



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

# Lidar atmosphérique : un instrument de télédétection active pour le suivi des émissions de gaz à effet de serre en milieu urbain

Julien Lahyani et Nicolas Cézard - ONERA

# Historique des travaux sur les lidars fibrés au département d'optique

Lidar vent fibré (~ 2000 – aujourd'hui)

- Sources laser
- Architectures lidar
- Traitement de signal



Lidars vent 1,5µm embarqués



Lidar embarqué avion

Instruments basés sur l'amplification laser par  **fibre optique**  → Robustes



Lidar vent 1,5µm au sol



Lidar gaz fibré (~ 2010 – aujourd'hui)

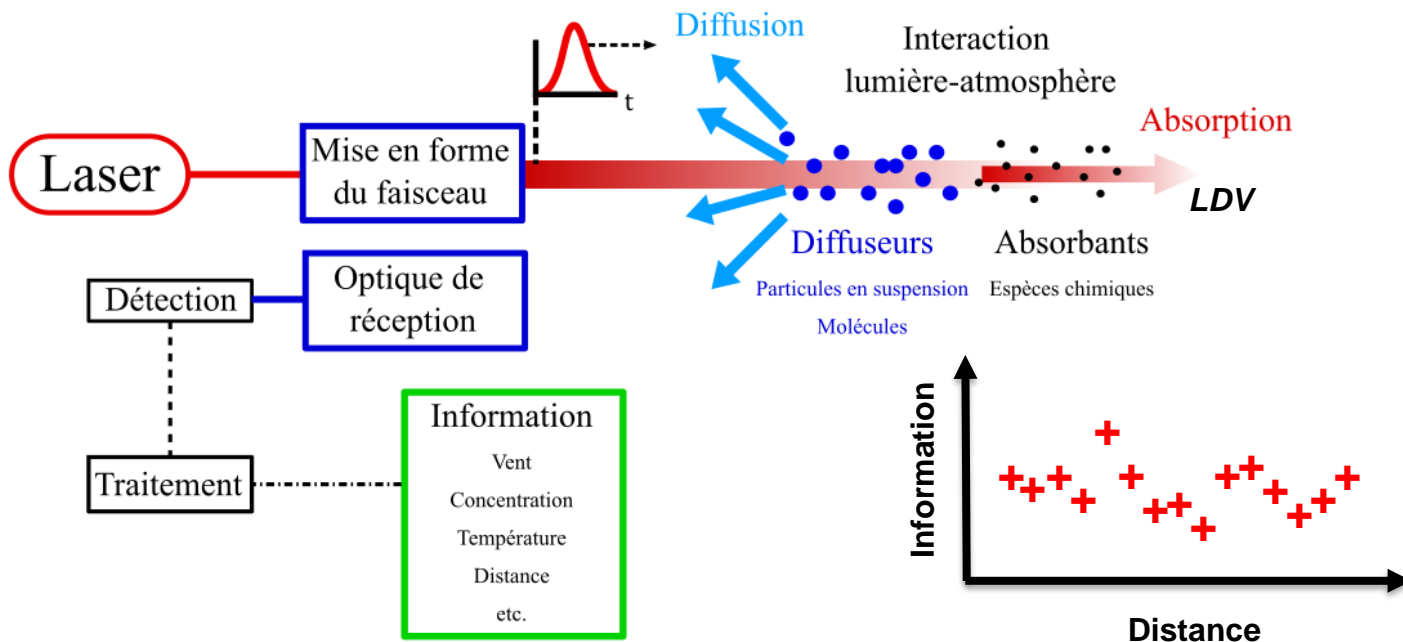
- 4 thèses terminées
- 2 thèses en cours
- 2 systèmes : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>



Lidars au sol

**Cette présentation : utilisation des lidars gaz pour la quantification des émissions GES localisées**

# Concept du lidar atmosphérique

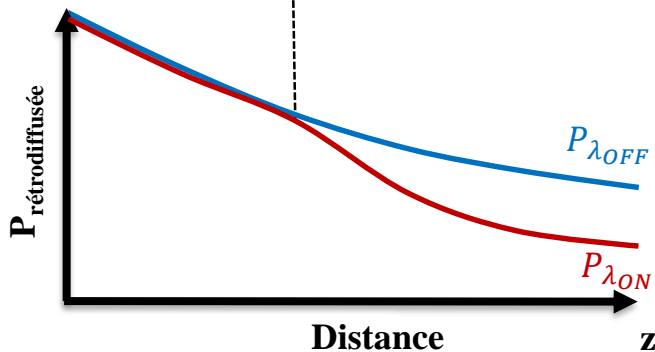
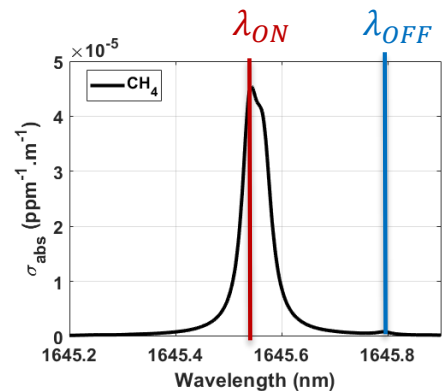
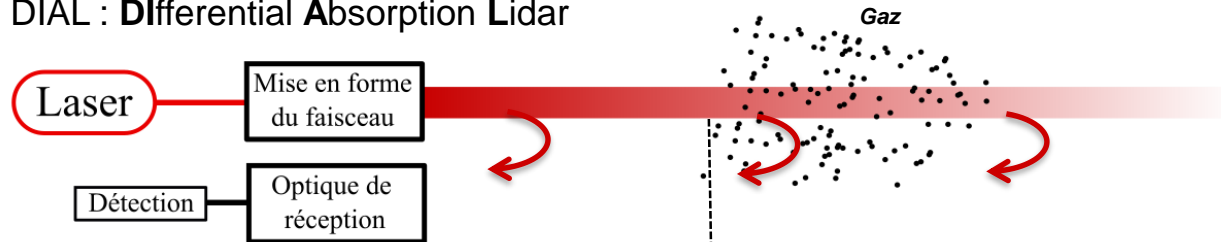


Signal lidar continûment réfléchi par l'atmosphère

On mesure **un profil** (vent, concentration, etc.) tout au long de la ligne de visée (LDV)

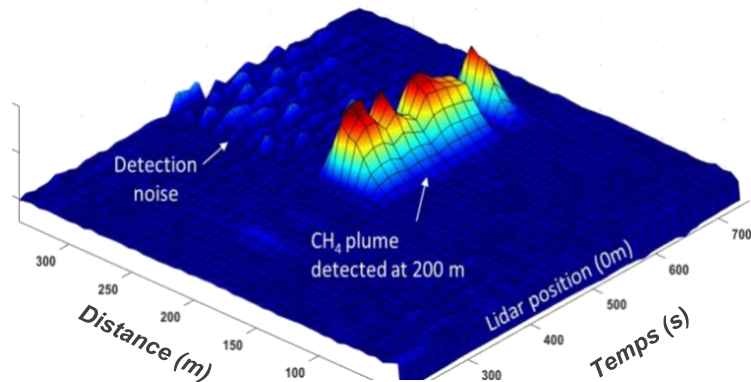
# Concept d'un lidar à absorption différentielle (DIAL)

DIAL : Differential Absorption Lidar

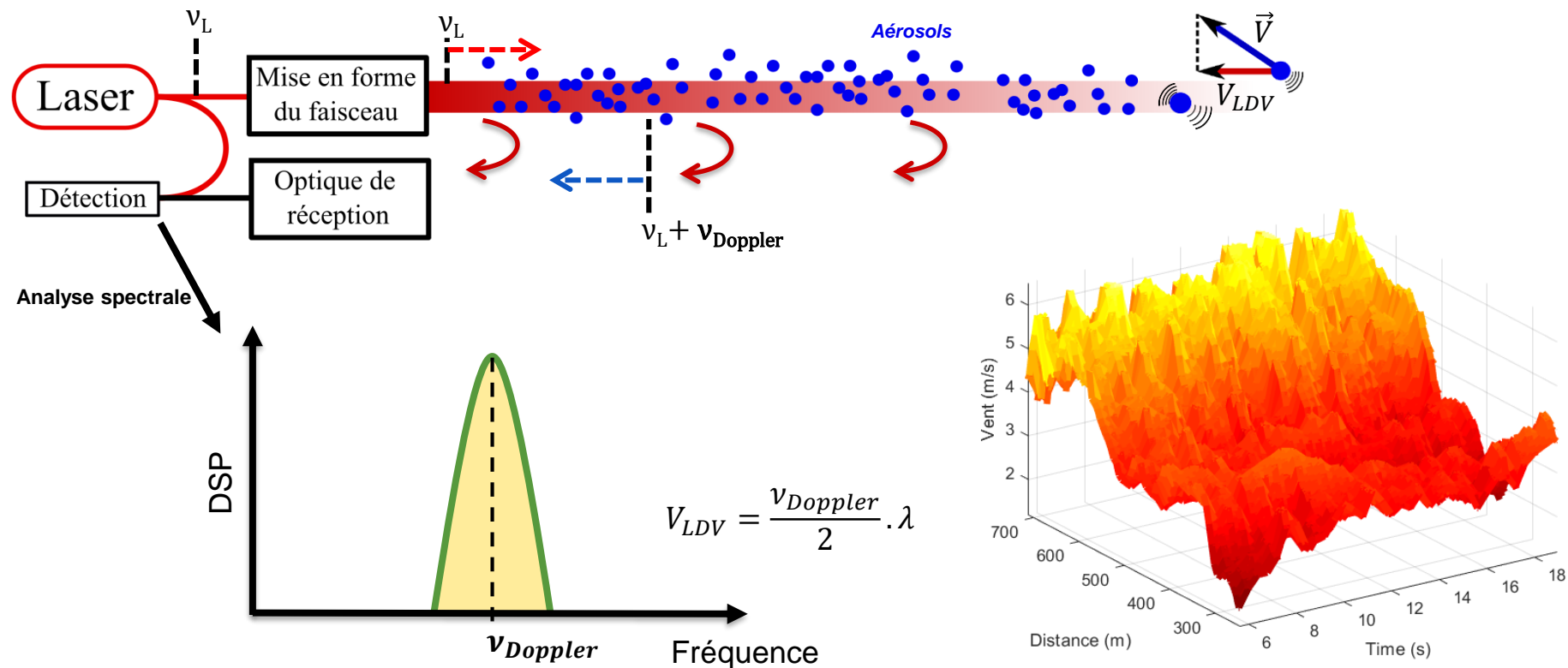


$$VMR(z) = \frac{1}{2 \cdot \Delta\sigma_{abs}} \frac{d}{dz} \ln \left( \frac{P_{\lambda OFF}}{P_{\lambda ON}} \right)$$

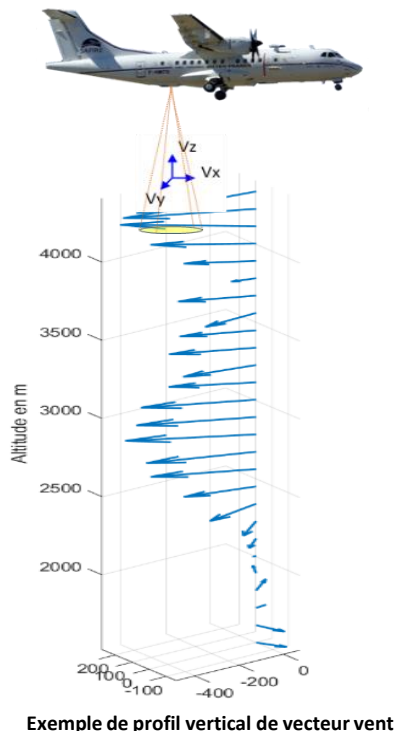
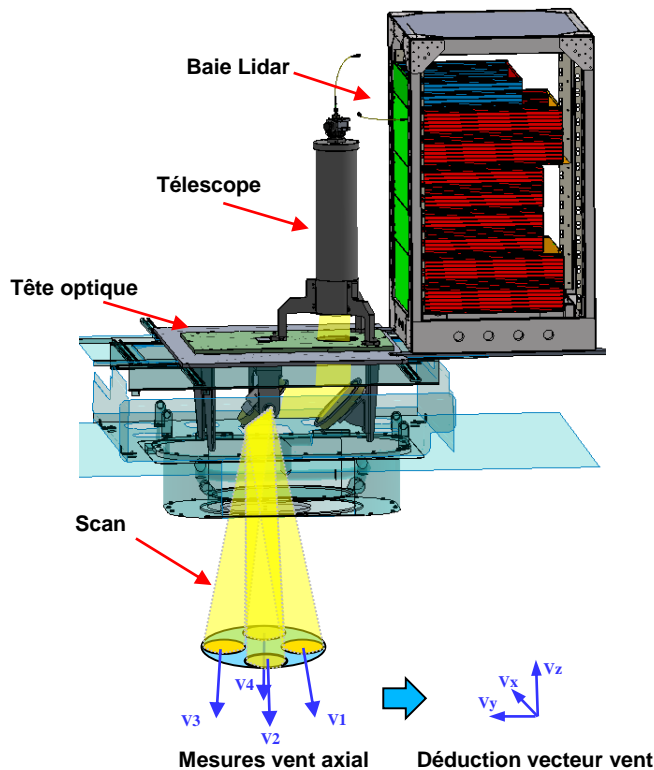
VMR : Volume Mixing Ratio (ppm)



# Concept du lidar à détection cohérente pour la mesure du vent



# Mesure de cartographie de vent



- ✓ Source laser Onera fibrée 1,5 $\mu$ m haute énergie de dernière génération
- ✓ Précision de vitesse verticale : < 0,13m/s
- ✓ Précision de vitesse horizontale : < 0,5m/s
- ✓ Résolution verticale : 100m
- ✓ Temps de mesure 17s (durée 1 scan)

D'autres exemples d'application :

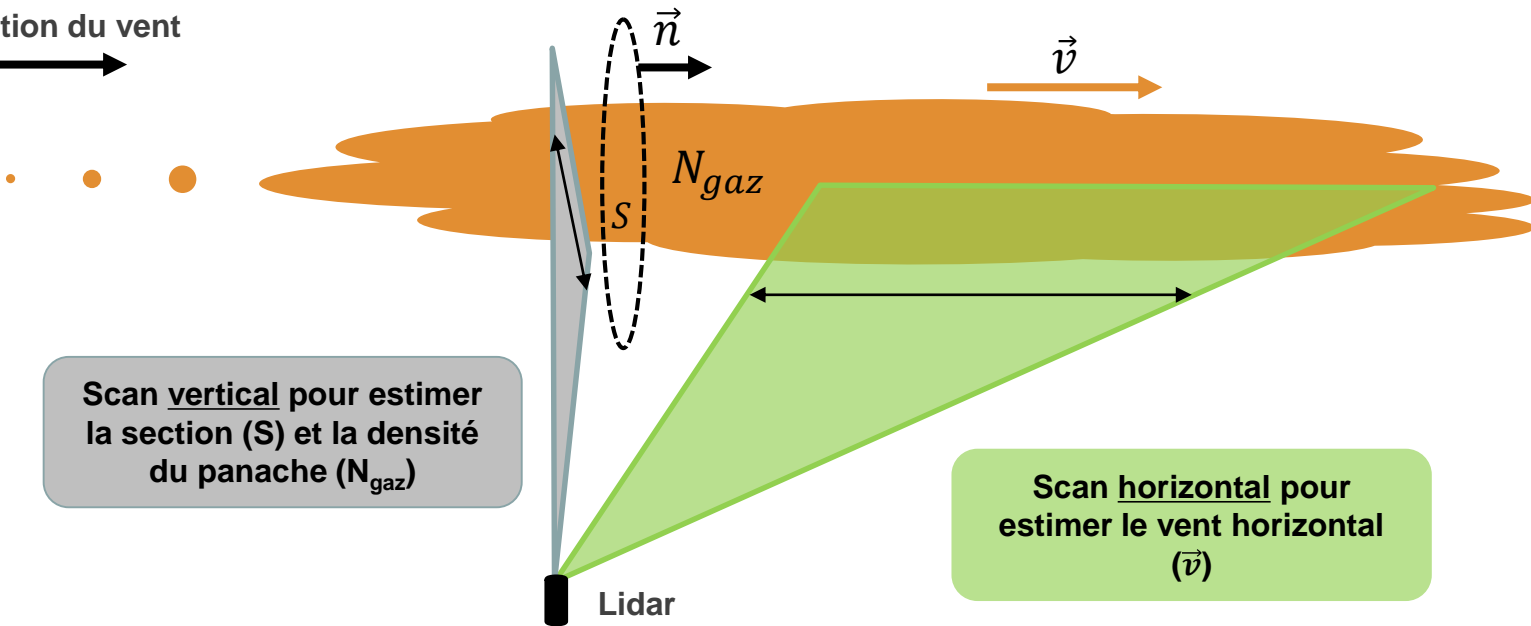
- Mesure de position de vortex derrière un avion
- Détection de rafales
- Mesure de turbulence

B. Augere et al., "Three-Dimensional Wind Measurements with the Fibered Airborne Coherent Doppler Wind Lidar LIVE," *Atmosphere* 10, 549 (2019).

# Concept de la mesure de flux par lidar

$$\phi_{gaz} = \int_S N_{gaz}(\vec{r}) \cdot [\vec{v}(\vec{r}) \cdot \vec{n}] \cdot dS \quad [\phi_{gaz}] : g \cdot s^{-1}$$

Direction du vent



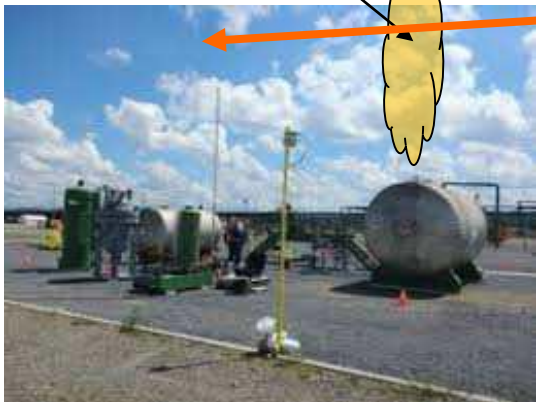
Scan vertical pour estimer la section (S) et la densité du panache ( $N_{gaz}$ )

Scan horizontal pour estimer le vent horizontal ( $\vec{v}$ )

# Premiers résultats sur la mesure de flux de CH<sub>4</sub> par lidar

Lidar field-test campaigns in the industrial basin of Lacq (2018 and 2019)

Controlled CH<sub>4</sub> leak



TADI test site  
(Total Anomaly Detection  
Initiative)

Leak rates from 0.3 to 300 g/s

200 m



VEGA Lidar

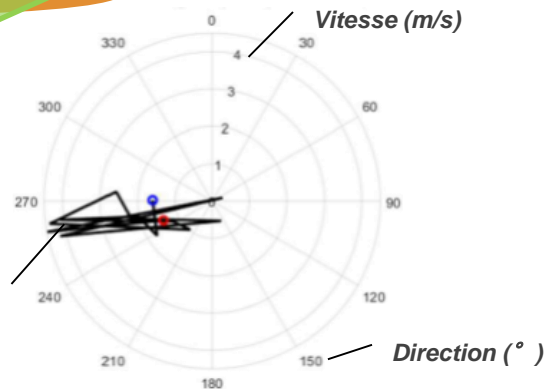
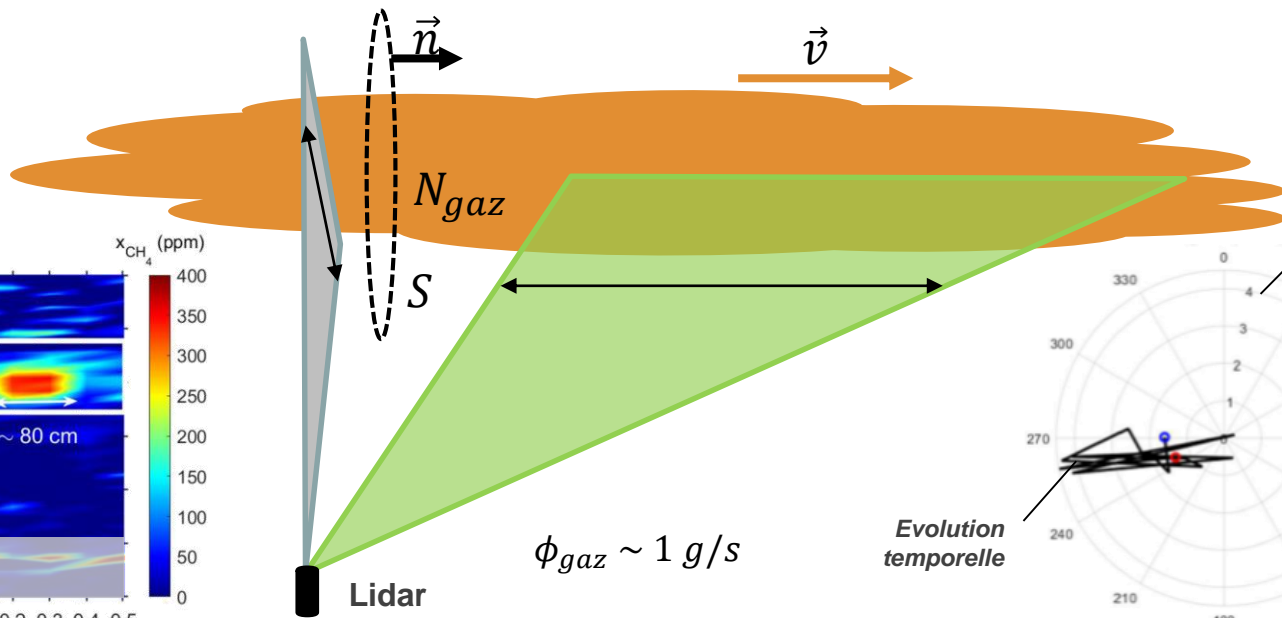
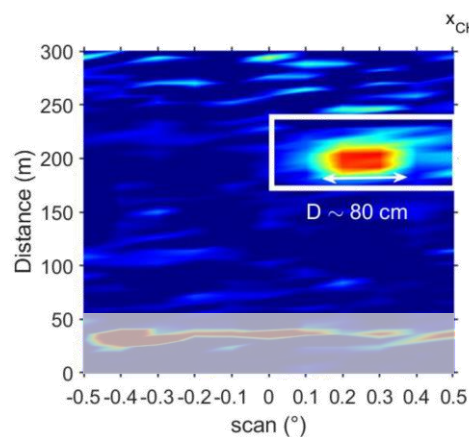


# Concept de la mesure de flux par lidar

$$\phi_{gaz} = \int_S N_{gaz}(\vec{r}) \cdot [\vec{v}(\vec{r}) \cdot \vec{n}] \cdot dS$$

$$[\phi_{gaz}] : g \cdot s^{-1}$$

Direction du vent



# Conclusion et perspectives

---

- ✓ L'ONERA dispose d'instruments lidar pour la détection des GES (mais pas que → H<sub>2</sub>) capables d'estimer des flux de gaz à distance
- ✓ Des travaux sont en cours pour développer notre savoir-faire sur la mesure de flux et quantifier les performances (travaux de recherche internes + 1 thèse en cours)
- ✓ Nous développons également des lidars pour la mesure de H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> et T°

## Perspectives :

- Déployer nos lidar sur des zones à fortes activités humaines (sites industriels, aéroports, agglomérations, etc.) pour dresser un bilan des émissions GES
- **Identifier des besoins auxquels pourraient répondre nos instruments**

Julien Lahyani – [julien.lahyani@onera.fr](mailto:julien.lahyani@onera.fr)