

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

d'Ile de France N° 129 (SEIF)

Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2021

Nom du Laboratoire d'accueil : LISA

N° UMR : 7583

Nom du Directeur du laboratoire : Patrice Coll

Adresse complète du laboratoire : Faculté des sciences et technologie – UPEC – 61 avenue du Général de Gaulle – 94000 Créteil

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire : Modélisation

Nom du Directeur de thèse **HDR** : Gaëlle Dufour Nom du Co-Directeur de thèse **HDR** :

Téléphone : 0145176546

Téléphone :

Mail : gaelle.dufour@lisa.ipsl.fr

Mail :

- **Titre de la thèse en Français** : Empreinte environnementale de l'agriculture : surveillance de son impact sur la qualité de l'air depuis l'espace
- **Titre de la thèse en Anglais** : Environmental footprint of agriculture : monitoring its impact on air quality from space

• **Résumé Sujet en Français (2 pages maximum) :**

Depuis plusieurs décennies, les activités agricoles sont mises en cause pour leurs contributions à la pollution des eaux (engrais, pesticides) et au changement climatique (émissions de protoxyde d'azote). En revanche, la prise en compte de leur impact sur la pollution atmosphérique est, elle, plus récente et fait suite, en France notamment, à plusieurs épisodes printaniers de pollution particulaire dans lesquels les épandages d'engrais ont été incriminés (e.g. Mars 2014). En effet, l'ammoniac dont la principale source est l'agriculture (fertilisation, bétail) est un précurseur de l'aérosol inorganique secondaire et contribue ainsi à la formation de particules secondaires de petites tailles (PM_{2.5}) impliquées dans les épisodes printaniers. A ce jour, les émissions d'ammoniac restent très incertaines (100-300% d'incertitudes) et parmi les moins réglementées des émissions anthropiques. Leur suivi et la représentation de leur variabilité spatiale et temporelle dans les modèles de prévision de la qualité de l'air sont difficiles, notamment pour la contribution de la fertilisation des sols, car elle est ponctuelle et très dépendante de l'ensemble des conditions agropédologiques qui définissent les périodes les plus favorables à l'épandage d'engrais. Peu d'observations de surface sont en général disponibles pour contraindre notre connaissance de ces émissions. Depuis quelques années, deux instruments satellitaires, l'instrument européen IASI et l'instrument américain CrIS, permettent de mesurer les colonnes atmosphériques d'ammoniac ouvrant ainsi le potentiel à une surveillance des émissions d'ammoniac à haute résolution spatiale et temporelle.

Dans le cadre du programme Agriculture et Qualité de l'air de l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME), le projet Amp'Air a permis de développer (i) des approches d'inversion atmosphérique utilisant les observations satellitaires comme contrainte des émissions d'ammoniac, (ii) un inventaire d'émissions, CADASTRE-NH₃, basé sur le modèle mécanistique VOLTAIR incluant les pratiques culturales à l'échelle de la France, (iii) des campagnes de mesures intensives dans le nord-est de la France où les plus fortes émissions dues à l'épandage sont recensées, (iv) le cadre pour intégrer et tester ses différentes approches dans le système national de prévision de la qualité de l'air PREVAIR. Les travaux de thèse s'appuieront sur les travaux et collaborations développés dans le cadre de ce projet pour étudier l'impact des émissions agricoles sur la qualité de l'air en France et en Europe au cours de la dernière décennie. Des approches d'inversion atmosphérique plus ou moins sophistiquées, basées sur le modèle de chimie-transport CHIMERE, son adjoint et les observations satellitaires d'ammoniac de IASI

et CrIS seront utilisées pour réduire les incertitudes des émissions d'ammoniac dans les inventaires et améliorer la représentation de leur variabilité spatio-temporelle. Une part importante du travail consistera à coupler l'inventaire CADASTRE-NH₃ aux approches d'inversion atmosphérique et de développer les méthodes nécessaires pour contraindre indépendamment la contribution de la fertilisation de celle du bétail avec les données satellitaires. L'impact d'une meilleure représentation des émissions d'ammoniac dans les modèles de qualité de l'air sera évalué à l'aide du modèle CHIMERE et des observations de surface disponibles. Le travail pourra être étendu à la Chine où les émissions de polluants (hors ammoniac) ont été largement régulés ces dernières années, changeant l'équilibre entre l'ammoniac dans sa forme gazeuse et particulaire.

• **Résumé Sujet en Anglais (2 pages maximum) :**

For several decades, agricultural activities have been questioned for their contributions to water pollution (fertilizers, pesticides) and to climate change (nitrous oxide emissions). Studying their impact on air pollution is more recent and has been intensified in France after several spring episodes of particulate pollution in which the spreading of fertilizers has been implicated (eg March 2014). In fact, ammonia, the main source of which is agriculture (fertilization, livestock), is a precursor of secondary inorganic aerosol and thus contributes to the formation of small secondary particles (PM_{2.5}) involved in the spring episodes. To date, ammonia emissions remain very uncertain (100-300% uncertainty) and among the least regulated of the anthropogenic emissions. Their monitoring and the representation of their spatial and temporal variability in air quality forecasting models are difficult, particularly for the contribution of soil fertilization, which is sporadic by nature and very dependent on the agro-pedoclimatic conditions which define the most favorable periods for the fertilizers spreading. Few surface observations are generally available to constrain our knowledge of these emissions. In recent years, two satellite instruments, the European IASI instrument and the American CrIS instrument, have made it possible to measure atmospheric columns of ammonia, thus opening up the potential for monitoring ammonia emissions at high spatial and temporal resolution.

As part of the Agriculture and Air Quality program of the Environment and Energy Management Agency (ADEME), the Amp'Air project has developed (i) atmospheric inversion approaches using satellite observations as a constraint on ammonia emissions, (ii) an emission inventory, CADASTRE-NH₃, based on the VOLTAIR mechanistic model including farming practices at the scale of France, (iii) intensive measurement campaigns in the north-east of France where the highest emissions due to spreading are identified, (iv) framework to integrate and test its different approaches in the national air quality forecast system PREVAIR. The thesis work will build on the work and collaborations developed within this project to study the impact of agricultural emissions on air quality in France and Europe during the last decade. Atmospheric inversion approaches with different levels of complexity, based on the chemistry-transport model CHIMERE, its adjoint and the ammonia satellite observations from IASI and CrIS will be used to reduce the uncertainties of ammonia emissions in inventories and improve the representation of their spatio-temporal variability. An important part of the work will consist in coupling the CADASTRE-NH₃ inventory to atmospheric inversion approaches and developing the methods necessary to independently constrain the contribution of fertilization from space. The impact of a better representation of ammonia emissions in air quality models will be assessed using the CHIMERE model and available surface observations. The work could be extended to China, where pollutant emissions (excluding ammonia) have been largely regulated in recent years, changing the balance between ammonia in its gaseous and particulate form.

• **Type de financement autre que les contrats doctoraux de l'ED 129, préciser le pourcentage et si envisagé, demandé ou acquis (CNES, CEA, ADEME, ANR etc...) :**

• **Encadrement :**

. **Liste des doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1^{er} janvier 2021 avec le pourcentage pour chaque doctorant** (Merci d'indiquer leur Nom, Université d'inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

Dilek Savas, Université de Paris, CNES+projet ANR, décembre 2022.