

Proposition de sujet de thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement terrestre (2018-2021)

Thématique : Bilan du CO₂ en région PACA et Méditerranée côtière ; des émissions aux écosystèmes.

Directrice de thèse : Dr Irène Xueref-Remy (HDR)

Laboratoire : Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE), OSU Pytheas – Aix-Marseille Université, Plateau d'Arbois, Aix-en-Provence.

Partenaire : Air PACA (Agence de Surveillance de la Qualité de l'Air en PACA), Marseille.

Date de démarrage : Septembre ou octobre 2018.

Contact : irene.remy-xueref@univ-amu.fr (joindre CV + lettre de motivation).

Aujourd'hui, on estime que plus de 70% des émissions de CO₂ liées à la combustion des énergies fossiles proviennent des zones urbanisées et industrialisées, qui représentent moins de 3% de la surface terrestre. Ces zones sont donc des lieux privilégiés pour agir vis-à-vis du changement climatique, en réduisant leurs émissions et/ou en augmentant le stockage de ces émissions. D'après les inventaires disponibles, la région PACA représente 10% des émissions de CO₂ fossiles nationales, avec une densité d'émissions forte dans la métropole d'Aix-Marseille. Les inventaires sont basés sur le produit de facteurs d'émissions (ex. quantité de CO₂ émise par kilomètre parcouru) et d'estimations de l'activité par secteur (ex. nombre de kilomètre parcourus par la flotte automobile sur la zone étudiée). Cependant, les incertitudes sur les émissions de CO₂ régionales sont larges et peuvent s'élever à plusieurs dizaines de pourcents selon les secteurs d'activités (Rayner et al, 2012). De plus, ces émissions, qui sont encore peu mélangées dans l'atmosphère, conduisent à des concentrations de CO₂ locales à régionales relativement élevées qui pourraient avoir des impacts sur les écosystèmes environnants (forêts, sols, cultures, zone côtière...) encore aujourd'hui inconnus. Par exemple, ces émissions induisent-elles, via leur transport dans l'atmosphère sur quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres alentour, un effet de fertilisation de la biosphère continentale de la région PACA plus important que celui induit par le changement climatique global ? Quel est l'antagonisme entre cette possible fertilisation régionale et l'atrophie à l'ozone troposphérique issu de ces zones anthropisées ? Y-a-t-il un forçage du puits de carbone sur la zone côtière via une augmentation de la pompe de solubilité et une modification de la chimie des carbonates, voire une acidification accrue de la Mer Méditerranée sur les côtes de la région PACA ? Ces impacts locaux à régionaux potentiels se rajoutent à ceux liés au changement climatique global auquel selon le GIEC (2013) la région PACA est fortement exposée, et doivent aujourd'hui être examinés avec attention. Il est donc aujourd'hui nécessaire de mieux étudier toutes les composantes du

cycle du carbone de la région PACA (anthropique, biosphérique, océanique) dans le triple objectif de :

- ✓ réduire les incertitudes sur les émissions de CO₂ régionales ;
- ✓ améliorer notre connaissance du bilan du carbone de la métropole d'Aix-Marseille et celui de la région PACA ;
- ✓ développer des études d'impacts de ces émissions régionales sur les écosystèmes terrestres et marins régionaux, dans le contexte du changement climatique global ;
- ✓ faire le lien avec les acteurs sociétaux et politiques régionaux pour leur donner des connaissances permettant de les aider à prendre des mesures de mitigation d'émissions de CO₂ régionales efficaces (bilan carbone régional, stockage par les écosystèmes environnants, Plan Climat de la métropole d'Aix-Marseille et des grandes communes de la région...).

L'approche atmosphérique, basée sur une synergie entre mesure et modélisation du CO₂ à la méso-échelle, représente une méthode de choix pour améliorer notre connaissance sur le cycle du carbone dans les régions anthropisées. Elle a été développée avec succès en France (Xueref-Remy et al, 2018 ; Ammoura et al, 2016 ; Lopez et al, 2013 ; Lac et al, 2013) pour estimer de façon indépendante les émissions de CO₂ de la région Ile-de-France (environ 13% des émissions nationales de CO₂) délivrées par l'inventaire d'AIRPARIF et qui prend en compte la forte variabilité spatio-temporelle de ces émissions. Cette approche a également montré son intérêt dans d'autres régions urbanisées et industrialisées du monde, comme celle de Los Angeles ou encore celle d'Indianapolis aux Etats-Unis (Turnbull et al, 2015). Dans le cadre du projet OT-MED AMC (2016-2019, <http://www.otmed.fr/observation-systems-and-databases/aix-marseille-carbon-pilot-study-amc>), nous développons une telle approche atmosphérique qui permettra de vérifier l'inventaire d'émissions régionales de CO₂ délivrées par l'inventaire à haute résolution spatio-temporelle d'Air PACA, partenaire socio-économique du projet. Des mesures d'isotopes du carbone associées à celles du CO₂ et à nos travaux de modélisation permettront de quantifier les contributions relatives des émissions fossiles régionales et plus lointaines vs celle des flux naturels de carbone régionaux au CO₂ observé sur plusieurs sites de la région PACA et soumis à des degrés d'anthropisation différents. Ce projet se fera en lien avec la TGIR ICOS-France (<http://www.insu.cnrs.fr/environnement/atmosphere/icos-un-futur-reseau-europeen-de-suivi-des-sources-et-puits-de-gaz-a-effet->) qui a pour mission de surveiller les gaz à effet de serre en France et de participer à la compréhension de leur bilan et de leur évolution aux échelles régionale, nationale et européenne.

Lors de cette thèse, l'étudiant(e) travaillera sur l'acquisition, le traitement, la calibration et l'analyse des mesures continues de CO₂ atmosphérique que nous développons en PACA via le financement du projet OT-MED AMC, en collaboration avec Air PACA et ICOS-France, et d'espèces (CO, isotopes du carbone) permettant de caractériser le rôle relatif des émissions de CO₂ anthropiques régionales par rapport aux flux naturels de ce composé. Les résultats obtenus seront comparés aux travaux de modélisation du CO₂ atmosphérique conduits dans le cadre du projet AMC. Ils permettront pour la première fois 1/ d'estimer de façon indépendante l'inventaire d'émissions de CO₂ régional d'Air PACA, et 2/ de faire un bilan du CO₂ autour de la métropole d'Aix-Marseille. L'exposition des écosystèmes continentaux et marins environnants aux émissions de cette zone fortement anthropisée sera caractérisée et permettra de lancer en parallèle de cette thèse des travaux sur des études d'impacts des émissions régionales sur les écosystèmes continentaux et marins avec les partenaires du projet AMC. Les progrès et résultats de cette thèse seront communiqués via le GREC-PACA, partenaire de ce projet, aux collectivités territoriales et décideurs politiques de la région PACA.

Profil recherché : étudiant(e) en cours de formation ou titulaire d'un Master 2 ayant acquis des connaissances solides en Sciences Physiques, Chimiques et/ou Environnementales.

Références bibliographiques

Ammoura, L., Xueref-Remy, I., Vogel, F., Gros, V., Baudic, A., Bonsang, B., Delmotte, M., Té, Y., and Chevallier, F. (2016) Exploiting stagnant conditions to derive robust emission ratio estimates for CO₂, CO and volatile organic compounds in Paris, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 15653-15664, doi:10.5194/acp-16-15653-2016.

GIEC = IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324, 2013.

Lac, C., R.P. Donnelly, V. Masson, S. Pal, S. Riette, S. Donier, S. Queguiner, G. Tanguy, L. Ammoura and I. Xueref-Remy (2013), CO₂ dispersion modelling over Paris region within the CO₂-MEGAPARIS project, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 4941-4961, doi:10.5194/acp-13-4941-2013.

Lopez, M., Schmidt, M., Delmotte, M., Colomb, A., Gros, V., Janssen, C., Lehman, S. J., Mondelain, D., Perrussel, O., Ramonet, M., Xueref-Remy, I. and P. Bousquet (2013), CO, NO_x and ¹³CO₂ as tracers for fossil fuel CO₂ : results from a pilot study in Paris during winter 2010, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 7343–7358, doi:10.5194/acp-13-7343-2013.

Rayner, P. J., M. R. Raupach, M. Paget, P. Peylin, and E. Koffi, A new global gridded data set of CO₂ emissions from fossil fuel combustion: Methodology and evaluation, *J. Geophys. Res.*, 115, D19306, doi:10.1029/2009JD013439, 2012.

Turnbull, J. C., et al. (2015), Toward quantification and source sector identification of fossil fuel CO₂ emissions from an urban area: Results from the INFLUX experiment, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 292–312, doi:10.1002/2014JD022555.

Xueref-Remy, I., E. Dieudonné, C. Vuillemin, M. Lopez, C. Lac, M. Schmidt, M. Delmotte, F. Chevallier, F. Ravetta, P. Ciais, F.-M. Bréon, G. Broquet, O. Perrussel, M. Ramonet, T. G. Spain and C. Ampe (2018), Diurnal, synoptic and seasonal variability of atmospheric CO₂ in the Paris megacity area, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 3335-3362, doi:10.5194/acp-18-3335-2018