



**HAL**  
open science

## Évolution de la qualité de l'air en europe sur dix ans : première évaluation multimodèle

Bertrand Bessagnet, Augustin Colette

► **To cite this version:**

Bertrand Bessagnet, Augustin Colette. Évolution de la qualité de l'air en europe sur dix ans : première évaluation multimodèle. Rapport Scientifique INERIS, 2012, 2011-2012, pp.47-49. ineris-01869422

**HAL Id: ineris-01869422**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869422>**

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.

## Contributeurs



Bertrand Bessagnet



Augustin Colette

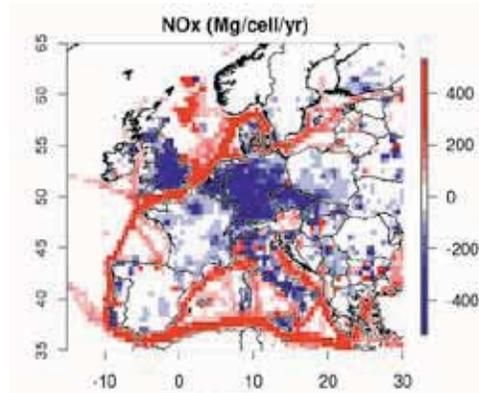


Figure 1

Tendance (bleu : décroissant) annuelle moyenne des émissions de  $\text{NO}_x$  (en mg par maille de  $50 \times 50$  km et par année) rapportée officiellement entre 1998 et 2007. Source : [A].

## ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR EN EUROPE SUR DIX ANS

### PREMIÈRE ÉVALUATION MULTIMODÈLE

Dans une logique d'appui aux décideurs dans l'évaluation de l'efficacité des politiques environnementales, l'INERIS s'intéresse aux tendances historiques de la qualité de l'air. Par la mise en œuvre d'objectifs ambitieux de réduction des émissions de polluants anthropiques, celles-ci ont baissé significativement depuis vingt ans. Il est donc légitime de chercher à quantifier l'efficacité de telles réductions en termes de réduction des concentrations atmosphériques de polluants et de l'exposition des populations.

À l'échelle de l'Europe, les émissions d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) issues d'activités humaines ont été presque divisées par deux depuis 1990 [B]. L'exposition aux effets néfastes du  $\text{NO}_2$  pour la santé a donc été réduite, mais paradoxalement,

l'impact sur les polluants secondaires tels que l'ozone est moins clair. Le principal facteur limitant l'efficacité des mesures de gestion de la qualité de l'air est la variabilité météorologique. Les niveaux de pollution observés pendant une année donnée dépendent des substances émises (soit les polluants ciblés, soit leurs précurseurs), mais aussi de la météorologie correspondante qui peut faciliter – ou non – l'occurrence d'épisodes de pollution intenses. La variabilité météorologique interannuelle masque la réelle tendance à long terme, qui peut être attribuée aux mesures de gestion.

Cette sensibilité de la qualité de l'air aux facteurs extérieurs justifie la mise en œuvre de moyens innovants pour proposer une quantification robuste de l'efficacité des mesures de gestion. C'est pourquoi l'INERIS s'est impliqué dans le projet de recherche CityZen du 7<sup>e</sup> Programme-cadre de recherche et développement de la Commission européenne. Ce projet, porté par l'Institut météorologique norvégien et faisant intervenir 16 organismes européens, avait, parmi ses objectifs, de mieux comprendre l'évolution passée de la qualité de l'air dans les zones les plus polluées d'Europe. Cette initiative représentait ainsi une occasion unique de conduire une évaluation multimodèle des tendances historiques de qualité de l'air. L'INERIS a porté la responsabilité de cette thématique au sein du projet.

Nous présenterons ici brièvement les principaux éléments mis au jour dans le cadre du projet CityZen concernant les tendances rapportées dans les inventaires d'émission officiels, et les tendances en concentrations atmosphériques observées et modélisées.

### Références

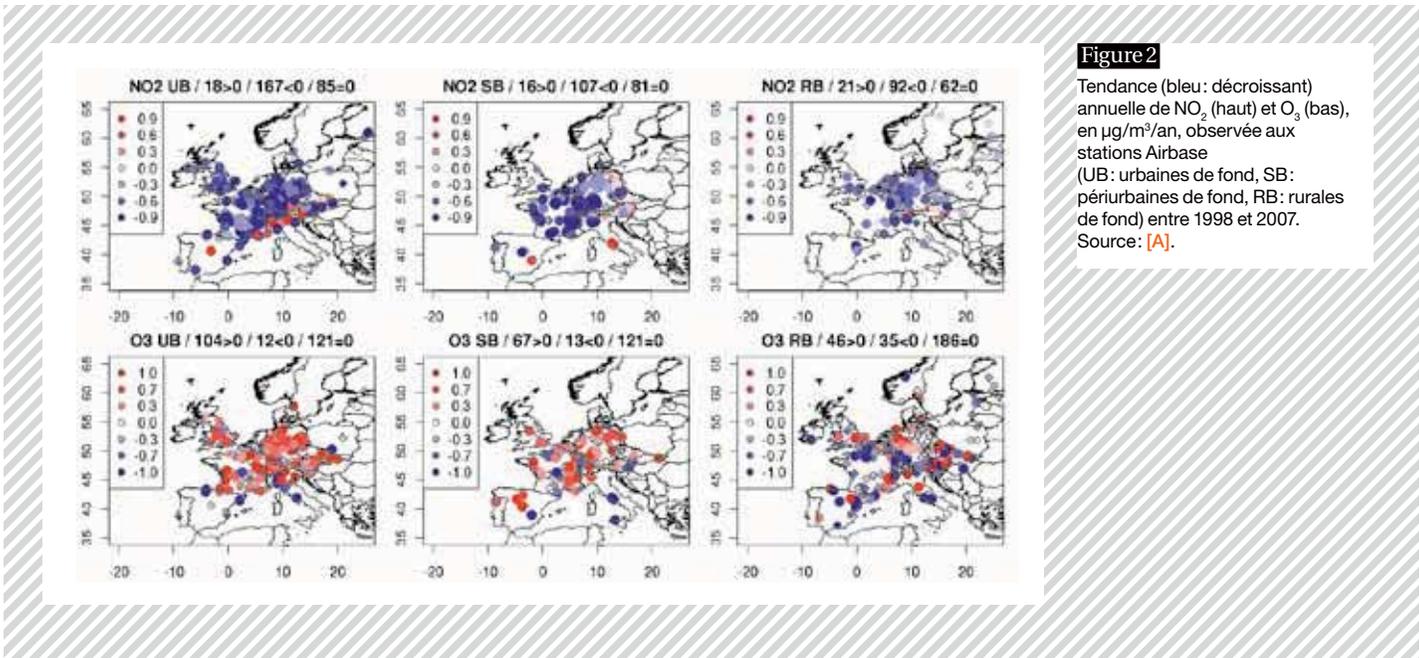
[A] Colette A., Granier C., Hodnebrog, O., Jakobs H., Maurizi A., Nyiri A., Bessagnet B., D'Angiola A., D'Isidoro M., Gauss M., Meleux F., Memmesheimer M., Mieville A., Rouil L., Russo F., Solberg S., Stordal F., Tampieri F. *Air quality trends in Europe over*

*the past decade: a first multi-model assessment.* Atmos. Chem Phys, 2011, 11, pp. 11657-11678.

[B] EEA. *Air quality in Europe. 2011 Report.* European Environmental Agency, Copenhagen, 12/2011.

### Tendances des émissions anthropiques

Les émissions de la plupart des polluants et précurseurs ont baissé significativement ces dernières années. Sur la période 1998-2007 couverte par le projet CityZen, la diminution des émissions a été principalement localisée sur les surfaces continentales **figure 1**, alors que l'augmentation du trafic maritime a conduit à une augmentation sur les principaux rails de fret. Des différences notables sont ➡



➔ aussi à souligner entre les différents pays européens. Alors que l'Allemagne, le Royaume-Uni et le Benelux ont vu leurs émissions baisser fortement à travers l'ensemble du pays, la baisse des émissions est plus limitée en France ou en Espagne, jusqu'à devenir une augmentation nette en Autriche, alors qu'en Italie, c'est une tendance avec de forts contrastes géographiques qui est rapportée.

### Tendances des concentrations observées

La baisse des émissions de NO<sub>x</sub> se traduit dans les observations par une baisse des concentrations de NO<sub>2</sub>, visible sur les mesures *in situ* des réseaux réglementaires de surveillance, qui fournissent leurs données à la base centrale AirBase de l'Agence européenne de l'environnement. La **figure 2** présente une cartographie de ces tendances, avec des points colorés en rouge lorsque celle-ci est significativement croissante du point de vue statistique. Ainsi, 8 % des stations seulement présentent une tendance de NO<sub>2</sub> significativement croissante. Il est aussi possible de noter dès à présent certaines différences entre l'évolution des émissions rapportées et les tendances des concentrations observées (par exemple en Autriche où l'augmentation est moins évidente que dans les émissions). Ces différences peuvent être attribuées soit à un défaut des inventaires d'émissions, soit à des facteurs externes tels qu'une pénalité climatique ou le transport de polluants à longue distance.

Les tendances d'ozone (dont les NO<sub>x</sub> constituent l'un des précurseurs essentiels) présentent en revanche une pente positive, en particulier sur les zones urbaines. Ce comportement s'explique parfaitement par le régime chimique saturé en NO<sub>x</sub> qui prédomine dans les villes européennes où une baisse de NO<sub>x</sub> est suivie avant tout d'une baisse de l'efficacité du processus de titration nocturne de l'ozone (processus de destruction de l'ozone par les oxydes d'azote). Cette analyse est confirmée par la différence de comportement entre les types de station: en milieu rural, les tendances positives d'O<sub>3</sub> sont beaucoup plus rares, et principalement observées dans le bassin de la Ruhr – où la

notion même de station rurale ne revêt pas la même signification qu'ailleurs en Europe. On peut toutefois noter que, si la fraction de sites où l'ozone moyen annuel augmente significativement est de 31 %, ce chiffre baisse à 18 % lorsque l'on considère les maxima journaliers d'ozone. Cependant, la proportion de sites où l'ozone décroît significativement demeure minoritaire.

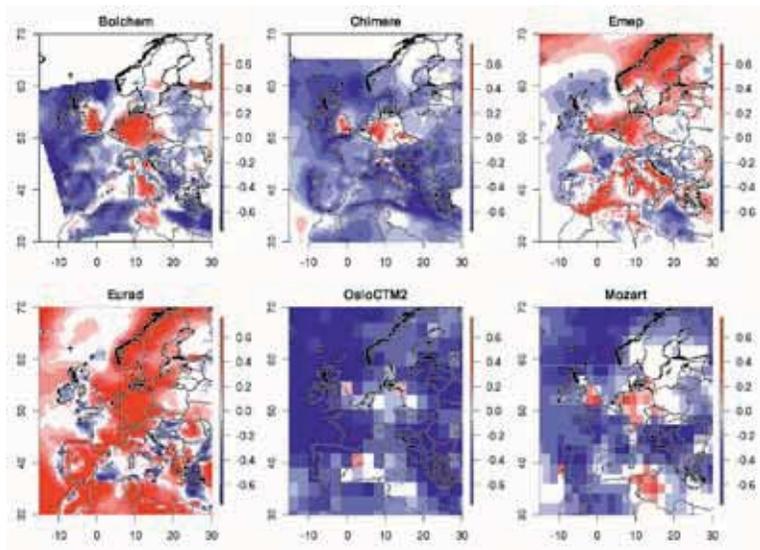
### Tendances modélisées

Les modèles numériques de qualité de l'air permettent d'identifier les principaux facteurs régissant les tendances observées et, en particulier, de comprendre si la variabilité interannuelle de la météorologie domine ou non la régulation des émissions anthropiques. En partant du postulat que les modèles sont capables de reproduire les tendances observées, il devient possible de les utiliser pour effectuer des études dites « de sensibilité », où l'on fait varier les paramètres indépendamment pour identifier les facteurs dominants.

Les modèles de qualité de l'air sont des outils numériques proposant une résolution conjointe:

- **des équations de mécanique des fluides** régissant le transport des espèces traces dans l'atmosphère;
- **du système chimique** que ces espèces constituent.

En partant de champs météorologiques prescrits (vent, humidité, température, insolation, etc.) et d'émissions de polluants primaires, ces modèles sont en mesure de fournir une discrétisation spatiale et temporelle de la composition de l'atmosphère. Le modèle CHIMERE, développé par l'INERIS et l'IPSL/CNRS, est l'un de ces outils. Il est utilisé par plusieurs équipes en Europe à des fins de prévision opérationnelle, d'analyse de scénarios, ou de recherche. Il existe d'autres outils de ce type et l'un des principaux avantages des projets internationaux comme CityZen réside dans la mise en œuvre d'un ensemble de modèles afin de réduire les incertitudes liées aux outils choisis. Grâce à son expérience passée dans la conduite d'exercices d'intercomparaison de modèles, l'INERIS a pris la responsabilité de

**Figure 3**

Tendance (bleu: décroissant) annuelle d'ozone ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ ) sur la période 1998-2007 simulée par les six modèles de qualité de l'air (BOLCHEM, CHIMERE, EMEP, EURAD, OsloCTM2, MOZART) impliqués dans le projet CityZEN. Source : [A].

coordonner cette première tentative de reconstruction de tendances décennales de qualité de l'air à l'échelle européenne. Il impliquait quatre modèles d'échelle régionale (résolution: 50 km) et deux modèles d'échelle globale (résolution 200 à 300 km).

Les tendances moyennes sur dix ans des concentrations annuelles d'ozone calculées par les six équipes européennes de CityZen sont représentées sur la [figure 3](#). La plupart des modèles s'accordent sur une tendance globalement négative à l'échelle européenne avec des zones où l'ozone moyen annuel augmente, en particulier dans les régions dominées par un régime saturé en  $\text{NO}_x$  (Benelux, Allemagne, sud-est du Royaume-Uni), où l'effet de titration mentionné plus haut domine. En comparant avec les observations [figure 2](#), il ressort que les modèles sont plus représentatifs des stations rurales, ce qui est naturel au vu de la résolution des simulations décennales. Seuls deux modèles présentent un diagnostic légèrement différent: Eurad propose une tendance à l'augmentation dominante tandis qu'OsloCTM2 capture moins bien les transformations chimiques du fait de sa faible résolution spatiale.

Dans l'ensemble, les modèles représentent bien les tendances observées. Le signe de l'évolution de l'ozone est correct à 63 % des stations périurbaines et rurales en moyenne pour les quatre modèles régionaux. De fortes disparités dans les performances des modèles sont obtenues selon les pays, avec des tendances mieux évaluées en Allemagne (signe correct à 90 % des stations) qu'en France (signe correct à 50 % des stations). En étudiant une période de dix ans, il est raisonnable d'attribuer ces disparités aux inventaires d'émissions, car les performances suivent précisément les frontières nationales. Nous pouvons donc conclure que, dans l'inventaire d'émissions utilisé ici, la décroissance des émissions de  $\text{NO}_x$  a été sous-estimée en certaines zones, et notamment en France [A]. Il faut toutefois noter qu'une mise à jour de la période post-2000 a été effectuée récemment dans les émissions officielles rapportées par la France, par rapport à la version, datant de 2009, utilisée ici.

Grâce à l'utilisation d'un ensemble de modèles, nous avons aussi pu tester la sensibilité à la variabilité météorologique. En reproduisant la simulation décennale tout en gardant les émissions anthropiques constantes, il a ainsi été possible de démontrer que l'amplitude des variations interannuelles excédait la tendance à long terme. Si une réponse aux variations des émissions de précurseurs est bien visible sur les tendances d'ozone, l'amplitude de cette réponse demeure faible sur les dix dernières années, notamment par rapport aux efforts consentis pour réduire les émissions. Les variations météorologiques sont bien susceptibles de masquer les efforts fournis sur la baisse des émissions, ce qui argue en faveur d'une évaluation plus précise de la pénalité climatique qui pèse sur la qualité de l'air des années à venir. ●

## Abstract

In order to assess the efficiency of air quality mitigation measures, an investigation of the decadal evolution of air quality over Europe was performed in the framework of the European research project CityZen. Significant downward trends of anthropogenic emissions were reported over the past decade, and these efforts lead to a decrease of  $\text{NO}_2$  levels observed at background sites throughout Europe. On the contrary, the ozone trend is insignificant or increasing at most sites (as a result of less efficient  $\text{NO}_x$  titration). To identify the factors influencing this trend, INERIS

coordinated an ambitious decadal numerical experiment involving six modelling teams implementing a variety of state-of-the-art models. The models were found to capture well the decreasing trend of  $\text{NO}_2$  on average over Europe despite degraded performances in selected countries attributed to shortcomings in the emission inventories. A complementary experiment using constant emissions over the past decade demonstrated that the lack of significant ozone trend can be largely attributed to the large interannual variability that exceeds the trend that would be attributed to mitigation measures.