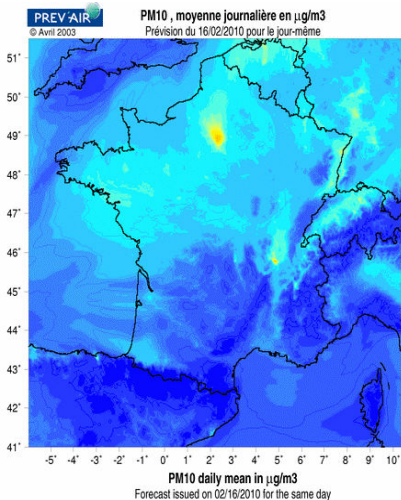


MODÉLISATION DES ÉMISSIONS ET CONTRIBUTION DES SOURCES DE PM AUX CONCENTRATIONS DANS L'AIR AMBIANT

1. Généralités

Pourquoi modéliser la QA ?



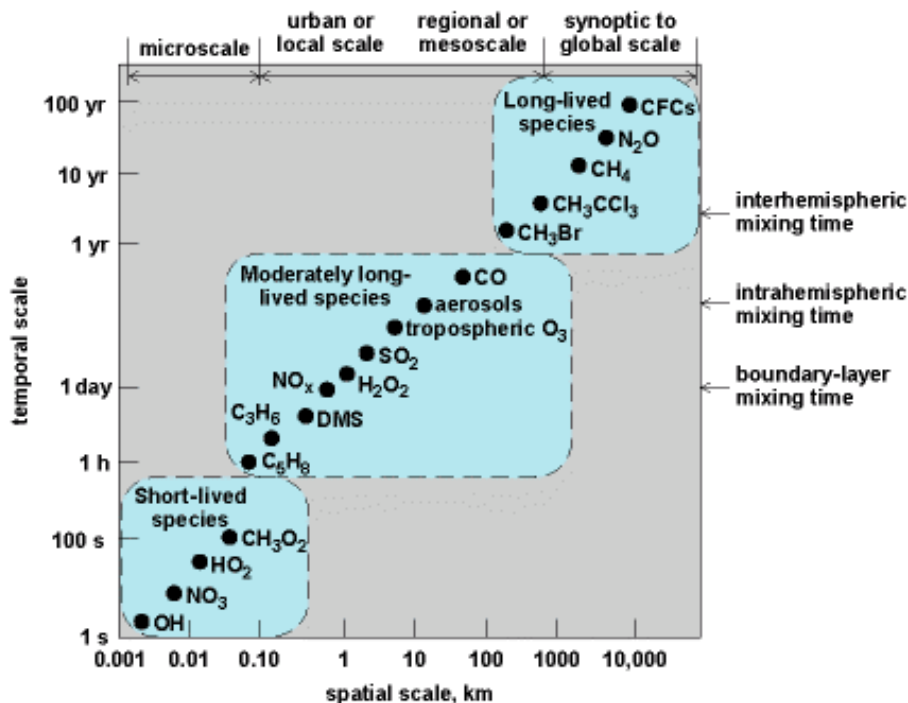
- **Cartographier** : pour une information plus lisible et pour le calcul de la population exposée à des dépassements de valeurs réglementaires
- **Prévoir/anticiper à court terme** : prévision jusqu'à 5 jours des concentrations de particules (PM10, PM25), de NO₂ et d'O₃
- **Comprendre**: connaître les phénomènes conduisant à un épisode de pollution, estimer la part des différents secteurs et de la pollution transfrontalière ...
- **Scénariser**: estimer l'impact de mesures de réduction des émissions sur la qualité de l'air.

Pourquoi est-ce compliqué ?

La pollution de l'air est le résultat

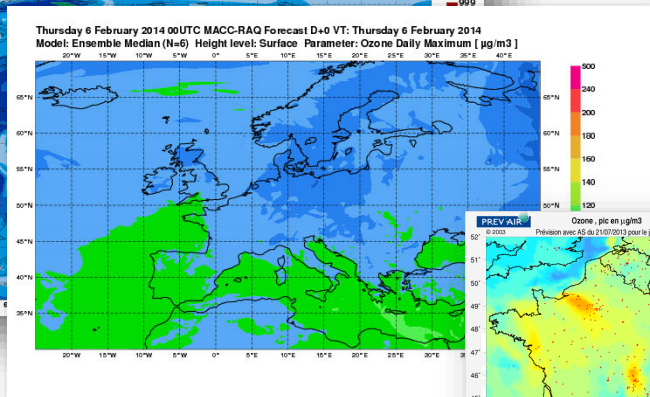
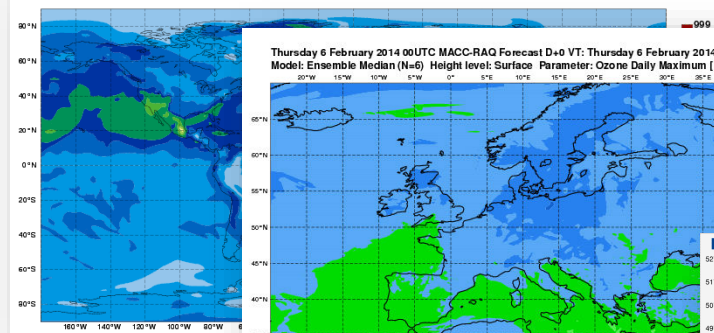
- 1) d'**émissions** directes de polluants dans l'atmosphère, qui sont ensuite dispersés/déposés en fonction de la **météorologie**
- 2) De polluants "**secondaires**" formés dans l'atmosphère par réactions chimiques, **photochimiques** ou par des processus **physico-chimiques** comme la condensation/évaporation de gaz sur les particules.

Durée de vie des polluants dans l'atmosphère:

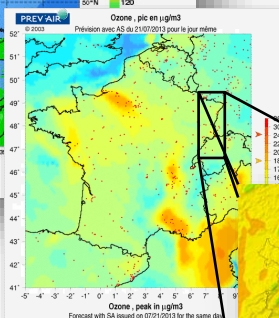


Plusieurs modèles, plusieurs échelles, plusieurs problématiques

Thursday 6 February 2014 00UTC MACC-II Forecast t+000 VT: Thursday 6 February 2014 00UTC
Surface Ozone [ppbv]



Europe

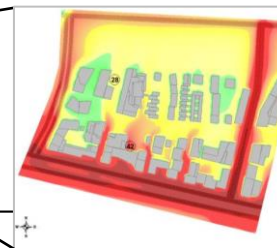


Nationale

Régionale

Urbaine

Quartier



A chaque échelle/utilisation : des outils
différents
Pas de modèle universel !!

2. Modélisation nationale: CHIMERE

Modèle de chimie-transport: CHIMERE / Plateforme

CHIMERE est un modèle déterministe développé en France par le CNRS/IPSL avec la collaboration de l'INERIS. De nouveaux développements techniques et scientifiques sont régulièrement intégrés dans CHIMERE, au fur et à mesure des avancées scientifiques du domaine.

Qui a-t-il dans CHIMERE ? C'est un code informatique qui réunit un ensemble d'équations représentant le transport, les transformations chimiques et physiques de nombreuses espèces. Ces équations sont résolues numériquement sur chaque maille du domaine modélisé. Outre les nombreuses réactions photochimiques simulées, les phénomènes de condensation/évaporation et coagulation des aérosols sont également représentés, permettant de calculer les concentrations de polluants secondaires, en particulier, d'aérosols secondaires.

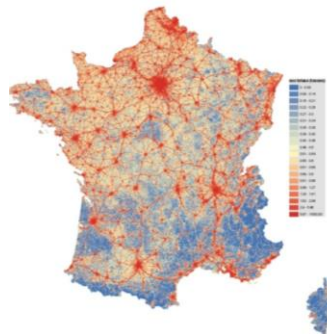
Et les Emissions ? Les émissions anthropiques sont des données d'entrées du modèle. Les émissions naturelles sont prises en compte via les conditions aux limites (poussières désertiques ...) mais aussi générées par le modèle (émissions biogéniques, feux de forêt, sels de mers etc..)

PREV'AIR ? Système national de prévision de la qualité de l'air à l'horizon J+5, basé sur 2 modèles: CHIMERE et MOCAGE (Météo-France). Plateforme gérée par l'INERIS en consortium avec le CNRS et Météo France

Quelle résolution ? Les mailles des domaines modélisés vont de plusieurs dizaines de kilomètres à 1 km au minimum. Résolution horizontale d'environ 4 km pour le domaine France et 10 à 15 km sur l'Europe

Données d'entrée

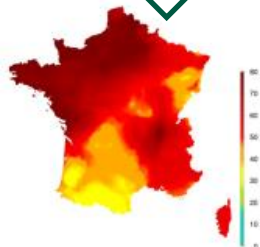
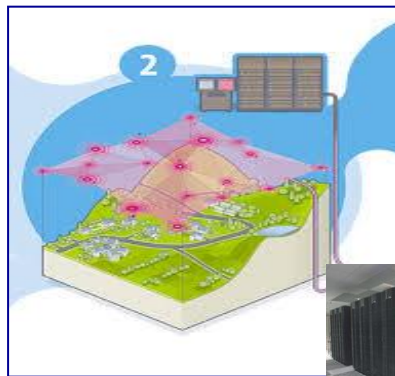
Emissions (sur
chaque maille)



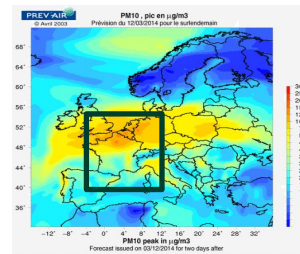
Conditions aux limites
du domaine



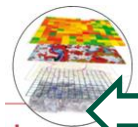
Modèle de Chimie-Transport
(CHIMERE: CNRS/INERIS)



Polluants dans l'air
ambiant
(sur chaque maille)



Météorologie
(sur chaque



Données d'entrée : Emissions anthropiques

Produit CAMS: inventaire spatialisé TNO_MACC/CAMS

Inventaire basé sur les données rapportées à l'Europe par les pays (CITEPA pour la France), spatialisées et temporalisées suivant des proxys et des profils temporels élaborés par CAMS.

Pour les émissions du chauffage au bois, un proxy spécifique a été développé basé sur la donnée de population, le degré d'urbanisation et la disponibilité locale du bois

CAMS-REG-v4: a state-of-the-art high-resolution European emission inventory for air quality modelling
Jeroen Kuenen et al.

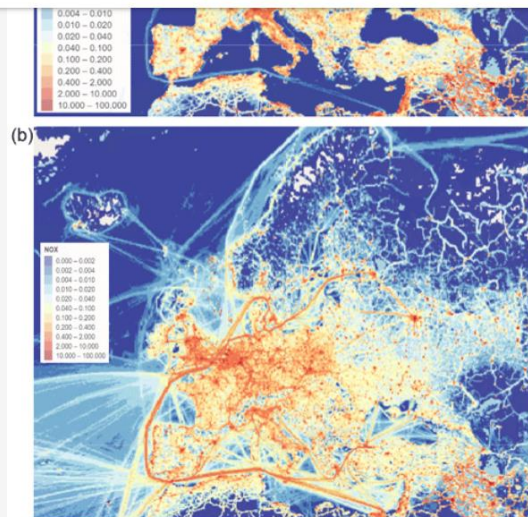


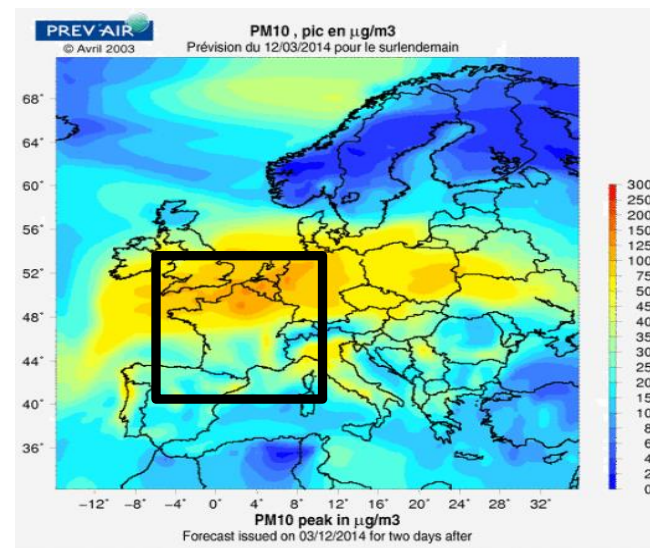
Figure 4 Spatially distributed emissions of NMVOCs (a) and NO_x (b) for 2017. In both cases the total for all sectors is shown.

Données d'entrée : Conditions aux limites

Produit CAMS: inventaire spatialisé TNO_MACC/CAMS

En général, 2 simulations imbriquées sont conduites: la simulation à l'échelle européenne servant de conditions aux limites à la simulation plus résolue sur la France. Aux limites européennes, les simulations globales CAMS sont utilisées, intégrant, par exemple, des panaches de poussières désertiques (outil satellite CAMS).

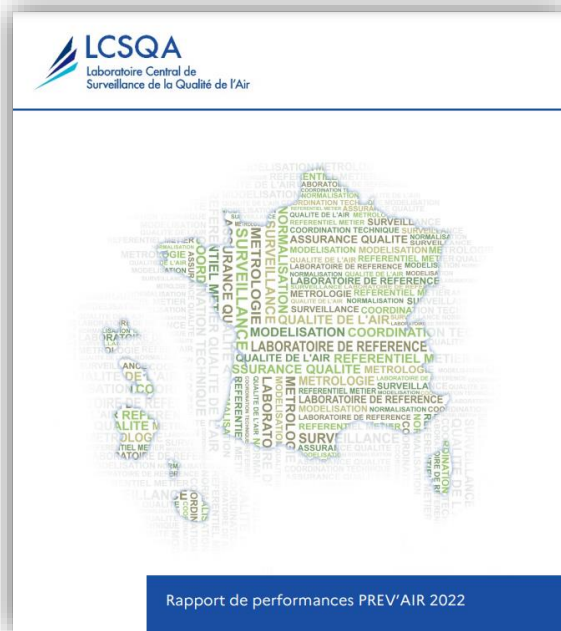
C'est le cas pour les prévisions PREV'AIR



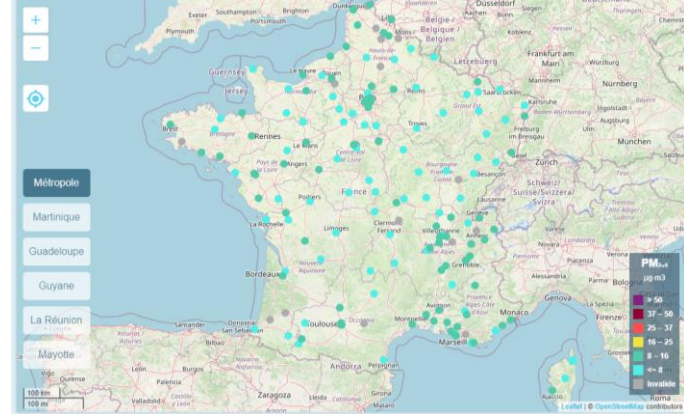
3. Comparaison modèle/mesure

Comparaison modèle/mesure (GEODAIR) pour la modélisation PREVAIR (brute et avec adaptation statistique):

Rapport annuel de performance



<https://www.lcsqa.org/fr/rapport/performance-prevair-en-2022>



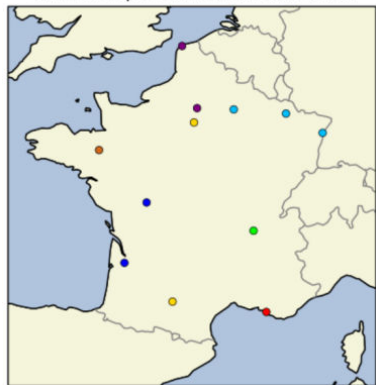
Exemple de données de PM25 mesurées aux stations fixes de fond du dispositif de surveillance opéré en région par les AASQA (source: Geod'air)

Scores de la modélisation BRUTE de PREV'AIR pour l'année 2022 (évaluation sur l'ensemble des données de fond GEOD'AIR)

PM25	RMSE normalisée	biais	corrélation
PREVAIR brute 2022	72%	10%	0,72
Directive 2008/50/CE		< 50%	

Evaluation de la composition chimique des PM1 (CARA) - 2022

Carte de répartition des stations CARA



Série temporelle des données de Org observées et prévues, moyenne journalière, Moyenne aux stations



Les développements récents consistant à mieux représenter les aérosols organiques dans les modèles et dans les inventaires (condensables), ont permis d'améliorer notablement les performances en hiver pour la fraction organique des particules. En été les sources biogéniques génèrent des aérosols secondaires qui restent difficile à représenter

4. Contribution du secteur résidentiel

ÉTUDE « CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ÉMISSIONS À LA POLLUTION »

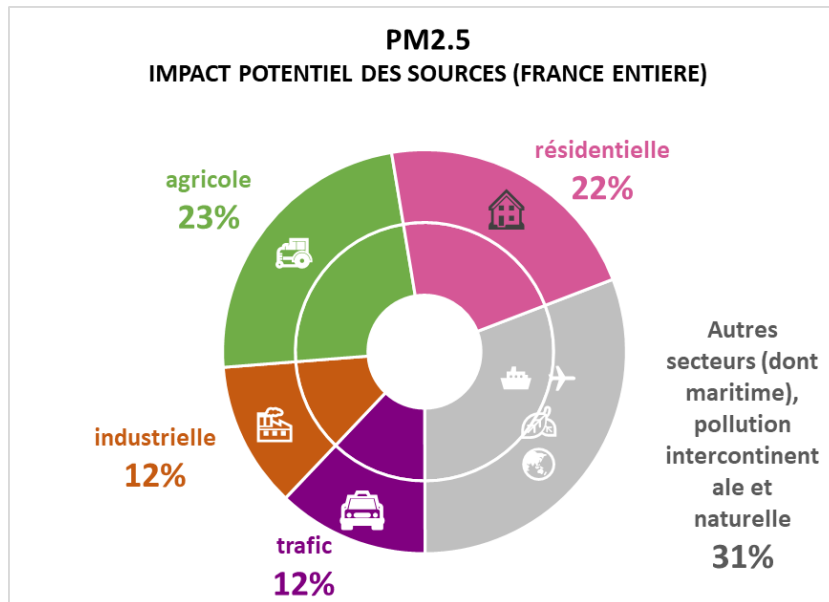
Méthodologie: Méthode coupure

Pour estimer la contribution de chaque secteur:

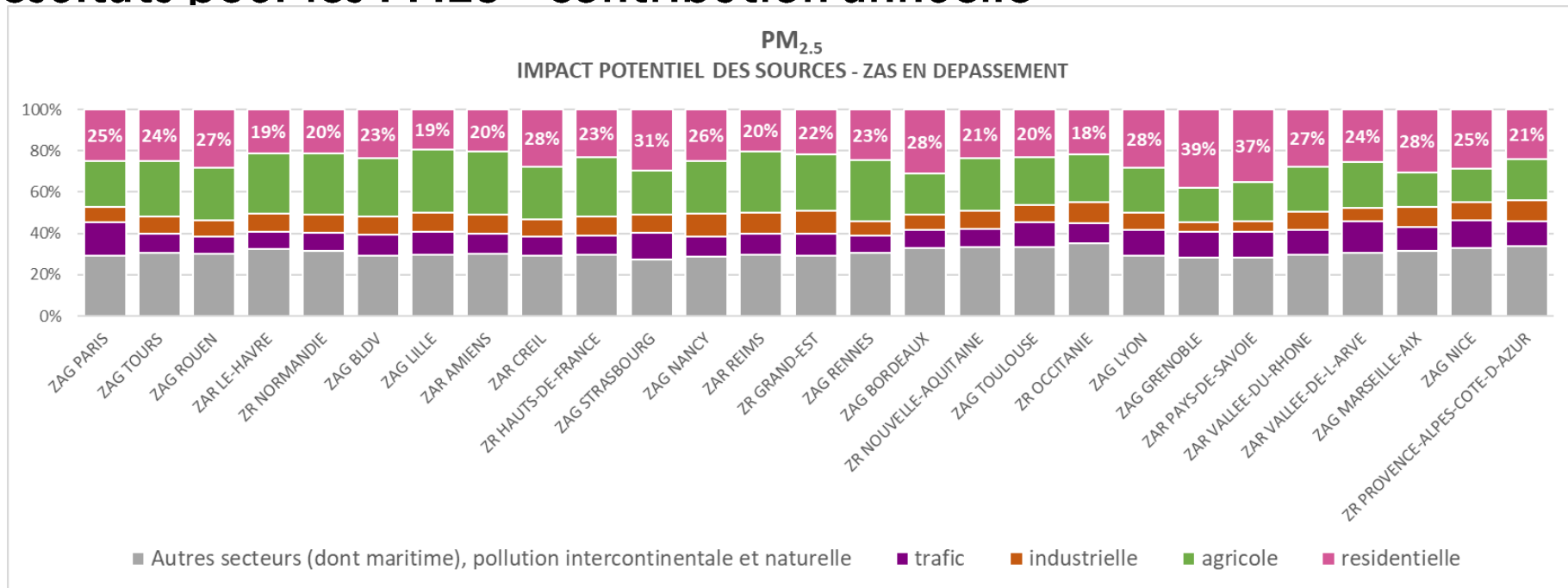
- 1) Une simulation de reference sur la France est conduite sur l'année 2021 (avec toutes les sources d'émissions, biogéniques et anthropiques dont les émissions du secteur résidentiel prennant en compte les condensables)
- 2) Une simulation des concentrations SANS les émissions du secteur ciblé
- 3) La différence de concentrations entre **la simulation** de REFERENCE (avec toutes les émissions) et SANS les émissions **du secteur ciblé** constitue la part des concentrations attribuable **à ce secteur**

https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/gt_evaluation_plans_guide_2012-vf_0.pdf &
https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/WG3/European%20guide%20SA_3.1_online.pdf

Résultats pour les PM25 – contribution annuelle



Résultats pour les PM_{2.5} – contribution annuelle



La contribution du secteur résidentiel aux concentrations de PM_{2.5} annuelle varie de 18 à 39% dans les ZAS qui présentent, en 2021, un dépassement des valeurs limites EU 2030 (10 µg/m³).

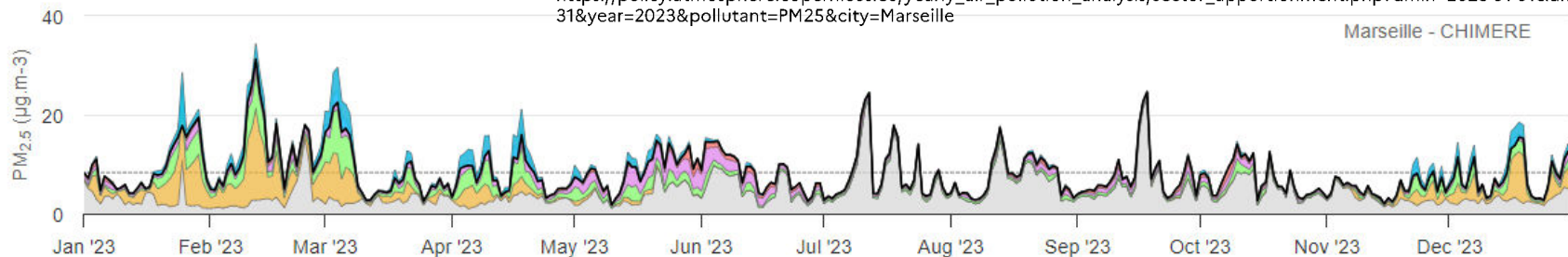
4. Contribution du secteur résidentiel

Episodes saisonniers

Outils CAMS-ACT – exemple de Marseille

Méthodologie similaire à l'étude contribution

https://policy.atmosphere.copernicus.eu/yearly_air_pollution_analysis/sector_apportionment.php?dmin=2023-01-01&dmax=2023-12-31&year=2023&pollutant=PM25&city=Marseille



Seasonal statistics

JFM



AMJ



JAS



OND

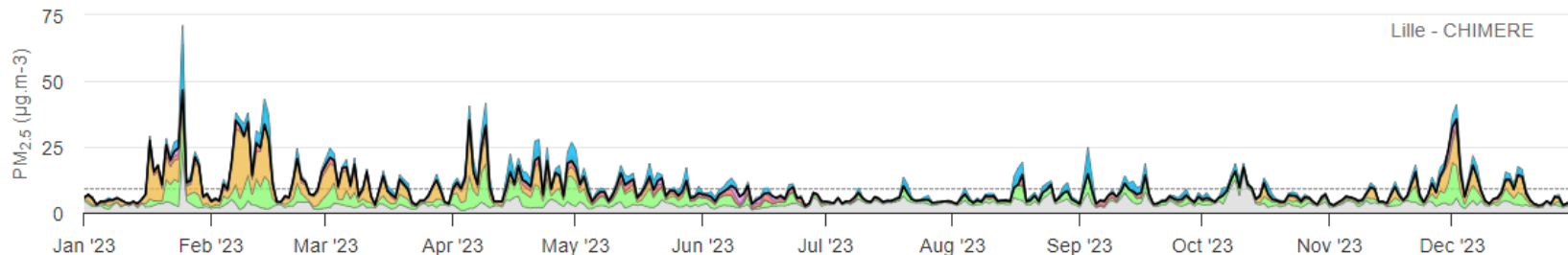


La typologie des pics de PM_{2.5} est très différente suivant les saisons, marquée par une contribution importante des secteurs résidentiel et agricole en hiver. En été, dans le sud de la France en particulier, des pics de PM_{2.5} sont mesurés et modélisés avec une importante contribution naturelle

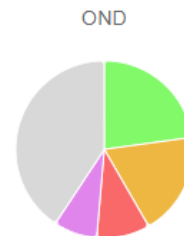
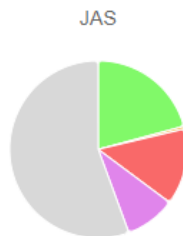
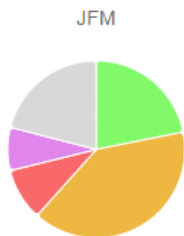
Outils CAMS-ACT – exemple de Lille

Méthodologie similaire à l'étude contribution

https://policy.atmosphere.copernicus.eu/yearly_air_pollution_analysis/sector_apportionment.php?dmin=2023-01-01&dmax=2023-12-31&year=2023&pollutant=PM25&city=Lille



Seasonal statistics



Dans la région de Lille, l'importance des épisodes naturels est moindre et la part du secteur agricole plus importante, en particulier au printemps

4. Conclusion

- ❖ La compréhension des niveaux de particules dans l'atmosphère et des processus responsables de ces niveaux est **complexe** du fait de la diversité des phénomènes physiques et chimiques en jeu, ainsi que des données influençant ces niveaux (émissions anthropiques, naturelles, météorologie, import de pollution etc.). La relation émissions/concentrations n'est ainsi pas du tout linéaire.
- ❖ L'utilisation de modèles numériques complexes permet de **simuler les contributions** des différents secteurs d'émissions aux concentrations simulées et mesurées dans l'air.
- ❖ Les secteurs résidentiels et agricoles sont les **secteurs anthropiques contribuant le plus aux concentrations de PM25 en France**, avec une variabilité importante suivant les régions.
- ❖ La **variabilité saisonnière** des contributions sectorielle est également très importante avec, en moyenne sur la France, une prédominance du secteur résidentiel en hiver, agricole au printemps et naturelle en été (transport de poussières désertiques, sels marins et formation secondaire de particules biogéniques).