« CARACTÉRISATION DES ÉMISSIONS DE MÉTHANE À L'ÉCHELLE LOCALE À L'AIDE D'UNE MÉTHODE D'INVERSION STATISTIQUE BASÉE SUR UN MODÈLE GAUSSIEN PARAMÉTRÉ AVEC LES DONNÉES D'UN GAZ TRACEUR » PAR SÉBASTIEN ARS

Discipline : météorologie, océanographie, physique de l'environnement / Laboratoire des Sciences du Climat et de lEnvironnement

Résumé :
L'augmentation des concentrations de méthane dans l'atmosphère depuis le début de l' ère industrielle est directement imputable aux activités anthropiques. Elle est en partie responsable de l'accentuation de l'effet de serre induisant une augmentation des températures à la surface de la Terre et d'une dégradation de la qualité de l'air. Il existe encore à l'heure actuelle de grandes incertitudes concernant les estimations des émissions des différentes sources de méthane à l'échelle locale. Une meilleure caractérisation de ces sources permettrait de mettre en place des politiques d'adaptation et d'atténuation efficaces afin de réduire ces émissions. Pour atteindre de tels objectifs,

nous avons développé une nouvelle méthode de quantification des émissions de méthane à l'échelle locale basée sur la combinaison de mesures atmosphériques mobiles et d'un modèle gaussien dans le cadre d'une inversion statistique. Ces mesures atmosphériques sont réalisées dans le cadre de la méthode traceur qui consiste à émettre à un flux connu un gaz de façon colocalisée à la source de méthane. En mesurant les concentrations en traceur et en méthane au travers du panache d'émission provenant du site, on peut donner une estimation des émissions de méthane. Cette méthode présente certaines limites lorsque le site étudié dispose de plusieurs sources ou que ces sources sont étendues. Dans ces conditions, il est difficile de placer le traceur de façon colocalisée aux sources de méthane. La combinaison avec le modèle gaussien permet de prendre en compte cette mauvaise colocalisation et de donner une estimation des différentes sources quand la méthode traceur classique ne permet de donner qu'une estimation de ses émissions totales du sites. L'inversion statistique permet quant à elle de prendre en compte les incertitudes liées au modèle et aux mesures. Le principe de l' inversion statistique paramétrées par les données du gaz traceur repose sur l'utilisation des concentrations en gaz traceur mesurées pour choisir la classe de stabilité représentant le mieux les conditions atmosphériques durant les mesures dans le modèle gaussien d'une part et d'autre part pour paramétrer l'erreur associée aux mesures et au modèle dans l'inversion statistique. Dans un premier temps, cette nouvelle méthode d' estimation des émissions de méthane a été testée grâce à des émissions contrôlées de traceur et de méthane. Les sources de traceur et de méthane ont été positionnées suivant différentes configurations afin de mieux comprendre les apports de cette méthode par rapport à la méthode traceur classique. Ces tests ont mis en évidence les avantages de l'inversion statistique paramétrée par les données du gaz traceur lorsque les sources de traceur et de méthane ne sont pas colocalisées ou en présence de plusieurs sources de méthane. J'ai ensuite appliqué cette méthode à deux sites réels connus pour leurs émissions de méthane, à savoir une exploitation agricole et une installation de distribution de gaz. Ces mesures ont permis de tester l'applicabilité et la robustesse de la méthode dans des conditions plus complexes de répartition des sources de méthane et ont montré qu'elle permettait d'obtenir des estimations des émissions totales des sites robustes et prenait en compte la localisation du traceur par rapport aux sources de méthane. L'estimation séparée des émissions des différentes sources d'un site s'est révélée fortement dépendante des conditions météorologiques durant les mesures et nous avons montré que l'analyse des corrélations sur les incertitudes a posteriori entre les différentes sources permet de diagnostiquer les sources que le système a du mal à séparer.

Abstract:

The increase of atmospheric methane concentrations since the beginning of the industrial era is directly linked to anthropogenic activities. This increase is partly responsible for the enhancement of the greenhouse effect leading to a rise of Earth's surface temperatures and a degradation of air quality. There are still considerable uncertainties regarding methane emissions estimates from many sources at local scale. A better characterization of these sources would help the implementation of effective adaptation and mitigation policies to reduce these emissions. To do so, we have developed a new method to quantify methane emissions from local sites based on the combination of mobile atmospheric measurements, a Gaussian model and a statistical inversion. These atmospheric measurements are carried out within the framework of the tracer method, which consists in emitting a gas co-located with the methane source at a known flow. An estimate of methane emissions can be given by measuring the tracer and methane concentrations through the emission plume coming from the site. This method presents some limitations especially when several sources and/or extended sources can be found on the studied site. In these conditions, the colocation of the tracer and methane sources is difficult. The Gaussian model enables to take into account this bad collocation. It also gives a separate estimate of each source of a site when the classical tracer release method only gives an estimate of its total emissions. The statistical inversion enables to take into account the uncertainties associated with the model and the measurements. The method is based on the use of the measured tracer gas concentrations to choose the stability class of the Gaussian model that best represents the atmospheric conditions during the measurements. These tracer data are also used to parameterize the error associated with the measurements and the model in the statistical inversion. We first tested this new method with controlled emissions of tracer and methane. The tracer and methane sources were positioned in different configurations in order to better understand the contributions of this method compared to the traditional tracer method. These tests have demonstrated that the statistical inversion parameterized by the tracer gas data gives better estimates of methane emissions when the tracer and methane sources are not perfectly collocated or when there are several sources of methane. In a second time, I applied this method to two sites known for their methane emissions, namely a farm and a gas distribution facility. These measurements enabled us to test the applicability and robustness of the method under more complex methane source distribution conditions and gave us better estimates of the total methane emissions of these sites that take into account the location of the tracer regarding methane sources. Separate estimates of every source within the site are highly dependent on the meteorological conditions during the measurements. The analysis of the correlations on the posterior uncertainties between the different sources gives a diagnostic of the separability of the sources. Finally I focused on methane emissions associated with the waste sector. To do so, I carried out

several measurement campaigns in landfills and wastewater treatment plants and I also used data collected on this type of sites during other projects. I selected the most suitable method to estimate methane emissions of each site and the obtained estimates for each one of these sites show the variability of methane emissions in the waste sector.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

M. Philippe BOUSQUET, Professeur, LSCE - Directeur de these
Mme Martina SCHMIDT, Professeur, Institut fuer Umweltphysik - Rapporteur
Mme Nadine LOCOGE, Professeur, Institut Mines-Telecom de Douai - Rapporteur
M. Julien MALANDAIN, Professeur, Midewa Wasserversorgungsgesellschaft in Mitteldeutschland mbH - Examinateur
M. Yelva ROUSTAN, Chargé de recherche, CEREA - Examinateur
M. Grégoire BROQUET, Chargé de recherche, LSCE - CoDirecteur de these
Mme Camille YVER KWOK, Chargé de recherche, LSCEE - CoDirecteur de these
M. Guy CERNOGORA, Professeur émérite, LATMOS - Examinateur

Contact : DSR - Service FED : theses@uvsq.fr