



*Innover pour un monde décarboné et durable*

## **ATMOS'F'AIR 2023**

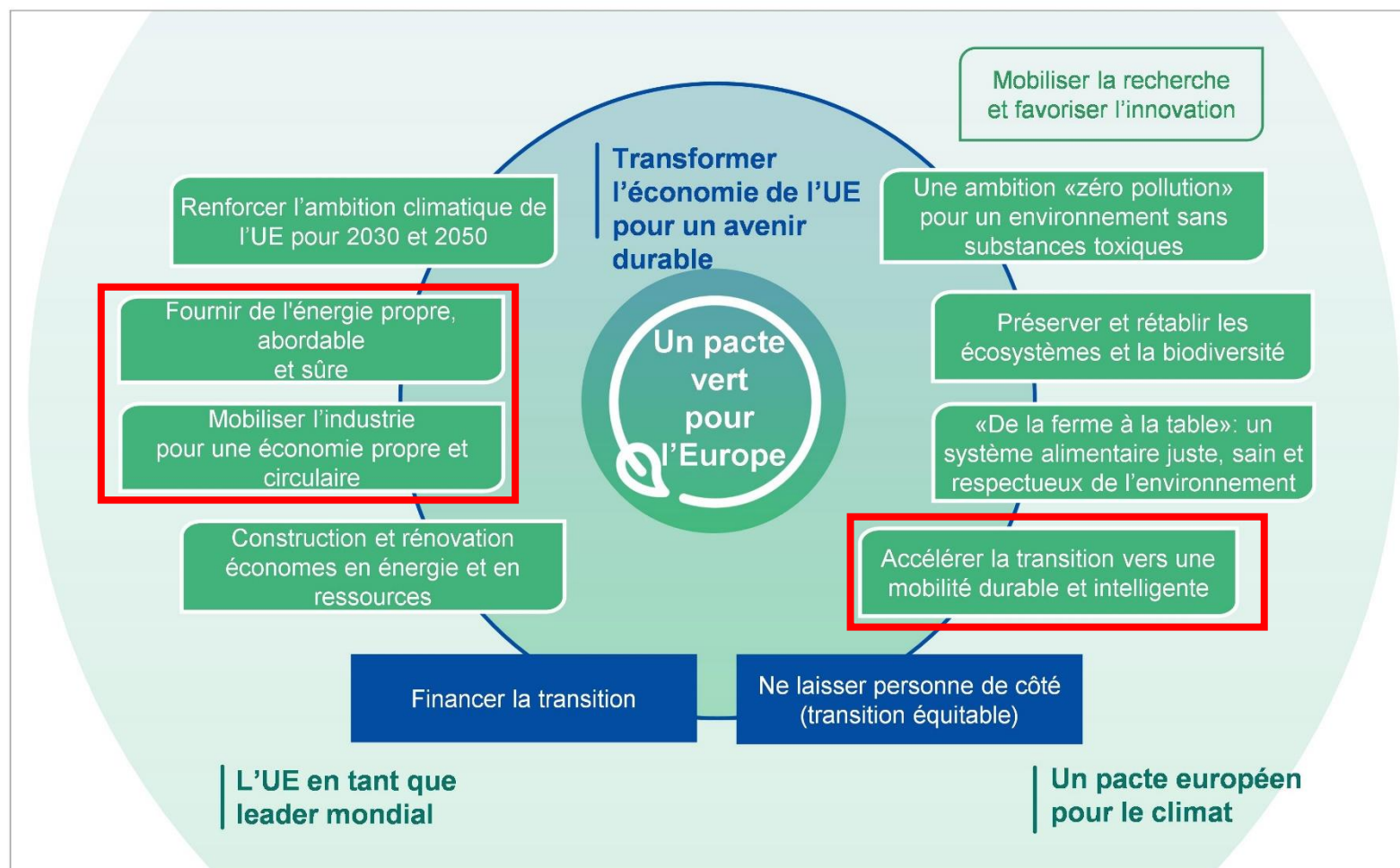
Développement de capteurs intelligents et connectés au service de la qualité de l'air



# PLAN DE LA PRÉSENTATION

- Contexte
- Le capteur ELEMENTS
- Exemples d'application
  - Mesure embarquée adaptée au contrôle technique
  - Mesure de nuisances olfactives
- Conclusions / Perspectives

# CONTEXTE : EUROPEAN GREEN DEAL



# CONTEXTE : EUROPEAN GREEN DEAL

## TRANSPORT

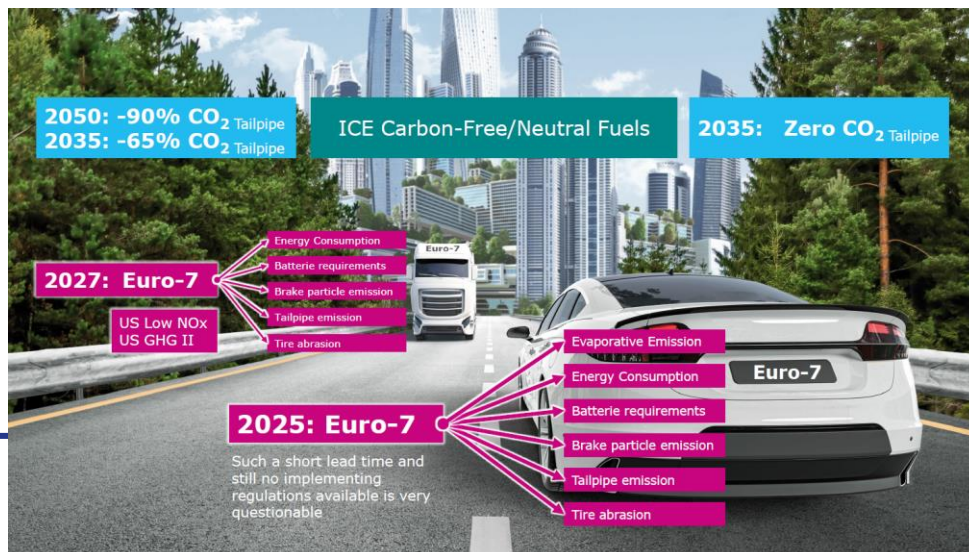
- Domaine très exposé / très visible du grand public et souvent précurseur de réglementation

### 1. CO<sub>2</sub> / FIT for 55 package (ref 1990)

- ☐ VP : Zero CO<sub>2</sub>ech en 2035
- ☐ PL : -65 % CO<sub>2</sub>ech en 2035, -90% en 2050

### 2. Emissions / Euro7

- ☐ Ambitions élevées à court terme : Emissions échappement, particules d'abrasion, émissions évaporatives, durabilité...



## INDUSTRIE

### 1. Décarbonation de l'industrie

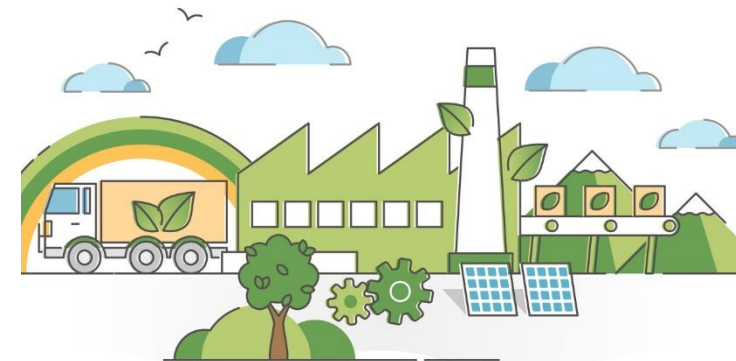
- ☐ Vecteurs énergétiques décarbonés
- ☐ Intensifier et optimiser les procédés
- ☐ Traiter le CO<sub>2</sub> résiduel (conversion, stockage)

### 2. Emissions en fonctionnement / BREF

- ☐ Best available techniques REference
- ☐ Mesure à la cheminée + mesure d'impact (voisinage, nature)

### 3. Accidents industriels

- ☐ Lubrizol 1 & 2

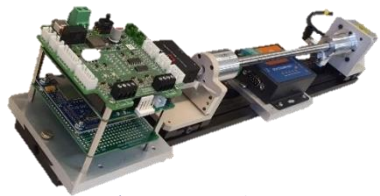


# INTRODUCTION

- **Pas de contrôle et d'optimisation, pas de progrès sans mesure**
  - A la source (polluants primaires)
  - Au niveau du récepteur (polluants primaires et secondaires) – IMPACT
- **Ambition IFPEN**
  - Proposer des systèmes de mesures assez **simples** pour être transportables et abordables
  - **Précis** pour avoir un diagnostic fiable et durable dans le temps sans maintenance
  - **Connectés** à une couche numérique performante pour valoriser les mesures (cloud-computing)

➔ **Exemple du capteur ELEMENTS développé par IFPEN**

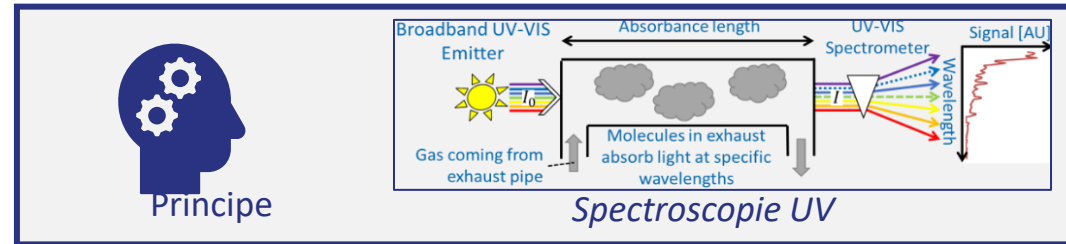
# ELEMENTS



ELEMENTSonly



Real-e



ppm ( $10^{-6}$ )

ppb ( $10^{-9}$ )



by team flair box



Avantages

## Multigaz

- Déjà intégré (NH<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>,)
- Autres molécules possibles (BTX, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O...)

Haute fréquence de mesure

Faible encombrement, Faible consommation



Avantages

## Mesure de molécules odorantes

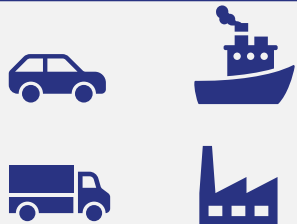
- Mercaptans, COV...

Mesure de molécules ayant un impact Qair

- NH<sub>3</sub>, BTX

Précision de mesure

Encombrement, poids et prix maîtrisés



Applications

## Mobilité (Projet REAL-e)

- Surveillance de marché
- Reconditionnement

## Industrie

- Mesure NO, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> en cheminée
- Mesure NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> en « air vicié »
- Mesure THT et molécules soufrées dans le biogaz



Applications

## Industrie

- Détection de fuite (THT)
- Mesure d'odeurs (Mercaptans...)

## Qualité de l'air

- Mesure NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>
- Mesure de gaz orphelins



# EXEMPLES D'APPLICATION

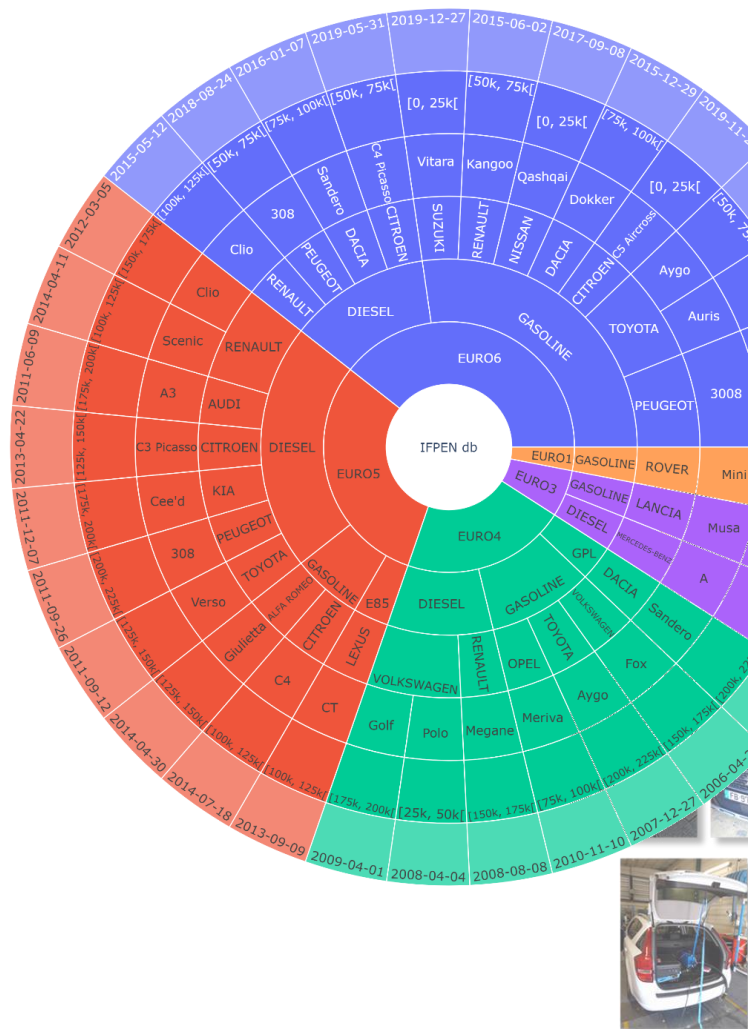


- Le potentiel de la mesure embarquée pour le contrôle technique des véhicules légers
  - Projet ADEME SESAME (2022)



- La mesure de nuisances olfactives autour de sites industriels

# PROJET ADEME SESAME (2022)

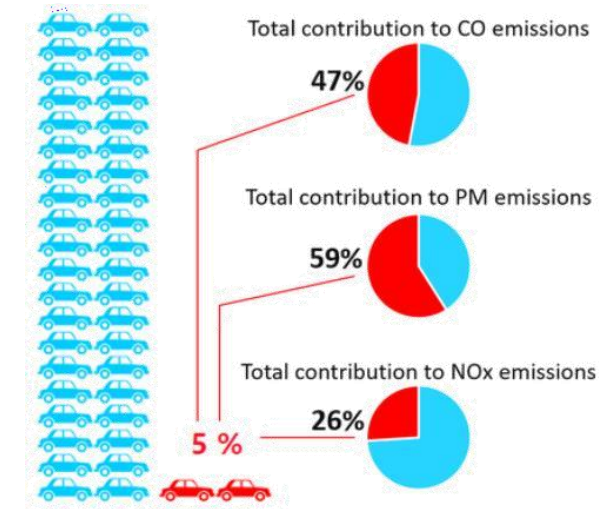




# SESAME - CONTEXTE

- Très fortes disparités dans le parc => Importance d'identifier et d'agir sur les « gros émetteurs »
- Quelles solutions ?
  - Renouvellement du parc : forte inertie
  - Localement forcé par les ZFE : écarter systématiquement par catégories de norme (Crit'air)
- Des outils pour identifier plus finement les véhicules problématiques ?
  - La mesure « remote sensing » : destinée à vérifier la conformité d'une famille, pas d'un véhicule précis
  - Le contrôle technique ou le réseau d'après-vente peut-il aller plus loin, notamment en incluant de la mesure embarquée?

Contribution des « gros émetteurs » – Source : Opus






Emissions moyennes de NOx véhicules diesel en g/km, norme vs. conditions réelles – Source : ICCT



# SESAME - PRÉSENTATION

- Le **contrôle technique** actuel pratiqué en France ne contrôle que certains polluants qui sont mesurés en conditions statiques
  - Opacité pour les moteurs diesel
    - PN mesurées depuis peu B, NL, CH, D
  - CO, richesse pour les motorisations essence
- Le but du projet **SESAME** est, sur un ensemble de **33 véhicules issus du parc réel**, de mener des tests d'émissions « standards » et avancés pour déterminer les forces et les faiblesses de chacun
- Les tests d'émissions avancés vont jusqu'à des **essais sur route** avec un système dédié à ce besoin

# LA MESURE SUR ROUTE

	<b>4 heures</b>
	200 k€ / système
	Système de mesure de référence pour la procédure RDE

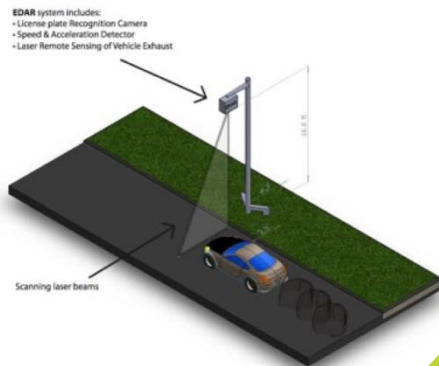




**Portable Emissions Measurement System**




**Smart Emissions Measurement System**

**Real<sup>e</sup> emissions**

**Remote Sensing Device**



	<b>30 minutes</b>
	Plus simple et moins coûteux : identification à plus grande échelle des plus émetteurs, analyse des malfunctions

	<b>1 seconde</b>
	1€ / test
	Mesure spot Besoin de mesures massives pour être représentative

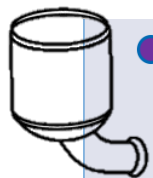


## ELEMENTS



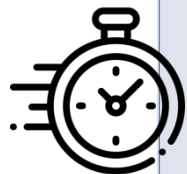
### ● In-house **UV spectroscopy** measurement

- $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  already available
- Other molecules TBD (aldehydes,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ...)



### ● Affordable and efficient **PN** measurement

- Following the **NPTI** regulation
- Easy to integrate (raw gases)



### ● Fast and easy set-up (<10 min)

- No exhaust-flow meter
- All in one: Filtration / pump / air ambient Zero
- Bluetooth
- Cloud data collection



### ● Base gas analyzer :

- **NDIR (non-dispersive infra-red)**
  - $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HC}$  (propane)
- **Electrochemical sensors:**  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_2$

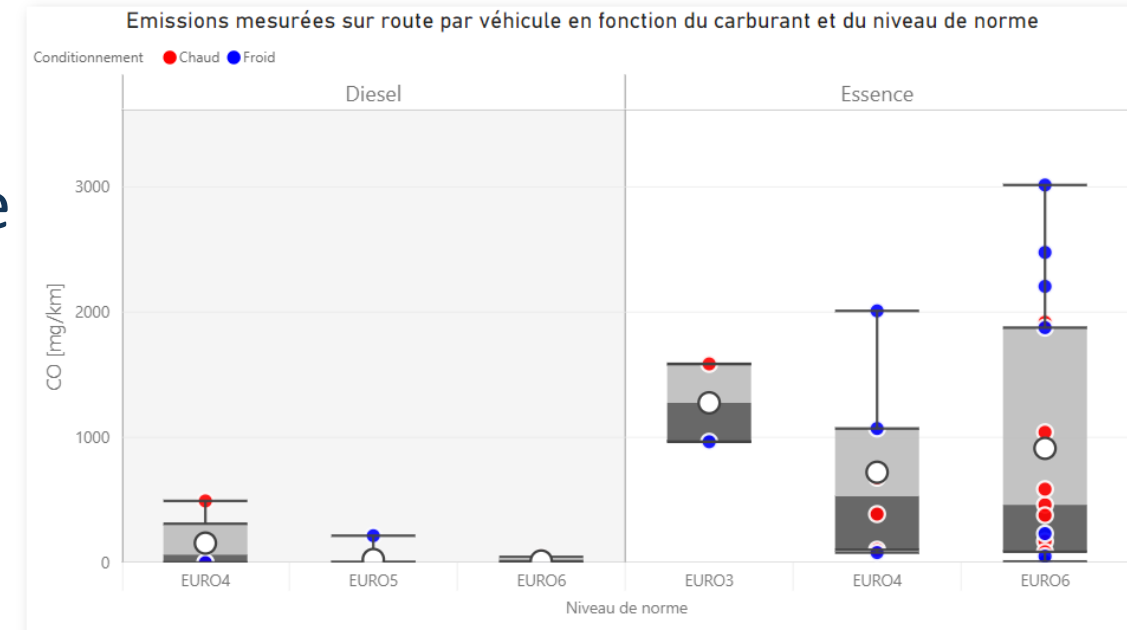
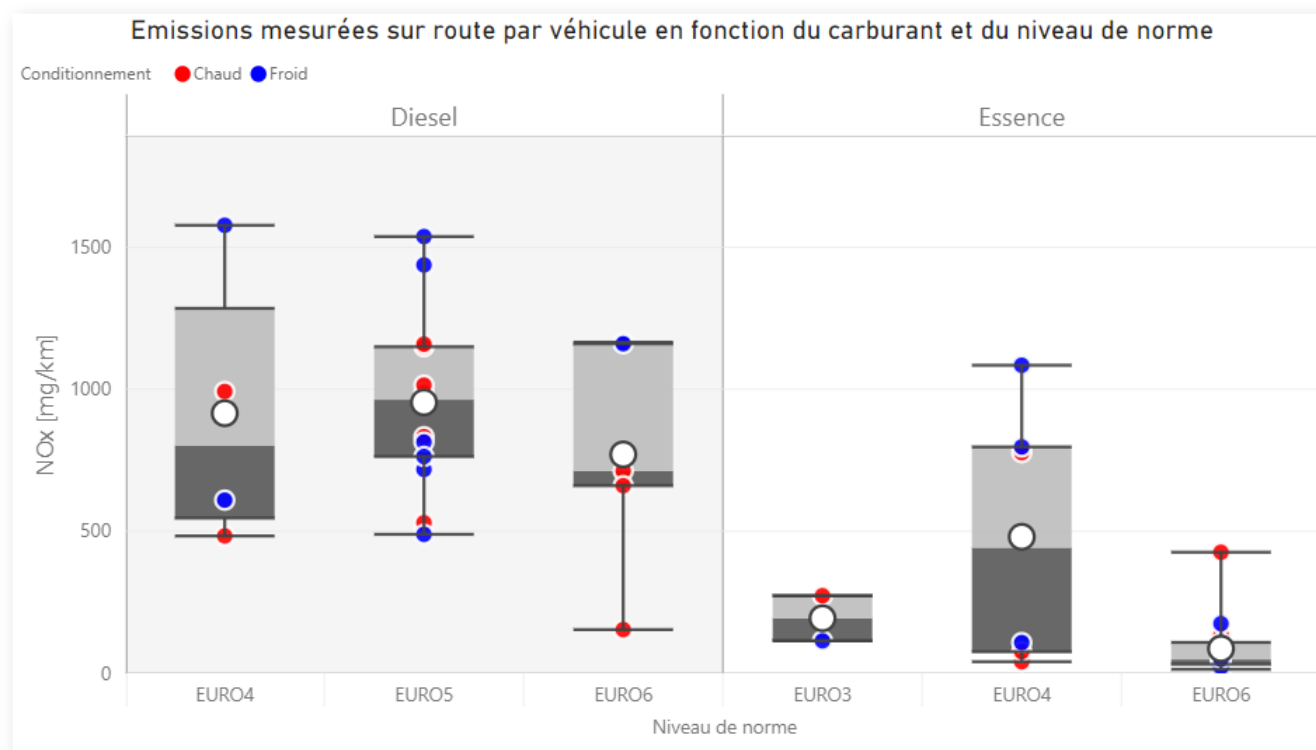
+ connected **OBD dongle** : GPS and OBD signals



h23\*L60\*I48  
~24kg  
~4h

# SESAME – QUELQUES RÉSULTATS

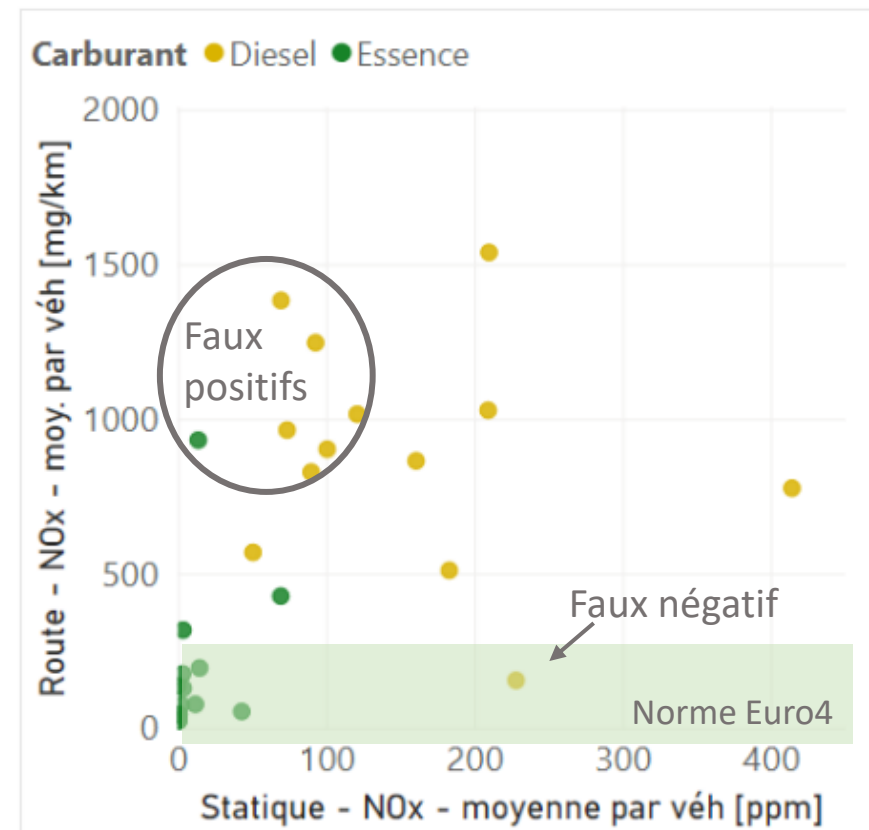
- Les émissions de CO des véhicules essence sur route peuvent être bien au-delà de la norme



- Les émissions de NOx des véhicules diesel et de certains véhicules essence sur route sont bien au-delà de la norme

# SESAME – CONCLUSIONS

- Les résultats NOx et CO en conditions statiques et sur route ne sont pas corrélés
- Pour les NOx, une mesure en conditions réelles est obligatoire
- L'étude SESAME a prouvé la faisabilité d'une mesure sur route à grande échelle
- Un trajet minimum a été déterminé dans le cadre du projet et reste à consolider : 15 min / 10 km
- Pour en savoir plus :
  - <https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/5736-projet-sesame.html>





# MONITORING DES ÉMISSIONS GAZEUSES



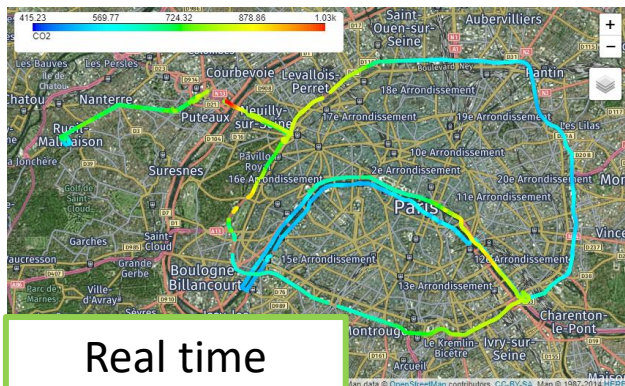
by ifpen **flair**

L'innovation au service de la surveillance environnementale et industrielle des gaz

ifp *Energies nouvelles*

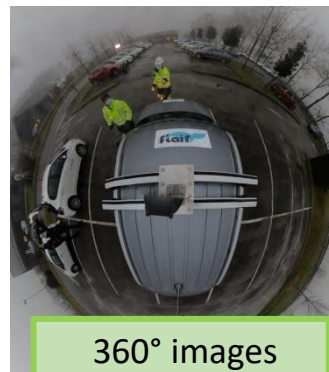
CARNOT ifpen  
Ressources  
Énergétiques

# FLAIR - FLAIRCAR



Real time  
visualization

Connexion 4G



360° images

**ABB** PICARRO

IR Laser 1Hz  
CO<sub>2</sub> (0.6 ppm), CH<sub>4</sub> (4ppb)  
CO (0.7 ppb), N<sub>2</sub>O (0.7 ppb)  
C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

**INFICON**

Spectromètre de masse (1Hz)  
**H<sub>2</sub>, He**  
*En cours de validation*

Meteorological  
Station - GPS

Sampling possibilities



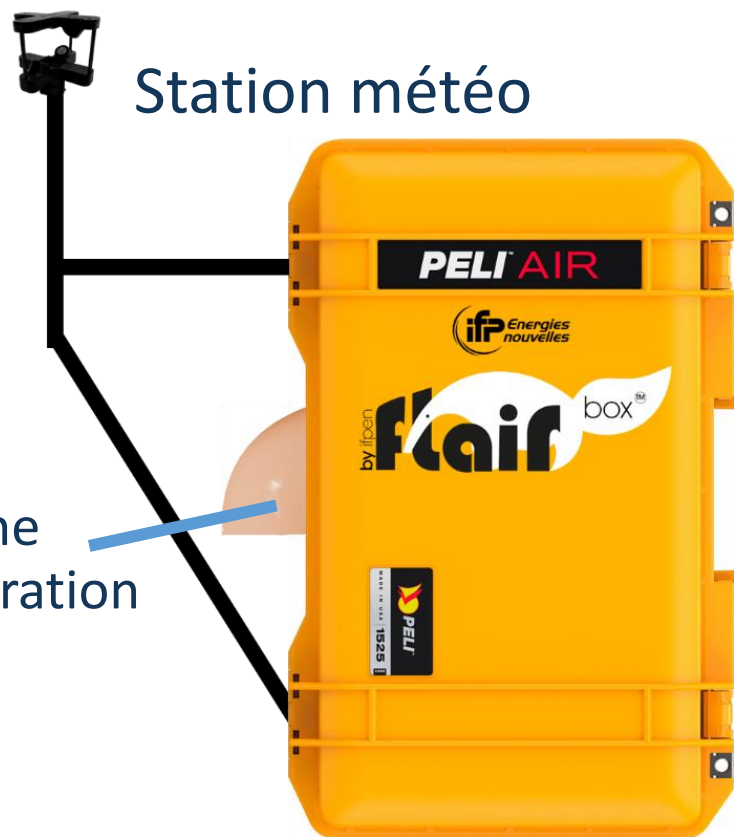
THT, Mercaptans,  
H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, BTEX

PHEV  
Zero exhaust  
emissions during  
measurements





# FLAIR – FLAIRBOX : COMPOSANTS PRINCIPAUX



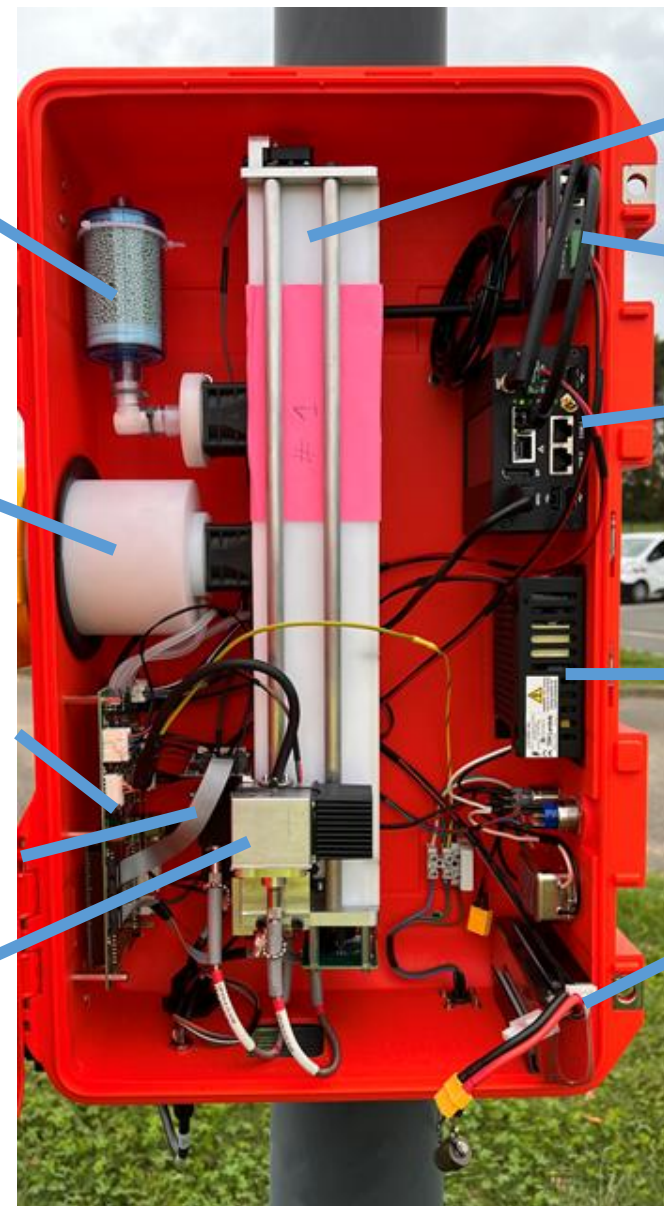
Cartouche neutralisant

Filtre particules

$\mu$ -Controlleur

Spectromètre

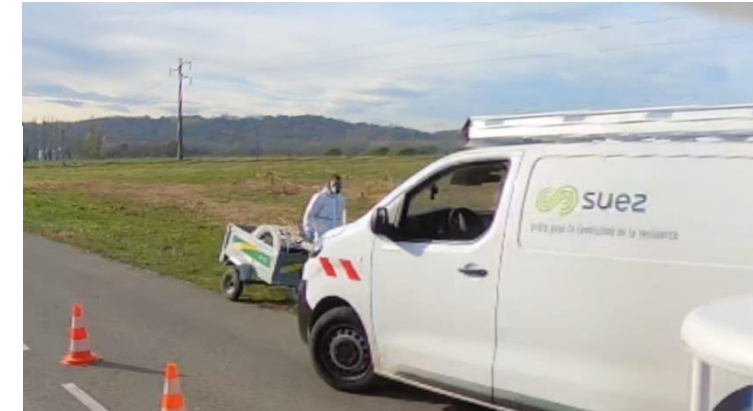
Source lumineuse



## EXEMPLE 1 – SITE INDUSTRIEL DE PRODUCTION DE SOUFRE



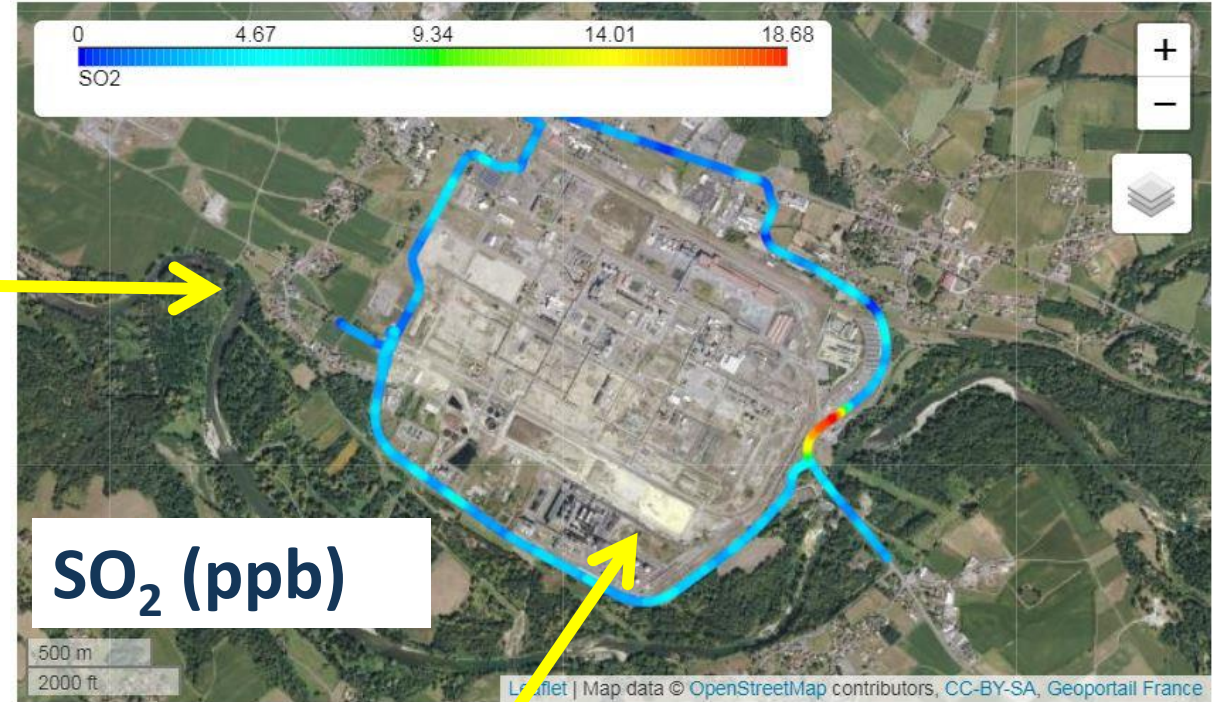
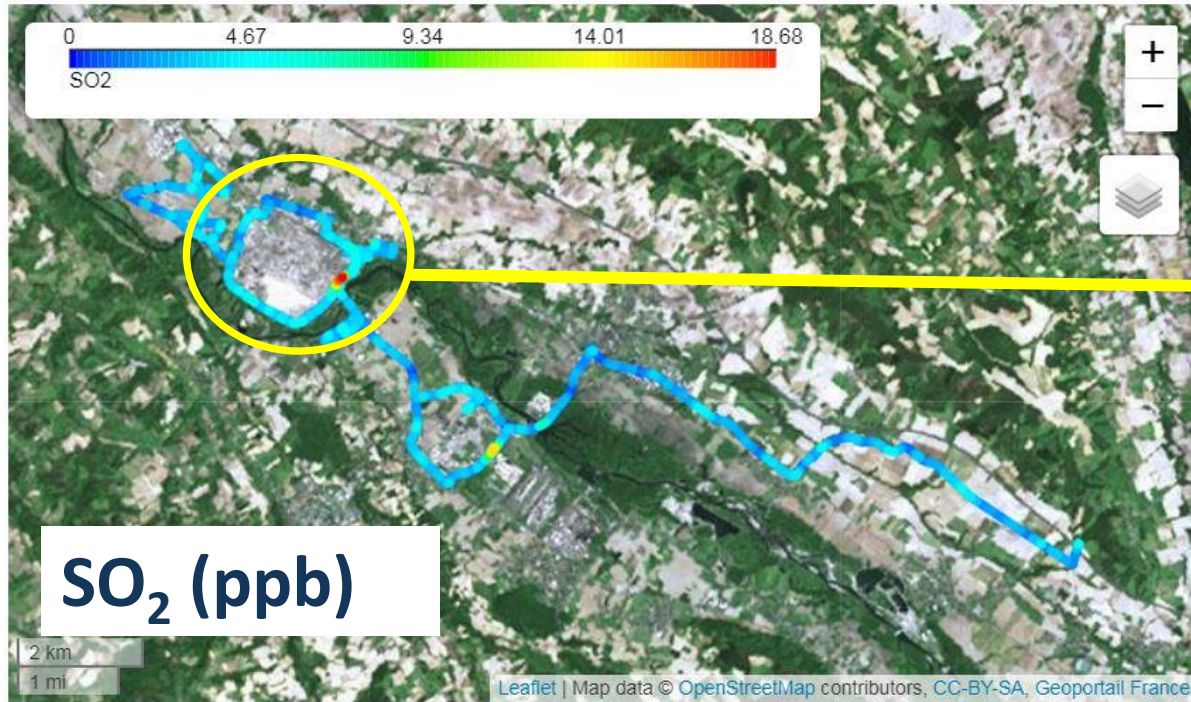
*Rejet de fumée orange depuis le site de Lacq (©GC).*



- Les relevés sur route avec caméra permettent de contextualiser la mesure



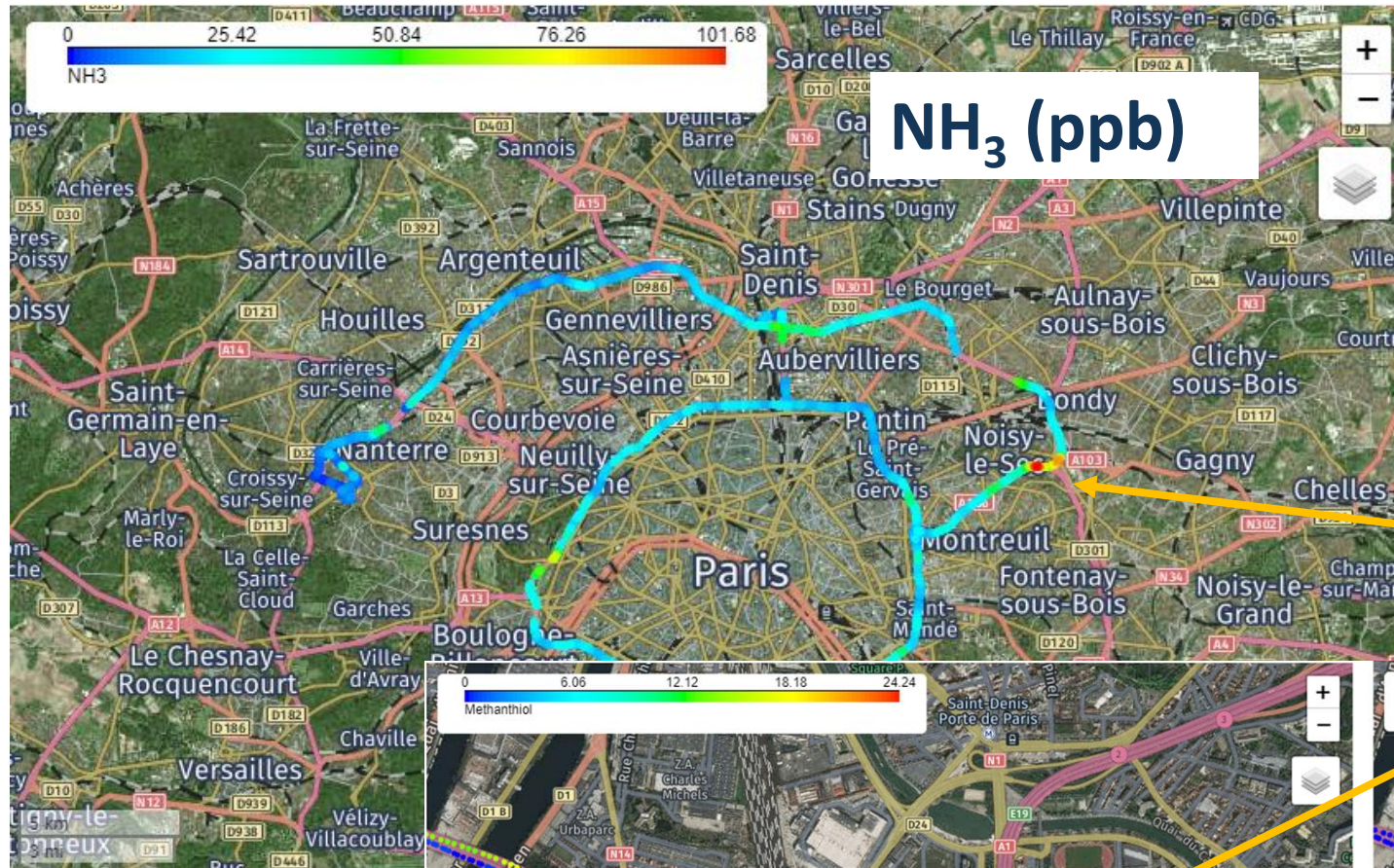
## EXEMPLE 1 – SITE INDUSTRIEL DE PRODUCTION DE SOUFRE



- La nuisance olfactive peut être traquée



# EXEMPLE 2 – TESTS EN CIRCULATION



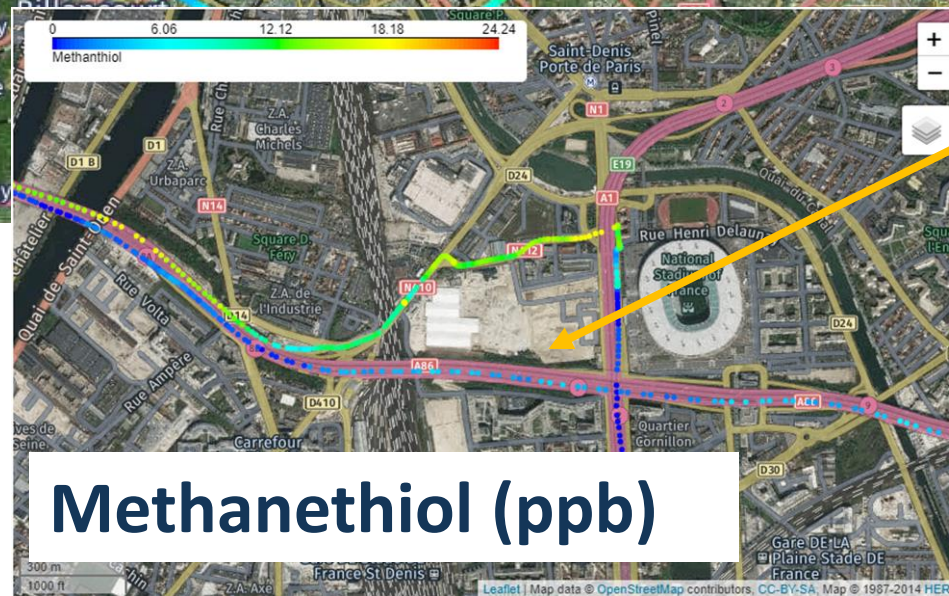
$\text{NH}_3$  (ppb)



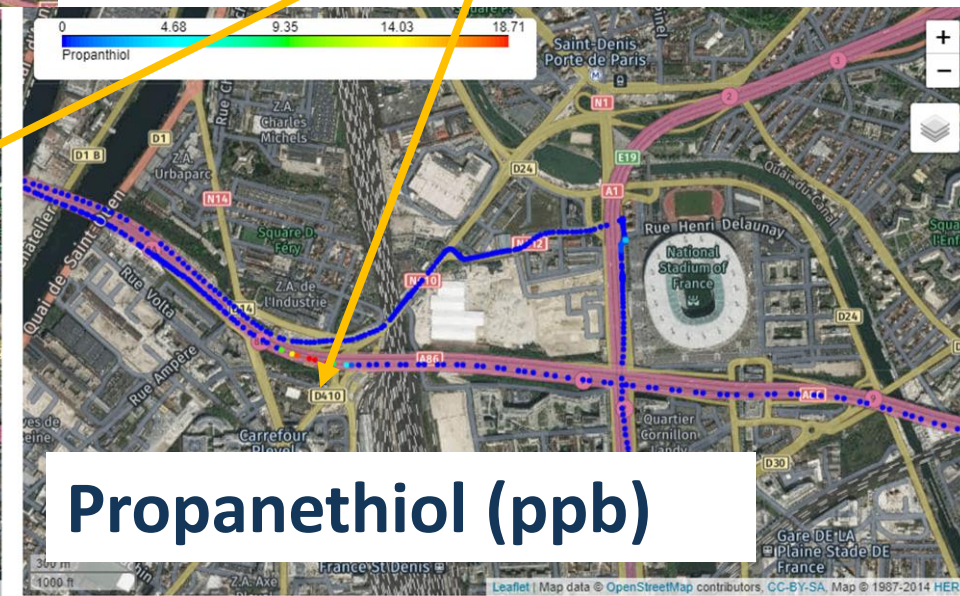
Road traffic  
Urbanism



Polluted soil



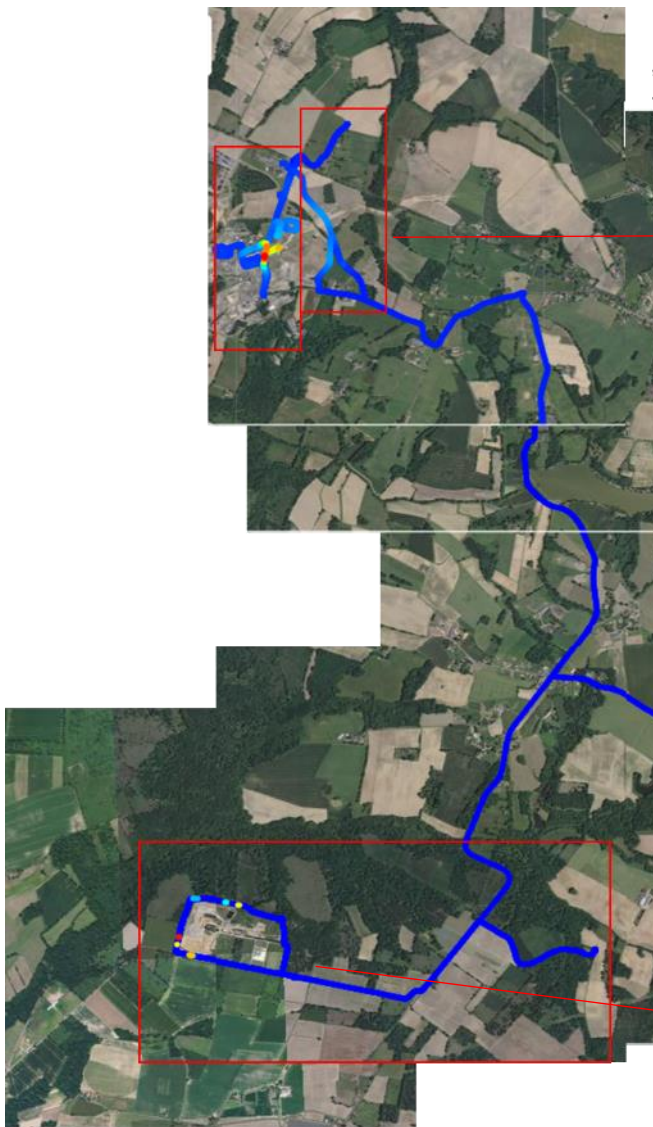
Methanethiol (ppb)



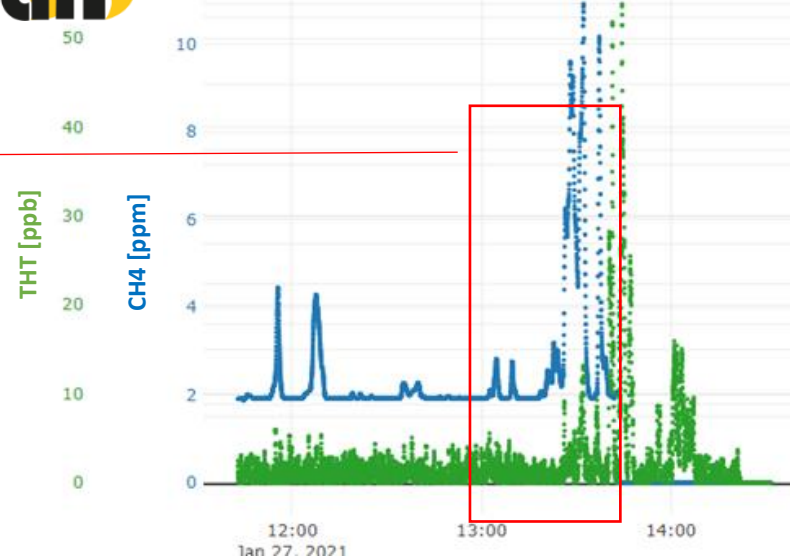
Propanethiol (ppb)



# EXEMPLE 3 - STOCKEUR DE GAZ VS CENTRE D'ENFOUISSEMENT

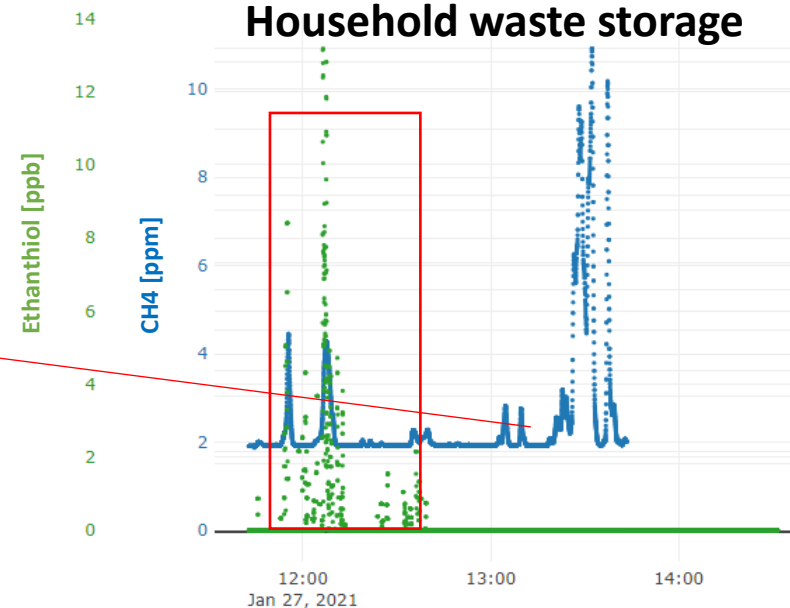


Gas storage



Gas  
Biogas

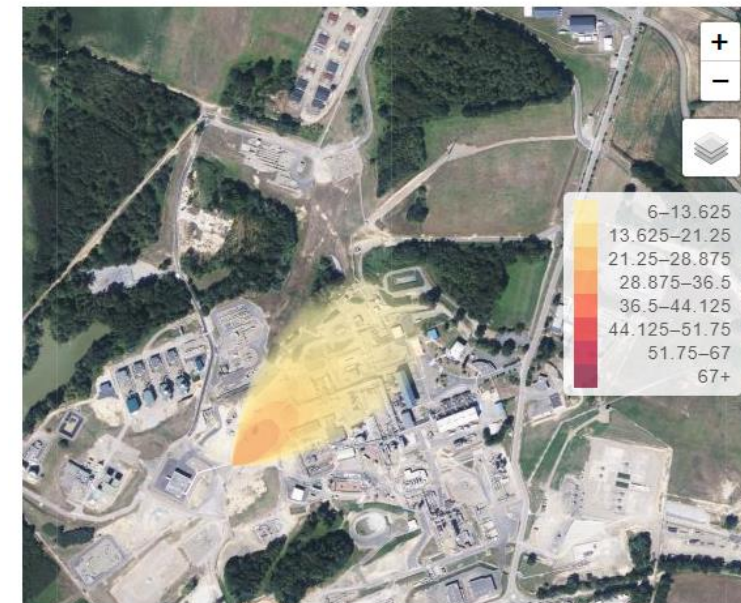
Household waste storage



Waste storage

# FLAIR - CONCLUSIONS

- Un capteur mobile et connecté comme la FLAIRBOX permet d'identifier les nuisances et de les objectiver
- Les informations collectées permettent via un modèle inverse de remonter à la source
- L'enjeu actuel est dans la miniaturisation du système !
  - Portable ✓
  - Aérotransportable (en cours)



# PERSPECTIVES

- Mesure « brute » : multiplication des sources en cours , mobiles ou statiques (Poids lourds, Cat. L, bateaux, industrie, etc...)
- Mesure diluée (mesure de nuisances) : en cours d'utilisation dans l'industrie, développements en cours pour la miniaturisation



*Innover pour un monde  
décarboné et durable*

[www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr)

**Arnaud Frobert**

Chef de Projet Innovation / Qualité de l'air

[arnaud.frobert@ifpen.fr](mailto:arnaud.frobert@ifpen.fr)