



Mesures In-situ l'essor des micro-capteurs

Aurélien Faucheux (CEREA), Jean-François Ribaud (LMD/IPSL),
Jean-Charles Dupont (IPSL) & Ninon Lauzanne (IPSL)

12 juin 2024

22ème Journée Scientifique du SIRTA



Contexte

- Pourquoi assiste-t-on à l'essor des micro-capteurs ?
 - Technologique :
 - « **très gros, très cher avant .vs. très petit et pas cher aujourd'hui** »
 - Toujours eu le besoin mais infaisable jusqu'à peu
 - Miniaturisation
 - Diminution coût du prix de production/vente -> de la recherche au grand public (tout le monde peut avoir un micro-capteur chez soi aujourd'hui)
 - Scientifique :
 - Explorer la variabilité spatiale
 - Multiplication des mesures
 - Validation et amélioration des modèles (couplage régional + local)



1ères expériences « SIRTA » au travers de PANAME et QUAFI

Plan

- 1 - Introduction des problématiques PANAME et QUAFI
- 2 - Présentation des micro-capteurs utilisés lors de ces campagnes
- 3 - Retours d'expériences
 - a - Premiers résultats (brutes)
 - b - Limitations et corrections

QUALité de l'air Fine Échelle (QUAFI)



- Projet du thème Composition atmosphérique et qualité de l'air (COMPOSAIR)
- Utilisation de micro capteurs pour la mesure de 3 polluants dans Paris
 - BC
 - PM₁, PM_{2.5}, PM
 - NO₂
- Objectifs :
 - évaluation de l'hétérogénéité des concentrations au sein de la rue,
 - comparaison à la modélisation fine échelle



- Initiative comportant plusieurs projets de recherche multidisciplinaires en région Parisienne
- Un des objectifs est de mieux comprendre les interactions entre la structure de la ville et les processus dans la CLA
- ANR-H2C : meilleure adaptation à la chaleur en ville
- Appris en 2022 : grand influence de la turbulence sur l'UHI et le potentiel de refroidissement des parcs urbains (Haeffelin et al., 2024)
- Pour 2023 : caractérisation spatiale de l'effet refroidissant des parcs urbains

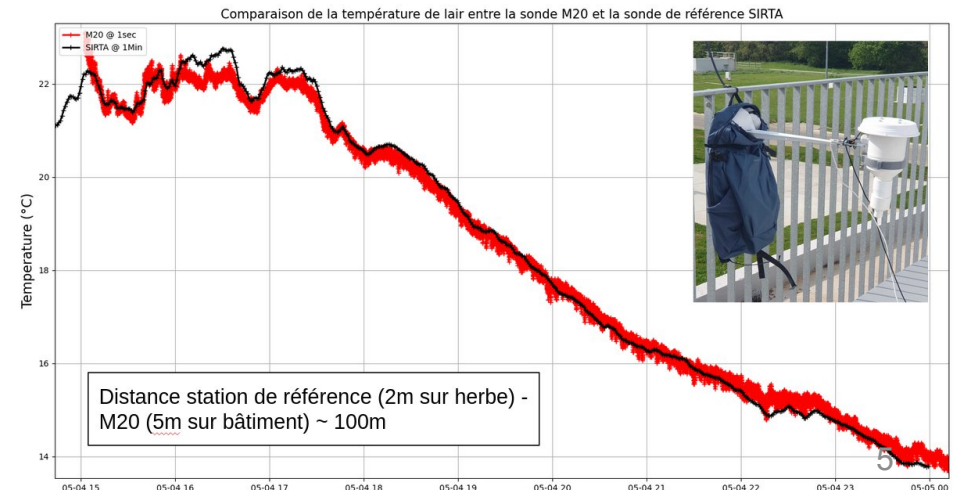
QUALité de l'air Fine Échelle (QUAFI)



- BC : AE51 d'Aethalab
 - Mesure optique (880nm)
 - 1 min,
 - Pas de données en temps réel
- NO₂ : Cairsens d'ENVEA
 - Mesure ampérométrique
 - 1 min,
 - Affichage numérique capteur
- PM : AtmoTrack
 - Compteurs optiques
 - Mesures à 5s
 - Données temps réel



- Sonde Modem M20 abri ventilé (5m/s)
- Mesures :
 - T°C
 - RH %
 - GPS (lat, lon)
 - Horodatage
- Résolution temporelle : 1s
- Logiciel acquisition sur Windows avec tracé sur une MAP en temps réel + historique



QUALité de l'air Fine Échelle (QUAFI)



- **Contraintes :**
 - Horodatage multi-capteurs
 - Pas de pluie
 - Logistique importante (disponibilité participants, acheminement matériels)
 - Phases fixes longues
- **Planification :**
 - Phase préliminaire :
 - Qualification au SIRTA LSCE (NB, VG, stage L3)
 - Tests faisabilité (Stage Laura Morel L3)
 - Mesures dans Paris
 - Choix des sites
 - Phase mesures co-localisées
 - Phase de mesures



- **Contraintes :**
 - 1h30 tout compris pour faire un transect autour d'un parc (pied/vélo)
 - IOP en « ciel clair »
- **Planification itinéraire :**
 - Koomot (<https://www.komoot.com/fr-fr>)
 - fichier exporté en .gpx
- **Suivre itinéraire :**
 - OsmAnd (<https://osmand.net/>, Android/IOS)
 - Télécharger carte IdF (gratuite 265Mo)

Planifier un itinéraire via Komoot

komoot Accueil Itinéraires Boutique Jean-François

Modifier le Tour
ElieWiesel_NEW_#1

Enregistrer le Tour

Rechercher un lieu ou une adresse

Sport Randonnée

Condition physique Intermédiaire

Type Aller simple

A Point de passage A
Afficher 34 points de passage

B Point de passage B

01:19 4,30 km 20 m 20 m

Facile Randonnée - Facile. Tous niveaux de condition physique. Sentiers facilement accessibles. Tous niveaux.

TYPES DE CHEMINS

- Sentier de randonnée: < 100 m
- Chemin: 3,94 km
- Rue: 188 m

-> on récupère un fichier .gpx

Suivre un itinéraire via OsmAnd App

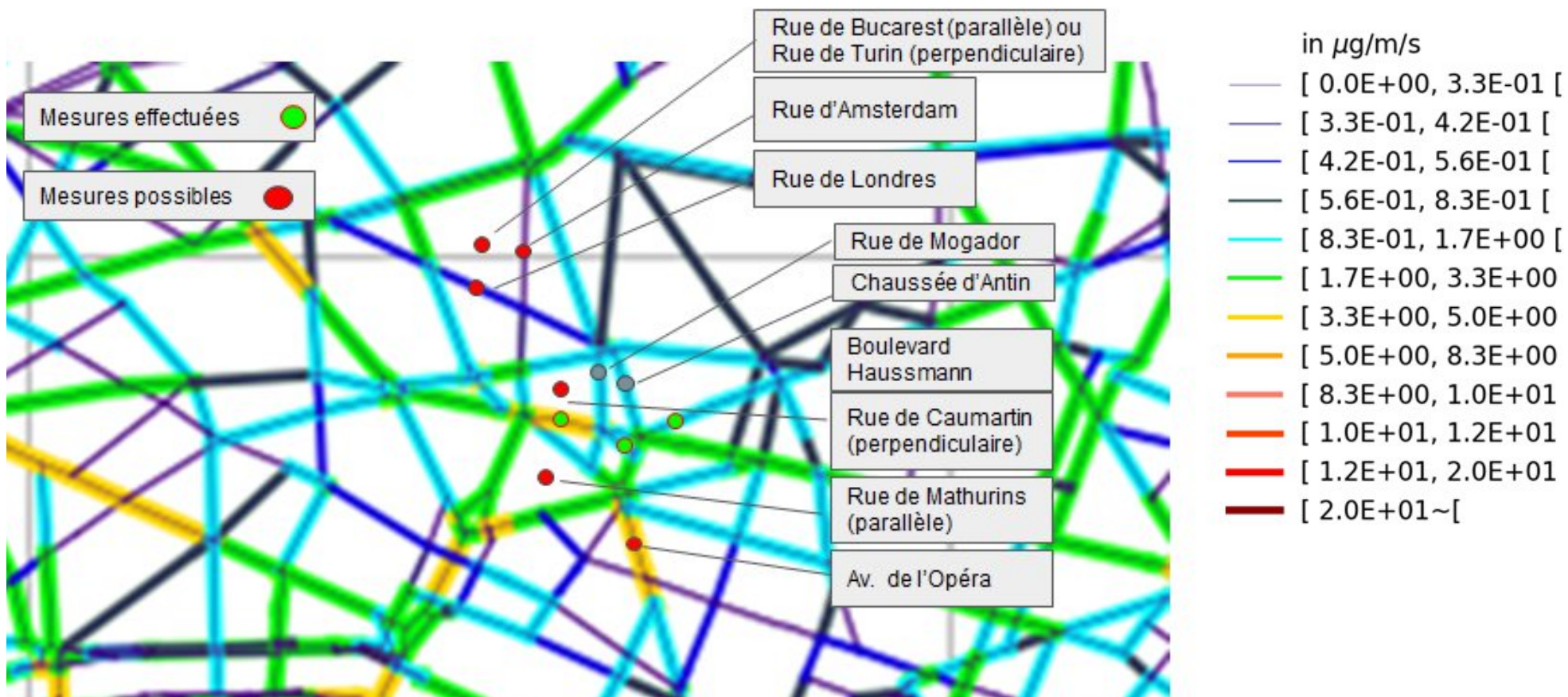
Navigation (sous Android)



A partir du fichier .gpx créé sur Komoot

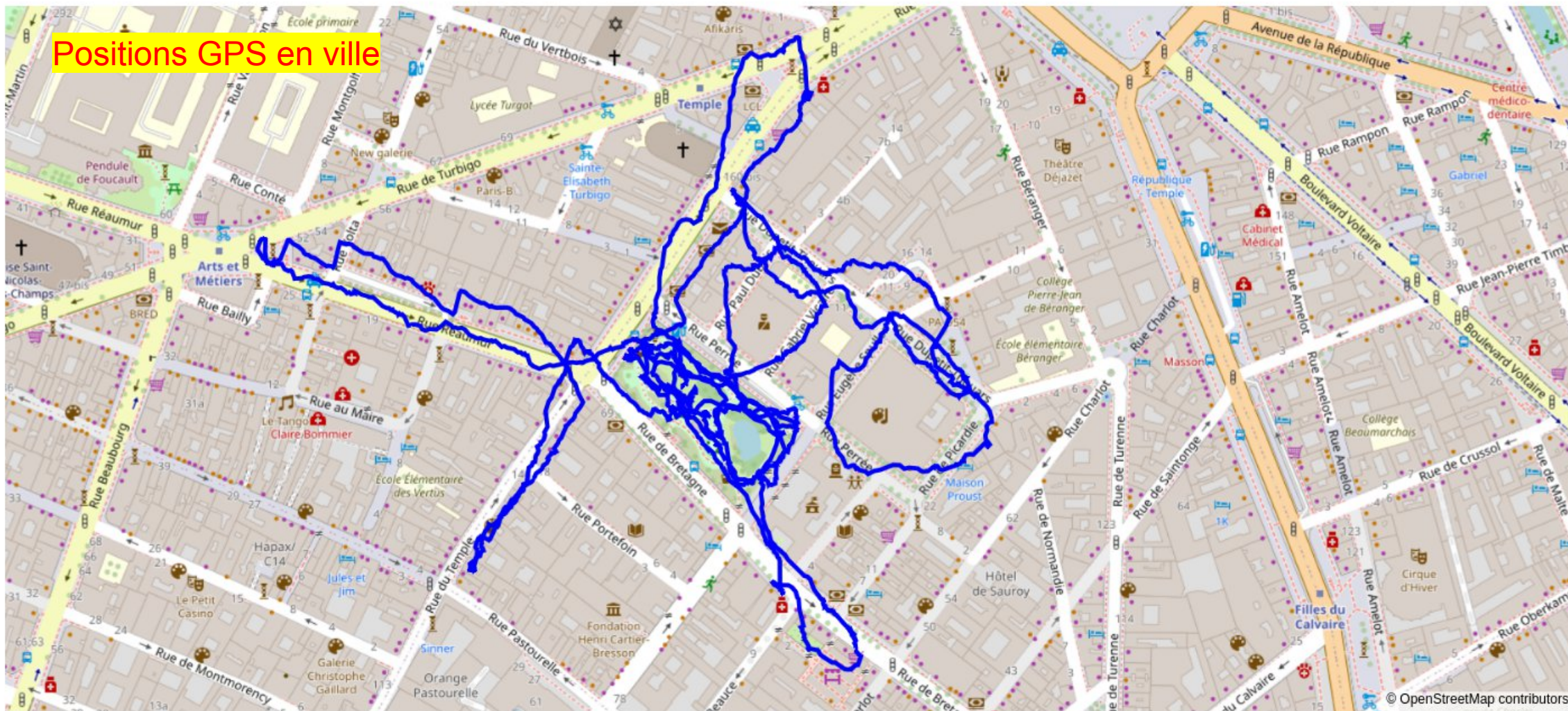
Une fois le parcours effectué, le tracé initial (GPX) reste en rouge

Choix d'un site



- proximité station référence (Airparif)
- critères :
 - rue modélisée / non modélisée
 - concentrations
 - direction du vent

Résultats : difficilement exploitable



raw

Corrections des coordonnées GPS

Map Matching : « la solution magique »

Utilisation de l'outil Valhalla (<https://github.com/gis-ops/docker-valhalla>)

Avec l'aide précieuse de Marc-Antoine Drouin (LMD) !

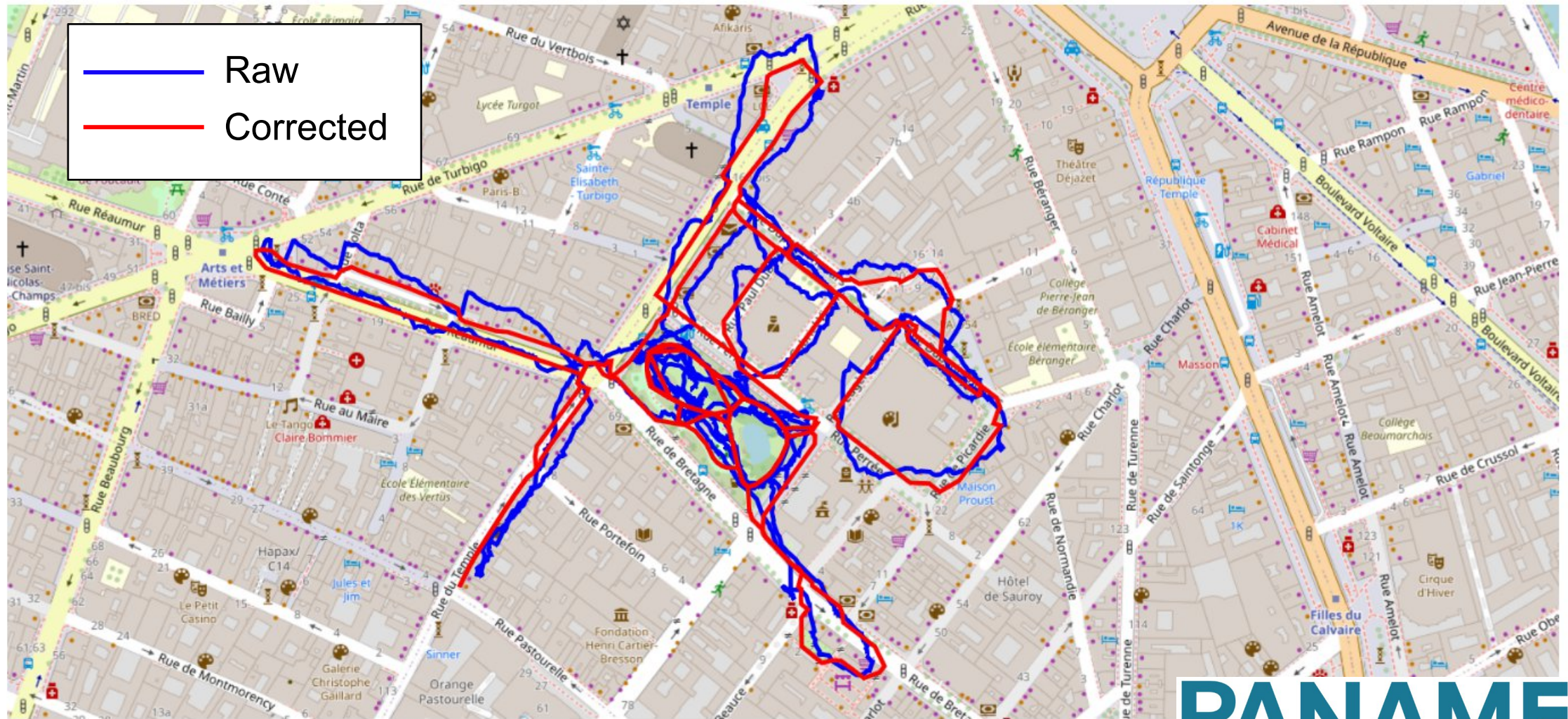
Beaucoup de temps pour comprendre son utilisation :

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-022-01340-5>
- <https://gis-ops.com/valhalla-how-to-run-with-docker-on-ubuntu/>
- <https://towardsdatascience.com/map-matching-done-right-using-valhallas-meili-f635ebd17053>
- <https://ikespand.github.io/posts/meili/>
- <https://valhalla.github.io/valhalla/api/map-matching/api-reference/>

Recette aujourd'hui dans un dépôt GitLab :

<https://gitlab.in2p3.fr/ipsi/sirta/dev-info/tools/map-matching>

Après application du map matching



Peut-on aller plus loin dans l'exploitation géographique via Valhalla ? (nom des rues, type de surface, dans ou en dehors parc, ...)

Toujours avec Valhalla mais autre fonctionnalité.

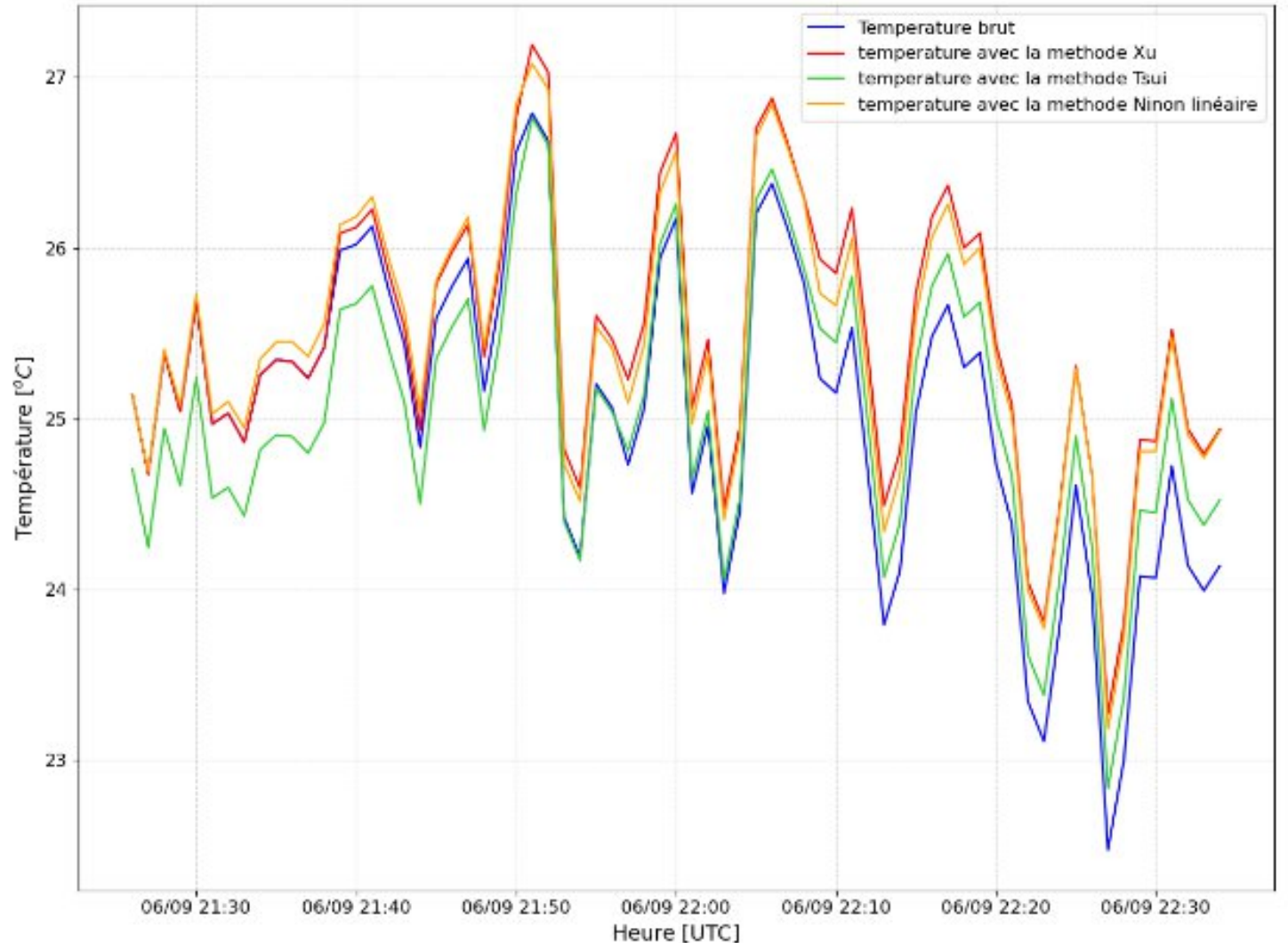
1er essai - stage Ninon Lauzanne (voir Poster)

col, température, rh, time, lat, lon, distance, street_name, surface, use, park

```
458,21.13,78.43,2023-07-11 23:28:46,48.823544,2.335988,12.552,Rue Nansouty,paved_smooth,road,True
459,21.16,78.66,2023-07-11 23:28:47,48.82362,2.336049,11.791,Rue Nansouty,paved_smooth,road,True
460,21.1,78.97,2023-07-11 23:28:48,48.823705,2.33613,11.998,Rue Nansouty,paved_smooth,road,True
461,21.04,78.94,2023-07-11 23:28:49,48.823784,2.336234,10.467,Rue Nansouty,paved_smooth,road,True
462,21.04,78.54,2023-07-11 23:28:50,48.823843,2.336315,9.855,Rue Nansouty,paved_smooth,road,True
463,20.99,78.63,2023-07-11 23:28:51,48.823897,2.336389,11.475,Rue Nansouty,paved_smooth,road,True
464,20.96,78.71,2023-07-11 23:28:52,48.823957,2.336514,12.543,Avenue Reille,paved_smooth,road,True
465,20.93,79.67,2023-07-11 23:28:53,48.823989,2.3366,13.515,Avenue Reille,paved_smooth,road,True
466,21.02,78.87,2023-07-11 23:28:54,48.824014,2.336667,15.052,Avenue Reille,paved_smooth,road,True
467,21.16,78.46,2023-07-11 23:28:55,48.824052,2.33677,14.891,Avenue Reille,paved_smooth,road,True
468,21.24,78.23,2023-07-11 23:28:56,48.824093,2.336888,15.46,Avenue Reille,paved_smooth,road,True
469,21.27,78.46,2023-07-11 23:28:57,48.824125,2.336987,14.684,Avenue Reille,paved_smooth,road,True
470,21.32,78.46,2023-07-11 23:28:58,48.824149,2.337097,10.857,Avenue Reill]
```


Corrections géophysiques

- Après les corrections géographiques il faut prendre en compte les corrections géophysiques
- Exemple de prise en compte du refroidissement lors du transect avec la M20

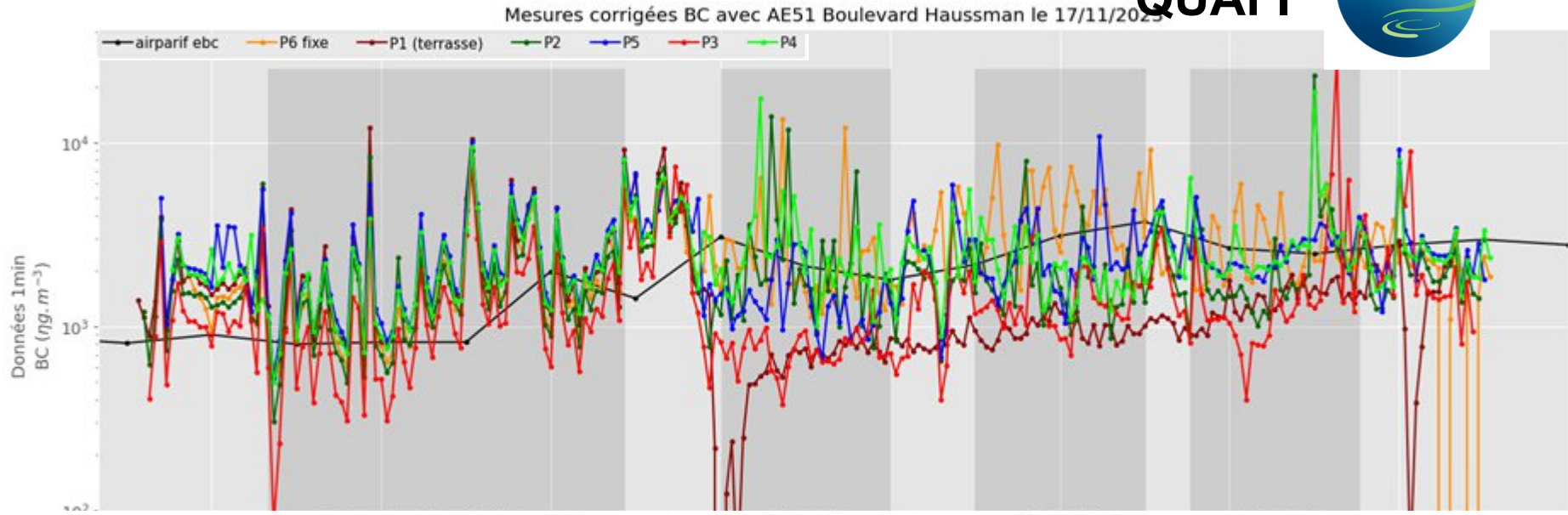


Corrections géophysiques

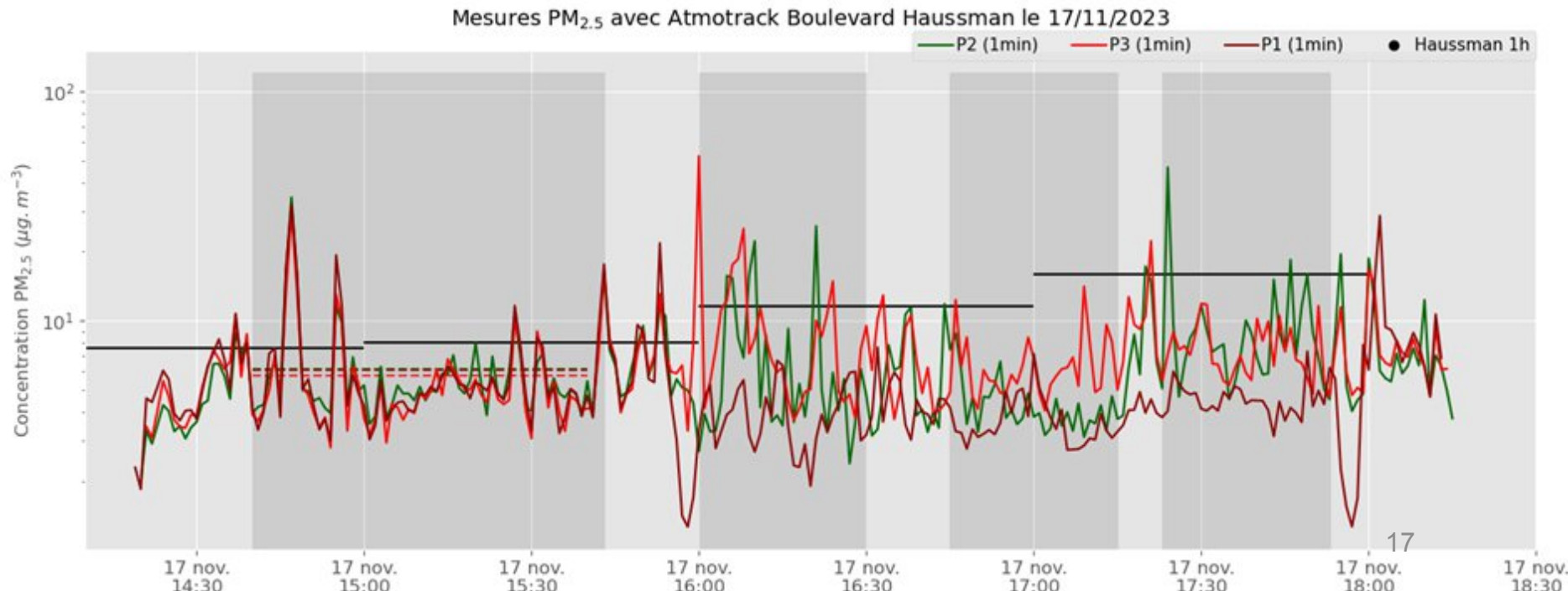
QUAFI



- Données BC corrigées des coefficients de obtenus en intercomparaison (SIRTA LSCE)



- Données non corrigées de PM_{2.5}



Key notes

- **Premières expériences :**
 - Pas d'outils clés en main pour la recherche
 - Il faut tout re-développer / reprendre
- **Beaucoup de (temps de) préparation**
 - Comment planifier un itinéraire ? -> Komoot
 - Comment suivre un itinéraire ? -> OsmAnd
- **Beaucoup de post-traitements :**
 - Plusieurs capteurs : plusieurs formats en sortie (csv, nc, ...) - > **reformatage**
 - Correction des coordonnées GPS : Map Matching via Valhalla
 - ...
- Aujourd'hui on a de nouvelles méthodes / outils / procédures / protocoles à disposition :
 - **Comment partager cette expérience ?**
 - Mise à disposition des outils / données ? Formation ? Quelle plateforme AERIS ? IPSL ? Article ?
 - Dépôt GitLab qui a été commencé (besoin pédagogique également)
 - Quelle veille scientifique / Technologique / Méthodologique ?
 - Séminaire IPSL ?