

Méthane dans le collimateur

LA DISTRIBUTION EN 3 DIMENSIONS DU MÉTHANE (CH₄) DANS L'ATMOSPHÈRE À PARTIR DE MESURES SATELLITAIRES

Evelyn De Wachter,
Sophie Vandebussche,
Bavo Langerock et
Stéphanie Fratta

Fin 2006, le satellite européen Metop-A a été lancé par l'ESA (Agence Spatiale Européenne) en coopération avec l'EUMETSAT (Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques). Il emporte à son bord l'instrument IASI, l'Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge, un spectro-radiomètre qui mesure le rayonnement infrarouge émis par la Terre et son atmosphère. L'analyse des spectres IASI permet d'obtenir la concentration d'une série de composants atmosphériques et d'en suivre l'évolution. Le méthane, un gaz à effet de serre, fait partie des composants que l'on peut ainsi étudier. Cette étude constitue l'un des projets scientifiques de l'Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB).

MetOp / IASI

MetOp-A est le premier d'une série de trois satellites européens, destinés à fournir des données météorologiques opérationnelles et surveiller le climat terrestre. MetOp-B a été lancé en 2012 et le lancement de MetOp-C est prévu pour 2018. Cette famille de satellites consécutifs assure la continuité des observations météorologiques et climatiques de haute qualité jusqu'au moins 2024.

IASI, l'un des 12 instruments embarqués sur le satellite, mesure des spectres infrarouge à haute résolution, avec une couverture quasi globale de la Terre deux fois par jour. Un exemple de spectre IASI est présenté sur la Figure 1. Les spectres infrarouge sont très riches en informations sur la composition chimique de l'atmosphère. L'IASB exploite les données IASI pour obtenir des données scien-

tifiques concernant les particules atmosphériques (aérosols) et un gaz à effet de serre: le méthane (CH₄).

Le méthane

Le méthane est, après le dioxyde de carbone (CO₂), le gaz à effet de serre le plus important contribuant au changement climatique engendré par les activités humaines. Malgré qu'il soit présent dans l'atmosphère en concentration jusqu'à 200 fois plus faible que le dioxyde de carbone, le méthane est un gaz à effet de serre bien plus puissant que le CO₂.

En 2015, le CH₄ atmosphérique avait augmenté de 150% par rapport à l'époque préindustrielle (en passant d'environ 722 ppb⁽¹⁾ à 1845 ± 2 ppb) du fait de l'accroissement des émissions anthropiques. Depuis les années 80 un réseau de stations de mesures surveille l'évolution du méthane dans l'atmosphère. La Figure 2 montre l'évolution de la valeur moyenne globale du méthane à partir de ces données. Après avoir atteint environ 0.7% par an au début des années 80, le taux d'accroissement annuel moyen du CH₄ atmosphérique a diminué dans les années 90 pour se stabiliser à une valeur proche de zéro entre 1999 et 2006. Depuis 2007, la teneur de l'atmosphère en méthane est à nouveau en augmentation, et depuis 2014 les chiffres approchent les scénarios de pro-

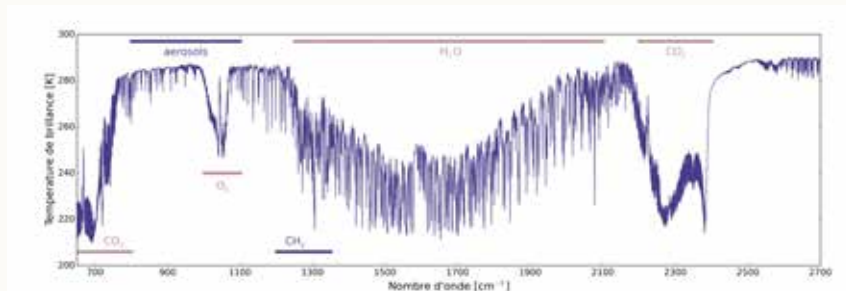


Figure 1 : Exemple de spectre mesuré par IASI, un instrument à bord du satellite MetOp-A. Les principaux constituants atmosphériques ayant une signature dans un tel spectre sont indiqués. A partir des spectres, la concentration d'une série de molécules (e.a. le dioxyde de carbone (CO₂), l'ozone (O₃), le méthane (CH₄) et la vapeur d'eau (H₂O)) et particules dans l'atmosphère peut être déterminée. A l'IASB, nous travaillons sur des produits concernant les particules atmosphériques (aérosols) et le méthane (CH₄).

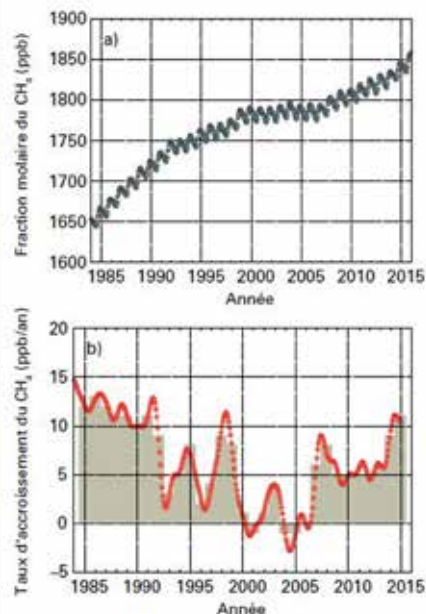


Figure 2 : Évolution de la valeur moyenne à l'échelle du globe de la fraction molaire du CH₄ en ppb (a) et de son taux d'accroissement en ppb/an (b) pendant la période comprise entre 1984 et 2015. Source: Figure 4 du Greenhouse Gas Bulletin d'octobre 2016 de l'Organisation Météorologique Mondiale (http://library.wmo.int/opac/pmb_ged/ghg-bulletin_12_fr.pdf).

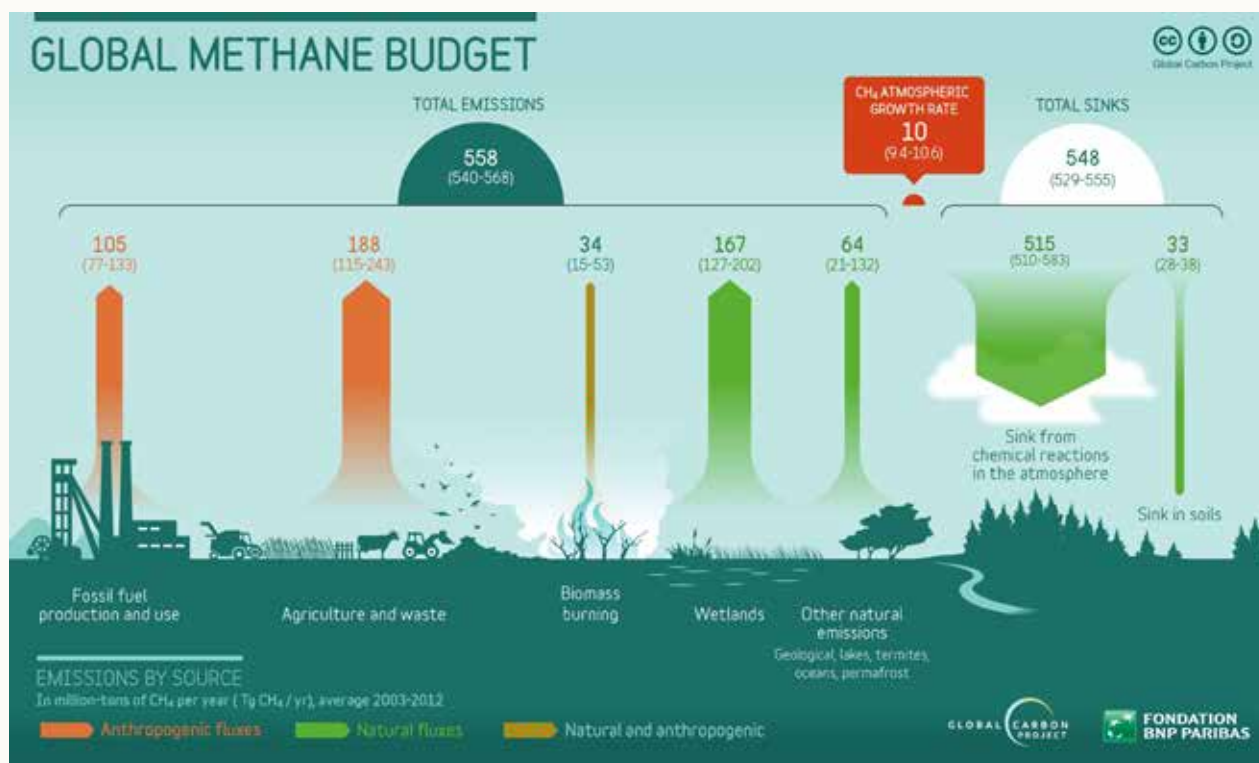


Figure 3 : Illustration des différents processus naturels et anthropiques qui contribuent au budget total de méthane. Cette figure est basée sur une analyse récente du budget du méthane total de 2003-2012 par Sauniois et al. (2016). Les valeurs sont exprimées en Tg de CH₄/an=10¹² g de CH₄/an. Par comparaison, 1 Tg de CH₄ ≈ 0.35 ppb de CH₄. © Global Carbon Project (<http://www.globalcarbonproject.org/methanebudget/>)

jection des gaz à effet de serre les plus pessimistes. La période de stabilisation entre 1999 et 2006, et puis la cause de la récente augmentation rapide ne sont pas encore bien comprises. En effet, il est très difficile de répertorier précisément les émissions de méthane, notamment parce qu'il y a encore de grandes incertitudes concernant les différents processus impliqués dans le budget total du méthane.

Le méthane, ça vient des vaches, non ?

La Figure 3 illustre les différents processus impliqués dans le budget global du méthane, liés aux émissions naturelles ou aux activités humaines. Ces résultats viennent d'un bilan complet des émissions de méthane, récemment publié par le Global Carbon Project. Il faut distinguer les sources d'origine naturelle, qui contribuent pour 40 % aux émissions de méthane et les émissions liées aux activités humaines, qui contribuent pour environ 60 % des émissions. L'agriculture et le traitement des déchets, ainsi que l'exploration et l'exploitation des énergies fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole) constituent la plupart des émissions anthropiques. Les exemples les plus importants liés à l'agriculture sont l'élevage et les rizières : le système digestif des vaches émet de grandes quantités de méthane, tout comme les sols inondés des rizières. La plupart des émissions naturelles de méthane trouvent leur origine dans les zones humides (en anglais *wetlands* - p.e. les marais, les mangroves). Il existe aussi des sources géologiques, les lacs, rivières, les termites, les mares de dégel du permafrost arctique, etc. mais beaucoup

de ces sources ne sont pas encore très bien comprises. D'autres sources de méthane comprennent la combustion de la biomasse, qui est soit d'origine naturelle, soit d'origine anthropique selon la cause de l'incendie.

Le méthane est principalement détruit par des réactions chimiques au sein de l'atmosphère, parmi lesquelles l'oxydation par le radical hydroxyle OH contribue pour à peu près 90%. En outre, le méthane est capté à la surface dans des sols bien aérés où il est oxydé par des bactéries. La durée de vie du méthane dans l'atmosphère est d'environ 10 ans. La Figure 3 montre qu'il y a encore de grosses incertitudes attribuées à chacun des différents processus du budget total de méthane.

Le méthane est un gaz intéressant en ce qui concerne l'adaptation au changement climatique et son atténuation. En effet, puisqu'il a une durée de vie relativement limitée (10 ans) et qu'il est bien plus actif que le CO₂ comme gaz à effet de serre, les mesures de réduction de ses émissions auront un impact important et rapide sur l'effet de serre de manière globale. Pour cette raison, le méthane est devenu l'un des objectifs principaux en termes de régulation des émissions de gaz à effet de serre et atténuation du changement climatique. Malheureusement, il s'agit d'une tâche particulièrement ardue puisqu'il y a encore d'importantes incertitudes concernant la contribution de chacun des processus individuels à la concentration totale en méthane dans l'atmosphère.

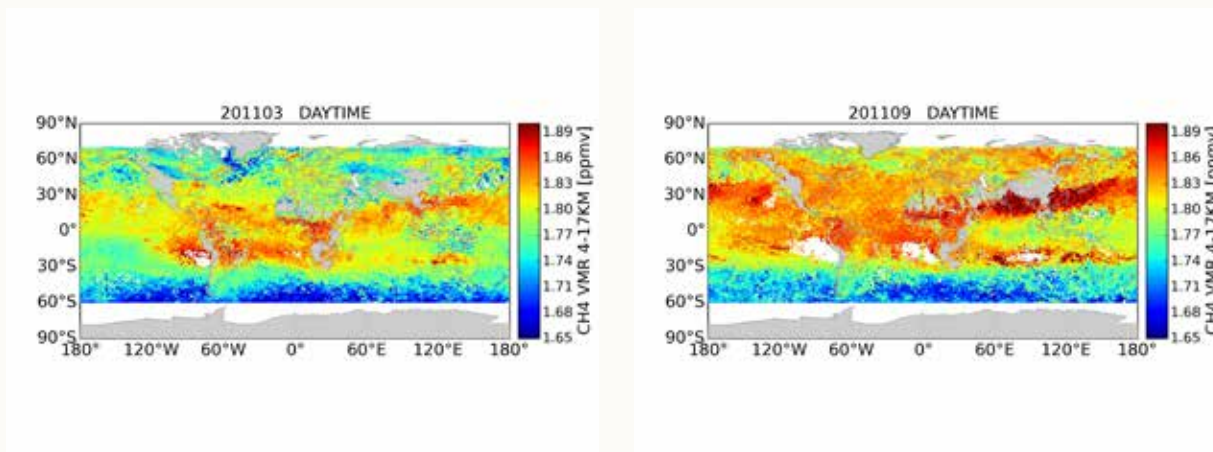


Figure 4 : Moyenne de colonnes partielles de méthane entre 4 et 17 km en mars et en septembre 2011, pour des mesures IASI (mesures de nuit exclues). Nous constatons une augmentation des concentrations de méthane en septembre sur l'hémisphère nord, probablement à cause d'une accentuation des émissions des zones humides. © IASB-BIRA

Des mesures satellitaires de méthane

L'IASB exploite les données IASI pour restituer les concentrations troposphériques de méthane et améliorer les connaissances scientifiques concernant ce gaz à effet de serre. À cet effet, une méthode optimisée et robuste d'inversion des spectres IASI a été mise au point, permettant la restitution d'information sur la répartition verticale des gaz atmosphériques. À partir de cet algorithme on peut déduire les colonnes partielles troposphériques de CH_4 . La Figure 4 illustre la moyenne de méthane en mars et en septembre 2011. Ce qui est représenté est la colonne partielle entre 4 et 17 km en ppm ($=10^3$ ppb). Nous constatons une augmentation des concentrations de méthane en septembre dans l'hémisphère nord, probablement à cause d'une accentuation des émissions des zones humides.

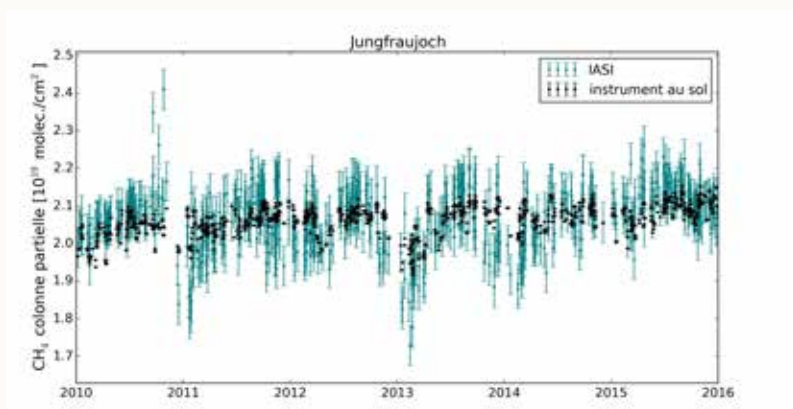


Figure 5 : Comparaison des colonnes partielles d'IASI (bleu) et de la station au sol de Jungfraujoch (noir) pour les années 2010-2015. Ce qui est représenté est la colonne partielle entre 4 et 17 km, en molécules/cm². © IASB-BIRA

Afin de déterminer la précision de ces données IASI, les colonnes partielles de méthane sont validées par comparaison avec des mesures de méthane provenant d'un réseau terrestre d'instruments infrarouges. La Figure 5 montre la comparaison entre les colonnes partielles troposphériques de méthane obtenues au départ de mesures par IASI et les mesures colocalisées d'une station d'observation de l'atmosphère à Jungfraujoch, dans les Alpes suisses. L'accord entre les deux jeux de données est très bon, les mêmes variations saisonnières sont observées avec un maximum en été. La différence moyenne entre les deux jeux de données est de 0.12%.

IASI fournit plus d'un million de spectres par jour. L'un des grands défis consiste à traiter ces nombreuses données. Premièrement les spectres comprenant la signature de la présence d'un nuage sont éliminés. Il s'agit de 30 à 60% des spectres. Pour le traitement des spectres restants nous utilisons le supercalculateur partagé entre l'IASB, l'Institut royal météorologique de Belgique et l'Observatoire royal de Belgique. Grâce à une automatisation du processus complet, nous avons obtenu une longue série temporelle extrêmement utile à l'amélioration des connaissances scientifiques à propos de ce gaz à effet de serre.

Comment continuons-nous ?

Un des objectifs principaux est de réaliser une étude à grande échelle afin d'améliorer notre compréhension du budget total du méthane. En conséquence cette année nous commençons un projet pionnier de BELSPO en collaboration avec l'Université de Liège. En comparant les données de CH_4 de l'IASB avec le modèle GEOS-Chem nous ferons le lien entre le contenu en méthane de l'atmosphère et les différents mécanismes d'émission de ce gaz. Cette méthode va permettre une meilleure compréhension des sources et puits de méthane.

Plus

<http://iasi.aeronomie.be>
<http://www.globalcarbonproject.org>

Les auteurs

Evelyn De Wachter, Sophie Vandenbussche, Bavo Langerock et Stéphanie Fratta sont des collaborateurs de l'Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB).

Dans le projet sont également impliqués leurs collègues Nicolas Kumps, Ann-Carine Vandaele et Martine De Mazière.

Notes

(1) Les concentrations des gaz en traces dans l'atmosphère sont exprimées en fraction molaire : le rapport de l'intégration de la concentration d'un gaz le long de la colonne d'air et de l'intégration de la concentration de tous les gaz réunis le long de la colonne d'air. Pour le méthane ces valeurs correspondent à des parts par milliard, ou en anglais parts per billion (ppb) = $1/10^9$.