

L'IA peut-elle rendre service ?

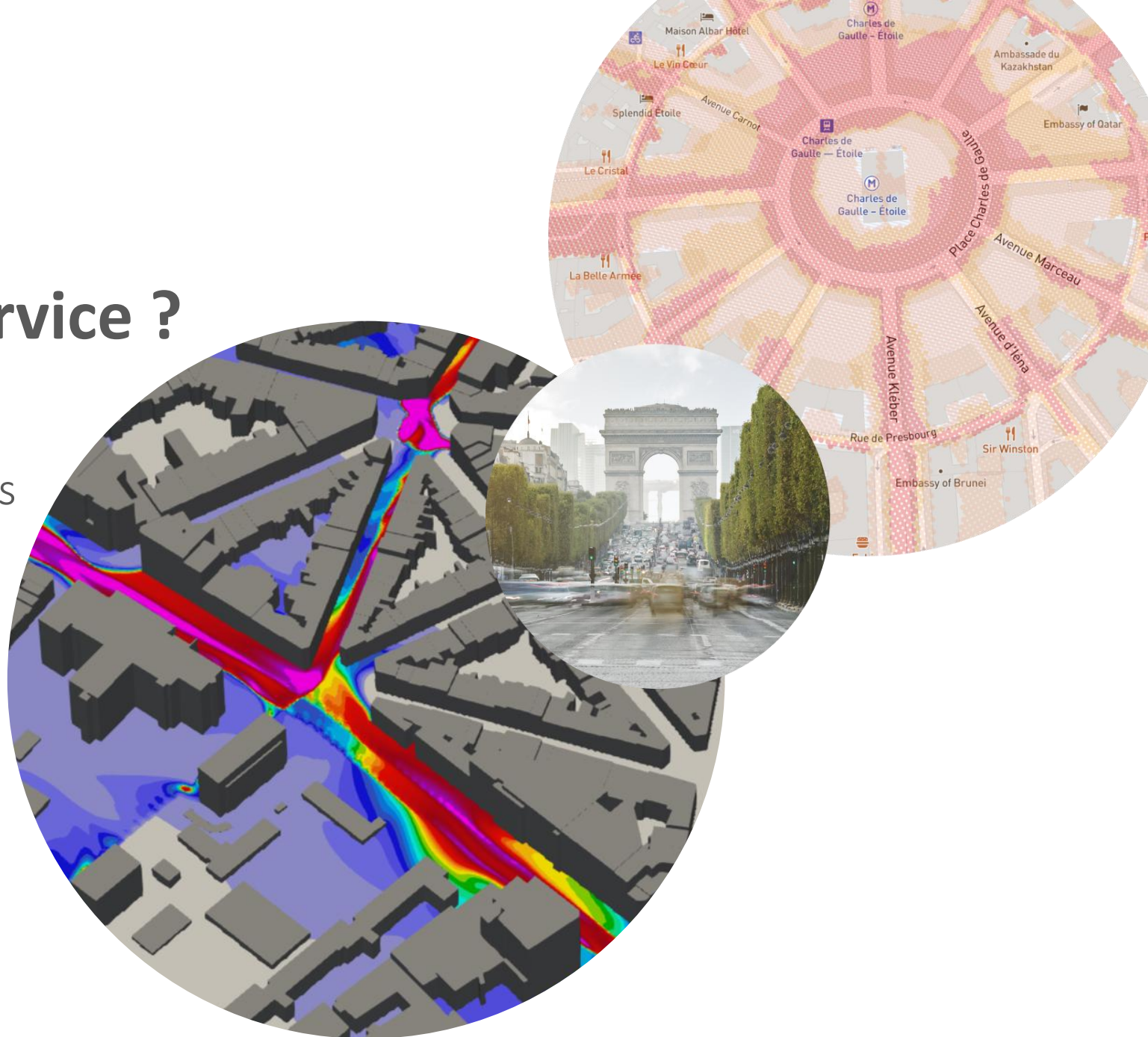
Possibilités de l'IA pour la gestion des risques environnementaux

Dr. Xavier Jurado, xjurado@air-d.fr

Dr. Nicolas Reiminger, nreiminger@air-d.fr

www.air-d.fr

contact@air-d.fr





Bureau d'étude strasbourgeois spécialisé dans la modélisation environnementale et des processus physico-chimiques en milieu urbain (qualité de l'air, surchauffes urbaines, crues, etc.) par mécanique des fluides numériques (CFD) et apprentissage automatique (machine learning, intelligence artificielle).



Christophe Legorgeu
Ingénieur ENSAIS
Président AIR&D



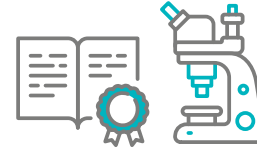
Dr. Nicolas Reiminger
Ingénieur ENGEES
Docteur de l'Université de Strasbourg (SI - Mécanique des fluides)
Chef de projets modélisations numériques / Responsable scientifique



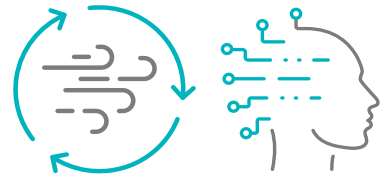
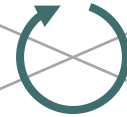
Ly Nguyen
Ingénieure intelligence artificielle
Doctorante en intelligence artificielle



Dr. Xavier Jurado
Ingénieur ENGEES
Docteur de l'Université de Strasbourg (IA / SI - Mécanique des fluides)
Chef de projets intelligence artificielle / Responsable technique



Plus de 100 études de qualité de l'air en France
(étude d'impact, d'incidence, AMO, ...)



Un lien étroit avec la recherche nationale (ICUBE et ICPEES) incluant deux thèses primées et une thèse en cours et plus d'une vingtaine d'articles de recherche



Un lien direct avec l'enseignement (ENGEES) et les experts de l'eau et de l'environnement (Astee) pour former les ingénieurs de demain



Joint Research Centre

FAIRMODE



Une participation active pour la recherche au niveau européen au travers du consortium FAIRMODE

Une matière première abondante et une boîte à outils mature : l'enjeu se déplace vers l'assemblage métier.

DONNÉES

Explosion de l'open data accessible

- **Capteurs & IoT**
Stations fixes, micro-capteurs, mesures continues
- **Satellite**
Copernicus / Sentinel — atmosphère, sols, couvert
- **Trafic**
Orange Flux Vision, données mobiles, comptages
- **Émissions**
CITEPA, inventaires sectoriels, données ATMO
- **Météo**
Open data Météo-France, ECMWF, ré-analyses

ALGORITHMES

Une famille adaptée à chaque type de problème

Séries temporelles

➡ LSTM, RNN

Séquences, langage

➡ Transformer

Images, cartes, champs spatiaux

➡ CNN

Modèles physiques

➡ Physics-Informed NN

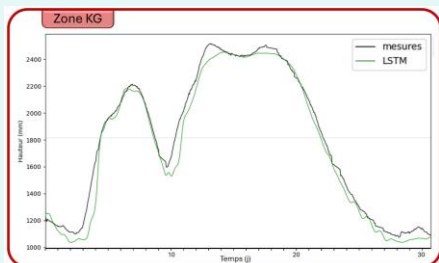
Graphes, réseaux, relations

➡ Graph Neural Networks

L'algorithme n'est plus le verrou — c'est l'assemblage métier qui fait la valeur.

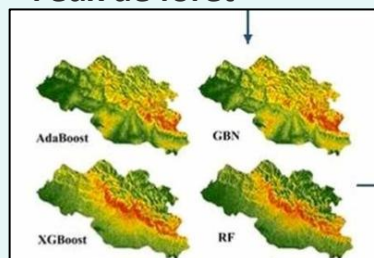
L'IA est déjà mobilisée sur de nombreux risques environnementaux.

01 Prédiction de crues



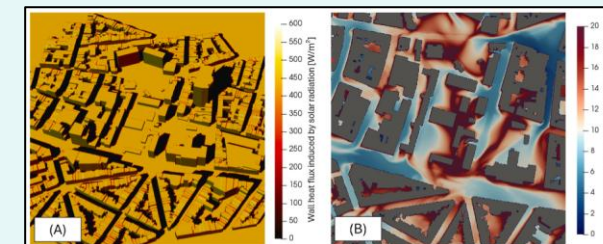
Modèles hydrologiques IA, alertes anticipées

02 Feux de forêt



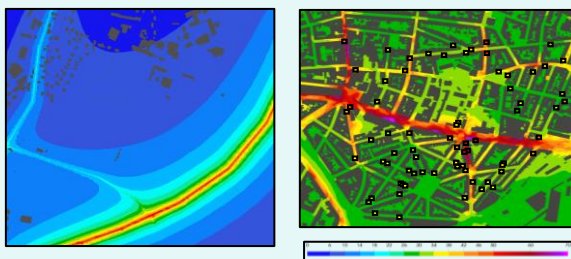
Satellite + CNN : détection précoce, suivi de propagation

03 Îlots de chaleur urbains



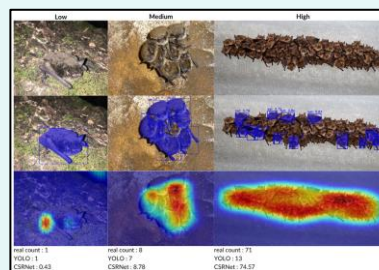
Cartographie thermique, prévision micro-climat

04 Qualité de l'air



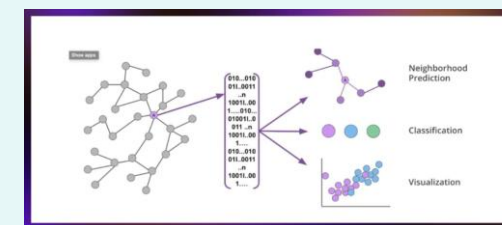
Dispersion, prévision, alertes pics

05 Biodiversité



Analyses écologiques, occupation des sols

06 Suivi écologique

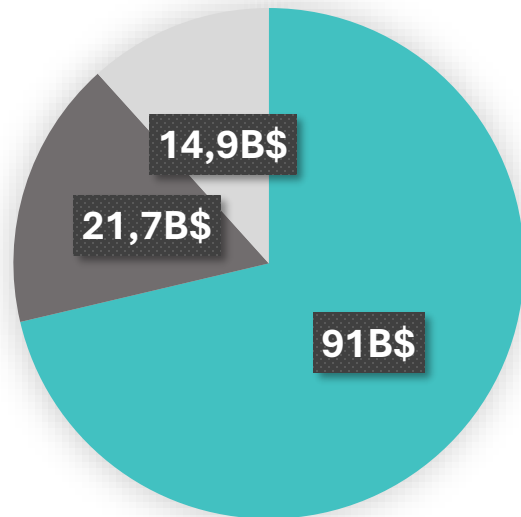


Faune, flore, qualité de l'eau

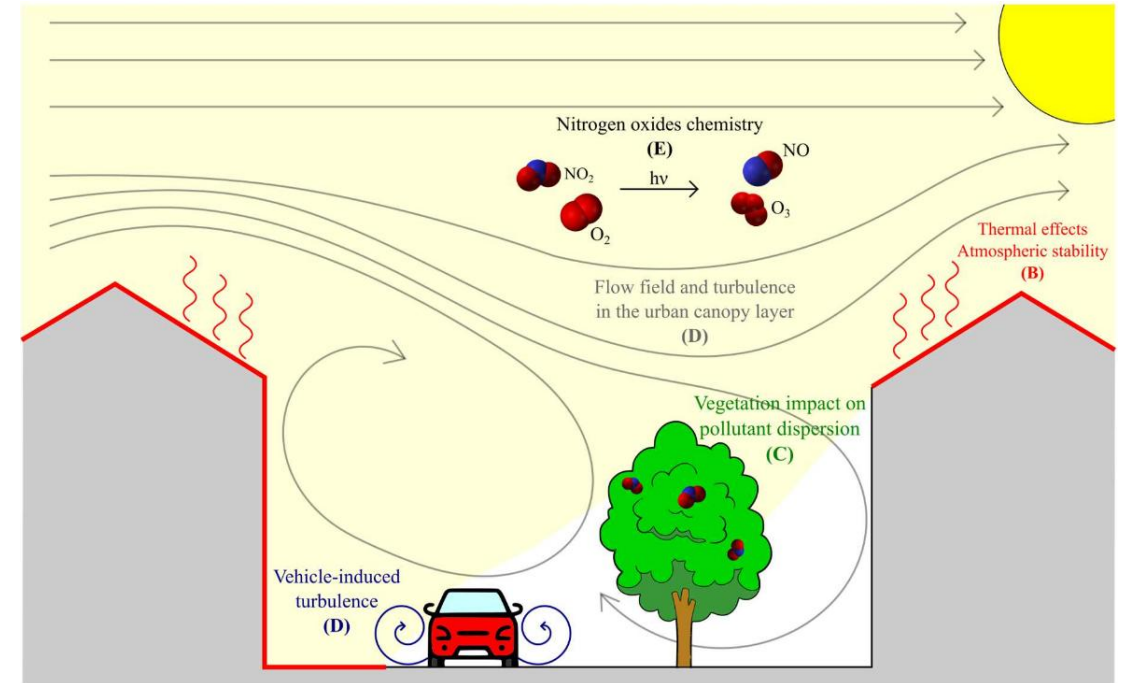
AIR&D contribue concrètement à ce mouvement — focus sur deux cas d'usage.

Impact sur la santé :

- 40 000 décès prématurés par an en France liés aux PM2,5
- Pathologies chroniques : Responsable de 5 à 10 % des AVC et infarctus, et 10 à 20 % des maladies respiratoires (asthme, cancers).
- Impact neurologique : Lien établi avec la baisse des performances cognitives.
- Espérance de vie : En Île-de-France, la pollution réduit l'espérance de vie de 10 mois en moyenne par an



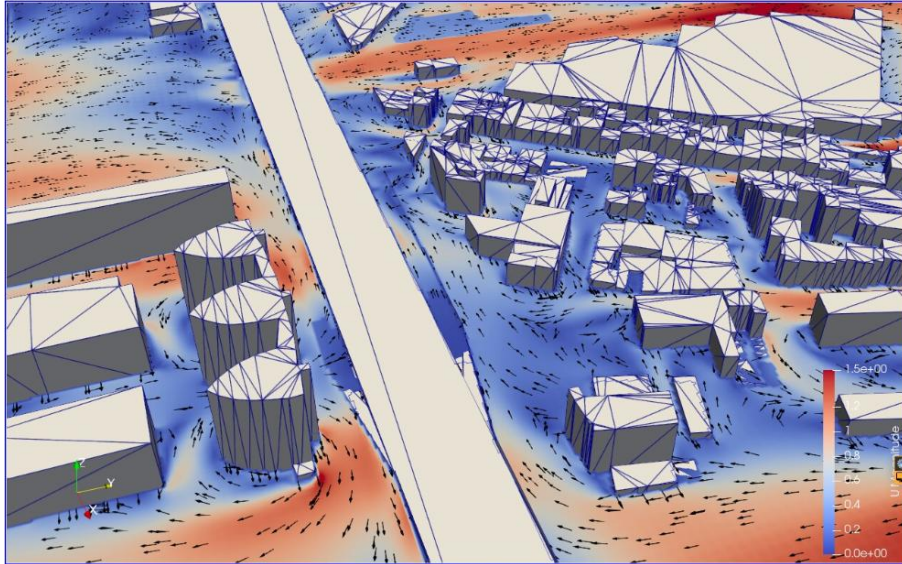
- control of emission
- purification systems
- air quality monitoring



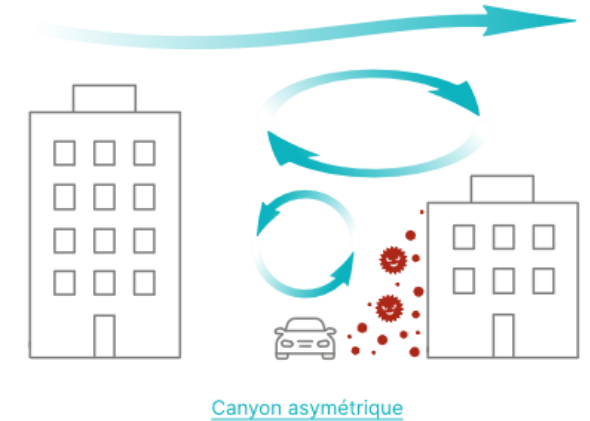
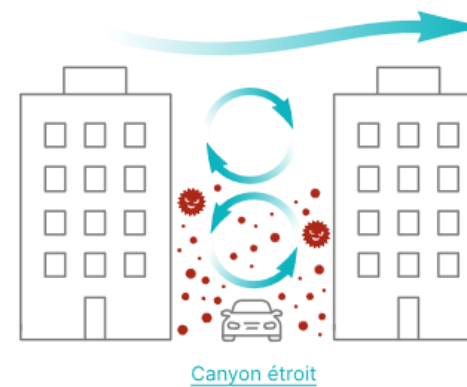
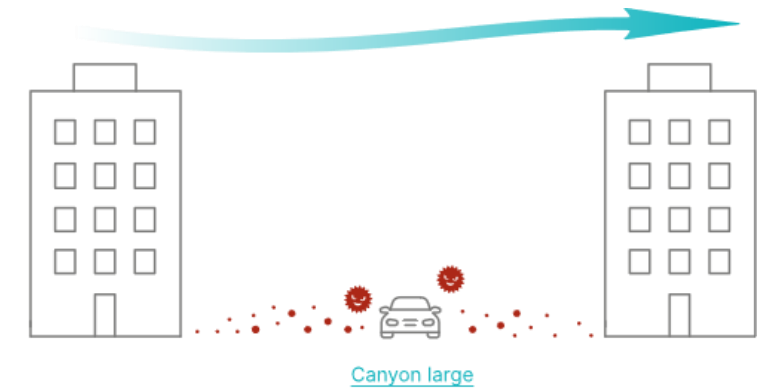
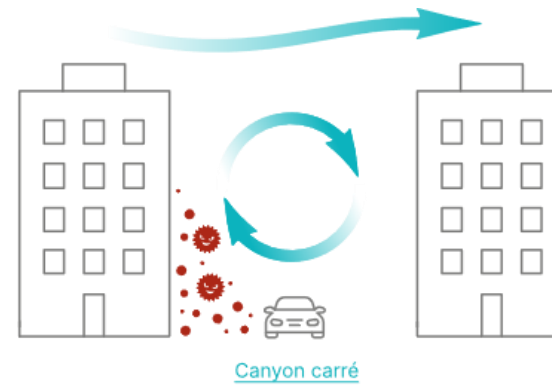
La France a été condamnée à des amendes de 20 millions en raison d'un manque d'action sur la qualité de l'air



Les villes ont besoin d'outils de décision et de communication pour faire preuve de transparence



L'aérodynamique urbaine est un **phénomène complexe**, non linéaire, souvent **contre intuitif** due à la présence d'obstacles



Garder la précision du CFD, casser sa lourdeur de calcul.

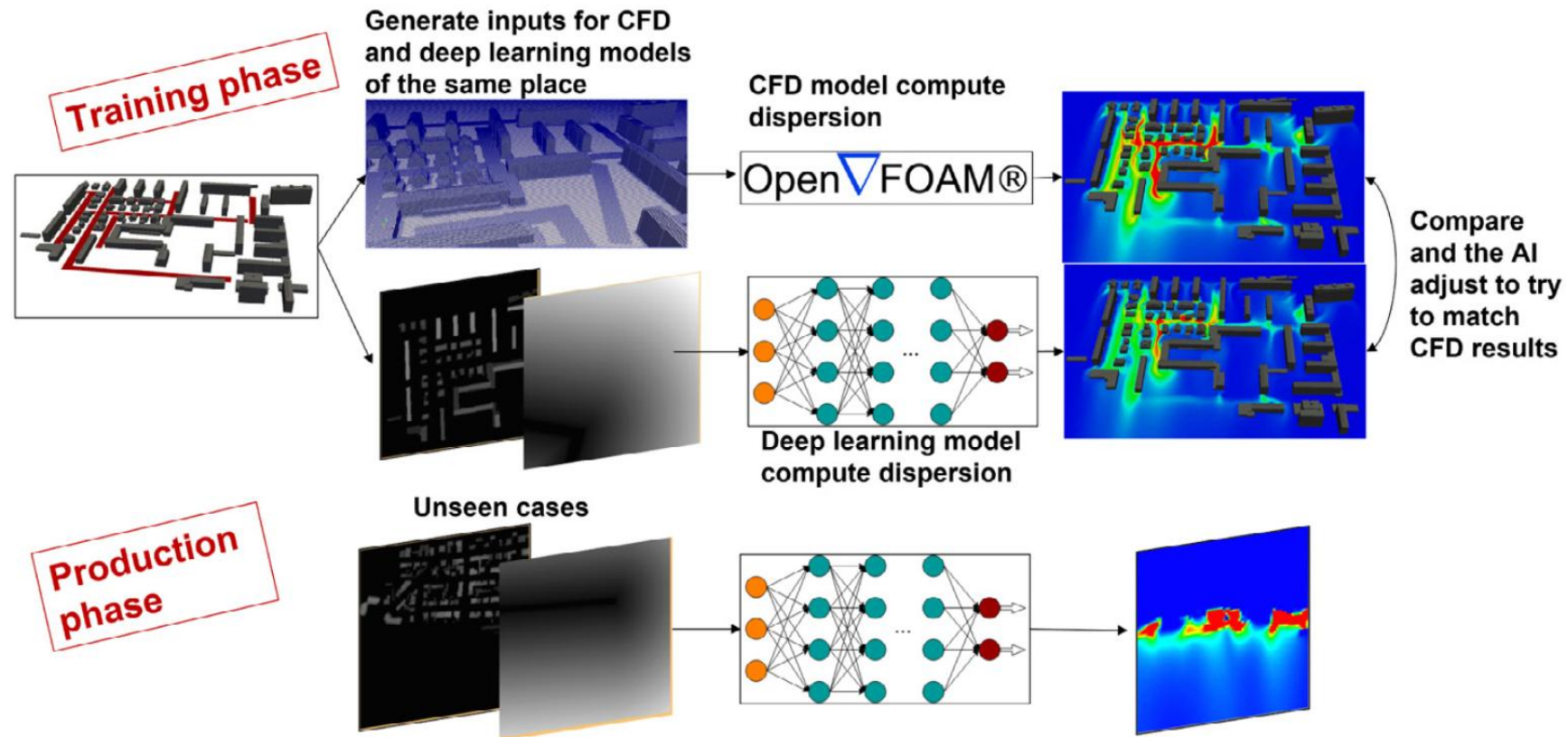
Choix de modèle : En général soit des modèles rapides avec des hypothèses simplificatrices pouvant les rendre imprécis, soit des modèles très fidèles à la physique du problème mais demandant des temps et ressources de calcul importants, tension entre les deux phénomènes



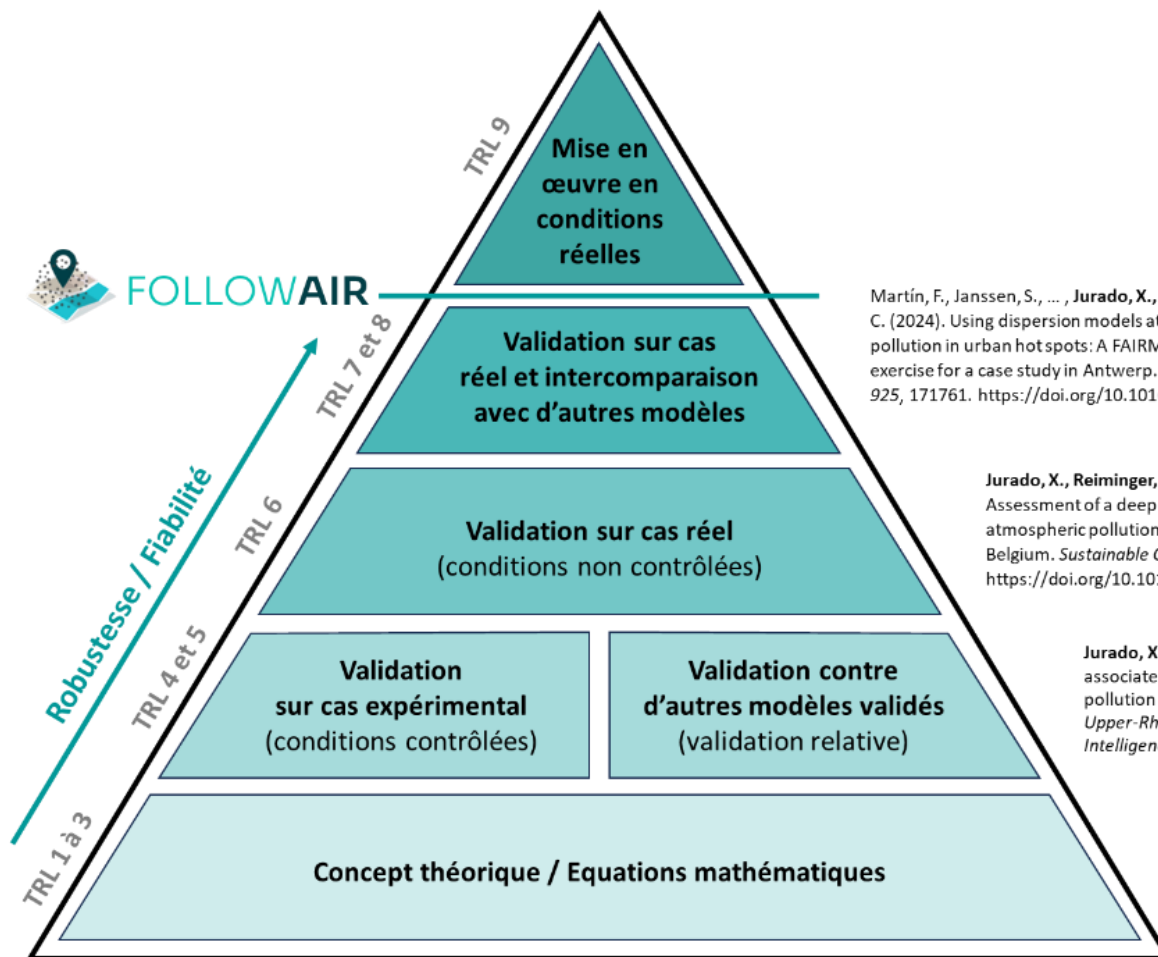
Travaux de thèse (X. Jurado) : Serait-il possible d'aboutir à un modèle s'approchant des résultats haute définition tout en conservant des temps de calcul adaptés à de grandes zones ou temps réels ?

COMMENT ÇA MARCHE : TRAINING & PRODUCTION

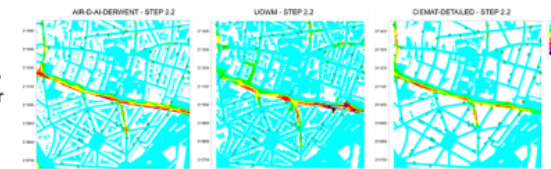
Garder la précision du CFD, casser sa lourdeur de calcul.



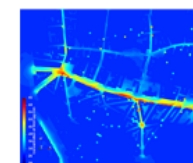
Une IA AIR&D qui s'appuie sur du CFD validé — pas une boîte noire.



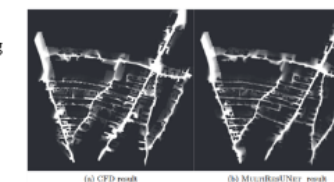
Martin, F., Janssen, S., ..., Jurado, X., Reiminger, N., Thunis, P., Cuvelier, C. (2024). Using dispersion models at microscale to assess long-term air pollution in urban hot spots: A FAIRMODE joint intercomparison exercise for a case study in Antwerp. *Science of The Total Environment*, 925, 171761. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171761>



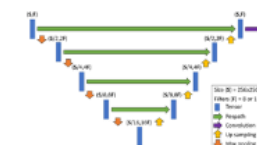
Jurado, X., Reiminger, N., ..., Wemmert, C. (2023). Assessment of a deep learning model for monitoring atmospheric pollution: Case study in Antwerp, Belgium. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104951. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104951>



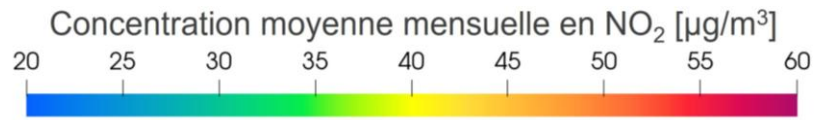
Jurado, X., Reiminger, ..., Wemmert, C. (2021). Deep Learning associated with Computational Fluid Dynamics to predict pollution concentration fields in urban areas. *UR-AI 2021 The Upper-Rhine Artificial Intelligence Symposium - Artificial Intelligence: Application in Life Sciences and Beyond*, 252.



Jurado, X., Reiminger, N., ..., Wemmert, C. (2022). Deep learning methods evaluation to predict air quality based on Computational Fluid Dynamics. *Expert Systems with Applications*, 203, 117294. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117294>



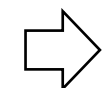
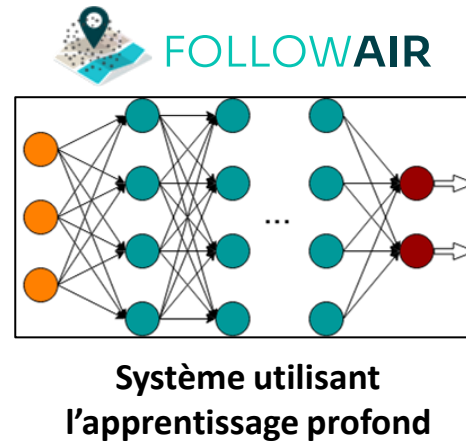
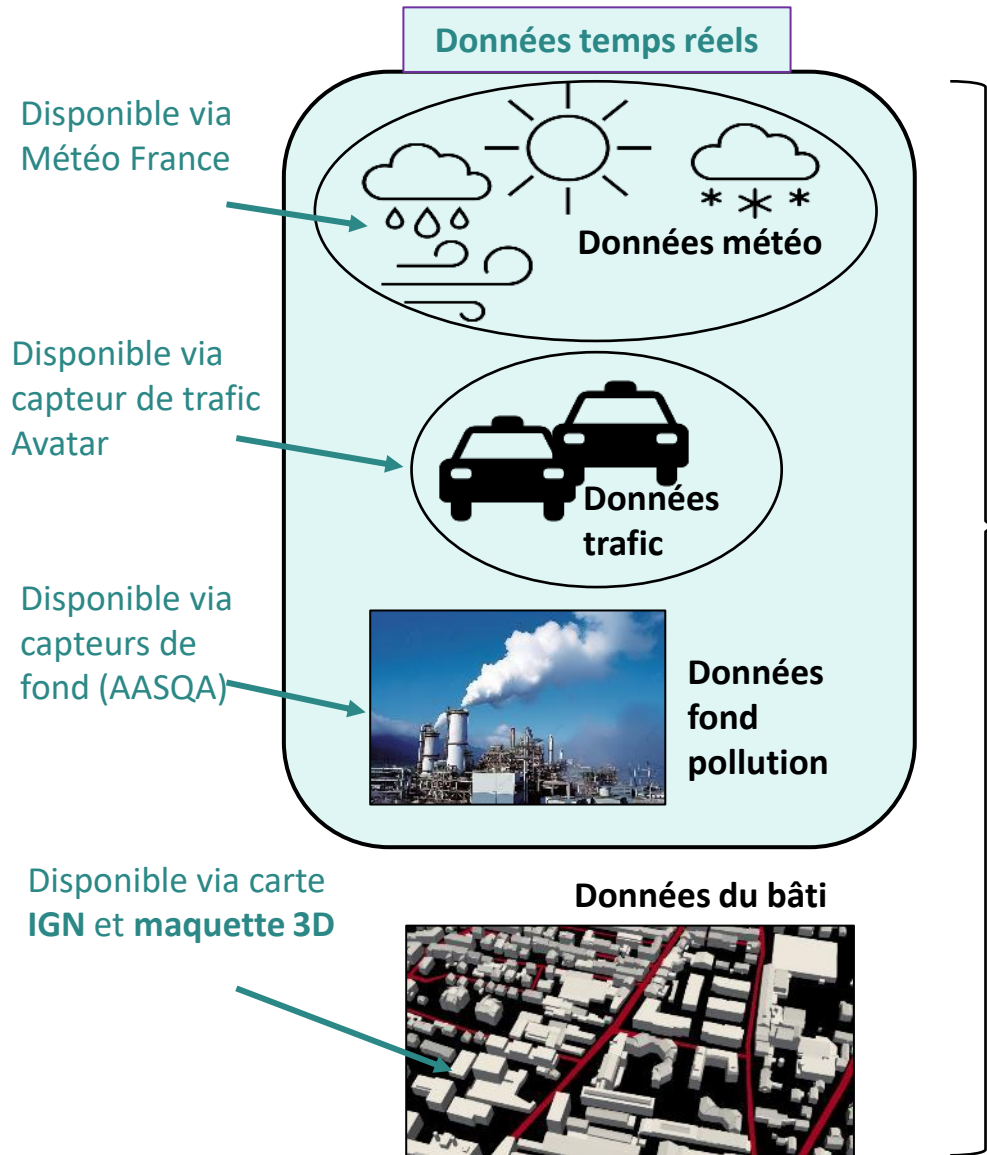
VALIDATION : PRÉCISION SUR LE TERRAIN



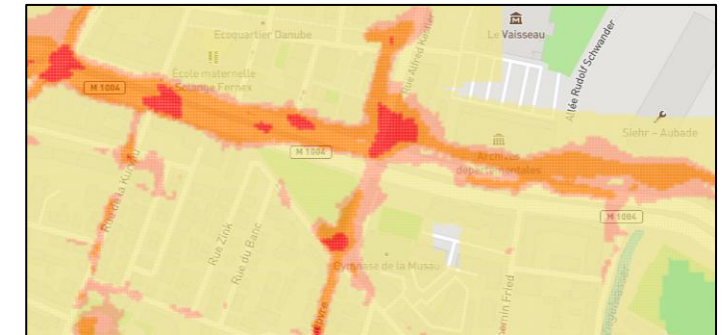
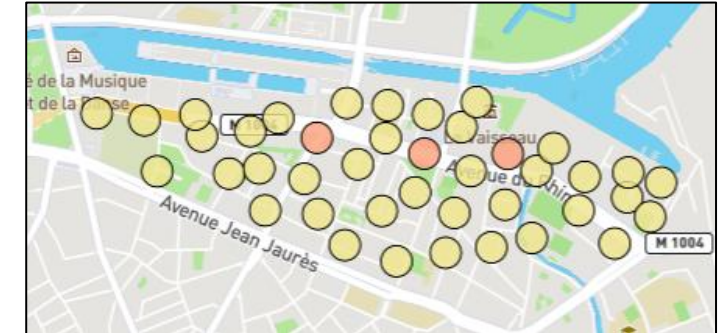
Modèle	FAC2	MFE	NMSE	MRE	R	NSD	Target
CFD	1,00	0,14	0,02	0,13	0,76	0,89	0,68
IA	1,00	0,17	0,06	0,18	0,72	0,82	1,20
Objectif	> 0,5*	–	< 1,5*	< 0,3***	> 0,65**	–	< 0,80**
Valeur parfaite	1	0	0	0	1	1	0

Accélération permise par l'IA : x 1 000

Reiminger, N., & Jurado, X. (2024). Modélisation micro-échelle de la qualité de l'air en milieu urbain par méthodes CFD et IA. *Techniques Sciences Méthodes*, 9, 41–53. <https://doi.org/10.36904/20240941>



Dispersion de la pollution émise par le trafic en temps réel



CAS N°1 – PREDICTAIR : DU TÉLÉPHONE À LA DISPERSION (FRANCE 2030)

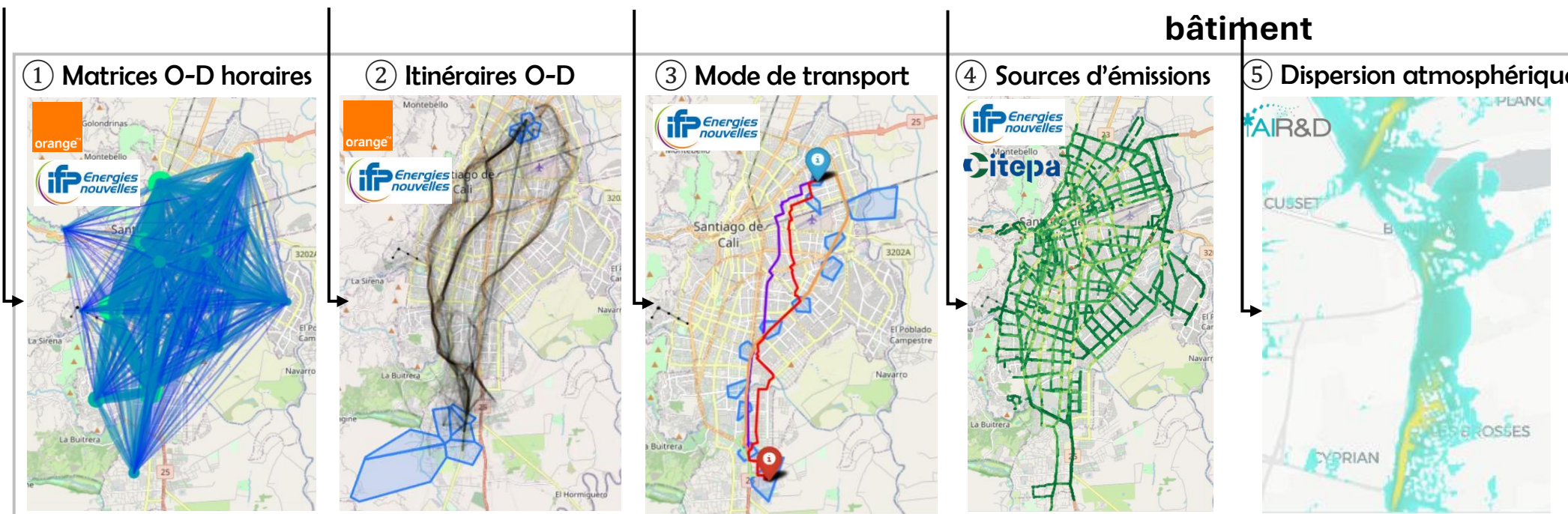
Téléphonie

Routes

CITEPA parc routier local

Floating Car Data

Données météo & bâtiment



- ↓
- Classification :
- SVM
 - Random Forests
 - ANNs

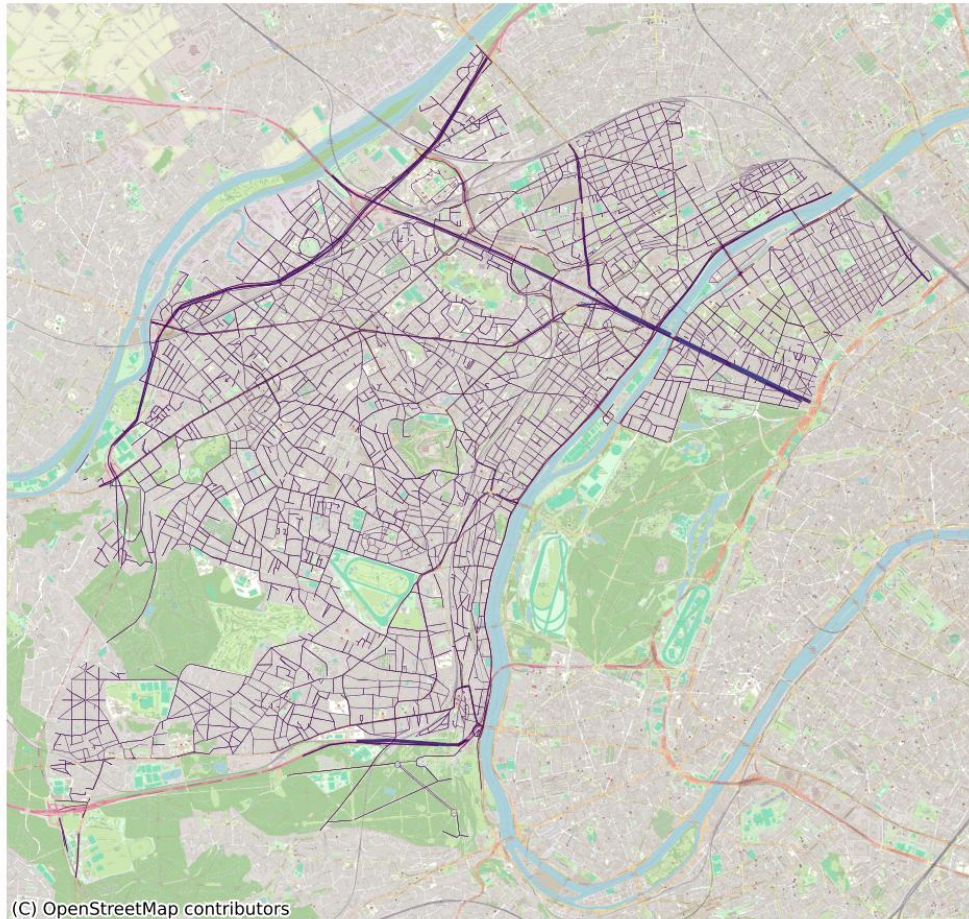
- ↓
- Génération :
- GANs
 - Transformers

- ↓
- Regroupement :
- DBSCAN
 - Clustering hiérarchique

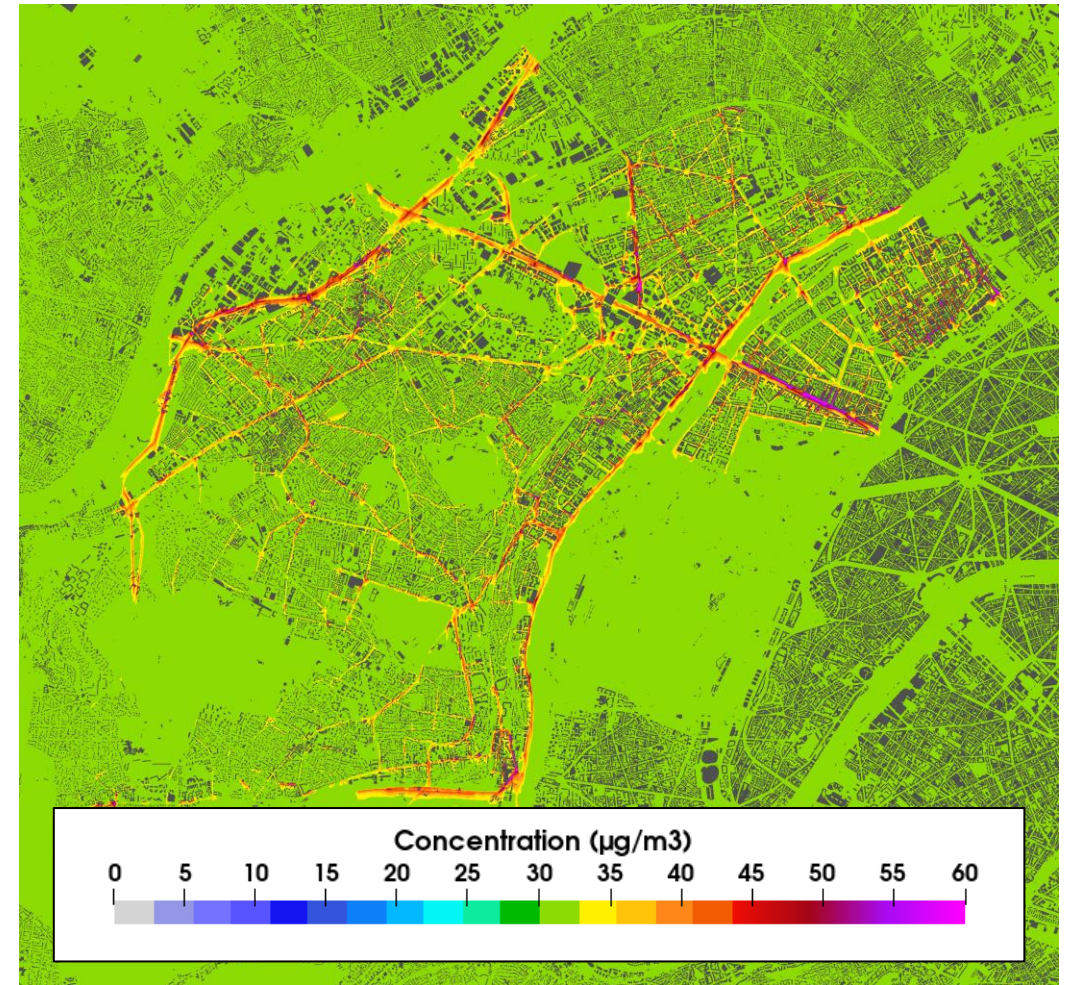
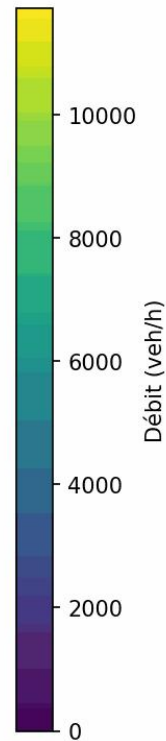
- ↓
- Estimation :
- ANNs
 - Transformers

- ↓
- Estimation :
- CNNs
 - Encoder Decoder

Débit jeudi 27/03/2025 - 00h

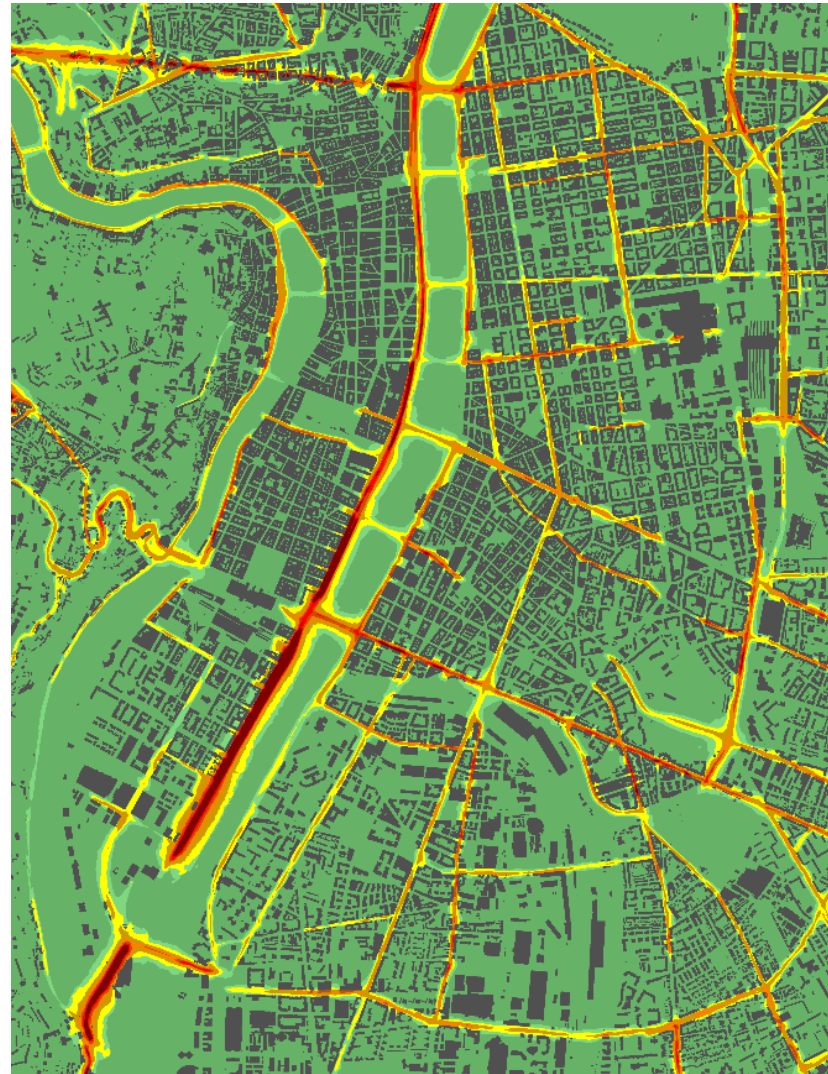


(C) OpenStreetMap contributors



Exemple d'application à Lyon
(16 x 12 km)

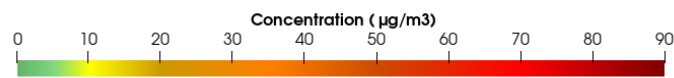
Résultats pour différentes hauteurs



Hauteur : 1,5 m



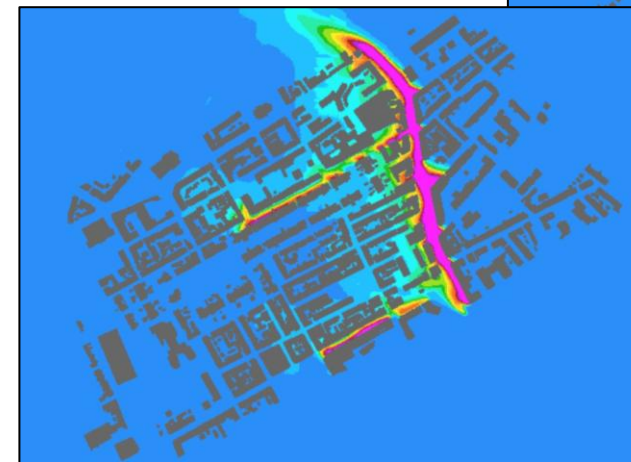
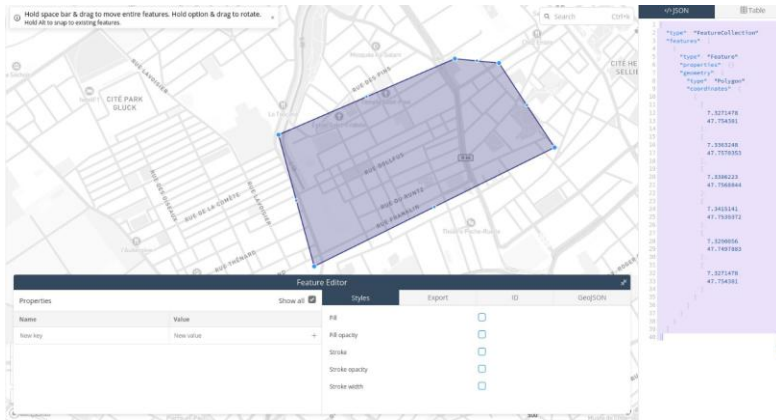
Hauteur : 6 m



CAS N°2 – MULHOUSE : OÙ PLACER LE MOBILIER URBAIN ?

MULHOUSE : OPTIMISER L'EXPOSITION DU MOBILIER URBAIN

De la carte de concentration à la décision d'aménagement.



Plusieurs configurations possibles,
plusieurs scénarios étudiés pour le
choix du mobilier urbain

De la carte de concentration à la décision d'aménagement.


The screenshot displays a web application interface for urban furniture management. The main component is a map of Mulhouse, France, showing various urban furniture locations marked with icons. The map includes labels for streets such as 'RUE DE STRASBOURG', 'RUE DE BERSTETT', and 'RUE DE NOEUFVILLEN'. Key locations marked include 'Hôpital Psychiatrique EPSAN à Cronenbourg', 'Centre Socio Culturel Victor Schoelcher', 'Parc de la Bergerie', and 'Zénith Europe Strasbourg'. The interface also features a search bar at the top with the text '210 Route De Mittelhausbergen, 67200 ...', a navigation panel on the right, and a JSON data panel at the bottom right showing the following structure:


```
1 {  
2   "type": "FeatureCollection",  
3   "features": []  
4 }
```


De la carte de concentration à la décision d'aménagement.



USAGES ACTIONNABLES

 **Prévention sanitaire**
Mobilier à faible exposition pour les usagers vulnérables

 **Aménagement urbain**
Alimentation des schémas directeurs et études ZFE

 **Concertation**
Argumentaire chiffré pour les débats publics

Une carte IA ne décide pas — elle outille la décision publique.

01

Les données sont là

Open data, GSM, satellite, capteurs.

L'enjeu, c'est l'assemblage métier.

02

L'IA augmente l'expertise

Elle ne la remplace pas.

CFD validé comme socle, IA comme accélérateur d'échelle.

03

Prévenir = échelle + précision

L'un sans l'autre ne suffit pas.

Échelle par l'IA, précision par le CFD.

Merci.

Questions, échanges, prolongements.

www.air-d.fr

CONTACTS

Dr. Xavier Jurado

Resp. technique — IA

xjurado@air-d.fr

Dr. Nicolas Reiminger

Resp. scientifique — CFD

nreiminger@air-d.fr