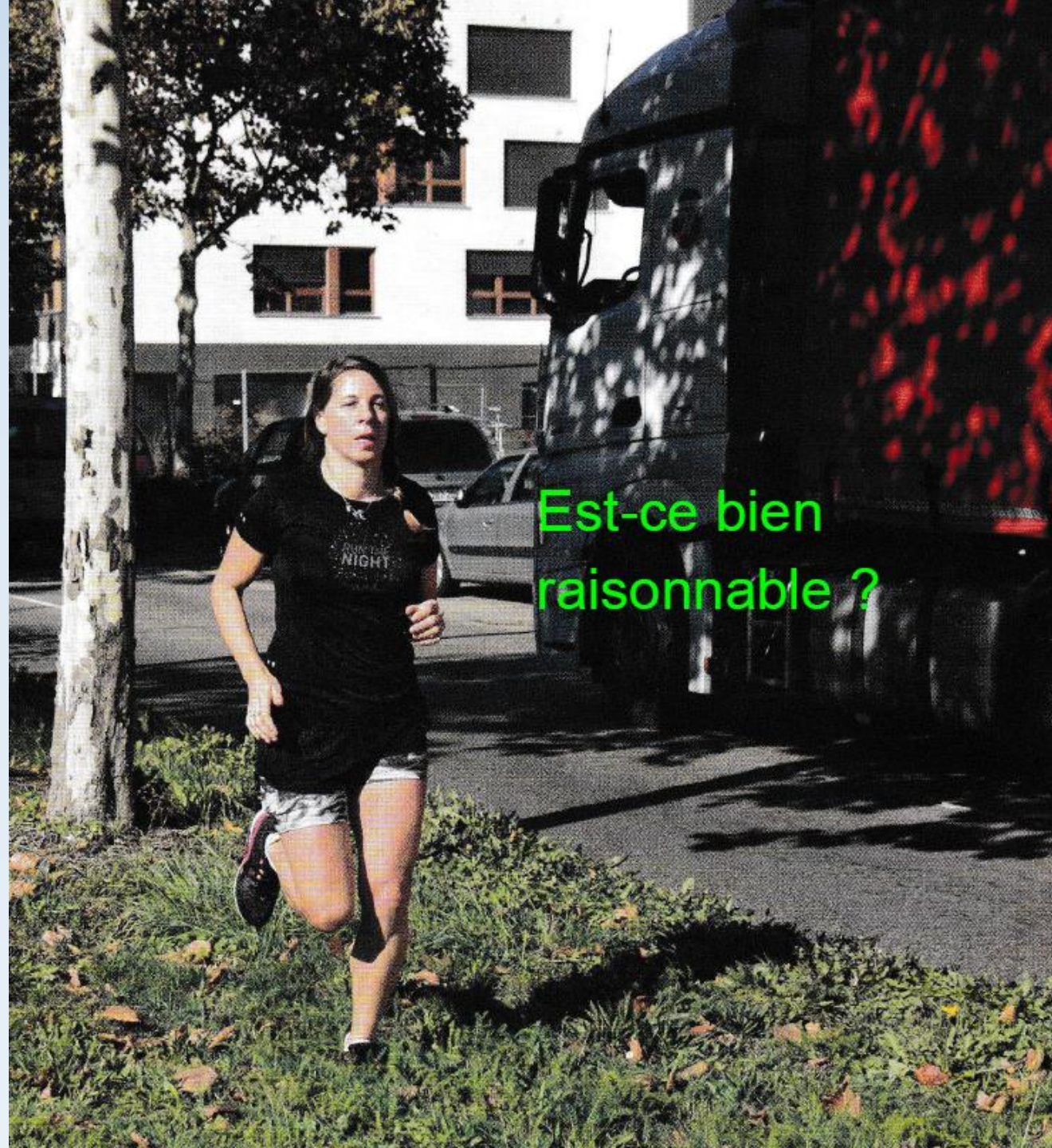


Jean-Alain Héraud

Conférence APR
25 janvier 2018

La pollution aérienne dans les villes: diagnostic et remédiation





Est-ce bien
raisonnable ?

- Le début de cette présentation reprend partiellement mon intervention à l'atelier du 9 janvier 2018 (MISHA, Strasbourg) du programme URCforSR (Interreg)

Upper Rhine Cluster for Sustainability Research

Transfer workshop

« Pollution de l'air : stratégies et techniques de remédiations »

- J'utilise également d'autres documents issus de cet atelier

Une fraction croissante de l'humanité vit dans des *métropoles*

Ce sont des lieux majeurs de création de valeur et d'innovation, de concentration de pouvoirs... mais aussi de concentration de problèmes, particulièrement sociaux et environnementaux

Les métropoles sont de plus en plus *causes* et *solutions* des problèmes environnementaux

Elles peuvent aider à solutionner des problèmes globaux comme les émissions de gaz à effet de serre (transition énergétique, nouvelles mobilités...), mais elles sont victimes de pollutions de proximité

Notre sujet ici: la pollution aérienne en général et un focus sur les particules fines (diagnostic et remédiation)

Les pollutions aériennes (1)

- L'émission de gaz carbonique (CO₂) par les villes est un problème pour la planète mais pas directement pour l'écosystème local: tout effort local de mitigation (diminuer le relâchement ou absorber durablement du gaz), pour utile qu'il soit, ne change que de manière infinitésimale l'impact local.
- *Les oxydes d'azote et de soufre* sont des polluants plus locaux/régionaux. Ils ont commencé à faire l'objet de politiques relativement efficaces depuis plusieurs décennies. Il faut aussi signaler la délocalisation industrielle vers la Chine et les autres pays émergents.

Les pollutions aériennes (2)

- *L'ozone troposphérique* est un autre problème important (intermittent) en ville, mais il s'agit d'un polluant *secondaire* lié à l'existence d'autres pollutions aériennes en interaction avec le rayonnement solaire. Sa solution passe donc par la réduction des autres facteurs de pollution aérienne.
- *Les aérosols* (éléments solides en suspension dans l'air): ces particules deviennent un grand enjeu sociétal car les experts commencent à mieux en comprendre la nocivité et les citoyens prennent conscience du sujet.

Un enjeu croissant (réalité et perception)

- Une étude publiée par la revue médicale *The Lancet* (citée dans *Le Monde* du 21/10/2017) estime à 6,5 millions le nombre de décès dus à la pollution aérienne dans le monde sur l'année 2015, soit 2 à 3 fois plus que le nombre cumulé de décès par le Sida, la tuberculose et le paludisme.
- L'enquête récente sur le bien-être dans l'agglomération Strasbourg-Kehl menée par l'EMS (3300 réponses; analyse en cours) fait apparaître la *qualité de l'air* tout en haut du classement des perceptions:
 - la thématique *environnement* fait partie des trois plus importants facteurs de bien-être (avec *culture-loisirs* et *transports*);
 - la qualité de l'air est N°1 dans la thématique *environnement*.

Rappel sur le SO₂: l'épisode du smog londonien (1952)



Du 5 au 9 décembre 1952:
sur le moment on a compté 4000 morts
l'estimation actuelle est 12 000

Décès prématurés dans les semaines et mois qui ont suivi
Principalement par bronco-pneumonies

Cause: charbon à usage domestique, industriel + centrales électriques

Ajouter la circulation automobile

Contexte climatique: anticyclone d'hiver, sans vent, avec inversion de température (tiens! on connaît ça dans le Rhin supérieur)

Suites: Clean Air Acts de 1956 et 1968

Le SO₂ n'est plus considéré comme problématique de nos jours en France

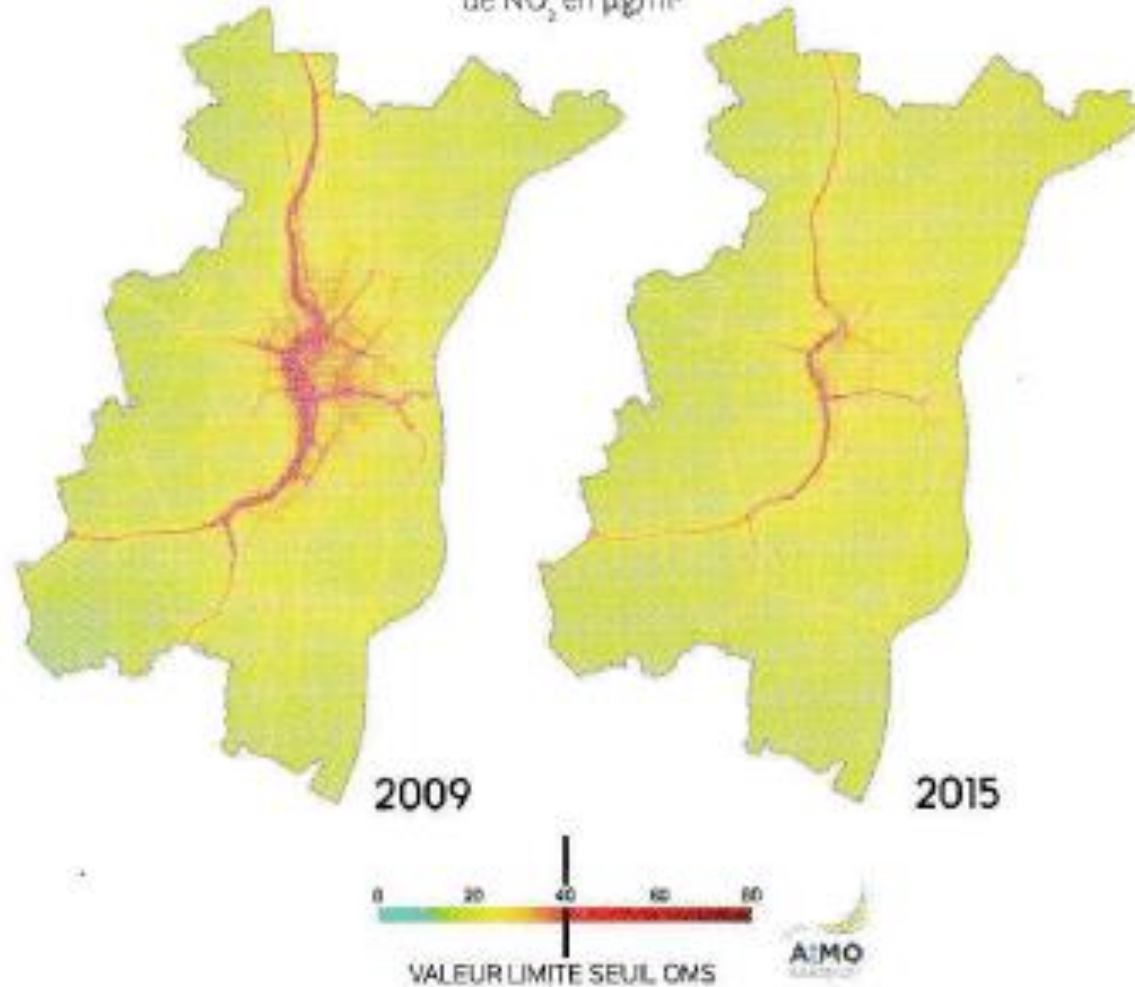
- Seuls quelques territoires très circonscrits sont concernés (installations industrielles)
- En Allemagne on ne parle plus du *Waldsterben*
- Ailleurs en Europe, il faut voir....
- Que reste-t-il de grave dans l'air en dehors du SO₂?
 - Un autre type de gaz: les NO_x (NO₂, NO, N₂O)
 - Les particules fines (on ne soupçonnait pas autrefois leur grande nocivité)

Les NOx restent un vrai problème de santé publique

- Ils créent surtout des maladies cardio-vasculaires
- On les retrouve massivement autour des infrastructures routières
- Il y a donc là un vrai enjeu du côté de l'automobile en ville
- Choix de mobilités: c'est toutes les formes de moteurs consommant des hydrocarbures qui sont en cause, mais là aussi le diesel est particulièrement en accusation (càd outre les particules fines)

LA PROXIMITÉ DES GRANDS AXES ROUTIERS RESTE PROBLÉMATIQUE

Concentrations moyennes annuelles
de NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

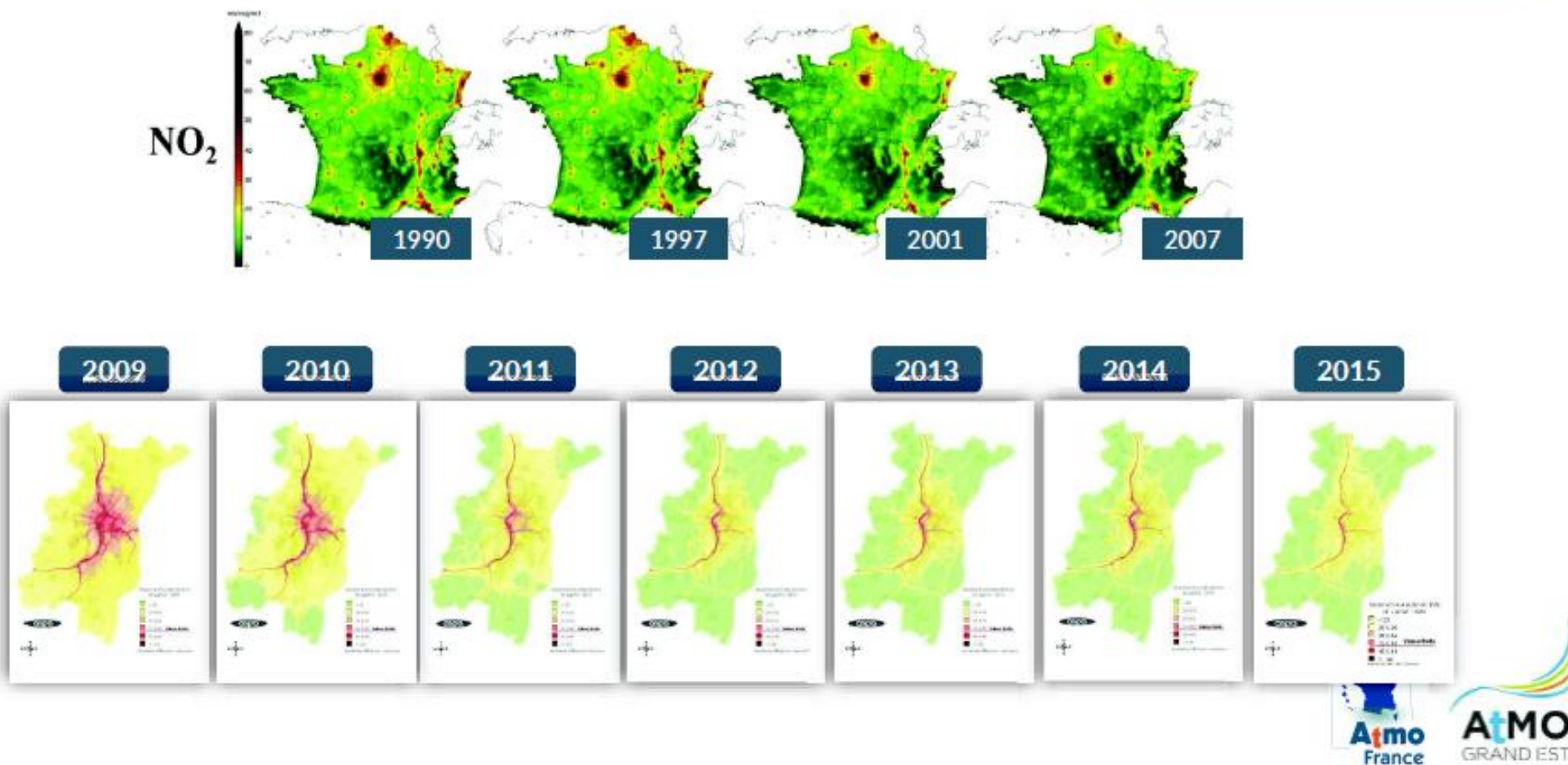


Eurométropole Magazine N°15, 2017

Éléments du bilan de qualité de l'air

Dioxyde d'azote

Concentrations

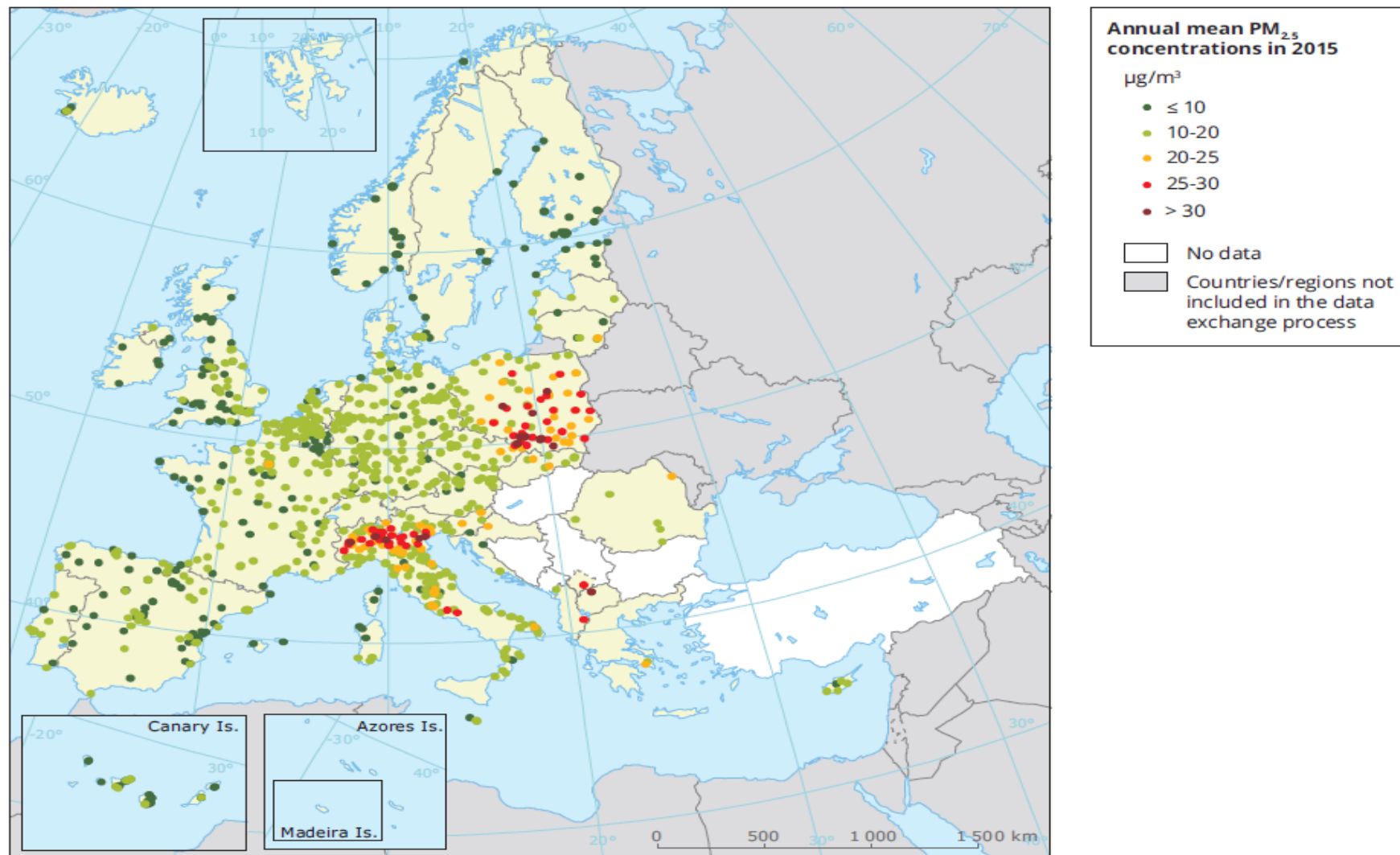


Les particules fines : diverses compositions chimiques et diverses tailles

- Nature chimique: certaines sont « naturelles » et ne semblent pas dangereuses (calcaire des poussières de loess)
- Nature chimique: certaines sont « naturelles » et posent problème (pollens)
- Nature chimique mixte: certaines sont particulièrement composites, nous en parlerons tout à l'heure
- Taille: les plus fines sont particulièrement dangereuses car elle traversent les poumons, peuvent rentrer dans les cellules... C'est une cause de cancer

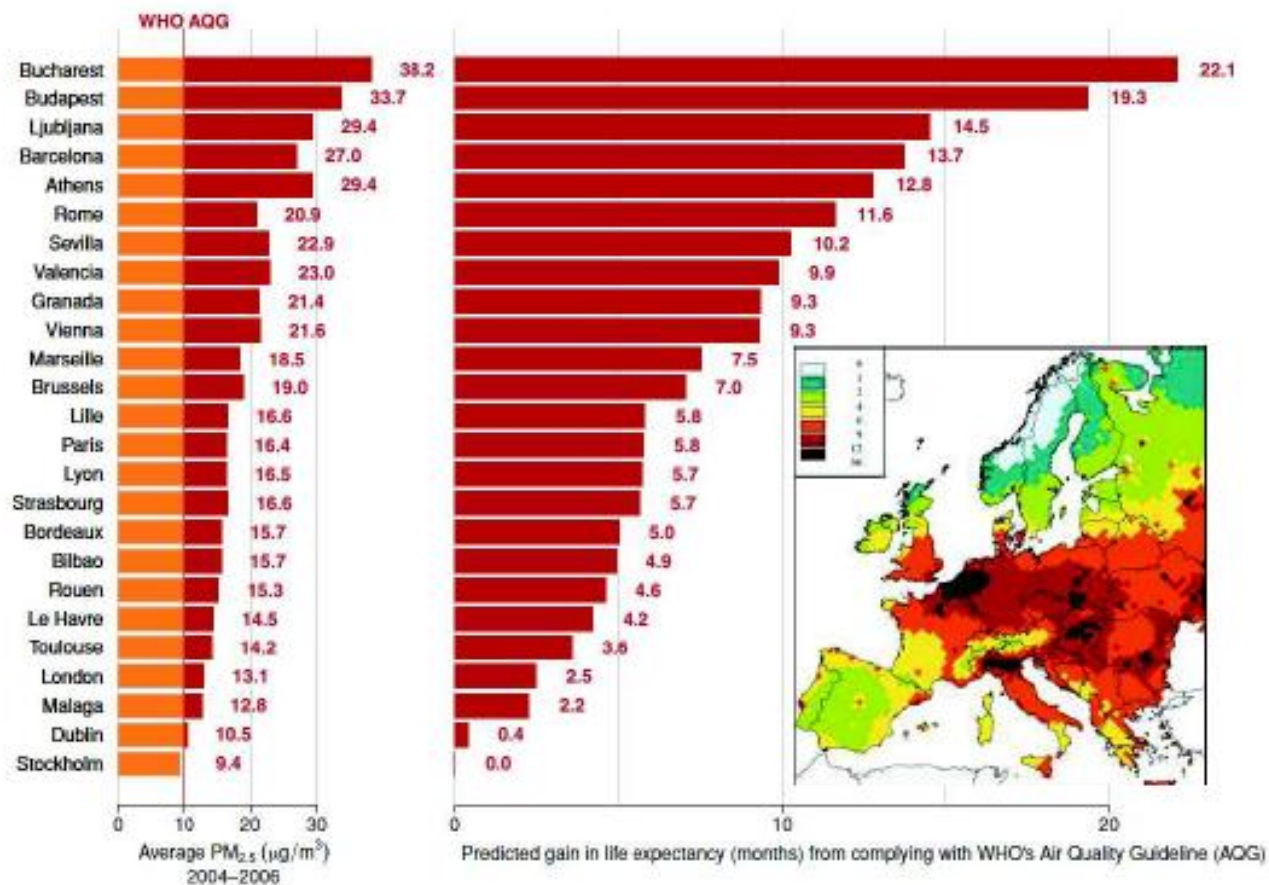
Exemple d'exposition aux particules fines: PM 2.5

Map 4.3 Concentrations of PM_{2.5}, 2015



Impact de la pollution atmosphérique sur la santé

Predicted average gain in life expectancy (months) for persons 30 years of age and older in 25 Aphekom cities for a decrease in average annual level of PM_{2.5} to 10 µg/m³ (WHO's Air Quality Guideline)



ATMO Grand Est
Séminaire URCforSR
Strasbourg, 9/01/2018

Long-term exposure/ Coronary artery disease

BMJ

British Medical Journal

2014 Jan 21;348

Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: the ESCAPE Project

Cesaroni et al.

European prospective study, > 100 000 participants from 11 cohorts :

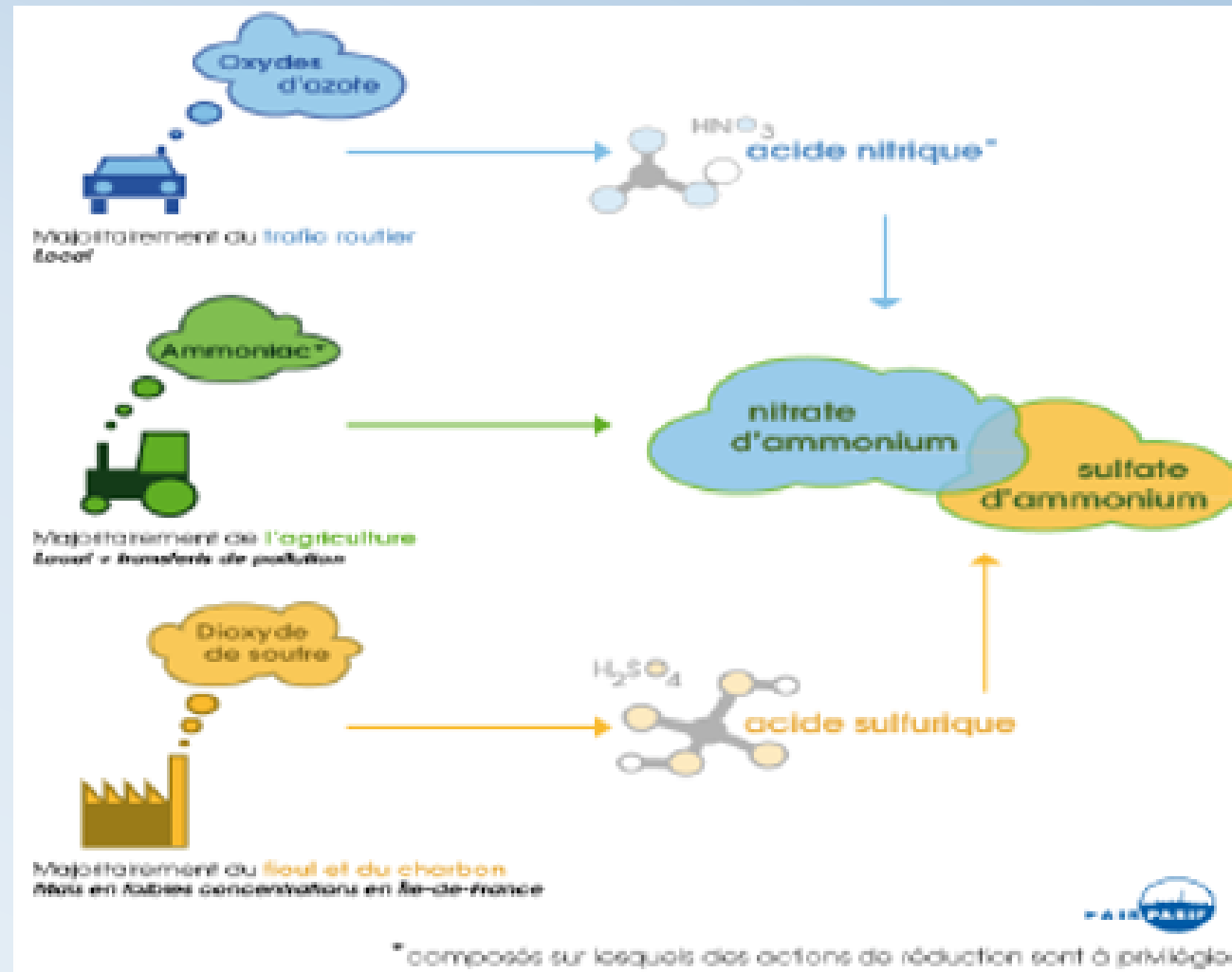
↗ **10 µg/m³ PM₁₀** : increased risks of myocardial infarction to **12 %**

↗ **5 µg/m³ PM_{2.5}** : increased risks of myocardial infarction to **13 %**.

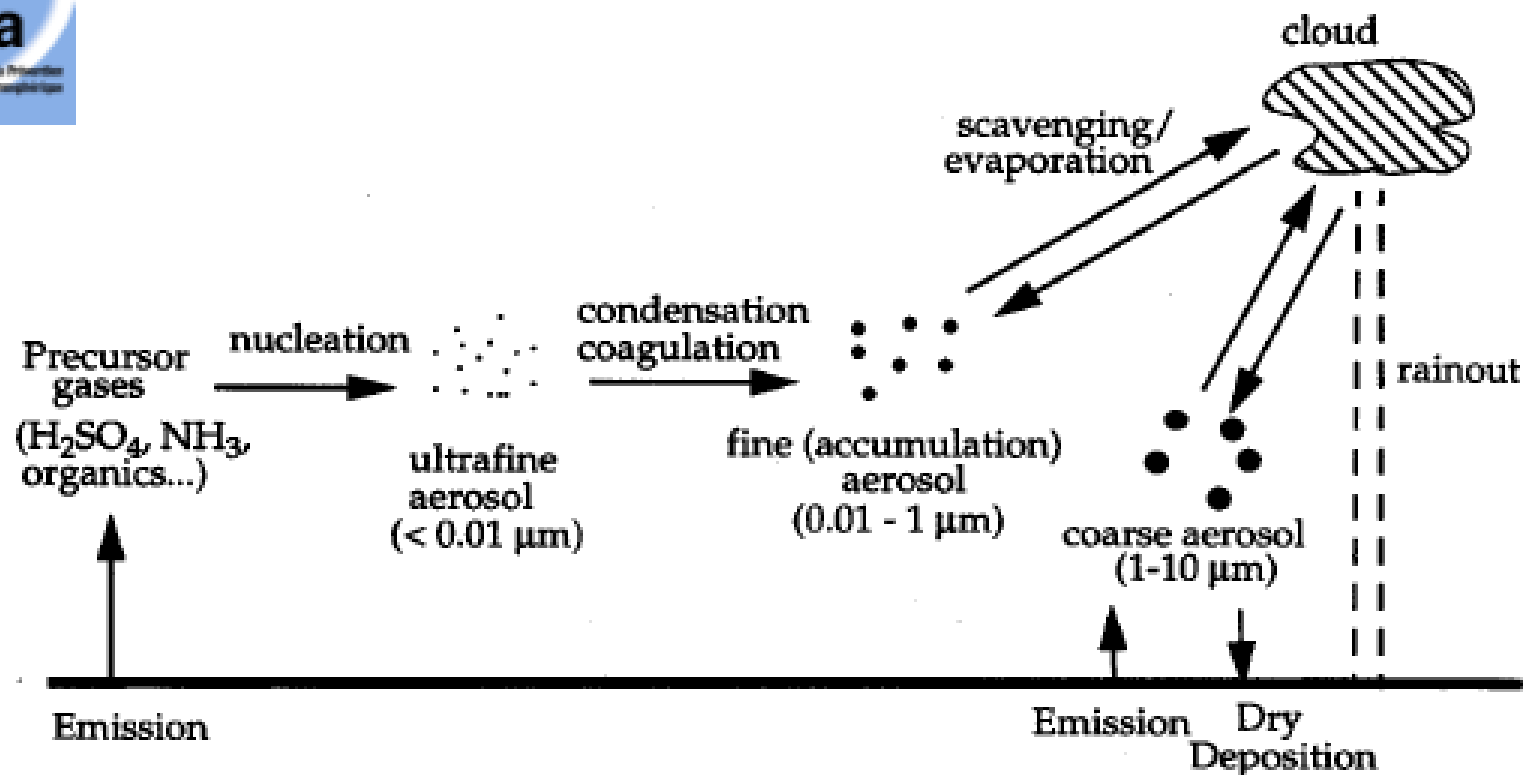
Adjustment for confounding (marital and socioeconomic status, diabetes, smoking, BMI, HTA).

Positive associations observed **below** the current recommended annual **European limit** for PM₁₀.

Cité par
Thomas Bourdrel,
Séminaire URCforSR
Strasbourg, 9/01/2018



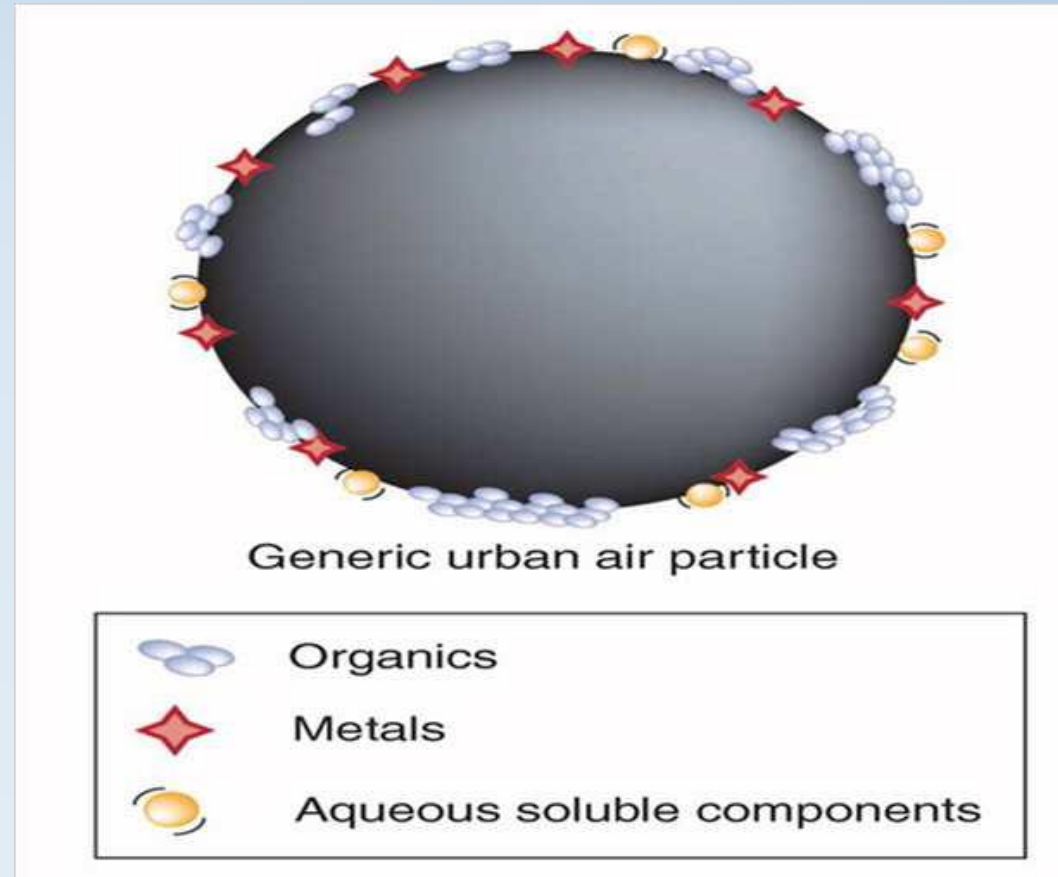
Les particules minérales associant plusieurs sources de pollution (source: Bourdrel)



Quels effets sur la pollution de l'air par les particules ?

L'ammoniac est un composé basique qui va interagir avec les composés acides présents dans l'atmosphère (par exemple, H_2SO_4 ou HNO_3) pour former des aérosols secondaires de sulfate d'ammonium ($(NH_4)_2SO_4$) ou nitrate d'ammonium (NH_4NO_3). Lors des pics de pollution, les PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont composées essentiellement de ces particules inorganiques secondaires de nitrate d'ammonium et de sulfate d'ammonium. « L'industrie et les transports produisent des sulfates, des NO_x , des acides qui au contact de l'ammoniac vont former des aérosols »,

Cité par
Maurice Millet,
Séminaire URCforSR
Strasbourg, 9/01/2018



Les particules composites (T. Bourdrel)

En guise de
conclusion provisoire

CAUSES DE MORTALITE EN FRANCE

1. Tabac : 75 000 décès par an
2. Alcool : 49 000 décès par an
3. Pollution de l'air : 48 000 décès par an

SCENARIOS D'AVENIR

Respecter la valeur guide de l'OMS fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle pour les PM_{2,5} permettrait d'éviter 17000 décès par an en France (2000 dans la région Grand Est).

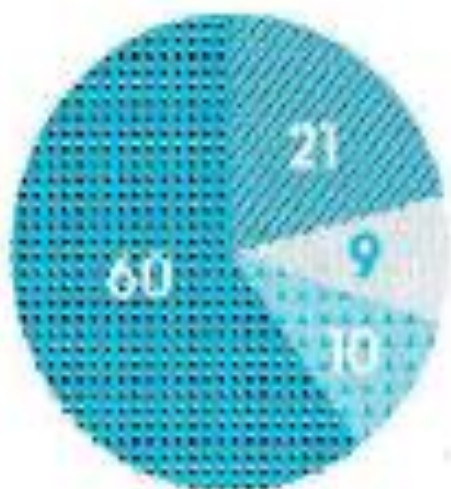




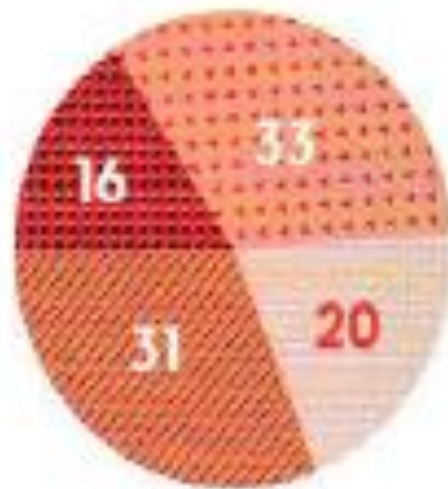
Le cas de l'agglomération de Strasbourg

L'ORIGINE DES POLLUANTS PAR SECTEUR

en %







NOx



PM10

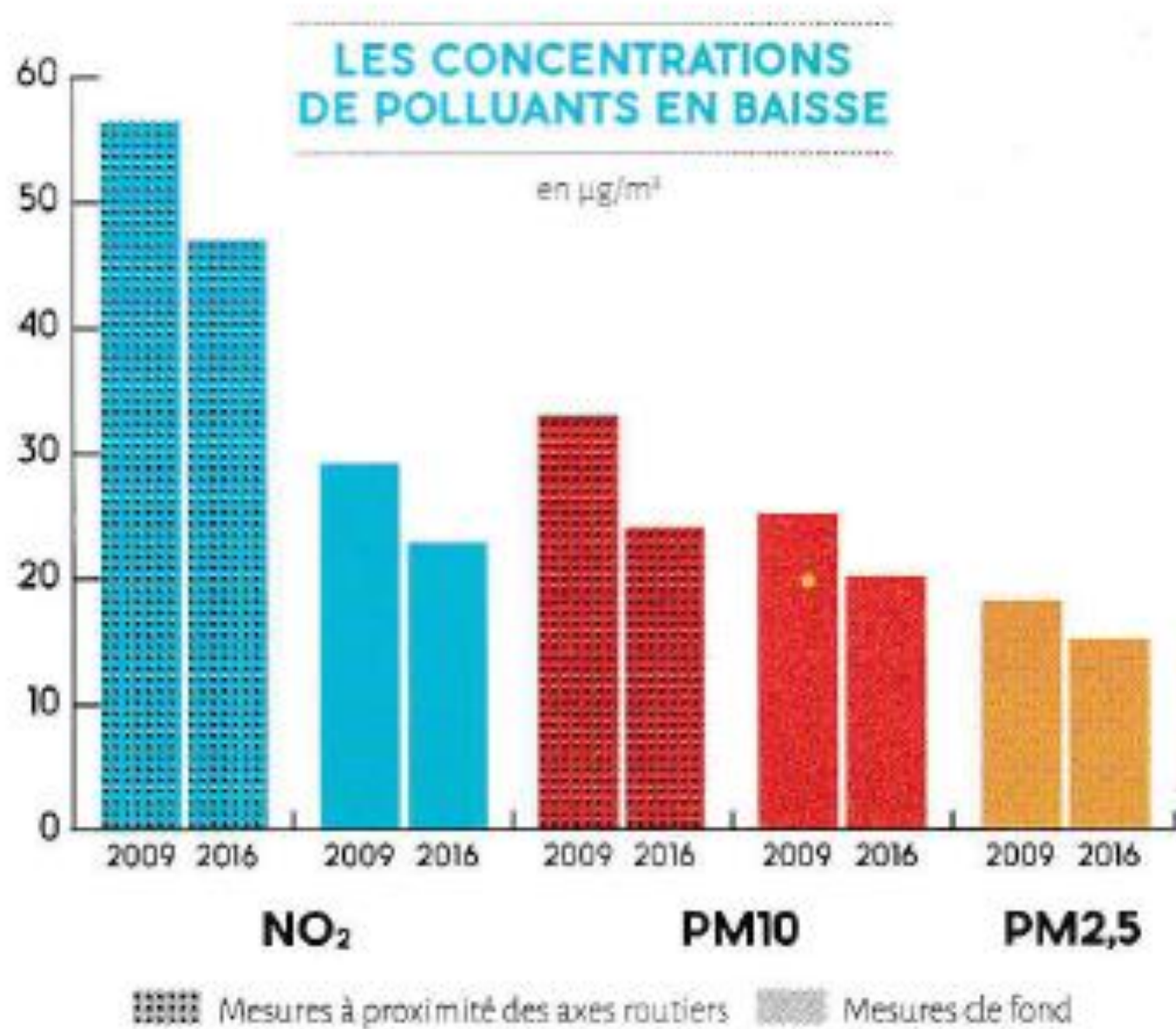


PM2,5

 Transports  Résidentiel  Industrie  Agriculture

Eurométropole Magazine N°15, 2017

J-A Héraud 25 janv 2018



Eurométropole Magazine N°15, 2017

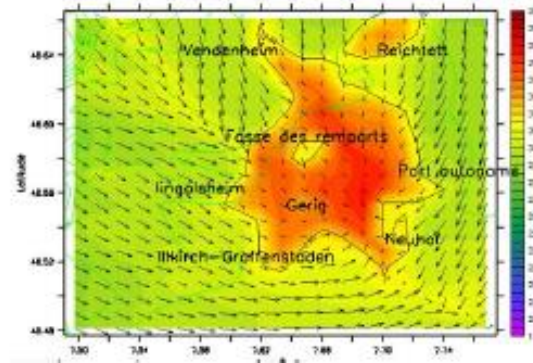
Une exposition très locale

- Les sources de certains aérosols « cocktails » sont locales/régionales, mais leur recyclage permanent et l'exposition des populations se font à une échelle géographique très précise.
- Il s'agit de traiter le problème *au plus proche des lieux d'émission/recyclage*
- Principaux lieux d'exposition forte: infrastructures urbaines comme les voies rapides, les tunnels, les parkings...
- Le centre ville a une spécificité en raison de sa densité, mais le périurbain n'est pas épargné: usines, antennes autoroutières et voies de contournement...

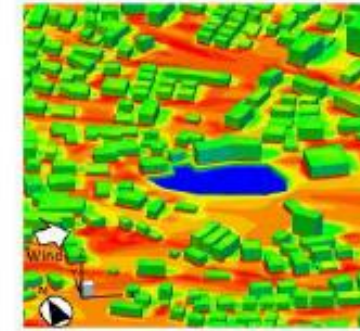
Aménagement urbain : Besoin d'une réflexion multi-échelles

forme de la ville et de ses quartiers
influencent :

- Les émissions de polluant
- Les interactions du vent avec les bâtiments
- les apports en énergie via rayonnement solaire



Ville



Ses quartiers

Influence sur:

La dispersion de la pollution de l'air

Les besoins en énergie des bâtiments et donc les émissions de pollution.

Le climat urbain et donc la chimie atmosphérique

Nadège Blond,
Séminaire URCforSR
Strasbourg, 9/01/2018

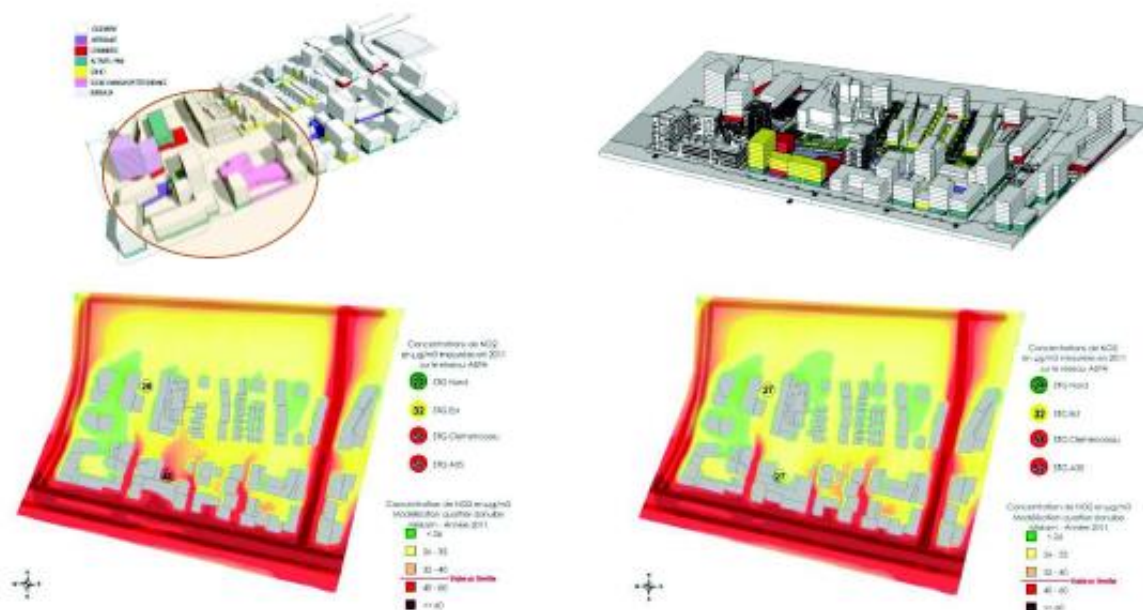
Pris en compte de l'air dans les projets d'urbanisme



L'exemple de l'éco-quartier Danube (Développement privilégié d'un axe Est-Ouest au cœur de la métropole l'axe Strasbourg-Kehl)

Simulation de la qualité de l'air : test du logiciel MISKAM

Réalisation des simulations et cartes de qualité de l'air pour les principaux indicateurs de pollution (NO_2 , PM_{10} , benzène) après une campagne de mesure préliminaire.



- Ecole sur emplacement initial avec modification de la forme de l'îlot.
- Réflexion sur les dispositions constructives pour la qualité de l'air intérieur (enveloppe double peau, source d'énergie, emplacements bouches d'insufflation de la VMC double-flux, type de filtres, des ouvrants, etc.)

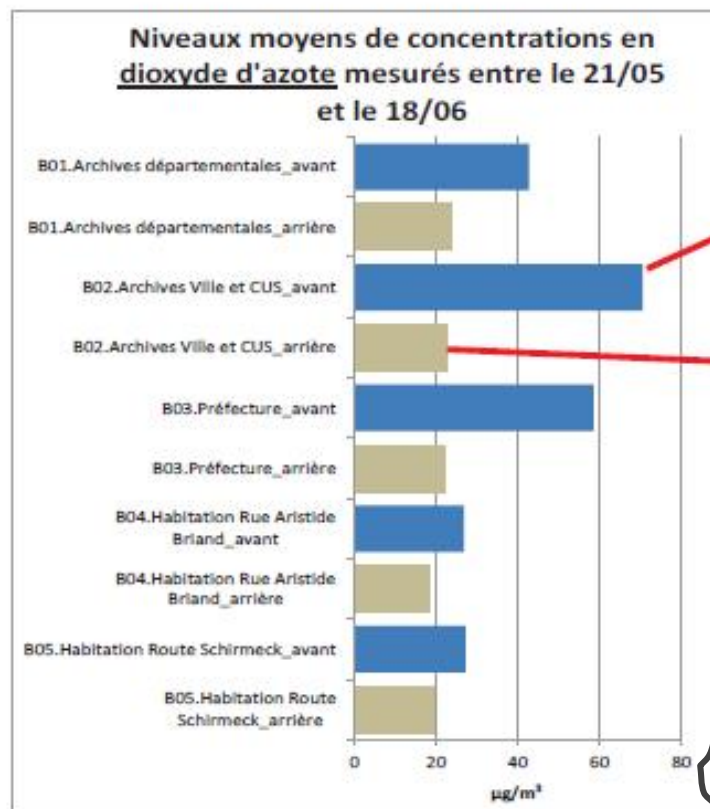
9

Dépassement de la valeur limite au niveau de la cour



Pris en compte de l'air dans les projets d'urbanisme

Côté Cours / Côté Rue



B02. Archives de la Ville et de la CUS - route du Rhin

35 060 véh./jour



Sur 5 bâtiments situés en proximité routière présentant des trafics soutenus : réduction des niveaux de pollution côté cour de 25 à 65% par rapport au côté rue

Evaluation de l'exposition des cyclistes et des automobilistes dans l'agglomération mulhousienne



A la recherche de remédiations (particulièrement pour les particules fines)

Quelques idées déjà testées

- Colonnes Morris contenant des micro-algues à Paris (peu effectif sur les particules fines)
- Revêtements photocatalytiques sur les murs anti-bruit pour décomposer les NOx: procédé Eurovia
- Laver les autoroutes (Stuttgart)
- Aspirer les couches de l'air proches du sol grâce aux égoûts (Allemagne)
- Aspirer l'air le long des grands immeubles (Chine)

Un projet sur Strasbourg

- Expérimenter quelques solutions sur les voiries les plus exposées
- Intervenir en interdisciplinaire sur un objet vivant: la métropole
- Tester différentes techniques *in situ* en associant les acteurs, pour assurer:
 - le modèle économique
 - l'acceptabilité sociale
 - l'intérêt des élus
 - la durabilité des solutions

Merci de votre attention

heraud@unistra.fr

<http://www.apr-strasbourg.org/>