

ICOS | Cities

© Icos Cities

Mesures par covariances turbulentes des flux de CO₂ dans la ville de Paris

Les villes sont l'une des principales sources de gaz à effet de serre, représentant plus de 70 % des émissions mondiales de CO₂. Une quantification précise de ces émissions, grâce au développement de réseaux d'observations urbains, est cruciale pour développer et évaluer l'efficacité des stratégies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation du milieu urbain au changement climatique. Dans le cadre du projet européen ICOS Cities, quatre tours à flux ont été installées dans Paris et ses alentours afin de capter la variabilité des flux de CO₂ entre la surface terrestre et l'atmosphère en fonction d'un gradient d'urbanisation. Le réseau comprend des mesures intégrant différentes échelles : des tours situées de 10 à 15 m au-dessus d'un « écosystème », comme Vincennes (forêt urbaine) ou Jussieu (centre-ville urbain) ; et des grandes tours représentatives d'une zone plus vaste et hétérogène, comme la tour de télévision de Romainville (107 m) ou la tour ICOS de Saclay (100 m). Les flux de CO₂ présentent une dynamique saisonnière qui reflète leur degrés respectifs d'urbanisation. Le site de Jussieu, dans le centre-ville, est constamment dominé par les émissions anthropiques de CO₂, avec des émissions maximales pendant les mois d'hiver (novembre-février) et de faibles absorptions pendant l'été (juillet-août) en milieu de journée. En revanche, la forêt urbaine mixte de Vincennes qui contient une proportion de conifères à feuillage persistant, a une forte signature biogénique qui se caractérise par une absorption prédominante de CO₂ depuis le début des mesures, fin mars 2024. La grande tour de Romainville montre une coexistence de flux anthropiques et biogéniques, chacun apportant ses propres variations saisonnières et journalières au flux mesuré. Notre objectif vise à développer une méthode pour séparer ces flux anthropogéniques et biogéniques.

CONTEXTE ET ENJEUX

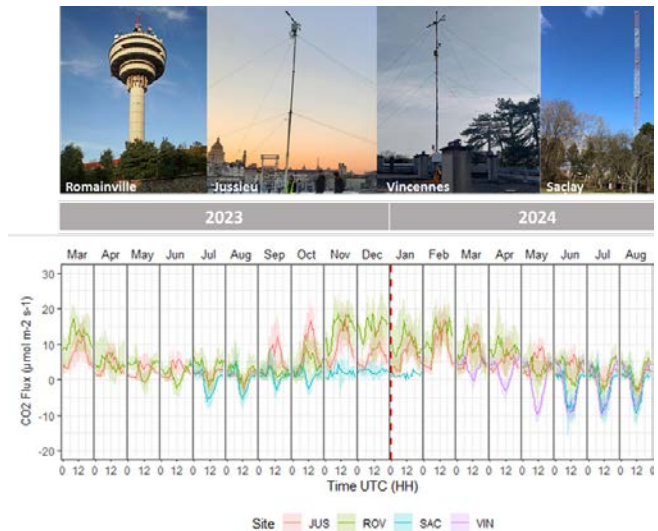
Le projet européen ICOS Cities vise à développer un réseau d'observation permettant de mesurer les émissions de gaz à effet de serre en milieu urbain afin d'évaluer l'efficacité des stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre en ville. Il porte plus particulièrement sur les villes de Paris, Munich et Zurich. Plus précisément, les mesures permettront (i) d'approfondir la compréhension des échanges de CO₂ et de chaleur dans les différentes zones d'une mégapole, (ii) de quantifier la variabilité de flux CO₂ le long d'un gradient d'urbanisation et (iii) d'évaluer et améliorer les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre existants.

RÉSULTATS

Les mesures en continu des flux de CO₂ et de chaleur ont été réalisées sur 4 sites dans Paris et ses alentours selon le gradient urbain-périurbain suivant : le site de Jussieu, en centre-ville, le site de Romainville, dans la périphérie urbanisée de Paris, la forêt urbaine de Vincennes et le site semi-urbain de Saclay. Nos mesures ont permis de suivre les variations saisonnières des flux de CO₂ et de chaleur dans différentes zones de la ville, mettant en évidence des types d'échange différents en fonction du degré d'urbanisation de chacun des sites.

Nous avons observé que le centre-ville est une source de CO₂, en particulier pendant la période hivernale, lorsque les systèmes de chauffage sont actifs et que la circulation automobile est plus importante. La forêt de Vincennes et le site semi-urbain de Saclay sont des puits de CO₂ pendant la saison de croissance, avec une absorption de CO₂ comparable en amplitude aux émissions du centre-ville pendant les mois d'hiver. Le site de Romainville présente un comportement intermédiaire, avec une coexistence de flux anthropogéniques et biogéniques, induisant des variations saisonnières et journalières particulières. Les activités humaines dans le centre ville sont apparues comme un moteur important des flux de CO₂ journaliers : à Jussieu en centre ville, les jours de semaine montrent des émissions systématiques de CO₂ tandis que les week-ends montrent des absorption en milieu de journée, élément qui n'a pas été retrouvé ni à Romainville (grand tour), ni à Vincennes (forêt urbaine), où les variations diurnes des flux de CO₂ étaient plus uniformes tout au long de la semaine.

Enfin, nous avons pu observer une répartition différente des flux d'énergie entre les différentes zones de la ville, avec des flux de chaleur sensible plus importants dans le centre ville (Jussieu) et des flux de chaleur latente plus intenses sur les zones végétalisées (Vincennes), avec une variabilité saisonnière de ces derniers dictée par le développement de la couverture végétale. Ces mesures de flux d'énergie seront essentielle pour différencier la contribution biogénique de la contribution anthropique des flux de gaz à effet de serre.



Variation saisonnière des flux nets de CO₂ entre surface terrestre et atmosphère sur les quatre sites Parisiens. Les flux positifs correspondent à une émission nette de CO₂ de la surface vers l'atmosphère tandis que les flux négatifs correspondent à une absorption nette de CO₂ par la surface. Le flux net de CO₂ résulte de la combinaison de flux d'émission (respiration végétale, humaine et animale, et combustion essentiellement) et d'absorption (photosynthèse essentiellement).

PERSPECTIVES

L'objectif est d'utiliser les mesures pour valider et améliorer les inventaires d'émissions ainsi que les modèles existants. Une méthode sera développée pour distinguer les flux de CO₂ biogéniques des flux anthropiques en milieu urbain. En parallèle, des solutions seront recherchées pour pérenniser un ou plusieurs sites à l'issue du projet ICOS Cities, en combinant les mesures de gaz à effet de serre et celles des espèces co-émises, comme le CO, les COV, le NO, le NO₂ et les particules.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- > <https://www.icos-cp.eu/projects/icos-cities>
- > Bignotti, L., Depuydt, J., Herig Coimbra, P., Stella, P., Buysse, P., Kalalian, C., Nief, G., Ramonet, M., and Loubet, B.: One-year eddy covariance CO₂ fluxes at short and tall towers in the Paris area, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14-19 Apr 2024, EGU24-10157, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-10157>, 2024.
- > Bignotti, L., Depuydt, J., Herig Coimbra, P. H., Fortineau, A., Feron, A., Kalalian, C., Buysse, P., Ramonet, M., Nief, G., Hilland, R., Stagakis, S., Christen, A., Loubet, B.: Eddy Covariance measurements of CO₂ fluxes at short and tall towers in the Paris area, ICOS Science Conference 2024, Versailles, France, September 10-12 2024. Poster presentation.
- > Article en préparation : Bignotti, L., Depuydt, J., Herig Coimbra, P., Stella, P., Buysse, P., Nief, G., Ramonet, M., and Loubet, B.: CO₂ and heat fluxes by eddy covariance over an urbanisation gradient in the Paris region. En cours de rédaction. Journal visé : Biogeosciences.



Contact : Benjamin Loubet, Laura Bignotti, Alain Fortineau, Pedro-Henrique Herig-Coimbra, Jérémie Depuydt, Anaïs Feron, Carmen Kalalian

Unité : [UMR ECOSYS](#)

Département : AgroEcoSystem

Centre INRAE : Ile-de-France - Versailles-Saclay

Mots clés : Covariances turbulentes, Milieu urbain, Gaz à effet de serre