



cartographies de la qualité de l'air

l'agglomération de Nantes pour l'année 2008

Lot2 : atlas commenté des cartes de qualité de l'air

04/11/2011



sommaire

synthèse	1
introduction	2
données d'entrée du modèle	3
les données d'émissions	3
la météorologie	4
la pollution de fond	4
validation du modèle	5
résultats de la modélisation	6
conclusions et perspectives	20
annexes	21
annexe 1 : Les résultats du calage du modèle	22
annexe 2 : seuils de qualité de l'air 2008	29
glossaire	30
abréviations	30

contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Thierry Schmidt, Cartographie : Thierry Schmidt, Exploitation statistique : Frédéric Penven, Mise en page : Bérangère Poussin, Validation : François Ducroz.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 3 août 2010 pris par le Ministère chargé de l'Ecologie.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org.

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciement

Air Pays de la Loire remercie la DREAL des Pays de la Loire pour la mise en œuvre de questionnaire auprès de certains sites industriels permettant d'affiner les caractéristiques de leurs émissions.

Air Pays de la Loire remercie également les partenaires du projet Eval-PDU pour la réutilisation des résultats de l'étude 2008 de la qualité de l'air sur Nantes Métropole.

synthèse

Le Gouvernement s'est engagé fin 2007, à l'issue des tables rondes du Grenelle de l'environnement, à élaborer un deuxième plan national santé-environnement (PNSE 2) pour la période 2009-2013.

Le plan national santé environnement fait l'objet d'une déclinaison régionale : le plan régional santé environnement (PRSE2). Il a pour objectif de définir en lien avec l'ensemble des parties prenantes, les priorités d'actions régionales, en s'appuyant sur le PNSE2, le contexte et les enjeux locaux.

Un groupe régional santé-environnement a été chargé de la définition et de la validation des orientations stratégiques et de la formulation des propositions d'actions : 10 actions pour un environnement favorable à la santé ont ainsi été définies.

L'action 7 pilotée par la DREAL a pour objectif d'identifier les zones de cumul d'exposition aux nuisances environnementales et agir pour diminuer l'impact sur les populations.

Dans le cadre de cette action, une étude pilote est mise en œuvre sur le territoire de la ville de Nantes. L'objectif est, dans un premier temps, d'identifier au sein de la commune de Nantes une ou des zones de cumuls de nuisances environnementales. La thématique de la pollution de l'air est naturellement prise en compte complétée par d'autres pollutions (radon, bruit, habitat potentiellement indigne).

Afin de répondre à cette demande, Air Pays de la Loire a engagé une étude de modélisation visant à élaborer des cartographies annuelles (année 2008) de la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération de Nantes.

L'étude des moyennes annuelles et des percentiles des concentrations modélisées à l'échelle de Nantes Métropole a permis de mettre en évidence plusieurs faits marquants :

Tout d'abord, une distribution spatiale de la pollution avec des niveaux de pollution majoritairement plus élevés en proximité routière pour le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, le benzène, les HAP, et dans une moindre mesure pour les poussières fines PM10 et très fines PM2,5.

Des risques potentiels de dépassements de la valeur limite pour le dioxyde d'azote ont été mis en évidence à proximité de voies à fort trafic (périphérique) et en centre-ville de Nantes dans certaines rues encaissées. Ces risques ne sont pas spécifiques à l'agglomération nantaise mais sont présents plus globalement en milieu urbain à proximité de voies de trafic à fortes circulations et/ou dans des rues très encaissées peu favorables à la dispersion des polluants.

Une certaine homogénéité est constatée dans les niveaux de pollution faibles en moyenne annuelle du dioxyde de soufre, des COVNM et des métaux lourds. Cependant, les émissions de certains sites industriels et des principaux axes de circulation ressortent davantage lors de la simulation des concentrations de pointe, représenté par le percentile 98.

introduction

Le Gouvernement s'est engagé fin 2007, à l'issue des tables rondes du Grenelle de l'environnement, à élaborer un deuxième plan national santé-environnement (PNSE 2) pour la période 2009-2013. Cet engagement a été traduit dans la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement du 3 août et le code de la santé publique. Ce nouveau plan s'inscrit dans la continuité des actions portées par le premier PNSE. Il décline également les engagements du Grenelle de l'environnement en matière de santé-environnementale.

Le plan national santé environnement fait l'objet d'une déclinaison régionale : le plan régional santé environnement (PRSE2). Il a pour objectif de définir en lien avec l'ensemble des parties prenantes, les priorités d'actions régionales, en s'appuyant sur le PNSE2, le contexte et les enjeux locaux.

Un groupe régional santé-environnement regroupant entre autres les Services de l'Etat, des Elus, des représentants du monde économique, des représentants des salariés, des associations de professionnels de santé, de protection de l'environnement, a été chargé de la définition et de la validation des orientations stratégiques et de la formulation des propositions d'actions : 10 actions pour un environnement favorable à la santé ont ainsi été définies.

Le PRSE2 est co-signé du préfet de région, de la directrice générale de l'ARS et du président du conseil régional et a été officiellement lancé le 17 décembre 2010. Il est consultable sur le site Internet de la DREAL : <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/> (rubrique prévention des risques et des nuisances).

L'action 7 pilotée par la DREAL a pour objectif d'identifier les zones de cumul d'exposition aux nuisances environnementales et agir pour diminuer l'impact sur les populations.

Dans le cadre de cette action, une étude pilote est mise en œuvre sur le territoire de la ville de Nantes. L'objectif est, dans un premier temps, d'identifier au sein de la commune de Nantes une ou des zones de cumuls de nuisances environnementales. La thématique de la pollution de l'air est naturellement prise en compte complétée par d'autres pollutions (radon, bruit, habitat potentiellement indigne).

Afin de répondre à cette demande, Air Pays de la Loire a engagé une étude de modélisation visant à élaborer des cartographies annuelles (année 2008) de la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération de Nantes.

Dans le cadre du projet Eval-PDU, des cartes des principaux polluants réglementés ont été produites. Cependant, afin d'avoir une description la plus exhaustive possible de la nuisance environnementale sur le plan de la qualité de l'air, il est apparu nécessaire de compléter ces résultats par des cartes d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Composés Organiques Volatils (COV) et métaux lourds. Les résultats de ces deux études fond l'objet de ce document représentant le lot2 relatif à l'« atlas commenté des cartes de qualité de l'air » de Nantes Métropole.

Parallèlement une géolocalisation des émetteurs de dioxines-furanes et de Composés Organiques Volatils (COV) toxiques présents sur l'agglomération nantaise a été réalisée. Cette géolocalisation a fait l'objet d'un premier lot transmis à la DREAL fin d'année 2010.

données d'entrée du modèle

les données d'émissions

Les secteurs d'émissions considérés dans cette étude sont le secteur routier, le secteur résidentiel/tertiaire et le secteur industriel. Ces trois secteurs sont représentatifs de la quasi-totalité des émissions en milieu urbain. L'année de référence de l'étude est l'année 2008.

L'inventaire des émissions utilisé est l'inventaire régional BASEMIS élaboré par Air Pays de la Loire. Les émissions sont comptabilisées à la source, suivant la méthode également utilisée au niveau national. Les calculs, effectués à l'échelle régionale, ont une résolution communale. Les données d'entrée sont nombreuses et diverses : pour les secteurs résidentiel et tertiaire sont notamment utilisées les consommations énergétiques régionales du SOeS (Service d'Observation et de Statistiques), des données de population (INSEE), le détail logement (INSEE), ou encore le dénombrement des établissements (INSEE). Les émissions des chaufferies au bois sont prises en compte de manières diffuses sur le territoire.

Les émissions dues au trafic routier sont calculées à partir des données de trafic fournies par le Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Ouest et des facteurs d'émissions définis selon la méthodologie COPPERT IV.

Pour le secteur industriel, l'inventaire BASEMIS se base sur les données déclarées par l'exploitant.

particularité des sources industrielles

32 sites industriels ont été pris en compte. L'année de référence de l'étude étant 2008, les déclarations 2008 ont été considérées.

Concernant la modélisation des métaux lourds, des demandes d'information complémentaires auprès des industriels ont permis de préciser les caractéristiques des émissions. Ces recherches ont été réalisées en partenariat avec la DREAL.

visualisation des sources d'émissions

La cartographie ci-dessous présente les différentes sources d'émission à l'échelle de Nantes Métropole tout polluant confondu. Les émissions diffuses représentent les émissions liées au résidentiel et tertiaire.

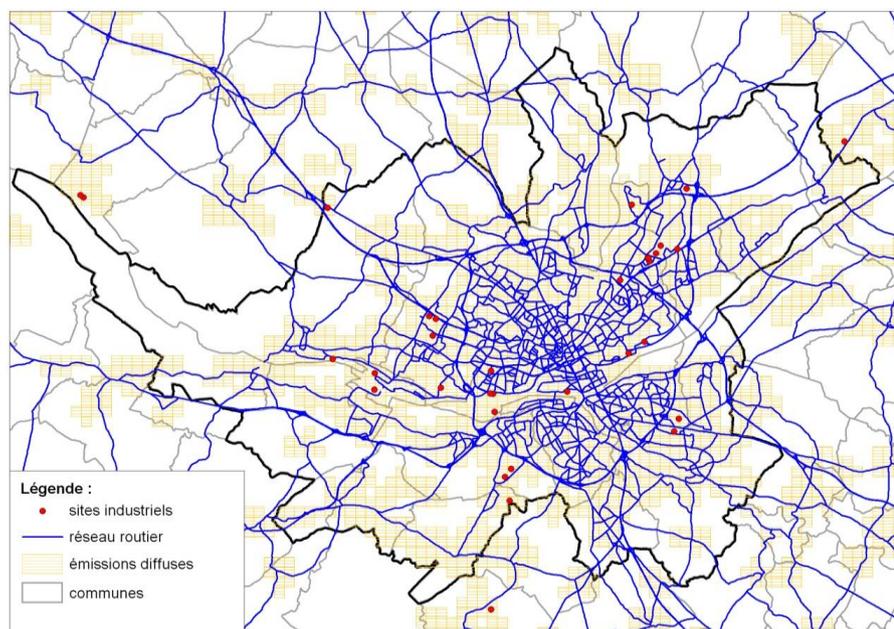


Figure 1 : représentation géographique des sources d'émissions de l'agglomération Nantaise

la météorologie

La station météo France de l'aéroport Nantes-Atlantique a été utilisée pour définir les conditions météorologiques de la modélisation. Les paramètres pris en compte par le modèle sont la direction et l'intensité du vent, la température, la nébulosité, les précipitations et l'humidité relative. Les données météorologiques de l'année 2008 ont été utilisées.

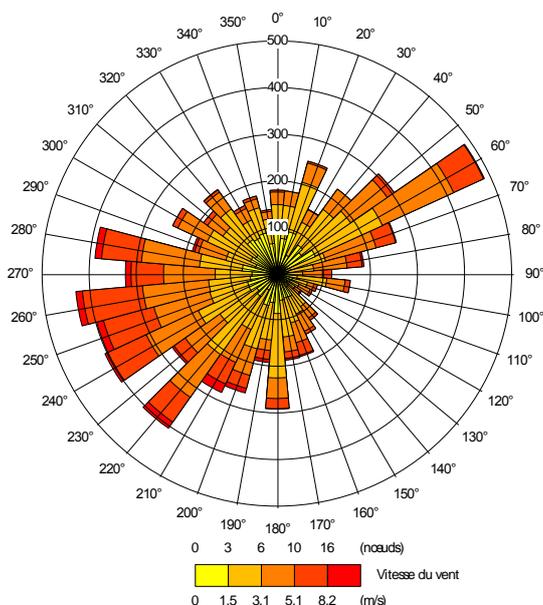


Figure 2 : rose des vents en 2008 de la station météorologique Nantes-Atlantique

la pollution de fond

La pollution de fond représente l'apport extérieur de polluants sur le domaine d'étude. Elle varie en fonction de la direction des vents dominants et doit être définie pour chaque polluant modélisé.

Dans la mesure du possible, des stations du réseau de surveillance d'Air Pays de la Loire ont été utilisées pour définir la pollution de fond. Une pollution de fond en oxydes d'azote, NO_x et NO₂, en particules PM₁₀ et PM_{2.5} et en ozone a ainsi pu être renseignée.

Concernant le monoxyde de carbone, Air Pays de la Loire ne dispose pas de station en milieu non influencé. Une équation basée sur les concentrations de monoxyde d'azote a été utilisée.

Pour les métaux lourds, Air Pays de la Loire dispose d'un seul site de mesure sur l'ensemble de l'année 2008 : la station Parc Paysager à Saint-Nazaire. Ce site a donc été utilisé pour définir la pollution de fond en arsenic, cadmium, nickel et plomb.

Pour le benzène, les composés organiques volatils, le dioxyde de soufre, le benzo(a)pyrène et les hydrocarbures aromatiques polycycliques, la participation de la pollution de fond est estimée minoritaire par rapport aux émissions présentes dans le domaine étudié. Cette hypothèse permet de définir une pollution de fond nulle pour ces polluants.

validation du modèle

Cette étape, aussi appelée calage du modèle, permet d'ajuster les paramètres d'entrée du modèle afin d'obtenir le meilleur accord avec les mesures. La validation a été réalisée à partir des stations de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire présentes dans l'agglomération nantaise¹ (figure 3).

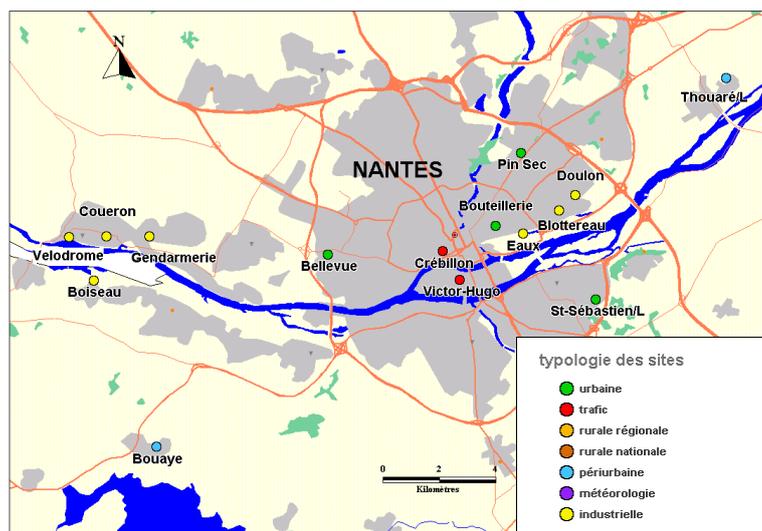


Figure 3 : cartographie du réseau de mesure en 2008

Des critères statistiques aussi appelés « scores » ont permis d'évaluer la qualité de l'accord mesure-modèle et du paramétrage du logiciel en lien avec les objectifs de qualité et d'incertitude de la Directive européenne 2008/50/CE, présentés dans le tableau 1. Par ailleurs, des profils journaliers et annuels des concentrations ont été calculés afin d'assurer une bonne reproduction des évolutions temporelles des concentrations modélisées.

Incertitude du modèle	Anhydride sulfureux, dioxyde d'azote et oxydes d'azote, et monoxyde de carbone	Benzène	Particules (PM10/PM2.5) et plomb	Ozone et NO et NO ₂ correspondants
Par heure	50 %	--	--	50 %
Moyennes sur 8 heures	50 %	--	--	50 %
Moyennes journalières	50 %	--	Non encore défini	--
Moyennes annuelles	30 %	50 %	50 %	--

Tableau 1 : Objectifs de qualité en termes d'incertitude de la directive européenne 2008/50/CE

Le biais normalisé ou fractionnel exprimé en % renseigne sur la tendance relative du modèle à surestimer (biais positif) ou sous-estimer (biais négatif) les observations. Il quantifie l'erreur systématique.

$$\text{biais}_{\text{normalisé}} = 2 * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(Mod_i - Mes_i)}{(Mod + Mes)} * 100$$

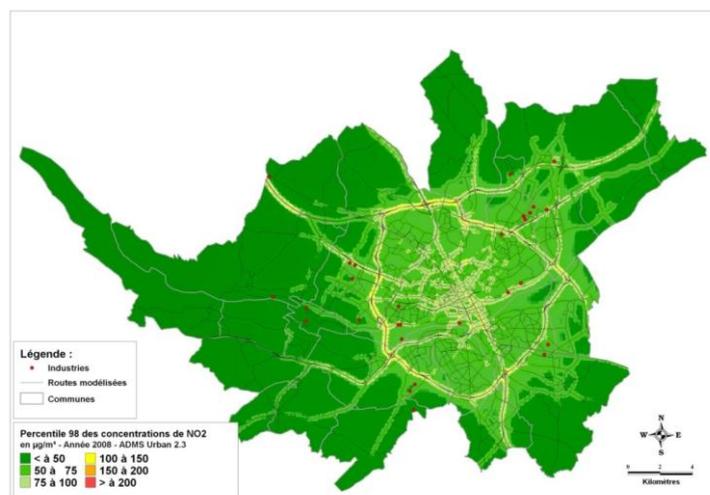
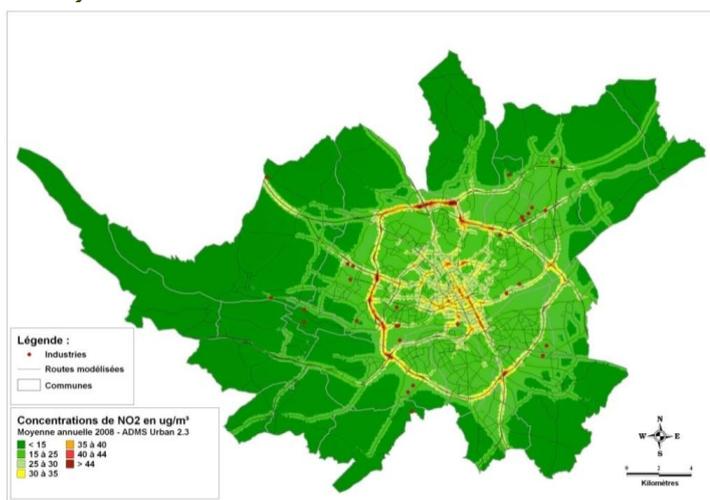
Les objectifs d'incertitude mesure-modèle sont respectés dans cette étude. Les résultats plus détaillés par polluant sont représentés en annexe 1.

¹ Les stations de type industriel sont les seules à posséder des informations sur les concentrations de métaux lourds cependant elles ne possèdent pas des données sur l'ensemble de l'année 2008.

résultats de la modélisation

Les cartographies présentées ci-dessous sont issues de traitements cartographiques SIG des sorties du modèle ADMS et notamment d'interpolations (méthode idw; inverse distance weight). Elles représentent les moyennes annuelles et les percentiles 98² pour l'année 2008 des différents polluants modélisés à 2m du sol.

le dioxyde d'azote



Les concentrations en dioxyde d'azote modélisées sont fortement liées aux émissions du trafic routier. Les concentrations les plus élevées sont situées sur le périphérique, aux niveaux des différentes portes. Des concentrations élevées sont aussi simulées en centre ville, le long du bd Eugène Orieux, du bd du Général De Gaulle, du bd Victor Hugo, rue de Strasbourg et place Graslin.

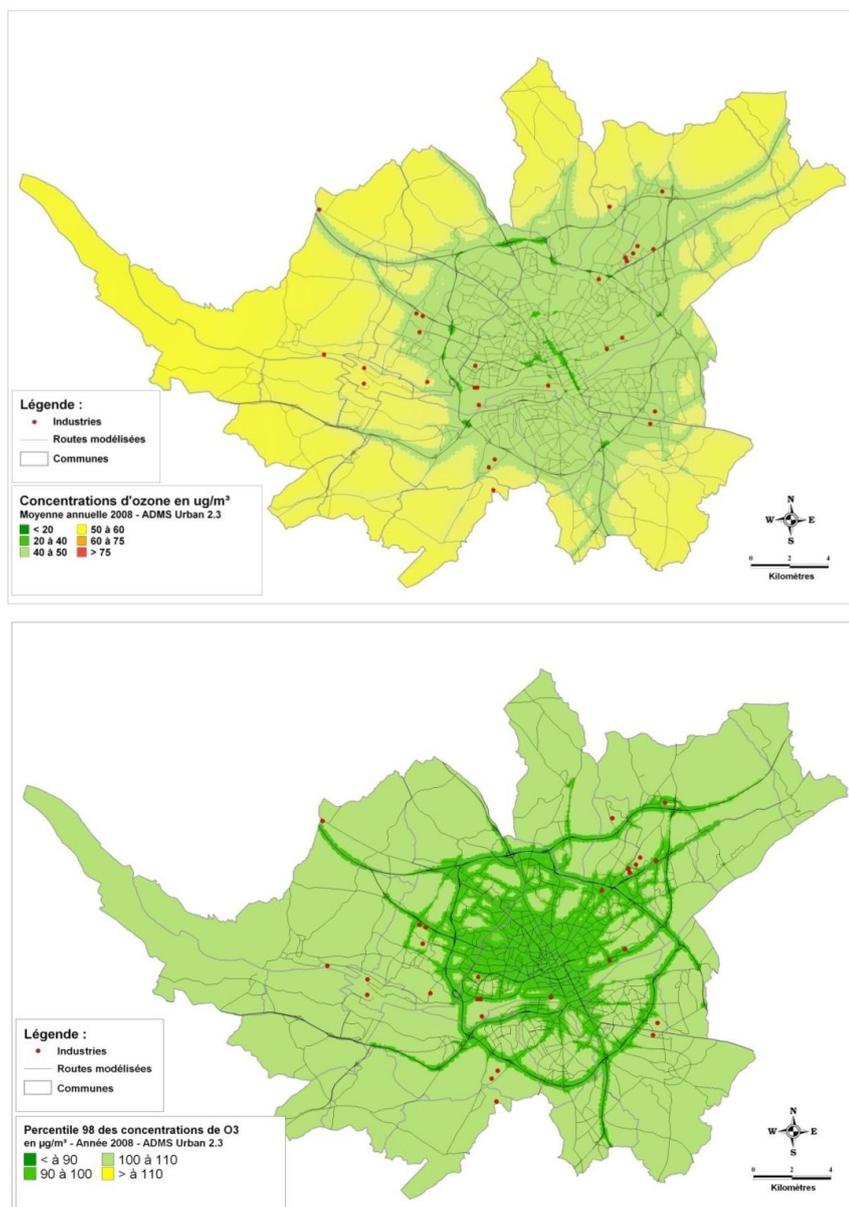
D'après ces cartes, la valeur limite réglementaire en 2008 de 44 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle en 2008 est susceptible d'être dépassée au niveau du périphérique Nord et Ouest et plus localement en centre ville de Nantes.

NB : Ces risques de dépassements de la valeur limite ne sont pas spécifiques à l'agglomération nantaise mais sont présents plus globalement en milieu urbain à proximité de voies de trafic à fortes circulations et/ou dans des rues très encaissées peu favorables à la dispersion des polluants.

A titre indicatif, en 2008, Air Pays de la Loire a mesuré un dépassement de la valeur limite annuelle pour le dioxyde d'azote dans l'avenue de la République à St-Nazaire.

² valeur pour laquelle 98% des concentrations simulées sont inférieures. Pour les particules, le percentile 90.4 est utilisé. Il correspond au seuil réglementaire de 50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ à ne pas dépasser plus de 35j par an.

l'ozone

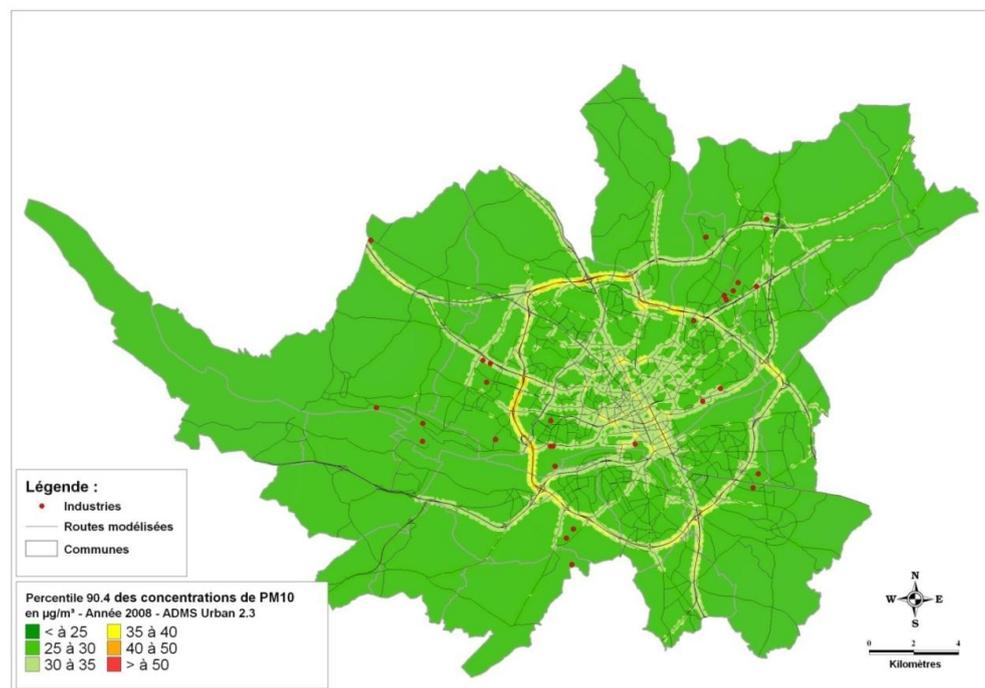
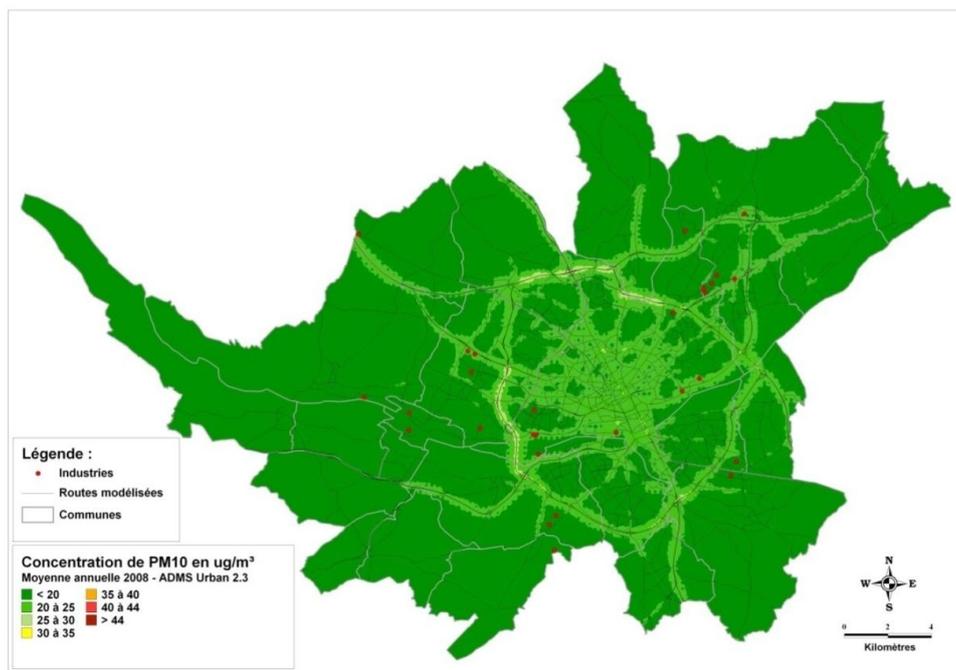


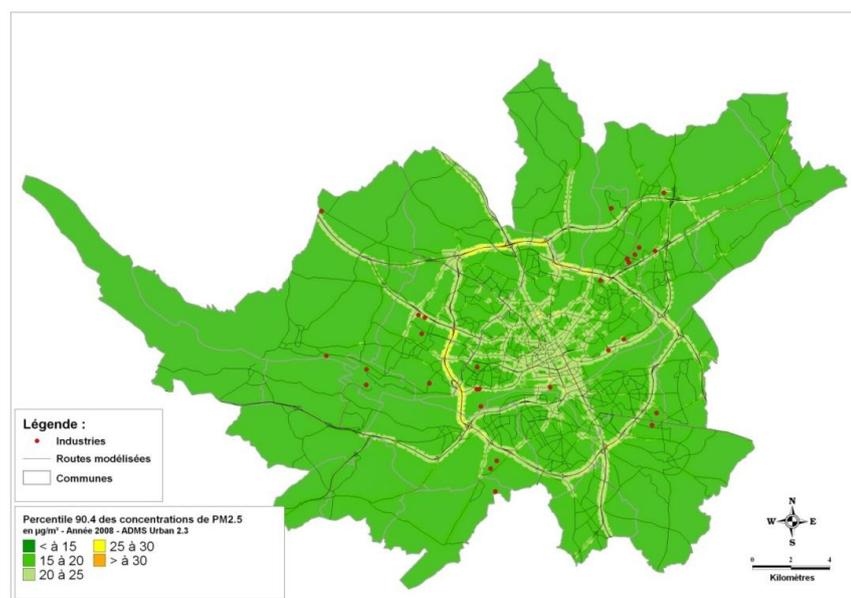
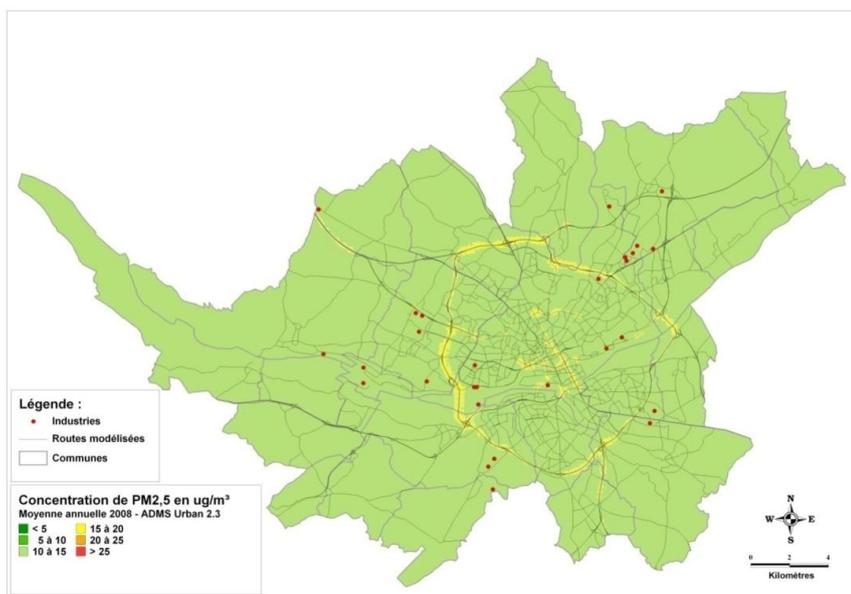
L'ozone est un polluant secondaire, c'est-à-dire qu'il n'est pas rejeté directement dans l'air, mais qu'il se forme par réaction chimique entre les gaz précurseurs (principalement les NOx et les COV). Les réactions de formation d'ozone sont régies par les cycles diurnes : les rayons solaires ultraviolets apportent l'énergie nécessaire à la production d'ozone dans l'atmosphère. C'est pourquoi les concentrations d'ozone les plus élevées sont généralement mesurées au printemps et en été lorsque l'ensoleillement est important. En parallèle, jour comme nuit, une réaction de destruction de l'ozone par le monoxyde d'azote pour former du dioxyde d'azote. C'est pourquoi les niveaux les plus faibles en ozone sont constatés à proximité directe de sources d'oxydes d'azote (classiquement les principaux axes de circulation).

Les résultats en ozone sont à l'inverse des résultats en oxydes d'azote. Les concentrations maximales sont observées dans les zones non urbanisées et les concentrations minimales sont présentes le long des grands axes routiers.

Les concentrations modélisées sont inférieures à $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle. La cartographie des percentiles 98 montre une bonne homogénéité des niveaux de pointes compris entre 90 et $110 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

les particules



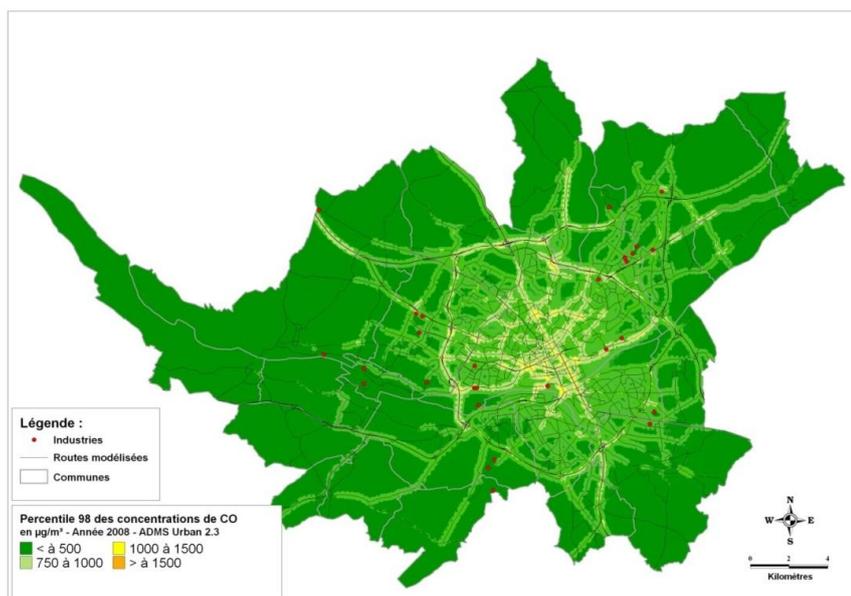
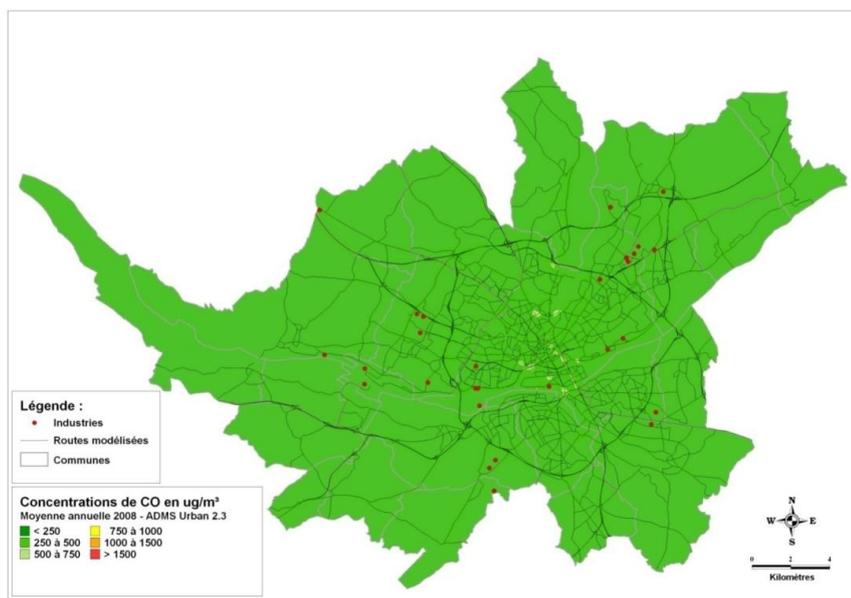


Les particules en suspension constituent un ensemble très hétérogène, compte tenu de la diversité de leur composition, de leur état (liquide ou solide) et de leur taille (de 0,005 à 100 μm). Dans cette étude, les particules réglementées ont été prises en compte. Ce sont les particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 10 μm et 2,5 μm . Ces particules peuvent rester en suspension dans l'air pendant des jours, voire des semaines, et être transportées par les vents sur de très longues distances. Ainsi, une part importante des concentrations observées proviennent d'un apport extérieur en polluant, intégré dans la pollution de fond.

Les concentrations en particules sont relativement homogènes sur le territoire de l'agglomération nantaise. Les teneurs maximales sont observées le long du périphérique Nord et Ouest en lien avec les émissions du trafic routier et plus particulièrement des véhicules diesels.

Aucune zone géographique ne présente de dépassement des valeurs limites réglementaires de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM₁₀ et 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM_{2,5} en moyenne annuelle. Les cartographies de percentile 98 présentent des concentrations plus marquées sur le périphérique pouvant approcher les 50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM₁₀ et les 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM_{2,5}.

le monoxyde de carbone

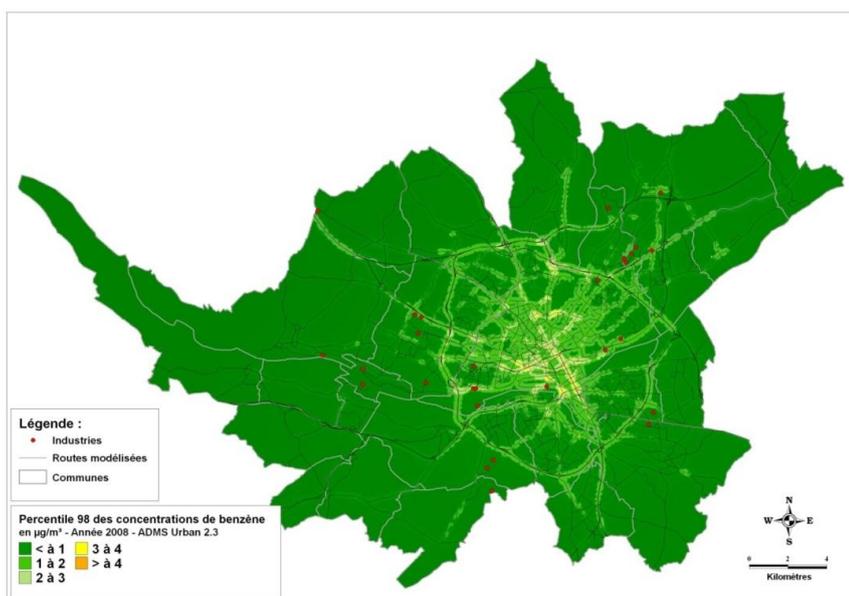
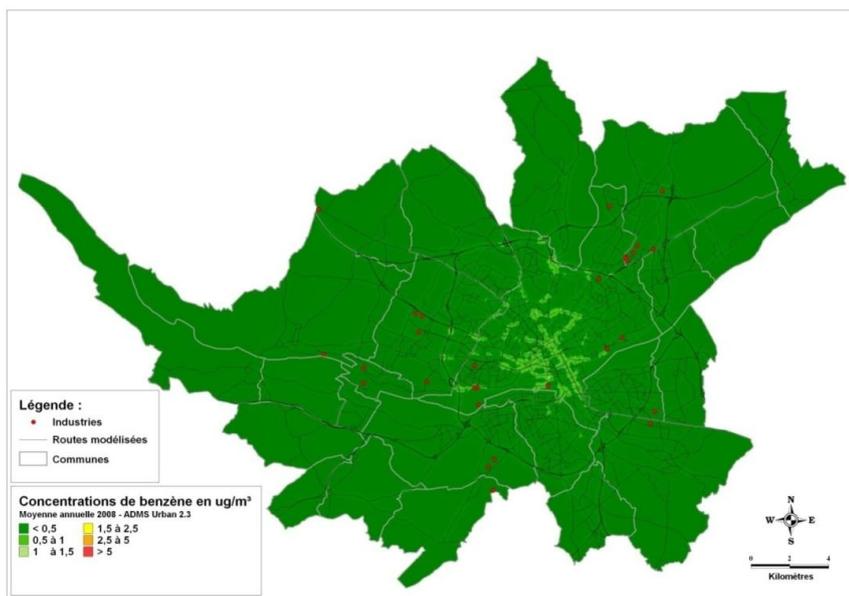


Les concentrations en monoxyde de carbone sont faibles, majoritairement inférieures à $750 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Les concentrations maximales sont observées sur des axes de circulation au trafic très ralenti : boulevard de Launey, Quai de la Fosse, rue de Strasbourg, avenue Carnot, au niveau des ponts de Pirmil et Georges Clémenceau, du boulevard Eugène Orioux et du boulevard Martin Luther King.

Le suivi de la pollution par le monoxyde de carbone ne considère pas de seuil annuel cependant les normes de qualité de l'air présentent un seuil journalier depuis 2005 de $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ($10\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8h (Valeur limite pour la santé).

La cartographie du percentile 98 indique des teneurs approchant les $1500 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en hyper-centre.

le benzène



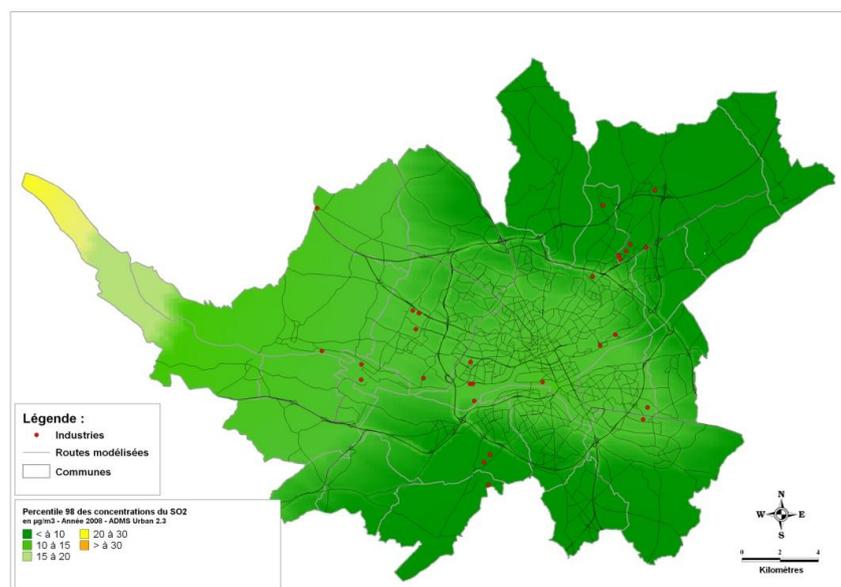
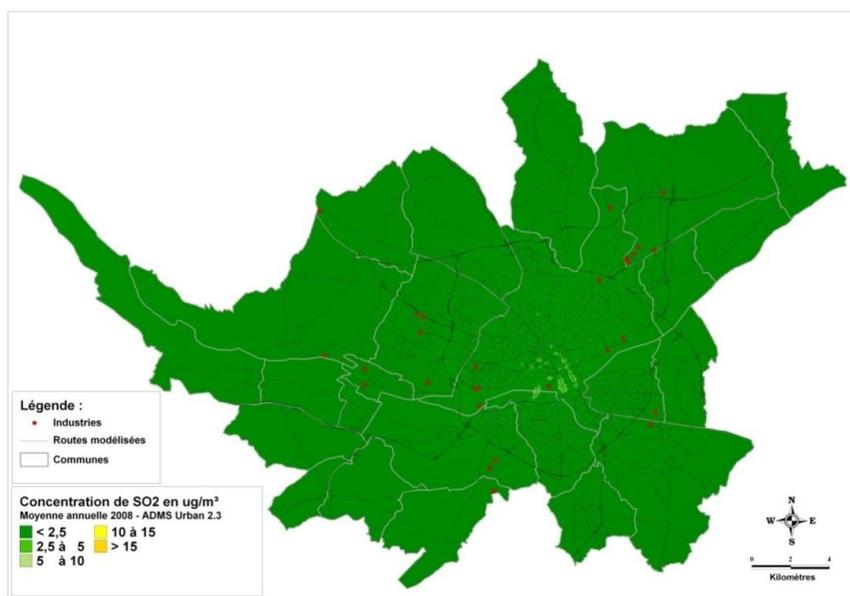
Les concentrations de benzène présentent une certaine homogénéité. Le benzène se retrouve à proximité des voies de circulation mais les niveaux atteints sont très en deçà de la valeur limite fixée à $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle.

Les concentrations les plus élevées sont observées le long des axes ayant un trafic très perturbé comme les principaux boulevards intra-périphériques (bd du Général De Gaulle, quai de la Fosse, bd du 19e) ou encore le boulevard Martin Luther King.

En hyper centre, des concentrations plus élevées sont également constatées. Ce phénomène est à mettre en lien avec la présence de rues type « canyon », entraînant de mauvaises conditions de circulation de l'air. En effet, la voirie étant bordée de bâtiments à plusieurs étages, la pollution liée au trafic stagne au niveau du sol et a tendance à s'accumuler au niveau de la voirie.

La cartographie du percentile 98 montre des concentrations approchant $4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur les axes cités précédemment. Le boulevard Victor Hugo présente le percentile 98 le plus élevé ($4,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

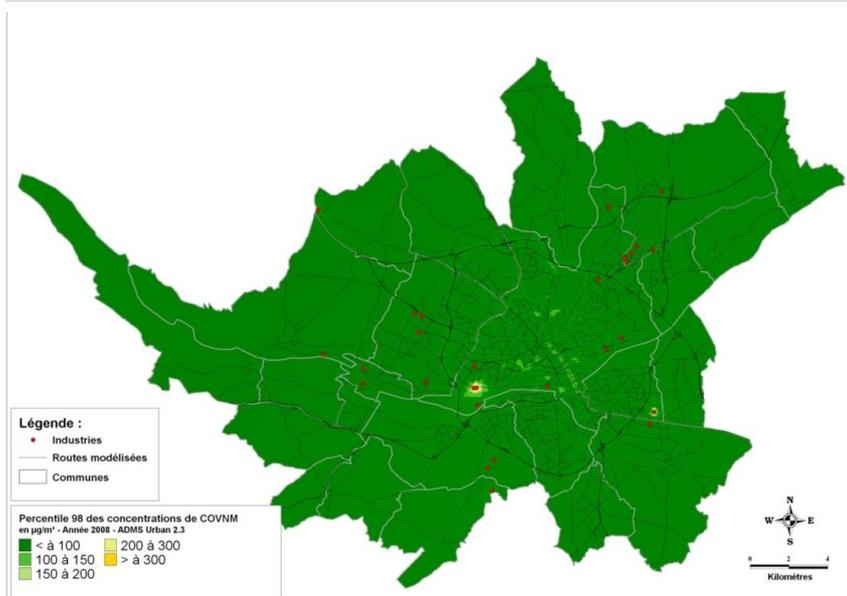
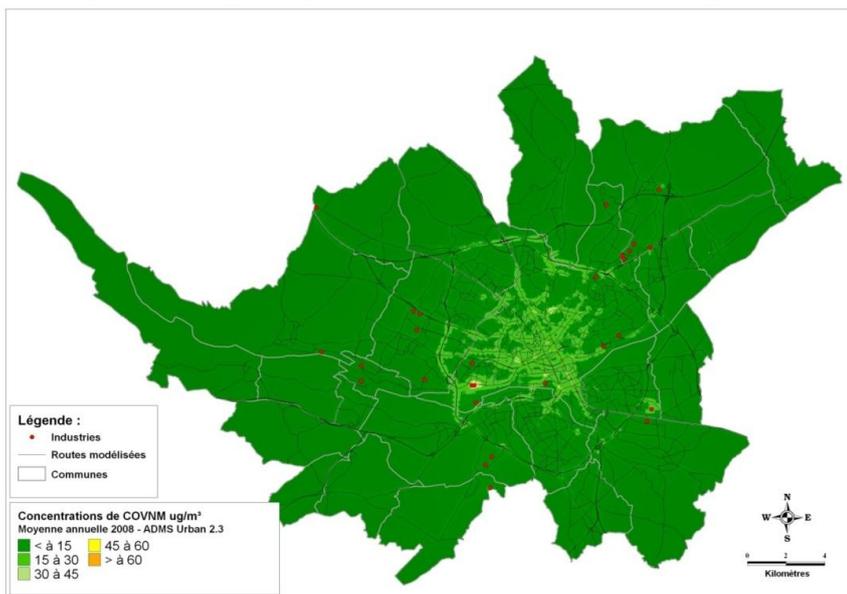
le dioxyde de soufre



Il est à noter une homogénéité des teneurs en SO₂ sur l'ensemble de l'agglomération nantaise. Les concentrations de dioxyde de soufre modélisées sont inférieures à 5 µg.m⁻³ et respectent largement l'objectif de qualité de 50 µg.m⁻³. Les concentrations maximales sont observées le long du boulevard du Général De Gaulle, du boulevard des Martyrs Nantais de la Résistance jusqu'au pont de Pirmil, du pont des Trois Continents et au niveau de la place Graslin.

La cartographie du percentile 98 présente des concentrations plus élevées à l'ouest de Nantes Métropole en lien avec la présence de deux sources industrielles : la centrale EDF à Cordemais et la raffinerie Total à Donges. Ces deux sites ont émis respectivement 3 498 818 kg et 7 262 731 kg de SO_x en 2008.

les composés organiques volatils non méthaniques



Les COVNM sont une famille de polluants contenant une multitude de composés. Il n'existe pas à ce jour de seuils réglementaires pour cette famille de polluants.

Les concentrations simulées sont homogènes à l'échelle de l'agglomération et globalement inférieures à $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Des concentrations similaires ont été mesurées lors de la campagne de mesure des COV dans l'air urbain en 2003³.

Les concentrations maximums modélisées se situent en bord de Loire près du Pont de Cheviré en proximité des sites industriels CROWN et The Valspar France Corporation. Ces deux sites industriels sont respectivement émetteurs de 123 520 kg et 53 177 kg de COVNM en 2008, année de référence de la modélisation (<http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr>). Ces émissions ont été sensiblement réduites en 2009 (diminution de 5 % pour Crown et de 68 % pour The Valspar France Corporation).

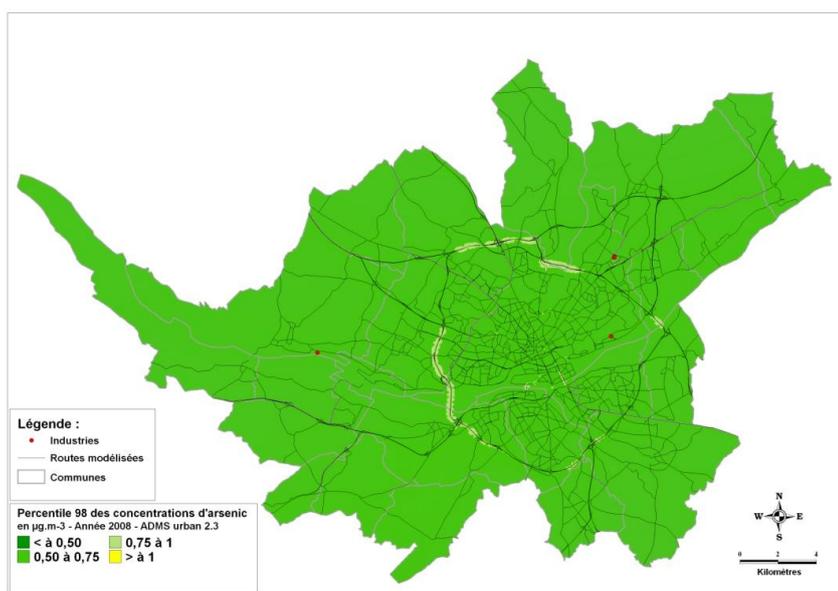
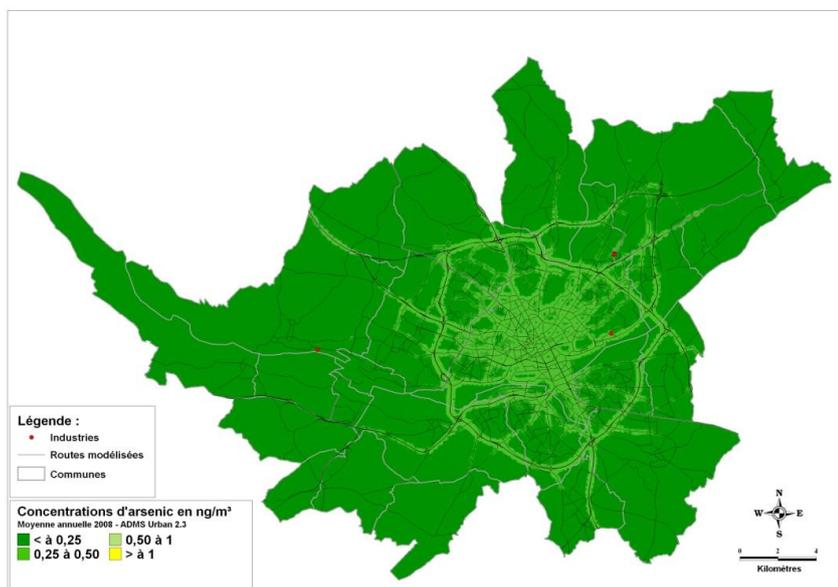
Des concentrations plus élevées sont également simulées le long de certains axes routiers : du boulevard du Général de Gaulle jusqu'à la rue Paul Bellamy, boulevard Eugène Orioux, rond-point de Renne et place René Bouhier. Ce phénomène est également constaté dans le rapport sur la campagne de mesure des COV dans l'air urbain où les émissions des moteurs à essence sont mises en avant.

La cartographie des percentiles 98 indique que les concentrations les plus fortes sont modélisées en proximité industrielle. Des concentrations de $315 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ peuvent être localement simulées autour des sites de CROWN et The Valspar France Corporation dans la zone du Bas Chantenay et de $220 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ autour du site de Storopack Molded Parts France à Saint-Sébastien-sur-Loire.

³ Premières mesures d'une cinquantaine de Composés Organiques Volatils dans l'air urbain des Pays de la Loire [31/08/2004] (rapports - campagne de mesure, cov) - <http://www.airpl.org/publications/rapports>

les métaux lourds

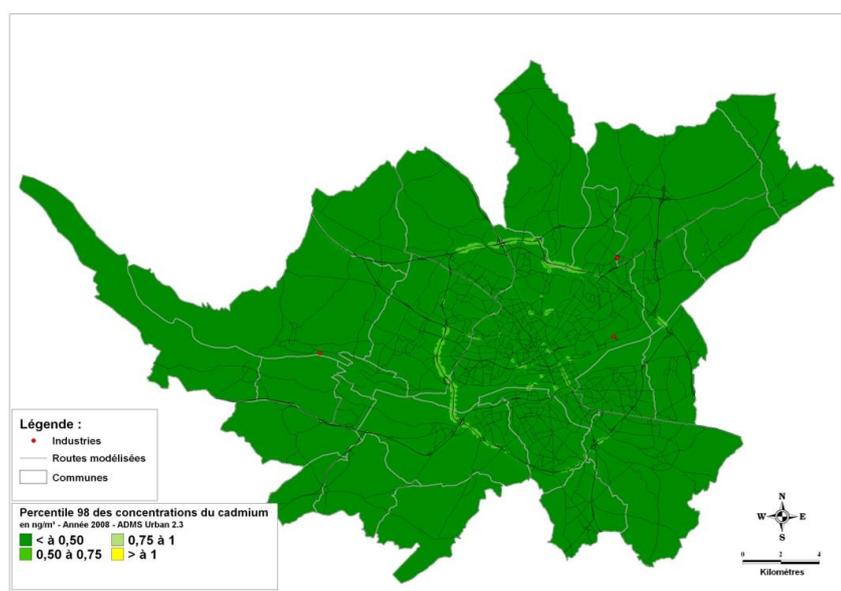
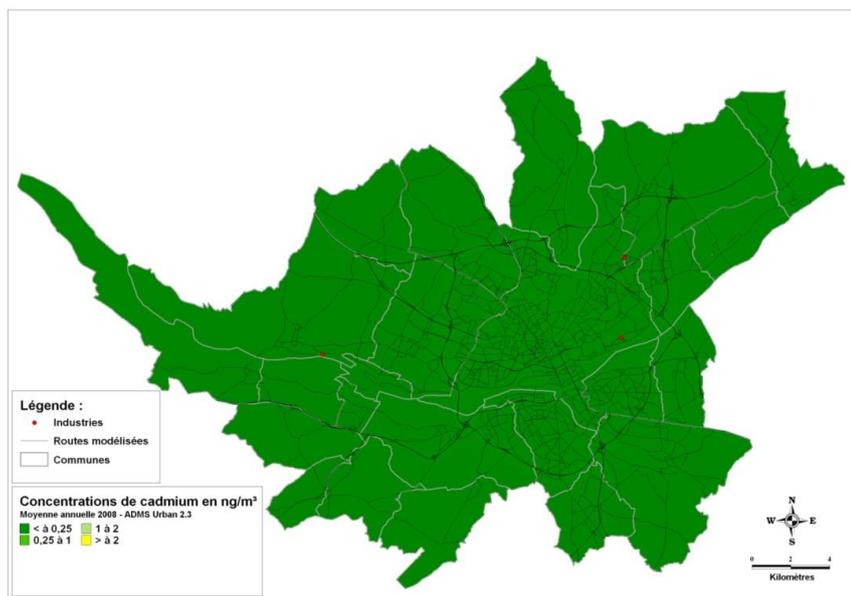
l'arsenic



Les concentrations d'arsenic modélisées, inférieures à 0,5 ng.m⁻³, respectent la valeur cible pour la qualité de l'air 2013 fixée à 6 ng.m⁻³. Comme le montre la cartographie ci-dessus, les concentrations en arsenic proviennent majoritairement des émissions du trafic routier en lien avec les émissions d'usures des matériaux (plaquette de freins). Une forte contribution de la pollution de fond, représentant 0,2 ng.m⁻³ est également constatée.

La cartographie du percentile 98 montre que les pics des concentrations en arsenic restent modérés et ne dépassent pas les 1 ng.m⁻³.

le cadmium

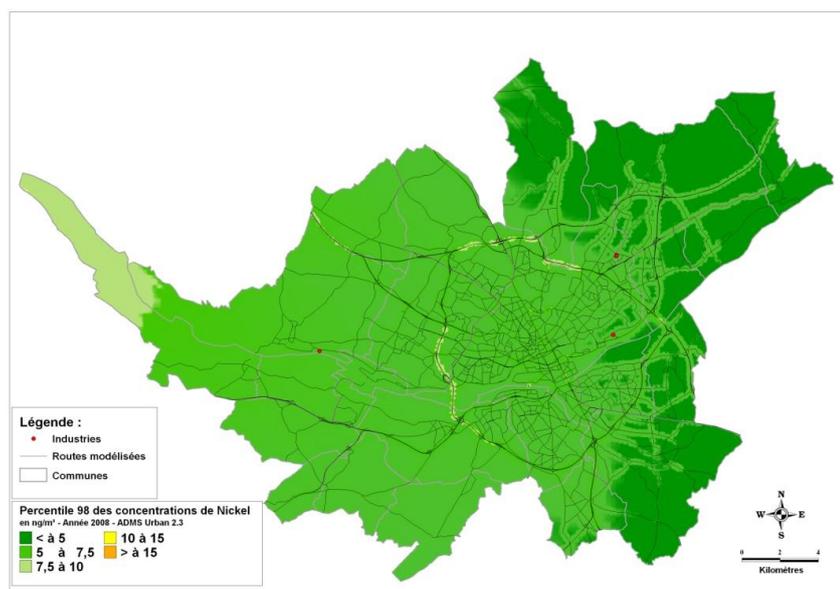
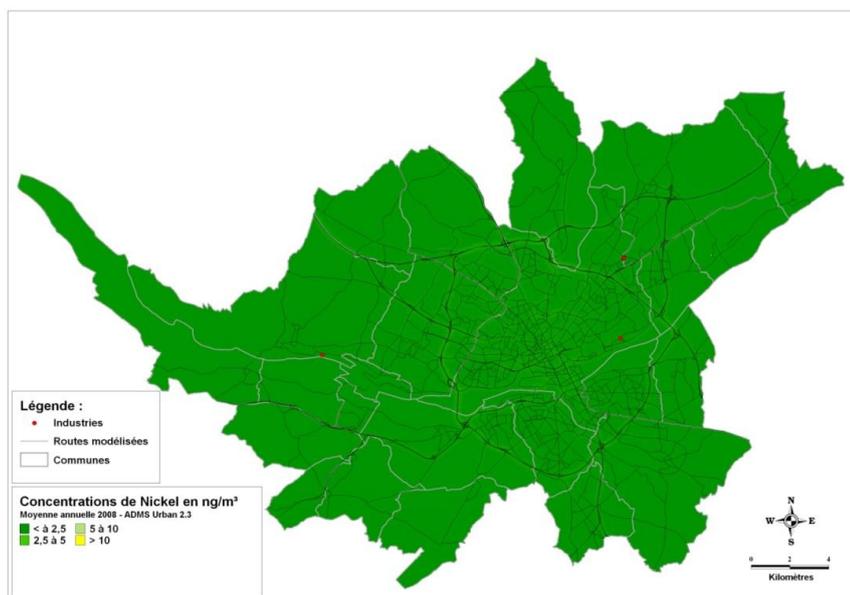


Les concentrations modélisées présentent une bonne homogénéité sur le territoire de Nantes Métropole. Les concentrations observées proviennent quasi-exclusivement de la pollution de fond. En effet, l'inventaire des émissions utilisé présente peu d'émissions pour le cadmium à l'échelle de l'agglomération Nantaise.

Les concentrations de cadmium modélisées, inférieures à $0,25 \text{ ng.m}^{-3}$ en moyenne annuelle respectent la valeur cible de la qualité de l'air 2013 de 5 ng.m^{-3} .

La cartographie du percentile 98 présente des concentrations ne dépassant pas 1 ng.m^{-3} . Les concentrations maximums de pointe sont modélisées sur le périphérique Nord au niveau de la porte de Gesvres en lien avec les émissions du secteur routier.

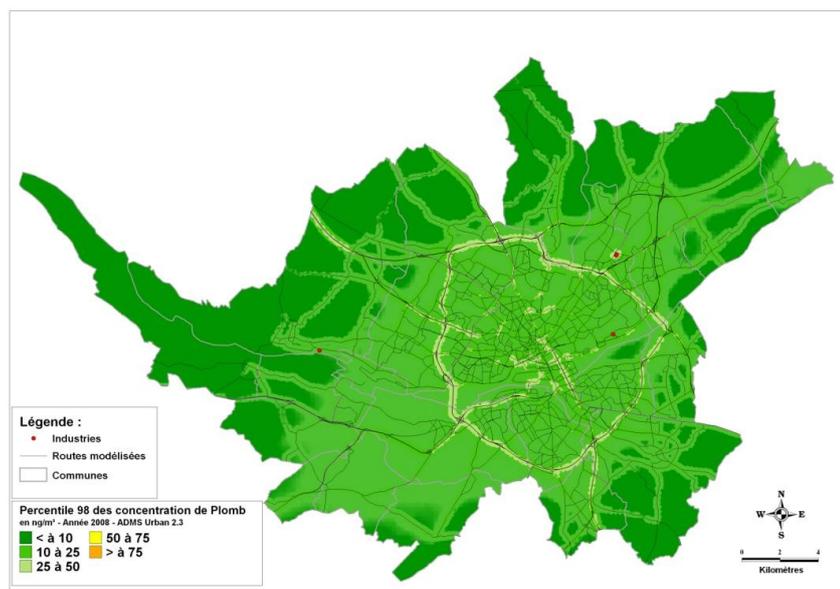
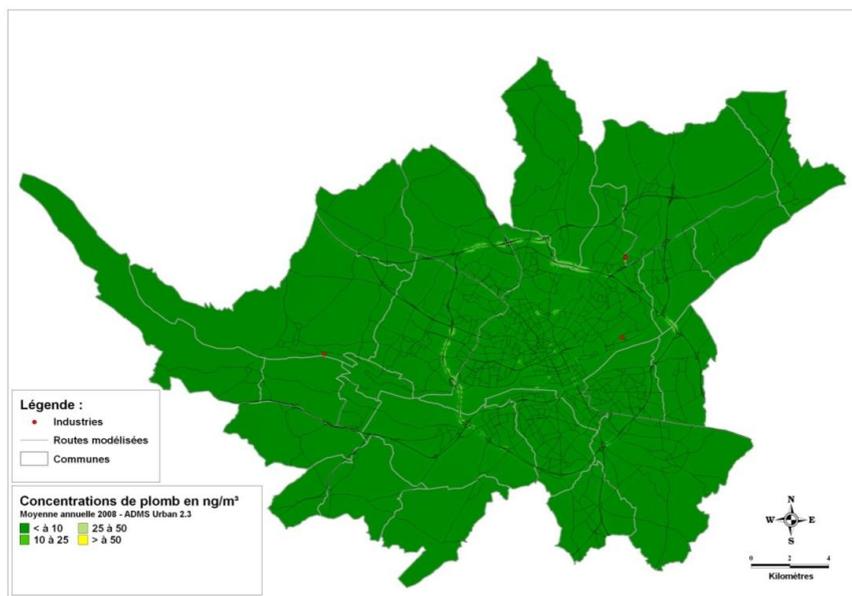
le nickel



Les concentrations de nickel modélisées sont inférieures à $2,5 \text{ ng.m}^{-3}$ et respectent donc la valeur cible européenne 2013 de 20 ng.m^{-3} . Les concentrations observées proviennent pour $2,1 \text{ ng.m}^{-3}$ d'un apport extérieur en polluant. Les émissions locales de nickel sont moins importantes que le niveau de fond présentant ainsi une grande homogénéité des teneurs modélisées.

La cartographie du percentile 98 du nickel indique des niveaux de pointes ne dépassant pas 10 ng.m^{-3} . Les concentrations plus élevées à l'ouest proviennent des émissions de la centrale EDF à Cordemais (1 260 kg de Nickel) et de la raffinerie Total (6 528 kg de Nickel).

le plomb

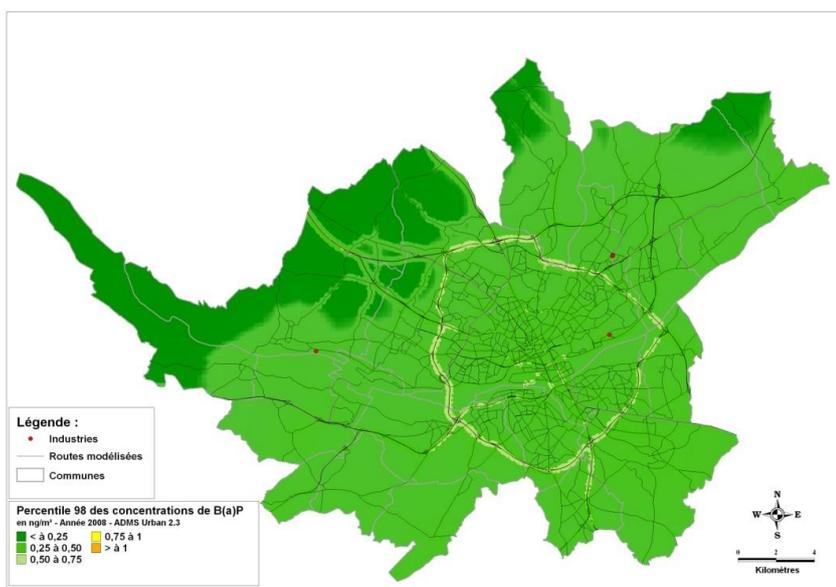
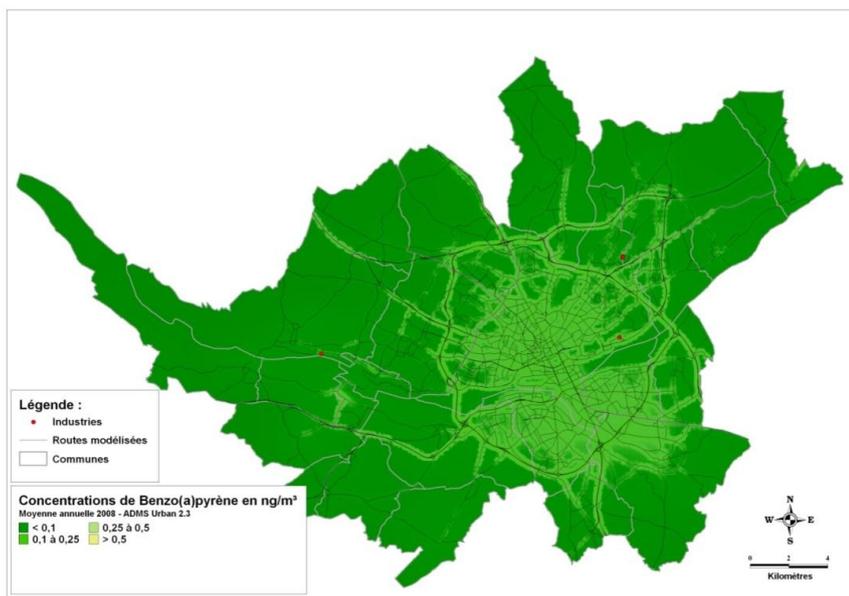


Les concentrations de plomb, inférieures à 25 ng.m^{-3} , respectent la valeur limite réglementaire 2010 fixée à 500 ng.m^{-3} en moyenne annuelle.

Les concentrations observées proviennent pour 3 ng.m^{-3} d'un apport extérieur en polluant. Des concentrations plus élevées au niveau du périphérique montrent une contribution des émissions du trafic routier dans les concentrations observées. Ces émissions proviennent uniquement de l'usure des matériaux tels que les freins et les pneumatiques.

La cartographie du percentile 98 montre des teneurs ne dépassant pas 50 ng.m^{-3} en période de pointe. Ces maxima sont modélisés en proximité routière (périphérique, hyper centre) mais aussi autour de la fonderie Lemer à Carquefou. Ce site industriel a réalisé, entre 2007 et 2010, des travaux de réduction des sources d'émissions atmosphériques de plomb.

les hydrocarbures aromatiques polycycliques



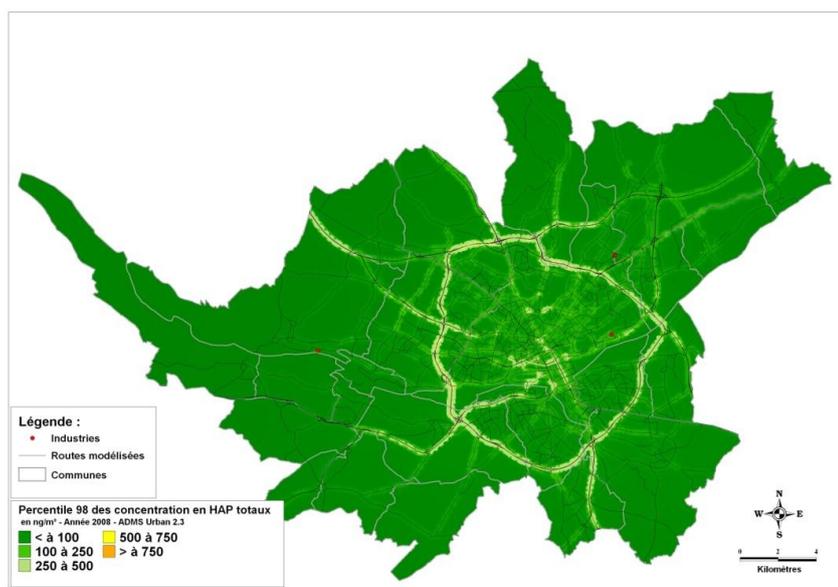
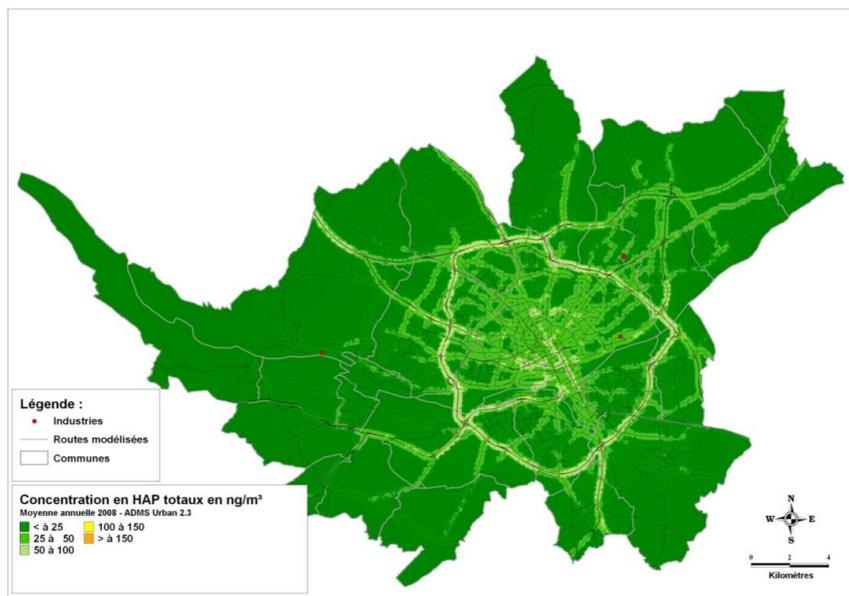
Les concentrations de benzo(a)pyrène modélisées sont inférieures à $0,25 \text{ ng.m}^{-3}$ et respectent la valeur cible européenne 2013 de 1 ng.m^{-3} en moyenne annuelle. Les concentrations les plus élevées sont observées le long des axes routiers comme le montre la carte. Des concentrations similaires ont été observées lors de campagnes de mesure d'air Pays de la Loire en 2005⁴ et 2008⁵.

La cartographie du percentile 98 présente des concentrations de pointe globalement inférieures à $0,75 \text{ ng.m}^{-3}$. Les concentrations maximales sont modélisées au niveau du périphérique. Des concentrations de pointe entre $0,25$ et $0,5 \text{ ng.m}^{-3}$ sont simulées sur le territoire urbanisé de Nantes métropole en lien avec les émissions du résidentiel et tertiaire.

Dans l'inventaire des émissions utilisé, le secteur industriel ne présente pas de données d'émission relatives à ces polluants car les sites industriels pris en compte dans l'étude n'ont pas déclaré d'émission d'HAP en 2008.

⁴ hydrocarbures aromatiques polycycliques : premières mesures dans l'air urbain des Pays de la Loire - campagne hiver 2005 – Angers [30/06/2005] (rapports - campagne de mesure, cov)

⁵ la mesure des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les Pays de la Loire - bilan 2008 [31/03/2009] (actualités, rapports - réseau de surveillance)



Les concentrations en HAP modélisées sont inférieures à 100 ng.m³. En lien avec les concentrations de B(a)P, les concentrations les plus élevées sont simulées le long des axes routiers. Des concentrations équivalentes, comprises entre 20 à 50 ng.m³ en milieu urbain ont été mesurées lors de campagnes de mesure d'air Pays de la Loire à Angers en 2005⁶.

Une variation temporelle des concentrations en HAP est également à souligner. Les teneurs les plus importantes sont présentes pendant la phase hivernale en lien avec une augmentation des émissions du chauffage résidentiel et tertiaire et l'augmentation des émissions des véhicules roulant à froid.

La cartographie du percentile 98 indique des niveaux de pollution pouvant atteindre 750 ng.m³ en proximité du périphérique. Des concentrations entre 250 et 500 ng.m³ peuvent temporairement émerger en hyper centre.

Au même titre que le B(a)P, aucune émission d'HAP n'a été prise en compte pour le secteur industriel.

⁶ hydrocarbures aromatiques polycycliques : premières mesures dans l'air urbain des Pays de la Loire - campagne hiver 2005 – Angers [30/06/2005] (rapports - campagne de mesure, cov)

conclusions et perspectives

L'étude des moyennes annuelles et des percentiles des concentrations modélisées à l'échelle de Nantes Métropole a permis de mettre en évidence plusieurs faits marquants :

Tout d'abord, une distribution spatiale de la pollution avec des niveaux de pollution majoritairement plus élevés en proximité routière pour le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, le benzène, les HAP, et dans une moindre mesure pour les poussières fines PM₁₀ et très fines PM_{2,5}.

Des risques potentiels de dépassements de la valeur limite pour le dioxyde d'azote ont été mis en évidence à proximité de voies à fort trafic (périphérique) et en centre ville de Nantes dans certaines rues encaissées. Ces risques ne sont pas spécifiques à l'agglomération nantaise mais sont présents plus globalement en milieu urbain à proximité de voies de trafic à fortes circulations et/ou dans des rues très encaissées peu favorables à la dispersion des polluants.

A titre indicatif, en 2008, Air Pays de la Loire a mesuré un dépassement de la valeur limite annuelle pour le dioxyde d'azote dans l'avenue de la République à St-Nazaire.

Une certaine homogénéité est constatée dans les niveaux de pollution faibles en moyenne annuelle du dioxyde de soufre, des COVNM et des métaux lourds. Cependant, les émissions de certains sites industriels et des principaux axes de circulation ressortent davantage lors de la simulation des concentrations de pointe, représentées par le percentile 98.

Enfin le cas de l'ozone qui, compte tenu des processus de formation/destruction, présente une distribution spatiale anti corrélée à celle du dioxyde d'azote avec des niveaux d'ozone les plus élevés lorsque l'on s'éloigne des voies de circulation.

Dans le cadre de l'action 7 du Plan régional Santé Environnement, ces cartographies permettront d'alimenter les réflexions relatives à l'identification des zones de cumuls d'exposition aux nuisances environnementales.

annexes

- annexe 1 : Les résultats du calage du modèle
- annexe 2 : seuils de qualité de l'air 2008

annexe 1 : Les résultats du calage du modèle

Le biais normalisé ou fractionnel exprimé en % renseigne sur la tendance relative du modèle à surestimer (biais positif) ou sous-estimer (biais négatif) les observations. Il quantifie l'erreur systématique.

$$\text{biais_normalisé} = 2 * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(Mod_i - Mes_i)}{(Mod + Mes)} * 100$$

les oxydes d'azote



Figure 4 : biais normalisés annuels du dioxyde d'azote

Les biais normalisés du dioxyde d'azote sont inférieurs à 5% ce qui montre une bonne concordance entre les concentrations moyennes modélisées et celles mesurées sur des sites urbains tels que les stations de Saint-Sébastien/Loire (coriN2) et Bouteillerie (bouiN2) et en proximité automobile au niveau de la station de Victor-Hugo (VHUIN2).

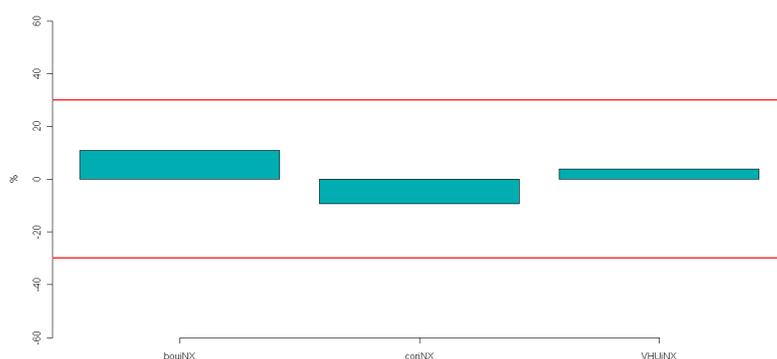


Figure 5 : biais normalisés annuels des oxydes d'azote

Les biais normalisés des oxydes d'azote ne dépassent pas les 12%. L'objectif de qualité de 30 % fixé par la directive européenne est donc respecté. Les écarts maximums étant observés sur les stations urbaines de Bouteillerie (bouiNx) à +11.1% et de Saint-Sébastien/Loire (coriNx) à -9.3%.

l'ozone

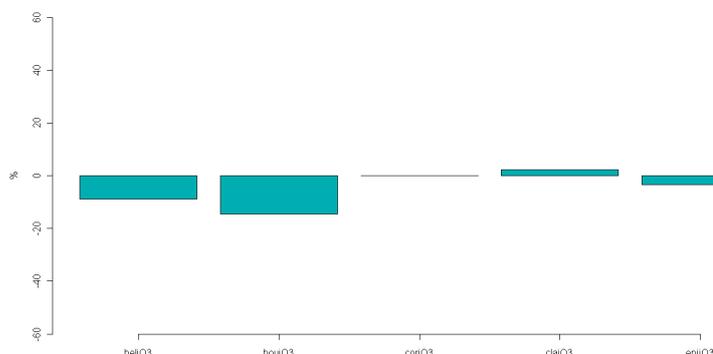


Figure 6 : biais normalisés annuels de l'ozone

Concernant l'ozone, le modèle présente une légère tendance à la sous-estimation des concentrations. Les biais sont inférieurs à 15% en valeur absolue. Globalement, le modèle restitue bien les concentrations mesurées, quelle que soit la typologie des stations de mesure. Les sites périurbains de Bouaye (claiO₃) et Ste Luce/Loire (epiiO₃) présentent des écarts inférieurs à 4%. De même, les stations urbaines de Saint-Sébastien/Loire (coriO₃), Bellevue (beliO₃) ont des biais inférieurs à 9%.

Le biais maximal est obtenu sur le site de Bouteillerie (-14%) en lien avec la surestimation des concentrations en NO_x et NO₂. Les équations de création/destruction de l'ozone induisent fréquemment une sous-estimation des concentrations d'ozone par le modèle lorsqu'il a une surestimation des concentrations en oxydes d'azote.

les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5}

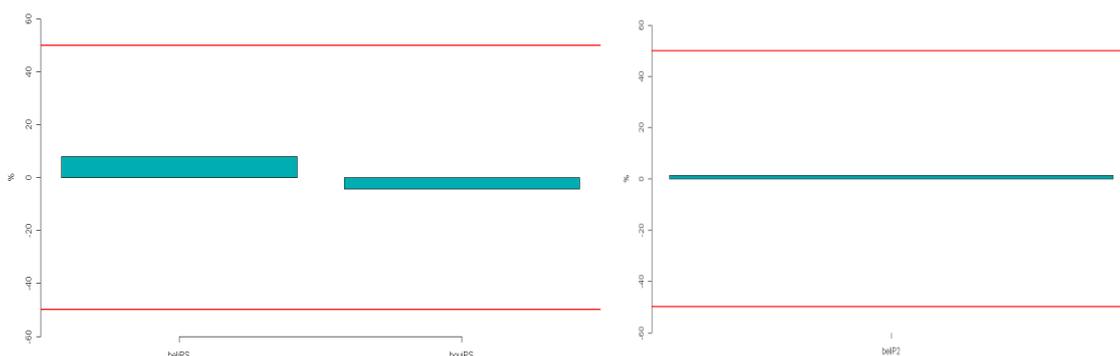


Figure 7 : biais normalisés annuels des PM₁₀ (à gauche) et des PM_{2,5} (à droite)

Les biais normalisés des poussières PM₁₀ et PM_{2,5} sont inférieurs à 8%. L'objectif de qualité de la directive européenne, fixé à 50% pour les poussières PM₁₀, est largement respecté sur les deux sites. Le modèle surestime légèrement les concentrations mesurées sur le site de Bellevue (beliPS) alors qu'il y a une légère sous-estimation de -4% pour le site de Bouteillerie (bouiPS).

Concernant les PM_{2,5}, le seul site à Bellevue (beliP₂) est instrumenté pour la mesure de ces particules. Le biais observé est inférieur à 2% sur ce site.

le monoxyde de carbone

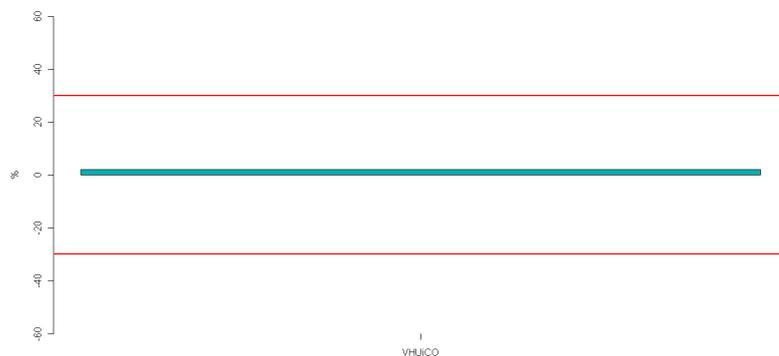


Figure 8 : biais normalisés annuels du monoxyde de carbone

Le biais normalisé du monoxyde de carbone est très faible, environ +2%, pour le site de trafic Victor-Hugo (VHUICO). L'objectif de qualité de la directive européenne (30%) est donc respecté.

le benzène

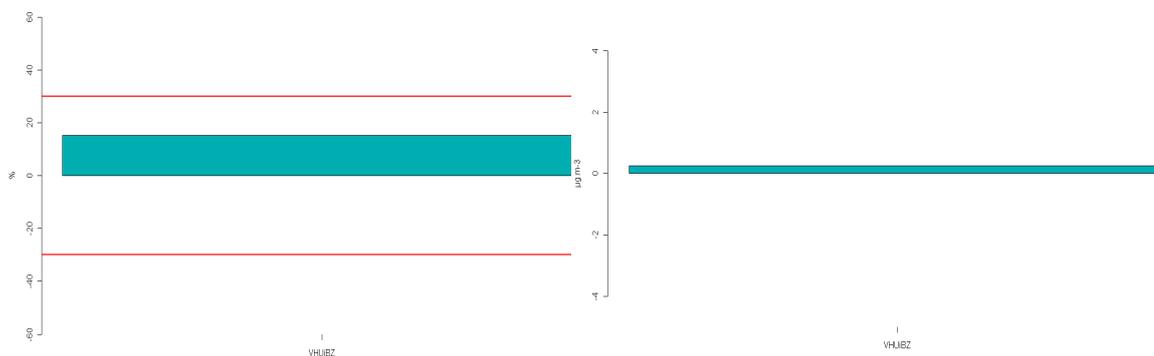


Figure 9 : biais normalisé (à gauche) et biais en $\mu\text{g.m}^{-3}$ (à droite) annuel du benzène

Le biais normalisé pour le benzène calculé sur la station de trafic du boulevard Victor-Hugo (VHUjBZ) est de +15%. Il respecte donc l'objectif de la directive européenne (50%). Le biais normalisé est ici à mettre en lien avec des niveaux faibles de concentrations observées. Ainsi, le biais en $\mu\text{g.m}^{-3}$ présente des écarts très faibles, inférieurs à $0,5 \mu\text{g.m}^{-3}$. Les teneurs annuelles en benzène sur ce site sont cependant légèrement surestimées.

le dioxyde de soufre

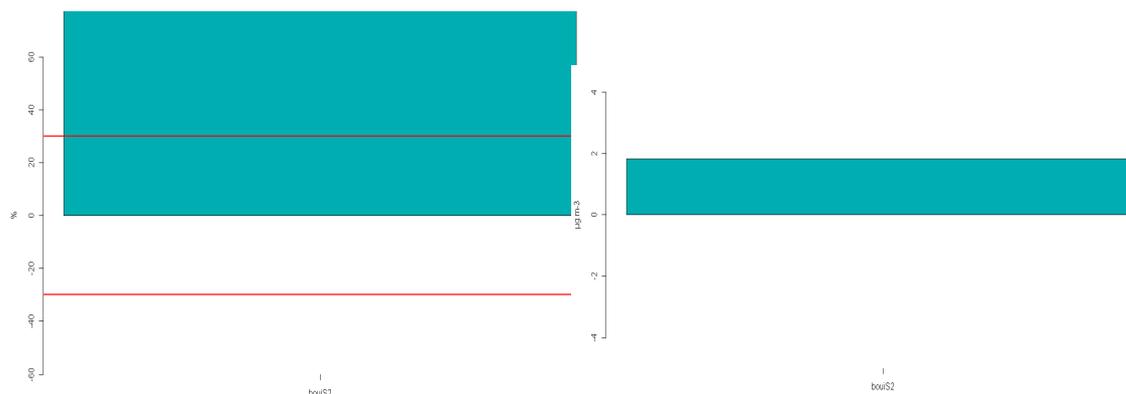


Figure 10 : biais normalisé (à gauche) et biais en $\mu\text{g.m}^3$ (à droite) annuel du dioxyde de soufre

La station urbaine Bouteillerie (bouiS2) présente un biais normalisé de +166%. Cette forte valeur est à mettre en lien avec des teneurs très faibles en polluant mesuré, de quelques $\mu\text{g.m}^3$. A cette échelle, des biais normalisés importants peuvent rapidement apparaître malgré une bonne adéquation mesure/modèle. A titre de comparaison, le biais en $\mu\text{g.m}^3$ est ici inférieur à $2 \mu\text{g.m}^3$. Le biais normalisé du dioxyde de soufre est peu robuste mais permet néanmoins de constater une surestimation du modèle sur ce site.

les métaux lourds

Concernant les métaux lourds, Air Pays de la Loire ne dispose pas de station fixe mesurant ces polluants sur l'ensemble de l'année 2008 sur Nantes Métropole. Cependant, Air Pays de la Loire réalise des campagnes de mesure autour des usines d'incinérations des ordures ménagères Arc-en-ciel et Valoréna. Les méthodologies de mesure des métaux lourds diffèrent des analyseurs sur station fixe et ne permettent pas d'avoir le même détail d'informations. En effet, ces campagnes de mesure qui s'étalent sur 7 semaines fournissent des moyennes hebdomadaires de concentrations.

Par ailleurs, les deux campagnes n'ont pas eu lieu durant les mêmes périodes. La campagne de mesure Arc-en-ciel s'est déroulée du 16 juillet au 3 septembre 2008 alors que la campagne Valoréna s'est déroulée du 16 mai au 2 juillet 2008.

Les biais présentés ci-dessous sont représentatifs des écarts mesure/modèle observés pendant les 7 semaines des campagnes de mesure. Ils ne peuvent en aucun cas être assimilés à des biais annuels. De plus, Les concentrations modélisées et mesurées sont très faibles, de l'ordre du ng.m^3 . Des biais relatifs importants peuvent ainsi aisément apparaître.

En dehors du plomb, il n'existe pas d'objectif de qualité fixé par la directive pour les métaux.

Les cartographies ci-dessous présentent l'implantation des sites de mesure pour les campagnes Arc-en-ciel et de Valoréna. La station Vélodrome n'a pas été utilisée pour les calculs de score car elle ne mesurait pas les métaux lourds.



Figure 11 : zoom sur le dispositif de mesure pendant les campagnes Arc-en-ciel (gauche) et Valoréna (droite)

l'arsenic

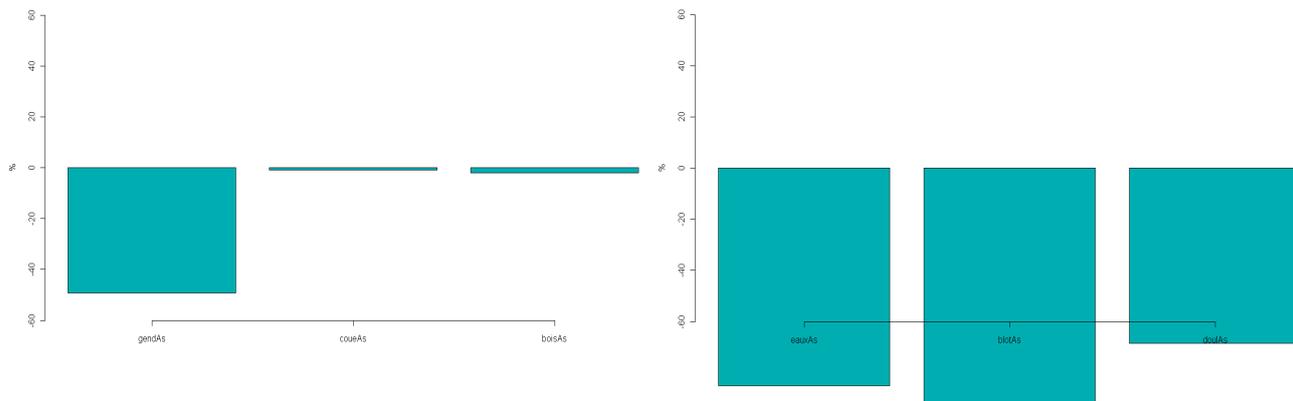


Figure 12 : biais normalisé de l'arsenic observé lors des campagnes de mesure Arc-en-ciel (à gauche) et Valoréna (à droite)

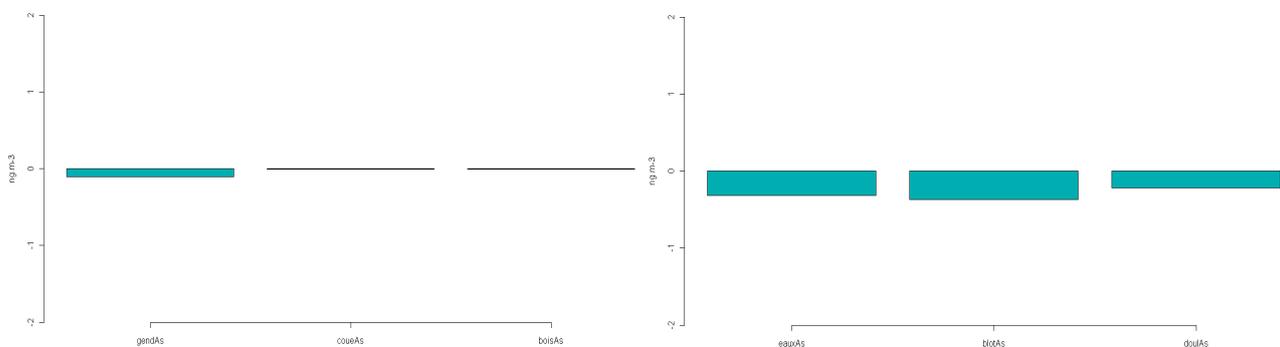


Figure 13 : biais en ng.m³ de l'arsenic observé lors des campagnes de mesure Arc-en-ciel (à gauche) et Valoréna (à droite)

Les biais normalisés pour l'arsenic sont très variables entre les deux campagnes de mesure. Une tendance générale à la sous-estimation du modèle est constatée durant cette période de l'année. Ces écarts importants sont à considérer avec précaution car les concentrations moyennes observées sont très faibles : 0.2 ng.m⁻³ en moyenne pour Arc-en-ciel et 0.5 ng.m⁻³ pour Valoréna. Les biais en ng.m⁻³ sont inférieurs à 0.3 ng.m⁻³ et sont compris dans le niveau d'incertitude de la mesure.

le cadmium

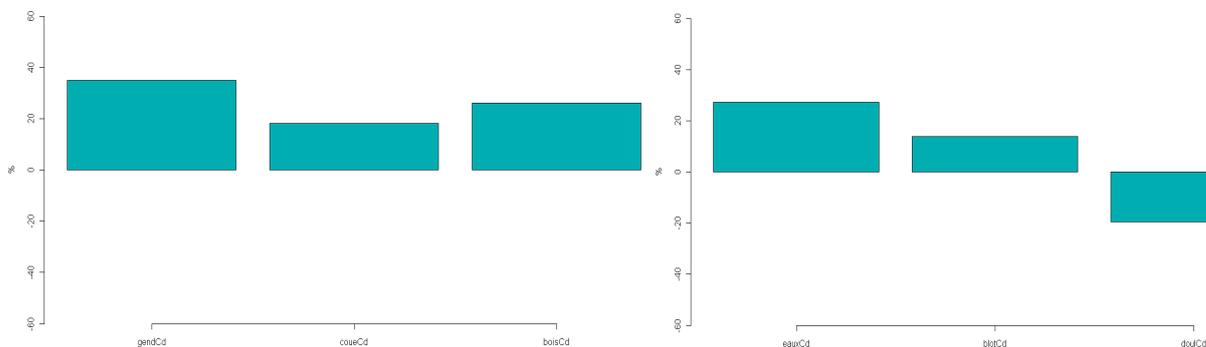


Figure 14 : biais normalisé du cadmium observé lors des campagnes de mesure Arc-en-ciel (à gauche) et Valoréna (à droite)

Les biais normalisés pour le cadmium sont inférieurs à 35 %. Le modèle présente une tendance générale à la surestimation des concentrations en cadmium. Les concentrations moyennes observées sont également très faibles et ne dépassent pas 0.1 ng.m⁻³.

le nickel

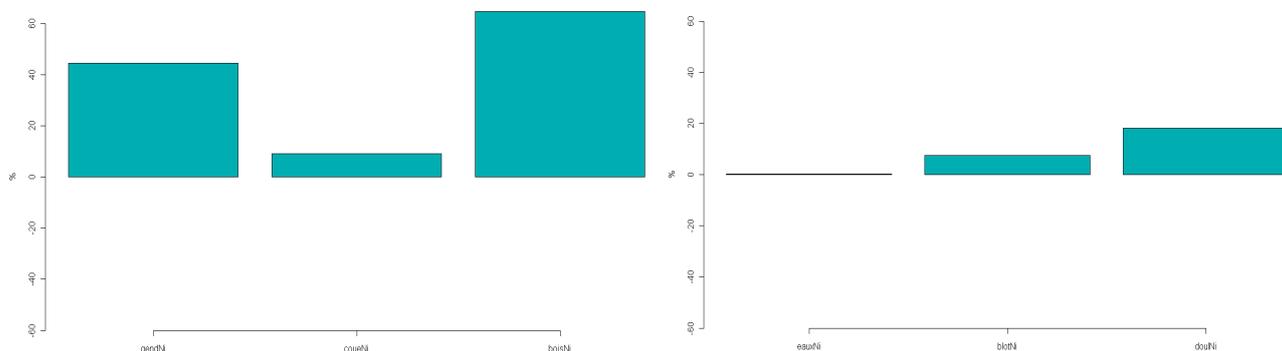


Figure 15 : biais normalisé du nickel observé lors des campagnes de mesure Arc-en-ciel (à gauche) et Valoréna (à droite)

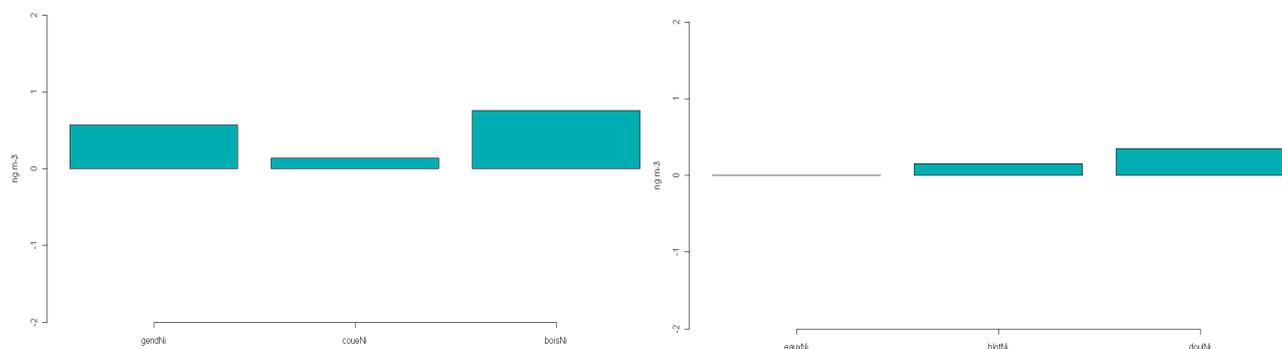


Figure 16 : biais en ng.m⁻³ du nickel observé lors des campagnes de mesure Arc-en-ciel (à gauche) et Valoréna (à droite)

Concernant le nickel, les biais normalisés sont relativement hétérogènes. Un écart maximum de 65% est constaté sur le site de Boiseau (boisNi). Ce site présente les concentrations mesurées les plus faibles, autour de 0.8 ng.m⁻³ et est égale au biais observé. Les autres sites présentent des concentrations mesurées comprises entre 1 et 2 ng.m⁻³, les biais y sont inférieurs à 0.5 ng.m⁻³.

le plomb

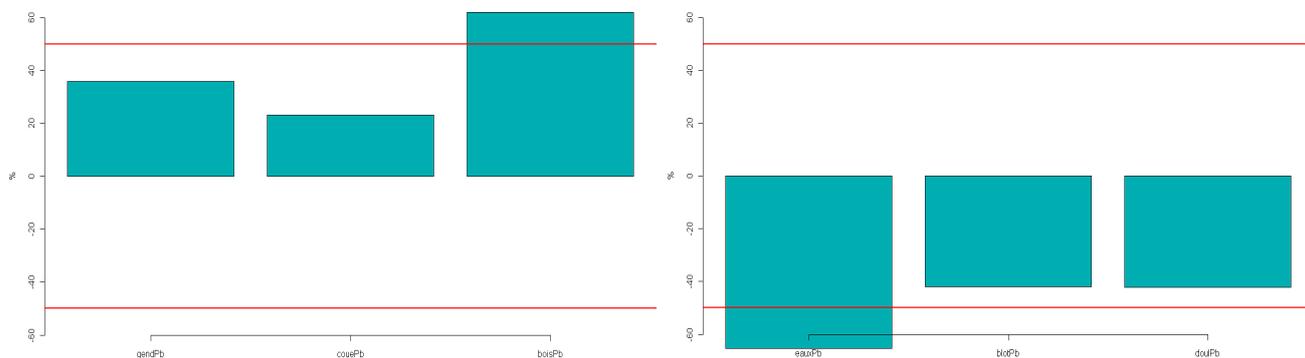


Figure 17 : biais normalisé du plomb observé lors des campagnes de mesure Arc-en-ciel (à gauche) et Valoréna (à droite)

Les biais normalisés pour le plomb sont hétérogènes. Une nette distinction entre les biais de la campagne de mesure Arc-en-ciel et les biais de la campagne de mesure Valoréna est constatable. Le modèle montre une tendance à la surestimation sur les sites de mesure d'Arc-en-ciel alors qu'il y a tendance à sous-estimer les concentrations sur les sites de mesure de Valoréna. L'objectif de qualité de 50% fixé par la directive ne s'applique pas dans ce cas particulier car il s'agit ici de biais relatif à 7 semaines de mesures et non de biais annuels.

Les concentrations mesurées sont comprises entre 1 et 2 ng.m^{-3} pour les sites d'Arc-en-ciel et entre 5 et 7 ng.m^{-3} pour les sites de Valoréna.

les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont une famille de composés organiques volatils (COV). Il existe plusieurs centaines de composés différents sous forme gazeuse ou particulaire. Seul le benzo(a)pyrène présente une valeur réglementaire en air ambiant (valeur cible de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle). A l'échelle de Nantes Métropole, Air Pays de la Loire possède une station mesurant le BaP. Les mesures de BaP dans l'air ambiant sont réalisées par préleveur fonctionnant 24h tous les 6 jours. Les filtres sont ensuite analysés en laboratoire.

le benzo(a)pyrène

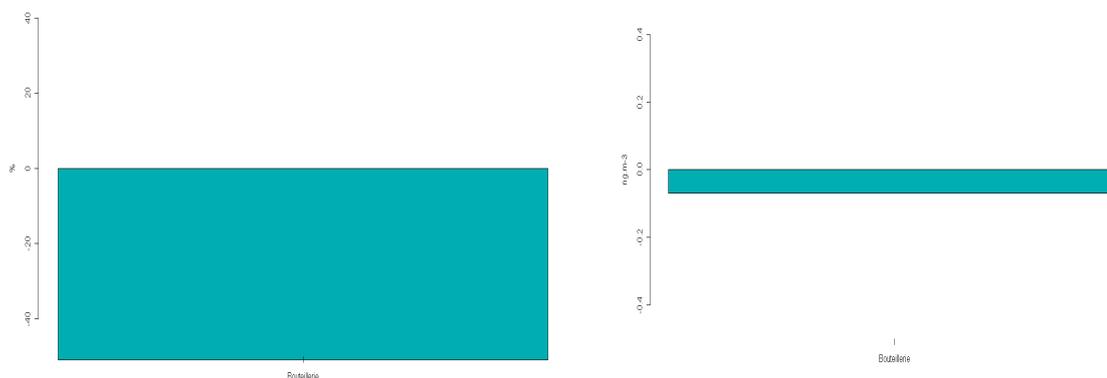


Figure 18 : biais normalisé (à gauche) et biais en ng.m^{-3} (à droite) du B(a)P

Le biais normalisé du benzo(a)pyrène est de -51% correspondant à un biais de 0,07 ng.m^{-3} . Ce biais indique une sous-estimation des concentrations par le modèle sur le site de Bouteillerie. Les concentrations observées sur ce site sont globalement inférieures à 0,25 ng.m^{-3} .

annexe 2 : seuils de qualité de l'air 2008

TYPE DE SEUIL (µg/m ³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone décrets 2002-213 du 15/02/02, 2003-1085 du 12/11/03 et 2007-1479 du 12/10/07 et 2008-1152 du 07/11/08 dir. 2008/50/CE du 21/05/08	Dioxyde d'azote décret 2002-213 du 15/02/02	Oxydes d'azote décret 2002-213 du 15/02/02	Poussières (PM10) décret 2002-213 du 15/02/02, avis de CSHPF du 06/06/96 et circulaire du 12/10/07	Poussières (PM2.5) dir. 2008/50/CE du 21/05/08	Plomb décret 2002-213 du 15/02/02 et 2007-1479 du 12/10/07	Benzène décret 2002-213 du 15/02/02	Monoxyde de carbone décret 2002-213 du 15/02/02	Dioxyde de soufre décret 2002-213 du 15/02/02	Arsenic	Cad- mium	Nickel	Benzo(a) pyrène
valeurs limites	moyenne annuelle	-	44 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾	40	30 ⁽⁷⁾	0,5	7 ⁽³⁾	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁷⁾ 220 ⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁹⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	1 ^{er} seuil : 240 ⁽¹⁰⁾ 2 ^e seuil : 300 ⁽¹⁰⁾ 3 ^e seuil : 360	400 200 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	125 ⁽¹⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 ⁽¹⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	-	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	65 ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	200 ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	25 ⁽¹⁶⁾	-	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁵⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2008 : 4 (valeur applicable à compter du 01/01/2010: 40)

(2) pour la protection de la végétation - applicable seulement sur les sites ruraux et périurbains

(3) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2008 : 2 (valeur applicable à compter du 01/01/2010: 5)

(4) pour la protection des écosystèmes - applicable seulement sur les sites ruraux

(5) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(7) à ne pas dépasser plus de 175h par an (percentile 98 annuel) – valeur applicable jusqu'au 31/12/2009

(8) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel) – valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2008 : 20 (valeur applicable à compter du 01/01/2010: 200)

(9) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(10) à ne pas dépasser plus de 3h consécutives

(11) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain

(12) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile

(13) pour la protection de la végétation: calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) en moyenne sur 5 ans à respecter au 1 janvier 2010

(15) pour la protection de la santé humaine : à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans à respecter au 1 janvier 2010

(16) valeur applicable au 1 janvier 2010

(17) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2008 : 5 (valeur applicable à compter du 01/01/2015: 25)

(18) seuils du CSHPF traduits en seuils de recommandation/information et d'alerte en avril 2008

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
AOT ₄₀	accumulated exposure over threshold 40
As	arsenic
BTX	benzène, toluène, xylènes
Cd	cadmium
C ₆ H ₆	benzène
CO	monoxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
CSHPF	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
Cu	cuivre
Dreal	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
Fe	fer
HAM	hydrocarbures aromatiques monocycliques
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
I-TEQ	équivalent toxiques dioxines et furannes
Meddtl	Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement
Mera	Mesure des REtombées Atmosphériques
ng	nanogramme (= 1 milliardième de gramme)
Ni	nickel
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NO _x	oxydes d'azote (= dioxyde d'azote + monoxyde d'azote)
O ₃	ozone
OMS	Organisation mondiale de la santé
pg	picogramme
PM ₁₀	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
PM _{2,5}	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
Ni	nickel
SO ₂	dioxyde de soufre
IRIS	plateforme régionale de prévision de la qualité de l'air d'Air Pays de la Loire
TU	temps universel
CTVD	Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets
US EPA	Agence américaine de protection de l'environnement
µg	microgramme (= 1 millionième de gramme)
Zn	zinc

airpays de la loire

7, allée Pierre de Fermat – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

