

# OFFRE DE THÈSE ÉCOLE DOCTORALE « Écologie, Géosciences, Agronomie, Alimentation »

NUMERO DE SUJET (rempli par l'ED EGAAL) :

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

**Evaluation environnementale et mécanismes d'émissions par les sols d'aérosols biogéniques microbiens. Enjeux pour la qualité de l'air.**

**Champ Disciplinaire :** Ecologie et sciences de l'environnement

**Mots-clés :** interface sol-air, flux biologiques, microorganismes, usages des sols

**Établissement(s) d'inscription :** UNIVERSITE de RENNES 1, Ecole doctorale EGAAL

**Unités/équipes encadrantes :** UMR CNRS 6553, ECOBIO, Equipe RITME (Réseaux d'Interactions et Transferts de Matière dans les Écosystèmes) & UMR CNRS 6251, IPR, Département de Physique Moléculaire

**Directeurs de thèse:** BINET Françoise (DR CNRS, ECOBIO) & LE GARREC Jean-Luc (MCF HDR, IPR) ; **Encadrants :** Cécile MONARD (CR CNRS, ECOBIO)

Contact : [francoise.binet@univ-rennes1.fr](mailto:francoise.binet@univ-rennes1.fr), [jean-luc.le-garrec@univ-rennes1.fr](mailto:jean-luc.le-garrec@univ-rennes1.fr),  
[cecile.monard@univ-rennes1.fr](mailto:cecile.monard@univ-rennes1.fr)

## DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

### Contexte socio-économique et problématique scientifique

Le projet aborde une problématique d'actualité puisque la France a été récemment condamnée (2017) par le Conseil d'Etat pour dépassement des seuils réglementaires en matière de pollution par l'ozone et les particules fines dans l'air. Ces aérosols particuliers dans l'air sont très nocifs, leurs effets sur la santé incluent les maladies respiratoires et cardiovasculaires ainsi que le cancer du poumon. (Rapport OMS, Janvier 2013). Les directives européennes de qualité de l'air ont fixé des niveaux maximum de particules admissibles dans l'air ambiant (directive 1999/30/CE PM10 et directive 2008/50/CE PM 2.5). Toutefois, ces niveaux sont bien souvent dépassés, et la question de savoir si les sols sont des sources d'aérosols biologiques importantes jusqu'alors sous-estimées et non prises en compte dans l'explication des pics de pollution et dans les modèles de prédiction de la qualité de l'air est posée.

Jusqu'à très récemment, les couverts végétaux (e.g., canopée des forêts, landes) étaient identifiés comme les sources principales de COVs d'origine biogénique émis vers l'atmosphère. Or ce paradigme a été remis en cause. En effet, les sols *per se* seraient aussi émetteurs de COVs, libérés lors du processus microbiologique de décomposition des matières organiques qu'ils contiennent ou qu'ils reçoivent (litières naturelles, déchets, effluents résiduels) (Gray et al., 2010), suggérant une probable surestimation des flux émis par les plantes par rapport aux sols en regard du Carbone qu'ils stockent (Bachy et al., 2016). Nous venons de confirmer que les sols agricoles sont des sources non négligeables de COVs biogéniques (Potard et al., *Agr.Ecosys.Env.*, 2017), qui plus est, que la signature spectrale des flux de COVs émis par ces sols permettait de différencier les pratiques d'amendements auxquelles ils étaient soumis. Or les COVs sont des gaz rares très réactifs, précurseurs de la double formation d'ozone (O<sub>3</sub>) et d'aérosols organiques secondaires (AOS), qui sont aussi deux polluants atmosphériques responsables de la dégradation de la qualité de l'air et dont les pics d'émission aux côtés des particules fines causent des problèmes de santé publique (irritation, asthme) et impactent la productivité des agrosystèmes (oxydation).

S'agissant des aérosols particuliers biologiques, les sols sont désormais aussi suspectés d'être des sources importantes d'aérosols microbiens vers l'atmosphère. Les études ont de prime à bord porté sur le dénombrement de grains de pollen, de spores de champignons voire d'acariens allergènes, mais encore peu sur l'identification des organismes de taille micro et nanométrique (bactéries, archées, virus) (Supplies et Kerr, 2000). Bien qu'omniprésentes dans l'air avec des concentrations variant entre 10<sup>4</sup> à 10<sup>8</sup> cellules par m<sup>3</sup> d'air (Fabian et coll., 2005; Albrecht et coll., 2007; Bowers et coll., 2009), les bactéries sont très rarement identifiées. Il est prédit aussi que les microorganismes atmosphériques, du fait même de leur faible taille, pourraient constituer une fraction importante des aérosols de moins de 2,5 µm de diamètre (PM 2,5), qui sont l'objet des efforts de surveillance et d'assainissement de la qualité de l'air (Boreson et coll., 2004; Menetrez et coll., 2007) du fait de leur fort impact délétère sur la santé humaine. Les microorganismes du sol seraient ainsi directement impliqués dans la qualité de l'air car sujet à l'aérosolisation, au gré des pratiques de gestion et des conditions météorologiques prévalant. Or l'aérosolisation (de pathogènes du sol par exemple) est d'intérêt nouveau mis en exergue par les changements climatiques. Malgré leur présence ubiquiste dans l'air, les inventaires d'aérosols biologiques sont fragmentaires, de surcroît les déterminismes d'aérosolisation de microorganismes sont incompris. La littérature ne fait état d'aucune connaissance quant à une possible coémission microorganismes - COVs par les sols, co-agissant sur la qualité de l'air en régulant le devenir des COVs et des AOS, ni quant à leur contribution à la fraction des particules fines (PM 2.5) les plus nocives. Or cette compréhension est nécessaire pour identifier des leviers d'action, de prédiction ou de remédiation de la qualité de l'air. Il s'agit là d'un aspect complètement novateur du projet de thèse qui sera appréhendé par une démarche interdisciplinaire à l'interface de la physique, de la microbiologie et de l'écologie des flux.

## Objectifs et questions scientifiques

Le présent projet adresse de fait une problématique environnementale de portée européenne relative à la dégradation de la qualité de l'air en abordant à la fois les aérosols microbiens (particules fines biologiques) et les COVs (gaz rares précurseur d'ozone et d'AOS) émis par les microorganismes du sol.

Le projet de recherche s'intéressera à la fois à évaluer *in natura* les émissions d'aérosols biologiques par les sols et à en comprendre les processus d'émissions à l'interface sol-atmosphère. Il s'articule autour de deux axes de recherche qui seront mis en œuvre dans une gamme de situations d'écosystèmes contrastés en termes d'usages et d'occupation (écosystèmes semi-naturels, agrosystèmes, écosystèmes périurbains et urbains), susceptibles aussi de représenter diverses situations d'exposition pour l'homme.

Le premier axe cherchera via l'observation *in natura* à lever un premier verrou qui est le manque de connaissances et d'inventaires des émissions d'aérosols biogéniques par les sols selon leurs usages et degré d'artificialisation. Ce volet contribuera à standardiser la métrologie des émissions, à améliorer les inventaires d'émissions et débouchera sur le développement de modèles et de références d'émissions représentatifs des contextes d'occupation des sols étudiés en région tempérée atlantique de l'Ouest de la France. Le second axe cherchera, à partir d'approches expérimentales permettant la manipulation soit du sol soit des communautés microbiennes du sol, à comprendre les mécanismes d'émissions. On s'intéressera à identifier les déterminants environnementaux, qu'ils soient physique ou biologiques, impliqués dans l'aérosolisation et la régulation des flux d'aérosols.

Dans sa globalité, en contribuant à la surveillance environnementale et en cherchant à expliciter les mécanismes de coémissions, il contribuera à répondre à deux priorités affichées par l'ADEME relatives à la « Ville et les territoires durables » et à l'évaluation des « pollutions extérieures ».

## Approches méthodologique et technique envisagées

Ce projet de thèse s'inscrit fondamentalement dans un cadre interdisciplinaire, mobilisant des compétences de la physique moléculaire, de la microbiologie, de l'écologie des flux et de l'agronomie.

Le projet intégrera à la fois du monitoring de gaz sur le terrain, de l'expérimentation par traçage isotopique sur des systèmes sol manipulés et des analyses chimiques et génomiques à l'échelle moléculaire sur des échantillons de sol. Les observations de terrain bénéficieront des dispositifs labellisés Allenvi gérés par l'INRA (SOERE-PRO EFELE) et le CNRS (Zone-Atelier Armorique et réseau national des ZA). Le projet bénéficiera de l'accès à l'ensemble des plateformes analytiques de l'OSUR (Pôle gaz, écologie expérimentale, écologie moléculaire, analyses chimiques, services informatiques et traitements des données). La quantification des aérosols microbiens et des COVs émis se fera à partir de techniques d'échantillonnage dédiées (impacteurs) et de techniques analytiques chromatographiques qui seront complétées par de la spectrométrie de masse à transfert de proton ainsi qu'à de la spectroscopie EA-IR. La biodiversité microbienne des sols impliquée dans ces coémissions sera analysée à l'aide des outils moléculaires de la génomique environnementale et, l'isotopie stable du C ( $^{13}\text{C}$ ) sera utilisée aussi pour tracer les flux émis du sol vers l'air et identifier les acteurs microbiens de ces flux (extraction ARN/ADN, RT-qPCR, séquençage illumina, Stable Isotope Probing basé sur l'ARN (SIP13ARN)).

### Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

Le/la candidat(e) devra être titulaire d'un master 2 recherche (au 30 Juin 2018) en écologie ou en sciences de l'environnement et agronomiques pour pouvoir s'inscrire à l'école doctorale EGAAL de l'université de Rennes1 et devra être identifiée auprès de l'ADEME (site [theseademe.net](http://theseademe.net)).

La personne devra avoir une formation en sciences de l'environnement et d'écologie fonctionnelle (écologie des flux). Elle devra faire preuve de compétences générales en sciences du sol (physico-chimie) et être sensibilisée à l'écologie et la microbiologie du sol. Des connaissances, soit des méthodes d'analyse spectroscopique et chromatographique (GC-MS, Spectrométrie de masse et spectroscopie infrarouge) en phase gazeuse, soit de génomique environnementale, seront appréciées.

Le projet requiert un goût prononcé pour l'observation *in natura* et la collecte de jeu de données en masse. Aussi, des connaissances en modélisation ou un intérêt pour le traitement de jeu de données massives serait un atout.

Enfin, seront aussi recherchées des qualités comme l'autonomie à développer un projet, des capacités de travail en équipe et des capacités de communication écrites et orales en anglais.