

OFFRE DE THESE

Modélisation de l'impact des émissions de composés organiques volatils d'origine biogénique sur la qualité de l'air dans un contexte de changement climatique

Nos réf. : Ineris_204785_2762039

Date de publication : 25/03/2026

Lieu : Verneuil-en-Halatte (60) - Accessible en transports en commun, à 40 mn au Nord de Paris

Type de contrat : CDD

Durée : 3 ans (octobre 2026 - octobre 2029)

Directeur de Thèse : Nicolas Vuichard (LSCE/IPSL)

Encadrement de la thèse : Palmira Messina et Florian Couvidat (Ineris), Juliette Lathière (LSCE)

Contact : palmira-valentina.messina@ineris.fr pour plus d'information

Mots clés : Emissions biogéniques, qualité de l'air, changement climatique

CONTEXTE

L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du ministère de la Transition écologique. Spécialisé dans l'évaluation et la prévention des risques technologiques et environnementaux, l'Ineris est un centre d'expertise et de recherche reconnu pour son engagement en faveur de la sécurité et de la protection de l'environnement. Avec plus de 500 experts, il intervient aux niveaux national et international dans des projets scientifiques à fort enjeu sociétal. L'Ineris est un acteur de référence en France et à l'international, notamment pour sa contribution à de nombreux projets visant à améliorer la modélisation de la pollution atmosphérique et à en réduire l'impact sur la santé humaine et les écosystèmes.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE DE LA THESE

La qualité de l'air constitue une des plus importantes préoccupations environnementales du 21^e siècle. De nombreux efforts sont déployés au niveau européen dans le cadre des politiques environnementales pour réduire les émissions anthropiques à l'origine de la formation de particules fines. Pour que ces politiques soient réellement efficaces, il est essentiel de disposer d'une estimation correcte de toutes les émissions de polluants et de leurs précurseurs, ainsi que de la manière dont ils sont transformés dans l'atmosphère. L'une des plus grandes incertitudes dans l'estimation des concentrations de polluants dans l'air réside dans la quantification de la contribution des sources naturelles qui peuvent agir comme éléments précurseurs, alors que seule la fraction anthropique peut être ciblée par les mesures de gestion (Lehtipalo et al., 2017 ; Maison et al., 2024).

En particulier, les émissions de composés organiques volatils d'origine biogénique (COVB) sont très difficiles à quantifier correctement et sont également très sensibles à des variables comme la température, le rayonnement solaire et l'humidité de sols. La dépendance aux variables météorologiques suggère que les émissions de COVB pourraient augmenter significativement en raison du changement climatique (Wang H. et al., 2024 ; Wang L. et al., 2024).

Les travaux de simulation de la qualité de l'air menés à l'INERIS se basent sur l'utilisation et le développement du modèle CHIMERE (Menut et al., 2024). Il s'agit d'un modèle régional 3D calculant le transport et la transformation des polluants. Des premiers efforts d'amélioration des émissions biogéniques dans le modèle de qualité de l'air CHIMERE ont été réalisés, notamment pour calculer les émissions biogéniques selon les paramétrisations du modèle MEGAN (Guenther et al., 2012). Cependant, la dépendance à certains paramètres (comme l'humidité du sol) n'est pas encore bien représentée dans le modèle.

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans ce contexte et vise à mieux quantifier les émissions biogéniques actuelles et futures dans le modèle de qualité de l'air CHIMERE afin d'améliorer la simulation des polluants atmosphériques à l'échelle Européenne. Pour ce faire, nous allons d'abord identifier les améliorations à intégrer dans le schéma d'émissions sur la base de la littérature scientifique. Ces améliorations seront ensuite intégrées dans le modèle CHIMERE. La représentation de certaines variables dans CHIMERE (hydrodynamique du sol, phénologie de la végétation) pourra également être améliorée sur la base de résultats du modèle global de biosphère continentale ORCHIDEE. Ce modèle est notamment utilisé pour des applications climatiques (calcul de bilan d'énergies d'eau, de carbone et d'azote des écosystèmes terrestres) ainsi que pour l'étude du fonctionnement des surfaces continentales et en particulier l'impact des changements globaux sur les écosystèmes (Krinner et al., 2005 ; Messina et al., 2016 ; Vuichard et al., 2019).

Différents tests de sensibilité seront effectués pour comprendre quels sont les processus et les variables les plus déterminants et hiérarchiser leur portée. Enfin, l'estimation de l'évolution future de la qualité de l'air à l'horizon 2050 en Europe sera réalisée en prenant en compte des changements possibles des émissions de COVB.

DESCRIPTION DES TRAVAUX A MENER

L'objectif principal de la thèse est donc d'utiliser les deux outils de modélisation, CHIMERE et ORCHIDEE, afin d'identifier les variables et les processus clés pour une meilleure estimation des émissions de COVB et des concentrations des polluants atmosphériques pour l'actuel et dans le futur. La thèse s'articulera autour de trois axes principaux :

1. Identification des améliorations à intégrer dans le schéma d'émissions sur la base des publications les plus récentes et mise à jour du schéma de production de COVB dans CHIMERE.

2. Évaluation des performances de CHIMERE ainsi modifié pour l'estimation des émissions biogéniques à partir des simulations à moyenne résolution sur l'Europe et/ou à haute résolution sur la France. Comparaison avec des publications et avec les données observées in-situ et satellitaires disponibles à la fois pour les émissions biogéniques et les concentrations des polluants atmosphériques. Analyse de l'impact des émissions sur la qualité de l'air.
3. Mise à niveau du modèle CHIMERE vers une configuration opérationnelle pour des projections futures prenant en compte l'évolution des émissions de COVB en Europe à l'horizon 2050.

ENVIRONNEMENT DU TRAVAIL

Ce travail sera mené principalement à l'INERIS, dans l'équipe MOCA (Modélisation atmosphérique et cartographie environnementale). Des réunions et des visites régulières seront organisées au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) afin de mieux interagir avec l'équipe en charge du développement du modèle ORCHIDEE et de profiter de l'environnement du laboratoire, dynamique et scientifiquement stimulant.

Tout au long de sa thèse, l'étudiant·e sélectionné·e sera accompagné·e dans son travail scientifique par l'équipe d'encadrement, et se verra également attribué·e un parrain ou une marraine, contact privilégié pour des discussions plus informelles (déroulement général de la thèse, projet professionnel, aide en cas de situation difficile, etc).

PROFIL DU CANDIDAT

Cursus de Formation académique :

Master ou école d'ingénieurs en physique/chimie ou science de l'environnement et climat ou agronomie.

Compétences scientifiques et techniques :

Connaissances sur le système climatique et, en particulier, la physico-chimie et la dynamique atmosphérique ainsi que sur les rôles des échanges sol/atmosphère.

Bonnes qualités rédactionnelles et orales requise.

Connaissances en programmation et intérêt manifeste pour la modélisation numérique.

Compétences linguistiques :

Bonne connaissance de l'anglais, parlés et écrits.

Autres compétences et/ou qualités qui seraient un plus :

Capacité à travailler en équipe tout en restant autonome et en étant capable de formuler des propositions et d'apporter de nouvelles idées.

POUR CANDIDATER

Envoyer un Curriculum Vitae et une lettre de motivation à Palmira MESSINA (Palmira-valentina.MESSINA@ineris.fr), Florian Couvidat (Florian.COUIDAT@ineris.fr), Juliette Lathière (juliette.lathiere@lsce.ipsl.fr) et Nicolas Vuichard (nicolas.vuichard@lsce.ipsl.fr).

Cette offre de thèse est ouverte à tous. Nous souhaitons accueillir de nouveaux talents dans un environnement de travail inclusif et collaboratif.

RÉFÉRENCES

- Guenther, A. B., Jiang, X., Heald, C. L., Sakulyanontvittaya, T., Duhl, T., Emmons, L. K., and Wang, X.: The Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature version 2.1 (MEGAN2.1): an extended and updated framework for modeling biogenic emissions, *Geosci. Model Dev.*, 5, 1471–1492, doi:10.5194/gmd-5-1471-2012, 2012.
- Krinner, G., Viovy, N., de Noblet-Ducoudré, N., Ogée, J., Polcher, J., Friedlingstein, P., Ciais, P., Sitch, S., and Prentice, I. C.: A dynamic global vegetation model for studies of the coupled atmosphere-biosphere system, *Global Biogeochem. Cy.*, 19, 1–33, doi:10.1029/2003GB002199, 2005.
- Lehtipalo, K., Yan, C., Dada, L., Bianchi, F., Xiao, M., Wagner, R., Stolzenburg, D., Ahonen, L. R., Amorim, A., Baccarini, A., Bauer, P. S., Baumgartner, B., Bergen, A., Bernhammer, A.-K., Breitenlechner, M., Brilke, S., Buchholz, A., Mazon, S. B., Chen, D., Chen, X., Dias, A., Dommen, J., Draper, D. C., Duplissy, J., Ehn, M., Finkenzeller, H., Fischer, L., Frege, C., Fuchs, C., Garmash, O., Gordon, et al.: Multicomponent new particle formation from sulfuric acid, ammonia, and biogenic vapors, *Science Advances*, 4, eaau5363, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau5363>, 2018.
- Maison, A., Lugon, L., Park, S.-J., Baudic, A., Cantrell, C., Couvidat, F., D'Anna, B., Di Biagio, C., Gratien, A., Gros, V., Kalalian, C., Kammer, J., Michoud, V., Petit, J.-E., Shahin, M., Simon, L., Valari, M., Vigneron, J., Tuzet, A., and Sartelet, K.: Significant impact of urban tree biogenic emissions on air quality estimated by a bottom-up inventory and chemistry transport modeling, *Atmos. Chem. Phys.*, 24, 6011–6046, <https://doi.org/10.5194/acp-24-6011-2024>, 2024.
- Menut, L., Cholakian, A., Pennel, R., Siour, G., Mailler, S., Valari, M., Lugon, L., and Meurdesoif, Y.: The CHIMERE chemistry-transport model v2023r1, *Geosci. Model Dev.*, 17, 5431–5457, <https://doi.org/10.5194/gmd-17-5431-2024>, 2024.
- Messina, P., Lathière, J., Sindelarova, K., Vuichard, N., Granier, C., Ghattas, J., Cozic, A., and Hauglustaine, D. A.: Global biogenic volatile organic compound emissions in the ORCHIDEE and MEGAN models and sensitivity to key parameters, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 14169–14202, <https://doi.org/10.5194/acp-16-14169-2016>, 2016.
- Vuichard, N., Messina, P., Luyssaert, S., Guenet, B., Zaehle, S., Ghattas, J., Bastrikov, V., and Peylin, P.: Accounting for carbon and nitrogen interactions in the global terrestrial ecosystem model ORCHIDEE (trunk version, rev 4999): multi-scale evaluation of gross primary production, *Geosci. Model Dev.*, 12, 4751–4779, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-4751-2019>, 2019.
- Wang, H., Liu, X., Wu, C., and Lin, G.: Regional to global distributions, trends, and drivers of biogenic volatile organic compound emission from 2001 to 2020, *Atmos. Chem. Phys.*, 24, 3309–3328, <https://doi.org/10.5194/acp-24-3309-2024>, 2024.
- Wang, L., Lun, X., Wang, Q. et al. Biogenic volatile organic compounds emissions, atmospheric chemistry, and environmental implications: a review. *Environ Chem Lett* 22, 3033–3058. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01785-5>, 2024.