

La qualité de l'air : enjeux de la mesure en milieu urbain

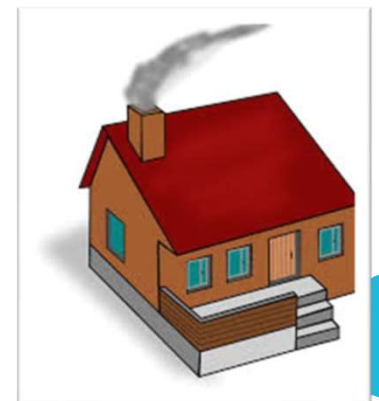
Prof. A-C Romain
Responsable du Labo SAM
Sensing of Atmospheres and Monitoring

► QUESTIONS

- En quoi cela me concerne?
- La qualité de l'air que je respire est de plus en plus mauvaise!
VRAI ou FAUX?
- Comment la mesurer?

► EN QUOI CELA MA CONCERNE?

- Je respire
entre **12 000 et 15 000 litres** d'air par jour!
- Une “mauvaise” qualité d'air peut impacter ma santé!
Je suis obligée de respirer l'air ambiant.
Je ne choisis pas, contrairement à ce que je mange et à ce que je bois.
- Je suis responsable de la qualité de l'air!
- Je peux participer!



17 octobre 2013

*La pollution de l'air extérieur a été reconnue comme **une des premières causes** environnementales de décès par cancer selon le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC).*

En effet, l'agence spécialisée sur le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé a annoncé que :

*la pollution de l'air extérieur était désormais classée
comme **cancérogène pour l'homme**
(cancer du poumon et de la vessie)*



Centre international de Recherche sur le Cancer



COMMUNIQUE DE PRESSE
N° 221

17 octobre 2013

La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC

Lyon/Genève, 17 octobre 2013 – Agence spécialisée sur le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), a annoncé aujourd'hui qu'il a classé la pollution de l'air extérieur comme cancérogène pour l'homme (Groupe 1). (1)

Après avoir soigneusement examiné la littérature scientifique la plus récente disponible sur le sujet, les principaux experts mondiaux réunis par le Programme des Monographies du CIRC ont conclu qu'il existait des indications suffisantes permettant de dire que l'exposition à la pollution atmosphérique provoque le cancer du poumon (Groupe 1). Ils ont également noté une association positive avec un risque accru de cancer de la vessie.

Les matières particulaires, une composante majeure de la pollution de l'air extérieur, ont été évaluées séparément et ont également été classées comme cancérogènes pour l'homme (Groupe 1).

L'évaluation du CIRC a montré que le risque de cancer du poumon augmentait avec l'exposition aux matières particulaires et à la pollution de l'air. Bien que la composition de la pollution atmosphérique et les niveaux d'exposition puissent varier de façon considérable, les conclusions du Groupe de travail s'appliquent à toutes les régions du monde.

Un problème majeur de salubrité de l'environnement

La pollution atmosphérique est déjà connue pour augmenter les risques d'un large éventail de maladies, comme les maladies respiratoires et cardiaques. Les études examinées indiquent que ces dernières années, les niveaux d'exposition ont considérablement augmenté dans certaines parties du monde, notamment dans les pays très peuplés et en voie d'industrialisation rapide. Les données les plus récentes montrent qu'en 2010, 223 000 décès par cancer du poumon dans le monde entier étaient imputables à la pollution de l'air. (2)

Le cancérogène environnemental le plus répandu



► EN QUOI CELA MA CONCERNE?

Europe : 400 000 décès prématurés chaque année

<https://www.eea.europa.eu/fr/themes/air>

Belgique : plus de 7 000 décès prématurés chaque année

Monde : 3,7 millions de décès/an (*7 millions : air extérieur + intérieur*)

<https://www.who.int/fr/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

<https://www.stateofglobalair.org/air>

PM_{2,5} : 379 000 (EU 28) / **417 000** (EU 41) / **7400** (BE)

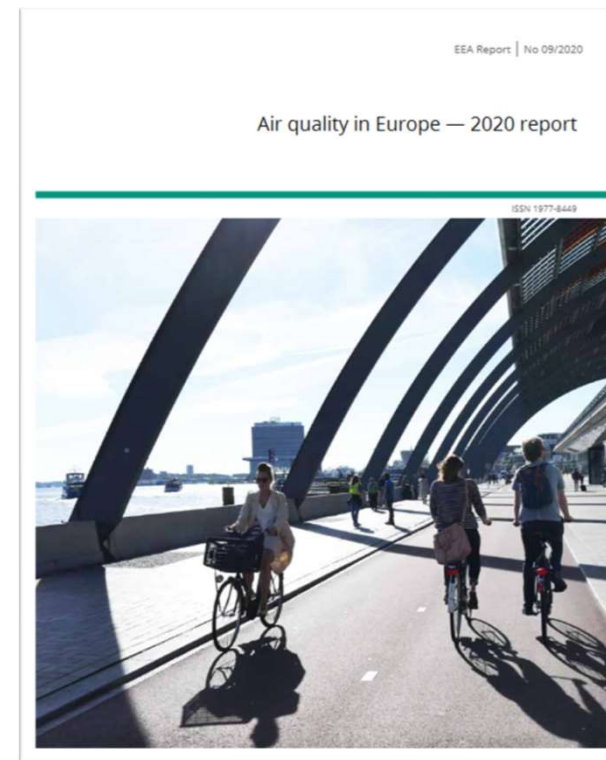
NO₂ : 54 000 (EU 28) / **55 000** (EU 41) / **1200** (BE)

O₃ : 19 400 (EU 28) / **20 600** (EU 41) / **4298** (BE)

(rapport 2020, sur base des données 2018, expo long terme)

décès prématurés estimés sur base des concentrations
calculés sur maladies cardiaques + AVC, cancer du poumon
et maladies respiratoires

- Amélioration par rapport 2017 sauf pour O₃
- En 10 ans, diminution de 54% de la mortalité suite au NOx



<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>

► EN QUOI CELA MA CONCERNE?

« La pollution a changé de nature,
moins localisée au niveau des sites industriels
et plus diffuse,

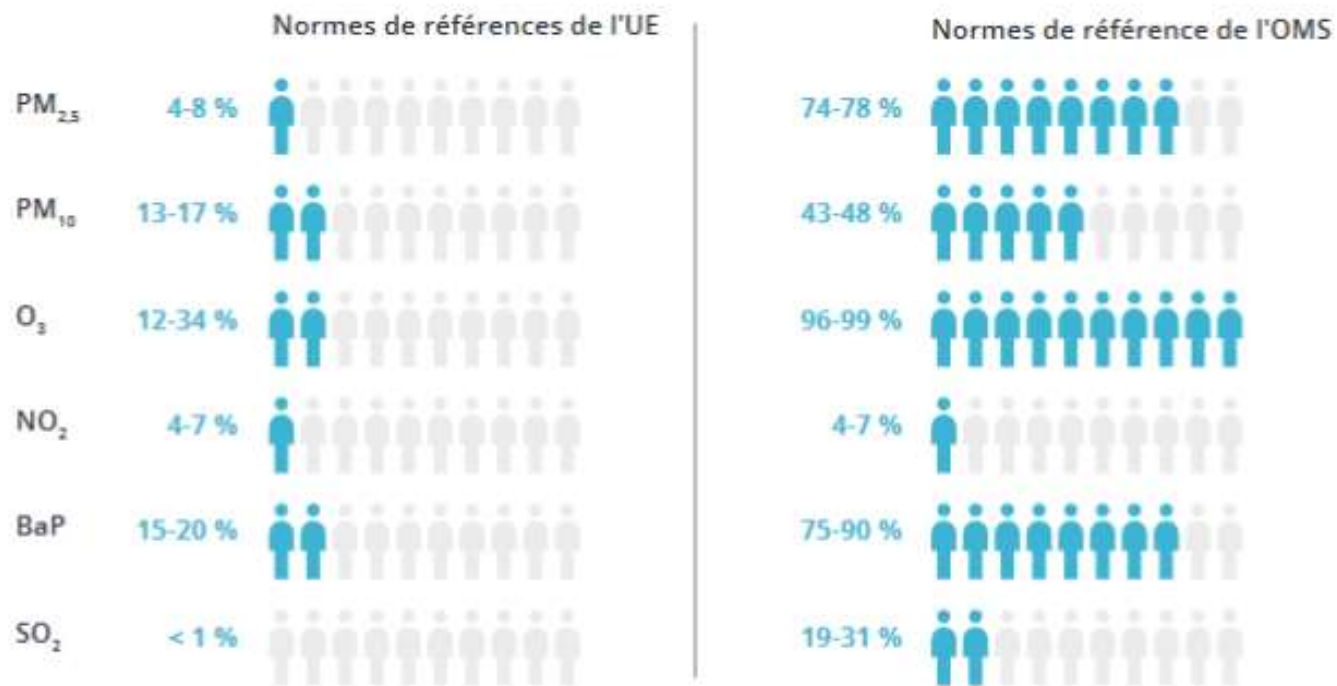
via les **transports, le chauffage, l'agriculture et l'air intérieur** »

« **Population urbaine** la plus touchée (3 Européens sur 4) »

Rapport de l'agence européenne de l'environnement

► EN QUOI CELA MA CONCERNE?

Part de la population urbaine de l'UE exposée à des concentrations de polluants atmosphériques supérieures aux normes de référence de l'UE et de l'OMS de 2016 à 2018



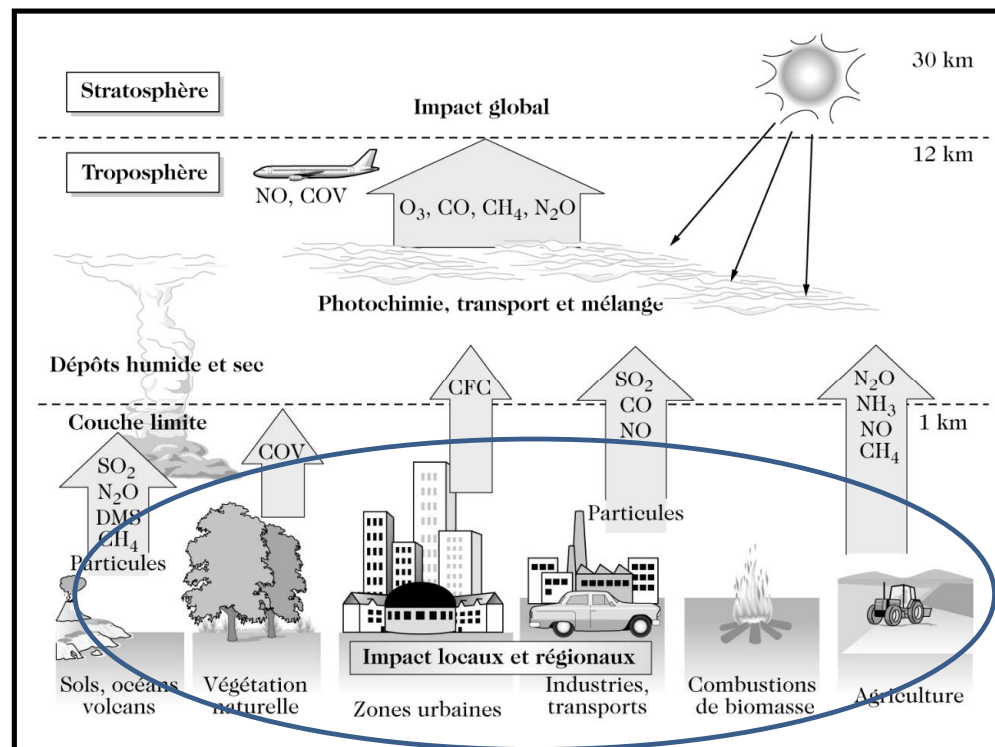
Signaux de l'AEE-Vers une pollution zero en Europe (2020)

La qualité de l'air ambiant
est-elle de plus en plus mauvaise?

► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

Qualité de l'air ambiant ?

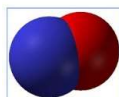
- ✓ L'air que l'on respire, à l'extérieur, à **basse altitude**
- ✓ L'air ambiant est naturellement composé majoritairement d'azote (78%), d'oxygène (21%), de gaz rares, de CO₂, de méthane, de radon, d'eau, ...
- ✓ Polluants ambiants?
 - Ajout de substances nouvelles ou de substances naturellement présentes : gaz et particules.
 - **NO, NO₂, PM, CO, COV, SO₂,...**
 - Les polluants voyagent en fonction des conditions météorologiques et de leur durée de vie.
 - Les polluants réagissent entre eux et avec les substances présentes (ex du smog photochimique) et peuvent former de nouveaux polluants (ex : Ozone-O₃).
- Composition de l'air ambiant varie d'un endroit à l'autre, d'un moment à l'autre.



POLLUANTS TYPIQUES DE L'AIR URBAIN

NO et NO₂ (oxide d'azote)

NO_x : NO+NO₂

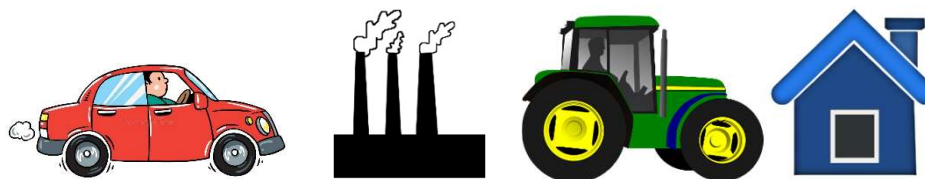


Nitric Oxide, NO



Nitrogen Dioxide, NO₂

- Formation NO : combustion
réaction entre O₂ de l'air et N₂ de l'air
ou azote du carburant à haute température
- Sources : **Traffic** (RW : 48%) et Production
d'énergie domestique -Chauffage- et
industrielle,
Dégradation naturelle de l'azote des sols,
éclairs
- Pollution : NO_x : **Formation de l' ozone**,
Pluies acides; Eutrophisation
NO₂ est toxique (effet direct sur la santé)
- Effets : NO est le plus abondant mais est
non toxique; NO₂ est toxique : Irritation
des **voies respiratoires**, maladies
hépatiques et de la rate, poumon
NO_x : dégradation du sol, de la végétation,
des bâtiments
- Concentrations : variables
inférieures à 10 µg/m³ en milieu rural,
supérieures à 10 µg/m³ en milieu urbain



Directive européenne (NO₂)

Protection de	Période de calcul de la moyenne	Valeur	Nombre maximum de dépassements
Santé humaine	1 heure Année	200 µg/m ³ 40 µg/m ³	18
Végétation	année	30 µg/m ³	

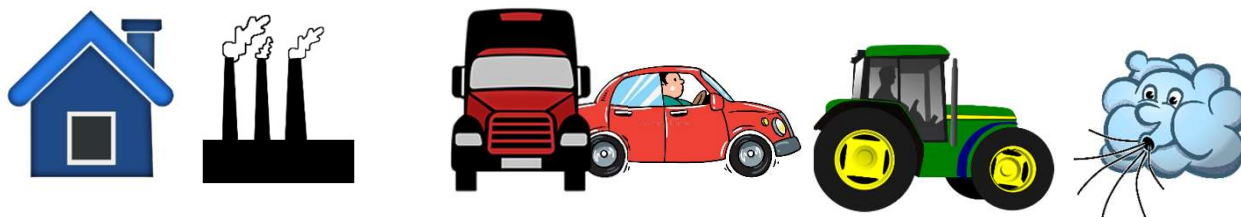
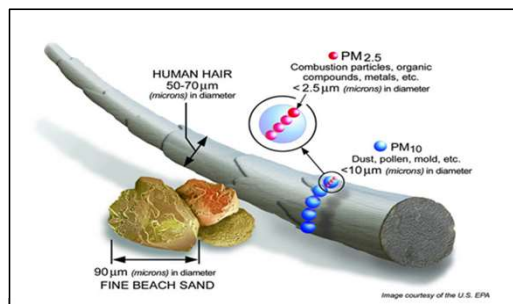
Seuil d'alerte (NO₂) : 400 µg/m³

POLLUANTS TYPIQUES DE L'AIR URBAIN

PM (Matière particulaire)

PM₁₀ et PM_{2,5}
Diamètre inférieur à 10µm et à 2,5µm

- **Formation** : diverses
Mécanique, Transport régional, réactions chimiques (notamment entre l'ammoniac et les NOx, produits de la combustion)
- **Sources** : **Traffic**, Production d'énergie domestique et industrielle, Agriculture, Industries
- **Pollution** : **Effet direct sur la santé en pénétrant dans le système respiratoire et sur les écosystèmes**
- **Effets** : cause ou aggrave les maladies pulmonaires et cardiovasculaires, et les cancers par le transport de polluants organiques toxiques vers les alvéoles(sang)
- **Concentrations** : variables
inférieur à 20 µg/m³ en milieu rural,
supérieur à 10 µg/m³ en milieu urbain



Directive Européenne

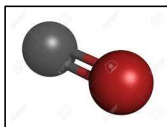
Protection de	Période de calcul de la moyenne	Valeur	Nombre maximum de dépassements
Santé humaine (PM10)	1 jour Année	50 µg/m ³ 40 µg/m ³	35
Santé Humaine (PM2,5)	Année	20 µg/m ³	

Seuil d'information (smog alert) :

PM10 : moyenne journalière supérieure à 50µg/m³

POLLUANTS TYPIQUES DE L'AIR URBAIN

CO (Monoxide de carbone)



- Formation : combustion incomplète de combustibles et de carburants
- Sources : **Traffic** : voiture au ralenti, embouteillage; Production d'énergie domestique et industrielle à mauvais rendement; feux de forêts
- Pollution : **Effet direct sur la santé**
- Effets : **réduit l'oxygène dans l'organisme** (se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang): fatigue, maux de tête, asphyxie
- Concentrations : surtout en milieu urbain supérieur à 10 µg/m³ en milieu urbain



Directive Européenne

Protection de	Période de calcul de la Moyenne	Valeur
Santé humaine	Max journalier de la moyenne sur 08 h	10 mg/m ³

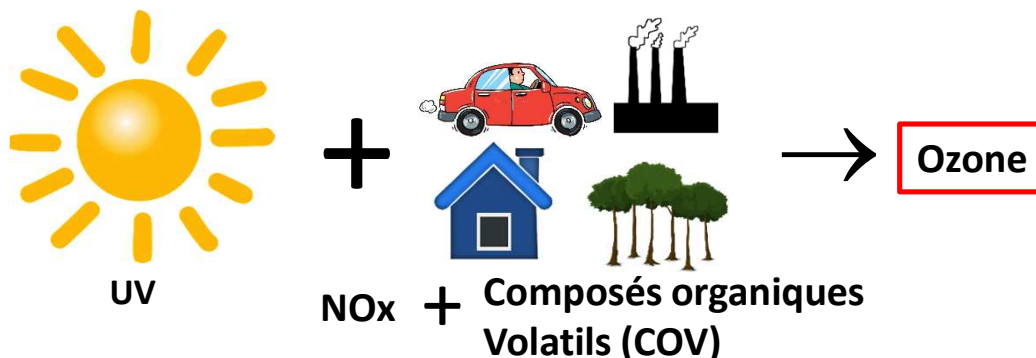
POLLUANTS TYPIQUES DE L'AIR URBAIN

O₃ (Ozone)



Différence d'origines et d'effets entre celui présent dans l'air ambiant et celui de la stratosphère (« trou d'O₃ »)

- Formation: pas émis directement (polluant secondaire)
- Sources : **Traffic** et Production d'énergie domestique; un peu de la stratosphère
- Pollution : **Effet direct sur la santé, les écosystèmes et les matériaux**
- Effets : **Oxydant puissant** néfaste pour cultures et végétation, irritation des voies respiratoires (asthme)
- Concentrations : variables dites de fond (supérieures en milieu rural): autour de 50 µg/m³
Pics d'ozone (surtout en été, plus élevés en milieu urbain)



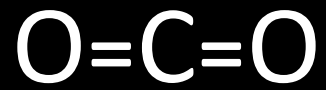
Directive Européenne

Protection de	Période de calcul de la moyenne	Valeur
Santé humaine	Max journalier de la moyenne sur 8 heures	120 µg/m ³ Max 25 dépassements)
Végétation (mai à juillet)	cumul des doses horaires > 80 µg/m ³ (entre 8 h et 20 h)	valeur cible "18 000 µg/m ³ h" (moy sur 5 ans)

Seuil d'information (horaire moyen) : 180 µg/m³

Seuil d'alerte (horaire moyen) : 240 µg/m³

Et le CO₂ ?



- Composé très stable,
issu de la combustion de matières contenant du carbone
et de la respiration
Temps de séjour : 100 ans
- Ce n'est pas un polluant...naturellement présent...MAIS...

- Problématique différente selon l'échelle :

globale : impact sur le climat

gaz à effet de serre

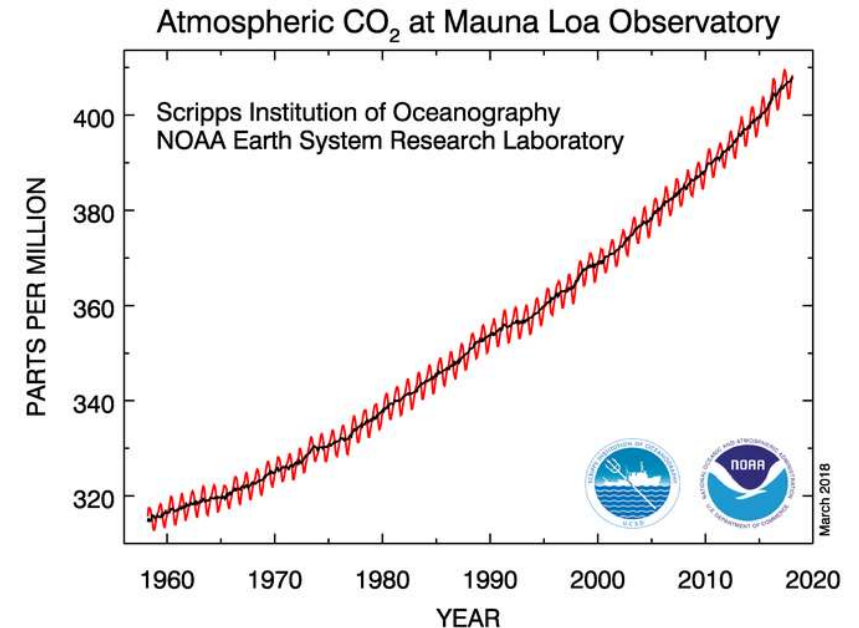
locale : impact sur la santé, écosystèmes et matériaux

non considéré comme un polluant

en air intérieur : - impact sur la santé -

considéré comme un polluant

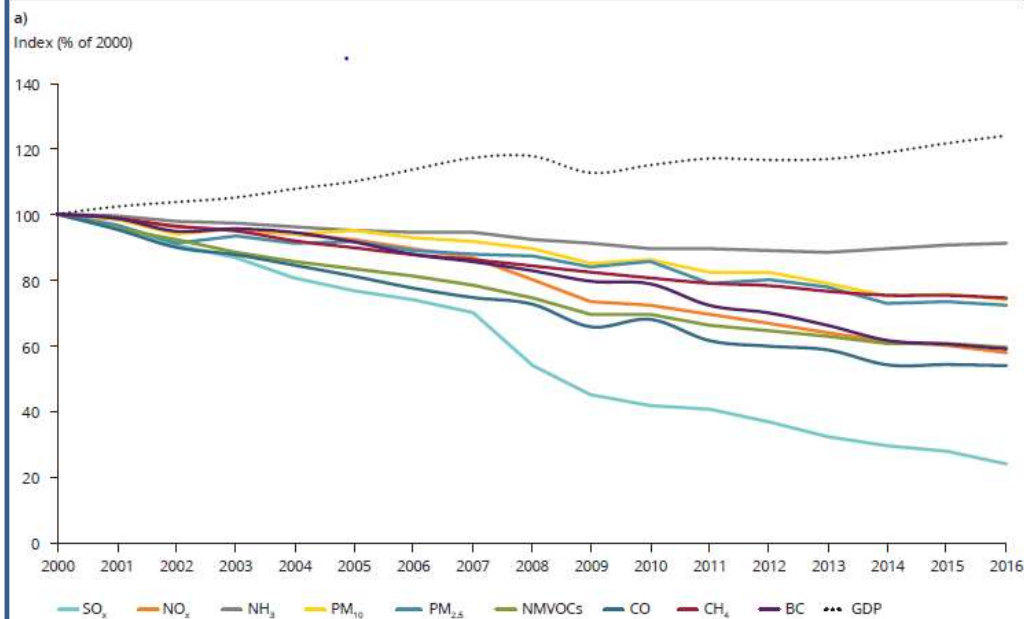
Ne pas dépasser 1000 ppmv !



► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

Réponse pour les Européens : FAUX

Figure 2.1 Development in EU-28 emissions, 2000-2016 (% of 2000 levels): a) SO_x, NO_x, NH₃, PM₁₀, PM_{2.5}, NMVOCs, CO, CH₄ and BC. Also shown for comparison is EU-28 gross domestic product (GDP expressed in chain-linked volumes (2010), % of 2000 level); b) As, Cd, Ni, Pb, Hg and BaP

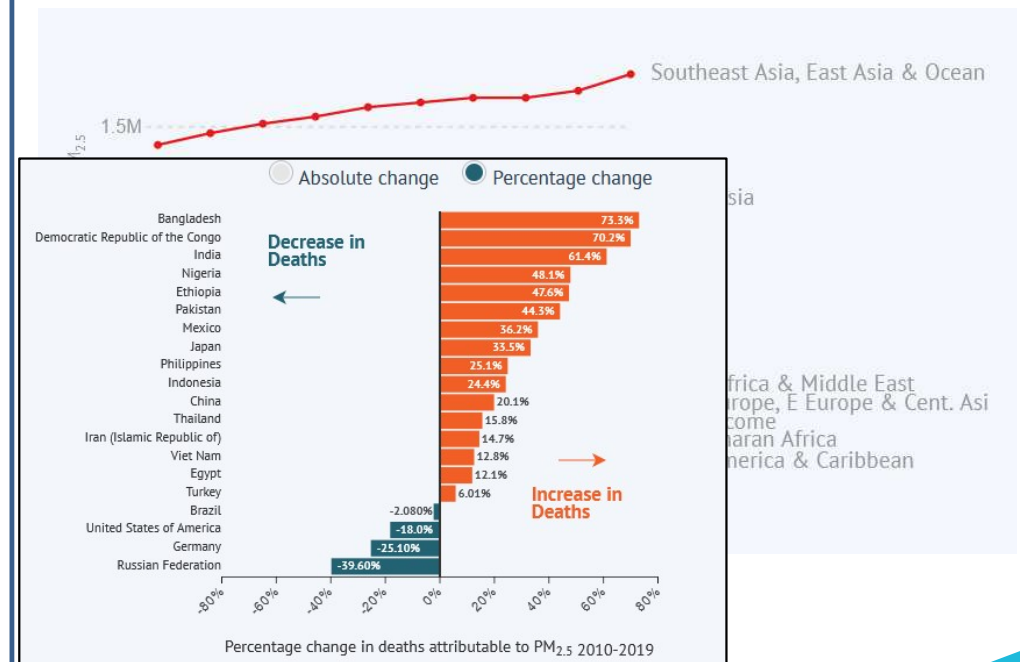


Réponse pour la population mondiale : VRAI et FAUX

Exemple pour PM_{2.5}

Figure S. Trends in total deaths attributable to PM_{2.5} globally and in the GBD Super Regions.

(<https://www.stateofglobalair.org/health/pm#regional-disparities>)



► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

FLASHBACK : Londres, décembre 1952

- 12 000 personnes décédées
- combustion intense de charbon avec haute teneur en soufre et conditions hivernales
- ✓ Parlement de Londres adopta, en 1956, la loi Clean Air Act (loi sur l'air pur)



► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

Réponse pour la population mondiale : VRAI et FAUX

Exemple pour $PM_{2,5}$

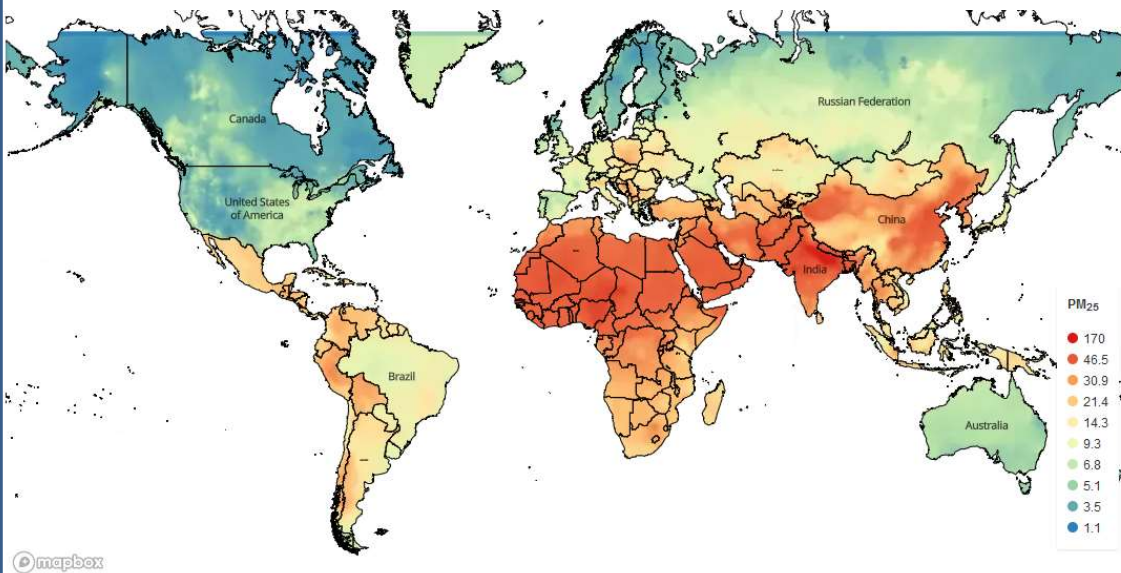


Figure A. Population-weighted annual average $PM_{2.5}$ concentrations in 2019. Drag or zoom to explore the data.

<https://www.stateofglobalair.org/health/global>



► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

Réponse pour la population mondiale : VRAI et FAUX

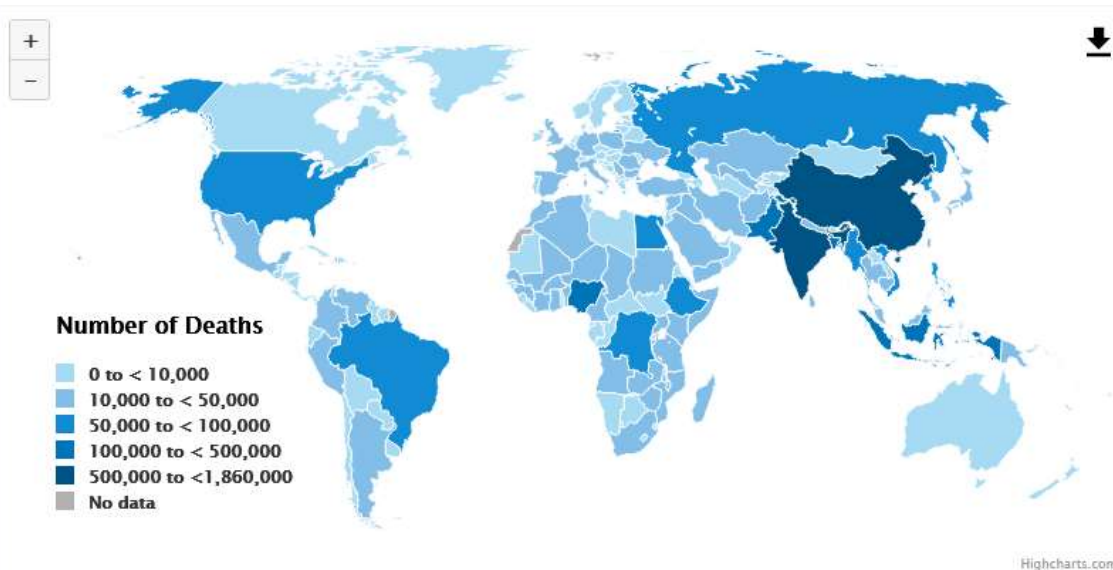


Figure O. Numbers of deaths attributable to total air pollution in 2019. *Hover or tap to explore the data.*

<https://www.stateofglobalair.org/health/global>

Classement des facteurs de risque par mortalité

La pollution de l'air : 4ème

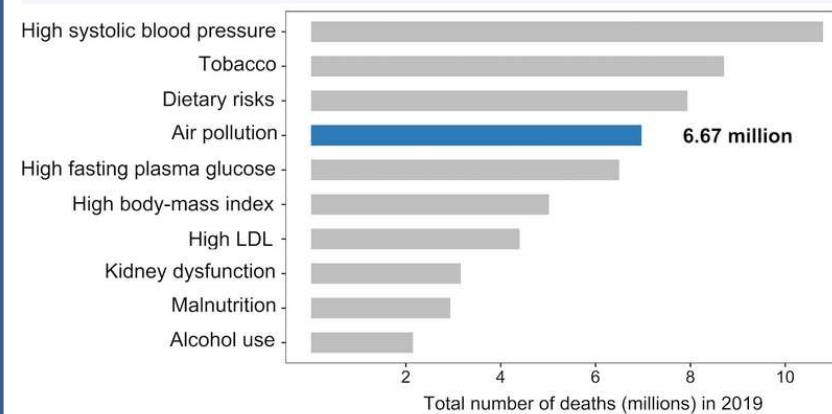


Figure N. Global ranking of risk factors by total deaths from all causes in 2019.

► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

<https://www.eea.europa.eu/fr/highlights/nette-amelioration-de-la-qualite>



Green Deal (pacte vert) : ambition ZERO POLLUTION !

En Europe,

- L'air est globalement moins pollué. 😊
- La pollution de l'air est néanmoins la principale cause environnementale à avoir un impact sur la santé.
- Les valeurs réglementaires toujours dépassées dans plusieurs pays en 2018 pour :
 - O_3 : dépassé dans plusieurs pays
 - NO_2 : forte diminution pour transport et énergie, plus lent pour agriculture et bâtiments
 - $PM_{2,5}$: 6 pays* ont dépassé les valeurs
4** ont des valeurs inférieures à celles de l'OMS

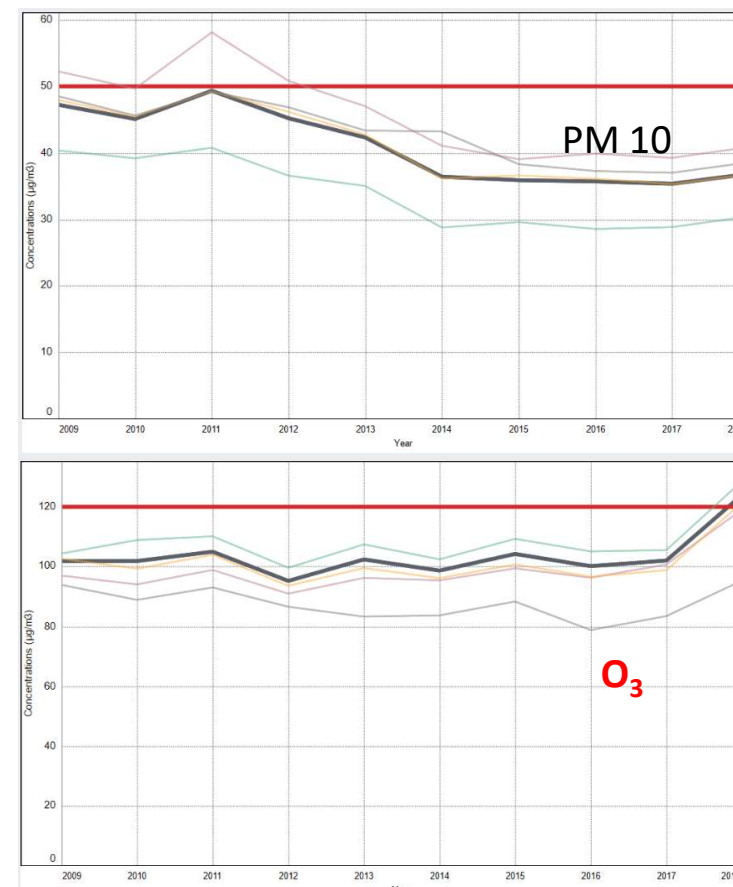
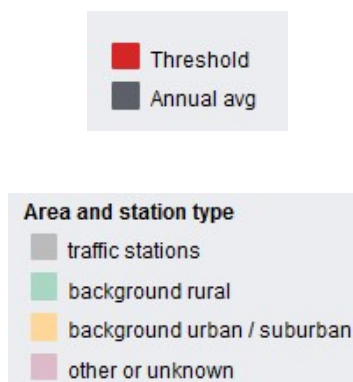
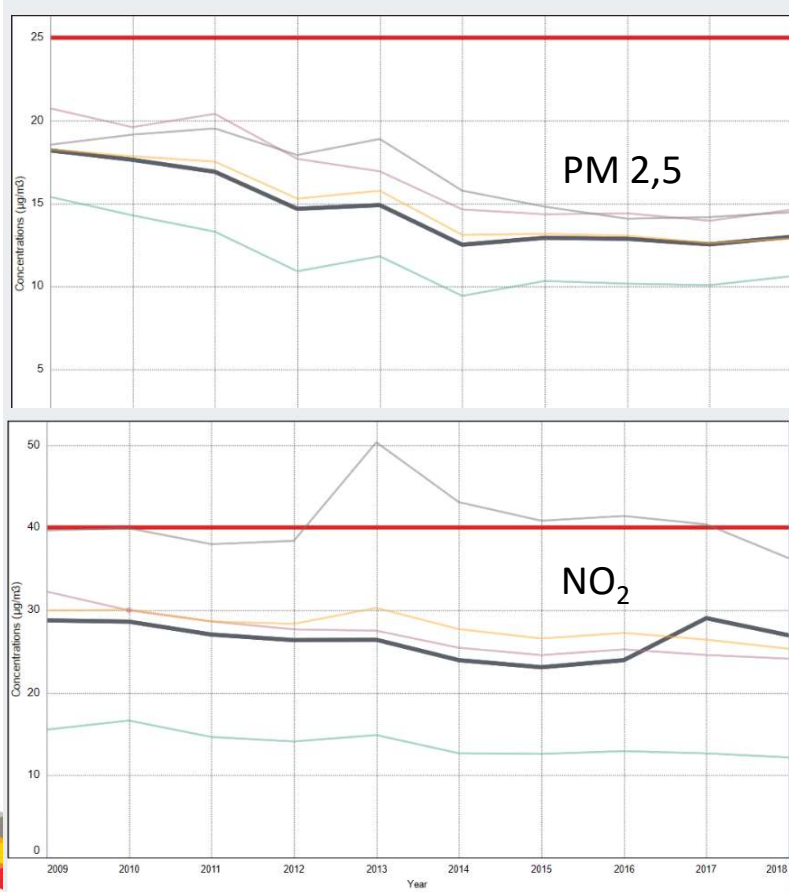
*Bulgarie, Croatie, Roumanie, République tchèque Italie et Pologne

**Estonie, Finlande, Islande et Irlande

► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

Réponse pour les Belges : FAUX sauf pour O₃

<https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2020-country-fact-sheets/belgium-air-pollution-country>



► QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE + EN + MAUVAISE?

Réponse pour les Wallons : FAUX sauf pour O₃

<http://www.awac.be>

✓ Diminution des concentrations

Prescriptions européennes

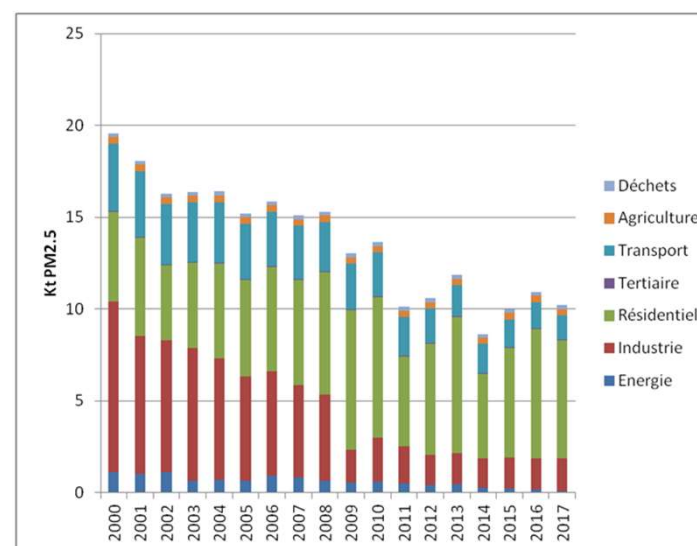
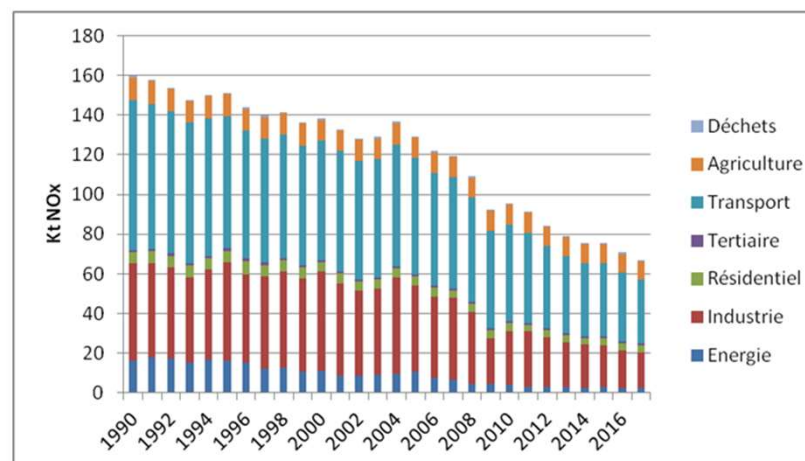
- Respect pour PM₁₀ et 2,5, NO₂, CO
- Non respect pour O₃

Recommandations OMS

- Respect pour PM_{2,5}, NO₂, CO
- Non respect pour PM₁₀ pour qlq stations et pour O₃

✓ Diminution des émissions

Stagnation pour l'ammoniac



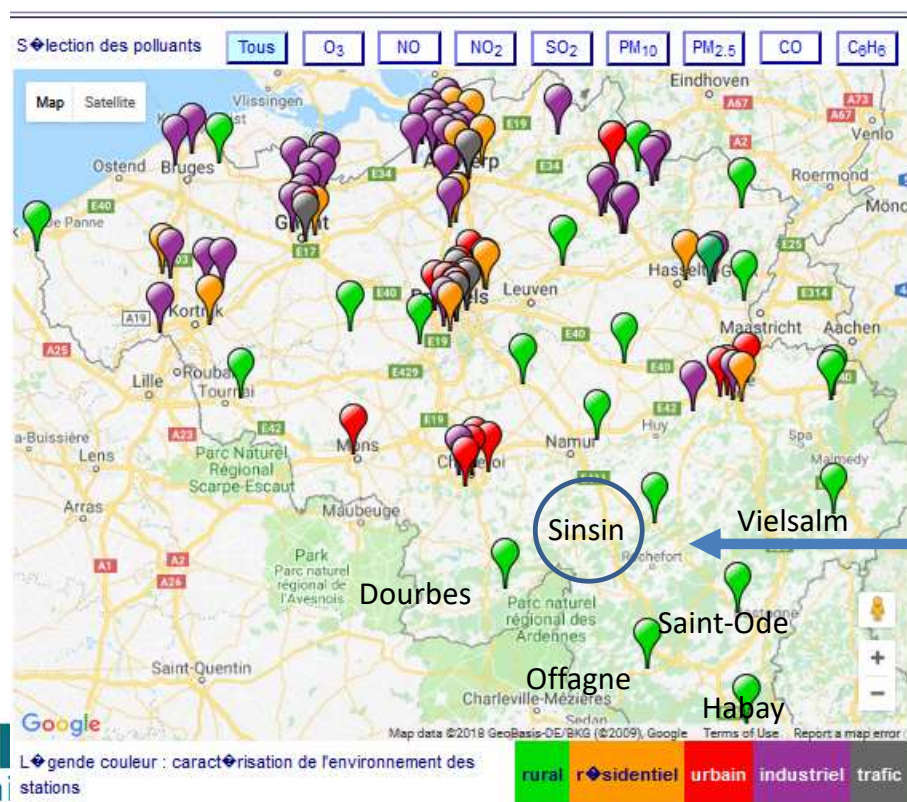
Comment mesure-t-on la qualité de l'air ambiant?

► COMMENT LA MESURER?

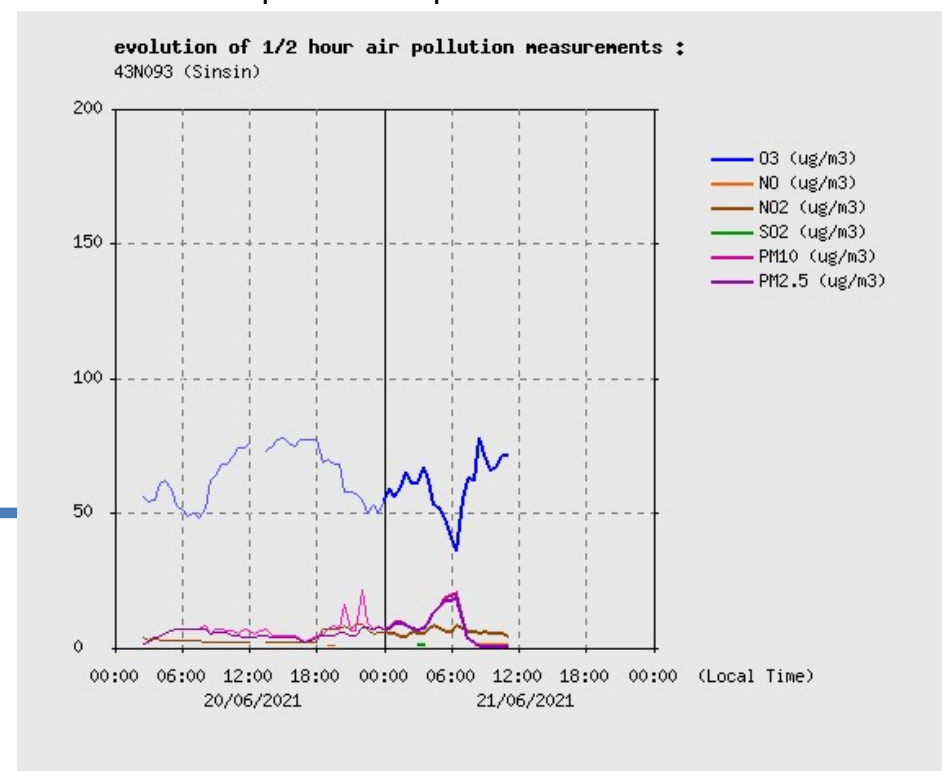
Stations de surveillance de la qualité de l'air en continu : instruments sophistiqués

Fédéral (IRCELINE) : <http://www.irceline.be/fr/qualite-de-lair/mesures> et RW (Wallonair) : <https://www.wallonair.be/fr/>

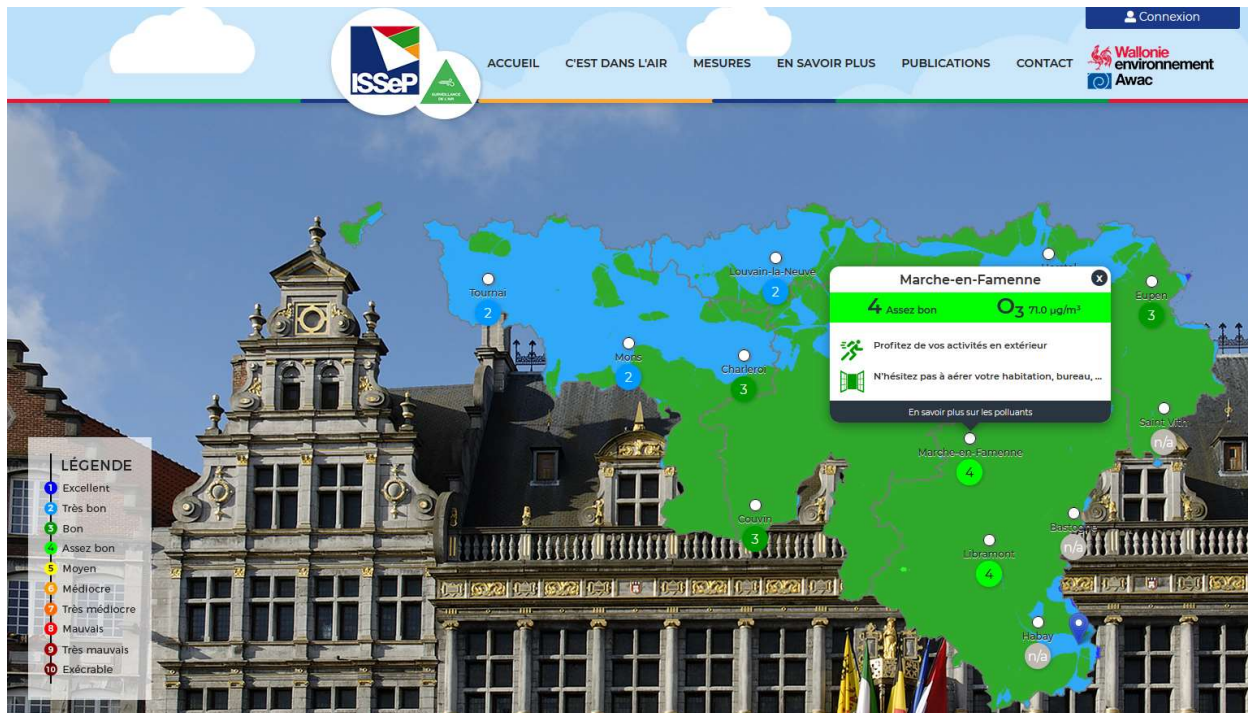
Localisation des 112 stations



Mesure en temps réel des polluants

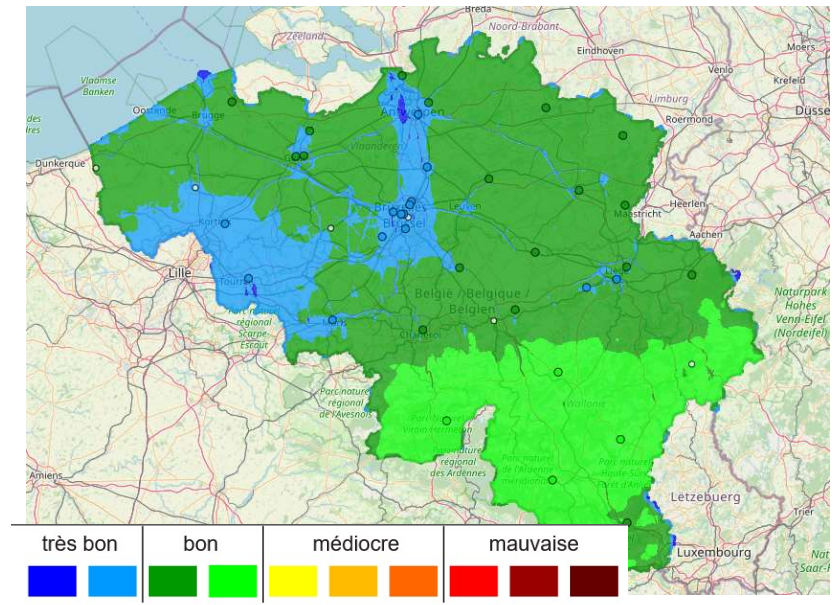


► COMMENT LA MESURER?



<https://www.wallonair.be/fr/>

Mesure de l'ozone, 21 juin à 13h, Moyenne horaire



<http://www.irceline.be/fr/qualite-de-lair/mesures>

► MESURE DE LA POLLUTION DE L'AIR

• Stations de surveillance de la qualité de l'air (au sol)

- Analyseurs physico-chimiques
- Echelle spatiale : $50 \times 50 \text{ km}^2$
- Modèles pour interpolation par RIO pour irCELine ($4 \times 4 \text{ km}^2$) et de prévision (CHIMERE $50 \times 50 \text{ km}^2$)
- Echelle temporelle : heure, 08h, jour, année-moyenne horaire-



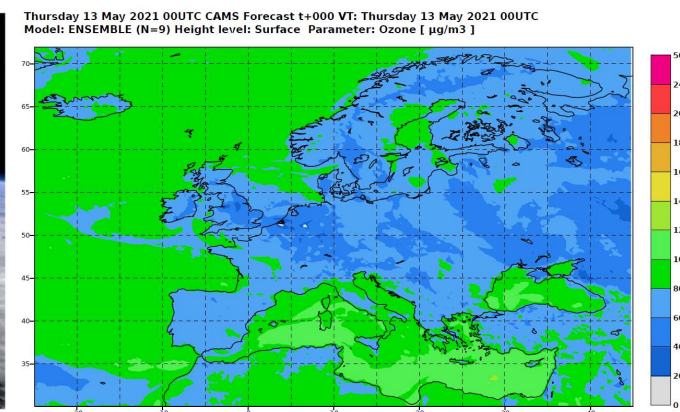
▪ Satellites

<https://atmosphere.copernicus.eu/>
<https://lego-bel-aq.aeronomie.be/>

- analyseurs physico-chimiques – optiques-
- Echelle spatiale : échelle du globe
pas idéal pour les polluants proches de la surface
- Echelle temporelle : 1 à 2 mesures/jour



Sentinel 5 Precursor



► NOUVELLES APPROCHES DE MESURE

Capteurs dits “low-cost” ou micro-capteurs



Avantages	Inconvénients
Bon marché	Limite de détection élevée
Peu encombrants	Moins spécifiques
Faible consommation	Sujets aux variables d'influence
Simples d'utilisation	Dérive

Densification de la mesure : Le maillage est plus petit que celui des stations de référence

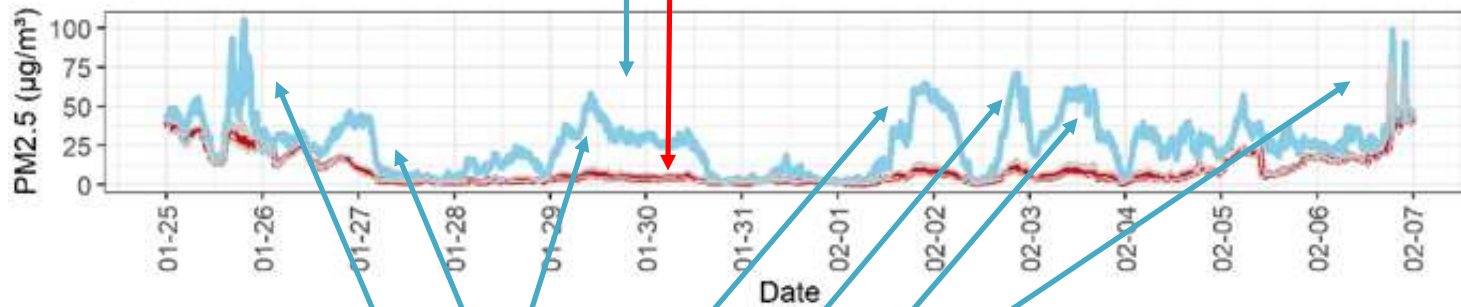


➡ identification des niches de pollution et d'évènements (pics de pollution)

Illustration des futures mesures à Marche

mesure à chaque minute

Identification de niches de pollution



Identification d'évènements



Mini-stations



Source : C. Falzone, Romain AC, F. Lenartz et al, PM2,5 low-cost sensor performance in ambient conditions, Environfo, 2020

Je peux participer!

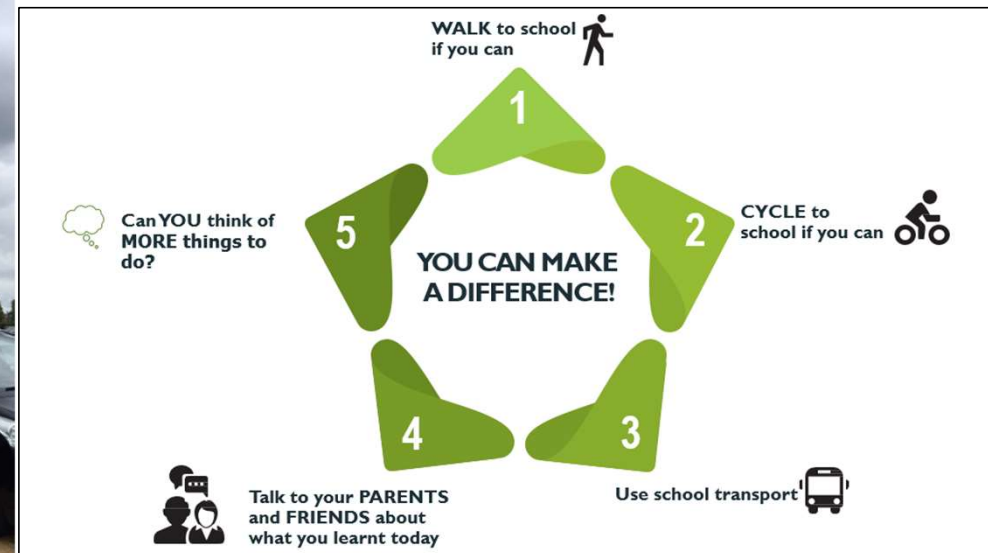
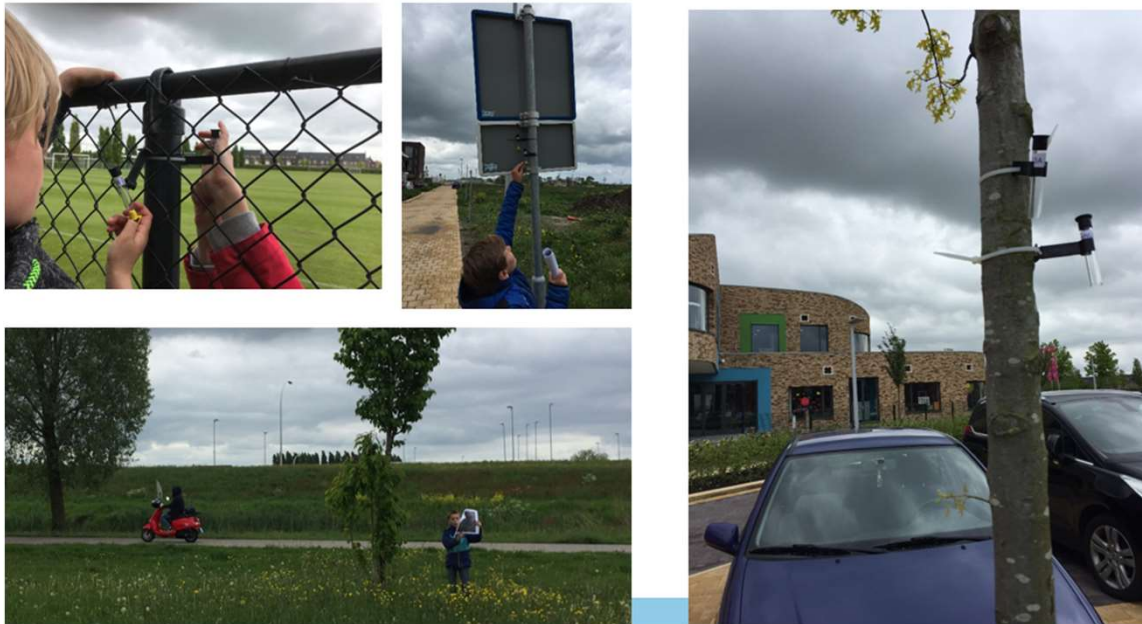
► NOUVELLES APPROCHES DE MESURE

Participation citoyenne (Crowd Sensing)

*Omniscientis, Citysense, ExtraCar, **Cleanair@school**, CurieuzenAir....*



Tubes in Zwolle – Het Festival



► NOUVELLES APPROCHES DE MESURE

Participation citoyenne



Qualité de la donnée et comment l'interpréter?

Absence d'expertise technique

valeur élevée : est-elle correcte ou due à un mauvais fonctionnement du capteur?

Comment le savoir?

dérive de l'instrument, sensibilité à l'humidité, à la température, aux interférents :

Comment le savoir?

Interprétation correcte des données

valeur = vérité absolue ? FAUX

entachée d'incertitude : un chiffre n'est pas un chiffre, 3 vaut peut-être 10

interprétation relative recommandée : plutôt évolution des valeurs que la valeur en elle-même

Danger du Big Data

Comment valider, agréger les nombreuses données : outils de traitement de données sophistiqués nécessaires

Comment interpréter les données : expertise nécessaire afin d'éviter des abus d'utilisation de la donnée

Plus-value

Merci pour votre attention

Questions?

→ Parole à mes collègues

Professeure A-C ROMAIN
acromain@uliege.be