel que le « EU Forest Strategy for 2030 », prévoient l'afforestation parmi les mesures d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. De nouveaux espaces forestiers, très jeunes, pourraient donc à l'avenir encore se développer, sans compter que la plantation de 3 milliards d'arbres est prévue en France. Pour ces forêts très jeunes (<50 ans), jeunes (<200 ans) ou anciennes, les différences de capacités d'approvisionnements en services écosystémiques ne sont pas bien caractérisées faute de connaissances précises sur l'effet de l'ancienneté des forêts sur l'épaisseur et la structure des litières forestières à l'interface air-sol et le rôle de ces dernières sur le stockage de carbone dans le sol, les capacités d'infiltration en eau des sols ou sur les processus microclimatiques associés.

Contrairement à ces différences temporelles de l'usage forestier des sols, l'effet de l'hétérogénéité spatiale du couvert végétal arboré pour un âge donné sur la qualité des litières et sur les processus microclimatiques de l'air sous-couvert est aujourd'hui bien connus.

L'afforestation des terres agricoles est responsable d'un apport massif en matière organique ([Guo et Gifford 2002](#); [Zhang et al. 2015](#)). Cette matière organique, principalement des feuilles et des brindilles, est progressivement transformée sous l'action de processus physico-chimique et par l'action de la pédofaune ([Zanella, Ponge, et Briones 2018](#)). La matière organique, plus ou moins dégradée, va pouvoir être malaxée avec le sol minéral et incorporée dans les horizons plus profonds par la faune du sol ([Lavelle 1997](#); [Lorenz et Lal 2005](#)). Cette bioturbation est contrôlée par les propriétés physico-chimiques des sols. Ainsi, en environnement acide, la bioturbation est quasiment absente, menant à une séquestration du carbone en surface ([Graefe et Beylich 2003](#)). Malgré un transport mécanique du carbone depuis la surface vers la profondeur, nombreux sont les auteurs qui démontrent un stockage superficiel du carbone. Ainsi, [Deng et al. \(2013\)](#), [Ashwood et al. \(2019\)](#) et [Yesilonis et al. \(2016\)](#) démontrent, dans leurs études par chronoséquence, une augmentation significative des quantités de carbone uniquement dans les horizons de surface. Dans l'étude d'une chronoséquence d'afforestation de long terme ([Brasseur et al., 2018](#)) nous avons également pu démontrer l'augmentation de l'épaisseur et une complexification de la structure de la litière (horizon holorganique). Au-delà de l'âge d'afforestation, l'âge du peuplement forestier est également un paramètre qui sera corrélé positivement avec l'épaisseur de l'horizon holorganique ([Aubert et al., 2018](#)).

Par ailleurs, il a été démontré que l'afforestation est responsable d'une diminution de la densité apparente des sols ([Deng et al. 2016](#); [Li et Shao 2006](#)) et d'une augmentation de leur porosité et de leur teneur en eau ([Ashwood et al. 2019](#); [Deng et al. 2016](#)). Dans le paysage, les sols afforestés ont de meilleures rétention d'eau, capacités d'infiltration et ont une humidité édaphique réduite avant les événements pluvieux ([Naef et al., 2002](#); [Wahren et al., 2009](#)). Mais le plus grand potentiel de la rétention-infiltration des eaux réside dans la somme des effets (infiltration, humidité du sol avant l'événement, stockage du sol, rugosité de la surface, réduction du risque d'érosion, etc.). Ces effets dépendront de la texture du sol, des réseaux de biogaleries (galeries de lombriciens et racinaires ; [Le Mer, 2021](#)), du volume total des pores, de l'épaisseur de la litière forestière, de la quantité de matière organique du sol et de l'interception par la végétation en surface. L'influence de ces changements sur les calculs de ruissellement pluvial sur un site d'essai a été analysée. D'après [Wahren et al.](#)

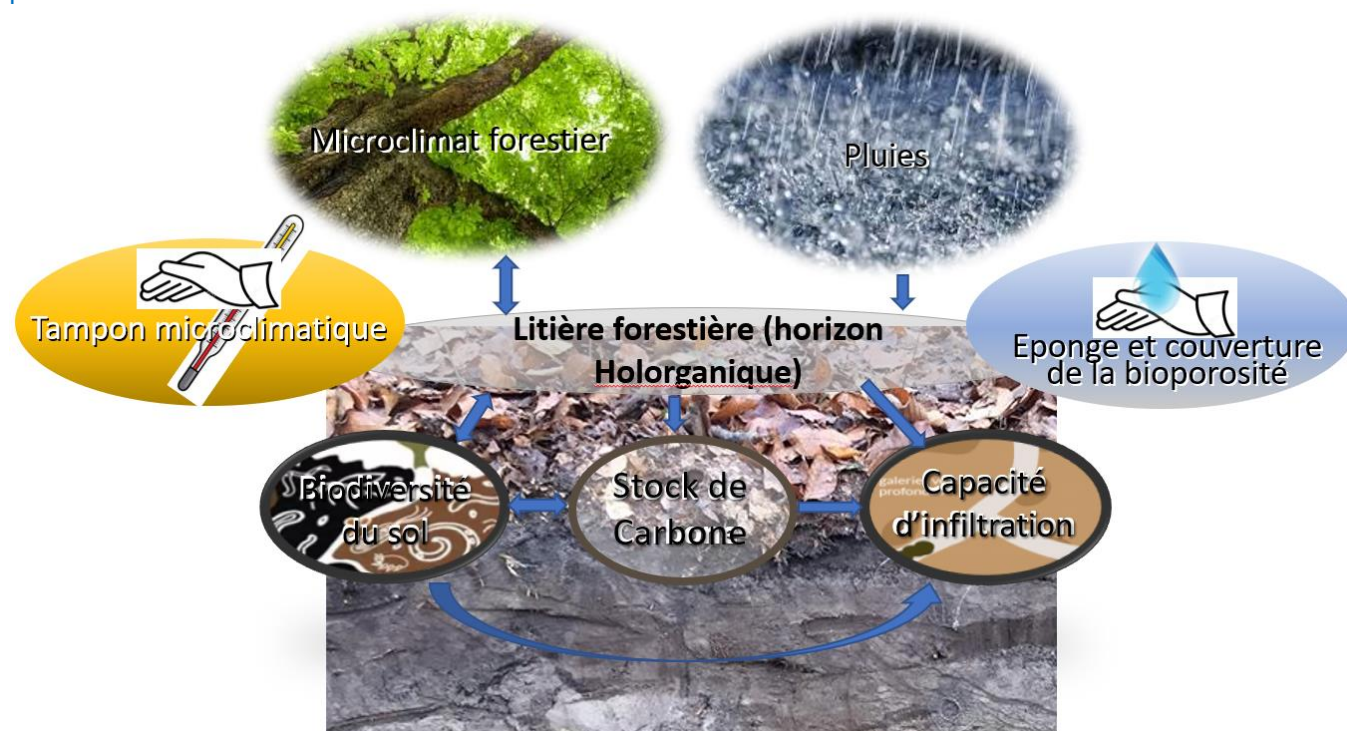
(2009), les couches supérieures du sol montrent une nette augmentation de la conductivité de l'eau et de la proportion des pores grossiers à moyens. Le boisement (afforestation) de terre agricole entraîne donc une augmentation des capacités d'infiltration et du potentiel de rétention en eau des sols. Cependant les chronoséquences d'afforestation explorées ne dépassent pas les 50 ans (Warren, 2009 ; Farley, 2005) et s'intéressent peu au paramètre central qu'est la litière.

Au-delà de son rôle de protection des biogaleries du sol, la litière a un impact important sur la biodiversité édaphique (la réciproque est aussi vraie). De nombreuses publications traitent du lien entre litière forestière et macrofaune du sol. Sayer et al (2006) indiquent dans leur synthèse bibliographique sur le sujet que la litière est importante pour le maintien des populations d'animaux dans le sol. En plus d'être une source de nourriture (Judas, 1990 ; Poser, 1990 ; David et al., 1991 ; Arpin et al., 1995 ; Gonzalez & Zou, 1999), la couche de litière aide à maintenir un microclimat stable et favorable à la surface du sol (Pearse, 1943 ; David et al, 1991 ; Arpin et al., 1995) et sa structure tridimensionnelle fournit des habitats (Pearse, 1943 ; David et al., 1991 ; Ponge et al., 1993 ; Arpin et al., 1995) et une protection contre les prédateurs (Pearse, 1943). De plus, la matière organique incorporée dans le sol le rend plus favorable à la faune du sol en augmentant la porosité et donc l'aération (Pearse, 1943). Bien que la qualité de la litière soit souvent un déterminant fort des communautés de la faune du sol (Wardle, 2002), les changements quantitatifs de la couche de litière affectent également la dynamique des populations et la structure des communautés des animaux du sol qui, à leur tour, affectent la dégradation de la matière organique et son incorporation dans le sol.

Enfin cette litière, à la charnière de plusieurs services écosystémiques, va dépendre du climat et à plus petite échelle spatiale (échelle régionale) du microclimat. Le microclimat et la qualité de la litière affectent tous deux les taux de dégradation de la lignocellulose et les activités enzymatiques ligno-cellulolytiques (Chen et al., 2018) ; toutefois, les facteurs microclimatiques ont les effets les plus importants. Il est intéressant de noter que les cycles de gel-dégel et l'humidité sont les facteurs prédominants pour expliquer les variations du taux de décomposition et des activités enzymatiques. Suivant Chen et al. (2018) la décomposition de la litière et les activités enzymatiques devraient faire l'objet de plus d'attention dans le cadre du changement climatique global, car la direction et l'ampleur des changements des paramètres microclimatiques et la qualité de la litière pourraient fortement influencer le cycle des nutriments et les flux d'énergie des écosystèmes forestiers. Concernant le microclimat du sol, l'épaisseur de la litière peut réduire les effets des extrêmes de température du sol et modérer les valeurs de température minimale et maximale (Fekete et al., 2016). Ces différences dans le microclimat du sol peuvent avoir un effet très significatif, mais non reconnu, sur le bilan de carbone du sol par le biais des effets sur le traitement microbien de la litière et de la matière organique du sol.

Par conséquent, la litière forestière est une variable environnementale importante à contrôler pour expliquer les cycles de température du sol mais aussi certains extrêmes de température. Pour la faune du sol, c'est une source de nourriture pour les détritivores et un abri microclimatiquement tamponné, ce qui aura un impact sur les communautés d'organismes du sol, depuis la macrofaune jusqu'à la microfaune. Enfin c'est aussi un paramètre relativement corrélé au stock de carbone superficiel du sol.

La litière joue donc trois rôles majeurs dans les écosystèmes forestiers : (i) un effet de surface et à faible profondeur sur les matières organiques du sol stockées (stock de C) ; (ii) une influence sur le microclimat et la conservation d'une biodiversité édaphique originale ; et enfin (iii) une protection de la bioporosité du sol favorisant l'infiltration des eaux pluviales.



Si ce paramètre central est influencé par l'âge d'afforestation, les dynamiques d'évolution à l'échelle pluri-séculaire restent à décrire. Cette évolution à long terme de la litière est susceptible d'entraîner celle de plusieurs services attendus des écosystèmes forestiers, services qu'il faudrait également suivre afin de documenter leurs évolutions synchrones de celle de la litière. Enfin l'hétérogénéité spatiale forte du microclimat forestier, lié à la structure du couvert végétal, qui est bien connue et documenté dans la littérature scientifique, aura un impact sur la diversité spatiale de la litière à l'échelle d'un massif forestier et donc sur la variation spatiale des processus microclimatiques à l'interface air-sol qui reste encore mal comprise et spatialisée.

2) L'état du sujet dans le laboratoire d'accueil.

Le sujet de recherche présenté s'inscrit complètement dans les objectifs thématiques du projet d'unité EDYSAN. Ils sont consacrés aux thèmes de l'écologie fonctionnelle des néo-écosystèmes forestiers et à l'écologie historique des forêts.

Ce projet de thèse s'appuie sur l'expérience acquise au cours de plusieurs projets de recherches menés sur le microclimat par le co-directeur HDR de la thèse et ce sur plusieurs massifs forestiers français. Il s'agit des projets ANR IMPRINT (2019-2024 ; porté par le co-directeur HDR; <https://microclimat.cnrs.fr/>) et MaCCMic (2022-2027 ; porté par Jérôme Ogée et dont le co-directeur HDR est l'un des partenaires financés ; https://ecofun.ispa.bordeaux.inrae.fr/wp-content/uploads/2022/01/MaCCMic_presentation_generale_ANR-Webex_2021-11-23.pdf). C'est dans le cadre du projet IMPRINT qu'ont été acquises 3 années de données microclimatiques et de végétation sur 60 placettes disséminées sur le massif de Mormal (Hauts-de-France).

Par-ailleurs le directeur non HDR a lui porté des projets sur les écosystèmes forestiers et les sols dont notamment le projet PEDYLUV (Financements DGF ; https://www.u-picardie.fr/edysan/wp-content/uploads/2022/06/PEDYLUV_carbone.pdf) sur l'évolution des propriétés physico-chimique des luvisols d'un gradient d'afforestation (Brasseur et al., 2018). La litière, les taux de décomposition (k), la respiration, les stocks de carbone et la faune du sol ont également été étudiés sur 96 placettes au sein de ce gradient.

Par conséquent le sujet de thèse viendra s'adosser à d'importantes bases de données microclimatique, faunistique et physico-chimique. Le futur doctorant ou la future doctorante bénéficiera de l'expérience acquise par le laboratoire sur des terrains (forêt de Mormal et parcelles du réseau PEDYLUV) ayant déjà fait l'objet de nombreuses années de recherches. Afin de financer les frais de missions et d'analyses au cours de la thèse (estimés à près de 20k€) un projet ouvert sera déposé auprès du PEPR FOREST (<https://www.pepr-forest.fr/contexte-objectifs>).

3) Les objectifs visés, les résultats escomptés.

Plusieurs objectifs sont visés pour cette étude doctorale :

- 1- Sur une chronoséquence pluri-séculaire d'afforestation, décrire les dynamiques d'évolution dans la structuration des litières et de la biodiversité édaphique.** Grâce à la chronoséquence d'afforestation sur luvisols du projet PEDYLUV nous voulons caractériser l'évolution de la litière et ses liens causaux avec les communautés de la macrofaune, de la mésofaune et les composantes microbiennes. Des tendances d'évolutions sur la chronoséquence sont déjà mises en évidence grâce aux travaux de stages de Master réalisés sur la litière, la macrofaune et la mésofaune (Allalou, 2021 ; Lessaint, 2020 ; Gay, 2020 ; Beduneau 2022 ; Mignon 2023). Cependant les biomasses microbiennes ainsi que les activités enzymatiques, notamment fongiques, restent à mesurer afin de pouvoir expliquer les évolutions observées dans les structures des litières. De même des capteurs de température devront être installés à 1m de hauteur et dans le sol. Des modèles de piste/chemin devront être développés afin de tisser les liens entre les différentes variables environnementales. Des points de bascules aboutissant à la complexification de la structure de la litière pourraient être mis en évidence (apparition OF et apparition OH avec développement d'ectomycorhyses).
- 2- Sur la chronoséquence évoquée ci-dessus, mesure de l'évolution des capacités de drainage en fonction de l'ancienneté d'afforestation et corrélation avec la structure de la litière, la bioporosité du sol et les biomasses des groupes fonctionnels de lombriciens.** Si la biodiversité et les biomasses de lombriciens sont déjà étudiés (Lesaint, 2020), toutes les mesures sur les capacités de drainage sont encore à entreprendre. Par-ailleurs la mesure de granulométrie des premiers horizons des sols de la chronoséquence est également un paramètre à collecter. Ainsi il sera possible d'observer l'évolution des capacités de drainage en fonction de l'âge d'afforestation des sols mais aussi de proposer un modèle statistique à partir des variables environnementales pour expliquer les différences observées.
- 3- Déterminer l'impact du microclimat sur la variabilité des stocks de C à la surface des sols forestiers.** Sur un vaste massif forestier (forêt de Mormal), au substrat relativement homogène (limons de plateau), le microclimat d'un ensemble de 60 stations forestières aux peuplements variés a été étudié (2020-2023). Nous voulons ici mesurer les stocks de C à la surface des sols (litière et horizons organo-minéral ; de 0 à 25cm) mais aussi le microclimat des sols sous litière non-perturbée. En résultat nous escomptons déterminer la part de variance qu'explique le microclimat sur les stocks superficiels de C.

4) Le programme de travail avec les livrables et l'échéancier prévisionnel.

Pour suivre les évolutions à long terme de la litière forestière à l'interface air-sol, nous allons utiliser un jeu de parcelles constituant une chronoséquence d'afforestation sur plusieurs siècles. Afin que les sols et le macroclimat soient relativement homogènes et comparables, nous travaillerons sur un type de sol unique à savoir les luvisols sur limons de plateau dans les Hauts-de-France. Une telle chronoséquence de 15 unités forestières a déjà été identifiée (Brasseur et al., 2018) dans le cadre du projet PEDYLUV. De plus nous disposons d'une base de données sur 96 sols de cette chronoséquence. Il s'agit de données concernant la physico-chimie des sols (pH, dosages C et N, densité volumique, teneur en eau, masses de litières, respiration, *tea bag index* de dégradation), les peuplements d'arbres (inventaires espèces, surface terrière, âge du peuplement), l'inventaire de la pédofaune ciblé sur les décomposeurs (espèces et biomasses de lombriciens et d'isopodes, groupes taxonomiques de la macrofaune et de la mésofaune).

Dans ce contexte de solides connaissances de terrain pré-établies, la priorité sera d'installer un réseau de capteurs de température (type HOBO) de l'air (1m de hauteur) et du sol (5cm de profondeur). Ces capteurs sol devront être installés systématiquement à 5cm de profondeur au sein de l'horizon A sous la litière et cela en perturbant *a minima* cette litière, préalablement décrite. Afin d'étudier un cycle annuel complet et représentatif une à deux années de récoltes de données seront nécessaires avant d'étudier ces données. D'autre part mesurer les activités enzymatiques associées aux biomasses fongiques et bactériennes doit permettre de mesurer l'impact de la composante microbienne. Pour cela les acides gras phospholipidiques discriminant seront mesurés par GC-MS. Enfin la mesure de la capacité d'absorption-infiltration de sols sera également réalisée sur sol humide et sur sol sec.

Toujours en contexte de sols sur limons de plateaux sur la région Hauts-de-France un vaste massif forestier doit être ciblé afin d'explorer l'impact de l'hétérogénéité microclimatique sur les stocks de C superficiels dont la litière. Le massif de la forêt de Mormal a déjà fait l'objet d'investigations sur 60 placettes d'étude concernant le microclimat et la structure du peuplement forestier présent dans le cadre du projet ANR Imprint. La biomasse de litière devra par ailleurs être pesée. Afin de tester l'impact de cette hétérogénéité microclimatique sur le stockage du carbone, la densité volumique mais aussi les teneurs en eau, en carbone et en azote devront aussi être mesurés sur la litière (prélèvement 0,2 m²) et l'horizon organo-minéral (à 5cm et 25 cm de profondeur).

Une fois les données complémentaires acquises, la seconde moitié du projet va être consacrée à la construction de modèles permettant de décrire les relations entre les variables de nos systèmes et tester nos hypothèses. Les premiers jeux de données disponibles devraient concerner les stocks de carbone des sols du massif de Mormal. Les derniers livrables, devraient être les résultats d'une à deux années de relevés de température air et sol sur la chronoséquence d'afforestation. Par-conséquent l'objectif n°1 pourrait être le dernier livrable du projet.

5) Conditions de recrutement

Après sélection des dossiers par les directeurs, la/le candidat(e) sélectionné(e) devra défendre le sujet et son dossier/profil scientifique en Juin 2025 devant un jury de l'Ecole doctorale STS de l'UPJV.

Contrat/Allocation de thèse à Durée Déterminée auprès de l'UPJV et de la région HdF de 36 mois à partir de septembre/octobre 2025. L'ADEME est également susceptible de contribuer au financement du projet de thèse (suivant résultat d'AAP).

6) Durée du contrat /Rémunération

Montant standard des contrats doctoraux du ministère (2025 : 2 200 euros brut, +100€ brut en année n+1).

<https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/le-financement-doctoral-46472>

+ Possibilité de réaliser des heures d'enseignement rémunérées auprès des promotions d'étudiant de l'UFR Sciences de l'UPJV.

7) Comité de thèse

Un comité de thèse sera constitué pour assurer le suivi et les orientations du travail effectué. Ce comité sera composé à minima, des représentants de l'équipe d'encadrement scientifique de la thèse mentionnée et de 2 chercheurs extérieurs à l'établissement et compétent dans le domaine précis de ce sujet de doctorat.

8) Profil du candidat recherché

Formation scientifique niveau Master 2 ou diplôme d'ingénieur en (au choix) :

- Géosciences de l'environnement,
- Sciences de l'eau/des sols,
- Science de l'Environnement, biogéochimie.

Une expérience préalable sur les environnements forestiers, le microclimat, les sols, le stockage du carbone, constituera un avantage. Une expertise dans les domaines et méthodes analytiques listées dans les parties 3 et 4 sera aussi très appréciée.

Les qualités suivantes seront particulièrement importantes au succès de ce projet doctoral :

- Autonomie et capacités organisationnelles (collecte et recherche de données, mise en place des campagnes de terrain),
- Aptitude à maîtriser une approche pluridisciplinaire et à collaborer en équipe,
- Motivation & détermination pour le travail de terrain (forages et carottages) et les analyses en laboratoire,
- Compétences dans le traitement statistique des données et notamment à l'aide du logiciel R ,
- Capacités rédactionnelles (français et anglais) et aptitude à la structuration de documents.

Enfin le candidat aura besoin de se déplacer dans la région, le permis B sera donc nécessaire. Les qualités et motivations du candidat ou de la candidate seront notamment évaluées lors du processus de sélection qui sera organisé par l'ED de l'UPJV à Amiens en juin 2025 (seuls les meilleurs dossiers seront auditionnés).

9) Dossier de candidature, entretiens/oraux

Le dossier de candidature auprès des futurs directeurs de thèse sera composé de :

- 1) CV détaillé,
- 2) Relevés de notes de la Licence, du Master (ou diplôme équivalent). Inclure obligatoirement les rangs de classement et effectif de la promotion.
- 3) Lettre de motivation.
- 4) De préférence une ou deux lettres de recommandation.

Il sera envoyé par mail au format PDF à l'équipe d'encadrement **au plus tard le 14/03/2025 à 14h (examen au fil de l'eau donc envoyez-le dès que possible) aux adresses suivantes : jonathan.lenoir@u-picardie.fr et boris.brasseur@u-picardie.fr**

Un entretien oral (présentiel ou visioconférence) pourra être réalisé sur sollicitation des futurs encadrants entre le 17 et le 21 mars 2025.

Pour le(s) dossier/candidat(e) retenu par les encadrants, un oral de sélection (par visioconférence) devant l'Ecole Doctorale devrait avoir lieu en juin 2025.