

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
D'ILE DE France N° 129**

Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2020

Nom du Laboratoire d'accueil : LSCE N° UMR :8212
Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Bousquet
Adresse complète du laboratoire : CEA Saclay, Bat 714, site L'Orme des Merisiers
F-91191 Gif sur Yvette Cedex - France

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire : Equipe ICOS-RAMCES

Nom du Directeur de thèse **HDR** : Valérie Gros Nom du co-directeur de thèse **HDR** : Jean Sciare
Téléphone : 0169087967 Téléphone : + 357 22 208 675
Mail : valerie.gros@lsce.ipsl.fr Mail : j.sciare@cyi.ac.cy

OU

Nom du co-encadrant **non HDR** : Jean-Daniel Paris
Téléphone : 0169081700
Mail : jean-daniel.paris@lsce.ipsl.fr

• **Titre de la thèse en Français :**
Apport des alcanes légers pour l'estimation des sources de méthane

• **Titre de la thèse en Anglais :**
Contribution of light hydrocarbon tracers to the estimation of methane sources

• **Résumé Sujet en Français (1 page maximum) :**

Le méthane est un gaz trace et constitue un important forçage climatique. Après l'accord de Paris de 2015 et avec l'objectif de limiter l'augmentation des températures mondiales en dessous de +1,5°C, les émissions anthropiques de méthane doivent être fortement réduites, notamment dans les secteurs de l'énergie, de l'agriculture et de la gestion des déchets. Mais les sources de méthane restent trop mal connues. Par exemple, les émissions de méthane associées à la production de pétrole et de gaz aux USA semblent sous-estimées d'un facteur 2. Les approches actuelles sont limitées lorsqu'il s'agit de séparer les sources se chevauchant dans l'espace et dans le temps. Les approches par traceurs, notamment la mesure des isotopologues du méthane, se sont avérées difficiles à exploiter dans les inversions atmosphériques. Les alcanes légers tels que l'éthane (C₂H₆) sont co-émises par les activités liées aux énergies fossiles (pétrole et gaz) et constituent des traceurs prometteurs pour mieux connaître les émissions de méthane liées à ces activités. A travers une combinaison de mesures nouvelles et de modélisation, on développera la méthodologie nécessaire pour évaluer les émissions de méthane en utilisant des mesures conjointes de l'éthane. Quelques mesures avec une représentativité régionale sont disponibles sur une poignée de sites de mesure en Europe (réseaux ICOS et ACTRIS). Un aspect clé de ce travail consiste à surmonter la variabilité du rapport éthane / méthane présent dans le gaz naturel et les incertitudes qui subsistent quant aux émissions d'éthane. Butane et propane seront également étudiés pour renforcer cette analyse. On évaluera le potentiel de l'approche des traceurs de COV légers pour démêler les sources de méthane, en particulier dans le secteur pétrolier et gazier, à l'échelle régionale afin de réconcilier la tendance atmosphérique globale et les émissions de sources ponctuelles locales. Pour cela, la première partie de la thèse (qui sera réalisée en co-tutelle avec le Cyprus Institute) sera dédiée principalement à des travaux

expérimentaux pour obtenir des données innovantes de mesure de méthane-éthane dans la région du Moyen-Orient en déployant une instrumentation adaptée (préparation d'un système mobile de capteurs de haute précision incluant un analyseur Picarro G2401 pour le méthane, et GC-FID de terrain pour les hydrocarbures légers dont l'éthane). Il est prévu des mesures sur plusieurs mois dans une station de fond (type « récepteur ») à Chypre afin d'obtenir un signal représentatif à l'échelle régionale ; ainsi que des campagnes de mesures proche des sources en lien avec les exploitations de gaz et de pétrole au Moyen –Orient dans le cadre du projet H2020-EMME CARE (campagnes prévues à Abu Dhabi en 2021 et au Koweït en 2022). La seconde partie de la thèse sera dédiée à l'analyse et à la valorisation scientifique de ces résultats en utilisant diverses approches (estimation des sources régionales par approches traceurs, modèle source récepteur pour la séparation et l'identification des sources, et modélisation de chimie transport atmosphérique à l'échelle régionale).

• **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

Methane is a trace gas and an important climate forcing agent. After the Paris agreement of 2015 and with the objective of limiting global temperatures increase below +1.5°C, anthropogenic methane emissions must be significantly reduced, particularly in the energy, agriculture and waste management sectors. But the sources of methane remain poorly quantified. For example, methane emissions associated with oil and gas production in the USA seem to be underestimated by a factor of 2. Current approaches are limited when it comes to separating overlapping sources in space and time. Tracer approaches, including the measurement of methane isotopologues, have proven difficult to exploit in atmospheric inversions. Light alkanes such as ethane (C₂H₆) are co-emitted by fossil fuel activities (oil and gas) and are promising future tracers to better understand methane emissions from these activities.

Through a combination of new measurements and modelling, the methodology needed to assess methane emissions using joint ethane measurements will be developed. Some measurements with regional representativity are available at a handful of measurement sites in Europe (ICOS and ACTRIS networks). A key aspect of this work is to overcome the variability in the ethane-methane ratio in natural gas and the remaining uncertainties in ethane emissions. Butane and propane will also be studied to strengthen this analysis. The potential of the light VOC tracer approach to disentangle methane sources, particularly in the oil and gas sector, will be evaluated at the regional scale, bridging the gap between global growth rate and local point sources. For this purpose, the first part of the thesis (to be carried out in co-supervision with the Cyprus Institute) will be mainly dedicated to experimental work to obtain innovative methane-ethane measurement data in the Middle East region by deploying adapted instrumentation (preparation of a mobile system of high-precision sensors including a Picarro G2401 analyzer for methane, and field GC-FID for light hydrocarbons including ethane). Measurements over several months are planned at a background site ("receptor" type) in Cyprus in order to obtain a regionally representative signal; as well as near-source measurement campaigns in connection with oil and gas exploitation in the Middle East in the framework of the H2020-EMME CARE project (campaigns planned in Abu Dhabi in 2021 and Kuwait in 2022). The second part of the thesis will be dedicated to the analysis and scientific exploitation of these results using various approaches (estimation of regional sources by tracer approaches, source-receptor model for source separation and identification, and atmospheric transport chemistry modeling at the regional scale).

• **Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**

Cofinancement d'une demi bourse de thèse acquis par le Cyprus Institute (à travers le financement européen EMME-CARE (<https://emme-care.cyi.ac.cy>))

• **Encadrement :**

. **Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1^{er} janvier 2020**

(Nom, Université d'inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

Roland Sarda-Esteve, UVSQ (Paris-Saclay), Ingenieur CEA en poste (pas de financement
specifique these), 15/12/2020

Leila Simon, UVSQ (Paris-Saclay), financement INERIS-DIMQI2, 15/12/2022