

MISE EN OEUVRE D'UNE ÉTUDE DE MODÉLISATION

Méthode, données d'entrée, potentialités et limites

Isabelle Coll

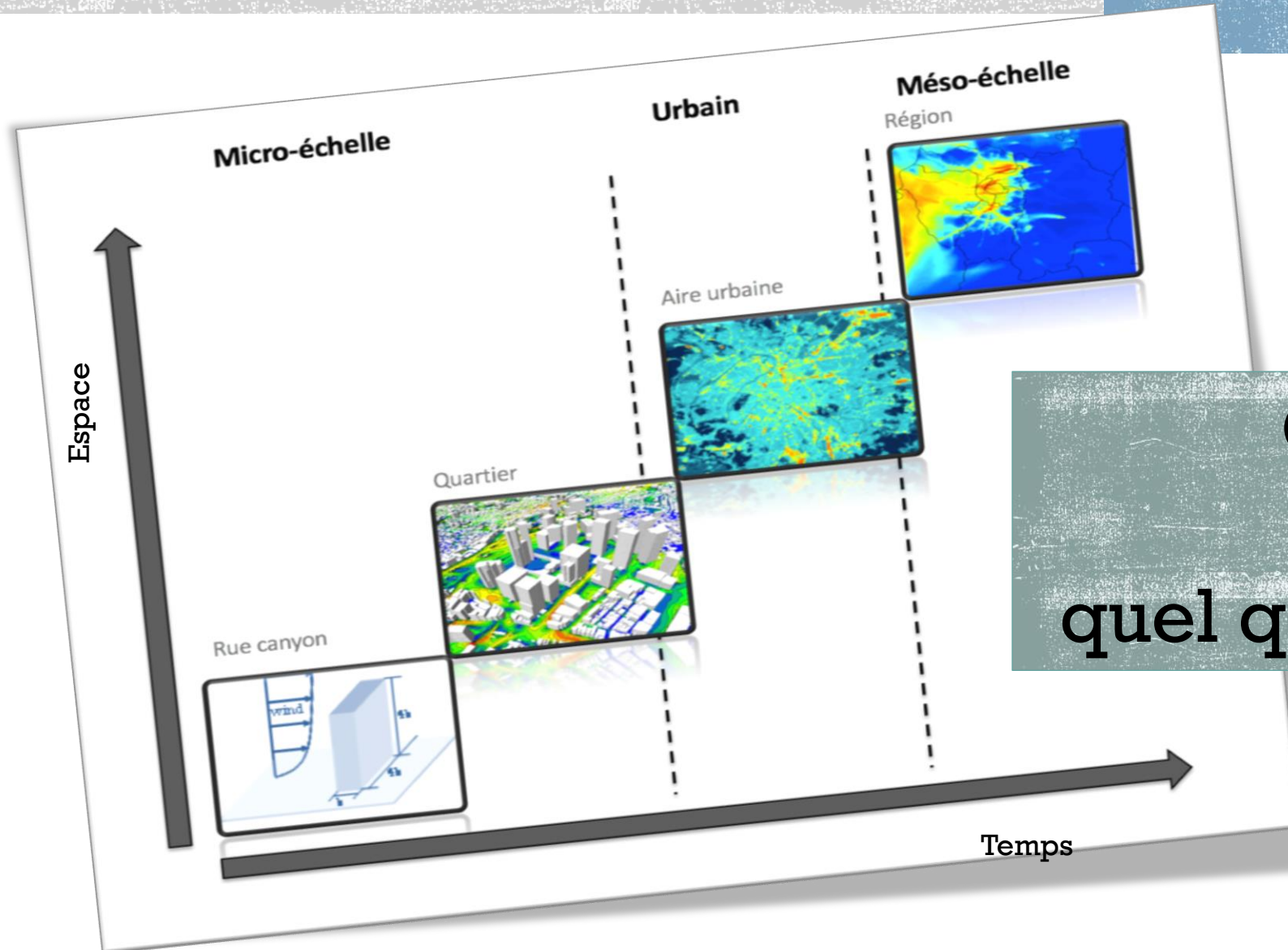
Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA)

UMR CNRS 7583 – UPEC / UPD / IPSL



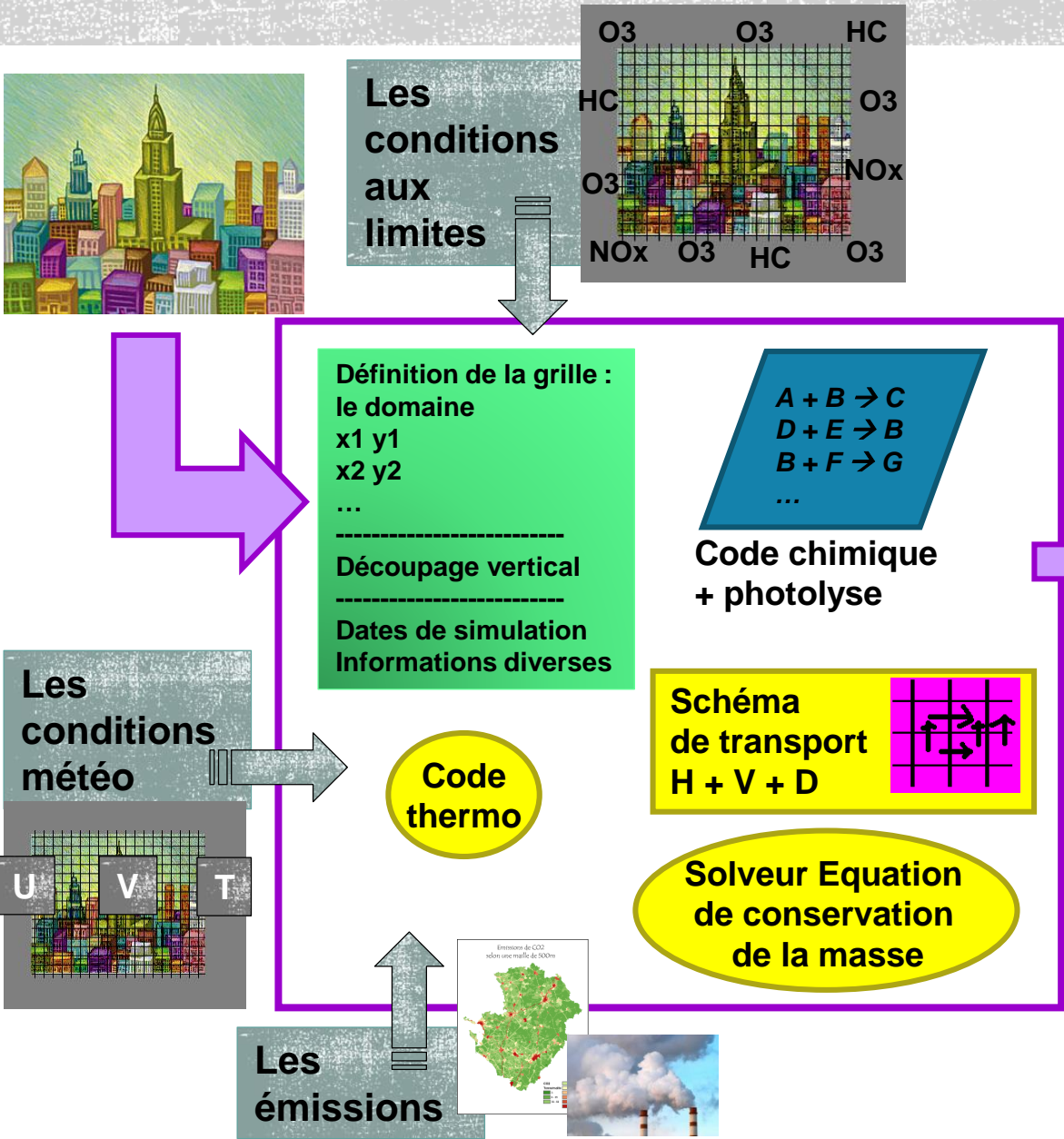
Modélisation de la qualité de l'air

Les échelles



Quel outil
pour
quel questionnement?

Modélisation de la qualité de l'air



Alimentation et fonctionnement du modèle

Les éléments techniques du modèle

Les éléments chimiques

Les éléments mathématiques

Les éléments extérieurs : les forçages



Le point de départ des modèles de chimie transport (CTM): l'équation de conservation de la masse des différentes espèces i

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + \underbrace{u_x \frac{\partial C_i}{\partial x} + u_y \frac{\partial C_i}{\partial y} + u_z \frac{\partial C_i}{\partial z}}_{\text{advection}} = \underbrace{\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial C_i}{\partial z} \right)}_{\text{diffusion}} + \underbrace{R_i(c_1, c_2, \dots, c_n)}_{\text{chimie}} + \underbrace{E_i(x, y, z, t)}_{\text{sources (émis.)}} - \underbrace{S_i(x, y, z, t)}_{\text{puits (dépôt)}}$$

Modélisation de la qualité de l'air

Sources de données / calculs

Modèles urbains (*milieu urbain / bâtiment*)

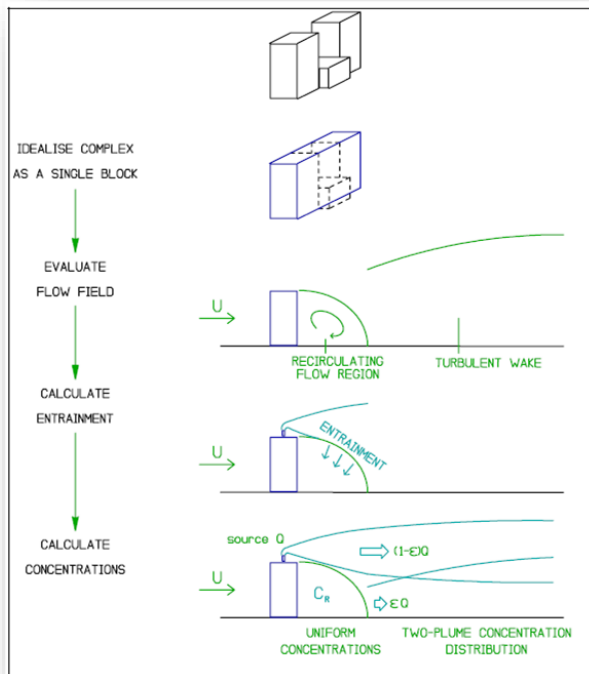
Echelle de la rue au quartier, jusqu'à l'agglomération

Prédominance d'effets locaux

Intégration de données descriptives spécifiques

Modèle urbain

(dispersion des sources dans un environnement bâti)



calcul des émissions
à partir de comptages
de trafic / bdd de
facteurs d'émissions
pour les sources
mobiles

préprocesseur
météorologique

Conditions
aux limites

calcul réaliste des flux et de la
dispersion en terrain complexe
et autour des immeubles

dépôt

modèle de rue canyon

modélisation de la chimie
simplifiée (Nox , O_3 , SO_2)

un descriptif (hauteur, diamètre, vitesse,
T et V d'éjection, C_p , densité...) pour les
sources industrielles

Modélisation de la qualité de l'air

Sources de données / calculs

Modèles urbains (*milieu urbain / bâtiment*)

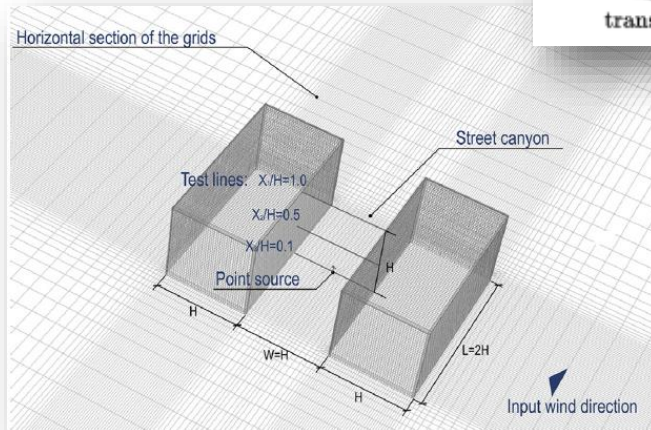
Echelle de la rue au quartier, jusqu'à l'agglomération

Prédominance d'effets locaux

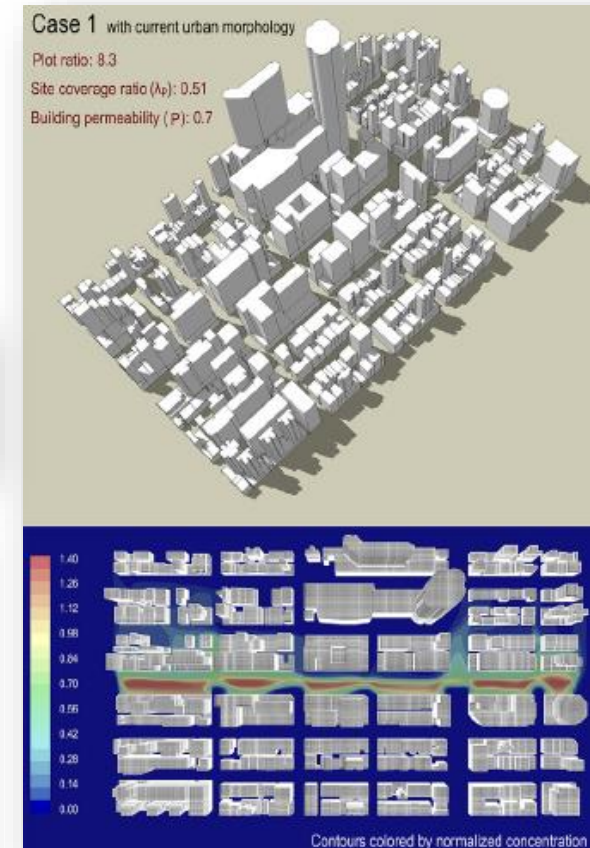
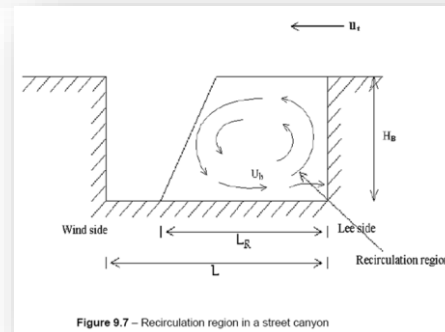
Intégration de données descriptives spécifiques

Modèle de rue canyon

CFD (Computational Fluid Dynamics)



$$\underbrace{\frac{\partial \rho \varphi}{\partial t}}_{\text{transitoire}} + \underbrace{\text{div}(\rho \varphi \vec{v})}_{\text{advection}} = \underbrace{\Delta(D \varphi)}_{\text{diffusion}} + \underbrace{S_{\varphi}}_{\text{source}}$$



Les processus (physico)chimiques

Etat des lieux des développements

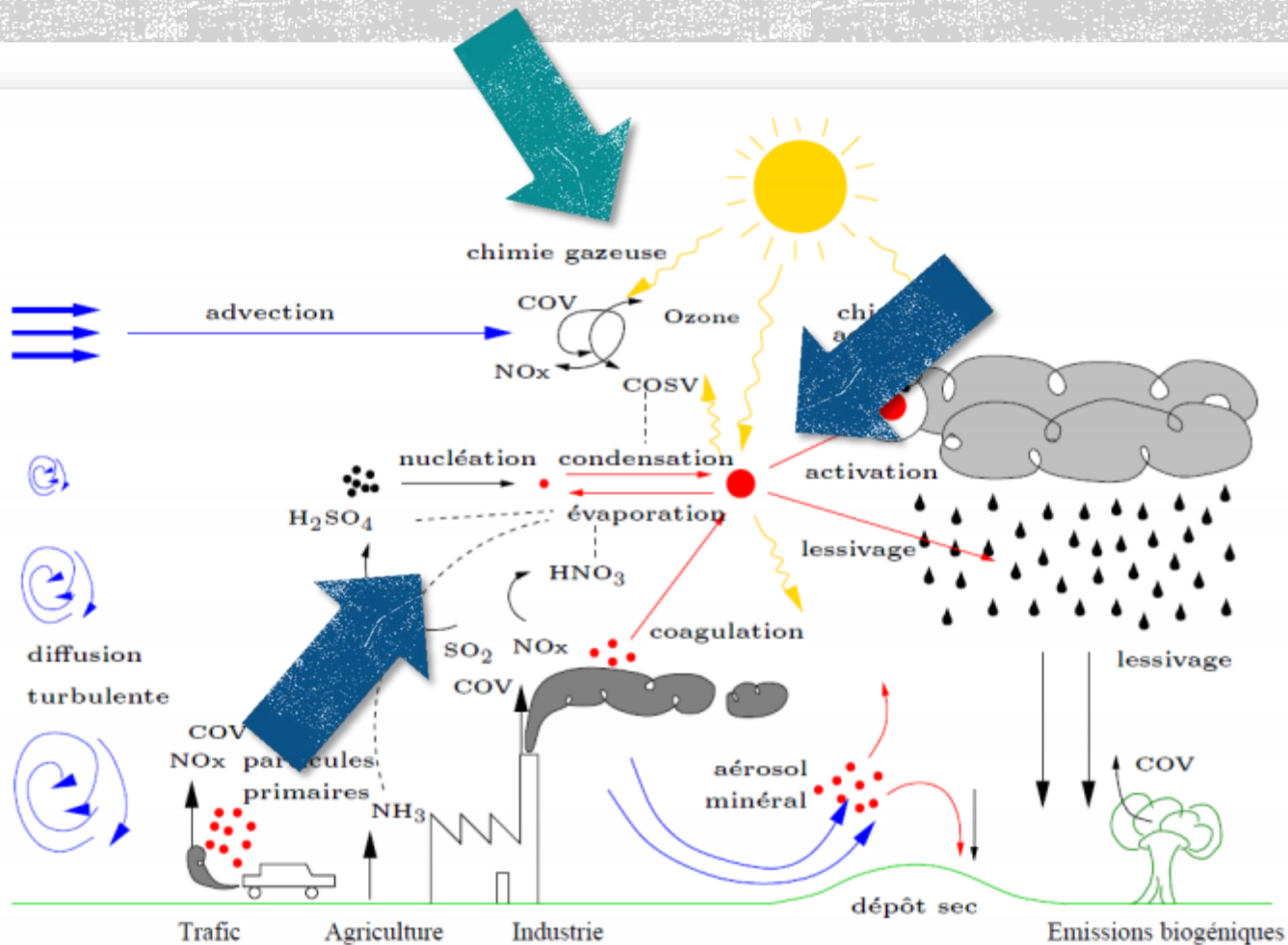


FIGURE 1.1 – Processus décrits dans un modèle de chimie-transport [Sportisse, 2008].

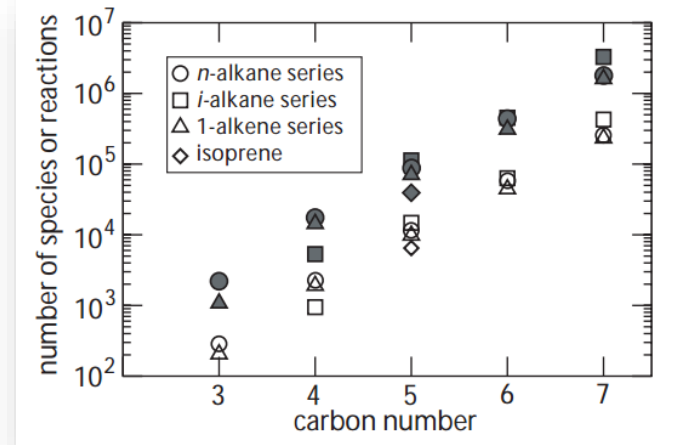
Les processus (physico)chimiques

Pour les espèces inorganiques, très bonne connaissance, 20 à 30 espèces, description explicite.

Pour les espèces organiques, écrire toutes les réactions élémentaires demeure trop lourd pour pouvoir être traité efficacement par les moyens de calcul disponibles actuellement. On conçoit alors des schémas chimiques simplifiés/condensés, au prix d'une perte d'information (maîtrisée).

- Regroupement des radicaux libres en « opérateurs » (modèles)
- Regroupement des COV en espèces représentatives d'une famille
 - ✓ Plusieurs approches possibles
 - ✓ Simplification évaluée par rapport à des mécanismes explicites
 - ✓ Comparaison à des expériences en chambre de simulation
- Variété de schémas
 - ✓ RACM / SAPRC / Carbon Bond / MELCHIOR...

Schémas chimiques gazeux

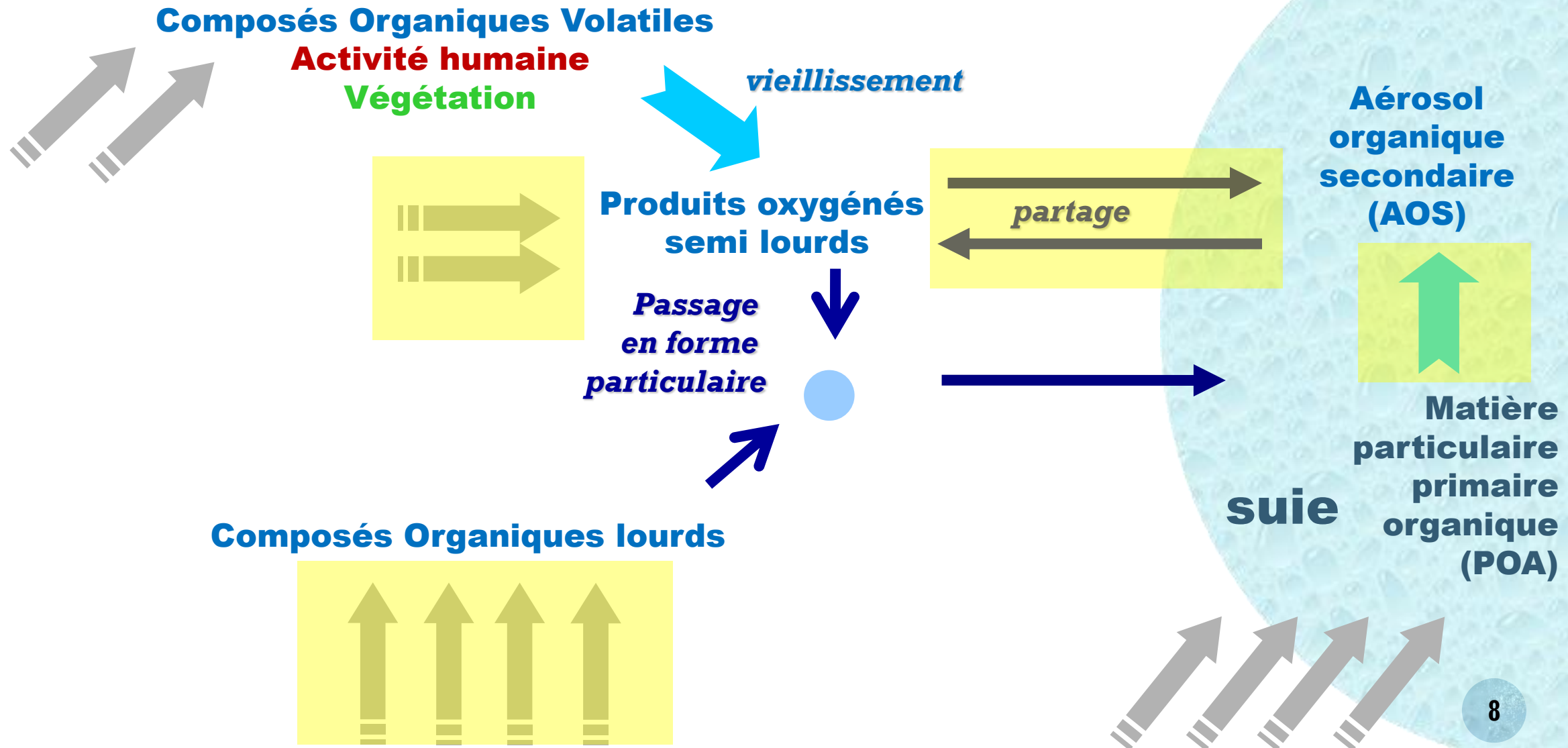


SAPRC			
CH4	Methane	C2H4	Ethen
CO	carbon monoxide	GLY	Glyoxal
HONO	Nitrous acid	HCHO	Formaldehyde
NO	Nitrogen monoxide	MEOH	Methanol
NO2	Nitrogen dioxide	MACR	Methacrolein
SO2	Sulphur dioxide	OLE1	Alkens $k_{OH} < 7 \times 10^4$
ACET	Acetone	OLE2	Alkens $k_{OH} > 7 \times 10^3$
ALK1	Ethane	CRES	Phenols and Cresols
ALK2	Propane	PRD2	Ketones ($k_{OH} > 0.7 \times 10^4 \text{ ppm}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$)
ALK3	Alkans $2.5 \times 10^3 < k_{OH} < 5 \times 10^3$	RCHO	Lumped C3+ Aldehydes
ALK4	Alkans $5 \times 10^3 < k_{OH} < 1 \times 10^4$	C5H8	Isoprene
ALK5	Alkans $1 \times 10^4 < k_{OH}$	APINEN	α -pinene
ARO1	Aromatiques $k_{OH} < 2 \times 10^4$	ACYE	Acetylen
ARO2	Aromatiques $k_{OH} > 2 \times 10^4$	BENZ	Benzen
BALD	Aromatic aldehydes	AACD	Acetic Acid
CCHO	Acetaldehyde	IPRD	Lumped isoprene product species

L'échelle des questions détermine la complexité/nature du schéma

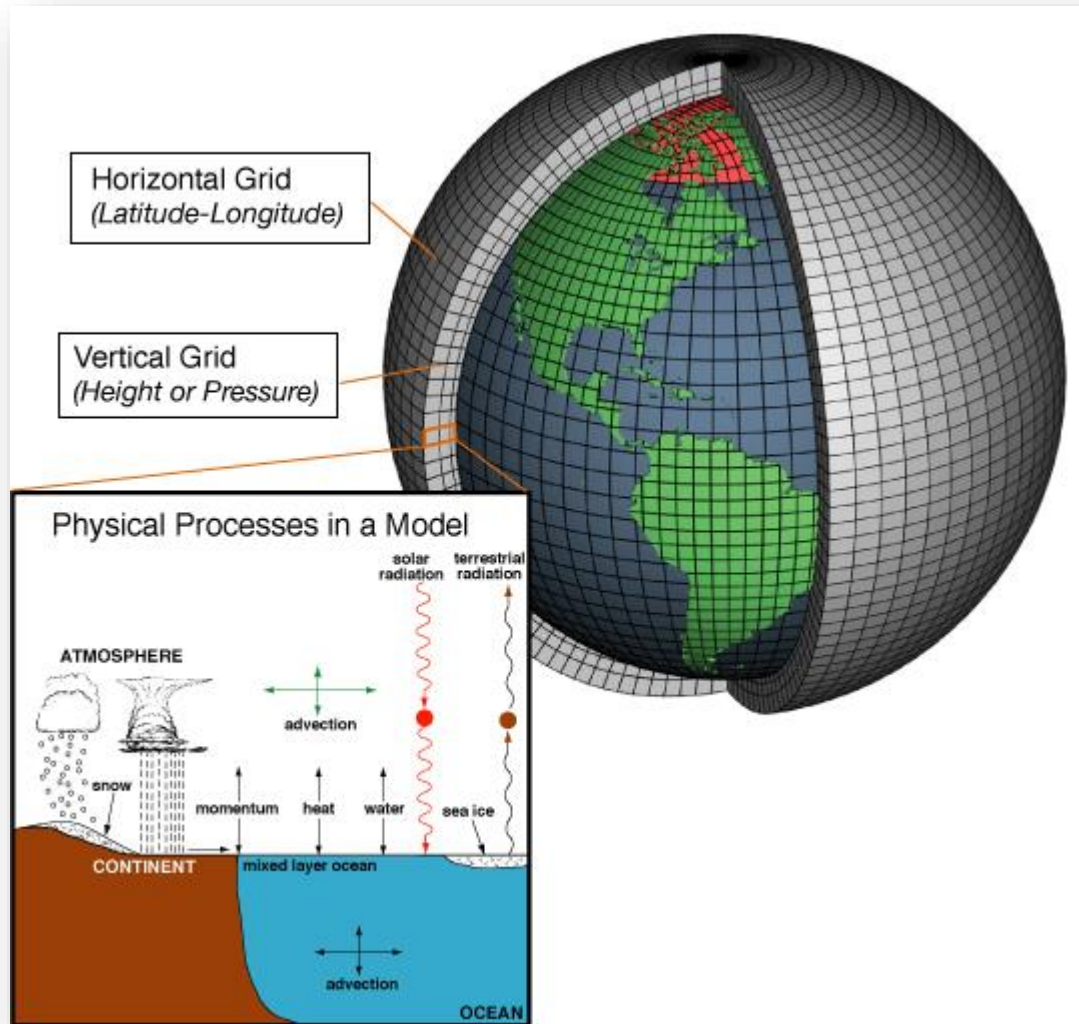
Les processus (physico)chimiques

Schémas chimiques gazeux



Les données d'entrée « météo »

Sources de données / calculs



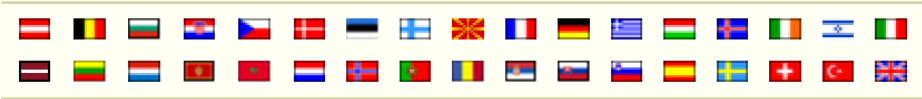
Utilisation de modèles dynamiques: une diversité d'offres pour une spécificité des résultats

Les données d'entrée « météo »

Sources de données / calculs

- Fournisseurs de données

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

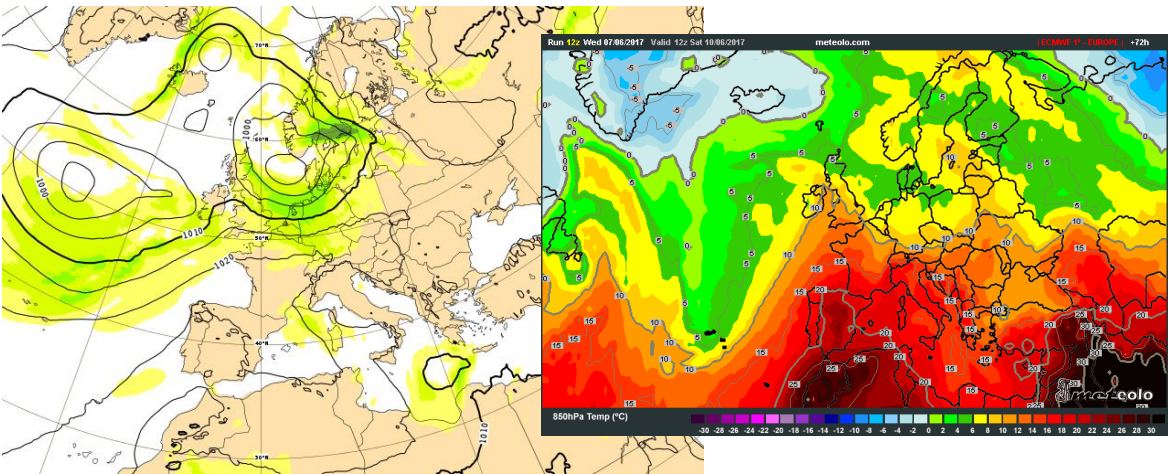


IFS, Integrated Forecast System

National Centers
for
Environmental Prediction

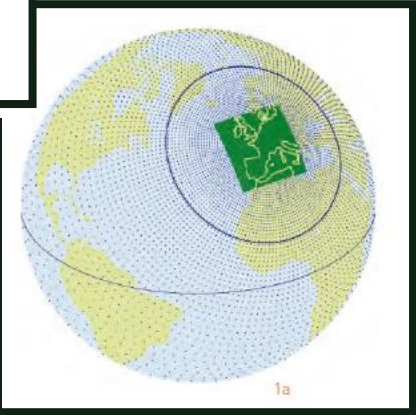
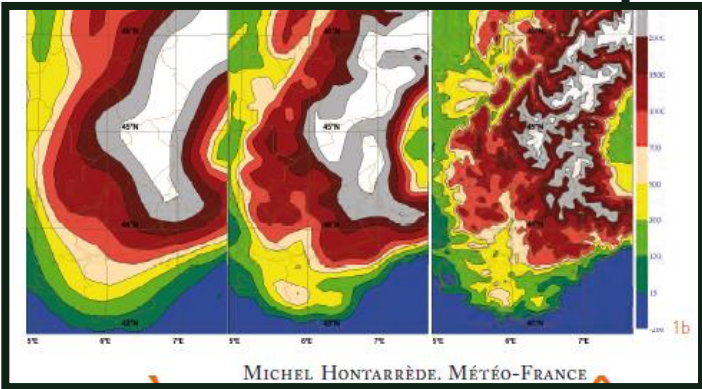


Alimentés
par observations
(sol/satellites...)



Source ECMWF

ARPÈGE, ALADIN, ARÔME,
UNE CASCADE DE MODÈLES
POUR PRÉVOIR LE TEMPS

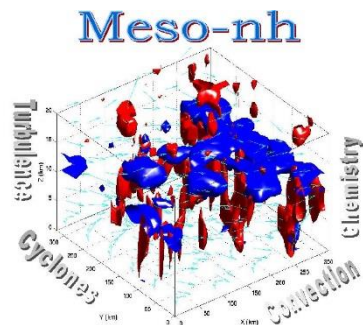


Source Météo France

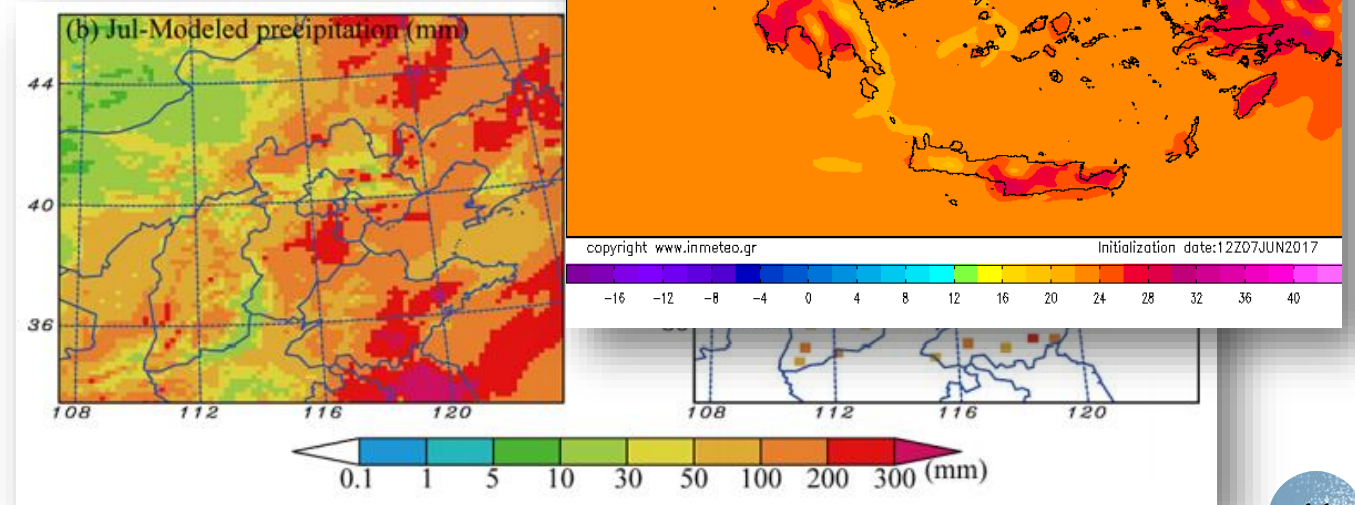
Les données d'entrée « météo »

Sources de données / calculs

- Modèles méso-échelle implémentables (*Opérationnel/Recherche*)



Alimentés
par observations
(sol/satellites...)



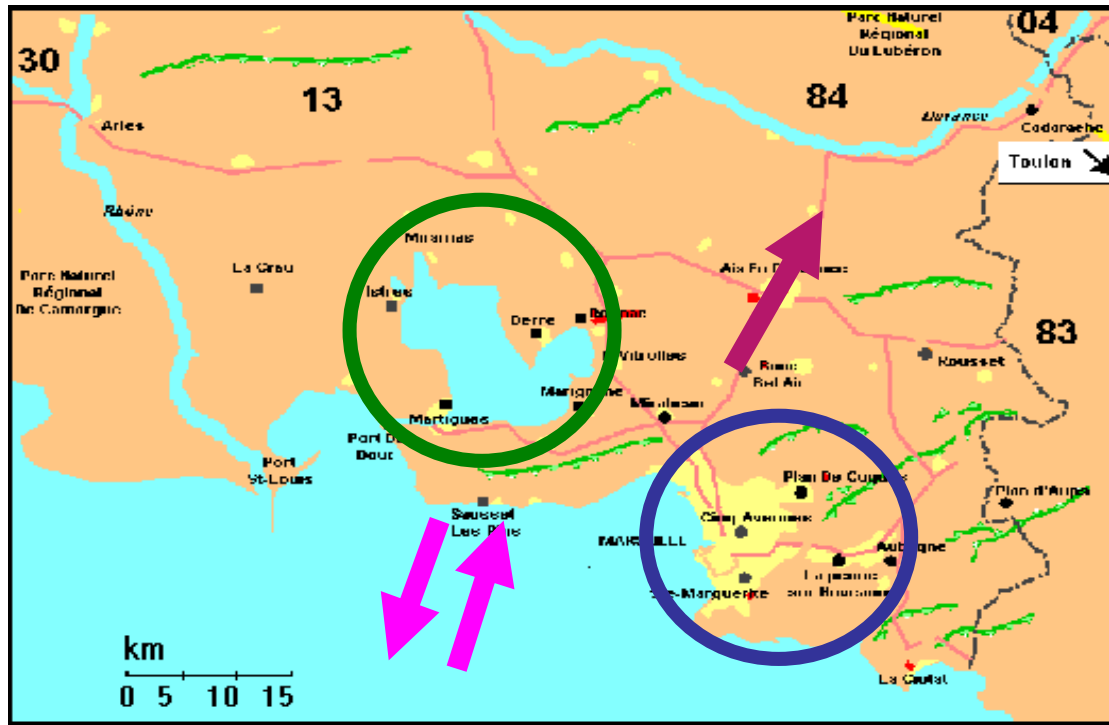
- **Modèles de prévision échelle régionale à globale**
 - Longues périodes / Multiples scénarios
 - Facilité de travail en domaine imbriqués (nesting)
 - Finesse en terrain complexe
- **Modèles d'échelle urbaine**
 - Gestion des problématiques de proximité
 - Accès, couverture et qualité des données
 - Dimension du maillage, lourdeur des calculs

Illustration des effets

Raffinement des calculs dynamiques
et de l'échelle de dispersion

Pollution sur l'étang de Berre

*Compréhension des phénomènes de dispersion
→ en terrain complexe*



Documents personnels I. Coll

Diversité des émetteurs

Urbains

Industriels

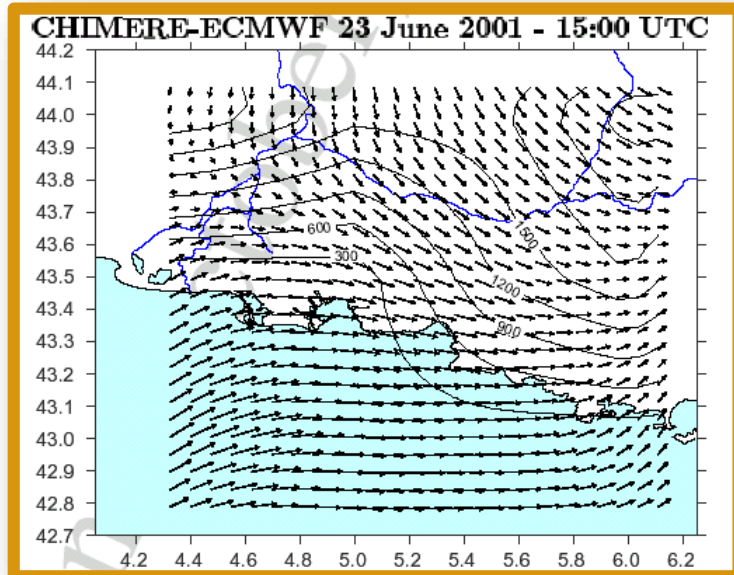
Dynamique complexe

Phénomènes de brise

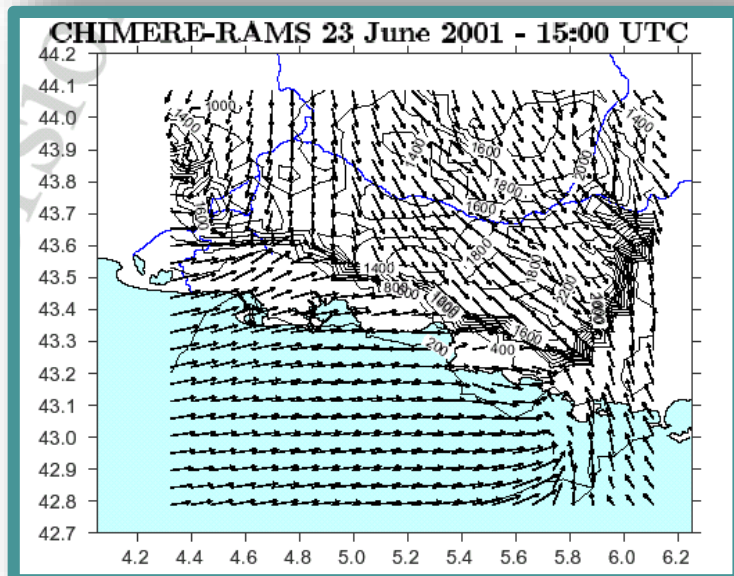
Écoulements suivant le relief

Illustration des effets

Raffinement des calculs dynamiques
et de l'échelle de dispersion



Champs météo
0.25°



Champs météo
3km

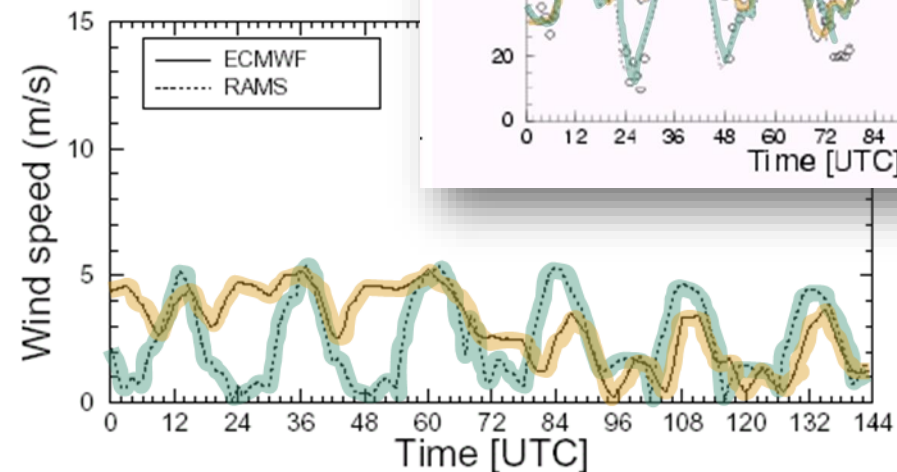
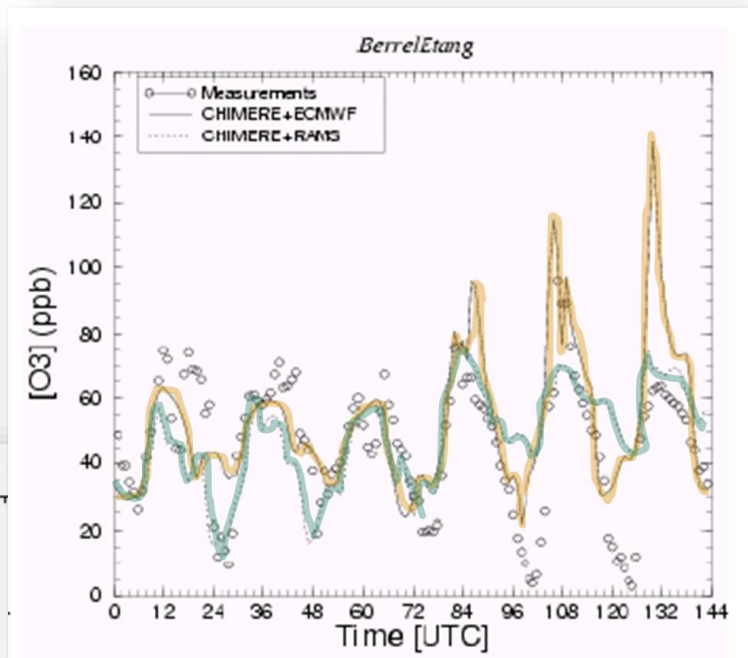


Illustration des effets

Raffinement des calculs dynamiques
et de l'échelle de dispersion

Pollution sur l'étang de Berre

*Compréhension des phénomènes de dispersion
→ à fine échelle*



Zone d'émissions industrielles

Phénomènes de brise

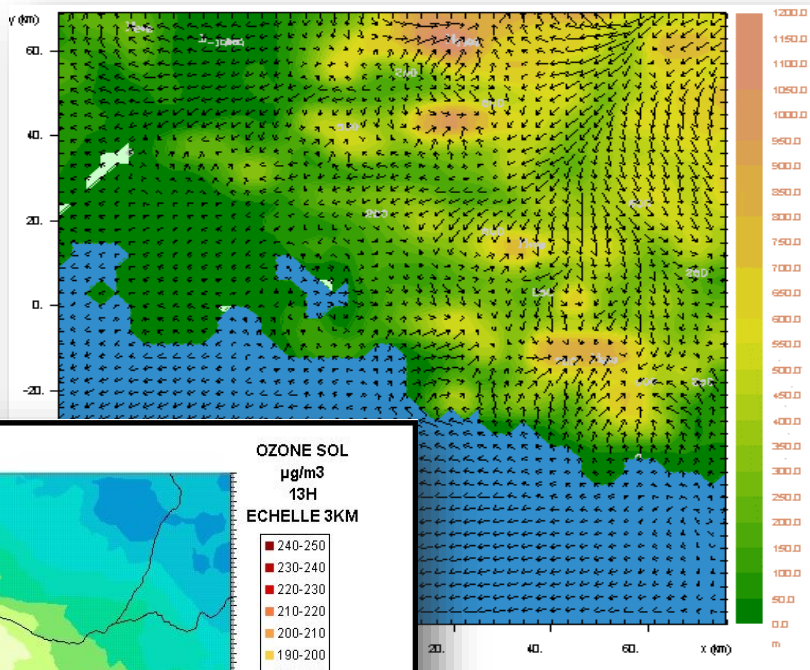
Mer
Etang

Documents personnels I. Coll

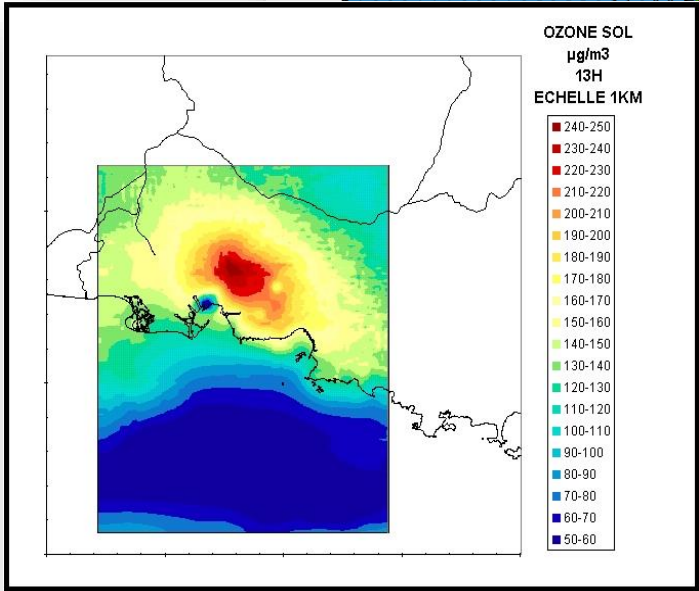
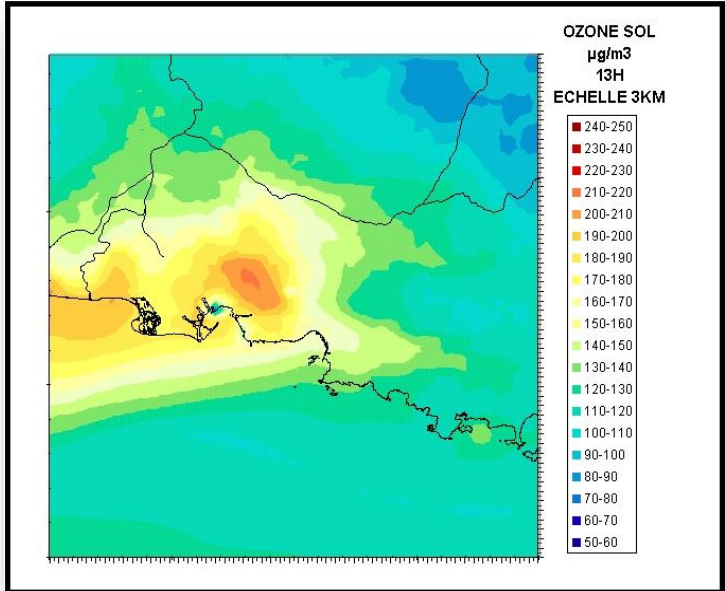
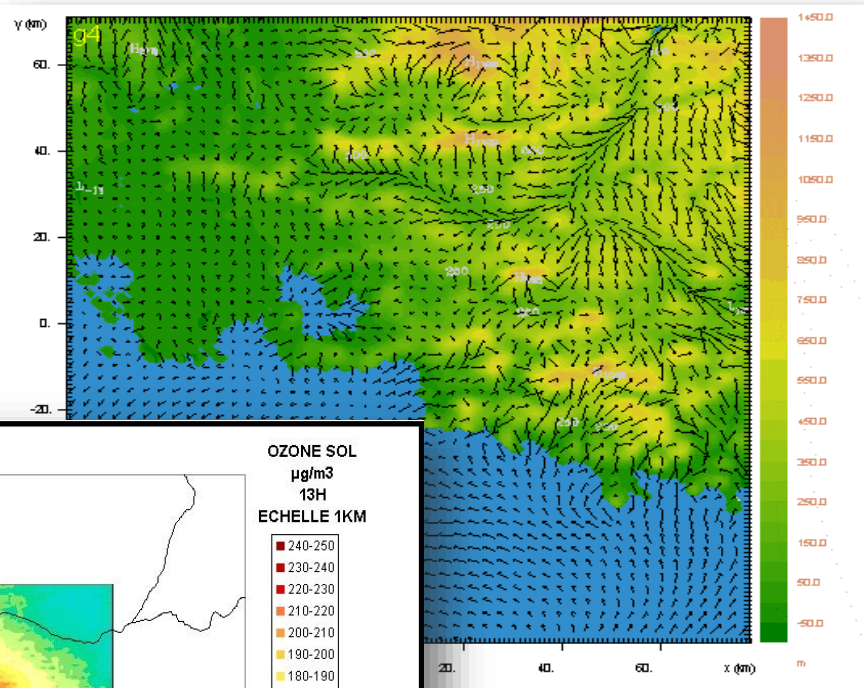
Illustration des effets

Raffinement des calculs dynamiques
et de l'échelle de dispersion

3*3km²

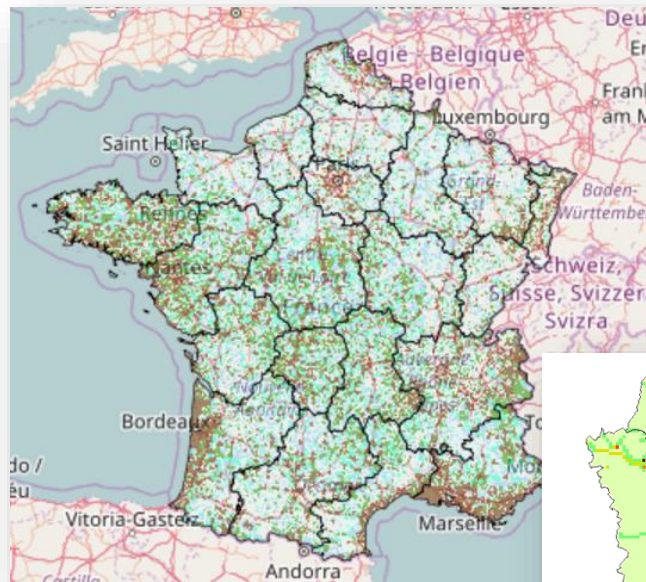


1*1km²



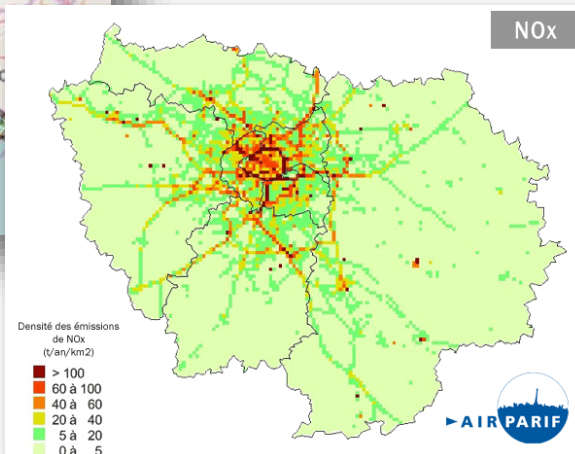
Les données d'émission

- Cadastres pour surveillance réglementaire
 - Inventaire National Spatialisé
 - Cadastres régionaux (AASQA)
 - EMEP

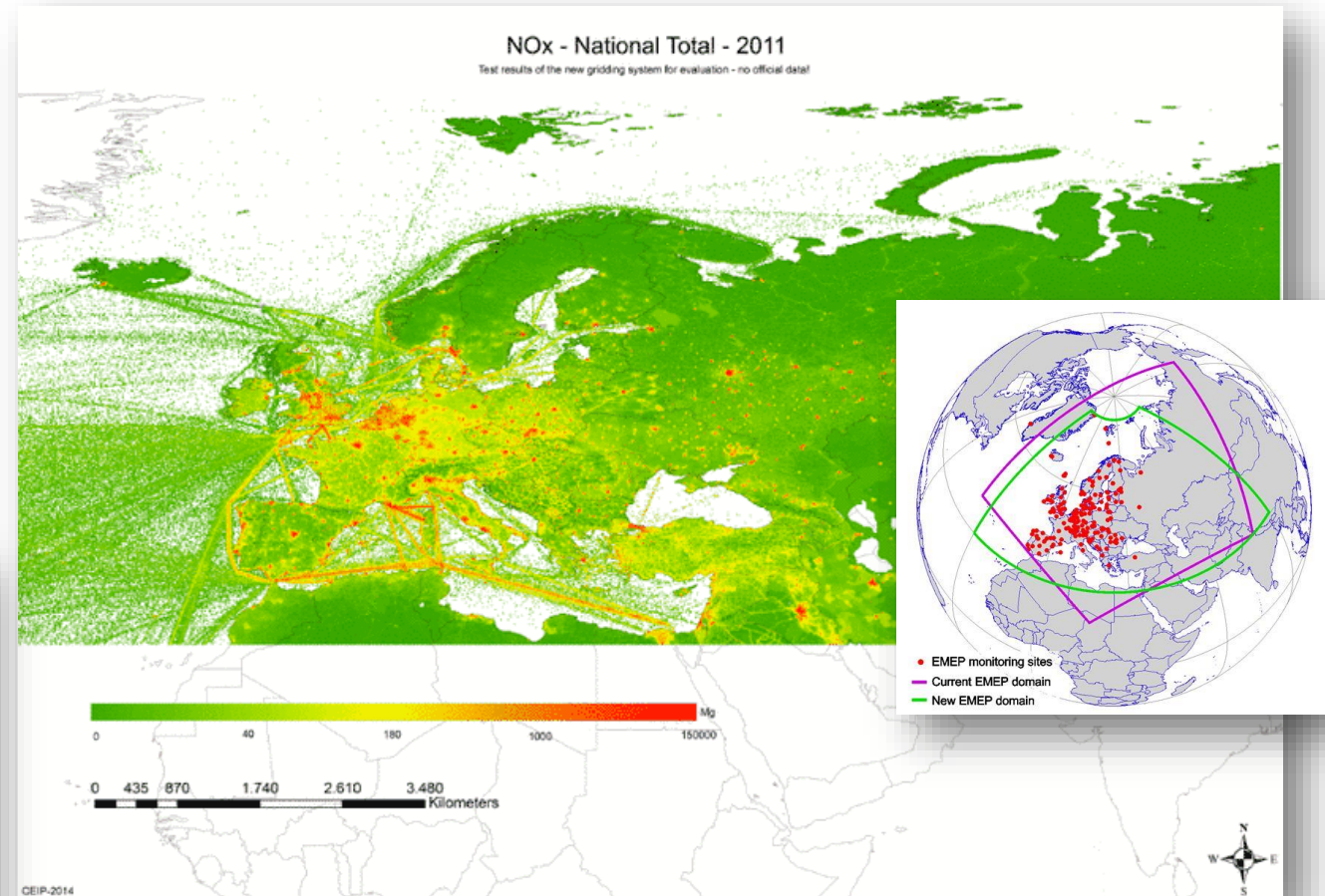


CO
INS, 2012

Emissions de NO_x
AIRPARIF



Les cadastres



EMEP base de données d'émissions, cartographie

- **Cadastres pour surveillance réglementaire**
 - Inventaire National Spatialisé
 - Cadastres régionaux (AASQA)
 - EMEP

Discrimination des émissions par secteur d'activité

Savoir stabilisé, historique & suivi des tendances

Continuité des méthodes

Evaluation opérationnelle & retour d'expérience

Accès au cas par cas (convention Recherche), niveau de détail contraint

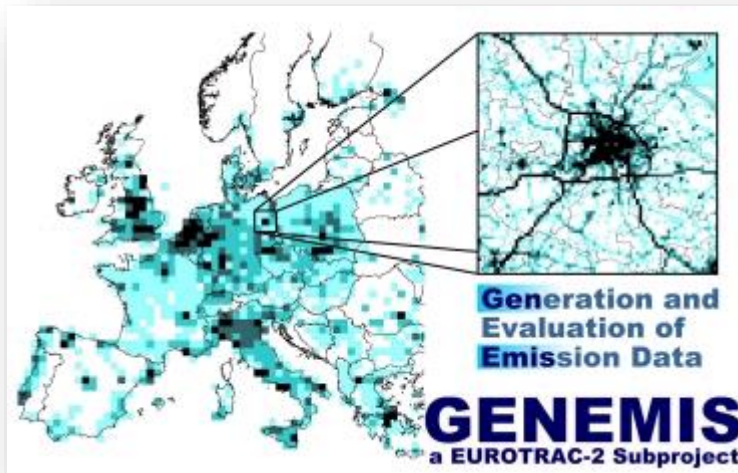
Peu de flexibilité des formats

Peu d'espèces émergentes

Les données d'émission

Les cadastres

- Bases de données issues de la Recherche fondamentale
 - Initié par GENEMIS
 - Portail de recensement



ECCAD - THE GEIA DATABASE

LOGIN Enter Not yet registered?

Emissions of atmospheric Compounds & Compilation of Ancillary Data

Data Catalogue Data Visualization Emission Calculation

Emissions Inventories

■ Anthropogenic ■ Biomass burning ■ Natural

GLOBAL INVENTORIES

- MACCity ACCMIP RCPs EDGARv4.2 PEGASOS_PBL-v2 EDGARv3.2FT2000 RETRO
- ECLIPSE_GAINS_4a Junker-Liousse HYDE1.3 Andres_CO2_v2013 AMAP_Mercury
- GFASv1.0 GFED3 GFED2 GICC AMMABB
- MEGAN-MACC MEGANv2 MEGANv2-CH3OH
- GEIAv1 POET

Developed for ongoing projects

- IS4FIRES
- GUESS-ES GUESS-ES-Scenario
- CCMi

REGIONAL INVENTORIES

- TNO-MACC-II (Europe) TNO-MACC (Europe)
- EMEP (Europe) Assamoi-Liousse (Africa)
- India_NOx (India) SAFAR-India (India)
- REAS (Asia)

Developed for ongoing projects

- ChArMEx (Mediterranean)

Ancillary Datasets

LAND COVER	FIRES	POPULATION	GEOGRAPHICAL INFORMATION
■ UMD CLM3 GLC2000	■ WFA GBA2000 Geoland2_BAv1_Africa	■ GPW3_Population	■ GPW3 Region_IMAGE2.4 Pixel_Area

- **Bases de données issues de la Recherche fondamentale**
 - Initié par GENEMIS
 - Portail de recensement

Multiplicité des zones couvertes, des résolutions

Intégration d'espèces & questionnements émergents

Projection futures, scénarios réglementaires

Modalités d'accès variables, spéciations de niveau de détail variables

Pas forcément d'accès à une expertise sur la base de données

Hétérogénéité des méthodes, des formats, des espèces concernées

Peu de bdd sont multiannuelles, pas de cohérence temporelle

- **Vigilance**

- Cohérence du maillage des émissions avec les autres données
- Regroupement des espèces par rapport au module chimique
- Compléter avec des émissions biogéniques
- Dimension des bdd (résolution, fréquence, espèces, secteurs d'activité...)
- Remise à jour des données

Les données d'émission

Modélisation à l'échelle urbaine

Modélisation spatialisée des émissions
des déplacements individualisés

Données d'entrées

- Matrices OD
- Réseau routier
- Parc automobile

Modèle d'émissions de polluants
anthropiques issues du bâti

Données d'entrées

- Densité de population
- Logements
- Consommations d'énergie

Déplacements

Réseau routier

Trajets

Emissions

Effectifs

Véhicules

Facteurs
d'émission

Documents personnels I. Coll

Les données d'émission

Modélisation à l'échelle urbaine

Modélisation spatialisée des émissions des déplacements individualisés

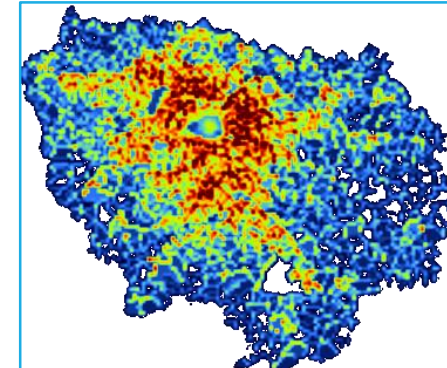
Données d'entrées

- Matrices OD
- Réseau routier
- Parc automobile

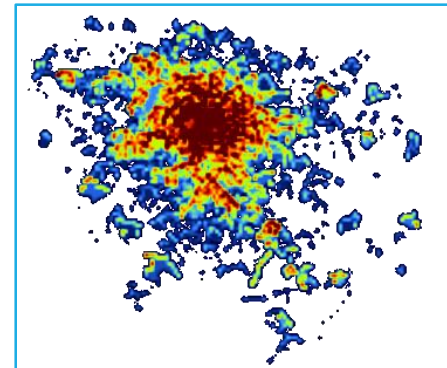
Modèle d'émissions de polluants anthropiques issues du bâti

Données d'entrées

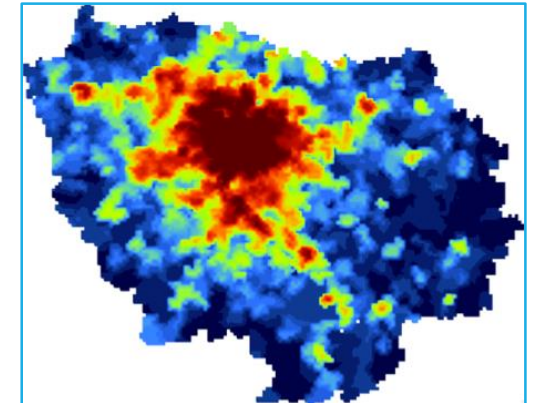
- Densité de population
- Logements
- Consommations d'énergie



Logements individuels



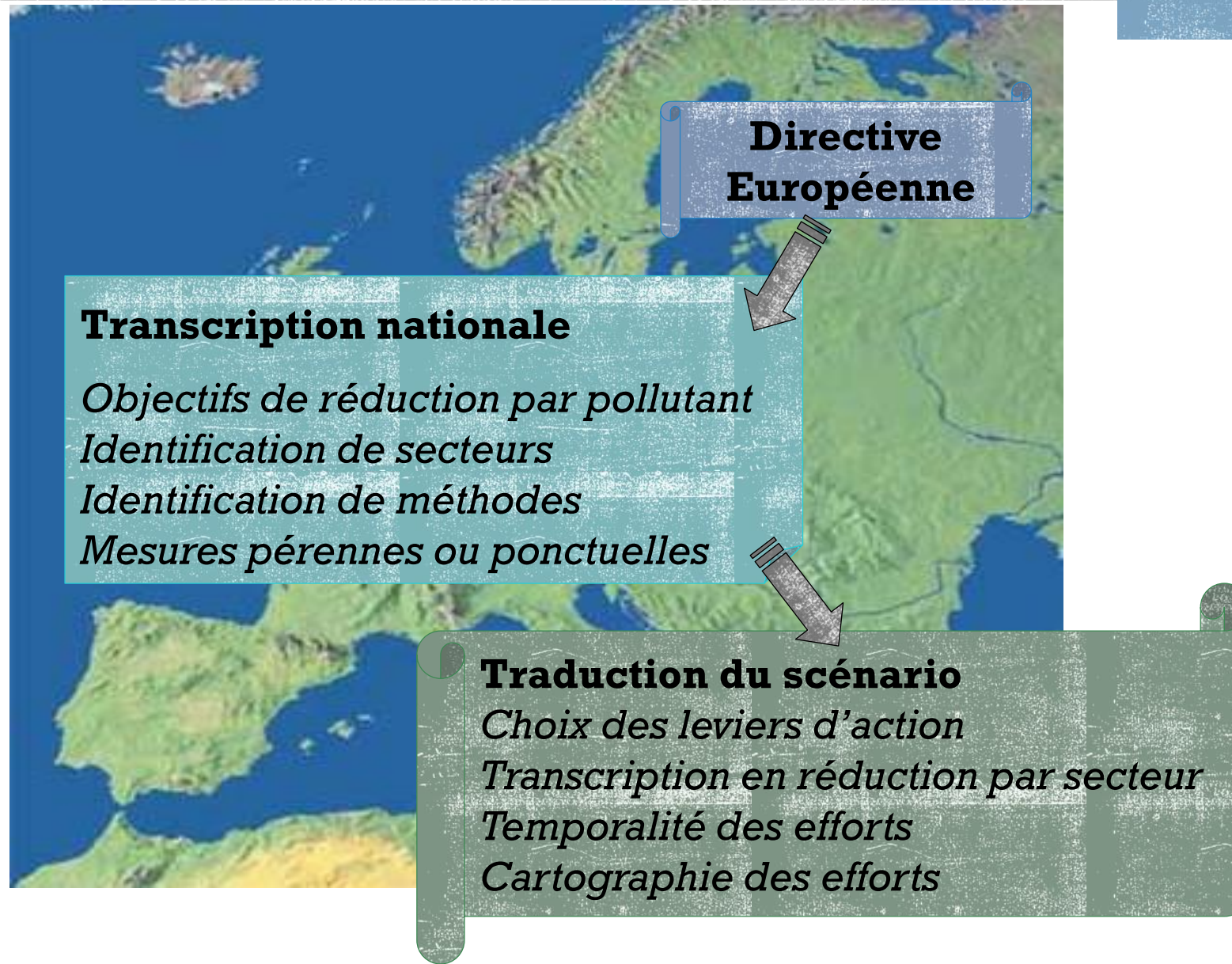
Logements collectifs



Consommation d'E/m²

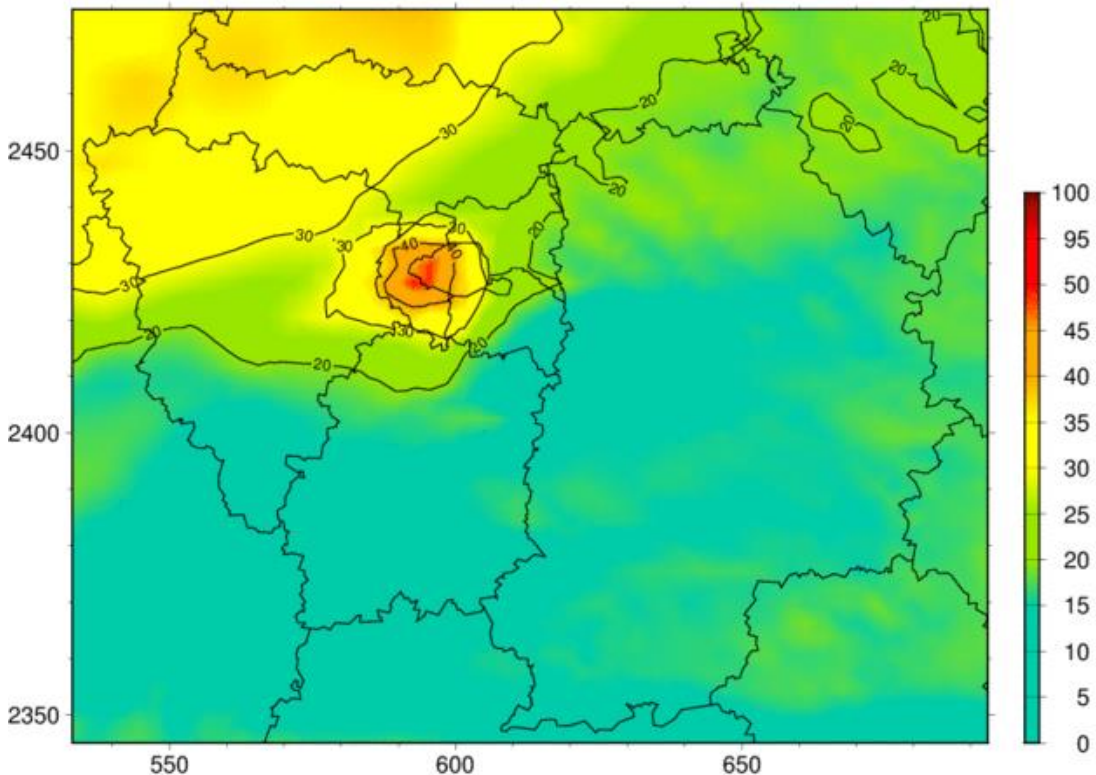
Les données d'émission

Production de scénarios



PM10, maxima journalier en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Prévision du 01-06-2017 pour le jour même



Cette carte est une sortie brute des outils numériques de modélisation et doit donc être considérée comme telle.

Source Airparif

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

Prévisions quotidiennes

Marseille | 2 juin 2017



Faible exposition Information Alerte
Forte exposition

Choisir une date

02/06/2017

Choisir une zone géographique

Marseille

Filtrer par polluant

MULTI-POLLUANT

PM10

O3

NO2

SO2

Accès direct

- Risque allergique aux pollens
- Accéder aux indices nationaux (IQA, Atmo)
- Accéder aux indices européens

Source AirPACA

Mise en œuvre

Concentrations de proximité Exposition des populations

CONCENTRATION EN DIOXYDE D'AZOTE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

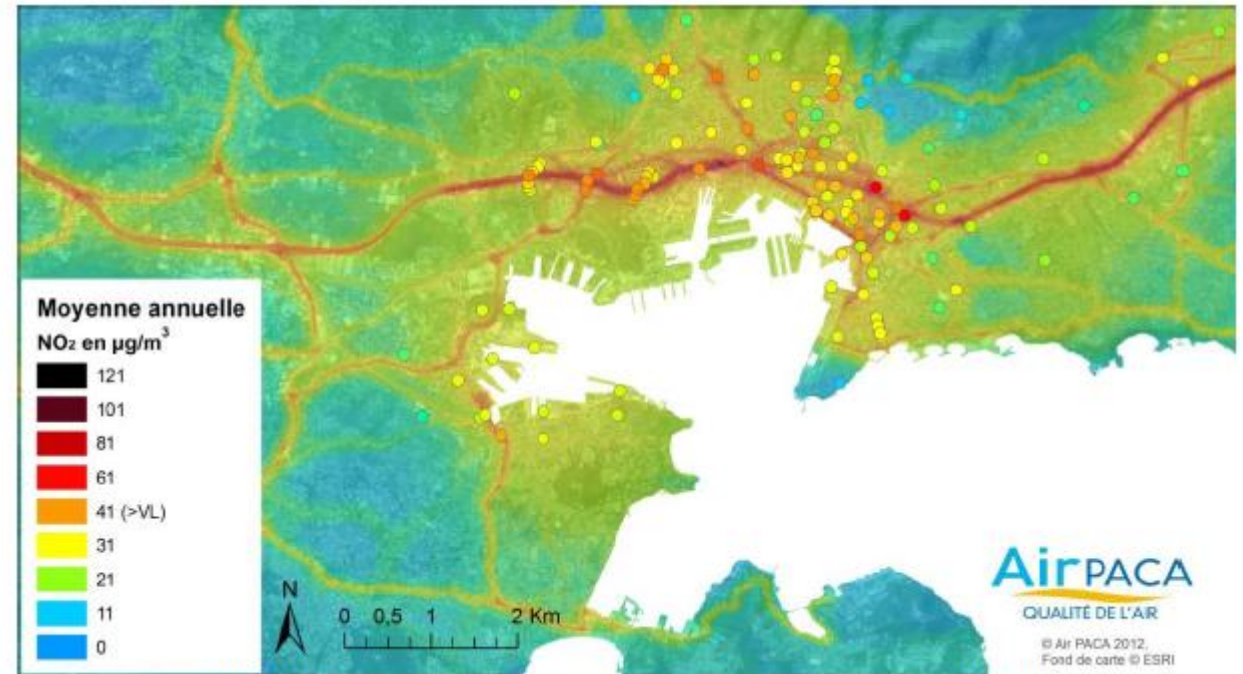
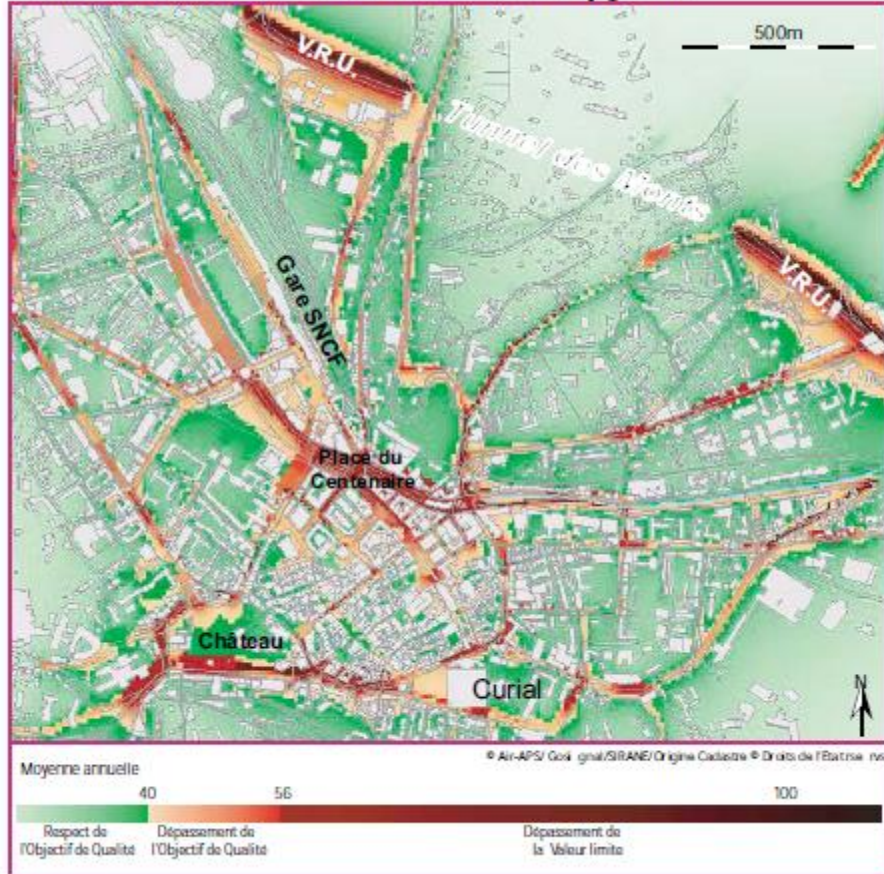
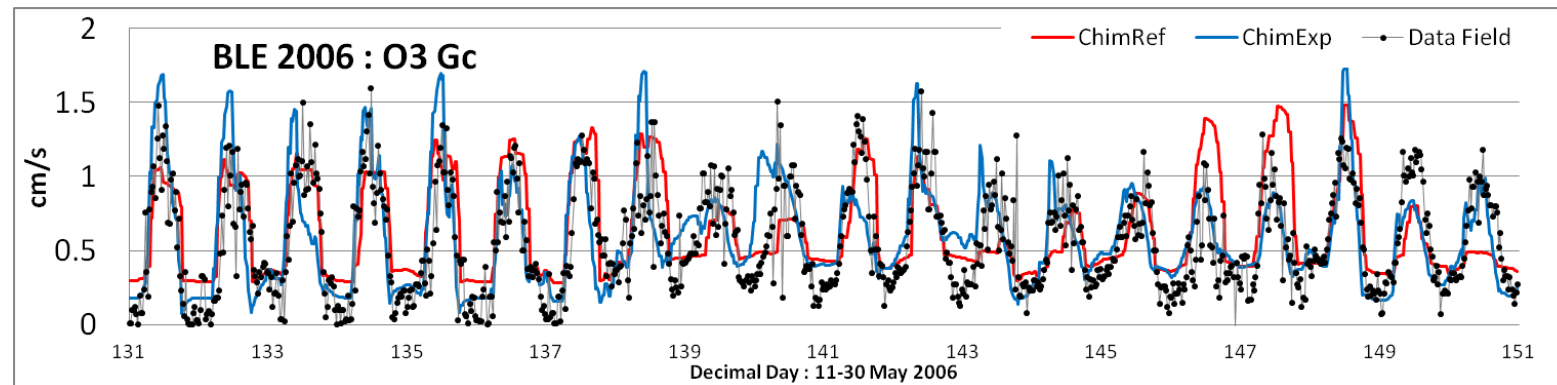
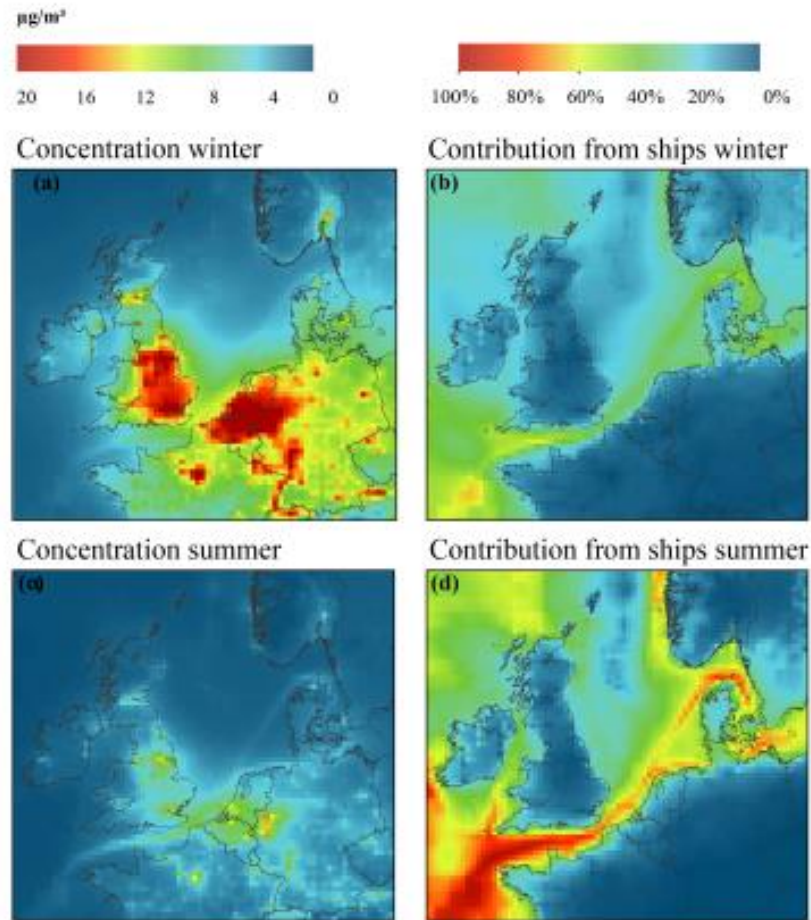


Figure 10 : Modèle/mesure sur le centre de l'agglomération toulonnaise – NO_2 – dioxyde d'azote -2011

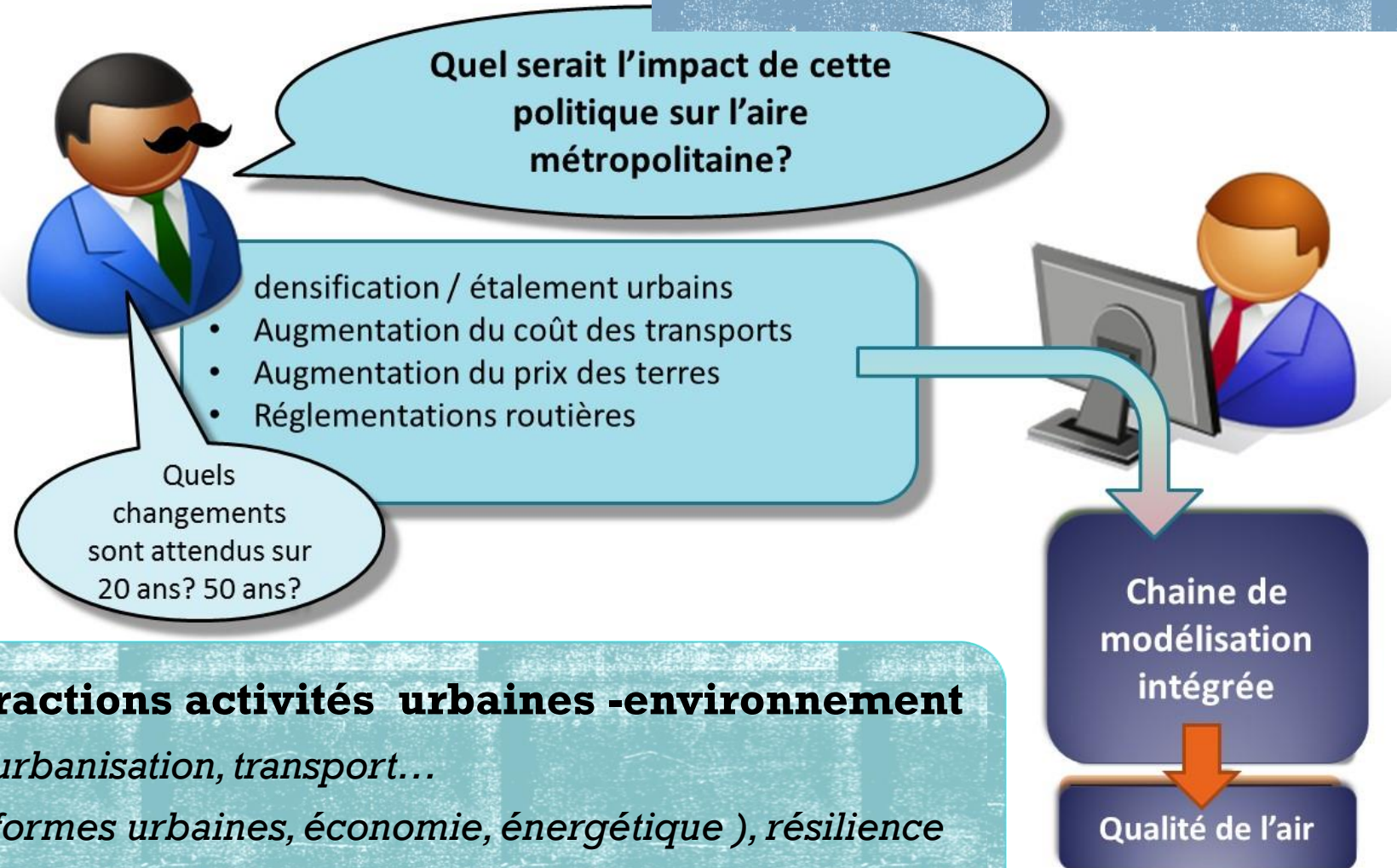
Concentrations de proximité en NO_2 à Toulon Modèle urbain ADMS-Urban – source AirPACA

Respect des objectifs de qualité NO_2 à Chambéry – Modèle urbain Sirane
Source : Observatoire savoyard de l'environnement



Dépôt d'ozone sur les cultures – version dédiée du CTM CHIMERE
Source LISA

Participation des bateaux à [NO₂]
au Nord de l'Europe



Mieux modéliser les interactions activités urbaines -environnement

Paramètres physiques, choix d'urbanisation, transport...

Politiques environnementales (formes urbaines, économie, énergétique), résilience urbaine

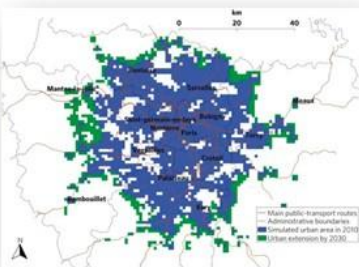
Mise en œuvre

Modélisation intégrée

Développement de scénarios
énergétiques VITE!

Contrainte pour
NEDUM
& suite de la chaîne

NEDUM 2D : Modèle socio-économique
/ interaction transport–usage des sols /
Réarrangement espace urbain / Coût
transport et logement



Structure de
la ville &
fabrique
urbaine

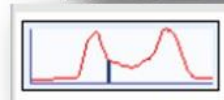
Conséquences urbaines des politiques
→ Localisation centres d'emploi et zones
résidentielles
→ Nouvelle utilisation des sols



MODUS / GREEN

Modèles d'allocation et de
simulation de trafic / Calcul
des émissions de polluants

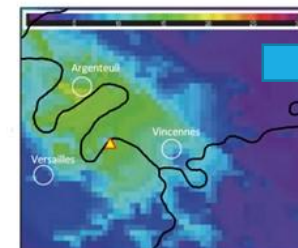
Matrice de déplacements
routiers urbains



Diagnostic qualité de l'air

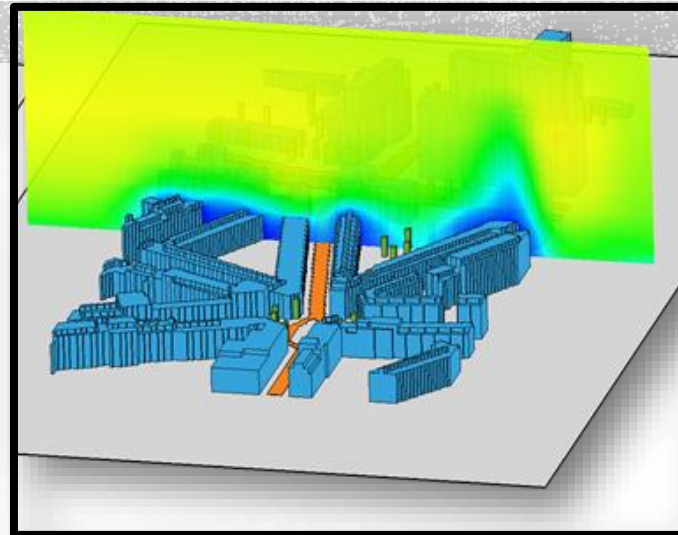
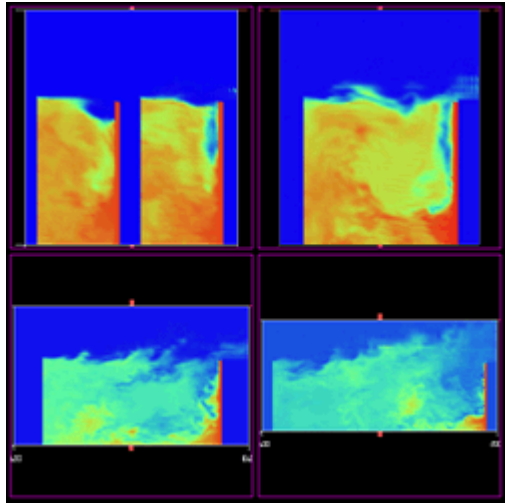
CHIMERE : évolution physico-chimique
des polluants / champs de concentration

Chimere



Extrapolation fine échelle

Mise en œuvre



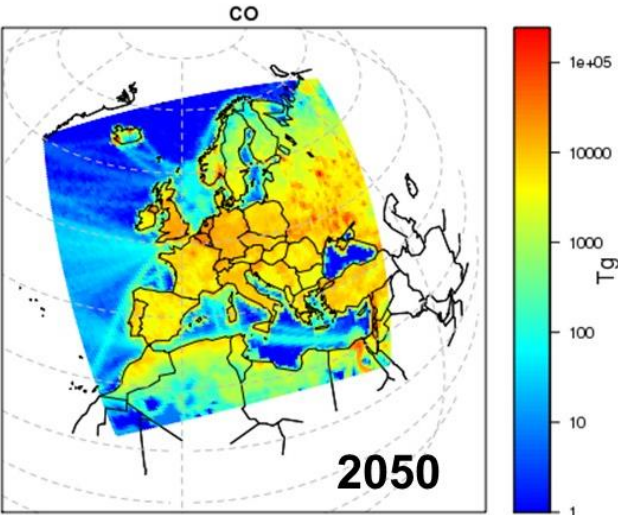
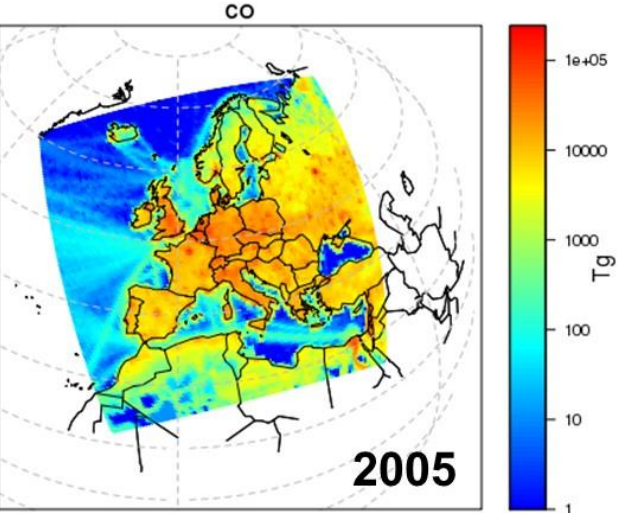
<http://www.atmosys.eu/faces/expertise-micro-scale.jsp>



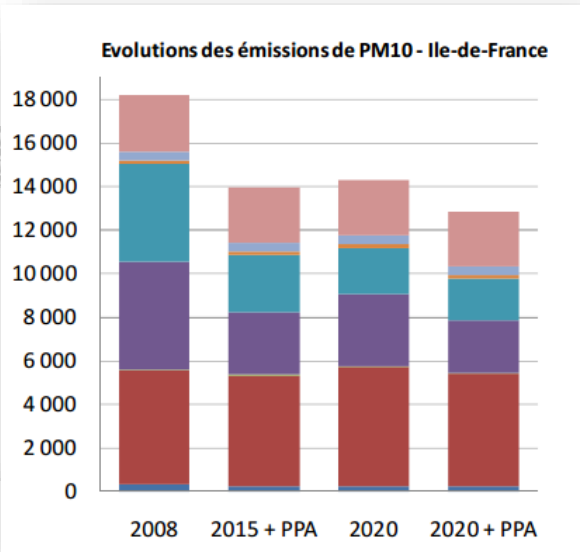
<https://www.earthsense.co.uk/single-post/2017/02/08/Paper-on-air-quality-affected-by-trees-in-real-street-canyons-published-The-case-of-Marylebone-neighbourhood-in-central-London>

<https://www.tue.nl/en/education/tue-graduate-school/phd-programs/phd-programs/phd-program-built-environment/research-groups/building-physics-and-services/research/phd-and-postdoc-projects/building-physics/vegetation-and-urban-air-quality-cfd-evaluation-of-vegetation-effects-on-pollutant-dispersion/>

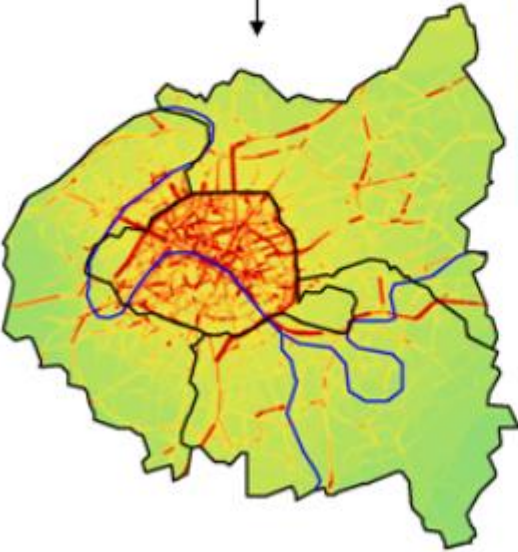
Mise en œuvre



Concentration de CO en Europe
Situation actuelle et future (Source IMPACT2C)

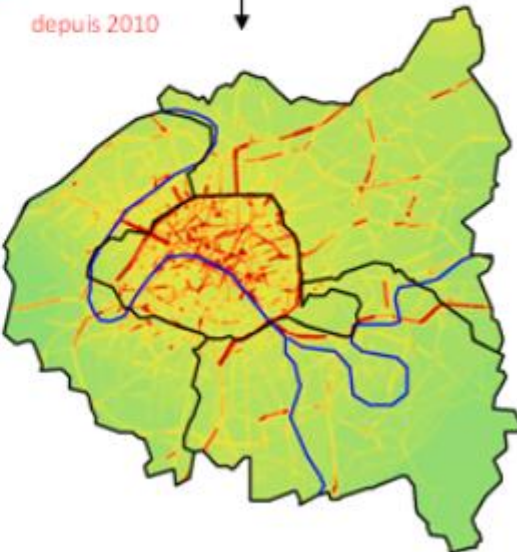


2020

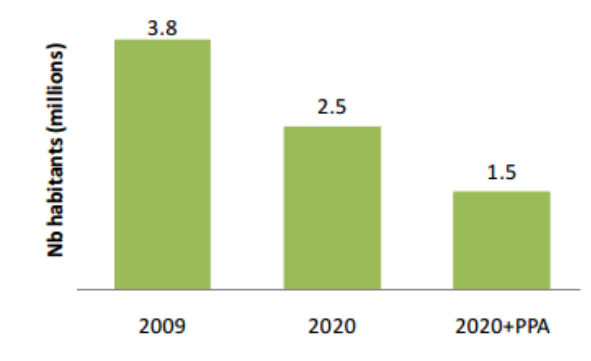


valeur limite
depuis 2010

2020 + PPA



Scénarios futurs



Effet du plan de protection de l'atmosphère pour l'année 2020
Source Airparif

32

**MERCI DE VOTRE
ATTENTION**