

Sujet de thèse
*Couplage entre la prévision d'ensemble
et l'assimilation de données*
Application à la simulation de la qualité de l'air

Vivien Mallet (INRIA)

Mars 2011

Problématique scientifique

La prévision de la qualité de l'air repose traditionnellement sur les simulations numériques de modèles de chimie-transport. En s'appuyant sur des prévisions météorologiques, ces modèles simulent les concentrations de polluants (par exemple, l'ozone sur l'Europe – figure 1) pour le lendemain et le surlendemain. Une importante limitation de ces prévisions provient des fortes incertitudes dans les données (champs météorologiques, émissions, ...) et dans la formulation physique des modèles (turbulence, chimie, ...). Dans ce contexte, la prévision d'un seul modèle est insuffisante. La prévision doit être fondée sur un *ensemble de modèles* prenant en compte toutes les sources d'incertitude.

Pour réduire ces incertitudes, des méthodes dites d'*assimilation de données* tirent parti des observations, issues de stations au sol ou de satellites. Les méthodes d'assimilation fusionnent l'information apportée par un modèle numérique et l'information apportée par les observations afin de produire la meilleure estimation de l'état du modèle (au sens du minimum de variance). Ces méthodes sont adaptées aux systèmes de grande dimension tels qu'un modèle de qualité de l'air [1,4]. Elles s'appliquent naturellement à un seul modèle.

Cependant, de meilleures prévisions sont obtenues avec des méthodes d'ensemble où les prévisions de plusieurs modèles numériques sont combinées linéairement [2]. Les poids de la combinaison linéaire sont par exemple déterminés par *apprentissage statistique*, sur la base des prévisions et des observations passées. On parle de *prévision d'ensemble*.

L'objectif de la thèse est de développer des méthodes combinant les deux approches que sont l'assimilation de données et la prévision d'ensemble. Il s'agira de donner un cadre théorique à ces nouvelles méthodes et de les expérimenter en prévision de la qualité de l'air. Les premiers travaux sur le sujet ont donné des résultats extrêmement prometteurs [3].

Quelques publications liées au sujet :

- [1] *A comparison study of data assimilation algorithms for ozone forecasts*. Wu, Mallet, Bocquet and Sportisse. Journal of Geophysical Research, 2008. [\[télécharger la pré-publication\]](#)
- [2] *Ozone ensemble forecast with machine learning algorithms*. Mallet, Stoltz and Mauricette. Journal of Geophysical Research, 2009. [\[télécharger la pré-publication\]](#)
- [3] *Ensemble forecast of analyses : coupling data assimilation and sequential aggregation*. Mallet. Journal of Geophysical Research, 2010. [\[télécharger la pré-publication\]](#)
- [4] *Reduced minimax state estimation*. Mallet and Zhuk. rapport INRIA, 2010. [\[télécharger\]](#)

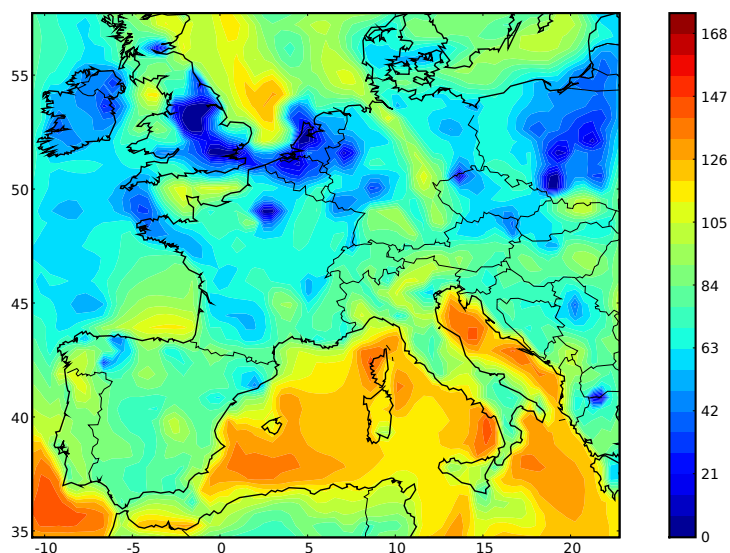


FIGURE 1 – Exemple de prévision de la pollution à l’ozone (concentration au sol, en $\mu\text{g m}^{-3}$).

Contexte technique

L’équipe d’accueil a développé des outils très performants, parfois uniques, pour l’assimilation de données et la prévision d’ensemble en pollution atmosphérique. Ces outils permettent d’appliquer assez facilement des méthodes évoluées malgré la complexité des modèles numériques.

Le travail sera mené autour du système de modélisation de la qualité de l’air Polyphemus (<http://cerea.enpc.fr/polyphemus/>) qui est à la fois un outil de recherche et un outil opérationnel (il fournit quotidiennement des prévisions de la pollution sur l’Europe). L’INRIA, en particulier l’équipe d’accueil, développe la bibliothèque d’assimilation de données Verdandi (<http://verdandi.gforge.inria.fr/>) qui servira de cadre lors de l’application des méthodes.

Contexte institutionnel

L’équipe d’accueil, CLIME¹, est une équipe-projet INRIA du centre de recherche de Paris-Rocquencourt. Cette équipe-projet est commune avec le CEREAA², laboratoire commun de l’École des ponts et de EDF R&D.

Conditions et contact

Domaine : mathématiques appliquées à la modélisation numérique

Début de la thèse : octobre 2011 (négociable)

Durée : 3 ans

Rémunération : 1596 euros nets par mois³, financement de l’INRIA

Localisation : INRIA Paris-Rocquencourt (<http://www.inria.fr/rocquencourt/>, à Rocquencourt, près de Versailles, aussi accessible depuis Paris), dans l’équipe-projet CLIME

Encadrement : Vivien Mallet (chercheur INRIA)

Contact : Vivien.Mallet@inria.fr, 1 39 63 55 76

1. <http://www-rocq.inria.fr/clime/>

2. Centre d’enseignement et de recherche en environnement atmosphérique, <http://cerea.enpc.fr/>

3. Pour les deux premières années. Troisième année : 1679 euros nets par mois.