



# Liens entre Qualité de l'air extérieur et Intérieur

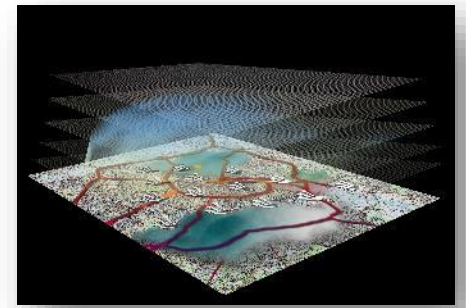
Pascal Appelghem & Emmanuel Roux

Cerema Nord-Picardie & ATMOSKY

Rencontre Cotita-FIMEALE - La Rochelle - 13/06/2019

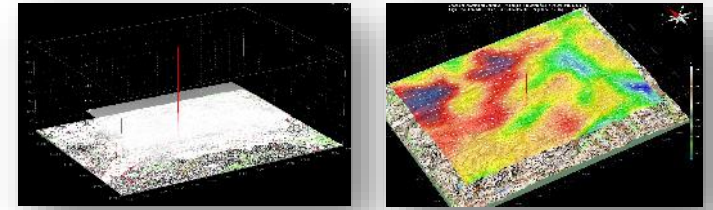
# 1 - Introduction

- Pollution de l'air extérieur:
  - 2 origines principales:
    - Origines **naturelles** (végétation, océans, volcans,...)
    - Origines **anthropiques** (industrie, véhicules, chauffage,...)
  - la qualité de l'air résulte d'un **équilibre complexe** entre les apports de polluants et les phénomènes de **dispersion** et de **transformation dans l'environnement**
  - Les espèces polluantes émises ou transformées dans l'atmosphère sont très nombreuses et se distinguent en deux catégories :
    - Les **polluants primaires** directement issus des sources de pollution (trafic routier, industries, chauffage, agriculture...) : il s'agit par exemple : des oxydes de soufre et d'azote, des composés organiques volatils (COV), des particules fines, des métaux (plomb, mercure, cadmium...).
    - Les **polluants secondaires** qui ne sont pas directement rejetés dans l'atmosphère mais proviennent de réactions chimiques de gaz entre eux. C'est le cas notamment de l'ozone, du dioxyde d'azote et des pluies acides



# 1 - Introduction

- **Pollution de l'air extérieur:** Les influences météorologiques
  - Le vent :
    - Par vent faible => Accumulation
    - Par vent fort => Transfert et Concentration vers des zones spécifiques
  - Les températures/Le rayonnement UV:
    - Réactions physico-chimiques entre composants chimiques (polluants primaires et autres constituants de l'atmosphère)  
⇒ Exemple: Ozone en basse couche
  - Les inversions de température en altitude:
    - Formation d'un couvercle d'air chaud à basse altitude (conditions anticyclonique)
    - Absence de dispersion naturelle des polluants
  - La pluie:
    - Les précipitations sont souvent associées à une atmosphère instable, source de dispersion des polluants
    - Réduction des poussières et dissolution du dioxyde de Souffre (soluble)



# 1 - Introduction

- **Pollution de l'air extérieur: Les principaux polluants**

- ✓ **Les particules fines:**

Les particules fines de diamètre inférieur à 10m (PM10) ou 2.5m (PM2:5)

Ce sont de très fines particules de matière en suspension dans l'atmosphère, générées notamment par des activités de combustion (incendies, volcans, moteurs, etc.).

- ✓ **L'ozone O3:**

Il se forme par oxydation du NO2 avec du dioxygène présent dans l'air. Si l'ozone présent dans la stratosphère nous est bénéfique (cette couche d'ozone nous protégeant des rayons UV nocifs du soleil), celui qui est piégé dans les basses couches de l'atmosphère provoque des effets néfastes sur la santé

- ✓ **Le dioxyde d'azote NO2:**

Le dioxyde d'azote (NO2) se forme dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO) qui se dégage essentiellement lors de la combustion de combustibles fossiles, dans la circulation routière par exemple. Le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique, qui retombe au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification des milieux naturels.

- ✓ **Le dioxyde de soufre SO2:**

Il est principalement issu des rejets industriels

## Seuil d'information

PM: 50 ug/m<sub>3</sub> (moyenne sur 24h)

NO<sub>2</sub> 200 ug/m<sub>3</sub>

O<sub>3</sub> 180 ug/m<sub>3</sub>  
24h)

SO<sub>2</sub> 300 ug/m<sub>3</sub>

## Seuil d'alerte

80 ug/m<sub>3</sub> (moyenne sur 24h)

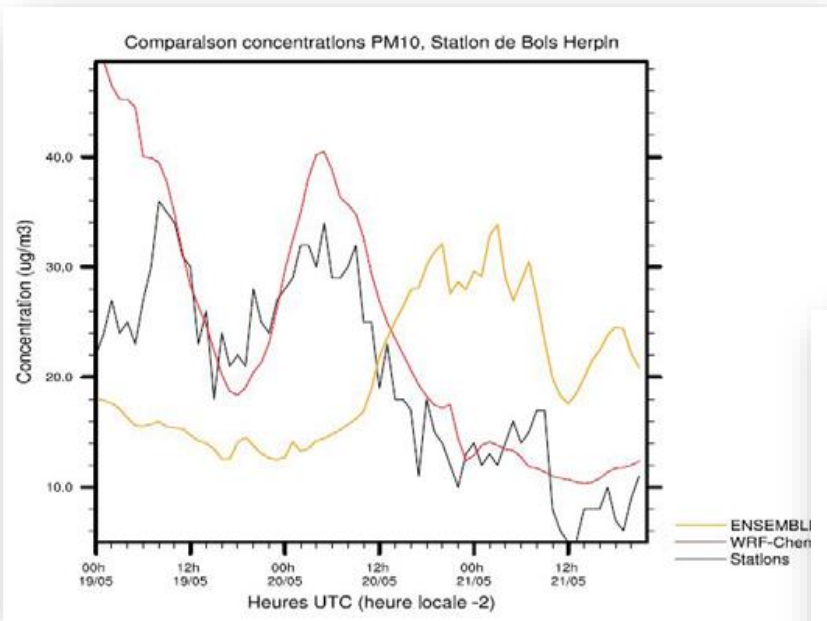
400 ug/m<sub>3</sub>

240 ug/m<sub>3</sub> (moyenne sur

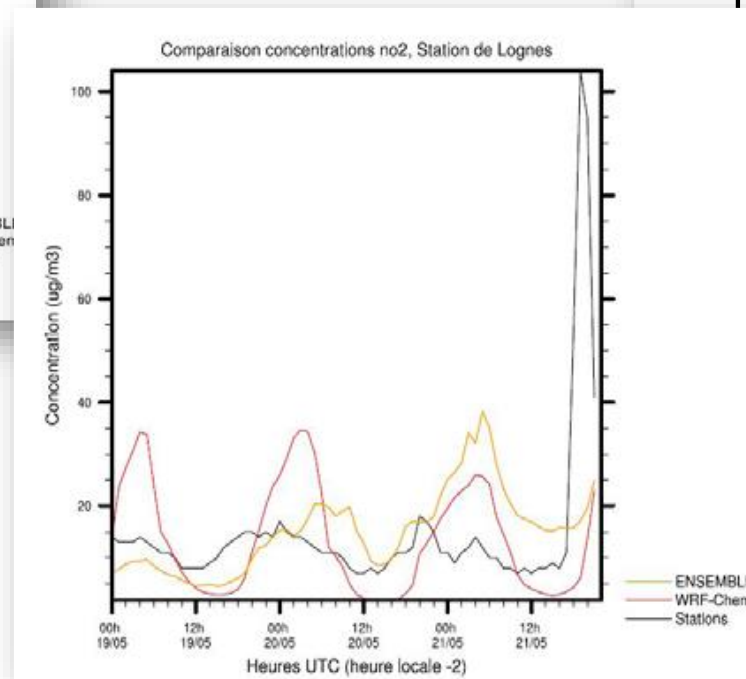
500 ug/m<sub>3</sub> sur 3h

# 1 - Introduction

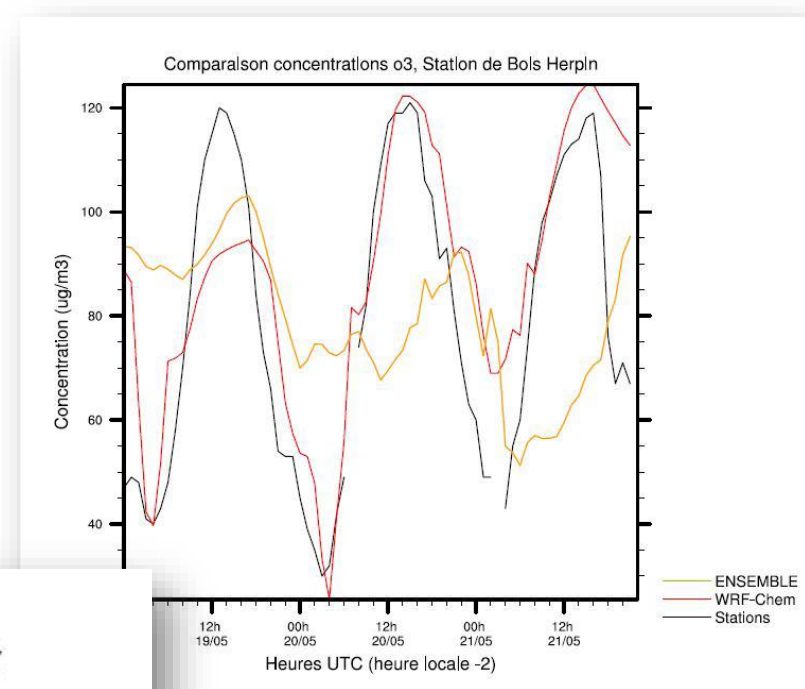
- Pollution de l'air extérieur: Etats comparatifs



✓ PM10



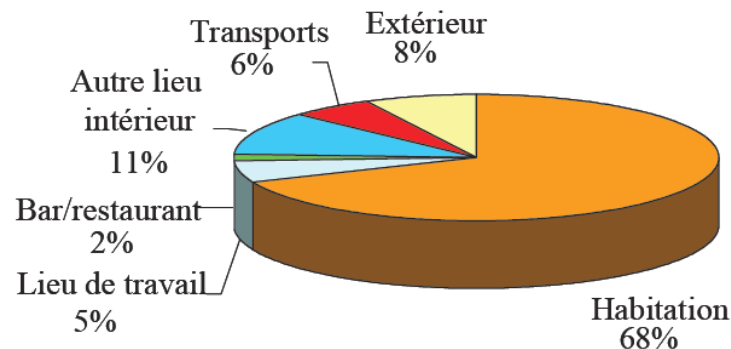
✓ NO<sub>2</sub>



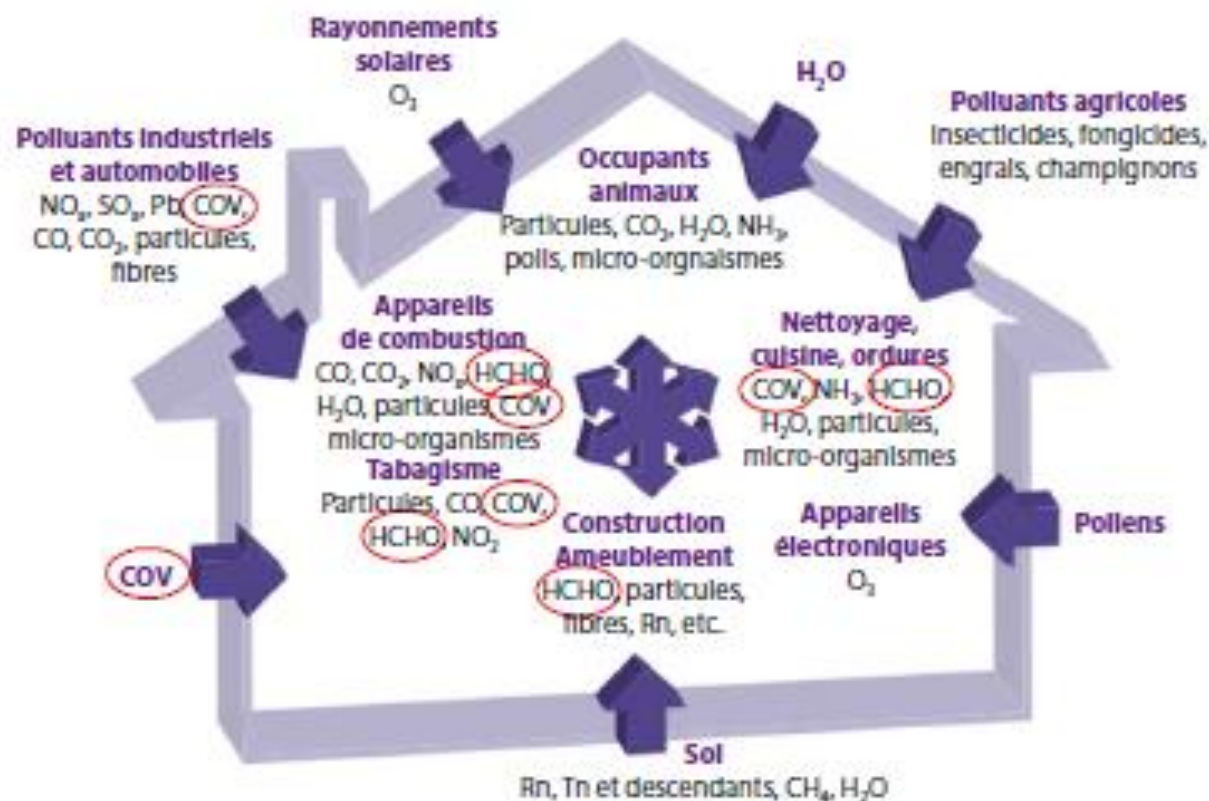
✓ O<sub>3</sub>

# 1 - Introduction

- Pollution de l'air intérieur:
  - On passe 80 à 90% de notre temps dans les environnements clos
  - Une partie des polluants proviennent de l'air extérieur par:
    - *le système de ventilation (naturel ou VMC)*
    - *par infiltration (fenêtres, portes, cheminées, etc.)*



Source: Keipsis et al, 2001



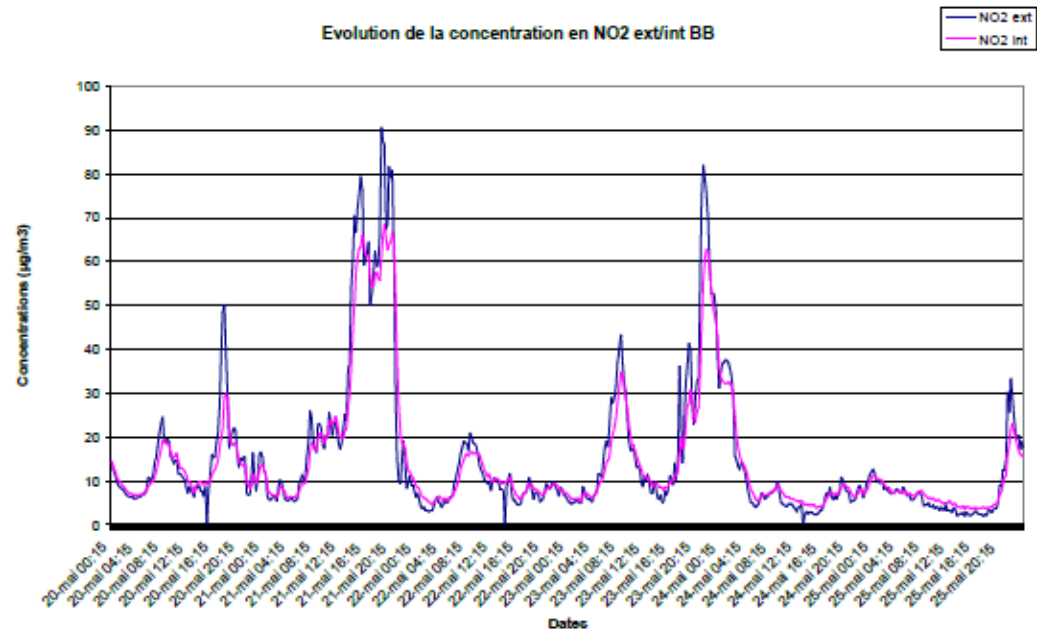
Source: Guide Construire Sain, DGALN

# 2 – Lien entre QAE et QAI => Transfert de polluants

- Etude Cerema 2013: NO<sub>2</sub>

- Bonne corrélation avec les valeurs extérieures sur toute la période

=> Écart de 15 à 30 minutes entre les deux compartiments (perméabilité, ventilation ?)



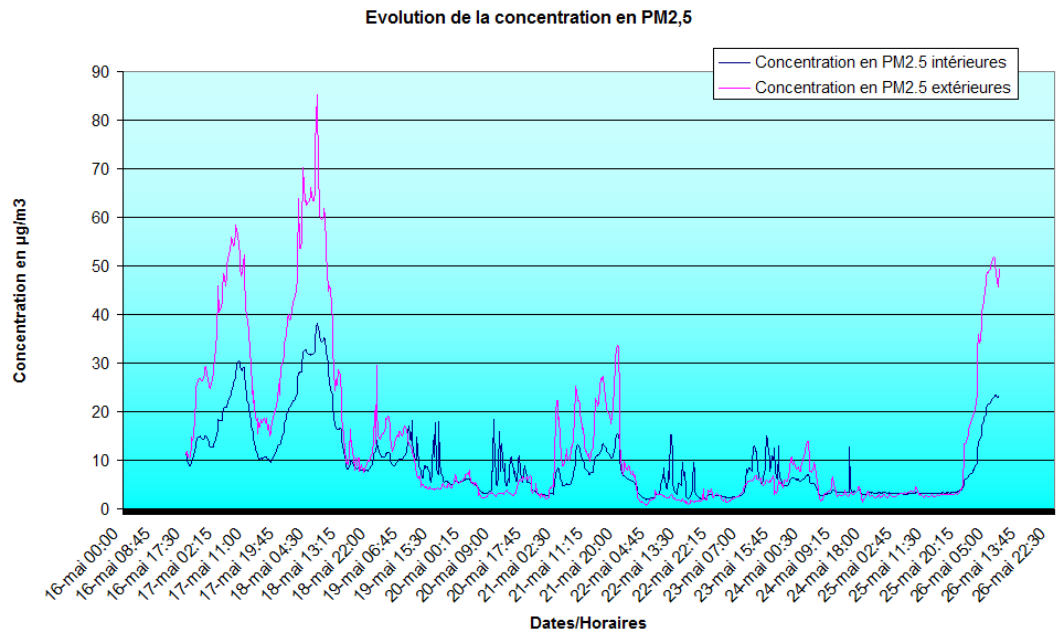
© Source: Cerema

	Ratio I/E pour le NO <sub>2</sub>	
	Hiver	Été
<b>Ratio moyen</b>	<b>0,96</b>	<b>1,05</b>
Ratio moyen sans présence d'élèves	0,96	1,03
Ratio moyen avec présence d'élèves	0,94	1,17

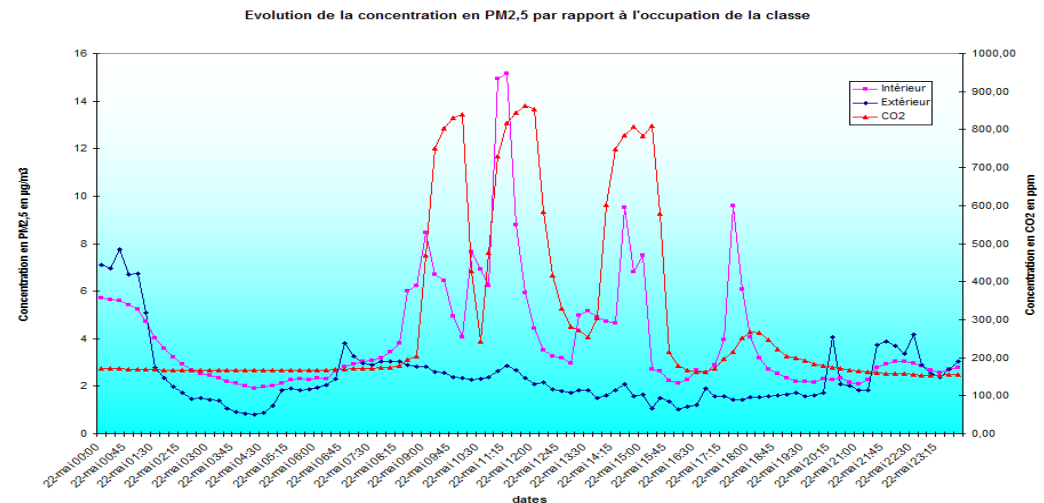
# 2 – Lien entre QAE et QAI => Transfert de polluants

- Etude Cerema 2013: PM<sub>2,5</sub>
  - Bonne corrélation avec les valeurs extérieures en dehors des jours de classe avec atténuation (60%)
  - Phénomène de resuspension des particules lié aux mouvements des élèves
  - Différence entre les deux saisons (ouverture des fenêtres en mai plus importante)

	Ratio IE pour le PM <sub>2,5</sub>	
	Hiver	Été
<b>Ratio moyen</b>	<b>0,5</b>	<b>1,07</b>
Ratio moyen sans présence d'élèves	0,39	0,88
Ratio moyen avec présence d'élèves	0,99	2,17



© Source: Cerema



© Source: Cerema



## 2 – Lien entre QAE et QAI => Transfert de polluants

- Variable selon le polluant



© Crédits photos: ASPA L'air c'est mon affaire

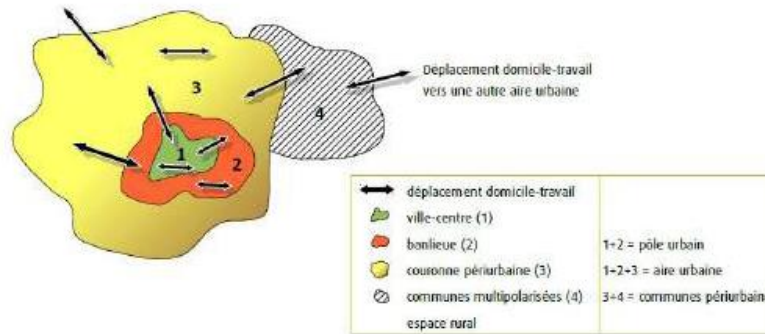
- Différent paramètres:

- Les conditions de ventilation du logement
- La saison
- Le niveau de pollution extérieure
- Facteurs internes : présence de matériaux émissifs et/ou adsorbants et réactifs à l'intérieur du logement
- Les conditions climatiques (T°C, %HR, vitesse de l'air, pression)
- Bâti: le renouvellement d'air (infiltration...)

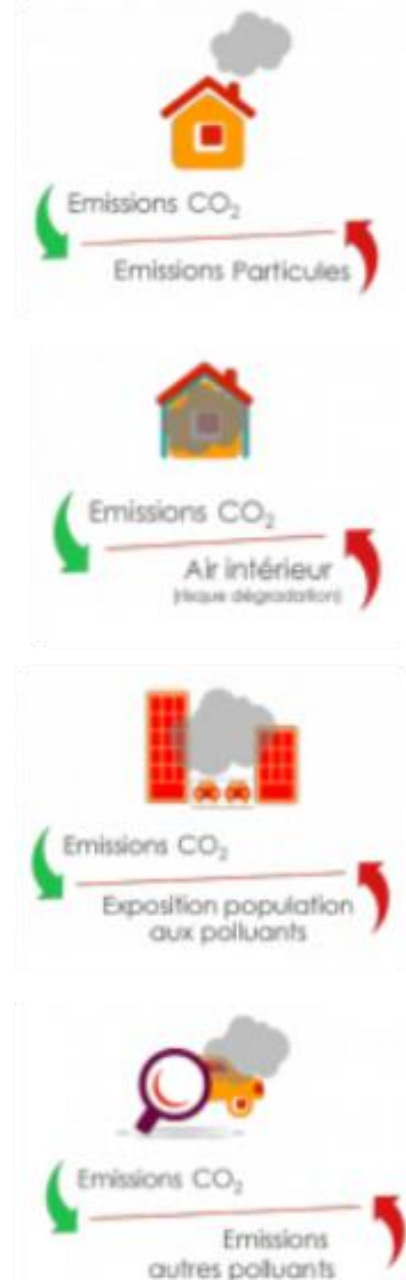
## 2 - Lien entre QAE et QAI => Transfert de polluants

- Saisine ANSES en 2017
- PNQAI 2013: mesure Q
- Intérêt récent pour modéliser l'air intérieur dans les logements (en zone prioritaire pour l'air notamment)

### 3. Enjeux actuels



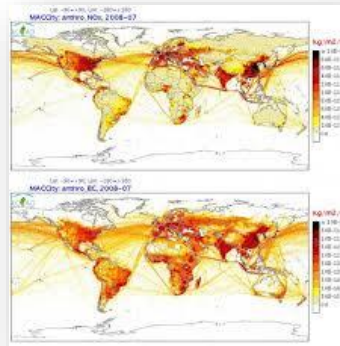
- Actions Air et Climat : des synergies a valoriser, des antagonismes a maitriser
  - Lois Grenelle 2 (2010) => économie des sols, préservation des espaces naturels et agricoles afin de lutter contre étalement urbain
    - => risque d'augmentation de l'exposition des populations
- Nécessité de limiter l'exposition de la population aux dépassements de valeurs limites à travers des actions => Réduire l'exposition en créant un urbanisme favorable à la QA



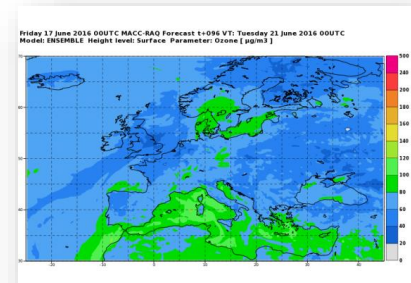
# 4. Le modèle de prévision

- Pour pouvoir modéliser efficacement l'état chimique de l'atmosphère, il faut connaître à l'avance les profils de composition chimique de la colonne d'air de la géographie concernée mais aussi les émissions anthropiques, Ces informations sont organisées en bases de données variables selon les pays et les modèles

- ✓ Données anthropiques
- ✓ Données biogéniques
- ✓ Données d'incendie

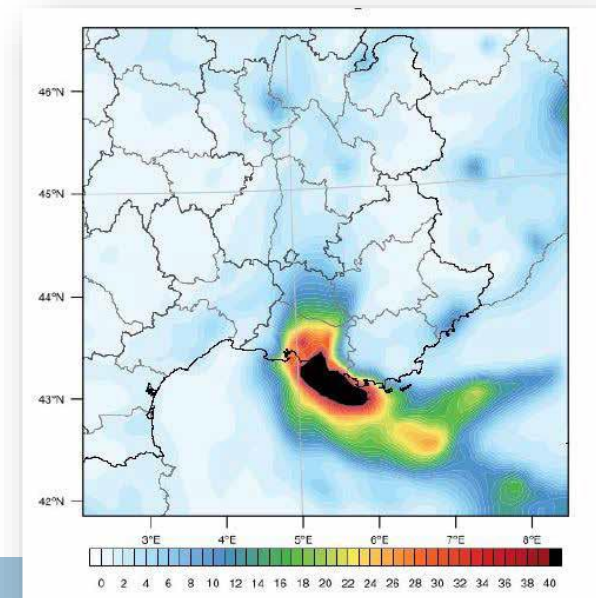
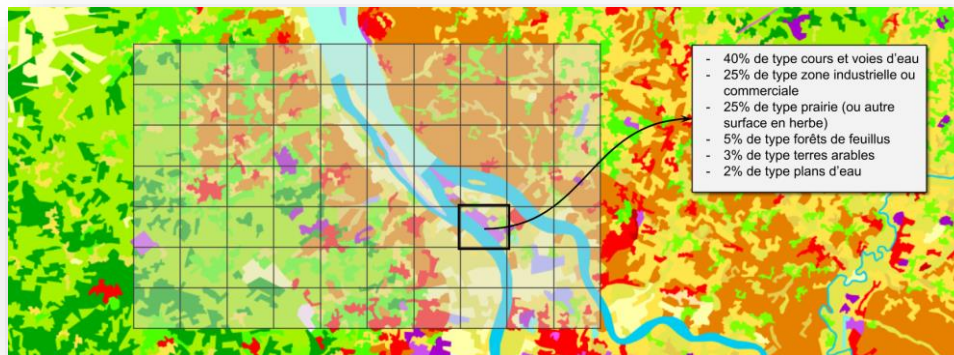


- ✓ Sourcing Mondial (Modis, Edgar, Gogart, Megan)
- ✓ Sourcing Européen (Copernicus, Ensemble)



## 4. Le modèle de prévision

- Le modèle de chimie atmosphérique consiste en une série de programmes qui permet de modéliser le transport d'aérosol dans l'atmosphère ainsi que les différentes réactions chimiques qui y ont lieu
- On calcul alors les réactions chimiques dans la phase gazeuse de l'atmosphère tandis qu'une autre partie calculera le transport des aérosols, leur émission, les interactions physico-chimiques, en lien direct avec le module météorologique en haute résolution
- On procèdera ensuite à un post-traitement spécifique avec l'intégration et l'interaction avec les données géomorphologiques de l'environnement pour une meilleure prise en compte des champs environnants



# 5. Applications et actions sur la QA

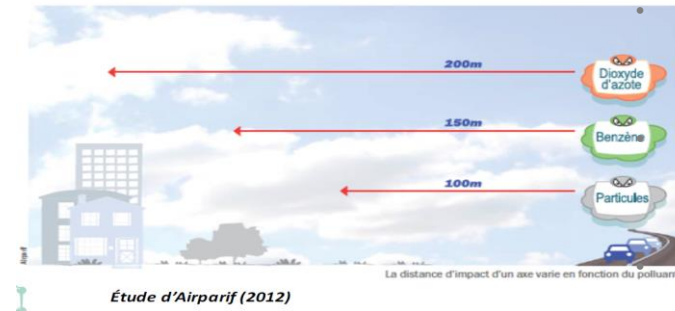
- Ne pas construire de nouveaux équipements, source d'émissions de polluants, à proximité immédiate de zones habitées ou sensibles
- Ne pas exposer de nouvelles personnes dans les zones où la QA est déjà dégradée ou à proximité d'une source d'émission
  - => Eloignement vertical et horizontal des personnes sensibles
  - => Choix du site par le MO
- Connaissance du lieu à urbaniser en amont
  - Les activités passées (activités polluantes, industrielles)
  - Les industries et infrastructures (routes...) à proximité
  - De futurs projets de construction à proximité ?
  - L'intégration du bâtiment dans son environnement
  - Nature, caractéristiques et localisation des sources de pollution
  - Niveaux moyens mesurés ou modélisés des polluants
  - La localisation des personnes/ sources

# 5. Applications et actions sur la QA

- Ne pas construire de nouveaux équipements, source d'émissions de polluants, à proximité immédiate de zones habitées ou sensibles

- **Connaissance du lieu à urbaniser en amont**

- Grâce aux Données climatiques:
  - Rose des vents
- Données liées à l'exposition du bâti:
  - Positionnement:
    - Définition des caractéristiques routières: Nombres de voies, de véhicules, fluidité de la circulation
    - Densité et distance de l'urbanisme à proximité: décroissance moins rapide avec une densité plus élevée
    - Définition des pollutions spécifiques: type de pollution, risque
  - Données liées aux caractéristique du bâti:
    - Hauteur du bâti : les logements les plus bas ont des niveaux de pollution plus forts (idem pour les ERP)

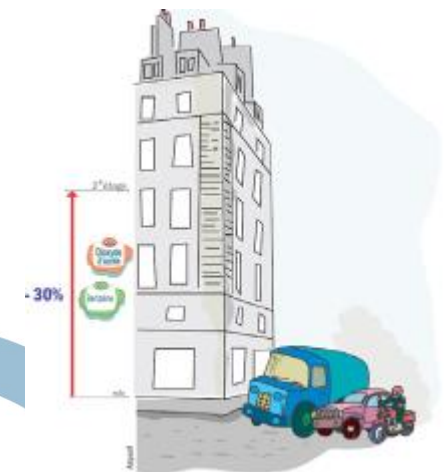


PM<sub>2,5</sub>: corrélé avec la distance à l'axe  
Benzène: corrélé à la densité du trafic  
NO<sub>2</sub>: corrélé avec le nombre de véhicules

		CONCENTRATION EN NO <sub>2</sub>	CONCENTRATION EN BENZÈNE
Hauteur du bâti	+ 1 m	+ 4%	-
	+ 5 m	+ 19%	+ 16%
Largeur de la rue	+ 1 m	- 2%	- 4%
	+ 5 m	- 9%	- 14%

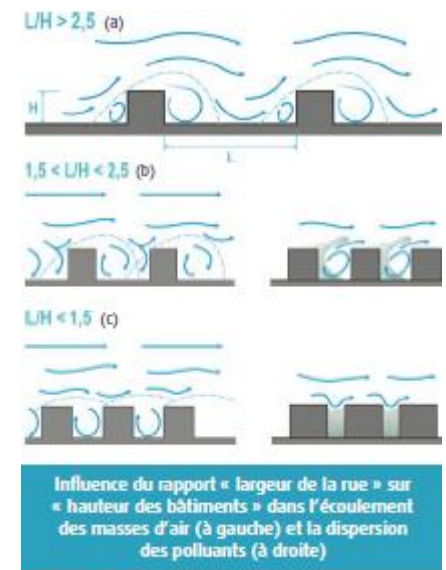
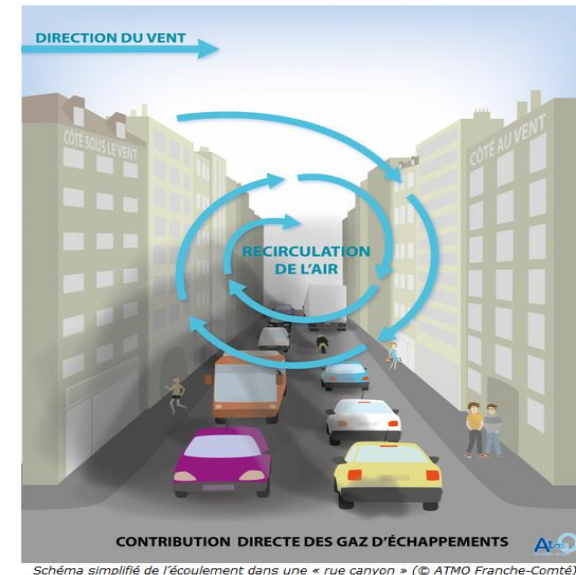
Sensibilité des niveaux de pollution à la variation des paramètres du bâti sans une rue canyon, (d'après Gokhale, Rebours et Pavageau, 2005)

Rapport : Aide à la maîtrise d'ouvrage, Evaluation environnementale Air Etude de renouvellement urbain – Îlot des ateliers municipaux Saint-Pol-sur-Mer, atmo Nord – Pas-de-Calais – juin 2010



# 5. Applications et actions sur la QA

- Réduire l'exposition en créant un urbanisme favorable à la QA
  - Adapter la morphologie urbaine : Eviter les rues canyon
    - Occlusivité (obstacles verticaux) : bâtiments masques pour protéger les espaces sensibles des voies de trafic soutenu
    - Rugosité (obstacles horizontaux) : favoriser la dispersion
    - Complexité des rues et de leurs obstruction (rapport entre l'écartement des immeubles et de leur hauteur)





# 5. Applications et actions sur la QA

- Mesures de réduction : Aération dans les bâtiments (Si la parcelle est située à proximité d'une source de pollution de l'air extérieur importante)
  - Réflexion sur l'implantation et la géométrie du bâtiment afin de limiter les transferts des polluants
  - Implantation optimale des prises d'air (mécaniques ou non) vis-à-vis des polluants extérieurs et des vents dominants

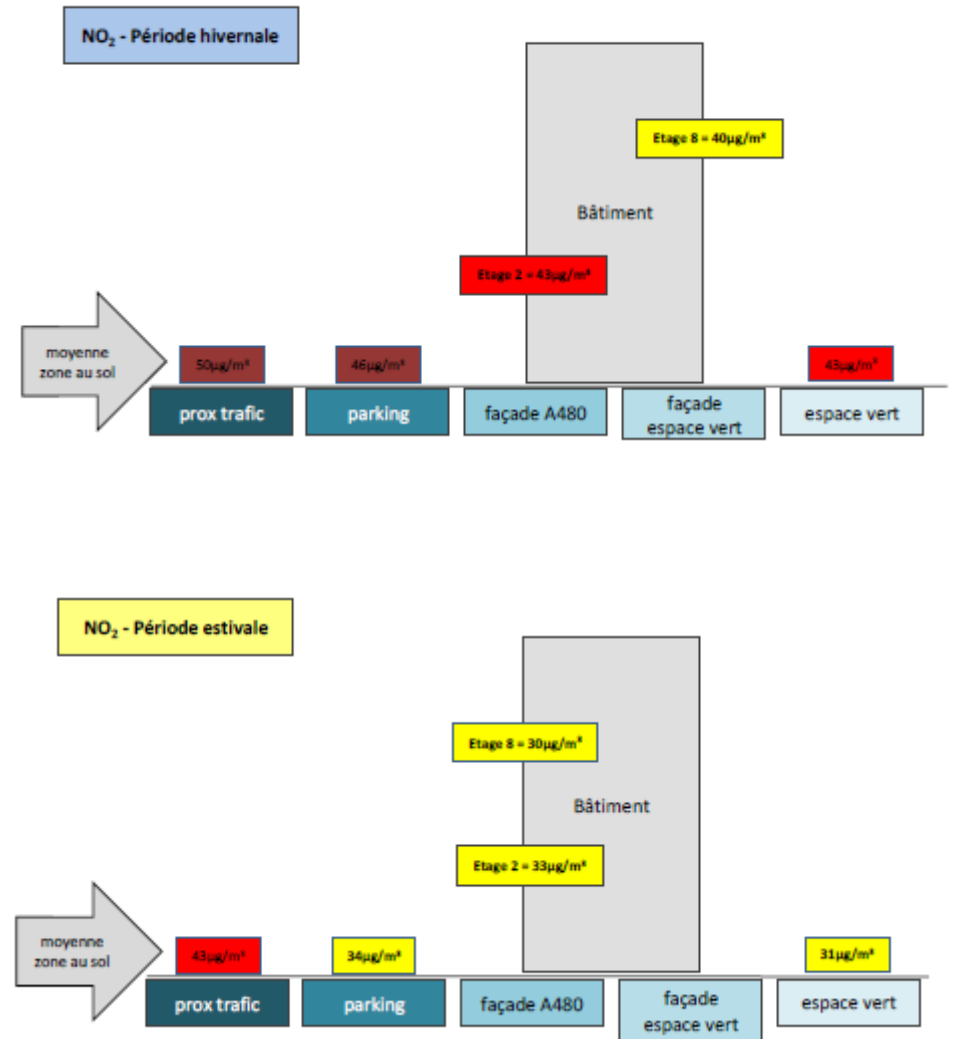
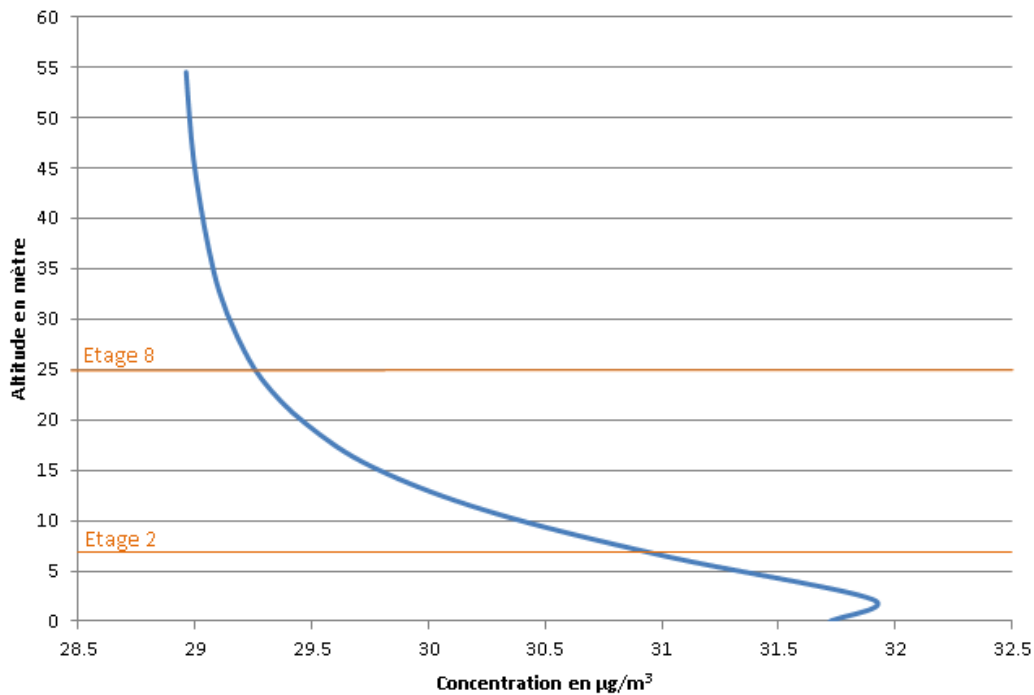


*Entrees d'air en a proximite d'une source de pollution*  
(Source: Cofely)

- Choix d'un système de ventilation permettant de filtrer l'air entrant et ainsi de limiter le transfert des particules vers l'intérieur de la maison
- Intégrer dans le système de ventilation mécanique, un filtre moléculaire pour capter les polluants gazeux provenant du trafic routier
- La connaissance de la QAE autour permet de savoir si la filtration de l'air, via un système de ventilation double flux, est nécessaire.

# 5. Applications et actions sur la QA

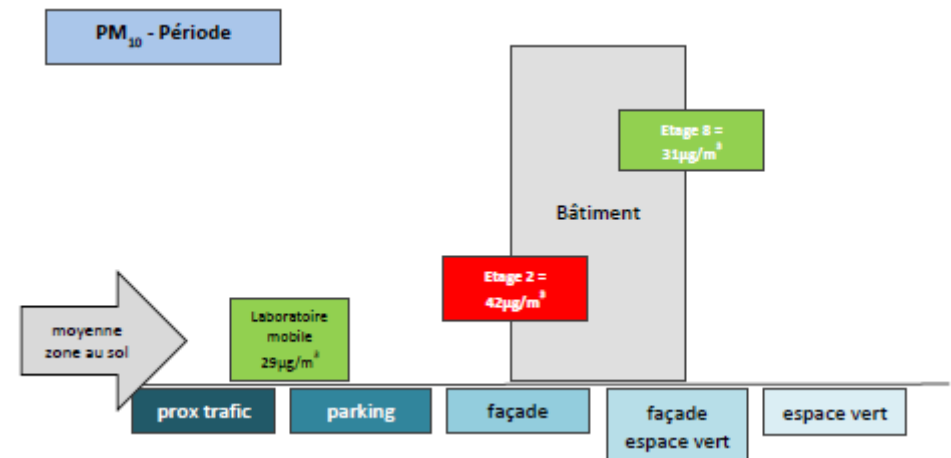
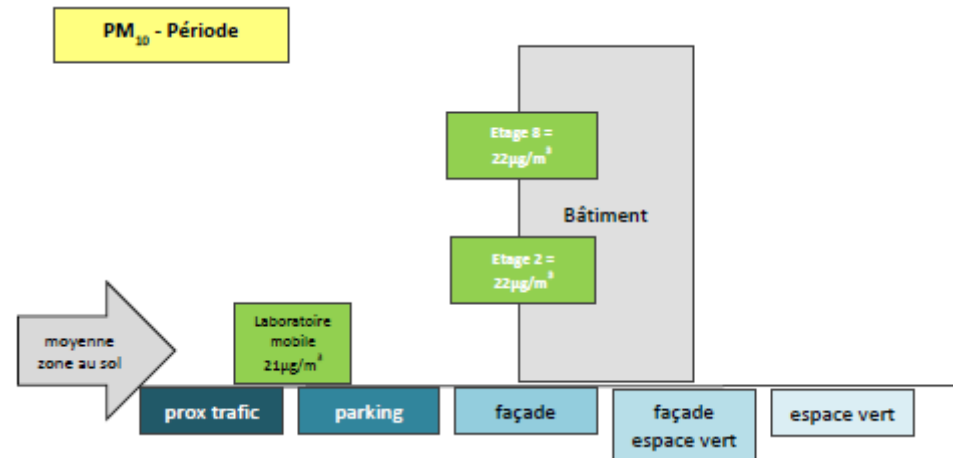
- Exemple: Grenoble
  - Mesures sur site
  - Modéliser



Source: Etude d'une zone surexposée aux nuisances environnementales sur l'agglomération grenobloise, Air Rhône-Alpes, 2014

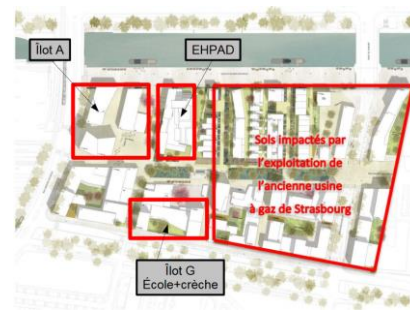
# 5. Applications et actions sur la QA

- Exemple: Grenoble
- Mesures sur site
  - Modéliser
  - Prescriptions sur les zones pour installer les bouches d'entrée d'air
  - Cas des PM10



Source: Etude d'une zone surexposée aux nuisances environnementales sur l'agglomération grenobloise, Air Rhône-Alpes, 2014

# 5. Applications et actions sur la QA

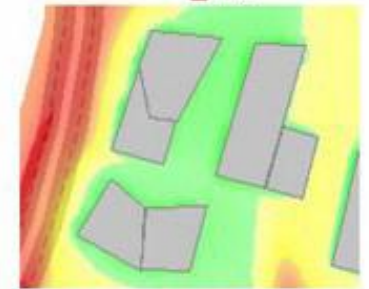
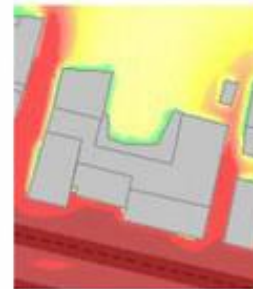
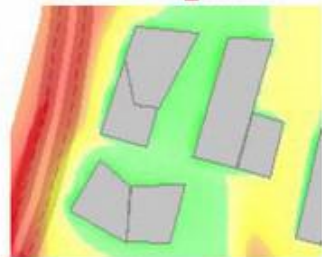
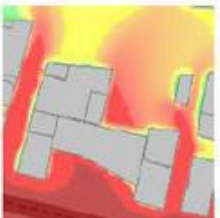
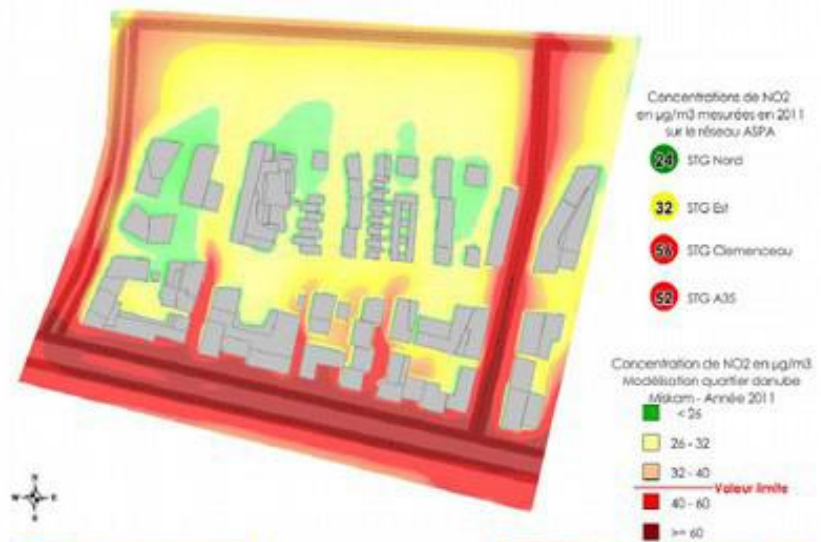
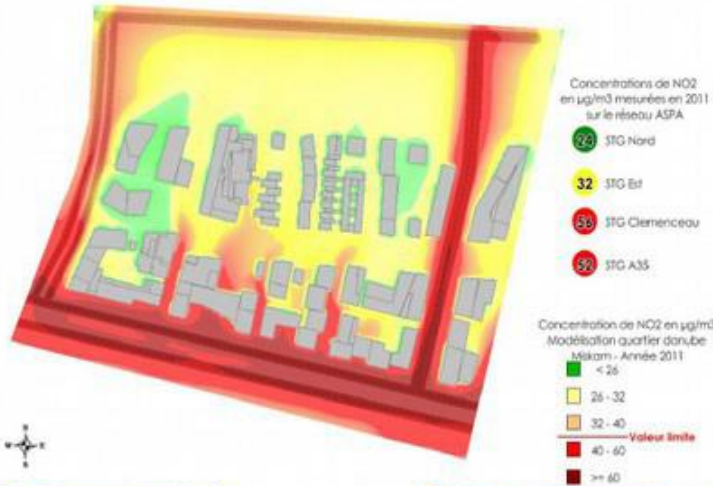


- **Exemple: Le PPA de strasbourg – Quartier Danube**

- **Projet initial :**
  - Simulation d'exposition de 2 îlots pouvant accueillir une école :
- => **État actuel : cour polluée (>40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

- **Projet remanié**

- Nouvelle architecture : Bâtiment plus haut ( $\downarrow$  de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Coté rue : pas de modification



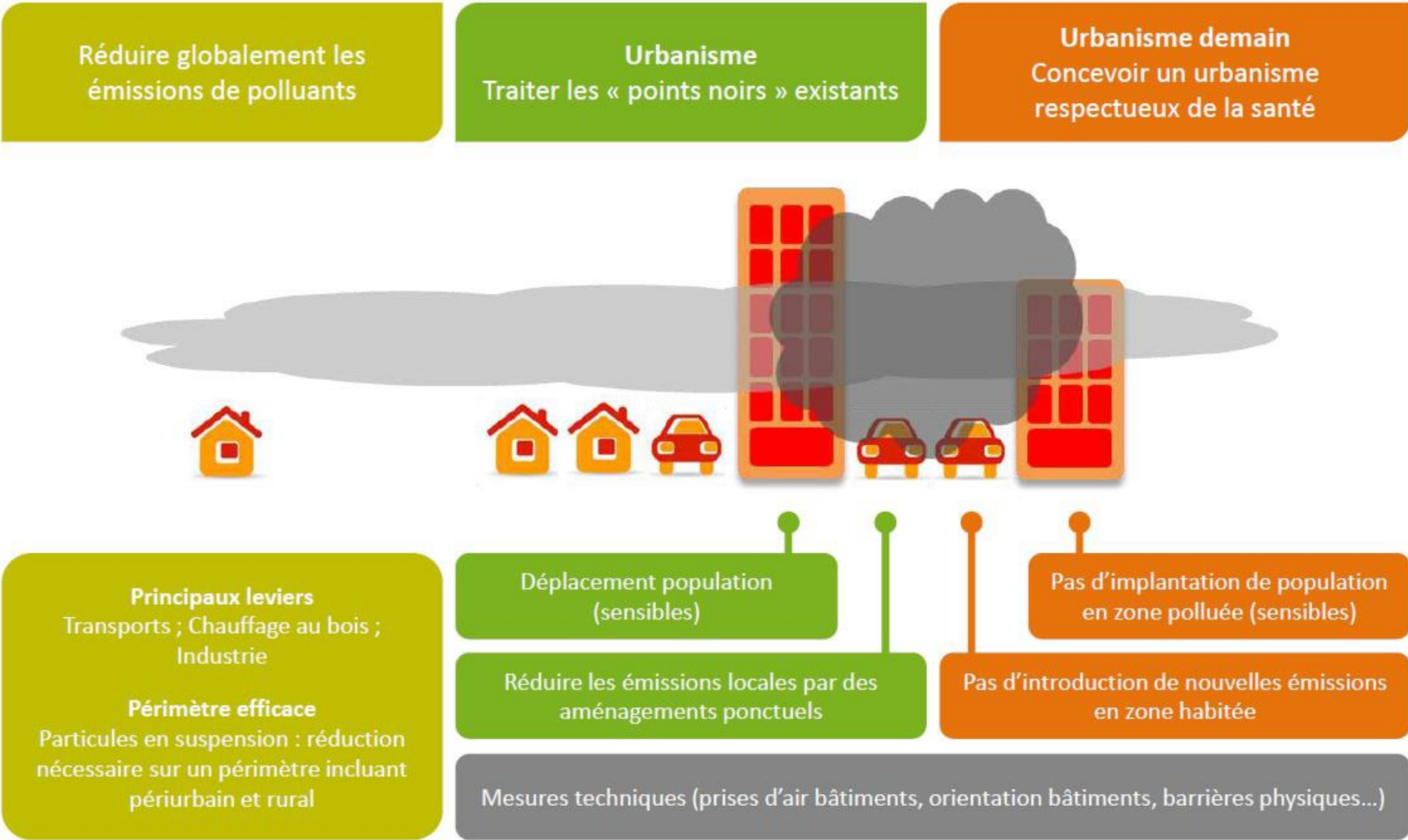
Liens entre QAE et QAI

Rencontre Cotita-FIMEALE - La Rochelle - 13/06/2019



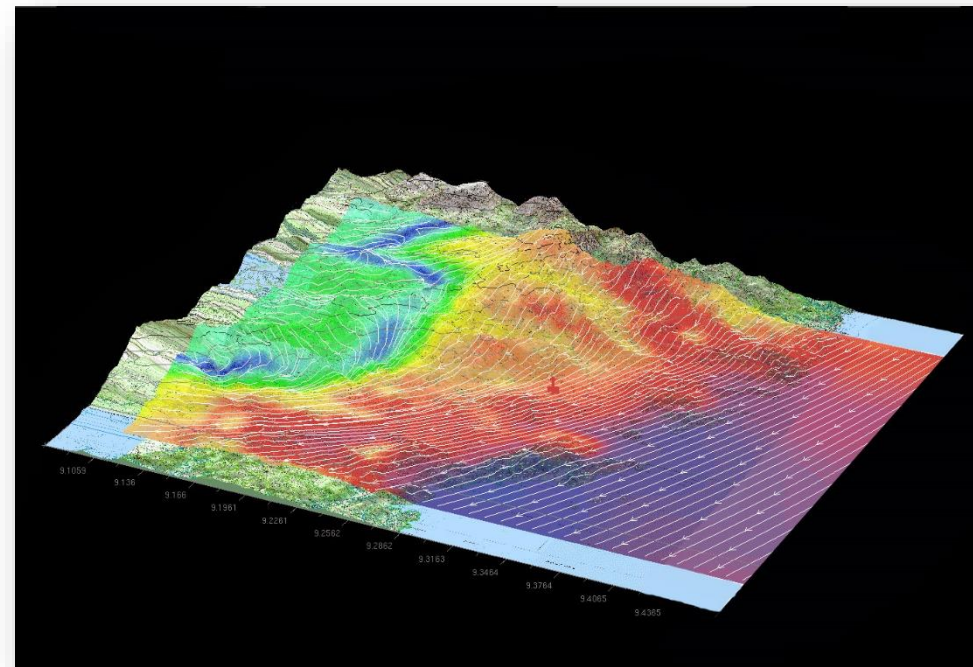
Îlot A

# 6. Au final



## 7. Perspectives

- **Transfert de pesticides sur les habitations et bâtiments publics (ex: écoles)**
  - L'usage et l'épandage de pesticides est aujourd'hui règlementé, notamment avec un maximum de 19km/h de vent à proximité des lieux sensibles (écoles, hôpitaux, maisons de retraite, centres de loisirs, etc.)
  - Peu d'études sur les pesticides dans l'air et encore moins dans l'air intérieur et surtout pas de réglementation : => Pourtant, lors d'un épandage par pulvérisation, 30 à 50 % des pesticides se perdraient dans l'atmosphère
  - Pas de capteurs détectant les pesticides
  - Notions d'orientations des vents ne sont pas pris en compte
  - Quid des bâtiments situés en zone limitrophes avec des écoles et des habitations ?
  - Quels mesures de précaution ?
  - Quelles sont les possibilités d'alerte ?



# Merci de votre attention

Emmanuel Roux

[Emmanuel.roux@cerema.fr](mailto:Emmanuel.roux@cerema.fr)

03 20 48 49 61

Pascal Appelghem

[Pascal.appelghem@atmosky.net](mailto:Pascal.appelghem@atmosky.net)

06 72 85 66 15



Liens entre QAE et QAI  
Rencontre Cotita-FIMEALE - La Rochelle - 13/06/2019