

Mastering Mobility: Comprendre la qualité de l'air et son rôle dans le transport urbain

Le 16 novembre | 10:00-11:30 CET



Bienvenue à la Série de formations *Mastering Mobility!*

- ✓ Apprendre
- ✓ Échanger
- ✓ Connecter

02.11.2021 Types de données et méthodes de collecte pour un diagnostic de la mobilité urbaine

10.11.2021 Le tramway comme système de transport de masse durable : Évaluation ex-post des tramways marocains

16.11.2021 **Comprendre la qualité de l'air et son rôle dans le transport urbain**

23.11.2021 Intégrer la qualité de l'air dans la planification de la mobilité durable

29.11.2021 Réformer le transport artisanal avec le tout nouveau catalogue de mesures de MobiliseYourCity

30.11.2021 Quel est votre potentiel d'investissement : Réalisez une évaluation financière de votre ville

07.12.2021 Réflexion sur les obstacles et cocréation de solutions pour des villes actives et piétonnes



Ordre du jour

- 10:00 Introduction à la session d'aujourd'hui
Vincent Larondelle
- 10:05 Wordcloud: Que signifie pour vous le terme 'qualité de l'air' ?
Vincent Larondelle
- PARTIE 1**
- 10:10 Que signifie la qualité de l'air et pourquoi est-elle importante ?
Marie-Pierre Meillan
- 10:15 Quels sont les principaux polluants et d'où viennent-ils ?
Marie-Pierre Meillan
- 10:20 Impacts de la pollution atmosphérique
Marie-Pierre Meillan
- 10:30 Transports et pollution de l'air, exemple en région parisienne
Juliette Laurent
- 10:40 Pause

- PARTIE 2**
- 10:45 Sondage
Vincent Larondelle
- 10:50 Qualité de l'air et transports : informations nécessaires pour un diagnostic
Juliette Laurent
- 11:00 Etude de cas 1 : Micro-capteurs et cartographie des polluants atmosphériques à Yaoundé
Sandra Monsalve, Arnauld Ndzana
- 11:20 Q&R, aperçu de la prochaine session, commentaires des participants
Vincent Larondelle

Objectifs de la session

- Comprendre la différence entre Émissions de gaz à effet de serre (GES) et pollution atmosphérique
- Aperçu des principaux polluants atmosphériques, de leurs effets sur la santé et de leurs principales sources.
- Comprendre la contribution des transports à la pollution atmosphérique

Panel des intervenants



Intervenant
Arnaud Ndzana
FASEP Yaoundé
Ville de Yaoundé



Intervenant
Juliette Laurent
Coordinatrice partenariats et
relations internationales Airparif



Intervenant
Marie-Pierre Meillan
Chargée de mission
internationale à la direction
européenne et internationale
Ademe



Intervenant
Sandra Monsalve
FASEP Yaoundé
DVDH



Modérateur
Vincent Larondelle
Monitoring et evaluation
MobiliseYourCity

Que signifie la qualité de l'air et pourquoi est-elle importante ?

La pollution de l'air, un enjeu de santé publique

Figure 16: Deaths attributable to AAP in 2012, by country



AAP: Ambient air pollution

Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease, WHO 2016

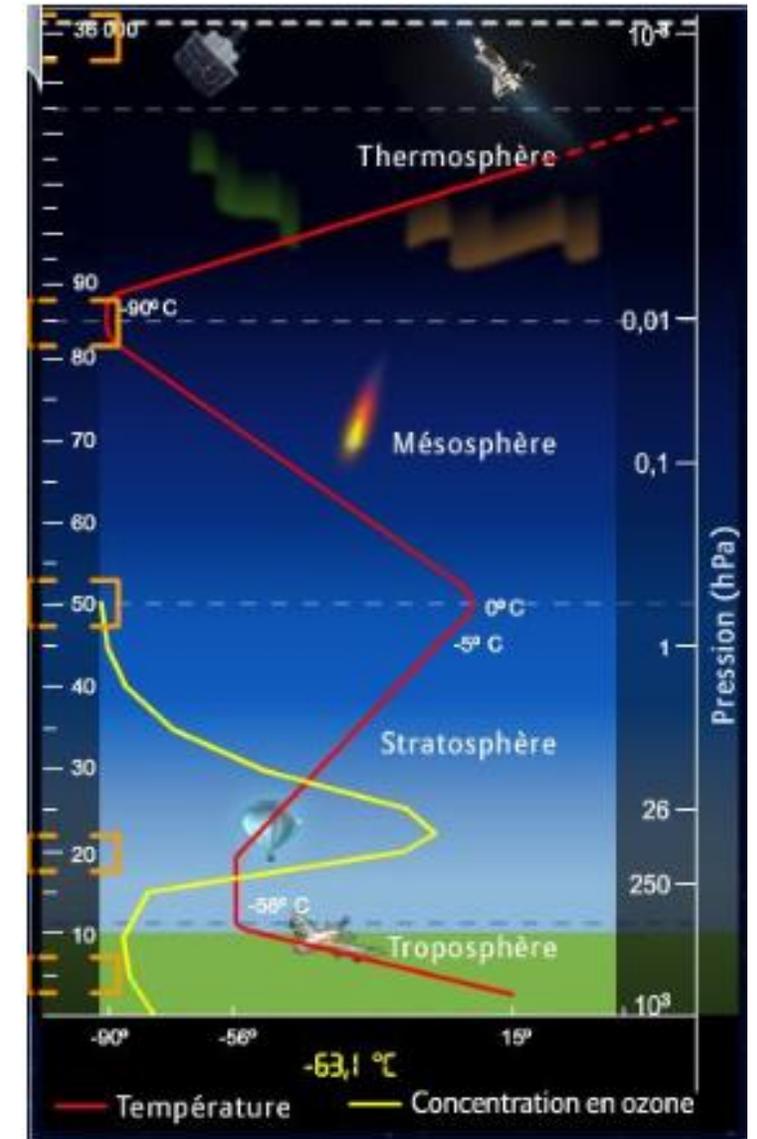


ADEME

7 millions de décès prématurés dus aux effets de la pollution de l'air (OMS)

Composition de l'air et structure de l'atmosphère

Gaz constituants de l'air sec	Pourcentages en volume
Azote (N ₂)	78,09
Dioxygène (O ₂)	20,95
Argon (A)	0,93
Dioxyde de carbone (CO ₂)	0,035
Néon (Ne)	1,8 10 ⁻³
Hélium (He)	5,24 10 ⁻⁴
Krypton (Kr)	1,0 10 ⁻⁴
Hydrogène (H ₂)	5,0 10 ⁻⁵
Xénon (Xe)	8,0 10 ⁻⁶
Ozone (O ₃)	1,0 10 ⁻⁶
Radon (Rn)	6,0 10 ⁻¹⁸



<http://education.meteofrance.fr/>

Emissions / concentrations



Quelques données chiffrées en France (CITEPA, 2020)

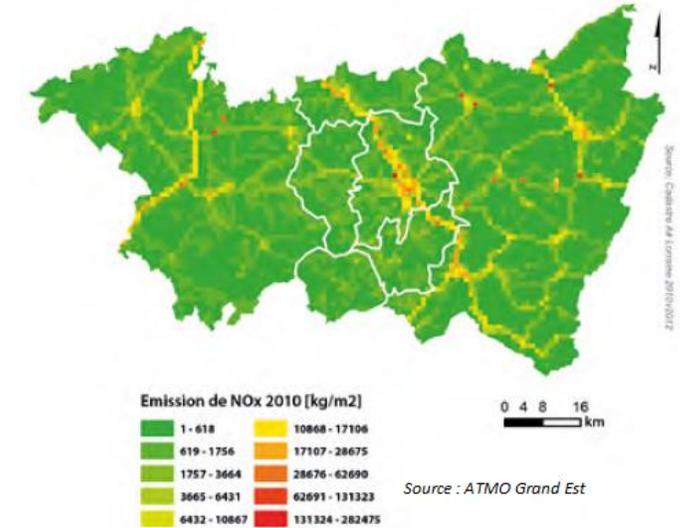
- Environ **90%** des émissions de particules primaires et d'oxyde d'azote liés au transport routier proviennent des véhicules Diesel
- **84%** des émissions de particules fines du secteur résidentiel sont liées au chauffage

La pollution de l'air en 10 questions, ADEME 2020

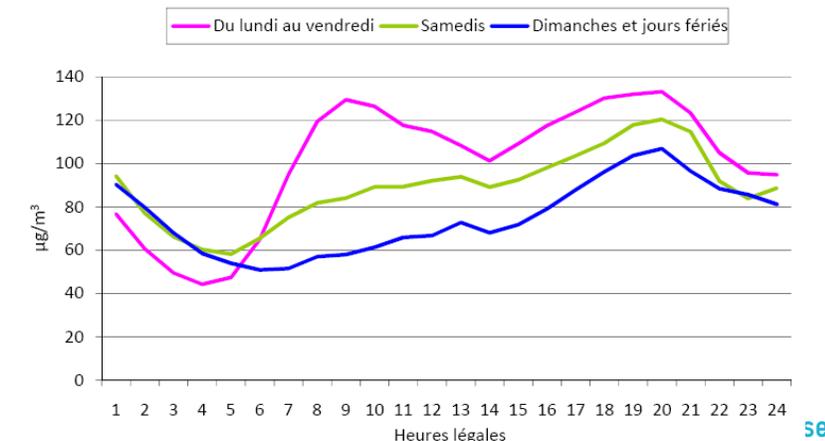
Emissions / concentrations

- **Un inventaire des émissions** consiste à recenser la nature et la quantité des **polluants atmosphériques émis par différentes sources** en fonction de leur localisation et sur un temps donné. Lorsque les émissions sont réparties géographiquement, on parle généralement de cadastre des émissions.
- **Les concentrations** correspondent à la masse de polluant par volume d'air. Elles peuvent être transformées en indice de la qualité de l'air. Ce sont les concentrations locales que nous respirons. Evaluer ces concentrations nécessite la mise en place de stations de réseaux de mesure.

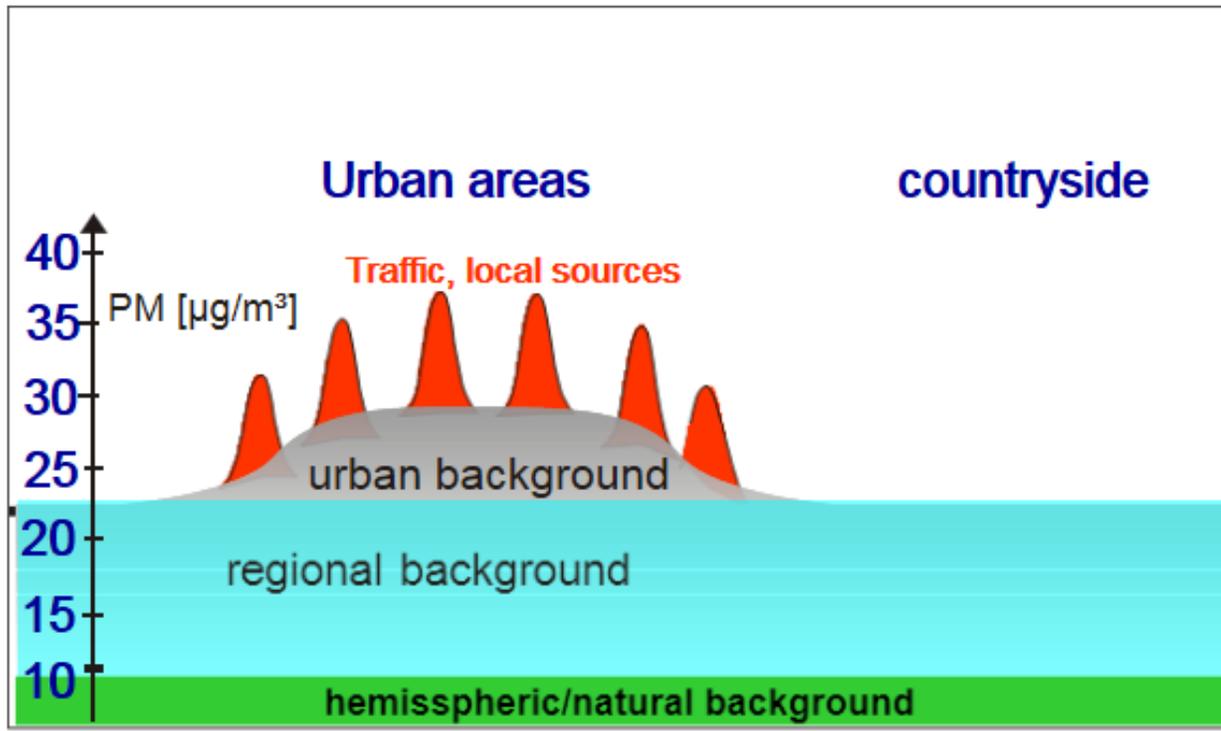
• Cadastre d'émission de NO_x sur le périmètre du SCoT et du département des Vosges
(source : Air Lorraine)



PROFIL JOURNALIER MOYEN EN DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)
SUR LA STATION TRAFIC DE LA PLACE VICTOR BASCH
POUR L'ANNEE 2010



Emissions / concentrations



Source : Martin Lutz, Sénat de Berlin

Les concentrations de polluants sont souvent décomposées en la somme de pollutions de fond et de pollutions d'origine plus locale.

Concentrations inhomogènes, variant d'un jour à l'autre

Polluants réactifs

O ₃	: qq heures
NO _x	: 1,5 jours
SO ₂	: 5 jours
Particules	: qq jours
COV	: 0,5 - 60 jours
CO	: 2 mois
CH ₄	: 7 ans
CFC	: 7 - 150 ans

Emissions / concentrations : influence des conditions météorologiques

• Le vent



Absence de vent : concentration des polluants.
Vent modéré : bonne dispersion des polluants.
Vent fort : effet panache et pollution localisée.

• La pluie



Les gouttes de pluie et les gouttelettes de brouillard piègent polluants gazeux et particules pour les entraîner vers le sol.

• La topographie



Les obstacles naturels, les constructions ou les phénomènes de brise de terre et de mer sur le littoral, peuvent gêner la dispersion des polluants.

rt urbain

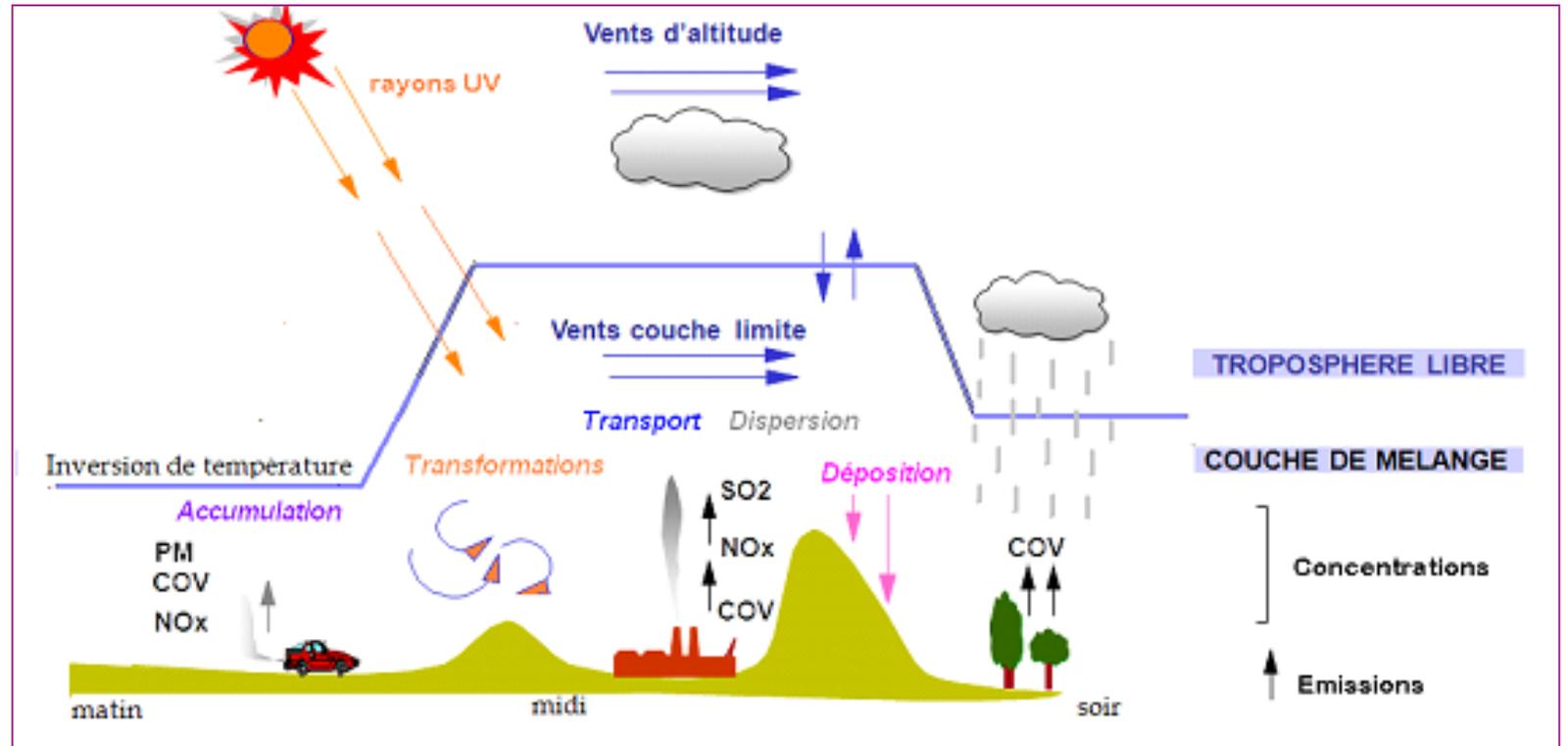


Illustration Airparif

Gaz à effet de serre / pollution atmosphérique : comment faire la différence ?

- **Polluants de l'air** : composés de gaz toxiques ou de particules nocives, ont un effet direct sur la santé et les écosystèmes.

 **Impacts à court terme**

- **Gas à effet de serre** : sont responsables du changement climatique. Ils restent très longtemps dans l'atmosphère mais ont peu d'effets directs sur la santé (à l'exception notable de l'ozone, qui est aussi un polluant de l'air).

 **Impacts à long terme**

Pollution de l'air et changement climatique

► Polluants

Principales sources de pollution (air et climat) :

Short lived compounds (SLCs) y compris suie.

Impact du changement climatique sur la pollution de l'air

Augmentation du poids de la pollution à l'ozone

Allongement de la saison des pollens



► Sources (émissions)

Origines communes

Avec des contributions différentes



<https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org>

► Plan d'action

Recherche des synergies

- Réduction des consommations d'énergie
- Changement de comportement (mobilité et agriculture durable...)

Vigilance vis à vis des actions aux effets antagonistes :

Substitution énergétique (diesel, combustion bois...)

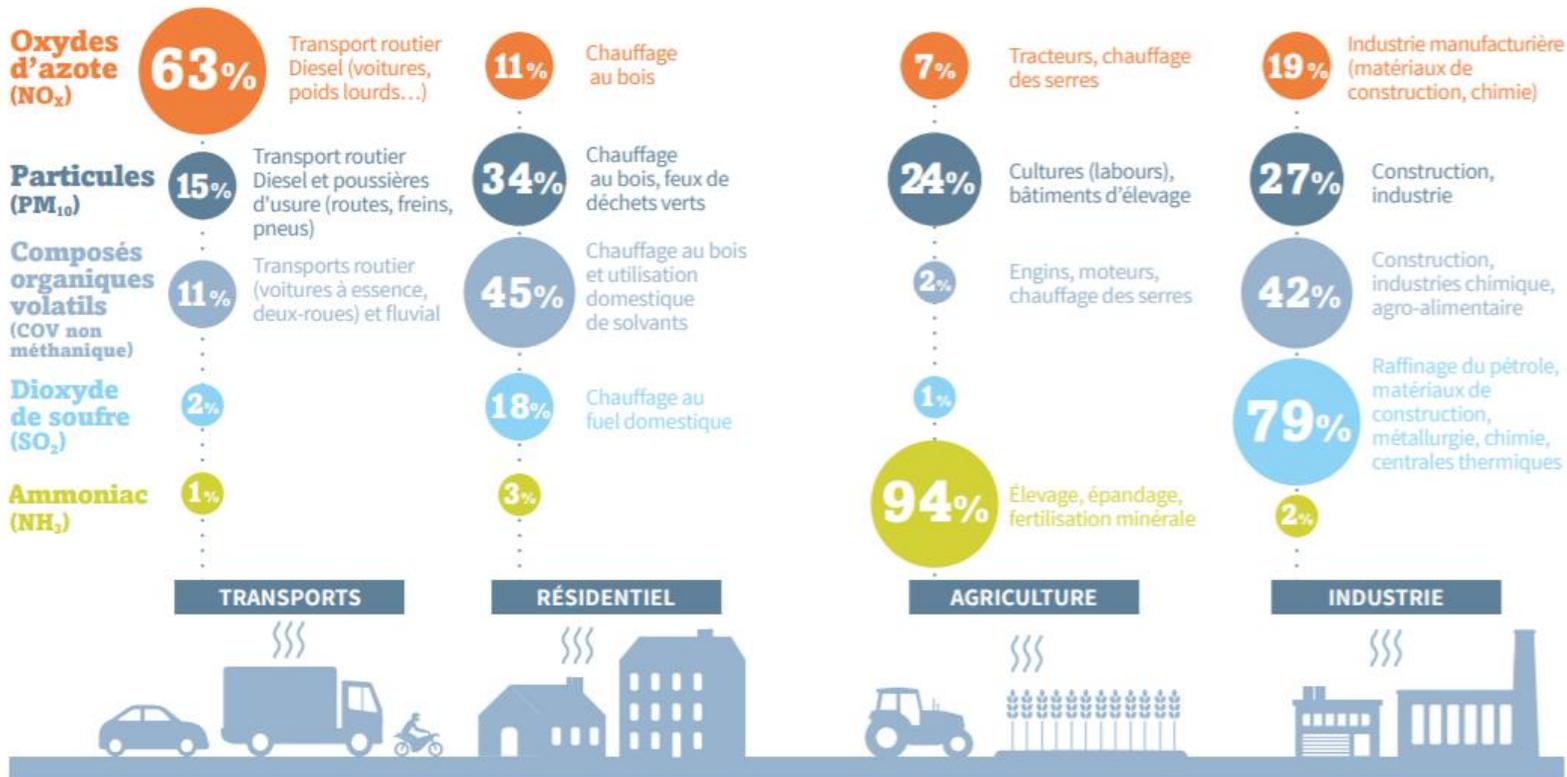
Rôle clé des villes : efficacité des actions "bottom-up"

- Action à l'échelle locale = Impact positif à l'échelle locale et globale
- Bénéfices à court terme : santé et économie

Quels sont les
principaux polluants et
d'où viennent-ils ?

Principales sources de pollution

LES PRINCIPAUX POLLUANTS ET LEURS PRINCIPALES SOURCES

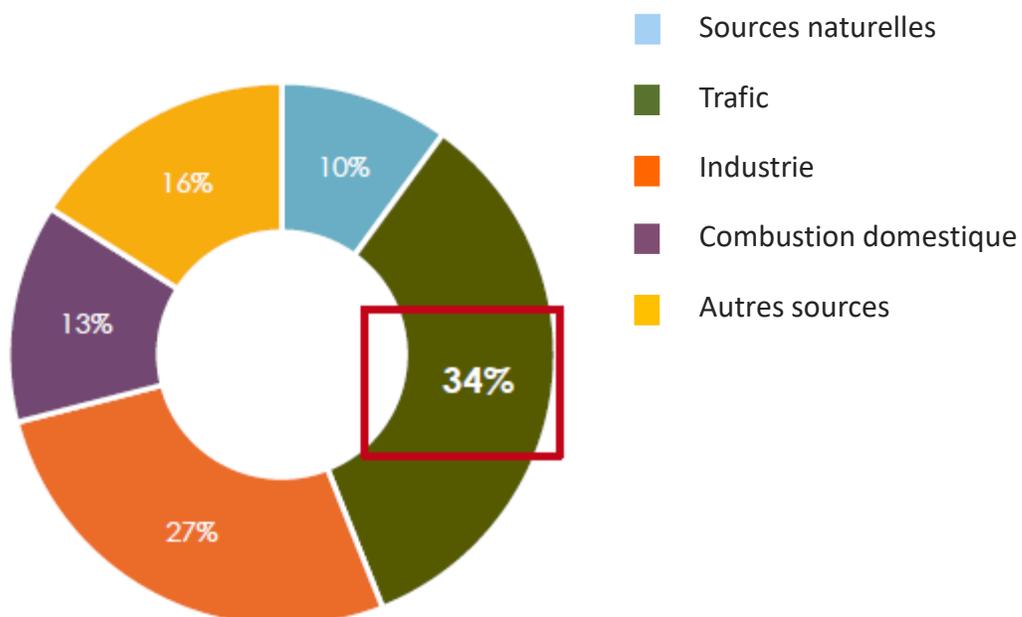


Source : chiffres CITEPA 2019 (pour l'année 2018) - chiffres présentant des moyennes nationales ne tenant pas compte des disparités locales

- **Polluants primaires :**
 - ✓ Combustion
 - ✓ Volatilisation
 - ✓ Processus mécanique
- **Polluants secondaires :**
 - ✓ Réactions chimiques ou photochimiques, à partir de polluants primaires
 - ✓ Exemples : ozone, particules secondaires

Principales sources de pollution

Contribution des différents secteurs aux émissions de PM2,5

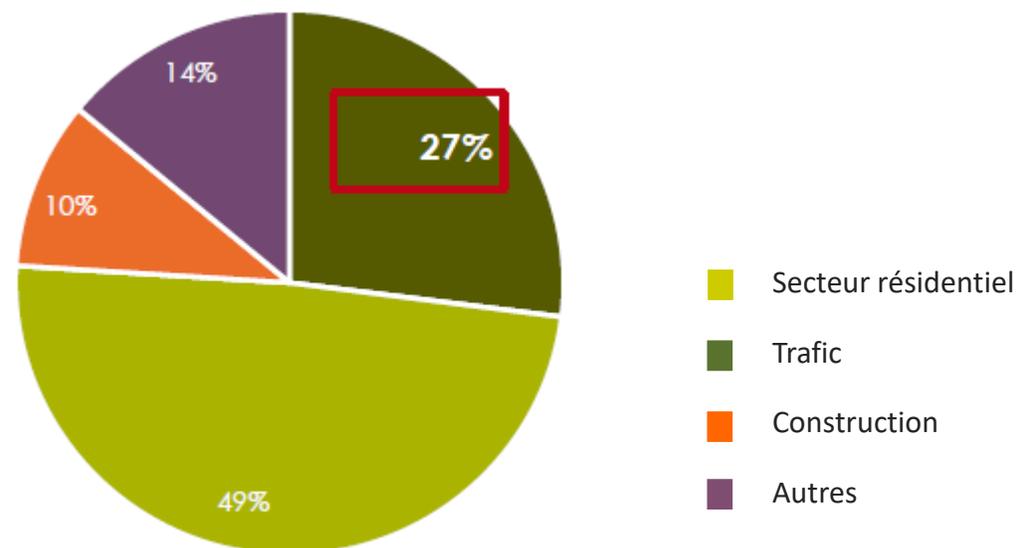


Asie du Sud, 2015

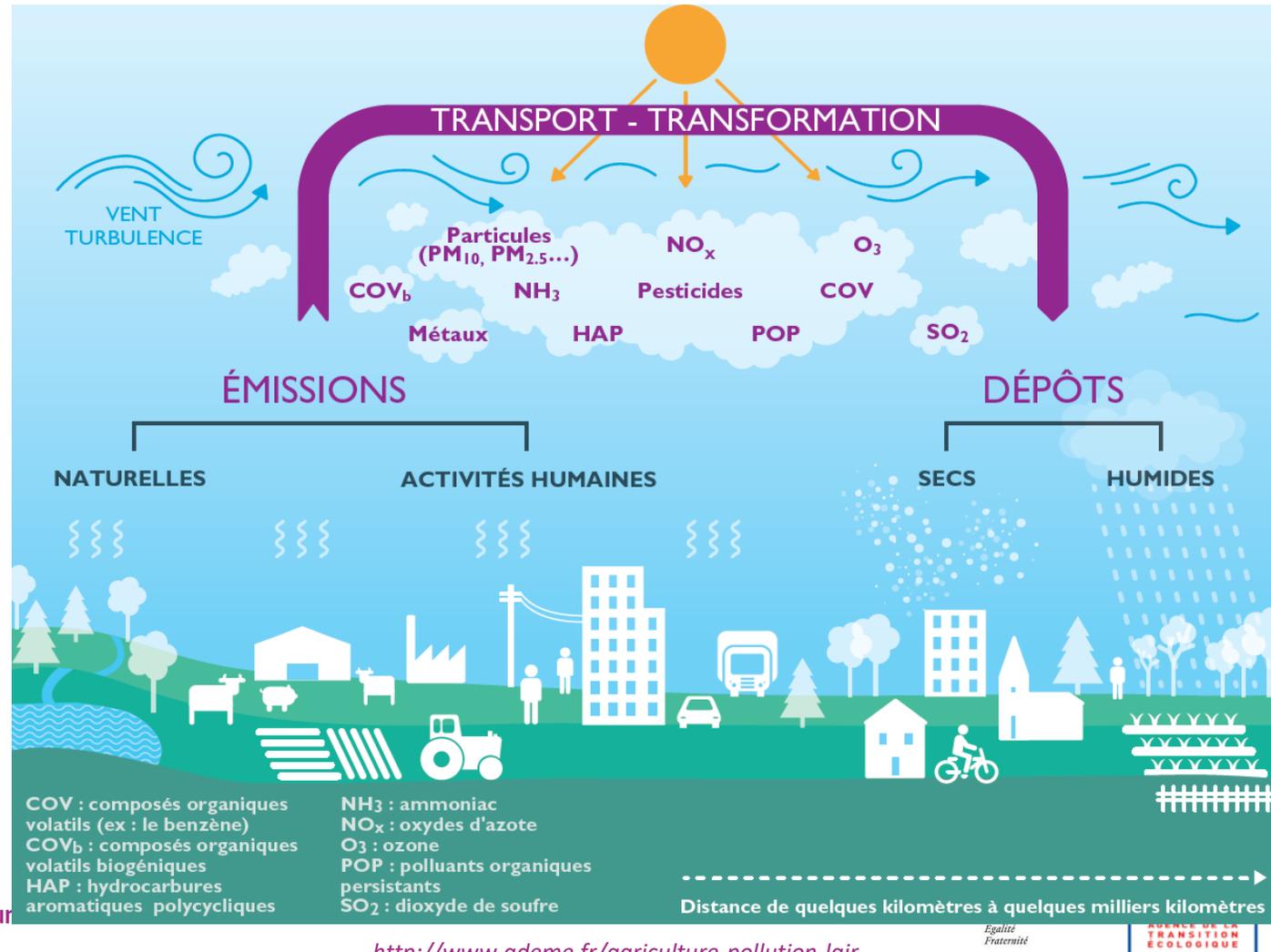
Source : Karagulian et al. 2015

PARIS, 2015

Source : AirParif



Impact de l'environnement sur les polluants



Impacts de la pollution atmosphérique

Impact sur la santé

La pollution de l'air coûte cher

(à la France)

Le coût pour la Sécurité sociale atteindrait 1,82 milliard d'euros en 2014

Nouveaux cas
annuels attribués
à l'environnement



chiffres
en valeur haute



Dépenses
de la branche
maladie de la Sécu

■ valeur basse

en millions d'euros

1,4 million

Asthme

1 102

1,07 million

Bronchite

242,9

72 000

Broncho-
pneumopathies

186

33 530

Hospitalisations

155

4 400*

Cancer des voies
respiratoires

131,3

Source : CGDD

*1 684 cas en valeur basse

(/ twitter)



Juillet 2015

LES EFFETS DE LA POLLUTION SUR LA SANTÉ

YEUX, NEZ, GORGE
irritations, difficultés
respiratoires, allergies



POUMONS
irritations, inflammations,
réduction des capacités
respiratoires, broncho-
pneumopathie chronique
obstructive (BPCO),
asthme, cancer...



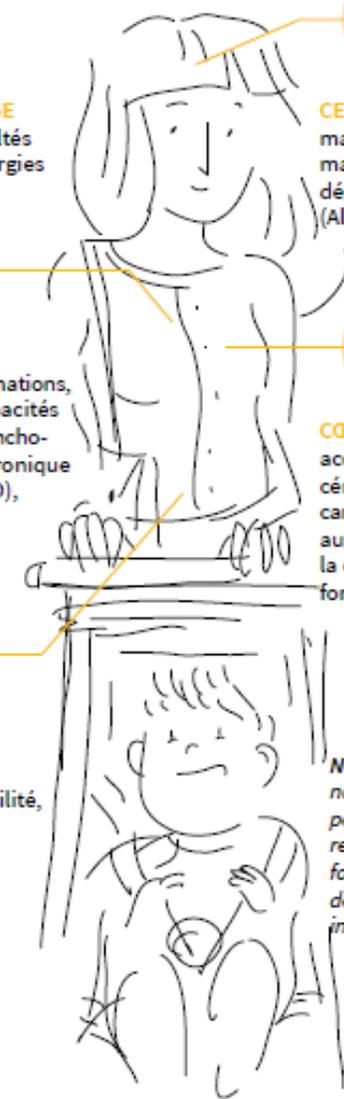
**SYSTÈME
REPRODUCTEUR**
troubles de la fertilité,
fausse couche...



CERVEAU
mal de tête, anxiété,
maladies neuro-
dégénératives
(Alzheimer...)



CŒUR ET SANG
accident vasculaire
cérébral, troubles
cardiaques, hypertension,
augmentation de
la coagulabilité,
formation de caillot...



Nourrisson
naissance prématurée,
petit poids de naissance,
retard de croissance du
fœtus, impact sur le
développement
intellectuel...

Mobilise
Your City

Impact sur la santé

Une exposition de quelques heures à quelques jours



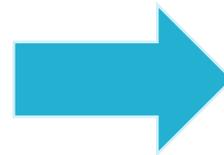
Exposition aiguë, dite à court terme

Une exposition sur plusieurs années



Exposition chronique, dite à long terme

C'est l'exposition chronique à la pollution de l'air qui conduit aux impacts les plus importants sur la santé pour la population générale



Agir de façon pérenne et non uniquement de façon ponctuelle (lors pics de pollution par exemple)

Autres impacts

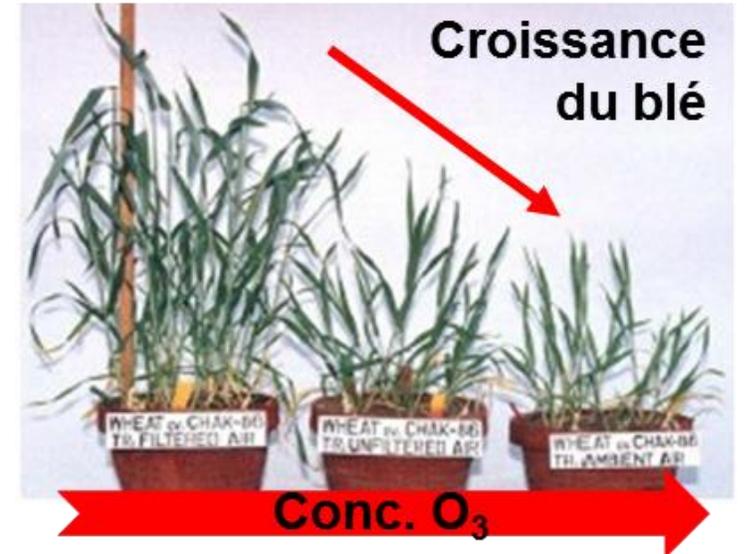
- **Impacts sur l'environnement**

- ✓ Excès des dépôts azotés
 - Acidification et eutrophisation des milieux
 - Espèces nitrophiles favorisées et espèces vulnérables à l'excès d'azote régressent
 - Biodiversité
- ✓ Excès d'Ozone
 - Baisse des rendements agricoles, sylvicoles, piscicoles
 - Impacts sur la qualité des végétaux commercialisés
- ✓ Les pluies acides : NOx, SO2, NH3
 - Acidification des dépôts humides (pluies, neige, brouillard, ...)
 - Perturbation de la photosynthèse et de l'absorption des sels minéraux
 - Acidification et perte de fertilité des sols
 - Mort des arbres

- **Impact sur le bâti** : La pollution de l'air salit et dégrade les matériaux et les bâtiments

- ✓ Formation de croûtes noires sur les façades (notamment par des particules liées à la combustion des produits pétroliers)
- ✓ Dissolution des pierres (notamment calcaires sous l'effet des pluies acides)
- ✓ Corrosion (SO2)

Les atteintes sont parfois irréversibles.



Liberté
Égalité
Fraternité



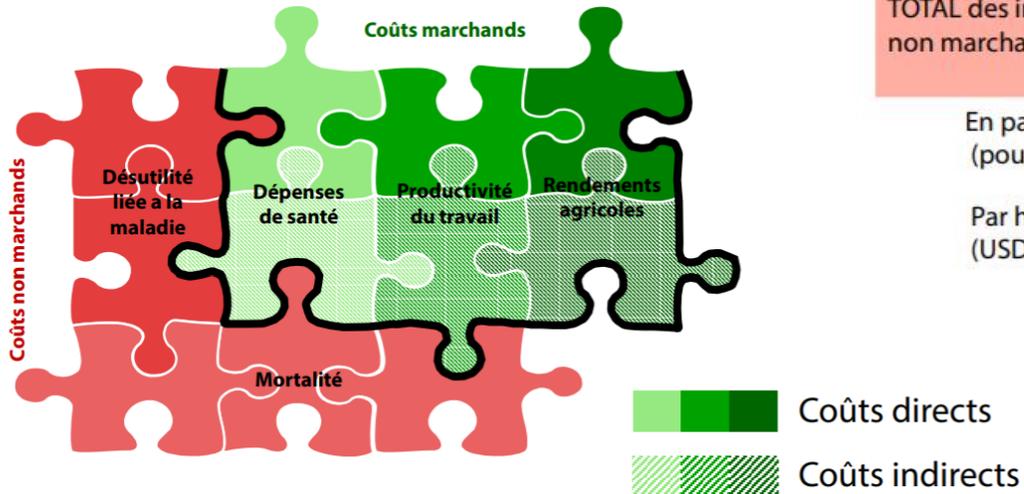
Autres impacts



Impact économique :

- 68 à 97 Md € en France (Sénat, 2015)
- Selon les projections, une augmentation progressive des coûts économiques globaux, qui atteindrait **1 % du produit intérieur brut (PIB) mondial en 2060.** (OCDE, 2016)

	OCDE		Monde	
	2015	2060	2015	2060
TOTAL des impacts marchands	90	390	330	3 300
En part de revenu (pourcentage)	0.3%	0.5%	0.6%	1.5%
Par habitant (USD par habitant)	70	270	50	330
TOTAL des impacts non marchands	1 550	3 750 - 3 850	3 440	20 540 - 27 570
En part de revenu (pourcentage)*	5%	5%	6%	9 - 12%
Par habitant (USD par habitant)	1 210	2 610 - 2 680	470	2 060 - 2 770



Consequences-economiques-de-la-pollution-air-exterieur-essentiel-strategie, OCDE, 2016

Nouvelles lignes directrices OMS

Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM _{2.5} , µg/m ³	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Peak season ^b	100	70	–	–	60
	8-hour ^a	160	120	–	–	100
NO ₂ , µg/m ³	Annual	40	30	20	–	10
	24-hour ^a	120	50	–	–	25
SO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m ³	24-hour ^a	7	–	–	–	4

^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

WHO global air quality guidelines, 2021

Le taux moyen pour les PM_{2.5} (10 µg/m₃) est dépassé par **70%** des stations de mesure en Europe

Air quality in Europe — 2020 report

Entre 2009 et 2018, pour les PM_{2.5} :

- **22% de réduction des concentrations annuelles moyennes,**
- **13% de réduction des décès prématurés liés la pollution de l'air**

Air quality in Europe — 2020 report

Quelques ressources complémentaires

- Un outil de sensibilisation de 20 minutes sur les questions air, climat et énergie
- Un outil de formation en ligne sur la qualité de l'air
- Un guide ADEME grand-public sur la pollution de l'air
- Un site internet de référence : <https://www.ccacoalition.org/en>



Merci pour votre
attention



L'Observatoire de l'air en Île-de-France

Transport routier et pollution de l'air : L'exemple de l'agglomération parisienne

Des sources diverses :



Transport : trafic routier, ferroviaire, fluvial, aéroportuaire...



Résidentiel / tertiaire : chauffage, climatisation, autres consommations d'énergie



Industrie



Agriculture

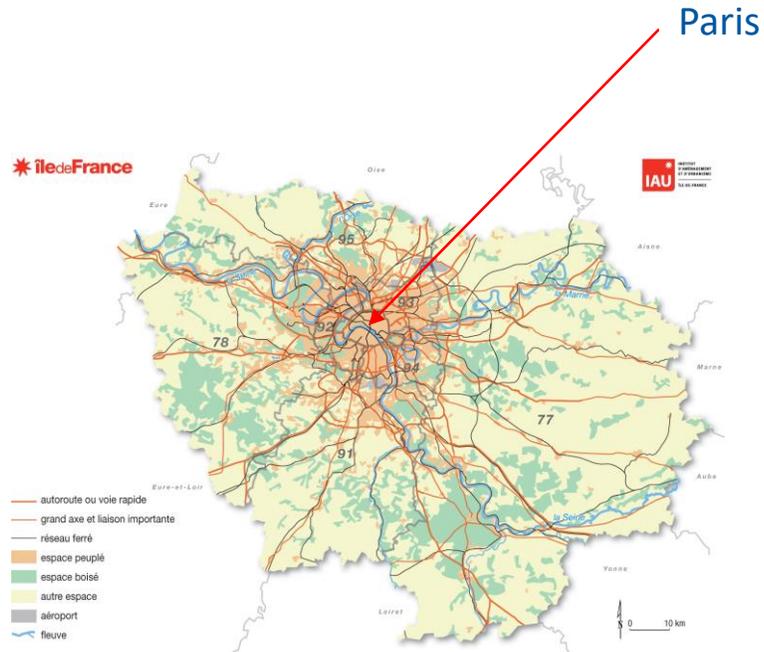


Déchets



Chantiers...

Chaque secteur contribue à sa manière aux émissions de polluants atmosphériques (particules, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, ammoniac, composés organiques volatiles...). Le profil des émissions dépend fortement du territoire considéré.



Paris

- 1,2 millions d'habitants
- 1^{ère} mégapole européenne en termes de **densité de population** (20 600 hab./km²)
- Forte concentration d'activités économiques et de **trafic**

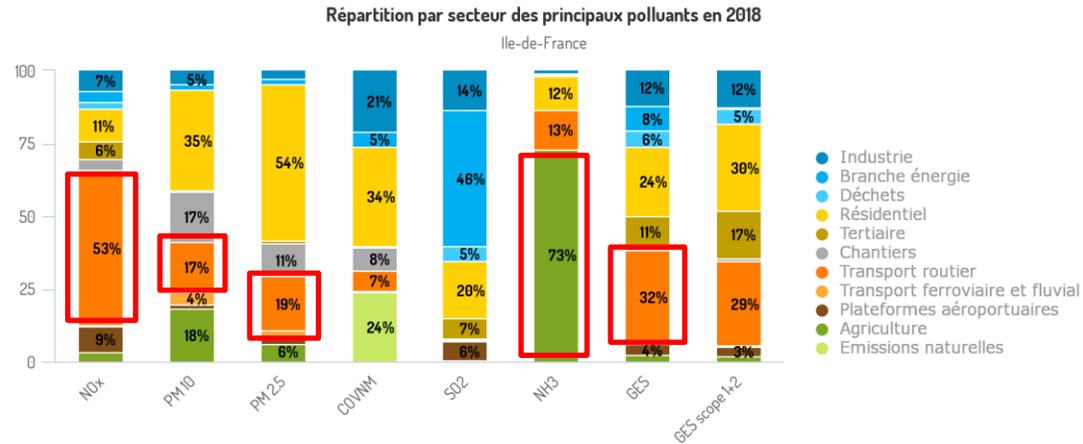
Île-de-France

- 12 millions d'habitants
- **Pôle d'attractivité** économique
- **Réseau routier** de plus en plus dense vers le centre de l'agglomération
- **50% de terres agricoles**, et nombreuses forêts en périphérie

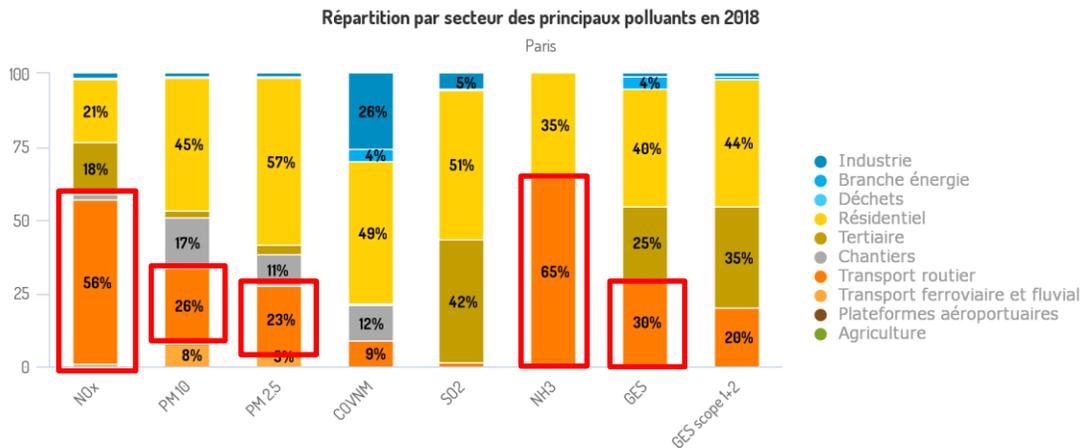
Emissions du trafic routier



Inventaire des émissions : Paris vs Île-de-France



AIRPARIF déc 2020 - Inventaire 2018



AIRPARIF déc 2020 - Inventaire 2018

Secteur du transport : le trafic routier est de loin le plus émetteur, devant le transport ferroviaire et fluvial et les plateformes aéroportuaires

Transport routier :

- 1^{ère} source de NOx
- 2^{ème} source de PM2.5

Des profils d'émissions différents en fonction du territoire :

- PM10 : transport routier 2^{ème} source à Paris, 3^{ème} en Île-de-France (derrière l'agriculture)
- Ammoniac : 65% émis par le transport routier à Paris, mais 73% émis par l'agriculture en Île-de-France

Liens avec le changement climatique :

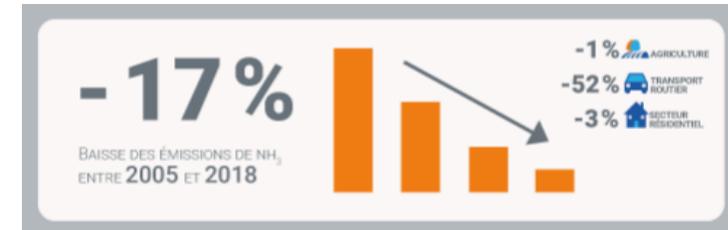
- 30% des émissions de GES liées au transport routier

- **Nette tendance à la baisse (2005-2018) :**
 - NOx : - 46%
 - NH3 : -52%
 - PM10 : -55%
 - PM2.5 : -65%
- **Améliorations technologiques et renforcement de la réglementation (normes EURO)**
- **Particules d'abrasion**
 - Avec la baisse des émissions de particules liées à la combustion (échappement), la part relative des **particules d'abrasion (pneus, freins, routes) devient majoritaire.**
 - Peu impactées par le **renouvellement** voire **l'électrification** du parc
 - Importance du **bon entretien** des routes et des véhicules, et des **pratiques d'éco-conduite** (pour éviter les accélérations / décélérations brusques).

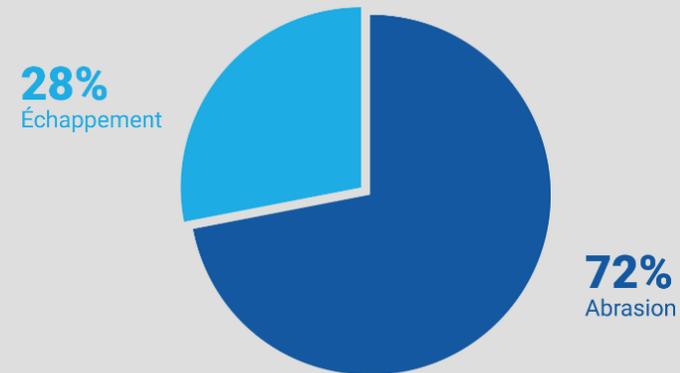
NOx



NH3



ÉMISSIONS LIÉES AU TRANSPORT ROUTIER
POUR LES **PARTICULES PM₁₀**

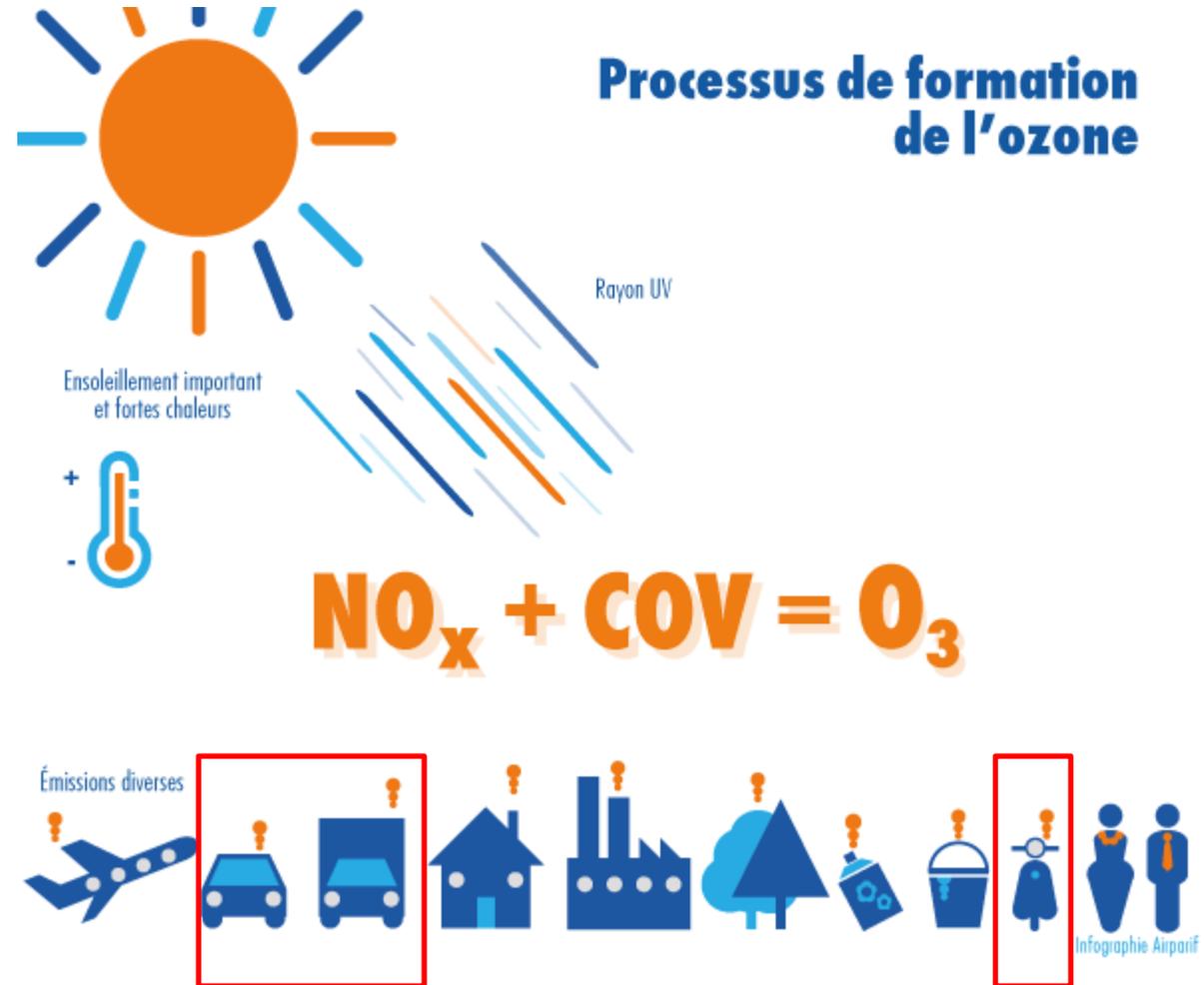


Oxydes d'azote et Composés Organiques Volatiles issus du trafic routier :

- **Précurseurs d'ozone** qui contribuent à sa formation dans l'atmosphère.
- Seul polluant **en hausse** en Île-de-France



* Tendance sur 10 ans



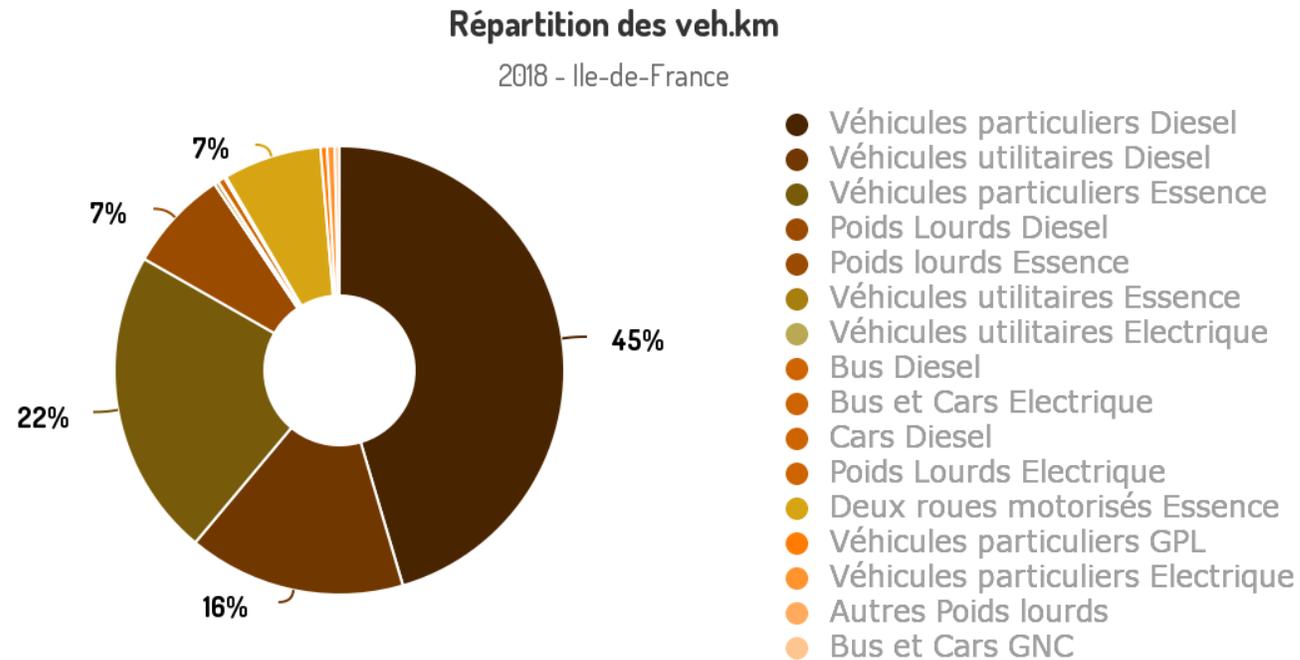
- Des **émissions en nette baisse** grâce aux **évolutions technologiques** et à une **réglementation** de plus en plus stricte sur les normes d'émissions des véhicules.
- Le trafic reste une **source majeure** de pollution de l'air.
- Des **enjeux sanitaires** (*CIRC : particules et gaz des véhicules diesel sont classés cancérigènes certains; particules et gaz des véhicules essence cancérigènes probables*).
- Et **climatiques** (*les améliorations technologiques des véhicules ayant peu d'impact sur leurs émissions de CO2*).

Facteurs impactant les émissions du trafic : composition du parc, vitesse, congestion



La composition du parc roulant

- **Parc statique** : fichier des plaques d'immatriculation
- **Parc roulant** : kilomètres parcourus par les véhicules selon leur typologie
 - Nécessaire pour déterminer les émissions réelles du trafic routier

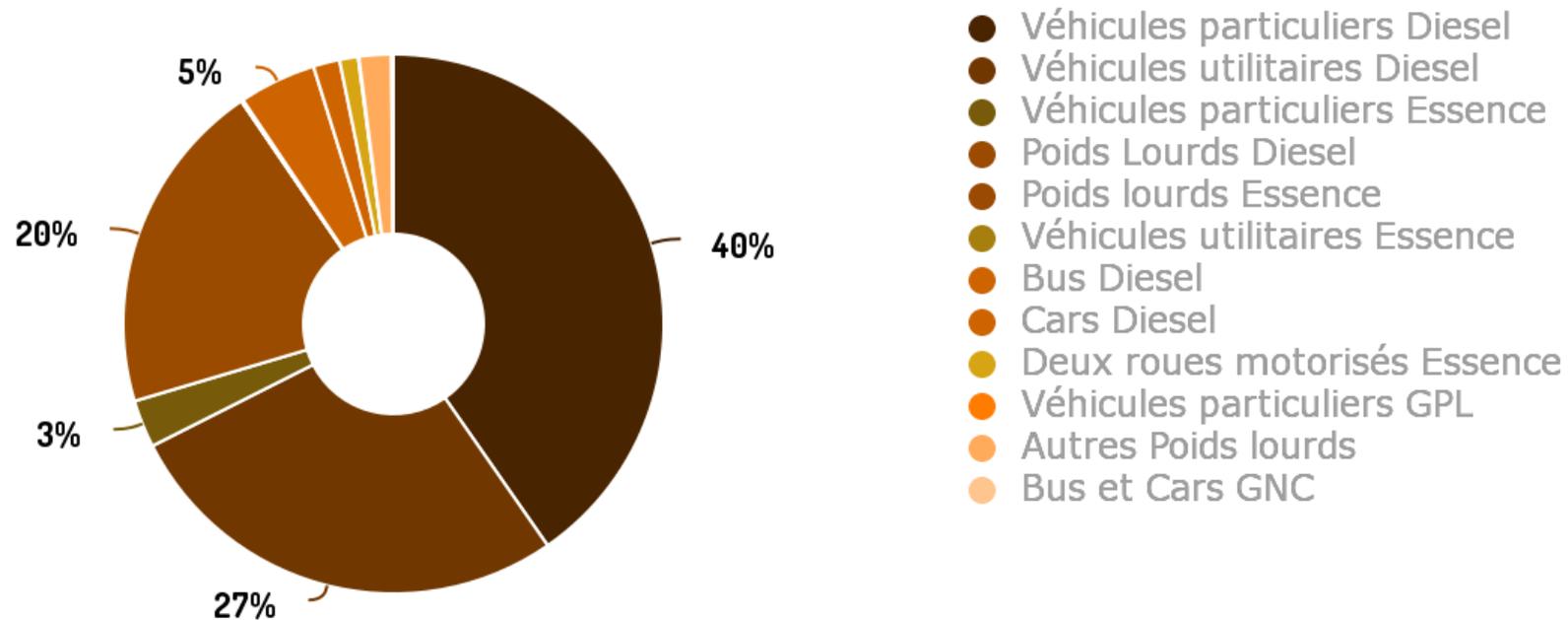


Emissions d'oxydes d'azote (NOx)

- **Véhicules diesel (VP + VUL + PUL) :**
 - 68% du parc roulant
 - 87% des émissions de NOx

Répartition des émissions - NOx

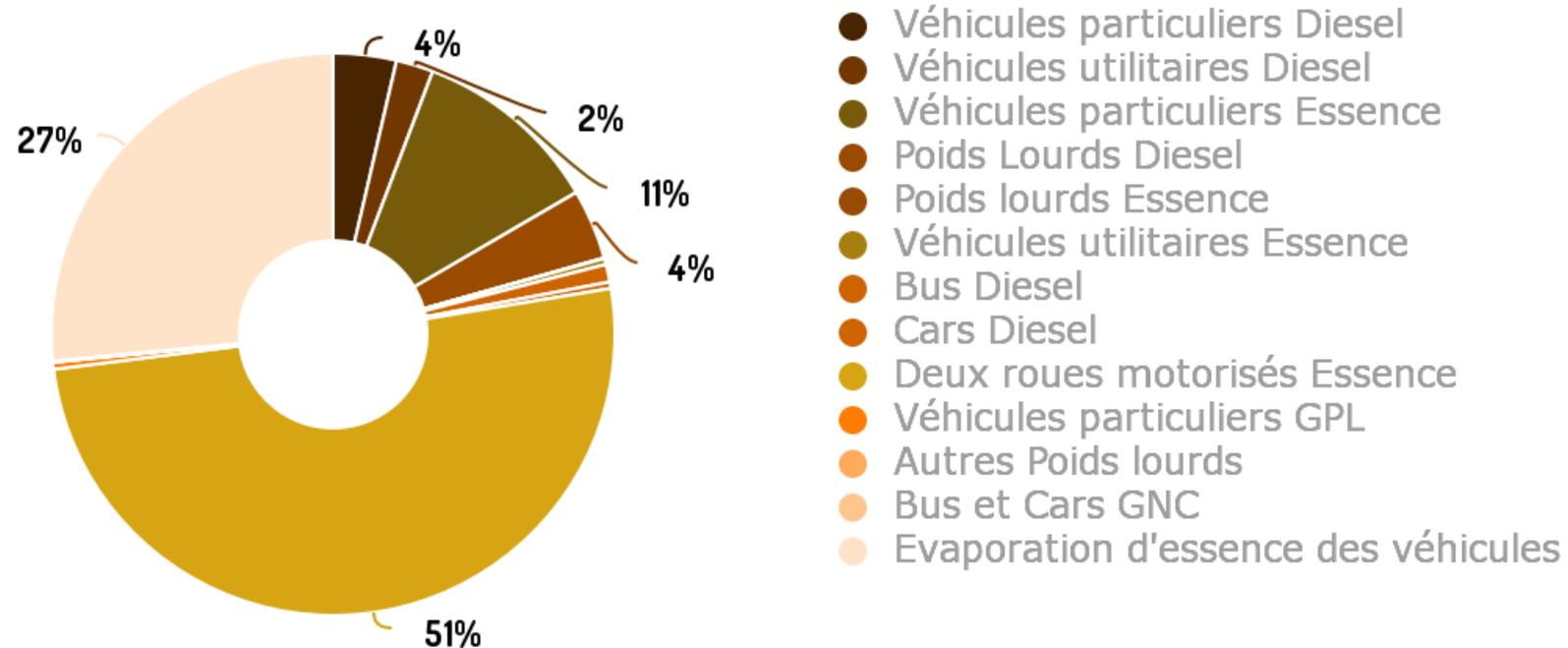
2018 - Ile-de-France



- **Deux-roues moteur :**
 - 7% du parc roulant
 - 51% des émissions de COVNM (hors évaporation)

Répartition des émissions - COVNM

2018 - Ile-de-France

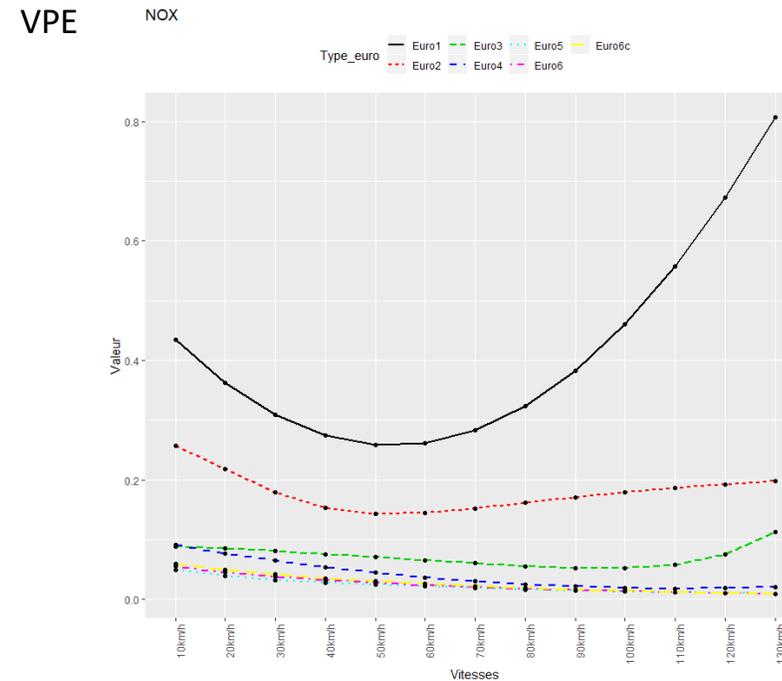
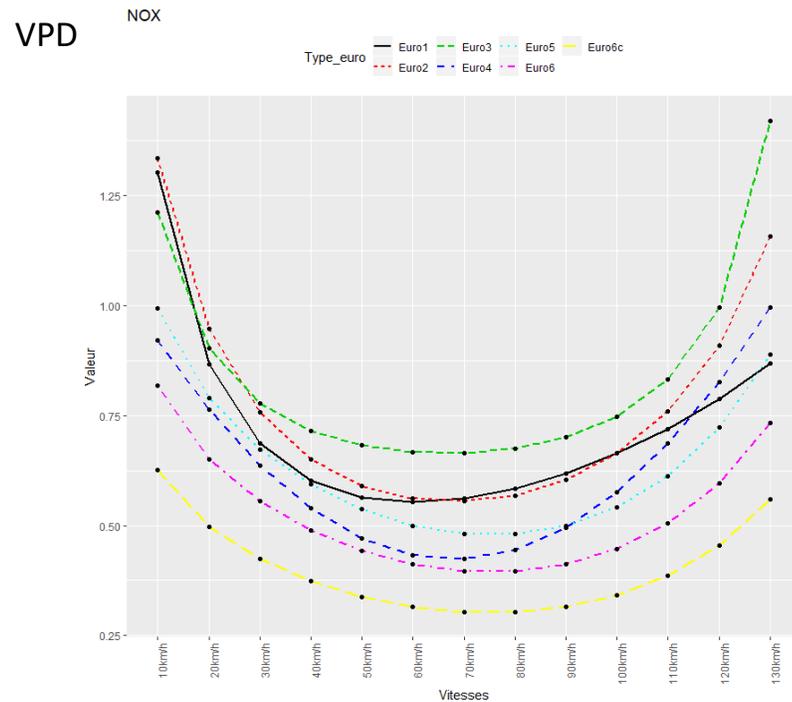


Impact de la vitesse sur les émissions (NOx)

Pour les voitures diesel, la vitesse impacte les émissions selon un profil en cloche, avec un optimum autour de 75km/h :

- Entre 130km/h et 70km/h, une baisse de la vitesse induit une baisse des émissions
- En dessous de 70km/h, une baisse de la vitesse induit une hausse des émissions

Pour les voitures essence, on ne retrouve le profil en cloche que pour les véhicules les plus anciens (Euro 1); les émissions des véhicules plus récents sont moins impactées par la vitesse.



- **Un trafic moins fluide conduit à des surémissions** de polluants atmosphériques (et de GES) :
 - **Baisse de la vitesse** (à partir de 75 km/h)
 - Augmentation des cycles de **décélération** et d'**accélération**
 - **Refroidissement** des moteurs...

- Tous ces phénomènes se conjuguent et il est donc **difficile de quantifier précisément** les surémissions liées à la congestion.



Source : ADEME 2014

Les émissions du trafic en milieu urbain dépendent directement du nombre et du type de **véhicules en circulation**, mais aussi, de manière plus complexe :

- De la **vitesse moyenne**
 - Cet impact est différent en fonction de la **typologie** de véhicule, du **carburant** utilisé, et des **polluants** considérés.

- De la **congestion**
 - Il est difficile de quantifier cet impact car de **nombreux facteurs** entrent en jeu



L'exposition des habitants

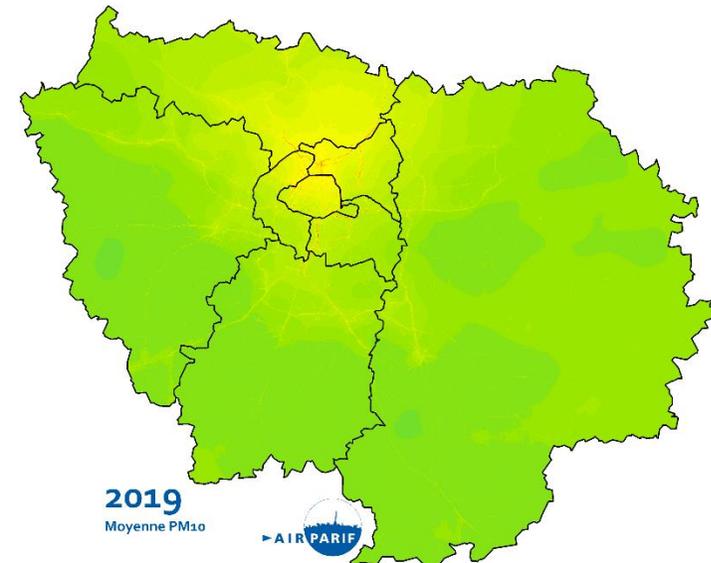
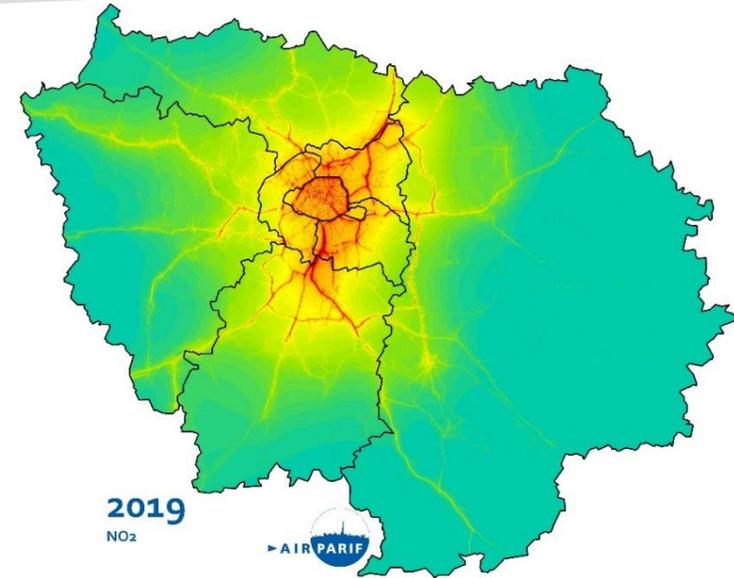


Le réseau routier ressort sur les cartes de pollution :

- **NO₂** (traceur du trafic routier)
- **PM₁₀** (alors même que multiplicité des sources)

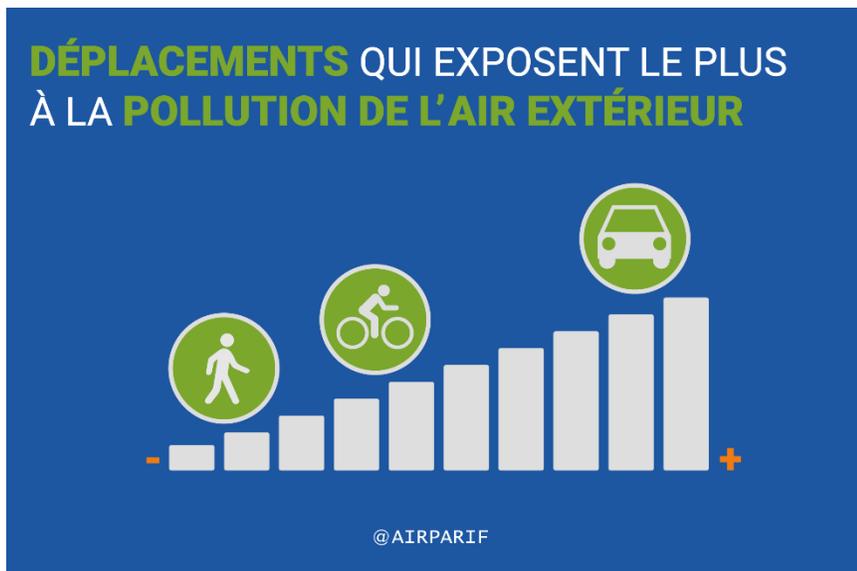
A proximité des grands axes, les concentrations de **NO₂** sont **5 à 6 fois supérieures aux recommandations de l'OMS.**

Certaines zones à proximité du trafic dépassent les **valeurs limites contraignantes** (contentieux UE).



L'**exposition individuelle** varie en fonction des **lieux de vie**, mais aussi des **modes de transport** utilisés :

- L'**automobiliste** est le plus exposé à la fois en PM et en NOx
- Les **piétons** et **cyclistes** sont plus protégés à mesure qu'ils s'éloignent du flux de circulation
- Enjeu de pollution particulière dans les réseaux ferrés souterrains (**métro**)



Conclusion



Conclusion

- La contribution du trafic routier à la pollution de l'air dépend fortement :
 - Du **nombre de véhicules** en circulation
 - De la **composition du parc** roulant (typologie, carburant, âge...)
 - Des **conditions de trafic** (vitesse, congestion...)

- La composition du parc roulant entraîne des problématiques spécifiques d'un territoire à l'autre :
 - Part importante de **2RM** : enjeux liés aux émissions de **COV**
 - **Véhicules anciens**, recours à de l'**essence soufrée** : enjeux liés aux émissions de **SO₂, CO, benzène...**

- **Adapter la surveillance** de la qualité de l'air en fonction



L'Observatoire au service de la Santé
et de l'Action

airparif.fr



Contact: juliette.laurent@airparif.fr | 01 44 59 41 17



L'Observatoire de l'air en Île-de-France

Qualité de l'air et transport : données et outils pour établir un diagnostic

Données et outils à mobiliser



Pour établir un diagnostic sur la qualité de l'air, différents outils à mobiliser avec des avantages / inconvénients, et des degrés de fiabilité divers :

- **Données de concentrations** (niveaux de pollution) : variabilité spatiale et temporelle, hot spots, polluants problématiques...
 - **Stations de mesure**
 - **Modélisation**
 - **Micro-capteurs**
 - **Données satellites...**
- **Données d'émissions** (rejets dans l'atmosphère) : principaux secteurs émetteurs -> quels leviers engager pour améliorer la qualité de l'air
 - **Inventaire des émissions**

Pour connaître précisément la contribution du transport à la pollution :

- Données de **concentrations aux abords des axes routiers**
- **Données d'entrée** pour l'inventaire des émissions du transport :
 - **Composition du parc**
 - **Enquête déplacements**
 - **Boucles de comptage...**

Surveiller la qualité de l'air



Grande variabilité temporelle et spatiale des niveaux et des sources de pollution.

Un dispositif de surveillance doit permettre de caractériser la pollution de l'air pour :

► Différents **environnements**

- Pollution de fond (loin des sources) / de proximité (aux abords des axes routiers)
- Hot spots (infrastructures de transport, industries, aéroports...)
- Exposition individuelle

► Différents **polluants**

- Polluants réglementés pour leurs effets sur la santé et l'environnement
- Polluants émergents (particules ultrafines, pesticides...)

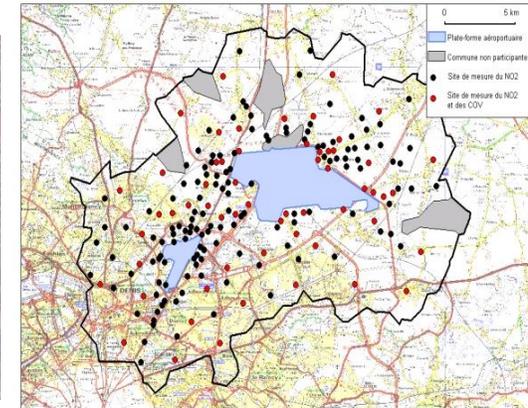
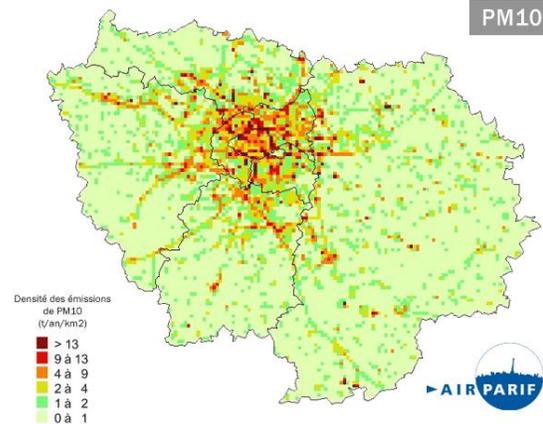
3 outils complémentaires pour différents environnements et polluants



Stations de mesure



Modélisation et inventaire d'émissions



Campagnes de mesure



Réseau de stations fixes

- Produire des **données de référence** sur les niveaux de pollution
- Surveiller les **polluants à enjeu** sur le territoire
- **Plusieurs typologies** pour caractériser différents environnements :
 - **Stations de fond*** (urbain, péri-urbain ou rural)
 - **Stations de proximité*** (aux abords du trafic routier)
 - **Stations industrielles*** (près des activités industrielles/artisanales)



Réseau de stations d'Airparif

70 stations réparties sur 12 000 km²

* Classification européenne. D'autres classifications existent.

Dimensionner un réseau de mesure en fonction de l'objectif

- Le réseau d'Airparif a 40 ans... et s'est construit petit à petit.
- Quelques stations de référence peuvent constituer une base solide pour un réseau de mesure :
 - **Représentativité** des sites et des typologies
 - Attention portée à la **maintenance** des équipements et au **traitement des données**
- Possibilité de **coupler les stations fixes à d'autres outils** :
 - Tubes passifs (NO₂, SO₂) : outil low-tech, low-cost et fiable
 - Micro-capteurs : en plein développement ; pas si low-cost, enjeux de fiabilité (cf plus loin)

*Toujours en se servant des données stations comme **données de référence.***



Tubes passifs



Mini-stations

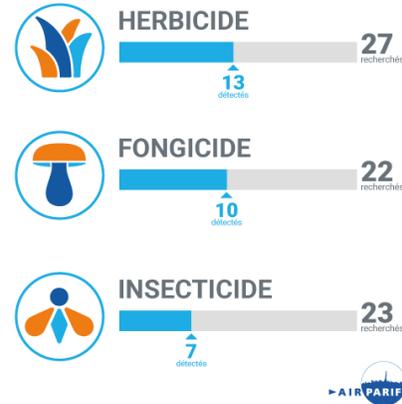


Micro-capteurs

Campagnes de mesure

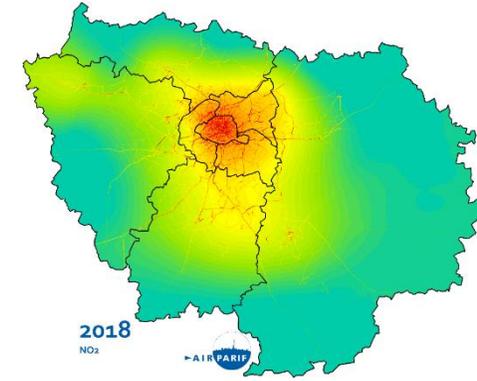
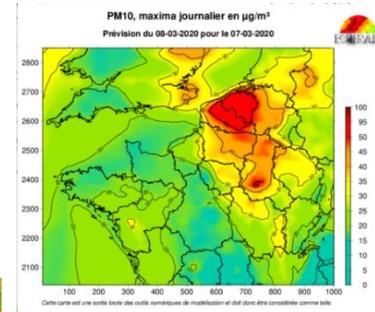
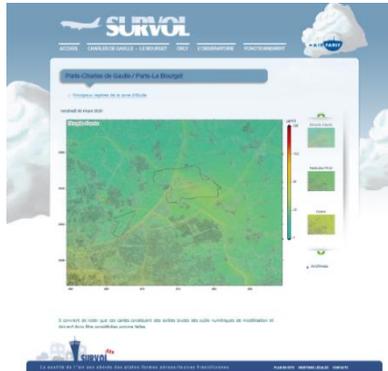
- Mesurer des **polluants non réglementés** (ex: pesticides)
- Evaluer l'**exposition individuelle** (ex: à vélo)
- Evaluer l'impact d'une **infrastructure** routière, d'un **site industriel**, d'une plateforme aéroportuaire...
- Consolider les **modèles**
- En amont de la création / extension d'un réseau de stations pour **valider l'emplacement des sites**.

NOMBRE DE PESTICIDES DÉTECTÉS PAR RAPPORT AU NOMBRE RECHERCHÉ

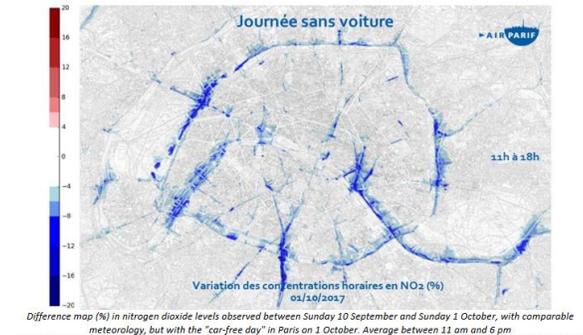


Outils de modélisation

- Produire des **cartes** de qualité de l'air
- **Prévoir** la qualité de l'air (épisodes de pollution)
- **Evaluer l'impact** de projets ou de plans d'action
- Tester des **scénarios**
- **Différents outils, échelles, degré de précision, selon les besoins**



Cartographie horaire des concentrations
Maille de 25 x 50m



Impact de la Journée sans voitures sur les concentrations de NO2

Inventaire des émissions

- Déterminer la **contribution** respective des secteurs aux **émissions** de polluants / GES
- Identifier les **leviers d'action** prioritaires
- **Evaluer l'efficacité** de politiques publiques / réglementations / plans d'action (ex: réglementations sur le carburant, renouvellement du parc roulant)

NB : l'inventaire des émissions est une donnée d'entrée indispensable pour la modélisation.



Inventaire plus ou moins poussé :

- Résolution spatiale
- Résolution temporelle
- Secteurs considérés
- Polluants considérés
- Méthodologie employée (tier 1/2/3, bottom-up / top-down)

Micro-capteurs

- Avantages : **coût à l'achat, portabilité, ...**
- Attention à : **fiabilité des données**, coûts de **maintenance**, durée de vie, **compétences** nécessaires (métrologie, IT...), ACT...
- **Challenge AIRLAB** : tester la performance des micro-capteurs pour différents usages et différents environnements.
 - Tests de métrologie (justesse et reproductibilité des données)
 - Déploiements de terrain
 - Résultats accessibles en ligne (<http://www.airlab.solutions/fr/actualites/r%C3%A9sultats-du-challenge-airlab-microcapteurs-2021>)



SOLUTIONS
POUR
NOTRE
AIR

MICROSENSOR CHALLENGE EDITION 2021

To challenge and to compare different microsensors to help the choice for users, in complete independence



Test of microsensors in real conditions

Intégrer des micro-capteurs à un réseau de surveillance : recommandations

- 1^{ère} question : **quel usage** et **quel objectif**?
- Choisir le capteur en fonction de ses **performances par usage et par polluant**
- Ne pas diffuser les données en temps réel (sauf pour des projets de sensibilisation citoyenne) : **traitement des données** nécessaire avant leur utilisation et publication
- Toujours avoir des **mesures de référence** (stations fixes, tubes passifs) pour faire des tests fonctionnels

NB : en l'état actuel, les micro-capteurs en peuvent pas remplacer un réseau de mesure réglementaire.

- Effectuer des **tests pré- et post-déploiement** (station de référence, laboratoire d'étalonnage):
 - Tests de **performance** (au moins sur un échantillon) et identification des appareils défectueux
 - **Calibration** des appareils
 - Contrôle de la **déviatiion** sur le temps
 - Accès aux **données brutes** (pour pouvoir les corriger)

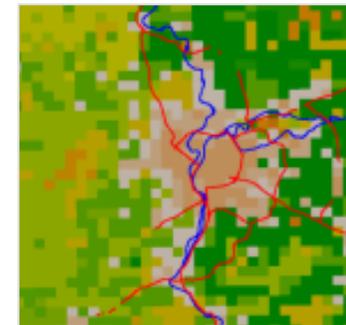
Données satellites

Données disponibles :

- Données d'entrée (modélisation) : **météo**, **topographie**, **occupation des sols**
- **Suivi des panaches** de fumée (volcans, feux de forêt...) et de **sources spécifiques** (transport maritime)
- Données macro : **transport** de pollution, **évolution** temporelle

Limites :

- **Résolution spatiale** trop large pour une application urbaine (plusieurs km)
- Pas de **continuité temporelle**
- Manque de **précision** (données intègrent toute la colonne atmosphérique)
- Problème de la **couverture nuageuse**
- **Coût** de données



Traitement des données

La **fiabilité des données** est cruciale car elles sont utilisées par tous :

- **Décideurs** (réglementation, plans d'action, contentieux...)
- **Médias**
- **Citoyens**
- **Entreprises...**

Pour garantir des données fiables :

- **Laboratoire d'étalonnage**
- **Procédures QA/QC & certifications**
- **Evaluation des modèles**



Communication et information du public

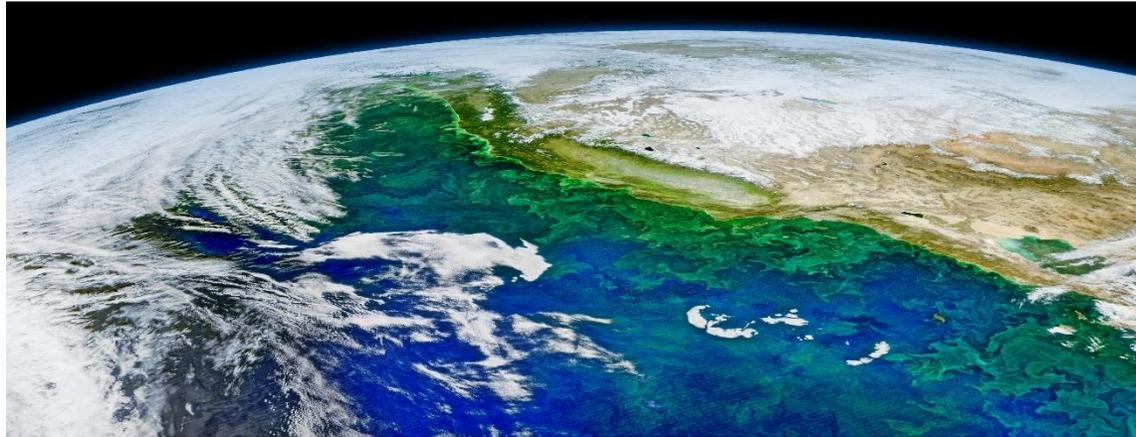
Multiplier les canaux pour rendre les données facilement accessibles par tous :

- **Médias** (TV, radio, presse...)
- **Réseaux sociaux**
- **Site internet + application mobile**
- **Relais locaux** (panneaux d'affichage municipaux)

Faire de la pédagogie et **sensibiliser les habitants** aux enjeux de qualité de l'air pour changer les comportements.



Quelques exemples à l'étranger



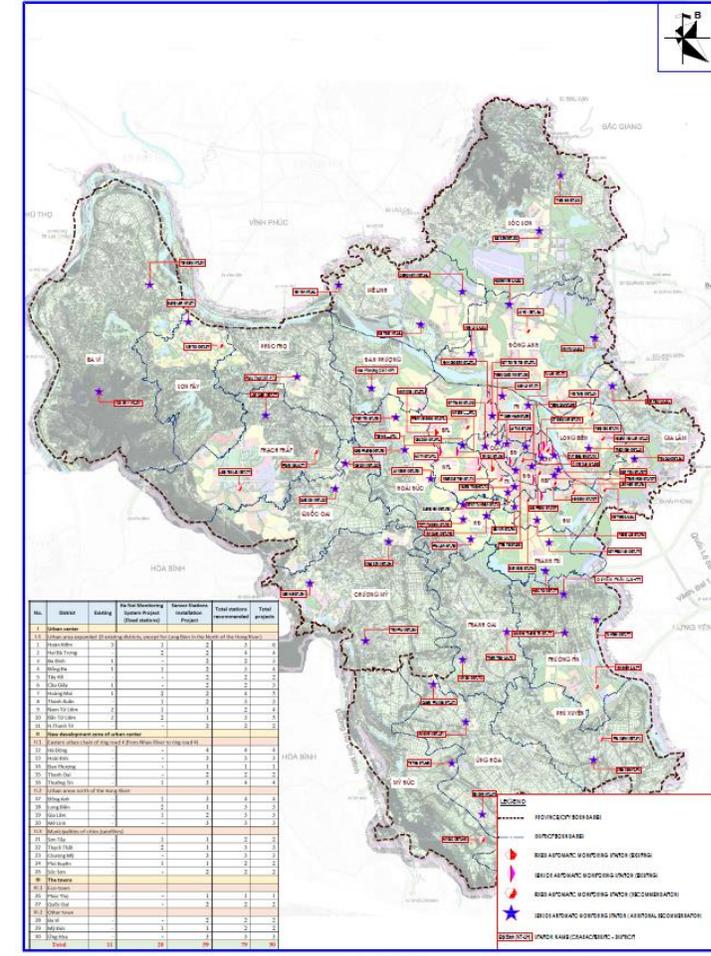


Accompagnement des autorités municipales

Développer les compétences locales sur la gestion d'un réseau de mesure :

- Plan d'échantillonnage
- Typologie de stations
- Polluants mesurés
- Amélioration de la maintenance

GENERAL PLAN OF AUTOMATIC AIR QUALITY MONITORING STATIONS CONTINUOUSLY





Montée en compétence du Centre de Gestion de la Qualité de l'Air (CGQA)

Accompagner l'amélioration / extension du réseau de mesure existant :

- **Maintenance des équipements**
- **Validation des sites des futures stations**
- **Intégration de micro-capteurs avec calibration sur les stations de références**





Assistance Technique pour le Ministère de l'Environnement

Accompagner la montée en compétence des équipes du Ministère sur la gestion de la qualité de l'air

- **Déploiement d'une campagne de mesure pour préparer l'extension du réseau**
- **Formation à la maintenance et à la gestion des données**
- **Appui à la communication sur les données de qualité de l'air**
- **Accompagnement à la construction d'un inventaire des émissions (Tier 1)**



Un réseau surveillance de la qualité de l'air se construit pas à pas.

Plusieurs briques sont indispensables :

- Une / des **stations de référence**, pour produire des données fiables et calibrer le reste du réseau ;
- Une méthodologie reproductible pour choisir des **sites représentatifs** ;
- Des procédures solides de **maintenance** des équipements et de **validation / correction des données**.

Une fois ces briques en place, le réseau peut être complété par des outils complémentaires en fonction des objectifs poursuivis :

- Outils de **modélisation** (cartographie, prévision, évaluation)
- **Inventaire** des émissions
- **Micro-capteurs**...



L'Observatoire au service de la Santé
et de l'Action

airparif.fr



Contact: juliette.laurent@airparif.fr | 01 44 59 41 17

Mise en place d'outils de lutte contre la pollution atmosphérique à Yaoundé, Cameroun

16 novembre 2021

Arnauld NDZANA (Communauté Urbaine de Yaoundé)
Sandra MONSALVE (DVDH)

Sommaire

Yaoundé, métropole africaine tournée vers l'avenir et son PMUS

Etude de la qualité de l'air à Yaoundé

Perspectives

Intervenants



Arnauld NDZANA
Conseiller technique n°1
Communauté Urbaine de Yaoundé
arnauldndzana@yahoo.fr



Sandra MONSALVE
Ingénieure mobilité
Des Villes et Des Hommes
sandra.monsalve@dvdh.fr

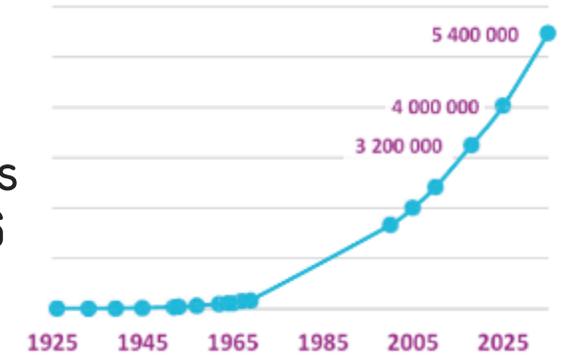
1

Yaoundé, metropole africaine tourné vers l'avenir

Yaoundé, capitale politique du Cameroun



Croissance rapide de la population de 3.2 millions d'habitants en 2017 à 5.6 millions en 2035



Au carrefour des principaux axes routiers du pays

Activités économiques principalement tertiaires (administration centrale, sièges, commerces)

Le Plan de Mobilité Urbaine Soutenable (Diagnostic 2018)



Un constat alarmant...

- ① • Le système de mobilité est **inefficace** :
 - la majorité des personnes se déplacent en taxis collectifs ou motos-taxis, qui sont **lents, irréguliers, et plus ou moins confortables** ;
 - les utilisateurs de la voiture et des motos privées sont **bloqués dans la congestion** ;
 - de nombreuses personnes sont obligées d'accomplir de **longs trajets à pied** chaque jour sur des **trottoirs peu confortables** (voire absent).



- ② • La mobilité **coûte cher** à l'utilisateur et aux pouvoirs publics, et n'est **pas efficace** d'un point de vue économique :
 - les voyages en **taxis** collectifs coutent de 200 à 300 FCFA, en **motos** de 100 à 500 FCFA ;
 - la **STECY** est **déficitaire, avec très peu de bus pour impacter la mobilité** ;
 - les voitures bloquées dans la **congestion consomment beaucoup de carburants** inutilement.



- ③ • Le système de mobilité est **polluant** et **dangereux** :
 - il **consomme beaucoup d'énergie** et **produit des Gaz à Effet de Serre (GES)** ;
 - il **pollue l'atmosphère** et rend les habitants **malades** ;
 - Il n'est **pas sécurisé** en particulier pour les **piétons** et **motos**.



... qui définit la stratégie du PMUS

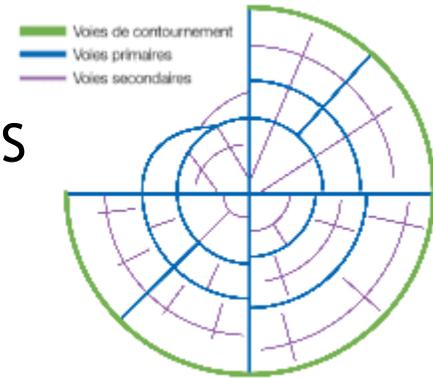
- ➔ • **Développer la voirie, traiter certains carrefours et créer des couloirs bus** pour améliorer les conditions de circulation, et notamment :

- celle des **taxis** qui sont le **mode majoritaire** à Yaoundé) avec plus de 2 millions de déplacements quotidiens ;
- la **marche à pied**, avec la **création de trottoirs sécurisés**.

- ➔ • **Réduire le coût de la mobilité** supportée par les ménages :

- **redéfinir l'offre de transport collectif** et atteindre le **petit équilibre** avec un coût du billet unitaire du ticket de bus à 200 FCFA ;
- **moderniser** le secteur des **taxis collectifs** en incitant au passage à des **grands taxis plus capacitaires**, plus confortables et moins consommateurs en énergie par personne transportée ;

- ➔ • Ce nouveau système de mobilité permettra de **gagner en qualité de vie en ville**, avec une voirie moins dangereuse, moins d'accidents mais aussi moins de pollution émise dans l'air.



Le Plan de Mobilité Urbaine Soutenable (Horizon 2035)

Plan d'action

Scénario au fil de l'eau : dégradation prévisible

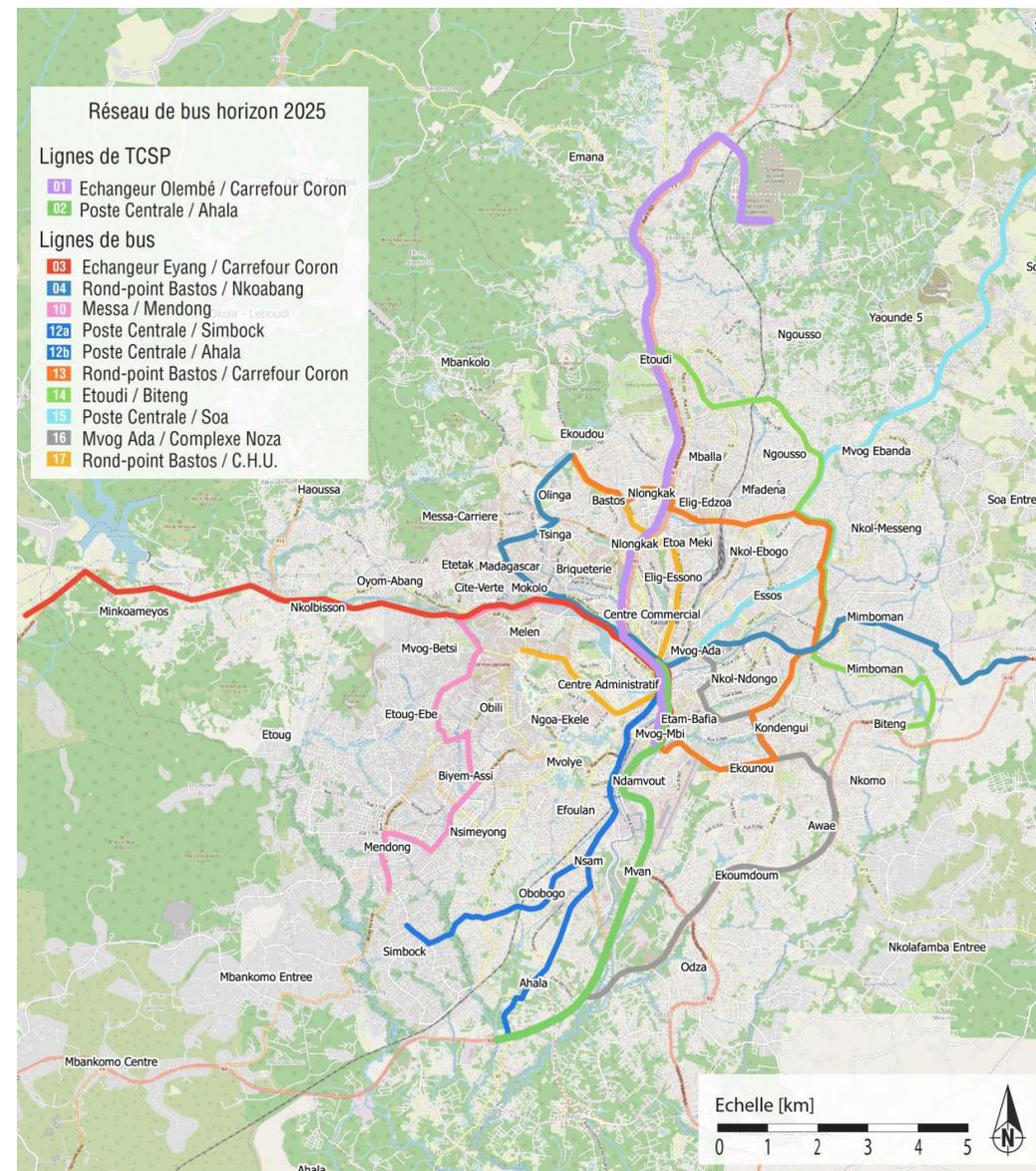
Scénario alternatif : développement de la voirie, réseau de transport collectif hiérarchisé, amélioration de carrefours, professionnalisation du transport artisanal, renforcement de la gouvernance

→ 340 000 déplacements quotidiens en transports collectifs (contre 140 sans renforcement du réseau)

→ réduction de 25 min de temps de parcours par rapport au scénario fil de l'eau

→ réduction de 11% d'émissions de GES par rapport au scénario fil de l'eau

76 - Mise en place d'outils de lutte contre la pollution atmosphérique à Yaoundé, Cameroun



Le Plan de Mobilité Urbaine Soutenable

➔ 7 grands projets en cours répondant à 4 objectifs

Améliorer les conditions des circulations

- Aménagement de carrefours et gares routières (Yaoundé Cœur de Ville)
- Etudes Voie de contournement
- Projet de Développement de Villes Inclusives et Résilientes (PDVIR)

Développer les différentes offres de transport

- TCSP TransYaoundé
- Réforme du transport artisanal

Améliorer la gouvernance de la mobilité

- Renforcement des capacités des agents de la CUY dans le cadre de Yaoundé Cour de Ville
- ATCUDY: Mise en place d'une Autorité Organisatrice de la Mobilité, d'un observatoire de la mobilité et d'une Agence d'urbanisme

Réduire la pollution de l'air

- **Mise en place d'outil de lutte contre la pollution atmosphérique**

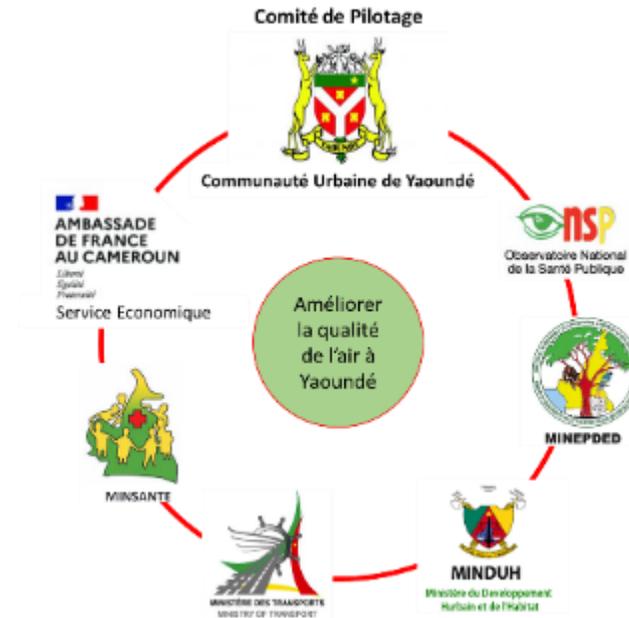
Partenaires : Agence Française de Développement, Banque Mondiale, Ministère de l'Economie français, Union Européenne

Etude de la qualité de l'air à Yaoundé

Organisation du projet dédié à la qualité de l'air

Une initiative

- de la **Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY)**,
- financée par le **Ministère français de l'Economie, des Finances et de la Relance (FASEP)**,
- pilotée par un **comité interministériel** impliquant les ministères camerounais de la santé, l'environnement, les transports et le développement urbain
- mise en œuvre par un **groupe d'experts français et camerounais**



DVDH
DES VILLES ET DES HOMMES

DVDH

Bureau d'étude spécialisé en conseil aux collectivités en aménagement durable du territoire et mobilité urbaine



ATMOTRACK

AtmoTrack

Fournisseur de micro-capteurs de polluants atmosphériques et de systèmes de suivi de la qualité de l'air



Inserm

INSERM

Institut public français dédié à la recherche biologique, médicale et à la santé humaine

Méthodologie en 3 étapes

Diagnostic de la pollution atmosphérique et de la situation sanitaire

Plan d'action

Mise en œuvre des premières actions et évaluation

- Déploiement des capteurs
- Interprétation des mesures de pollution
- Identification des sources de polluants
- Enquêtes santé

- Elaboration d'un plan d'action
- Développement d'un outil d'aide à la décision
- Développement d'un outil d'information et sensibilisation du grand public

- Opération d'urbanisme tactique
- Evaluation des effets
- Pérennisation
- Guide pratique de répliquabilité

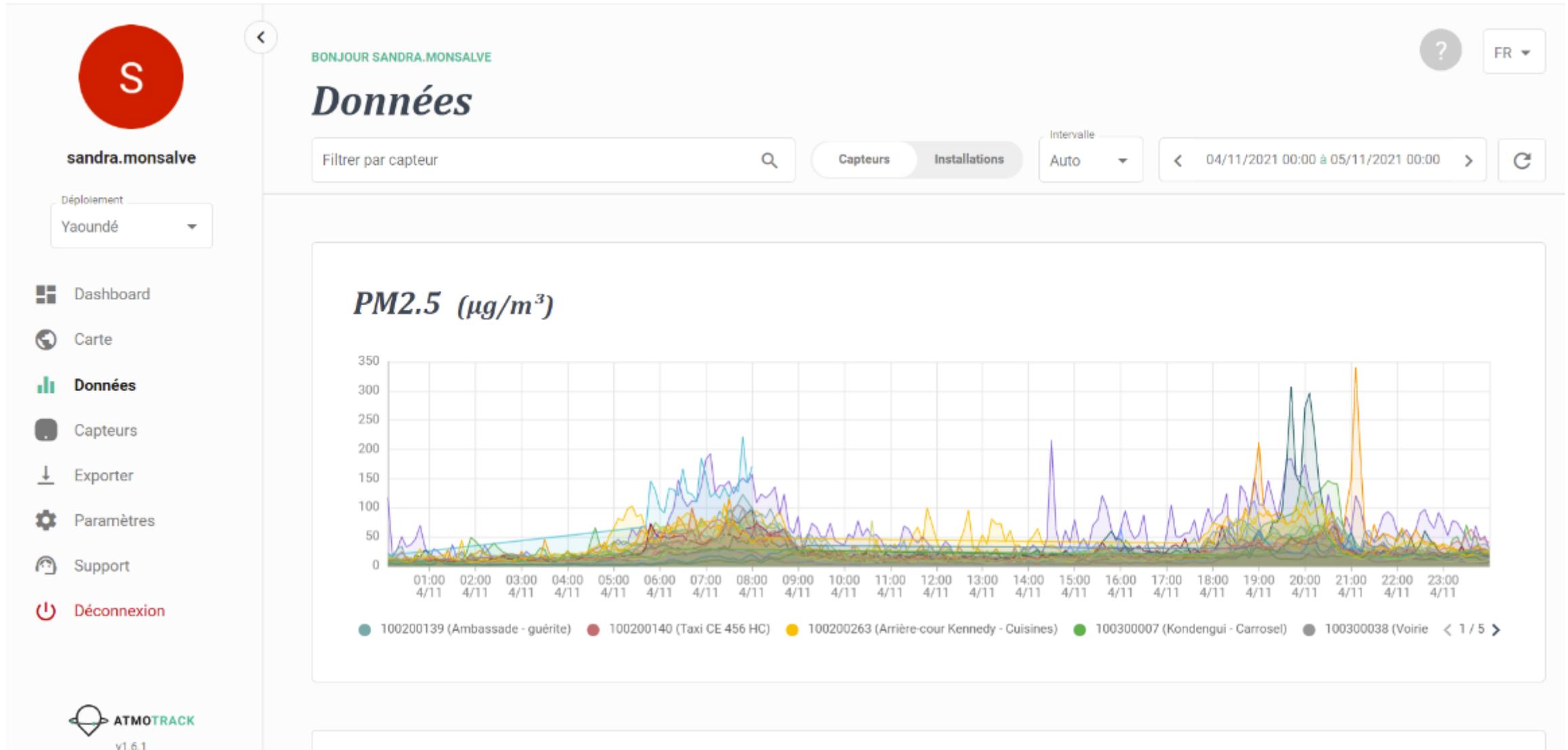
Equipements déployés sur le terrain

Micro-capteurs innovants fixes et mobiles pour former le premier réseau de mesure de qualité de l'air de la ville :

- 29 Atmo01 (sur bâtiments, taxis et minibus) mesurant les PM2.5 et PM10
 - 8 Atmo02 (sur lampadaires) mesurant les PM2.5, PM10, NO2 et SO2
- + une étude de spéciation pour déterminer la composition des particules

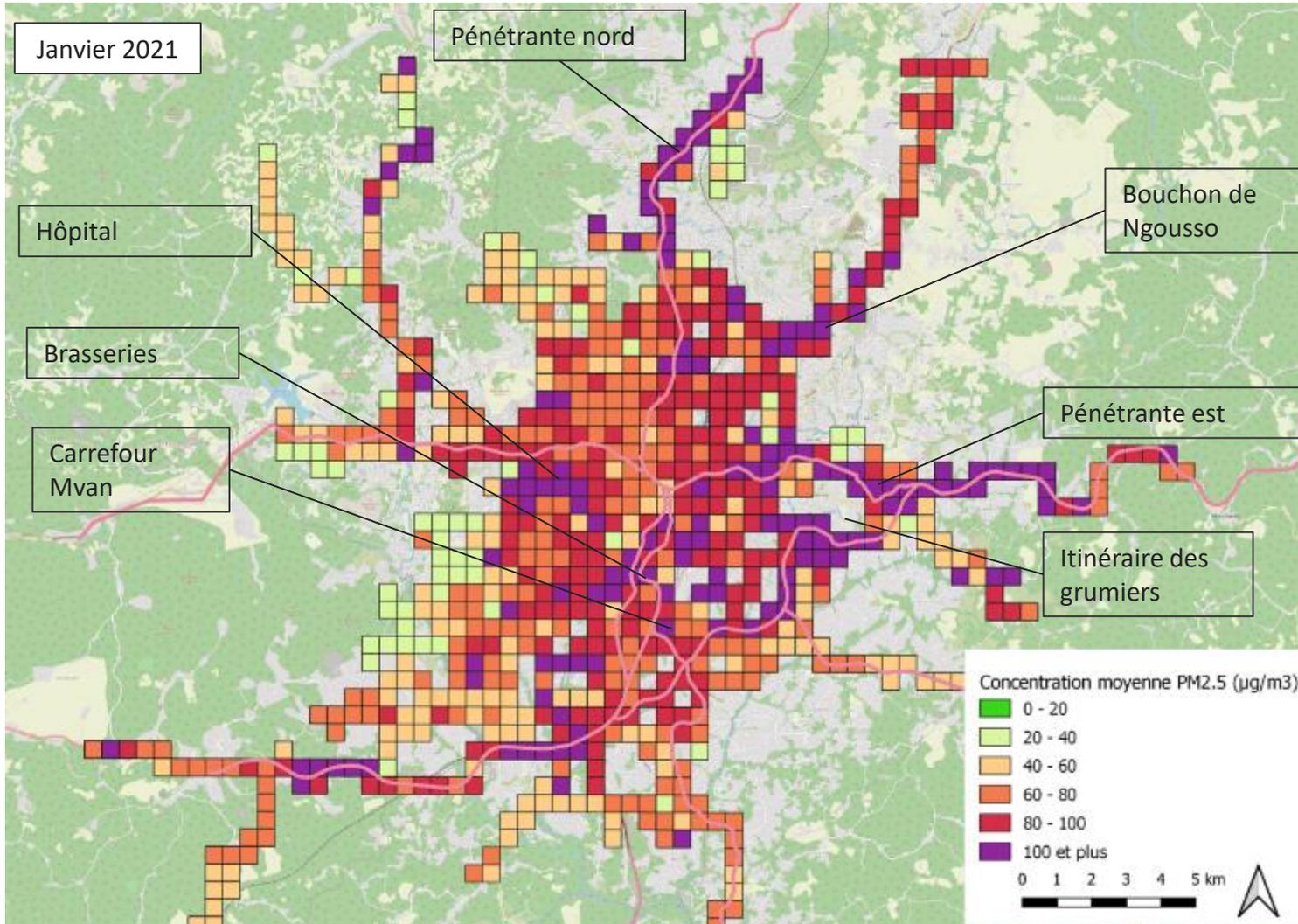


Interfaces informatiques

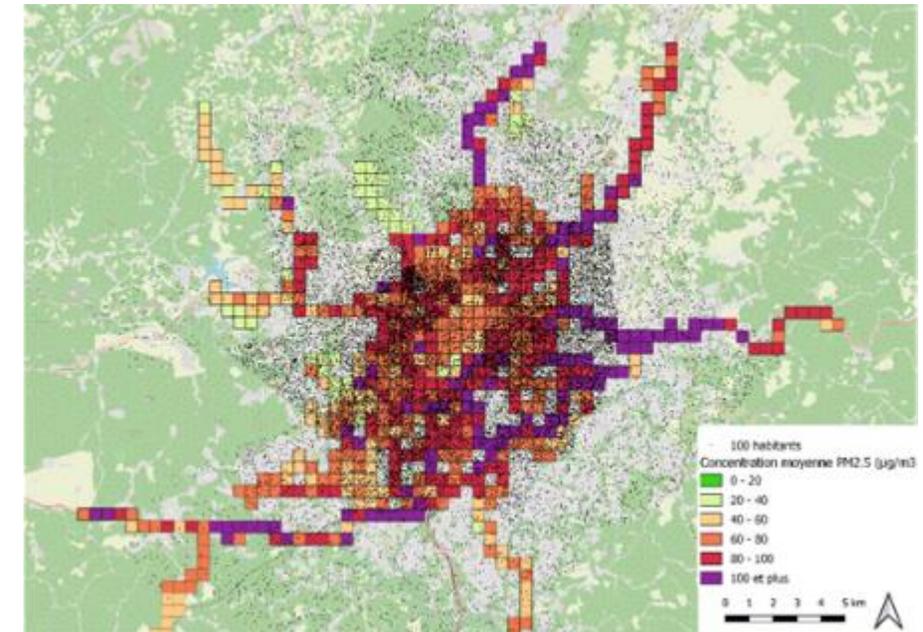


Interprétation des données

Cartographie des résultats moyennés par période (mois, semaine,...)

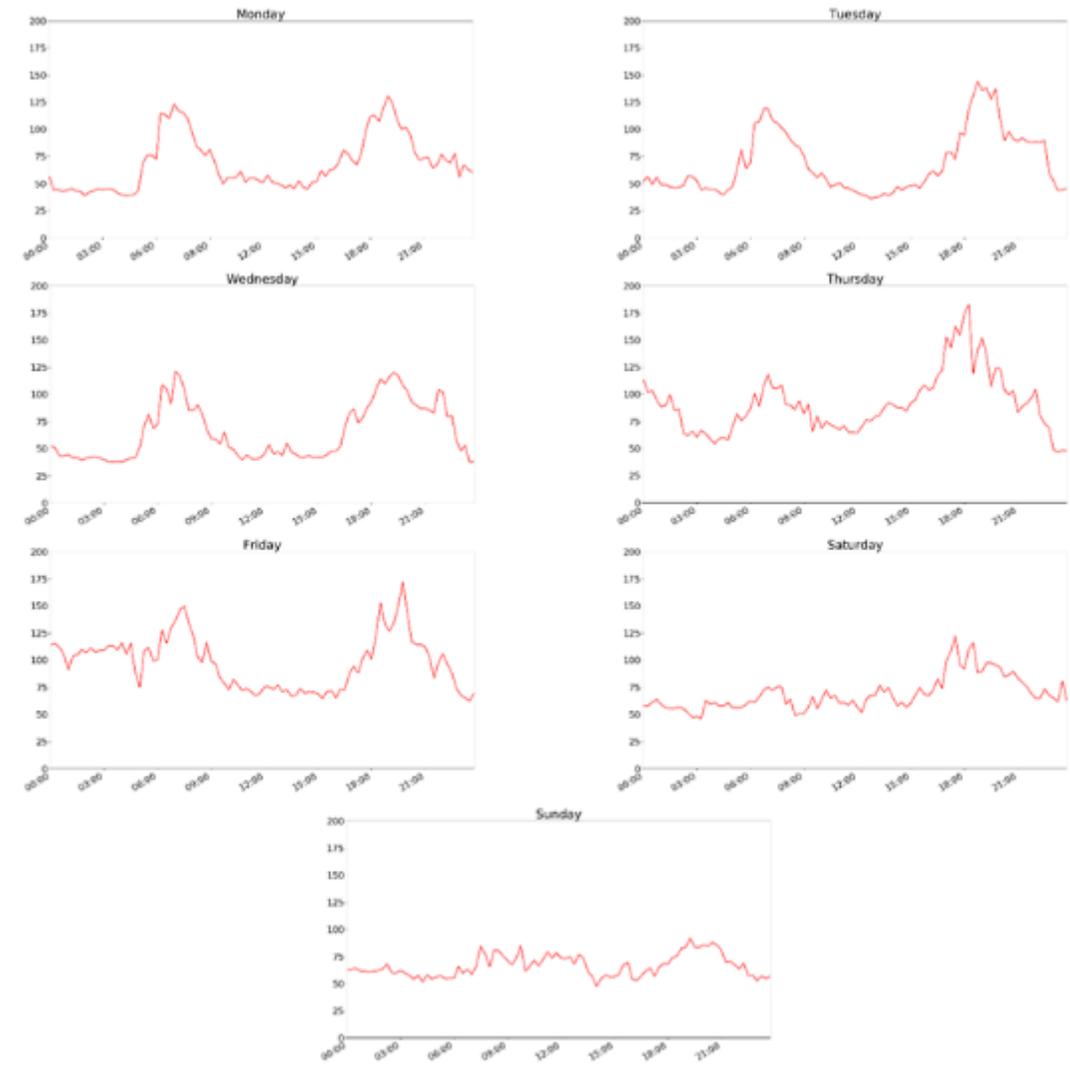
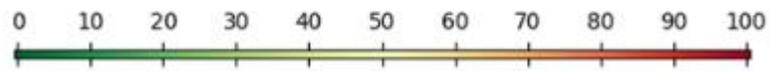
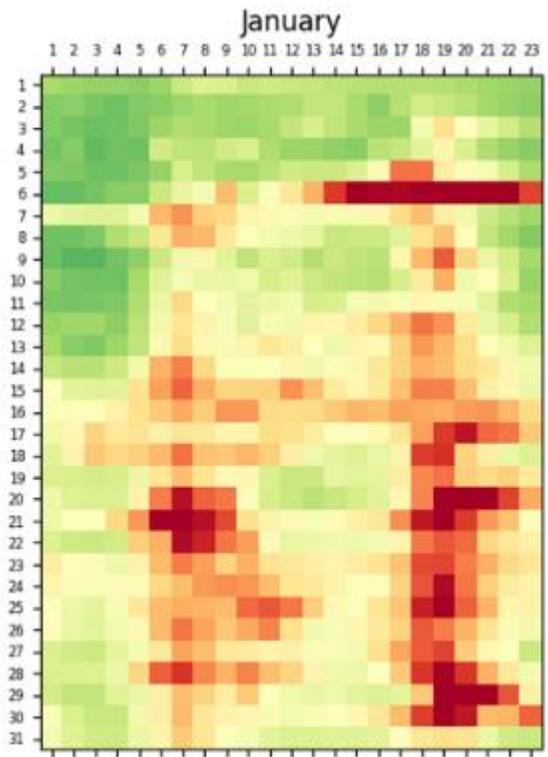


Analyse croisée avec d'autres informations comme le réseau viaire, la densité de population, la collecte des déchets, etc.



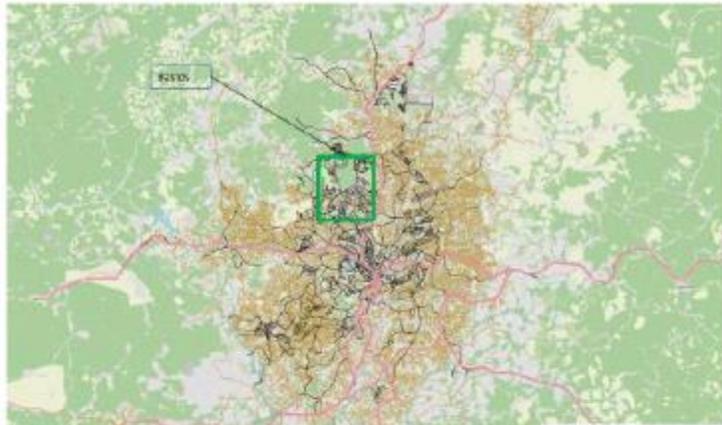
Interprétation des données

Forte corrélation entre les heures de pointe du trafic et le niveau de particules fines moyen sur la ville

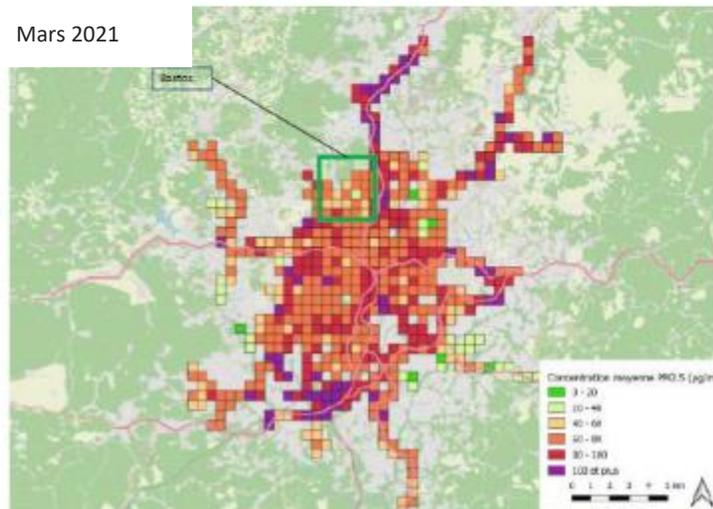
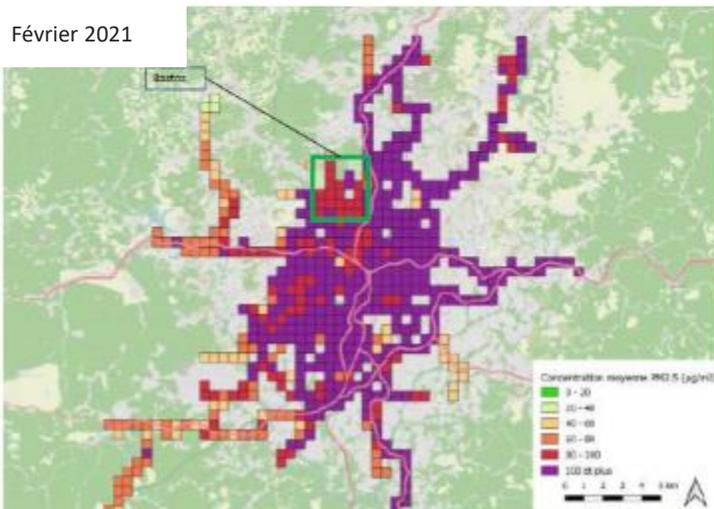
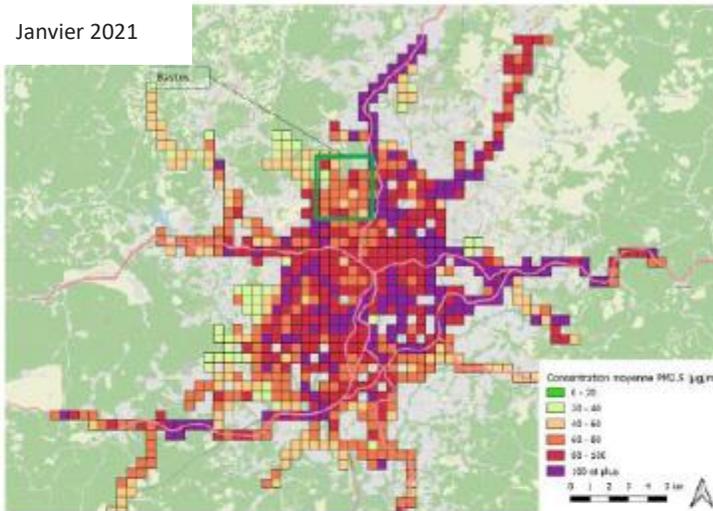


Interprétation des données

Corrélation entre le type de route (terre ou bitumée) et la concentration en particules fines en suspension



Routes bitumées (noir) et en terre (marron)



Sources de pollution identifiées et plan d'action

Mesures réglementaires, fiscales et de gouvernance

- Améliorer la qualité des carburants
 - Mesurer les émissions des véhicules lors du contrôle technique
 - Favoriser le renouvellement/retrofit du parc
 - Apaiser la circulation dans les sites les plus vulnérables
 - Investir dans le bitumage et le balayage des voiries
 - Mettre en œuvre le plan d'action du PMUS
-
- Favoriser des techniques de cuisine moins polluantes
 - Soutenir le recyclage et améliorer la collecte des déchets
 - Etablir des normes sectorielles et contrôler leur application. Promouvoir les meilleures pratiques.
-
- Créer une unité de mesure de gestion de la qualité de l'air
 - Sensibiliser et informer la population



Circulation automobile
(émissions, usure et remise en suspension)



Autres activités humaines :
cuisine, brûlage des déchets,
activités industrielles,
désherbage, culture sur brûlis



Phénomènes naturels régionaux :
tempêtes désertiques

Acteurs : CUY, ministères, préfecture, arrondissements, associations d'habitants...

Semaines de la qualité de l'air

Piétonnisation et embellissement de l'avenue Kennedy (centre-ville), communication, sensibilisation, consultations médicales



SEMAINE DE LA QUALITÉ DE L'AIR YAOUNDÉ

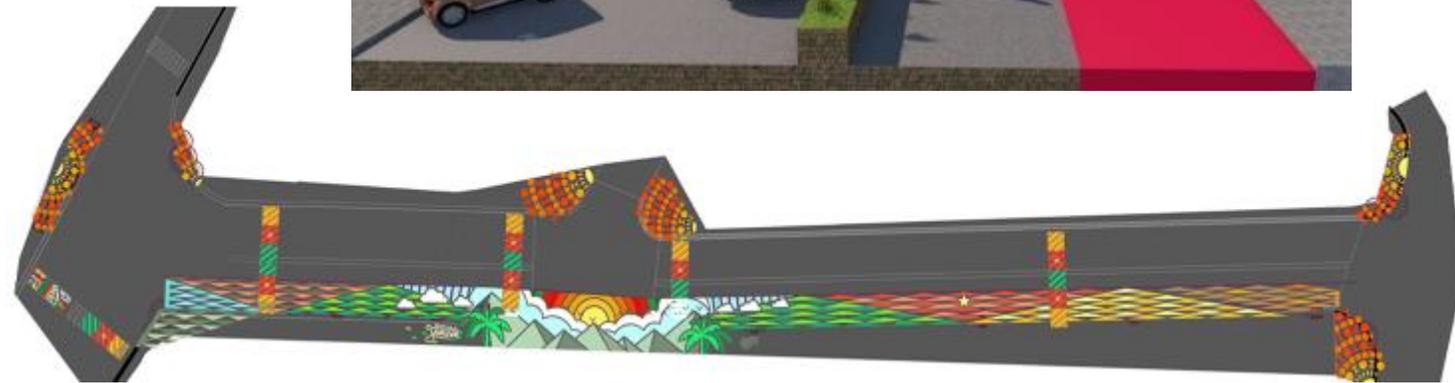
Le Maire de la Ville s'engage dans la **LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'AIR**

VENEZ DÉCOUVRIR LES AMÉNAGEMENTS TEMPORAIRES SUR L'AVENUE KENNEDY

Financé par le Ministère Français de l'Économie, des Finances et de la Relance

DU 15 au 28 NOV. 2021

AMBASSADE DE FRANCE AU CAMEROUN
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE LA RELANCE

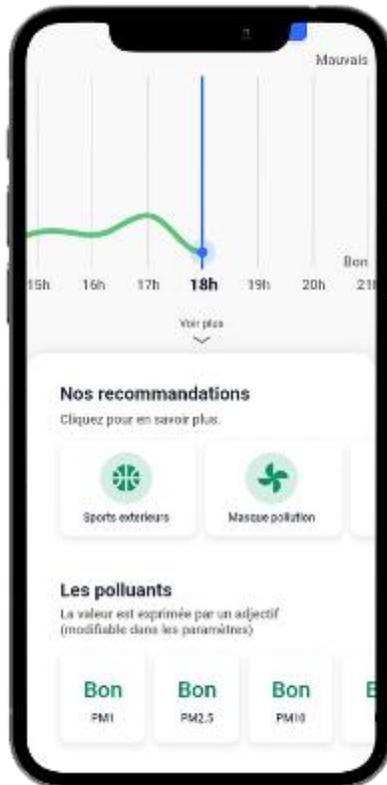


Sensibilisation grand public



Application smartphone Caeli

- indicateurs basés sur les mesures en temps réel
- conseils pour ajuster son comportement en fonction du niveau de pollution
- valeurs globales pour la ville, et par quartier

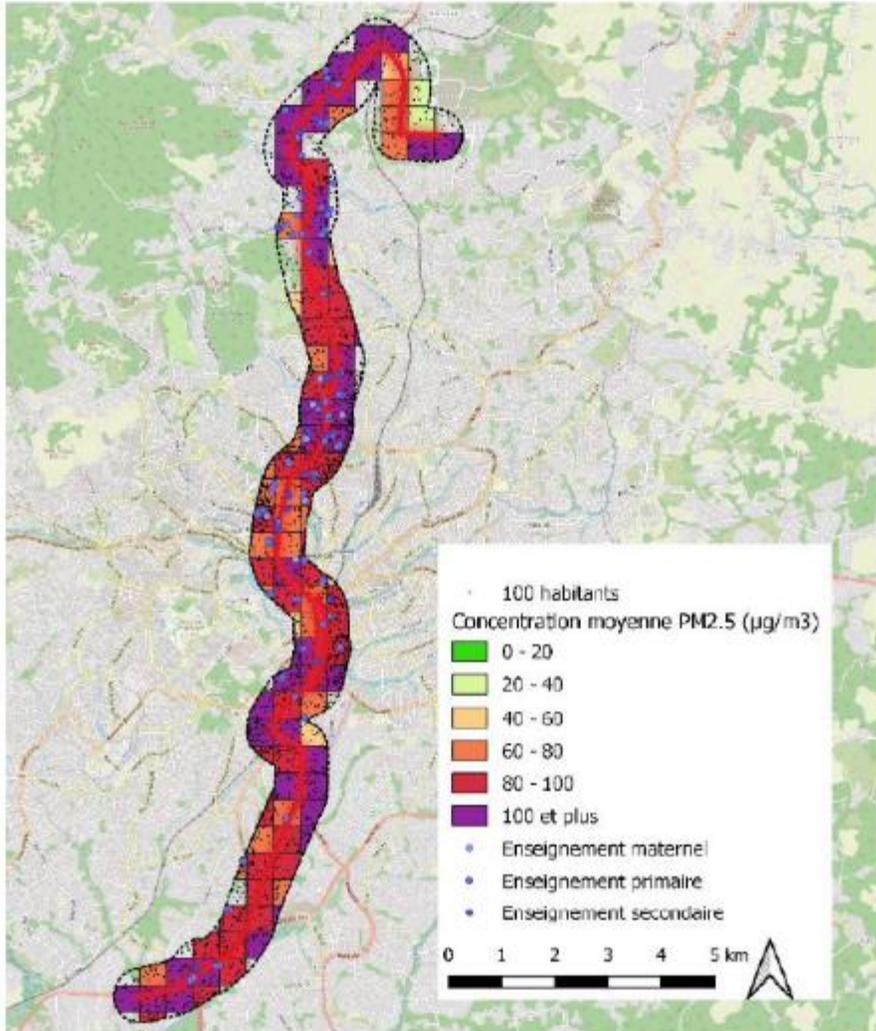


Objectifs : susciter une prise de conscience de la part des citoyens des enjeux de la qualité de l'air sur la santé

Perspectives

Aide à la décision : exemple de cas d'application

Analyse du niveau de pollution actuelle sur le corridor du futur BRT



110 000 passagers par jour aujourd'hui en taxi vétustes → un des axes les plus congestionnés et les plus pollués

Le dispositif déployé a permis d'estimer qu'entre janvier et février 2021, 80% de la population vivant à moins de 500m du futur BRT a été exposée à une pollution chronique aux particules fines (PM2.5) supérieure à $80\mu\text{g}/\text{m}^3$.

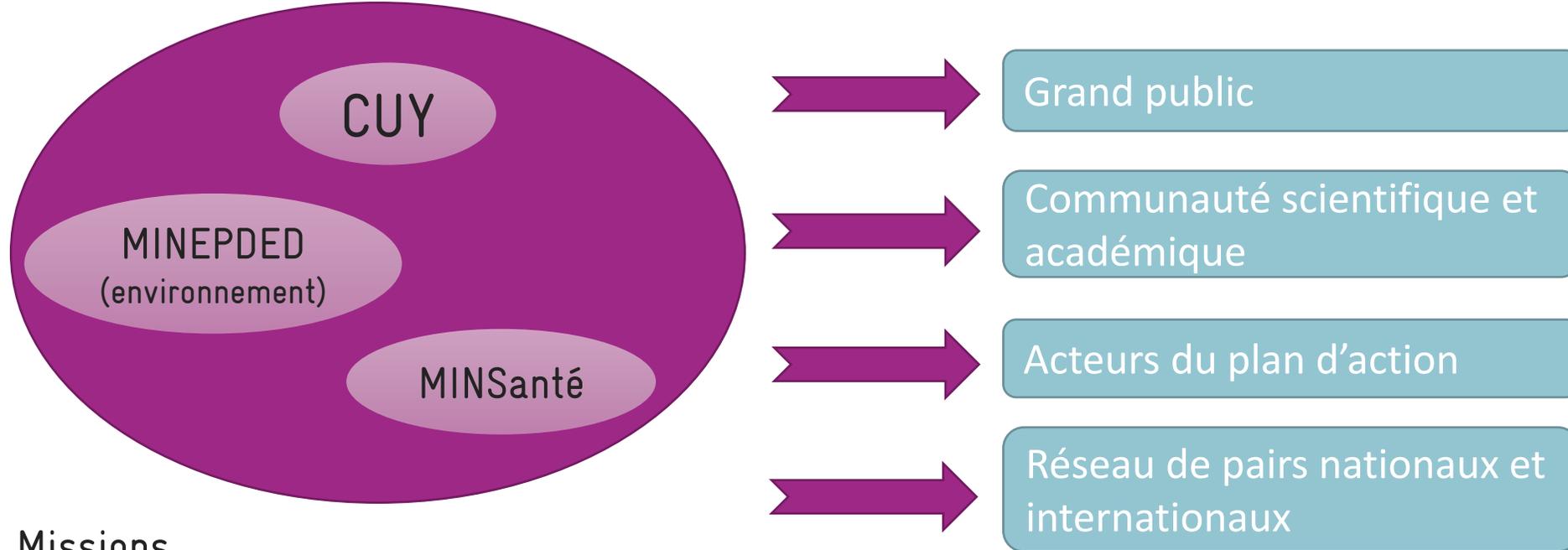
100% des écoles de ce périmètre ont été exposées à une pollution aux PM2.5 supérieure à $60\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le projet de BRT contribuera à améliorer la qualité de l'air en

- Réduisant la congestion,
- Offrant aux usagers une alternative de transport moins polluante,
- Contribuant à l'amélioration des infrastructures le long du corridor.

Comité interministériel de suivi de la qualité de l'air à Yaoundé

- Comité en cours de création pour assurer la pérennité de l'initiative à la fin du projet (janvier 2022)
- Personnel local formé aux outils et méthodes de suivi de la qualité de l'air



Missions

- Gérer le réseau de capteurs
- Produire et diffuser des données (suivi de l'évolution des indicateurs de la qualité de l'air dans le temps)
- Superviser la mise en œuvre du plan d'action

Merci pour votre attention

Restez en contact



Mobiliseyourcity.net



contact@mobiliseyourcity.net



[@MobiliseCity](https://twitter.com/MobiliseCity)



[MobiliseYourCity](https://www.facebook.com/MobiliseYourCity)



[MobiliseYourCity](https://www.linkedin.com/company/MobiliseYourCity)