

# Modélisation et surveillance de la qualité de l'air : de nouvelles données d'observation pour l'amélioration des modèles

Frédéric Meleux, Anthony Ung, Laurence Rouil

► **To cite this version:**

Frédéric Meleux, Anthony Ung, Laurence Rouil. Modélisation et surveillance de la qualité de l'air : de nouvelles données d'observation pour l'amélioration des modèles. Rapport Scientifique INERIS, 2009, 2008-2009, pp.30-32. ineris-01869241

**HAL Id: ineris-01869241**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-01869241>**

Submitted on 6 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Modélisation et surveillance de la qualité de l'air : de nouvelles données d'observation pour l'amélioration des modèles

{ F. Meleux, A. Ung, L. Rouil }

## RÉFÉRENCES

Rapport INERIS : prise en compte d'observations tridimensionnelles pour l'évaluation et l'amélioration de modèles de chimie transport atmosphérique, DRC-08-94312-15144A (2009).

Ung A., Jonson E., Meleux F., Valdebenito A., Rouil L., Tarrason L. *Chimere and Emeq model calculations focusing on the mediterranean area* - IGAC, 8-12/09/2008, Annecy, France (2008).

Ung A., Meleux F., Rouil L., Kacnelengen M., Leon J.F., Chiapello I., Lifermann A. The use of polder satellite data for CHIMERE chemistry transport model - EGU general assembly, 15-20 avril 2007, Vienne, Autriche. + Geophysical Research Abstracts, 2007, vol. 9, 01033, (2007).

## NOTE

(1) Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) et Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA).

Ces dernières années, des progrès considérables ont été réalisés dans le développement et la mise en œuvre de modèles de Chimie-Transport (CTM) simulant la formation et le comportement de polluants atmosphériques primaires et secondaires.

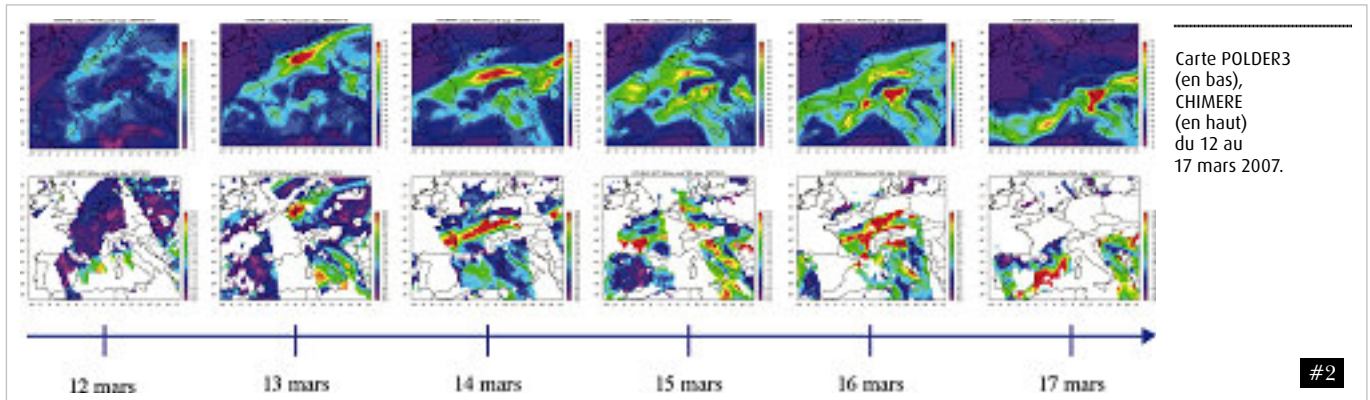
De ce fait, les exemples de mise en œuvre opérationnelle de ces modèles se sont multipliés, en appui aux donneurs d'ordre, et dans l'optique de mieux informer/sensibiliser le public aux questions de pollution atmosphérique. L'INERIS est toujours fortement impliqué dans ces applications et poursuit, en collaboration avec les équipes du CNRS<sup>(1)</sup>, le développement du modèle de Chimie-Transport CHIMERE. CHIMERE simule l'évolution des concentrations atmosphériques de polluants tels que l'ozone, les oxydes d'azotes et les particules à court terme (voir le système opérationnel de prévision et de cartographie PREV'AIR, [www.prevoir.org](http://www.prevoir.org)), ou à moyen terme sous différentes hypothèses d'évolution des émissions et de la météorologie. Tout système opérationnel repose sur l'amélioration continue de la qualité des résultats fournis par les modèles et sur le contrôle de leur fiabilité.

À cette fin, au-delà des réseaux de stations d'observation au sol, fournissant des données de base exploitées par la communauté, d'autres observations de la composition chimique de l'atmosphère, tridimensionnelles, sont disponibles et peuvent compléter utilement un dispositif de surveillance. Outre l'exploitation brute de ces informations, elles

peuvent être utilisées pour l'évaluation des modèles ou être assimilées dans les calculs pour améliorer les prévisions ou les analyses cartographiques. Ces données proviennent de réseaux de systèmes de mesures optiques (LIDAR), de radiosondages, de systèmes embarqués sur des vols réguliers ou encore de satellites. L'enjeu lié à l'utilisation de ces nouvelles sources d'information a paru suffisamment important à l'INERIS pour qu'il développe des travaux de recherche sur ce sujet. Il s'agissait aussi de qualifier les bases de données pouvant être mises à profit quotidiennement en routine dans le système PREV'AIR.

## Outils et méthodes

Plusieurs bases de données ont été sondées à la fois pour l'ozone et les particules. Une attention particulière a été portée aux données satellite avec notamment l'étude des observations issues des missions POLDER, MODIS et CALIPSO. Ce projet fut l'occasion de développer de nouvelles collaborations : avec le CNES pour l'exploitation des données POLDER, avec le Laboratoire d'Optique Atmosphérique (CNRS/LOA) pour l'étude des données POLDER, CALIPSO et de celles issues du réseau mondial de photomètres, AERONET, avec le Laboratoire d'Aérodynamique (CNRS/LA) pour les données aéroportées MOZAIC. À noter que l'utilisation de ces données requiert un traitement préalable qui permet de reconstituer des indicateurs communs à l'observation et à la modélisa-



tion. C'est un point particulièrement sensible pour les polluants particulaires. Généralement, les instruments optiques mis en œuvre dans les réseaux de LIDAR, de photomètres, ou embarqués dans des missions spatiales ne mesurent pas de concentrations proprement dites mais des coefficients de rétrodiffusion ou des épaisseurs optiques d'aérosols (AOT).

Une fois ces questions de conversion réglées, il est possible de procéder à une évaluation tridimensionnelle des concentrations simulées par le modèle CHIMERE par rapport à ces données d'observation et réciproquement d'assimiler ces informations dans le modèle pour en corriger les biais. Dans ce programme de recherche le processus d'assimilation a été conçu en vue de corriger les données d'initialisation de la prévision CHIMERE pour une échéance donnée. Sa pertinence a donc été évaluée en vue d'une mise en œuvre opérationnelle dans PREV'AIR. Cette démarche bilatérale a été considérée pour l'ensemble des bases de données tridimensionnelles disponibles en Europe.

### Résultats et perspectives

À cause de la non-périodicité des mesures, on ne peut envisager l'usage en assimilation de données issues de vols équipés, dans le contexte opérationnel de prévision de la qualité de l'air. Néanmoins c'est une donnée intéressante en évaluation. La comparaison des profils verticaux de concentration d'ozone simulés par CHIMERE par rapport aux données mesurées lors de vols réguliers instrumentés dans le cadre du programme MOZAIK a permis de mettre en évidence les limites du modèle dans la troposphère libre (figure 1). Dans les basses couches de l'atmosphère les résultats

sont plus cohérents, même si parfois la variabilité n'est pas bien reproduite. L'analyse réalisée a pointé comme source d'amélioration la qualité des conditions aux limites supérieures et latérales du domaine d'étude, plutôt que la nécessité de raffiner la résolution verticale.

Une grande partie des travaux réalisés a été ciblée sur les particules. La comparaison d'indicateurs d'opacité ou de coefficients de rétrodiffusion mesurés par les satellites et les photomètres avec les simulations de concentrations de particules fines (PM2.5) fournies par CHIMERE a permis de mettre en évidence, sur plusieurs périodes s'étendant de 2003 à 2007 le bon comportement du modèle (figure 2). La donnée de mesure satellite s'avère particulièrement précieuse pour identifier des épisodes de pollution d'origine anthropique ou naturelle (poussières désertiques).

Enfin, une méthodologie pour intégrer les données satellitaires dans le modèle CHIMERE a été développée et appliquée sur les données PARASOL de la mission POLDER3. Elle repose sur la possibilité d'initialiser correctement le modèle de Chimie-Transport avant la prévision et se décline en trois étapes.

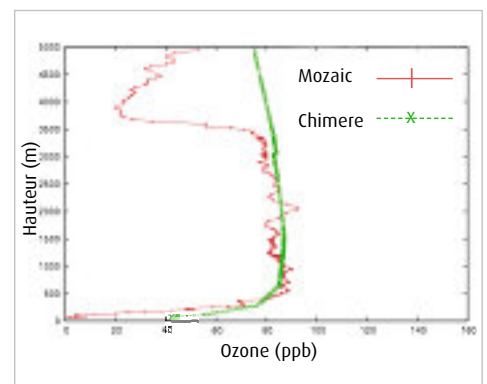
1) Conversion des concentrations simulées d'aérosol en épaisseurs optiques atmosphériques (AOT). Une loi de conversion des AOT en masse d'aérosol permet d'estimer une concentration massique observée par le satellite. Elle permet aussi de définir une carte analysée de colonnes de concentrations d'aérosol qui combine l'information issue du modèle et la mesure satellitaire. En première approximation, la loi de conversion utilisée peut être une régression linéaire et empirique entre deux ensembles de données à définir.

Cette méthode constitue une première étape

### NOTES

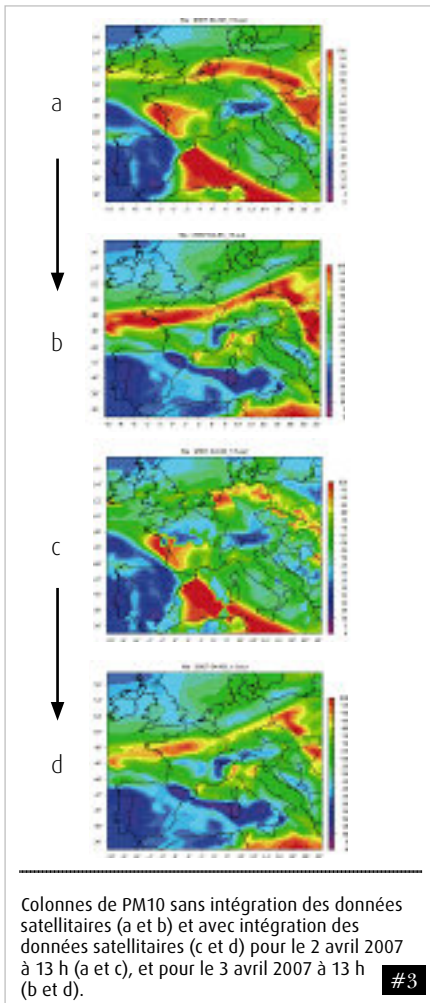
(2) Global Monitoring for Environment Security ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)).

(3) Monitoring Atmospheric Chemistry and Climate.



Écart entre profil MOZAIK et profil CHIMERE au niveau de la troposphère libre pour le 13 août 2003 à 3 h.

#1



dans le cycle de travail qui doit nous amener à réaliser des comparaisons systématiques modèle - observation satellite. Ensuite il conviendra d'utiliser un module radiatif, en cours de développement (Thèse INERIS), pour directement calculer des AOT à partir de la constitution de l'atmosphère simulée par CHIMERE.

2) Initialisation de CHIMERE avec la carte analysée. La simulation CHIMERE est stoppée lorsqu'une donnée PARASOL et la carte analysée correspondante sont disponibles. Cette carte analysée est utilisée pour redistribuer spatialement les concentrations massiques. C'est à ce niveau qu'il convient de définir les zones géographiques et les espèces affectées par l'apport de l'information satellitaire. Lorsqu'une information sur la répartition verticale des aérosols est connue, il est possible de la répercuter dans le modèle. Dans le cas contraire, le profil vertical reste identique à celui simulé.

3) Analyse des simulations avec les mesures disponibles. Il s'agit dans cette étape d'évaluer l'apport d'une initialisation utilisant les données satellitaires. Les effets de cette initialisation sur la simulation et comment l'information satellitaire évolue dans le modèle sont des questions avec des enjeux importants pour définir le nombre des observations satellitaires nécessaires pour contraindre le modèle CHIMERE.

Cette approche est contrainte par la qualité

des données disponibles (selon la couverture nuageuse par exemple) et la fréquence de revisite du domaine d'étude. En effet, la période, relativement courte, quelques heures, durant laquelle l'assimilation est active a été mise en évidence par les tests opérés par l'INERIS. Au-delà, le modèle assimilé « perd la mémoire » et se superpose au modèle de base. Ainsi l'initialisation par des cartes assimilant des observations en vue d'une prévision à un ou deux jours perd de son intérêt, si des données ne sont pas régulièrement disponibles. Cependant lorsque les données sont accessibles la correction des prévisions peut s'avérer significative et pertinente (figure 3 pour les particules PM10).

Ce programme de recherche avait pour objet de recenser et d'évaluer l'apport des données d'observation 3D disponibles en Europe, dans l'optique de réaliser des prévisions et des cartographies opérationnelles de la qualité de l'air. Si pour l'heure une grande partie des données d'observation tridimensionnelles accessibles ne paraissent pas répondre aux nécessités requises par PREV'AIR pour une utilisation opérationnelle, il a été démontré leur intérêt pour des analyses ponctuelles afin de comprendre et même d'anticiper des épisodes de pollution particuliers.

De plus, ce programme de recherche a permis de mettre en place au sein de PREV'AIR des structures logicielles permettant de traiter l'ensemble des données dont nous avons prospecté le potentiel, et de développer des liens avec la communauté satellite.

Les travaux entrepris vont être poursuivis avec nos partenaires français (LISA, LMD, LOA, Météo France, CNES) mais aussi dans un plus vaste contexte européen avec le développement des services de surveillance de l'atmosphère du programme GMES<sup>(2)</sup>. Le projet MACC<sup>(3)</sup>, coordonné par le Centre européen de prévision et auquel le consortium français PREV'AIR participe activement, a pour vocation de développer à l'échelle de l'Europe des systèmes intégrés de surveillance et de prévision de la qualité de l'air basés sur les observations *in situ* et satellite et les modèles. Dans ce cadre, l'INERIS, le CNRS et Météo France seront amenés à poursuivre les développements de techniques d'assimilation de données de tout ordre dans leurs modèles de Chimie-Transport et à participer à la spécification des besoins et des contraintes pour développer des systèmes et réseaux de mesure *in situ* et satellites *ad hoc*. À partir de ce programme l'INERIS est prêt à monter en puissance sur ces sujets.

## ABSTRACT

Improvement of the forecasting and mapping skills of the models implemented in the PREV'AIR system (French operational air quality forecasting platform) goes through a wider use of observation data, whatever their type (ground level or 3D *in situ*, satellite retrievals). With this research program held from 2006 to 2008, INERIS processed and analyzed a large set of observational 3-Dimensional data issued from networks of radiosondes, LIDARS, photometers, aircrafts and satellites. It had been focused on ozone and Particulate Matter (PM) issues. The CHIMERE chemistry-transport model developed by INERIS and CNRS, which provides the PREV'AIR system with forecasts and analyzed maps, has been evaluated against these data. Special care had been accorded to the vertical variability of the simulated pollutant concentrations which are highly dependent from the model boundary conditions. Assimilation of 3D *in situ* and satellite data in models for correcting the initialization fields of the forecasting process had also been investigated. Operational implementation of such approaches is still constrained by the availability of the data: satellite information is cloud-cover dependant and its temporal resolution is still too sparse. However it has been demonstrated that when the data are available, the approach can improve significantly the results, but this positive effect collapses few hours after the assimilation.