

RAPPORT D'ETUDE

PolluBPCO

Impact de la qualité de l'air sur les exacerbations de
Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO)
dans la Somme (2017-2018)



Credit photo : © Hans Fensch Architecture

Auteurs : Peggy Desmettres & Matthieu Ricoult
conjointement avec le Pr Claire Andrejak

Vérificateur : Benoit Rocq

Diffusion : Janvier 2019



Avant-propos

Atmo Hauts-de-France est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (décret 2007-397 du 22 mai 2007) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO. Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Atmo Hauts-de-France est agréé du 1^{er} janvier au 31 décembre 2018 au titre de l'article L.221-3 du Code de l'environnement.

Conditions de diffusion

Atmo Hauts-de-France communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-hdf.fr.

Responsabilités

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Hauts-de-France. Ces données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Avertissement

Atmo Hauts-de-France n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

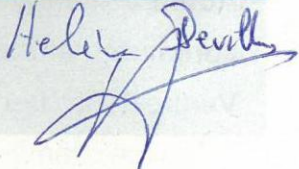
Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Hauts-de-France – Rapport N°01/2018/PDES/V0**.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Hauts-de-France :

- depuis le formulaire de contact disponible à l'adresse <http://www.atmo-hdf.fr/contact.html>
- par mail : contact@atmo-hdf.fr
- par téléphone : 03 59 08 37 30

Réclamations

Les réclamations sur la non-conformité de l'étude doivent être formulées par écrit dans les huit jours de la livraison des résultats. Il appartient au partenaire de fournir toute justification quant à la réalité des vices ou anomalies constatées. Il devra laisser à Atmo Hauts-de-France toute facilité pour procéder à la constatation de ces vices pour y apporter éventuellement remède. En cas de litige, un accord amiable sera privilégié. Dans le cas où une solution n'est pas trouvée la résolution s'effectuera sous l'arbitrage des autorités compétentes.

	Nom	Qualité	Visa
Approbation	Benoit Rocq	Directeur Adjoint	P/O 

Version du document : V0 basé sur trame vierge : EN-ETU-20

Date d'application : 11 janvier 2018

Sommaire

1. Synthèse de l'étude.....	7
2. Enjeux et objectifs de l'étude	8
3. Organisation de l'étude.....	11
3.1. Recrutement des patients par le CHU Amiens-Picardie.....	11
3.2. Fourniture de données de surveillance par Atmo Hauts-de-France	11
3.3. Réunions.....	13
3.4. Volet modélisation.....	13
3.5. Analyse statistique et aspect réglementaire	14
4. Contexte environnemental	15
4.1. Emissions connues.....	15
4.2. Contexte météorologique.....	18
4.3. Episodes de pollution	19
4.4. Surveillance des pollens.....	21
4.5. Surveillance des nuisances olfactives	22
5. Résultats de l'étude	23
5.1. Population incluse.....	23
5.2. Bilan météorologique	24
5.3. Interprétation des mesures d'air ambiant	25
5.4. Surveillance des pollens.....	42
5.5. Surveillance des nuisances olfactives	44
5.6. Traitement statistique.....	45
6. Travaux de modélisation.....	46
6.1. Paramètres de la modélisation	46
6.2. Estimation des émissions	51
6.3. Résultats des simulations.....	56
7. Conclusion et perspectives.....	65

Annexes

Annexe 1 : Origines et impacts des polluants surveillés.....	68
Annexe 2 : Modalités de surveillance	70
Les stations de mesures.....	70
Critères d'implantation des stations fixes	70
Techniques de mesures	72
Annexe 3 : Fiches des émissions de polluants	74
Annexe 4 : Repères réglementaires.....	76
Annexe 5 : Modèle ADMS Urban.....	78

Illustrations

Figure 1 : Carte InVS des concentrations annuelles en PM2.5 en France, pour l'année 2010.....	8
Figure 2 : Image aérienne issue de Google Earth présentant la localisation des stations fixes de mesure de la qualité de l'air sur l'agglomération d'Amiens.....	12
Figure 3 : Emissions des polluants de l'étude issues des différents secteurs d'activités, sur le territoire d'Amiens Métropole (inventaire des émissions d'Atmo Hauts-de-France – source Base_A2012_M2012_V5).....	16
Figure 4 : Carte des principaux émetteurs sur l'agglomération d'Amiens.....	17
Figure 5 : Rose des vents d'Amiens-Glisy [1 ^{er} janvier au 31 décembre 2017].....	18
Figure 6 : Bilan des épisodes de pollution atmosphérique en région Hauts-de-France, au cours de l'année 2017.....	19
Figure 7 : Bilan des épisodes de pollution atmosphérique sur la Somme, au cours de l'année 2017.....	20
Figure 8 : Nombre de patients inclus par jour, pour chaque mois de l'année 2017.....	24
Figure 9 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en NO ₂	26
Figure 10 : Evolution des concentrations journalières en NO ₂ sur le 1 ^{er} trimestre 2017.....	27
Figure 11 : Evolution des concentrations journalières en NO ₂ sur le 2 ^{ème} trimestre 2017.....	27
Figure 12 : Evolution des concentrations journalières en NO ₂ sur le 3 ^{ème} trimestre 2017.....	28
Figure 13 : Evolution des concentrations journalières en NO ₂ sur le dernier trimestre 2017.....	28
Figure 14 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en O ₃	30
Figure 15 : Evolution des concentrations journalières en O ₃ sur le 1 ^{er} trimestre 2017.....	31
Figure 16 : Evolution des concentrations journalières en O ₃ sur le 2 ^{ème} trimestre 2017.....	31
Figure 17 : Evolution des concentrations journalières en O ₃ sur le 3 ^{ème} trimestre 2017.....	32
Figure 18 : Evolution des concentrations journalières en O ₃ sur le dernier trimestre 2017.....	32
Figure 19 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en PM10.....	34
Figure 20 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le 1 ^{er} trimestre 2017.....	35
Figure 21 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le 2 ^{ème} trimestre 2017.....	35
Figure 22 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le 3 ^{ème} trimestre 2017.....	36
Figure 23 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le dernier trimestre 2017.....	36
Figure 24 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en PM2.5.....	38
Figure 25 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le 1 ^{er} trimestre 2017.....	39
Figure 26 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le 2 ^{ème} trimestre 2017.....	39
Figure 27 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le 3 ^{ème} trimestre 2017.....	40

<i>Figure 28 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le dernier trimestre 2017</i>	40
<i>Figure 29 : Evolution du nombre total de grains pour la surveillance pollinique entre 2013 et 2017</i>	42
<i>Figure 30 : Bilan chiffré de la surveillance pollinique en 2017</i>	42
<i>Figure 31 : Nombre d'inclusions patients au regard de l'évolution des comptages journaliers en pollens sur la période de surveillance pollinique du 14/02 au 10/09/2017</i>	42
<i>Figure 32 : Nombre d'inclusions patients au regard de l'évolution du RAEP sur la période de surveillance pollinique du 21/02 au 18/09/2017</i>	43
<i>Figure 33 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des déclarations journalières de nuisances olfactives</i>	44
<i>Figure 34 : Domaine de modélisation (33 communes) et périmètre de prise en compte des sources d'émission</i>	47
<i>Figure 35 : Maillage utilisé pour le modèle urbain d'Amiens Métropole : à gauche, une vue d'ensemble sur le périmètre de l'agglomération ; à droite, un zoom sur le centre-ville d'Amiens, qui permet d'identifier à la fois un maillage régulier et divers points placés en proximité d'un axe routier</i>	48
<i>Figure 36 : Localisation des patients samariens (en nombre de patients par commune)</i>	49
<i>Figure 37 : Rose des vents mesurés sur la station Amiens-Glisy pour l'année 2017 – produite par le modèle ADMS Urban</i>	50
<i>Figure 38 : Tronçons routiers pris en compte pour la modélisation</i>	52
<i>Figure 39 : Sources d'émissions industrielles ponctuelles et surfaciques prises en compte dans la modélisation. Certaines sources ponctuelles sont masquées : 3 d'entre-elles appartiennent au même établissement, pour celui-ci une seule source est visible à l'échelle de la carte</i>	53
<i>Figure 40 : Réseau ferroviaire et fluvial pris en compte dans la modélisation</i>	54
<i>Figure 41 : Emissions agricoles agrégées sur un maillage kilométrique - émissions en particules PM10 (g/m²/s)</i>	55
<i>Figure 42 : Grille cadastre - émissions en NO₂ (en g/m²/s) – 2017</i>	56
<i>Figure 43 : Zoom de la carte annuelle 2017 de modélisation pour le NO₂ sur le centre d'Amiens – et sur la commune de Saint-Saufieu, au sud de la métropole - avec localisation des patients et concentrations modélisées à leurs adresses. Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse. (Comparaison à la valeur limite annuelle 40 µg/m³)</i>	61
<i>Figure 44 : Zoom de la carte annuelle 2017 de modélisation pour les particules PM10 sur le centre d'Amiens – et sur la commune de Saint-Saufieu, au sud de la métropole - avec localisation des patients et concentrations modélisées à leurs adresses. Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse. (Comparaison à la valeur limite annuelle 40 µg/m³)</i>	62
<i>Figure 45 : Zoom de la carte annuelle 2017 de modélisation pour les particules PM2.5 sur le centre d'Amiens – et sur la commune de Saint-Saufieu, au sud de la métropole - avec localisation des patients et concentrations modélisées à leurs adresses. Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse. (Comparaison à la valeur limite annuelle 25 µg/m³)</i>	63
<i>Figure 46 : Représentation cartographique des concentrations en ozone obtenues par modélisation à</i>	

l'adresse des patients habitant en centre-ville d'Amiens – et sur la commune de Saint-Saufieu, au sud de la métropole - Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse (valeurs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....64

Tableaux

<i>Tableau 1 : Méthodologies et normes relatives à la mesure des analyseurs</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 2 : Polluants mesurés par les stations fixes pendant l'étude (année 2017).....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 3 : Calendrier des réunions d'échanges entre le CHU Amiens-Picardie et Atmo Hauts-de-France (2017-2018).....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 4 : Nombre moyen par jour de patients consultant pour exacerbation de BPCO au cours de l'année 2017.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 5 : Taux de fonctionnement par polluant et station fixe pour l'année 2017.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 6 : Résultats en dioxyde d'azote (NO₂) sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 7 : Résultats en ozone (O₃) sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 8 : Résultats en particules en suspension PM10 sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017</i>	<i>33</i>
<i>Tableau 9 : Résultats en particules fines PM2.5 sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017.....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 10 : Nombre de signalements d'odeurs entre décembre 2016 et décembre 2017.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 11 : Erreurs relatives du modèle par rapport aux mesures sur les trois stations du domaine d'étude</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 12 : Valeurs guides à prendre en compte et intervalles souhaités pour une bonne aptitude du modèle à reproduire les niveaux mensuels et trimestriels (donnée de base horaire pour une mesure par analyseur) (nd = non défini).....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 13 : Résultats statistiques complets du modèle urbain de l'agglomération d'Amiens Métropole pour la comparaison modèle / mesure (nd = non défini).....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 14 : Moyennes annuelles en NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ modélisées à l'adresse des 58 patients. Les valeurs minimales de concentrations par polluant sont indiquées en bleu, les valeurs maximales sont en rouge.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau 15 : Extrémums de concentrations modélisées pour les différents polluants et étendue de chaque série</i>	<i>60</i>

1. Synthèse de l'étude

Objectif des mesures : Etudier l'impact de la qualité de l'air sur les exacerbations de BPCO dans la Somme.

Lieu des mesures : Territoire de la Communauté d'Agglomération d'Amiens Métropole.

Le CHU Amiens-Picardie et la Clinique de l'Europe ont inclus les patients se présentant aux urgences, pour exacerbation de BPCO.

En parallèle, les données journalières de qualité d'air ont été recueillies sur les 3 stations fixes d'Atmo Hauts-de-France (urbaine, péri-urbaine et proximité automobile), puis modélisées sur le territoire d'Amiens Métropole.



Dates des mesures : du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017.

Polluants mesurés :

Polluants réglementés	Respect des valeurs réglementaires
Dioxyde d'azote	●
Particules PM10	●
Particules PM2.5	●
Ozone	●

« ● » Valeur réglementaire respectée

« ● » Valeur réglementaire non respectée

Ce tableau prend en compte trois types de valeurs réglementaires rappelées en annexe 4 : la valeur limite, l'objectif de qualité et la valeur cible. Les seuils réglementaires entrant dans les procédures d'information et de recommandation, et d'alerte (procédures permettant de caractériser un épisode de pollution) ne sont ici pas pris en compte. Il est ainsi possible, pour une année donnée, que les valeurs réglementaires aient été respectées et qu'en même temps il y ait eu des épisodes de pollution caractérisés.

Les pollens et les nuisances olfactives, surveillés par Atmo Hauts-de-France sur Amiens, ont également été inclus dans l'étude. Ces polluants ne font l'objet d'aucune réglementation.

Résultats : ce qu'il faut retenir !

En 2017, 240 consultations pour exacerbation de BPCO ont été enregistrées (68% CHU et 32% Clinique). 168 patients ont ainsi été inclus (62% d'hommes et 38% de femmes), vivant majoritairement en milieu péri-urbain et âgés en moyenne de 69,2 ans. 24,4 % d'entre eux ont fait 2 exacerbations ou plus dans l'année.

Concernant la qualité de l'air en 2017, les valeurs réglementaires annuelles ont été respectées par toutes les stations de mesures d'Amiens Métropole, sauf les objectifs à long terme pour la protection de la santé et la protection de la végétation pour l'ozone, ainsi que l'objectif de qualité pour les particules fines inférieures à 2,5 µm (PM2.5). Des épisodes de pollution ont néanmoins été recensés pour les particules PM10, ainsi que pour l'ozone.

En hiver, les pics de consultations ont eu lieu entre 3 et 5 jours après le début de l'épisode de pollution aux particules PM10, en lien également avec la grippe. En été, la canicule a eu une incidence sur le pic de consultations observé, concomitant à un pic d'ozone.

Un lien est mis en évidence entre l'augmentation des concentrations en NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ et les consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO.

2. Enjeux et objectifs de l'étude

Plusieurs études montrent un lien potentiel entre qualité de l'air et BPCO (Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive). L'équipe de Bloemsma et al. a réalisé une méta-analyse sur 25 études pour évaluer le rôle des polluants sur la fonction ventilatoire¹. Elle retrouvait qu'une élévation de 10 µg/m³ des niveaux dans l'air ambiant des particules de moins de 10 µm de diamètre (particules en suspension PM10) avait un impact faible mais significatif sur le volume expiratoire maximal seconde (VEMS) de -3,38 mL et de 0,61 L/min du débit expiratoire de pointe. Des données sont également disponibles en termes de mortalité des patients BPCO. La plus grande étude est celle de Sunyer et Basagana, qui ont évalué 2 305 patients BPCO de plus de 35 ans en Espagne et ont retrouvé qu'une augmentation de plus de 27 µg/m³ de PM10 augmentait la mortalité toutes causes de ces patients de 11%². Ainsi, on retrouve une mortalité augmentée, un déclin accéléré du VEMS, et probablement aussi une augmentation du taux des hospitalisations des patients BPCO. Dans une grande étude américaine, s'intéressant aux patients admis pour maladies respiratoires et cardiaques dans 10 villes américaines, était retrouvée une augmentation de 2,5% des hospitalisations pour BPCO lors des augmentations de plus de 10 µg/m³ des PM10 sur une période de 5 jours³. D'autres études semblent montrer des résultats équivalents avec l'ozone (O₃) ou le dioxyde d'azote (NO₂)^{4,5,6}.

En France, la BPCO touche environ 1,7 million de personnes. Elle est la 1^{ère} cause de mortalité par maladie respiratoire non cancéreuse et la 3^{ème} cause de décès due au tabac après les cancers bronchiques et les maladies cardiovasculaires. Le taux de mortalité de la BPCO est de 9,2%. Elle est au 1^{er} rang des dépenses de santé (coût annuel de 6 100 €/malade), en raison d'une surconsommation d'antibiotiques et d'absentéisme. Dans les Hauts-de-France, le taux d'hospitalisation et de mortalité lié à la BPCO est supérieur de 20% à la moyenne nationale.

En Picardie, deux particularités sont relevées :

1 – une exposition élevée aux particules fines PM2.5 :

En effet, selon une carte de l'Institut de Veille Sanitaire (données InVS, année 2010) montrant les concentrations annuelles en France en particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2.5) par commune, la Picardie se situe dans les régions les plus polluées, avec une concentration en PM2.5 comprise entre 10 et 25 µg/m³.

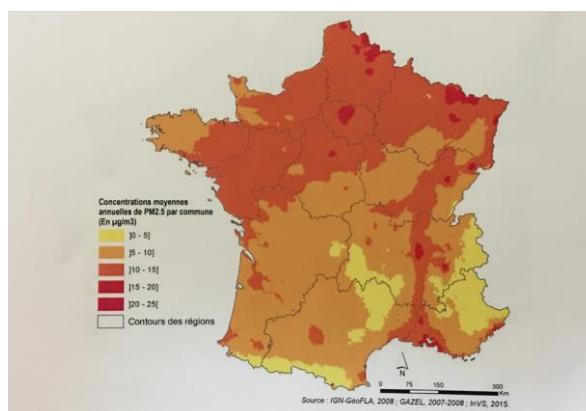


Figure 1 : Carte InVS des concentrations annuelles en PM2.5 en France, pour l'année 2010

¹ Bloemsma LD, Hoek G, Smit LAM. Panel studies of air pollution in patients with COPD : systematic review and meta-analysis. *Environmental Res* 2016 ; 151 : 458-468

² Sunyer J, Basagana, X. Particles, and not gases, are associated with the risk of death in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Epidemiol* 2001 ; 30 : 1138-40

³ Zanobetti A, Schwartz J, Dockery DW. Airborne particles are a risk factors for heart and lung diseases. *Environ Health Perspect* 2000 ; 108 : 1127-34

⁴ Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006 ; 295 : 1127-34

⁵ Medina-Ramon M, Zanobetti A, Schwartz J. The effects of ozone and PM10 on hospital admissions for pneumonia and chronic obstructive pulmonary disease : a national multicity study. *Am J Epidemiol* 2006 ; 163 : 579-88

⁶ Anderson HR, Spix C, Medina S et al. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities : results from the APHEA project. *Eur Respir J* 1997 ; 10 : 1064-71

S'agissant des particules en suspension PM10, les données sur l'impact à court terme de ces particules sur la mortalité dans 17 villes françaises de 2007 à 2010, publiées dans le BEH (N°1-2/2015), montraient que Lille (située à 150 km d'Amiens) est la 2ème ville la plus polluée, juste derrière Marseille⁷. Avec une concentration moyenne en particules en suspension PM10 de 30,9 µg/m³, elle se place ainsi devant Paris et Lyon.

2 – un excès de mortalité et d'hospitalisations pour exacerbation de BPCO :

Les données de l'InVS montrent d'importantes disparités régionales en termes de BPCO. Ainsi, les régions Hauts-de-France et l'Est ont un taux supérieur de plus de 20% de mortalité chez les patients BPCO⁸. On retrouve également un taux d'hospitalisation liée à une exacerbation de BPCO supérieur de plus de 20% à la moyenne nationale dans notre région, chez les adultes de plus de 25 ans (données InVS, année 2012).

Il convient donc d'évaluer cet excès de taux d'hospitalisation pour exacerbation des patients BPCO en Picardie et la surmortalité de cette population dans notre région. Compte-tenu des données épidémiologiques, un lien entre excès d'exacerbations de BPCO et pollution atmosphérique semble tout à fait possible.

Dans ces conditions, le CHU Amiens-Picardie a souhaité corréliser la qualité de l'air avec les variations des taux d'exacerbations de BPCO sur le territoire d'Amiens Métropole, en s'associant à Atmo Hauts-de-France, afin de voir s'il existe une corrélation entre les pics d'exacerbation de BPCO et les pics de pollution, ainsi qu'au regard des données journalières de qualité de l'air. Pour cela, Atmo Hauts-de-France a recueilli les données quotidiennes de qualité d'air sur le territoire d'Amiens Métropole : dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃), particules en suspension PM10 et particules fines PM2.5 (descriptif des polluants en annexe 1), ainsi que les données de nuisances olfactives (surveillance des odeurs) et les données polliniques (surveillance des pollens) sur Amiens, au cours de l'année 2017. Cette période d'une année complète permet ainsi de prendre en compte les variations saisonnières et de s'affranchir d'autres variables explicatives confondantes : données épidémiologiques grippe, température, humidité, etc., qui pourraient avoir un impact sur le taux d'exacerbation de BPCO et fausser les données. En parallèle, le CHU Amiens-Picardie et la Clinique de l'Europe, partenaire du projet, ont inclus tous les patients se présentant aux urgences pour exacerbation de BPCO, sur cette même période (ces deux structures de soins ayant des urgences et recevant la majorité des patients d'Amiens Métropole et des environs).

Les données d'incidence d'exacerbations seront représentées graphiquement sur l'année, avec en parallèle les données d'incidence grippe, les données température et les saisons.

Atmo Hauts-de-France, en plus des données journalières, produira des cartes de modélisation pour les polluants atmosphériques surveillés par ses stations de mesures fixes.

Tous les trimestres, le CHU Amiens-Picardie a analysé les courbes d'incidences d'exacerbation de BPCO, qui ont été comparées aux données d'Atmo Hauts-de-France. En cas d'événement (excès de taux d'admissions aux urgences) non expliqué par un pic de pollution, des données spécifiques concernant les patients ont été prises en compte : données pour chaque patient sur les 5 jours précédents son admission au niveau de l'air de son domicile et de son lieu de travail.

⁷ Corso M, Pascal M, Wagner V et al. Impact à court terme des particules en suspension (PM10) sur la mortalité dans 17 villes françaises de 2007 à 2010. *BEH* 2015 ; 1-2 : 14-20

⁸ Henschel S, Atkinson R, Zeka A et al. Air pollution interventions and their impact on public health. *Int J Public Health*. 2015 ; 57 : 757-68

Si la corrélation entre pollution de l'air et BPCO est retrouvée, des mesures pour essayer d'améliorer la qualité de l'air à l'échelle de la population générale, mais aussi à l'échelle individuelle, pourront être proposées. Des études ont montré que ce type d'action pourrait avoir un bénéfice direct sur la fonction ventilatoire de ces patients. Une revue récente montrait que les interventions globales sur la pollution de l'air avaient permis une amélioration de la qualité de l'air et étaient associées à une amélioration de la santé, notamment en réduisant la morbi-mortalité cardiovasculaire et respiratoire⁹.

La mise en évidence d'un lien entre sur-hospitalisation pour exacerbation dans notre région par rapport à la moyenne nationale et augmentation de la pollution atmosphérique pourrait être un bon élément pour la prise de décision des pouvoirs publics pour améliorer la qualité de l'air.

Cette étude a été réalisée sur le territoire d'Amiens-Métropole et financée par le CHU Amiens-Picardie, dans le cadre d'une convention de partenariat de recherche avec Atmo Hauts-de-France.

⁹ Youcheng Liu et al. Impact of air quality guidelines on COPD sufferers. *International Journal of COPD*. Avril 2016

3. Organisation de l'étude

3.1. Recrutement des patients par le CHU Amiens-Picardie

Toutes les exacerbations de BPCO diagnostiquées aux urgences du CHU Amiens-Picardie ou de la Clinique de l'Europe, entre le 1er janvier et le 31 décembre 2017, qu'elles nécessitent ou non une hospitalisation, ont été incluses. Ainsi, des patients pouvaient être inclus à chaque épisode d'exacerbation et donc à plusieurs reprises. Le « patient BPCO » inclus dans l'étude est défini comme tout patient tabagique ou ex-tabagique présentant un trouble ventilatoire obstructif (VEMS / CVF < 0,7) non réversible, comme défini par la Haute Autorité de Santé. Les patients pour lesquels un diagnostic clinique de BPCO est fort probable (patient tabagique avec toux et expectorations chroniques quotidiennes pendant au moins 3 mois par an pendant 2 années consécutives), mais dont les EFR (Exploration Fonctionnelle Respiratoire) sont non disponibles, pouvaient être inclus dans l'étude. Était systématiquement recherché a posteriori dans le dossier médical si le patient avait bénéficié d'EFR à distance de son exacerbation, confirmant le diagnostic de BPCO.

L'exacerbation est définie comme une majoration des symptômes respiratoires, débutant de façon aiguë, durant plus de 48 heures, ou justifiant une modification thérapeutique d'après la Haute Autorité de Santé.

Il n'y a pas eu de calcul de sujet nécessaire dans cette étude, car l'équipe projet du CHU a inclus toutes les exacerbations de patients se présentant aux urgences du CHU et de la Clinique, sur une période d'un an. Toutefois, le recueil de ces mesures quotidiennes doit permettre de faire des analyses statistiques robustes.

Les inclusions ont été réalisées avec information du patient sur le projet, via les urgentistes des 2 structures, qui repéraient les patients éligibles et l'inclusion définitive a été faite par un pneumologue de l'établissement. Une lettre d'information a été remise au patient (patients volontaires et données anonymisées). Ont été recueillis, après information du patient, le lieu de domicile du patient, le lieu de travail, les données spirométriques si elles étaient disponibles, le diagnostic final et la nécessité ou non d'une hospitalisation.

3.2. Fourniture de données de surveillance par Atmo Hauts-de-France

L'Observatoire de l'air en région a fourni et analysé les données journalières de qualité de l'air ambiant sur Amiens (concentrations en PM10, PM2.5, NO₂ et O₃), pour l'année 2017 ayant servi au recrutement des patients.

3.2.1. Dispositif de mesures de l'étude

Les mesures automatiques ont été effectuées par les 3 stations de mesures de l'agglomération d'Amiens.

Les concentrations en polluants sont relevées tous les quarts d'heure, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

3.2.3. Dispositif de référence

Selon leurs critères d’implantation et les caractéristiques environnementales, les 3 stations fixes d’Atmo situées à Amiens (zone de l’étude) ne mesurent pas systématiquement les mêmes polluants (descriptif des stations fixes en annexe 2). Le tableau ci-dessous reprend les polluants mesurés par chacune des stations fixes de référence pendant la période d’étude :

Station fixe	Oxydes d'azote	Ozone	Particules en suspension PM10	Particules fines PM2.5	Paramètres météorologiques
Salouël (périurbaine)	■	■	■		
Amiens St-Pierre (urbaine)	■	■	■	■	
Amiens 14 juillet (trafic)	■		■		
Amiens-Glisy (Météo France)					■

Tableau 2 : Polluants mesurés par les stations fixes pendant l’étude (année 2017)

Atmo Hauts-de-France a fourni également au CHU Amiens-Picardie ses données de surveillance aérobiologique, pour la période de février à septembre, et les données relatives aux déclarations d’odeurs du Réseau de Nez mis en place avec Amiens Métropole, ainsi que les déclarations publiques sur l’application ODO d’Atmo Hauts-de-France.

3.3. Réunions

Des réunions d’échanges trimestrielles ont permis de faire le point sur les phénomènes atmosphériques atypiques sur le territoire et d’échanger sur l’état d’avancement du projet.

Calendrier des réunions en 2017-2018	Bilan du 1 ^{er} Trim. 2017	Bilan du 2 ^{ème} Trim. 2017	Bilan du 3 ^{ème} Trim. 2017	Bilan du 4 ^{ème} Trim. 2017	Travaux de modélisation	Exploitation des résultats	Actions de communication
Calendrier 2017	19/04	05/07	12/10	-	-	-	-
Calendrier 2018	-	-	-	30/01	18/04	15/10	26/11

Tableau 3 : Calendrier des réunions d’échanges entre le CHU Amiens-Picardie et Atmo Hauts-de-France (2017-2018)

3.4. Volet modélisation

Les données de concentrations journalières recueillies en 2017 ont été modélisées, aux adresses des patients résidant sur l’agglomération amiénoise (polluants PM10, PM2.5, NO₂ et O₃).

3.5. Analyse statistique et aspect réglementaire

Il s'agit d'une étude multicentrique, prospective, épidémiologique, observationnelle, portant sur les centres du CHU Amiens-Picardie et de la Clinique de l'Europe, durant une période d'un an (du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017). Cette période d'une année est choisie délibérément pour prendre en compte l'impact des variations saisonnières sur les taux d'exacerbations des patients BPCO.

Sur le plan clinique, chaque exacerbation de BPCO diagnostiquée aux urgences du CHU et de la Clinique a été incluse. Une lettre d'information a été remise au patient. Le CHU Amiens-Picardie a recueilli, après information du patient, le lieu du domicile, le lieu de travail, les données spirométriques si elles étaient disponibles, le statut tabagisme actif ou sévère, le statut vaccinal, la notion d'une allergie connue ou non, le diagnostic final retenu et la nécessité ou non d'une hospitalisation. Le CHU a attribué un numéro d'épisode sur l'année (premier, deuxième, ...) afin de prendre en compte le profil particulier des exacerbateurs fréquents. L'équipe projet du CHU est régulièrement passée aux urgences et dans les services de pneumologie de la Clinique et du CHU afin de sensibiliser les urgentistes et les pneumologues à l'étude et les inciter à inclure les patients. Afin d'être le plus exhaustif possible, le CHU a recherché également, grâce au logiciel « resurgence » (logiciel utilisé aux urgences du CHU Amiens-Picardie), sur des périodes de 3 mois, tous les patients pour lesquels les mots clés « dyspnée », « exacerbation », « BPCO » étaient retrouvés dans l'observation d'entrée. Les patients correspondant aux critères d'inclusions ont ensuite été sélectionnés et appelés pour leur proposer l'étude.

Les données d'incidence d'exacerbations ont été représentées graphiquement sur l'année avec en parallèle les données d'incidence grippe, les données température et les saisons.

Le critère de jugement principal est le nombre d'exacerbations de BPCO (variable d'intérêt à expliquer). Les autres variables recueillies sont les variables « explicatives » (données sur la qualité de l'air en PM2.5, PM10, NO₂ et O₃).

Il n'y a pas eu de calcul de sujet nécessaire dans cette étude, car toutes les exacerbations de patients se présentant aux urgences du CHU et de la Clinique sur cette période d'un an ont été incluses. Ainsi, le recueil de 365 mesures quotidiennes devrait permettre de faire des analyses statistiques robustes.

Afin de tenir compte de l'autocorrélation entre les données, l'association entre le nombre quotidien d'exacerbations et chacune des variables mesurant la qualité quotidienne de l'air (PM10, PM2.5, NO₂ et O₃) a été recherchée à l'aide de séries chronologiques avec un modèle de type ARIMA.

Une analyse ajustée sur la température, la grippe, l'humidité, la pollution olfactive et les pollens a été réalisée. Dans ce cadre, le logiciel SAS® version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC) a été utilisé.

Cette étude a été soumise au CPP avant la loi Jardé et a obtenu un avis favorable du CPP Nord-Ouest II le 30/11/2016 en tant que recherche non interventionnelle, sous le numéro RNI2016-42. Les déclarations CNIL ont également été faites.

4. Contexte environnemental

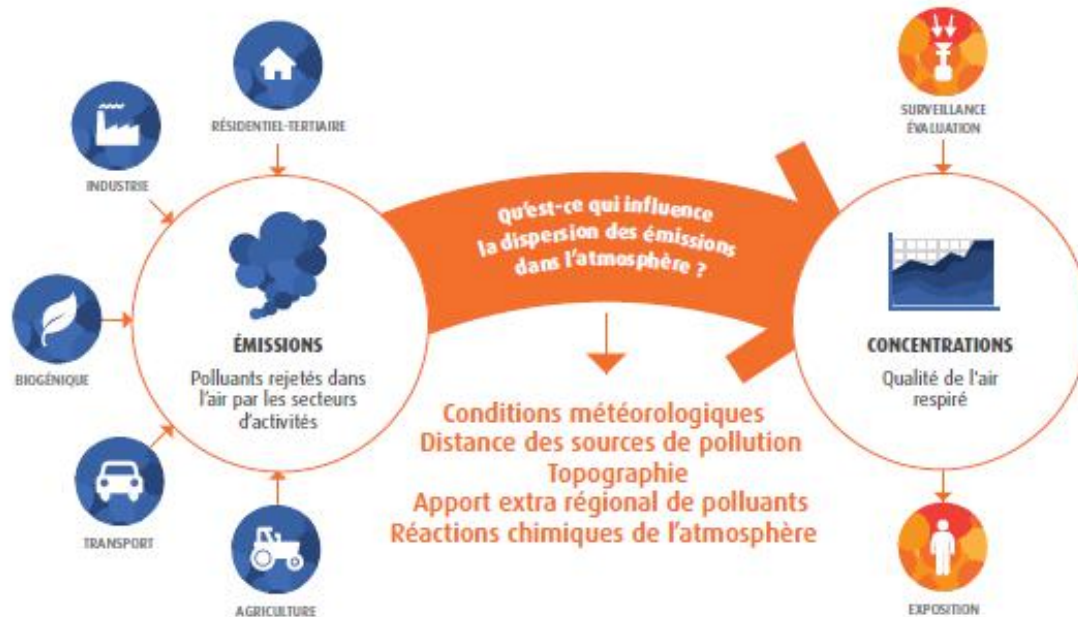
Ce paragraphe recense des éléments liés à la qualité de l'air permettant d'interpréter les résultats de l'étude et pouvant avoir un impact sur celle-ci, tels que : les émissions, la météorologie et les épisodes de pollution. La surveillance des pollens et celle des nuisances olfactives, spécifiques au territoire de l'étude, seront également abordées.

4.1. Emissions connues

Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère :

- par les activités humaines (cheminées d'usine ou de logements, pots d'échappement, agriculture...),
- par des sources naturelles (composés émis par la végétation et les sols, etc.).

DES ÉMISSIONS AUX CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS L'ATMOSPHÈRE



L'inventaire des émissions de polluants consiste à identifier et recenser la quantité des polluants émis par secteur d'activité, sur une zone et une période données.

4.1.1. Précisions sur les principaux émetteurs anthropiques de la zone d'étude

Les données utilisées et présentées dans les graphes suivants sont issues de l'inventaire des émissions de l'année 2012, réalisé par Atmo Hauts-de-France, selon la méthodologie définie en 2012 (source Base_A2012_M2012_V5). Elles sont présentées à l'échelle de la **Communauté d'Agglomération d'Amiens Métropole**.

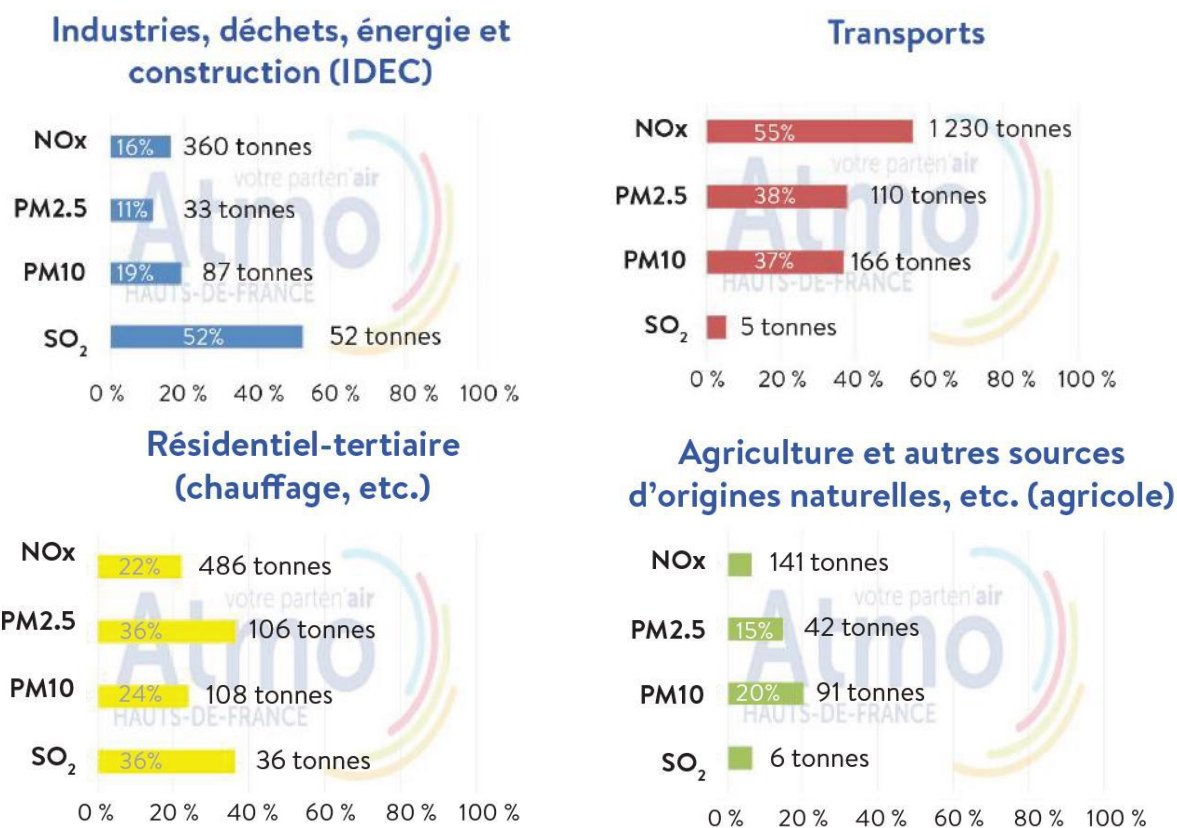


Figure 3 : Emissions des polluants de l'étude issues des différents secteurs d'activités, sur le territoire d'Amiens Métropole (inventaire des émissions d'Atmo Hauts-de-France – source Base_A2012_M2012_V5)

Les secteurs représentés sont :

- Le secteur industriel comprenant les émissions issues de l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie ainsi que celles issues de l'industrie manufacturière, le traitement des déchets et la construction.
- Le secteur transports comprenant les émissions du transport routier et des modes de transport autres que routier.
- Le secteur résidentiel tertiaire comprenant les émissions issues des secteurs résidentiel, tertiaire, commercial et institutionnel.
- Le secteur « autres » comprenant principalement les émissions agricoles et biogéniques.

Le pourcentage est exprimé par rapport au total des émissions intercommunales. Les fiches en annexe 3 sont réalisées sur un découpage ciblant les six principaux secteurs SECTEN définis par le CITEPA. Pour en savoir plus voir <http://www.atmo-hdf.fr/accéder-aux-données/emissions-de-polluants.html>.

Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération d'Amiens Métropole, les transports constituent le premier secteur émetteur pour les oxydes d'azote (NOx), les particules fines (PM2.5) et les particules en suspension (PM10), avec des parts respectives de 55%, 38% et 37% (Cf. graphiques par secteur ci-contre).

Le secteur résidentiel-tertiaire, notamment via l'utilisation du chauffage, joue un rôle important puisqu'il est le second émetteur sur l'ensemble des polluants considérés. Il est à l'origine de 36% des émissions de PM2.5 et de dioxyde de soufre (SO₂), 24% des particules PM10 et 22% des NOx. L'IDEC contribue à la majorité des émissions de SO₂ (52%). Enfin, l'agricole se différencie par sa plus faible contribution sur l'ensemble des polluants considérés.

4.1.2. Localisation des principaux émetteurs anthropiques de la zone d'étude

La carte ci-dessous précise les principaux émetteurs pouvant influencer la qualité de l'air locale à l'échelle de la Communauté d'Agglomération d'Amiens Métropole.

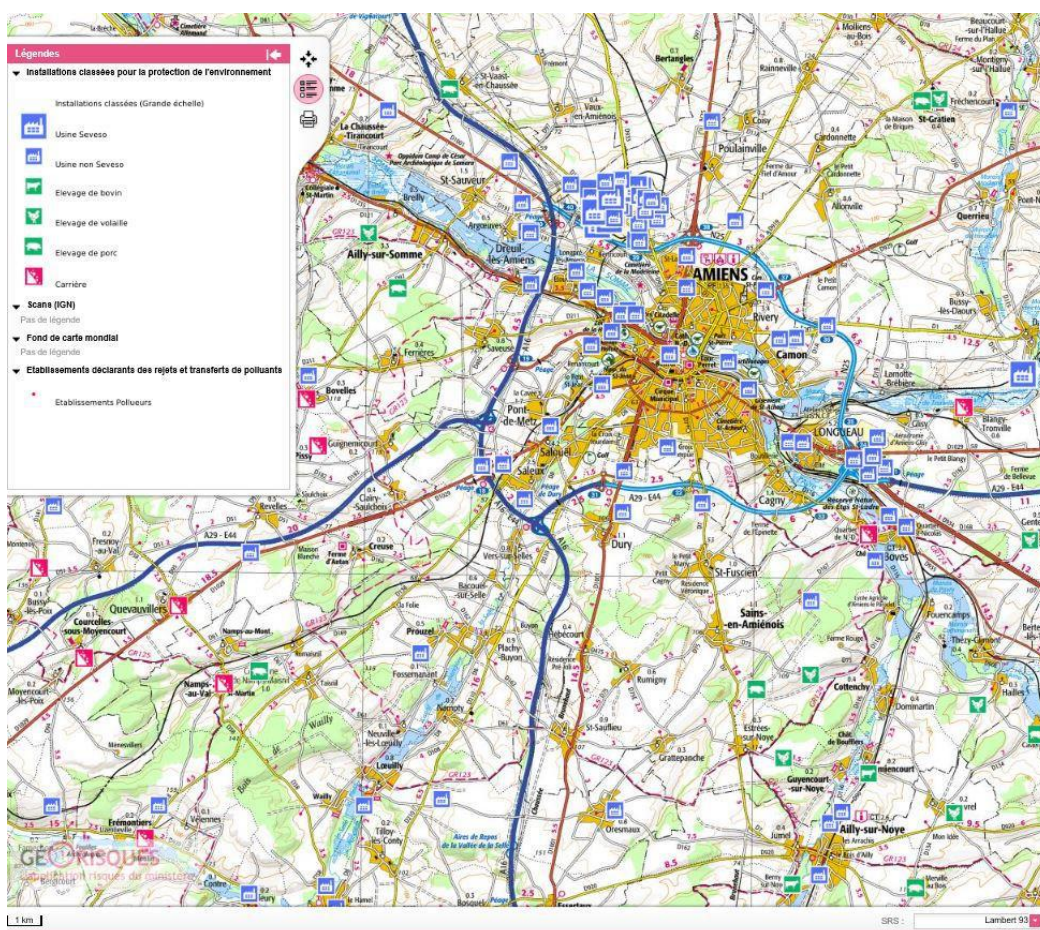


Figure 4 : Carte des principaux émetteurs sur l'agglomération d'Amiens

Le registre des émissions polluantes¹¹ ne met pas en évidence d'émetteurs spécifiques de NOx, poussières en suspension PM10 et particules fines PM2.5 sur l'Agglomération d'Amiens Métropole, pour l'année 2017.

¹¹ <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep-registre-des-emissions-polluantes>

4.2. Contexte météorologique



Le contexte météorologique peut avoir un impact sur les conditions de dispersion de la pollution atmosphérique.

Certains paramètres favorisent la dispersion (par exemple les vents forts) et/ou le lessivage des polluants, d'autres au contraire vont favoriser leur accumulation (hautes pressions, inversion de température, stabilité atmosphérique), ou leur formation (comme l'ensoleillement).

Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est donc important d'étudier les conditions météorologiques dans lesquelles les mesures des polluants ont été effectuées.

Le graphe suivant représente la rose des vents issue de la station Météo France d'Amiens-Glisy pour l'année 2017.

66

Guide de lecture des roses de vents

- Les pétales se placent en fonction des directions de vents (d'où vient le vent),
- La fréquence des vents est indiquée en pourcentage par les cercles concentriques,
- Les couleurs indiquent les vitesses de vents, le jaune étant significatif de vents forts.

Les vents dont la vitesse est inférieure à 1 m/s ne sont pas représentés car ils ne sont pas significatifs.

99

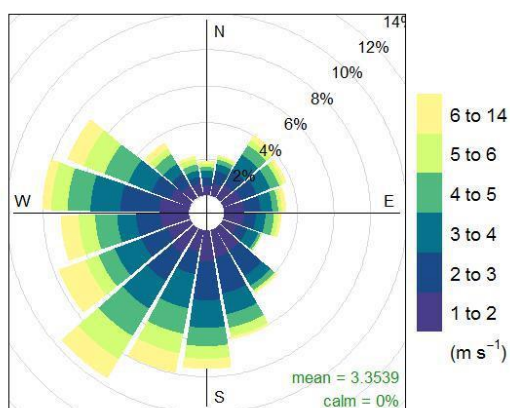


Figure 5 : Rose des vents d'Amiens-Glisy
[1^{er} janvier au 31 décembre 2017]

Les vents dominants relevés par la station d'Amiens-Glisy ont été majoritairement de secteur Nord-Ouest à Sud-Est.

Les vitesses de vent ont été faibles (64 % sont < à 4 m/s).

4.3. Episodes de pollution



Un épisode de pollution correspond à une période, où les concentrations de polluants dans l'atmosphère ne respectent pas ou risquent de ne pas respecter les seuils réglementaires (seuil d'information/recommandation et seuil d'alerte) et selon des critères prédéfinis (pourcentage de surface de la zone ou pourcentage de population impactés, niveau réglementaire franchi, durée de l'épisode, ...).

Quatre polluants sont intégrés dans la procédure de déclenchement d'épisode de pollution de l'air : l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules en suspension (PM10).

Facteurs favorisant la formation des épisodes de pollution

Pour atteindre des niveaux élevés de concentration conditionnant le déclenchement des épisodes de pollution, les critères à réunir sont multiples et varient selon les périodes de l'année. La combinaison de plusieurs des éléments suivants est souvent à l'origine des épisodes :

- mauvaises conditions de dispersion,
- conditions favorables aux transformations chimiques,
- transport transfrontalier ou interrégional de polluants,
- émissions de polluants en région,
- de précurseurs du polluant.

La frise ci-dessous reprend l'ensemble des épisodes de pollution ayant été constatés en 2017 au niveau des départements de la région Hauts-de-France¹².

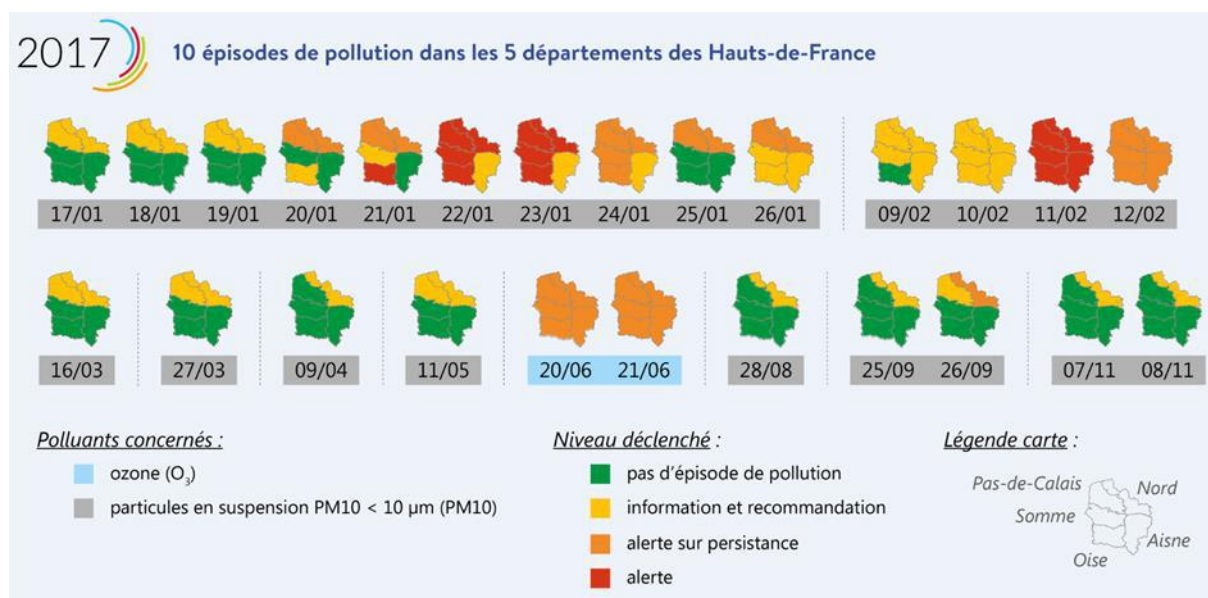


Figure 6 : Bilan des épisodes de pollution atmosphérique en région Hauts-de-France, au cours de l'année 2017

¹² Selon les modalités de déclenchement de procédure définies à travers les arrêtés préfectoraux, il est possible qu'un épisode de pollution apparaisse sur la frise alors qu'il n'a touché qu'un seul département de la région

Le nombre d'épisodes en Hauts-de-France enregistre un net recul en 2017, avec 10 épisodes contre 15 en 2016. Le nombre de jours est aussi en baisse : 25 contre 34 jours en 2016. Ils concernent surtout les particules en suspension : 9 épisodes sur les 10 recensés (durée de 23 jours). L'ozone concerne un épisode de 2 jours. Aucun épisode n'a été déclenché pour le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote.

Le département de la Somme est touché par 3 des 10 épisodes déclenchés en Hauts-de-France pour 2017.

2017 se caractérise par un épisode particulièrement long en janvier (10 jours), dû à des mauvaises conditions de dispersion des particules en suspension, entre le 17 et le 26. L'épisode, débuté le 17 janvier, s'étend à la Somme le 21 janvier. Le département bascule en seuil d'alerte dès le lendemain durant 2 jours (les 22 et 23 janvier), suite à l'accumulation des polluants et à la hausse des émissions locales (chauffage bois, etc.). L'épisode prend fin le 26 janvier, simultanément aux autres départements de la région.

Le 1^{er} trimestre 2017 a été défavorable à la qualité de l'air, marqué par 2 épisodes de pollution aux particules en suspension PM10 dans le département de la Somme :

- le 1^{er} entre le 21 et le 26 janvier, soit 5 jours de pollution atmosphérique : 2 jours en NIR (les 21 et 26), 2 jours en NA (les 22 et 23) et 1 jour en NA sur persistance (le 24),
- le 2^{ème} du 9 au 12 février, soit 4 jours de pollution atmosphérique : 2 jours en NIR (les 9 et 10), 1 jour en NA (le 11) et 1 jour en NA sur persistance (le 12).

Au cours du second trimestre, seul le mois de juin a connu un épisode de pollution à l'ozone, pendant 2 jours consécutifs (les 20 et 21 juin) en NA sur persistance.

Sur le reste de l'année, aucun épisode n'a eu lieu.



Figure 7 : Bilan des épisodes de pollution atmosphérique sur la Somme, au cours de l'année 2017

S'agissant des patients inclus en janvier 2017, un regard a été porté sur les épisodes du mois de décembre 2016, pour lequel 3 épisodes de pollution de pollution par les particules en suspension PM10 ont été recensés, soit 6 jours de pollution atmosphérique en NIR (niveau d'information et de recommandation) :

- épisode du 30/11 au 2/12/2016,
- épisode du 5 au 7/12/2016,
- épisode du 17/12/2016.

4.4. Surveillance des pollens

Le pollen permet aux plantes de se reproduire et d'assurer la sauvegarde des espèces végétales mais il peut être aussi à l'origine de réactions allergiques, pour près de 20 % de la population. Toutes les plantes à fleurs produisent du pollen, mais tous les pollens ne sont pas allergisants. De plus, les plantes ne produisent pas de pollens toute l'année, chaque plante à sa propre saison pollinique, généralement entre février et septembre.

Aspiré par l'Homme, le pollen peut irriter le système respiratoire et provoquer rhino-conjonctivite (rhume des foins), toux, gênes respiratoires, démangeaisons, voire asthme, urticaire et eczéma. On appelle « pollinoses » les affections essentiellement respiratoires provoquées par les pollens présents dans l'air. Les signes qui doivent faire penser à une rhino-conjonctivite (symptôme le plus courant), également appelé « rhume des foins » sont regroupés sous le sigle PAREO : P comme Prurit (le nez démange), A comme Anosmie (on perd l'odorat - plus rarement -), R comme Rhinorrhée (le nez qui coule), E comme Eternuements, O comme Obstruction (on a le nez bouché).

Selon l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), le réchauffement climatique et la présence de polluants chimiques dans l'atmosphère accentuent les réactions allergiques aux pollens. Les substances polluantes présentes dans l'air fragilisent la paroi des grains de pollen, qui libèrent plus facilement les protéines des pollens responsables des allergies. De plus, la pollution aggrave les réactions allergiques. En effet, les polluants irritent le système respiratoire et les yeux, qui deviennent plus sensibles aux affections allergiques.

La mission d'Atmo est de prélever et comptabiliser les pollens présents dans l'air, pendant cette saison pollinique, de février à septembre, afin d'aider à prévoir les risques d'allergies pour la semaine en cours et en informer les personnes sensibles, ceci en collaboration avec un médecin allergologue référent.

Le prélèvement des pollens est effectué à l'aide d'un capteur situé à Boves (Somme), à 20 mètres de hauteur, aspirant un débit d'air régulier équivalent à la respiration humaine, à savoir 10 litres d'air par minute.

L'analyse consiste à reconnaître et compter les pollens. L'observation des pollens se fait à l'aide d'un microscope optique et l'enregistrement des résultats se fait par reconnaissance vocale.

A partir du nombre total de pollens comptés et des espèces végétales identifiées, un indice du risque d'allergie aux pollens est défini par l'analyste pollens, sur une échelle de 1 (très faible) à 5 (très élevé). Cet indice est confirmé par le médecin allergologue référent, qui rédige un commentaire sanitaire, en lien avec le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA).

Le bulletin du risque d'allergies aux pollens est alors diffusé chaque semaine sur le site d'Atmo Hauts-de-France et sur les réseaux sociaux (Facebook, Twitter).

Les personnes sensibles peuvent aussi s'abonner gratuitement sur le site d'Atmo Hauts-de-France pour recevoir par email ou sms chaque semaine l'indice « pollens ».

4.5. Surveillance des nuisances olfactives

Depuis 2007, à la demande d'Amiens Métropole, Atmo a mis en place un réseau de veille olfactive sur l'agglomération amiénoise.

Les nuisances olfactives représentent un des principaux motifs de plaintes de la population, après le bruit.

La loi du 2 août 1961, Art 1er prévoit que : « Les établissements industriels, commerciaux, artisanaux ou agricoles devront être construits, exploités ou utilisés de manière notamment à éviter les pollutions de l'atmosphère et les odeurs qui incommode la population. ». La surveillance des odeurs est encadrée par la norme EN 13725.

Depuis plus d'une dizaine d'années, Atmo travaille sur ce sujet à travers plusieurs actions :

- la mise en place d'un réseau de « Nez » (personnes bénévoles formées à la reconnaissance des odeurs) sur Amiens Métropole, dont certains salariés d'Atmo.

Une formation de « Nez » a été proposée aux habitants volontaires afin de les aider à détecter, à décrire et à identifier les pollutions olfactives sur le territoire amiénois. Les industriels ont également formé du personnel afin d'acquérir des compétences internes et ainsi, pouvoir échanger avec nos experts. Le réseau « Les Nez Amiénois », qui compte aujourd'hui une quarantaine de membres, vise à surveiller objectivement et précisément les odeurs pour améliorer le bien-être des riverains.

- la mise en place de la plateforme de signalements des odeurs pour l'agglomération amiénoise (application ODO et site internet <https://www.atmo-odo.fr/>).

Les gênes olfactives peuvent être signalées sur le site internet ODO ou avec l'application sur Android et App Store (service proposé actuellement pour le territoire d'Amiens Métropole uniquement).

Pour les guider dans leur description, les utilisateurs d'ODO Grand Public ont la possibilité de détailler la nuisance olfactive par ce qu'elle leur évoque (gaz d'échappement, œuf pourri, odeur de bitume,...) et en termes d'intensité (faible, forte, très forte), ou encore par le ressenti (gênant, très gênant, etc.). Tous les signalements enregistrés dans ODO sont géolocalisés afin de dresser la cartographie quotidienne des nuisances déclarées et de permettre une interprétation précise des informations recueillies.

L'Observatoire de l'air reçoit les signalements sur la plateforme ODO par le biais du Grand Public ou des Nez d'Amiens Métropole. Les signalements sont vérifiés puis analysés afin de faire ressortir des indicateurs spécifiques à la zone géographique.

5. Résultats de l'étude

5.1. Population incluse

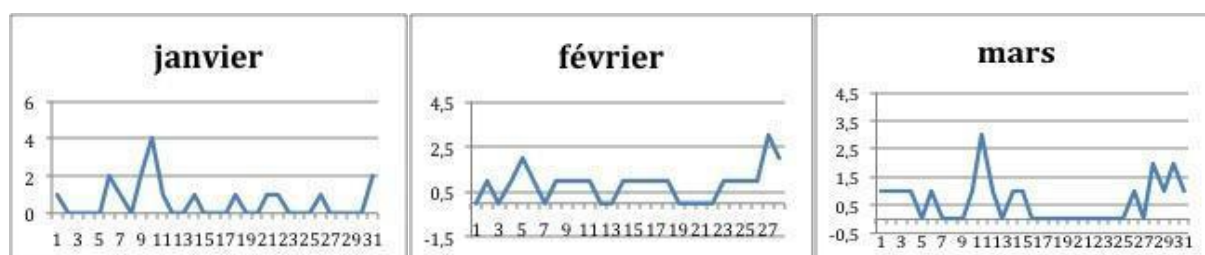
Deux cent quarante consultations aux urgences (CHU et Clinique de l'Europe) pour exacerbations de BPCO, correspondant à 168 patients, ont été incluses dans l'étude entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2017. Le mois d'août a été le mois avec le moins d'inclusions (probablement lié à de nombreux facteurs : pas de grippe, pas de pic de pollens, pas de pic de pollution et période de vacances scolaires).

Parmi les 168 patients inclus, 104 étaient des hommes (61,9%) et 64 des femmes (38,1%). L'âge moyen de la population était de 69,2 ans. Les patients venaient principalement du CHU (114 patients soit 67,9%) contre 54 de la Clinique. Les patients du CHU avaient une BPCO plus sévère que ceux de la Clinique, ce qui peut peut-être expliquer qu'il y ait eu des inclusions toute l'année dans cette population fragile et que seules des inclusions pendant les périodes de pollution et/ou de grippe aient eu lieu pour des patients qui se sont présentés aux urgences de la Clinique. En effet, les inclusions n'ont eu lieu à la Clinique que pendant 6 mois de l'année : inclusion 1^{er} trimestre (grippe et pollution), juin (pollution) et novembre/décembre (grippe).

La majorité des patients (110, soit 65,5%) ont été hospitalisés suite à leur passage aux urgences. Parmi les patients inclus, seuls 3,6% n'avaient pas d'antécédents de tabagisme. Ces derniers avaient pour la plupart une BPCO secondaire à l'exposition professionnelle. Parmi les patients tabagiques, 41% étaient sevrés. La plupart des patients inclus avaient une BPCO d'un stade avancé : seuls 6,5 % avaient une BPCO de stade I et 23,3% de stade II contre 35,1% pour les stades III et 35,1 % pour les stades IV. La majorité des patients (69,3%) étaient suivis par un pneumologue. Les données sur les vaccinations, notamment antigrippales et antipneumococciques sont insuffisantes pour faire une analyse statistique. La plupart de ces patients n'avaient pas d'allergie connue aux pollens.

Parmi ces 168 patients, 28 (16,7%) ont fait 2 exacerbations de BPCO sur l'année et 13 (7,7%) ont fait plus de deux exacerbations. A noter que 2 patients ont eu 7 passages et un patient 12 passages. Des analyses statistiques ont été réalisées sur ces patients exacerbateurs fréquents : ces patients étaient plutôt des hommes (69,2%), venant du CHU (100%) et d'un stade avancé III ou IV (90%).

Pour chaque mois de l'année, le CHU Amiens-Picardie a représenté graphiquement le nombre de patients inclus en fonction des jours. Ainsi, les pics de consultations étaient plus facilement visibles. Pour chaque mois, a également été calculé le nombre moyen par jour de patients consultant pour exacerbation de BPCO.



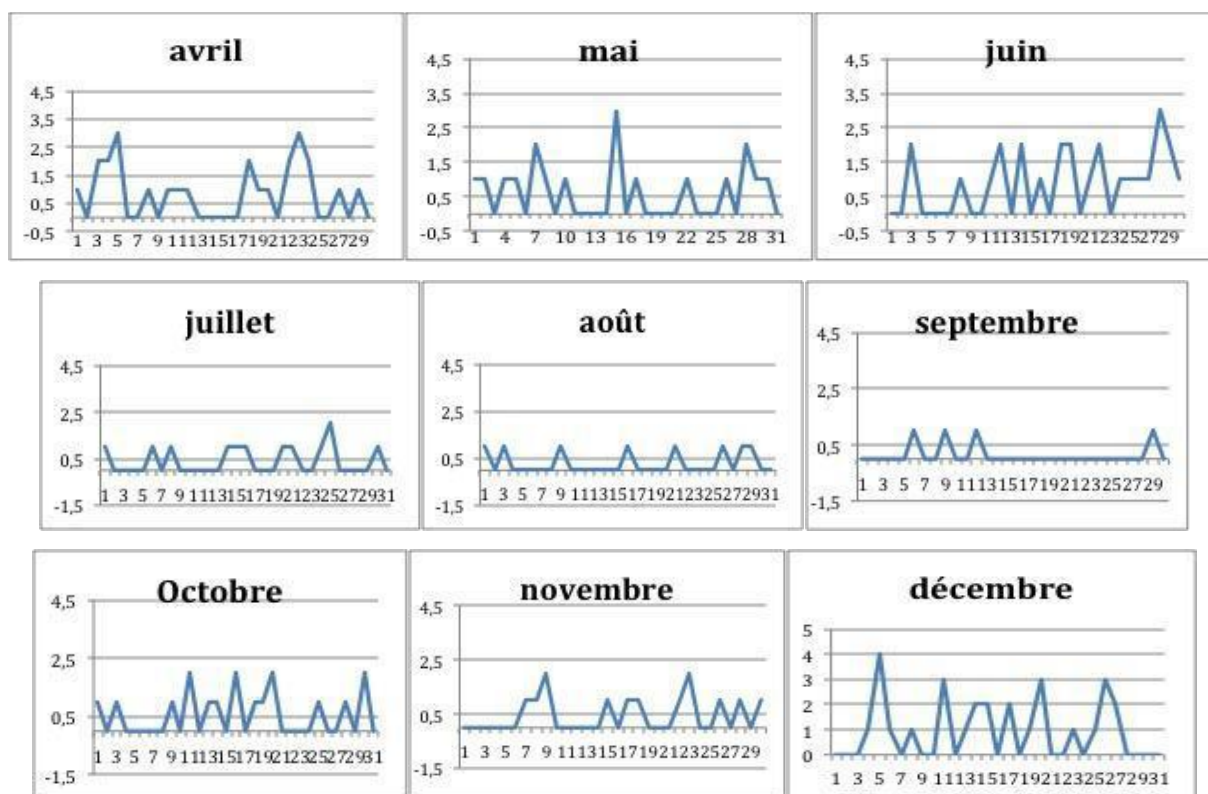


Figure 8 : Nombre de patients inclus par jour, pour chaque mois de l'année 2017

Le nombre moyen de patients inclus par jour était de :

01/17	02/17	03/17	04/17	05/17	06/17	07/17	08/17	09/17	10/17	11/17	12/17
0,94	1,07	0,81	0,83	0,58	0,87	0,39	0,26	0,26	0,55	0,43	0,9

Tableau 4 : Nombre moyen par jour de patients consultant pour exacerbation de BPCO au cours de l'année 2017

Avec un nombre moyen de 0,65 patient par jour, le CHU Amiens-Picardie a considéré une augmentation à 6 patients ou plus sur 3 jours comme étant un pic de consultations. En dehors de juin où beaucoup de patients ont consulté aux urgences pour exacerbation de BPCO, la majorité des inclusions a eu lieu sur les périodes hivernales (janvier à avril et décembre).

5.2. Bilan métrologique

Les données délivrées par le dispositif de mesures des polluants atmosphériques sont systématiquement validées puis agrégées afin de calculer des paramètres statistiques comparables à la réglementation en vigueur et interpréter rigoureusement la qualité de l'air sur la zone d'étude concernée.

La validation prend en compte la justesse de la mesure effectuée en contrôlant la dérive de l'appareil. Une fois les données validées, un taux de fonctionnement est calculé pour chaque paramètre mesuré. Il s'agit du pourcentage de données valides d'un appareil de mesures, sur une période définie (année civile, phase de mesures, semaine...).

Un taux de fonctionnement inférieur à 85% signifie que la concentration moyenne du polluant n'est pas représentative sur le temps d'exposition. Aucune comparaison avec les valeurs réglementaires du polluant pour l'année de l'étude n'est alors possible.

Paramètres	NO ₂	O ₃	PM10	PM2.5
Pourcentage de données valides du 1 ^{er} janvier au 31 décembre 2017	Salouël : 92,2% Amiens St-Pierre : 92,1% Amiens 14 Juillet : 93,7%	Salouël : 98,9% Amiens St-Pierre : 95,3%	Salouël : 95,1% Amiens St-Pierre : 88,1% Amiens 14 Juillet : 96,5%	Amiens St-Pierre : 92,9%

Tableau 5 : Taux de fonctionnement par polluant et station fixe pour l'année 2017

Le pourcentage de données valides des appareils de mesure de NO₂, O₃, PM10 et PM2.5 sur l'agglomération Amiénoise est supérieur aux 85% préconisés par la Directive 2008/50/CE (en tenant compte du temps de maintenance des appareils). Les statistiques sont donc exploitables en totalité.

5.3. Interprétation des mesures d'air ambiant

Seules les données de l'année 2017 sont exploitées dans les paragraphes suivants, mais il est important de préciser que pour les patients inclus en janvier 2017, un regard a été porté sur les données de décembre 2016.

5.3.1. Le dioxyde d'azote (NO₂)

☐ Concentrations moyennes sur l'année

Dans le tableau ci-après sont résumés les résultats de l'année pour le dioxyde d'azote sur les stations de l'agglomération Amiénoise.

Site de mesures		Dioxyde d'azote (NO ₂)				
		Concentration moyenne (µg/m ³)	Percentile horaire 99,8 (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Nombre d'heure où la moyenne horaire a été supérieure à 200 µg/m ³	Valeur journalière maximale (µg/m ³)
Année 2017	Salouël (périurbaine)	15	72	85 le 27/01 à 19h	0	58 le 19/01/2017
	Amiens St-Pierre (urbaine)	21	75	103 le 22/01 à 18h	0	53 le 20/01/2017
	Amiens 14 juillet (trafic)	24	113	162 le 7/11 à 17h	0	86 le 20/01/2017
Valeurs réglementaires		40 (valeur limite)	200 à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (valeur limite)		-	

Tableau 6 : Résultats en dioxyde d'azote (NO₂) sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017

Avis et interprétation :

Sur l'année 2017, au regard des résultats obtenus, toutes les valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote NO₂ ont été respectées sur les stations de l'agglomération d'Amiens.

☑ Valeurs réglementaires respectées sur le territoire d'Amiens Métropole pour le dioxyde d'azote NO₂ au cours de l'année 2017

□ Evolution journalière des concentrations sur les stations

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la moyenne journalière de la concentration en NO₂ au cours de l'année 2017, ainsi qu'en décembre 2016, mise en perspective avec le nombre de patients inclus par les services d'urgences du CHU Amiens-Picardie et de la Clinique de l'Europe.

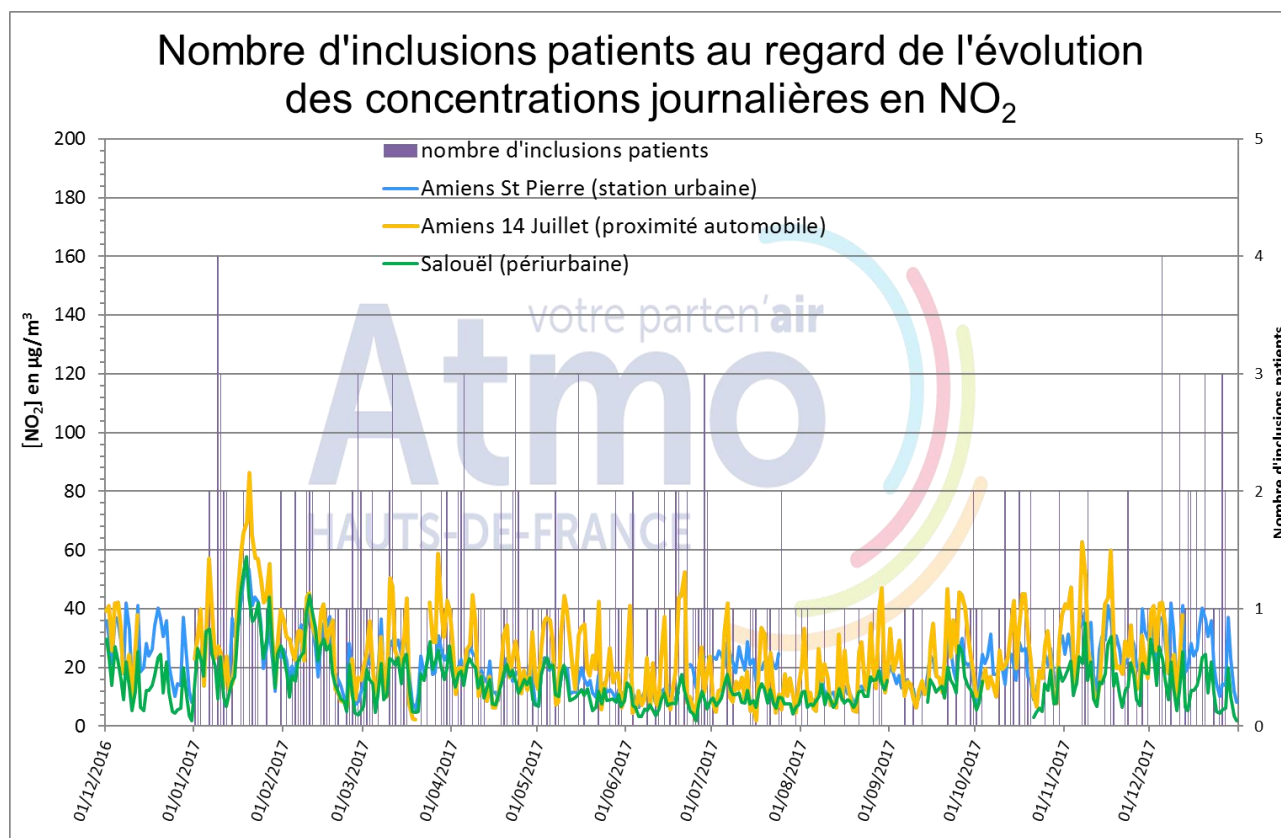


Figure 9 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en NO₂

Aucun épisode de pollution au dioxyde d'azote n'est enregistré en 2017.

5.3.2. Corrélation des pics de patients aux données journalières en dioxyde d'azote (NO₂)

La corrélation a été faite de deux façons : à la fois par représentation graphique mais également par analyse statistique. Voici les différentes représentations graphiques, concernant le NO₂, polluant pour lequel des seuils à risque sont connus (pour la population générale).

☐ Données sur le 1^{er} trimestre 2017 pour le NO₂

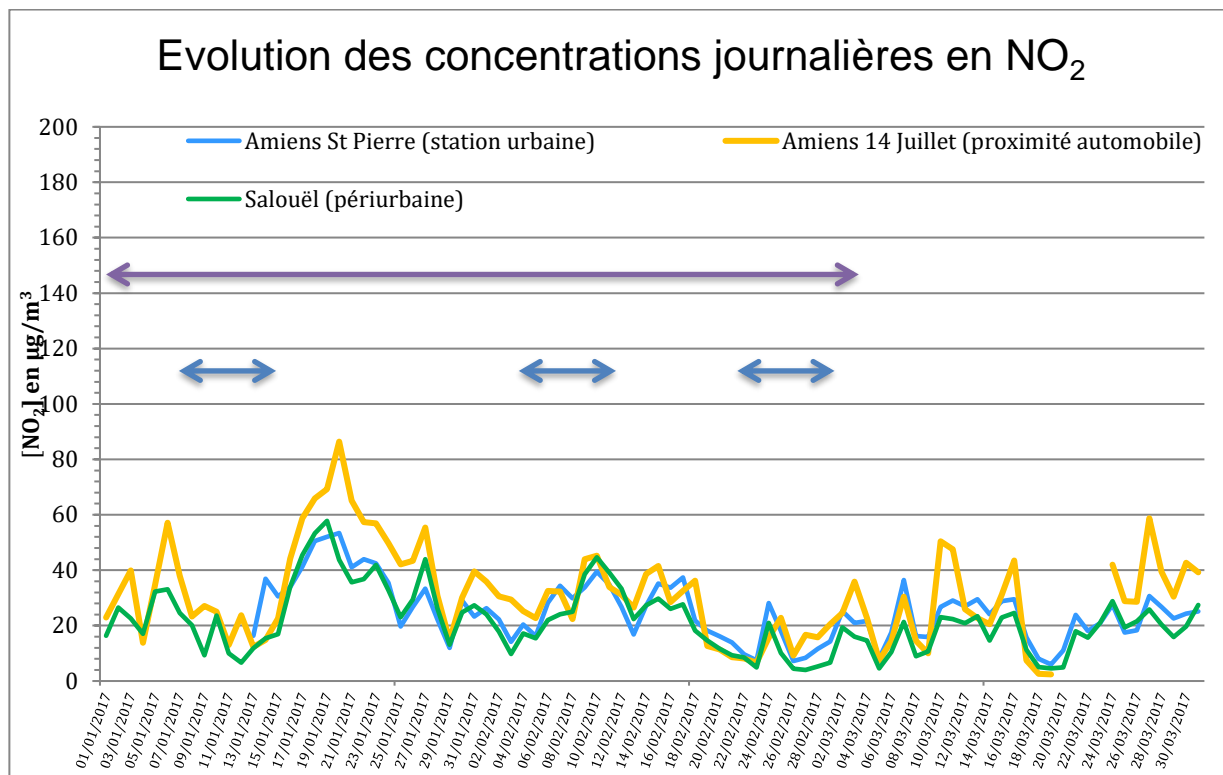


Figure 10 : Evolution des concentrations journalières en NO₂ sur le 1^{er} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

☐ Données sur le 2^{ème} trimestre 2017 pour le NO₂

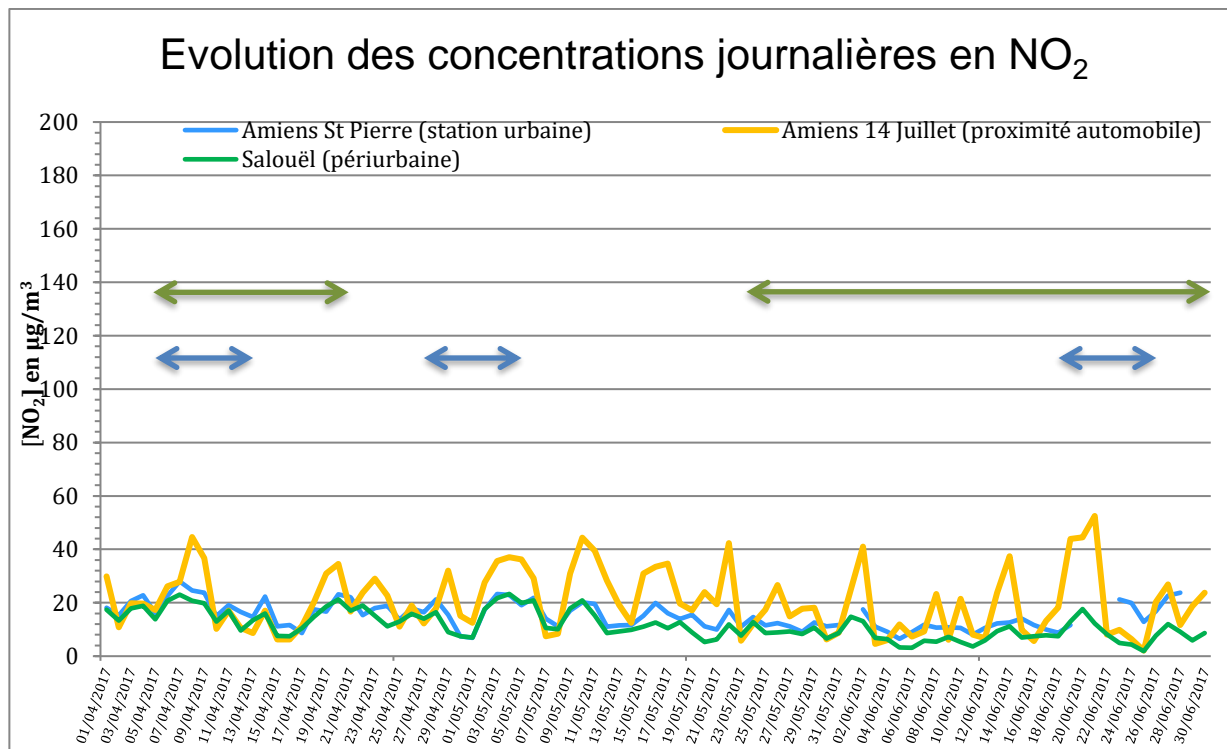


Figure 11 : Evolution des concentrations journalières en NO₂ sur le 2^{ème} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et les flèches vertes indiquent les pics de pollens.

☐ Données sur le 3^{ème} trimestre 2017 pour le NO₂

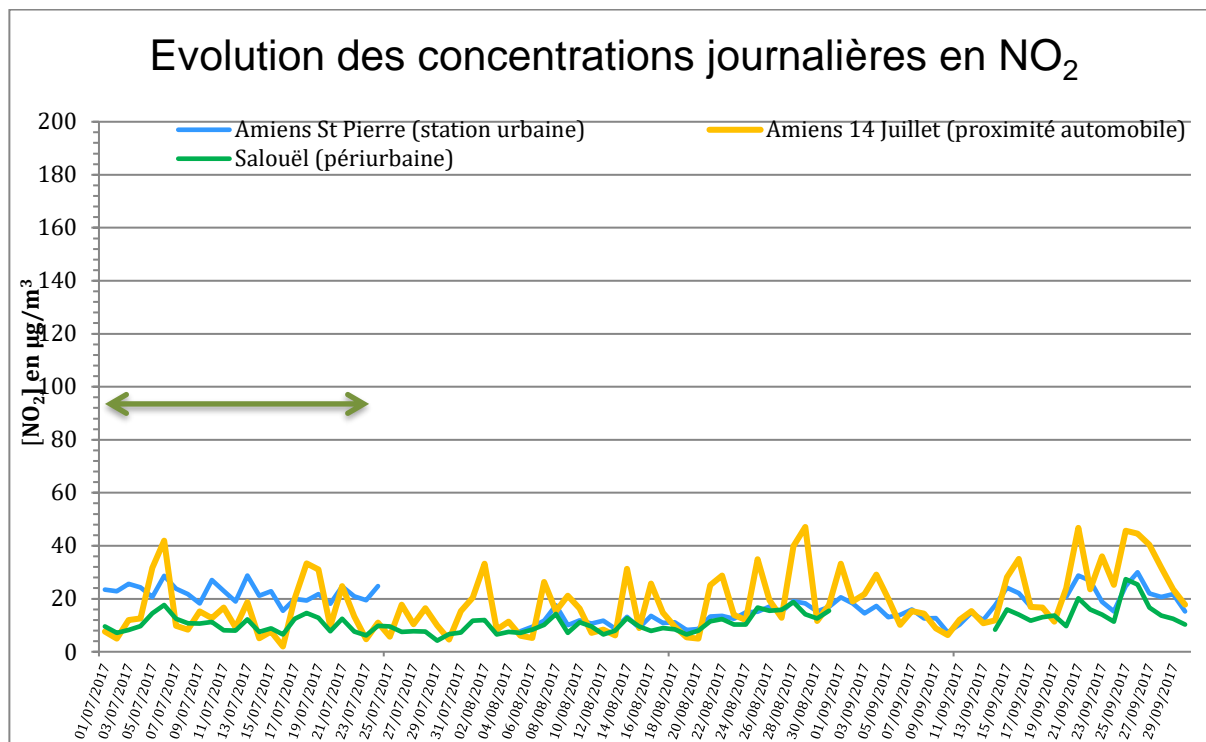


Figure 12 : Evolution des concentrations journalières en NO₂ sur le 3^{ème} trimestre 2017

Légende : la flèche verte indique les pics de pollens.

☐ Données sur le dernier trimestre 2017 pour le NO₂

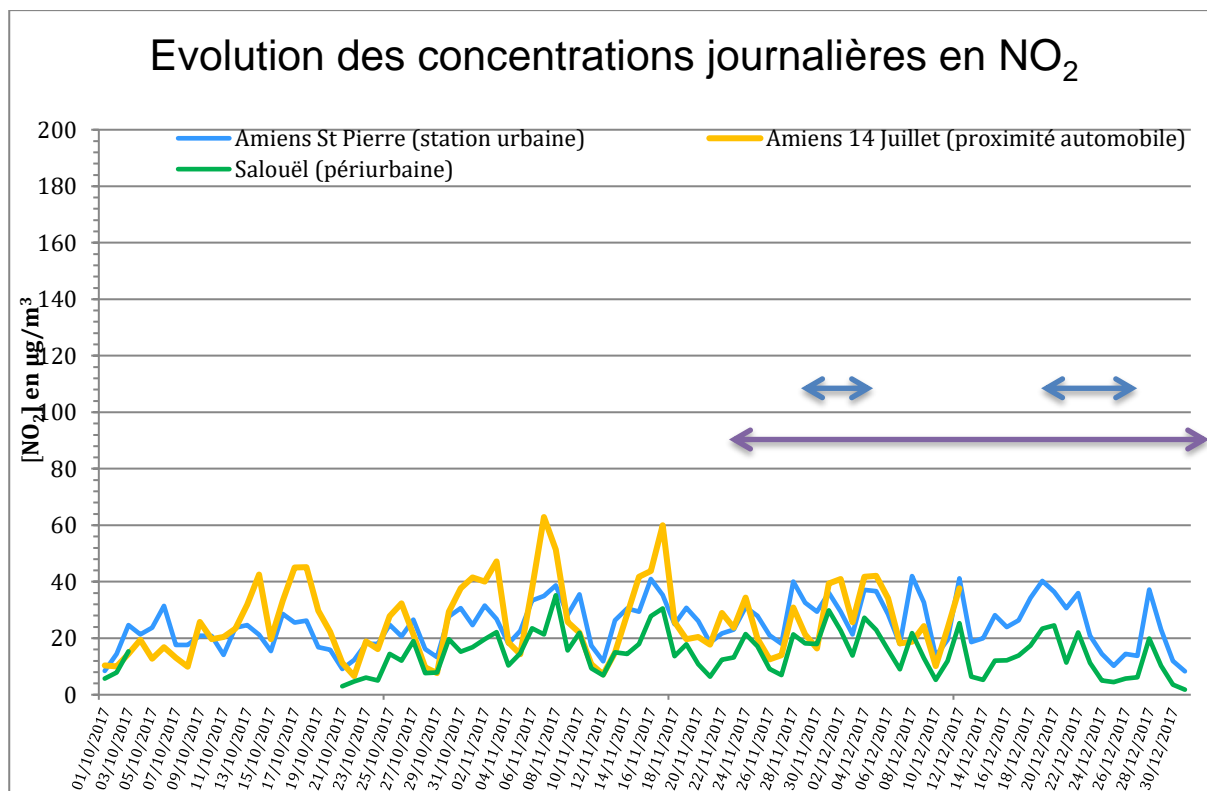


Figure 13 : Evolution des concentrations journalières en NO₂ sur le dernier trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

Il n'a pas été mis en évidence de corrélation graphique entre les pics d'exacerbations de BPCO et les variations du NO₂.

5.3.3. L'ozone (O₃)

☐ Concentrations moyennes sur l'année

Dans le tableau ci-après sont résumés les résultats de l'année pour l'ozone sur les stations de l'agglomération Amiénoise.

Site de mesures		Ozone (O ₃)	
		Concentration moyenne (µg/m ³)	Moyenne maximale sur 8 heures glissantes (µg/m ³)
Année 2017	Salouël (périurbaine)	45	177 le 20/06 à 19h
	Amiens St-Pierre (urbaine)	41	175 le 20/06 à 19h
Valeurs réglementaires		-	120 à ne pas dépasser en moyenne journalière sur 8 heures glissantes (objectif de qualité, à long terme pour la protection de la santé)

Tableau 7 : Résultats en ozone (O₃) sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017

Avis et interprétation :

Sur l'année 2017, au regard des résultats obtenus, les objectifs à long terme pour la protection de la santé et la protection de la végétation n'ont pas été respectés pour l'O₃ sur les stations de l'agglomération d'Amiens.

☑ Valeurs réglementaires non respectées sur le territoire d'Amiens Métropole pour l'ozone O₃ au cours de l'année 2017

□ Evolution journalière des concentrations sur les stations

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la moyenne journalière de la concentration en ozone au cours de l'année 2017, ainsi qu'en décembre 2016, mise en perspective avec le nombre de patients inclus par les services d'urgences du CHU Amiens-Picardie et de la Clinique de l'Europe.

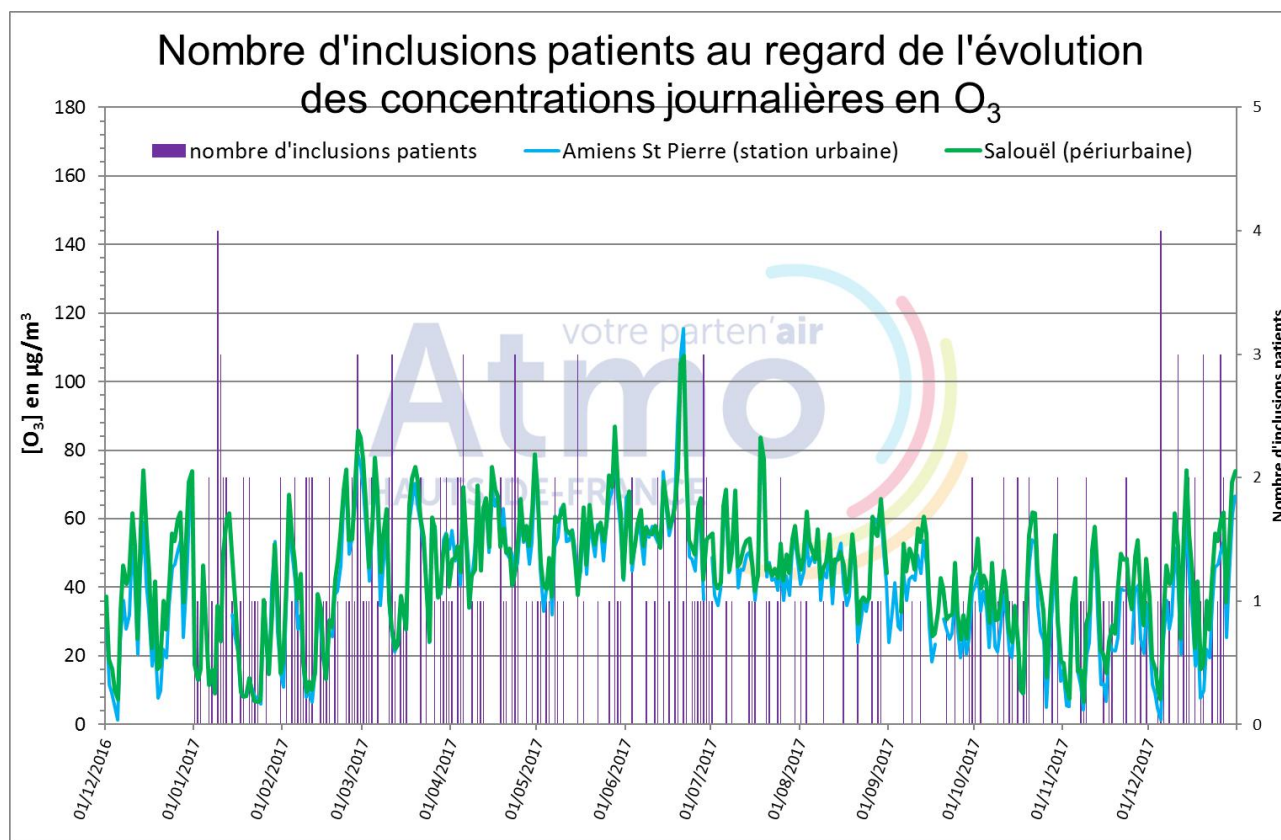


Figure 14 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en O₃

Un épisode de pollution de 2 jours pour l'ozone est enregistré les 20 et 21 juin 2017.

5.3.4. Corrélation des pics de patients aux données journalières en ozone (O₃)

La corrélation a été faite de deux façons : à la fois par représentation graphique mais également par analyse statistique. Voici les différentes représentations graphiques, concernant l'ozone (O₃), polluant pour lequel des seuils à risque sont connus (pour la population générale).

☐ Données sur le 1^{er} trimestre 2017 pour l'O₃

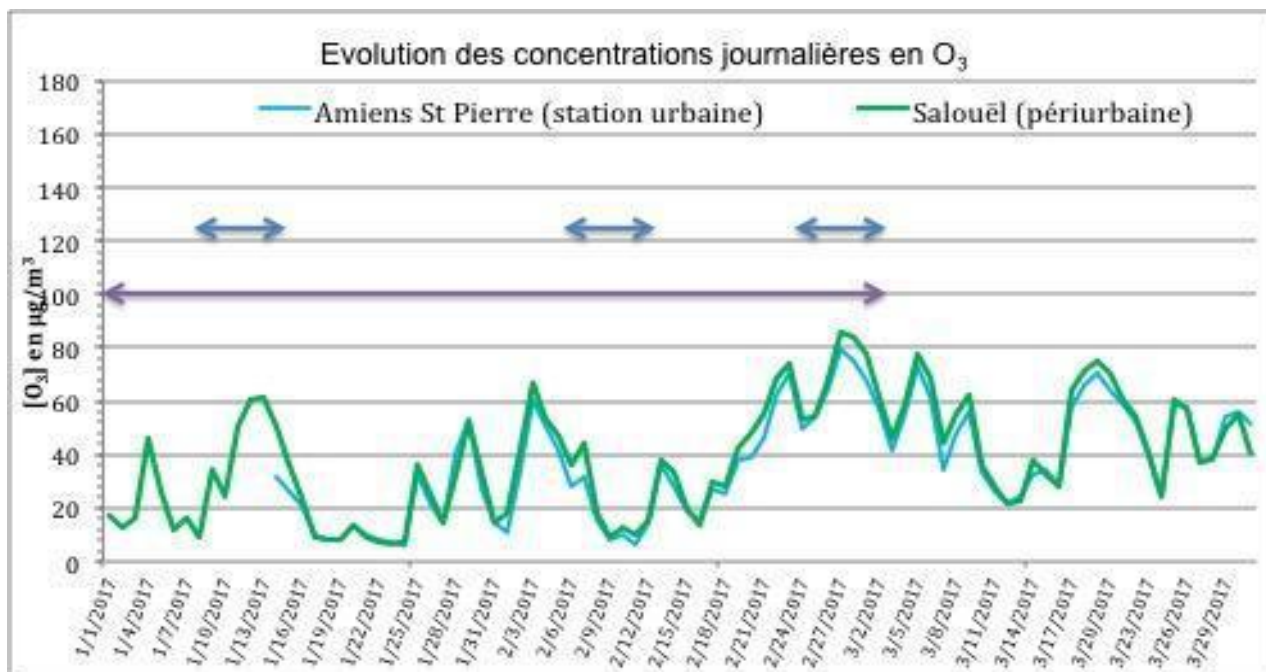


Figure 15 : Evolution des concentrations journalières en O₃ sur le 1^{er} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

☐ Données sur le 2^{ème} trimestre 2017 pour l'O₃

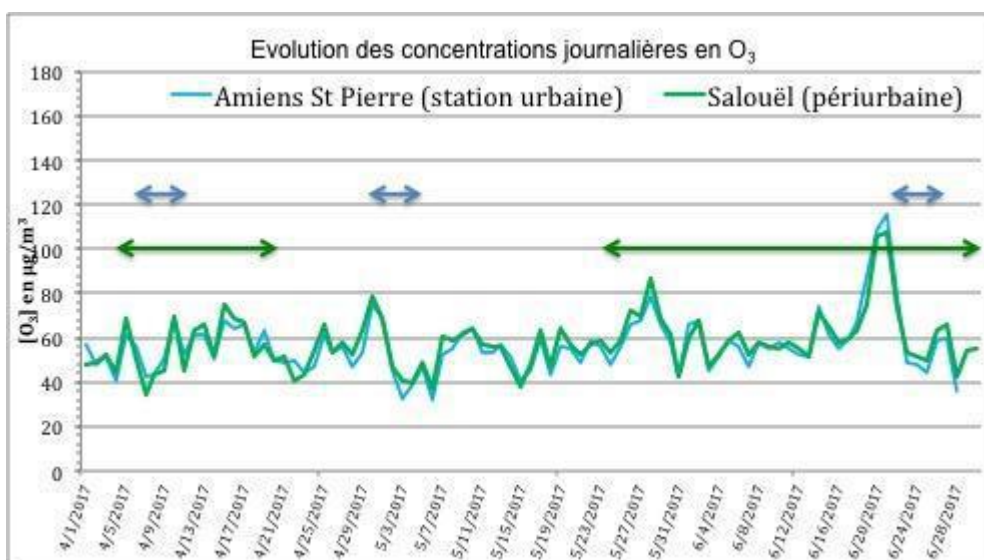


Figure 16 : Evolution des concentrations journalières en O₃ sur le 2^{ème} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et les flèches vertes indiquent les pics de pollens.

□ Données sur le 3^{ème} trimestre 2017 pour l'O₃

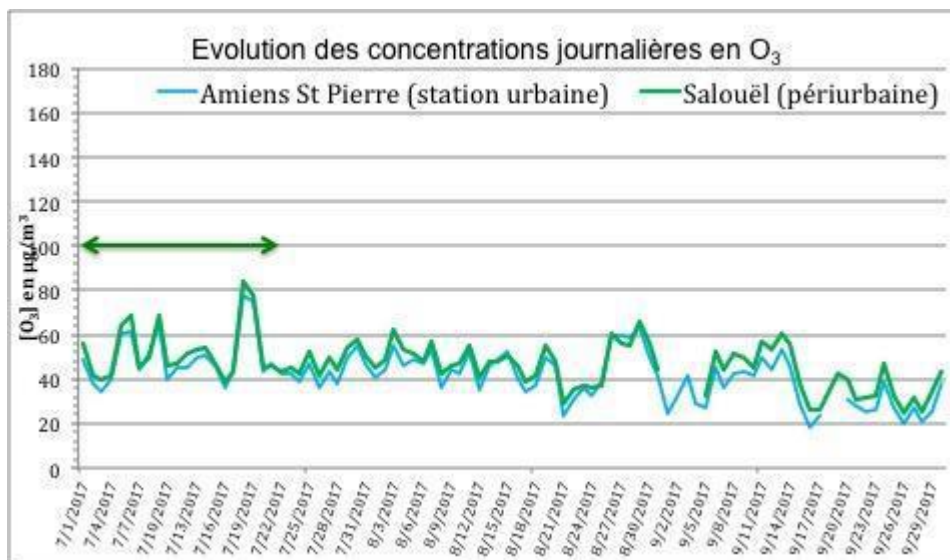


Figure 17 : Evolution des concentrations journalières en O₃ sur le 3^{ème} trimestre 2017

Légende : la flèche verte indique les pics de pollens.

□ Données sur le dernier trimestre 2017 pour l'O₃

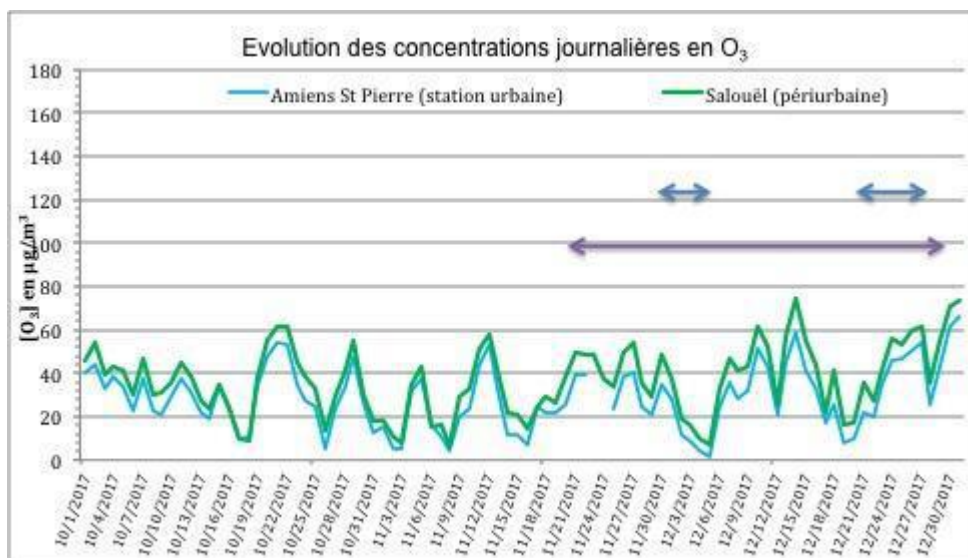


Figure 18 : Evolution des concentrations journalières en O₃ sur le dernier trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

Fin juin 2017, on note un pic d'ozone, correspondant à une période de canicule. De manière concomitante, on note un pic de consultations pour exacerbation.

5.3.5. Les particules en suspension PM10

☐ Concentrations moyennes sur l'année

Dans le tableau ci-après sont résumés les résultats de l'année pour les particules en suspension PM10 sur les stations de l'agglomération Amiénoise.

Site de mesures		Particules en suspension (PM10)				
		Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur horaire maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentile journalier 90,4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de jour où la moyenne journalière a été supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur journalière maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Année 2017	Salouël (périurbaine)	18	169 le 23/01 à 10h	32	7	83 le 23/01/2017
	Amiens St-Pierre (urbaine)	19	135 le 23/01 à 8h	33	8	91 le 22/01/2017
	Amiens 14 juillet (trafic)	21	208 le 11/09 à 14h	37	8	88 le 22/01/2017
Valeurs réglementaires		40 (valeur limite)	-	50 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (valeur limite)		

Tableau 8 : Résultats en particules en suspension PM10 sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017

Avis et interprétation :

Sur l'année 2017, au regard des résultats obtenus, toutes les valeurs réglementaires concernant les particules en suspension PM10 ont été respectées sur les stations de l'agglomération d'Amiens.

☑ Valeurs réglementaires respectées sur le territoire d'Amiens Métropole pour les particules en suspension PM10 au cours de l'année 2017

□ Evolution journalière des concentrations sur les stations

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la moyenne journalière de la concentration en poussières en suspension PM10 au cours de l'année 2017, ainsi qu'en décembre 2016, mise en perspective avec le nombre de patients inclus par les services d'urgences du CHU Amiens-Picardie et de la Clinique de l'Europe.

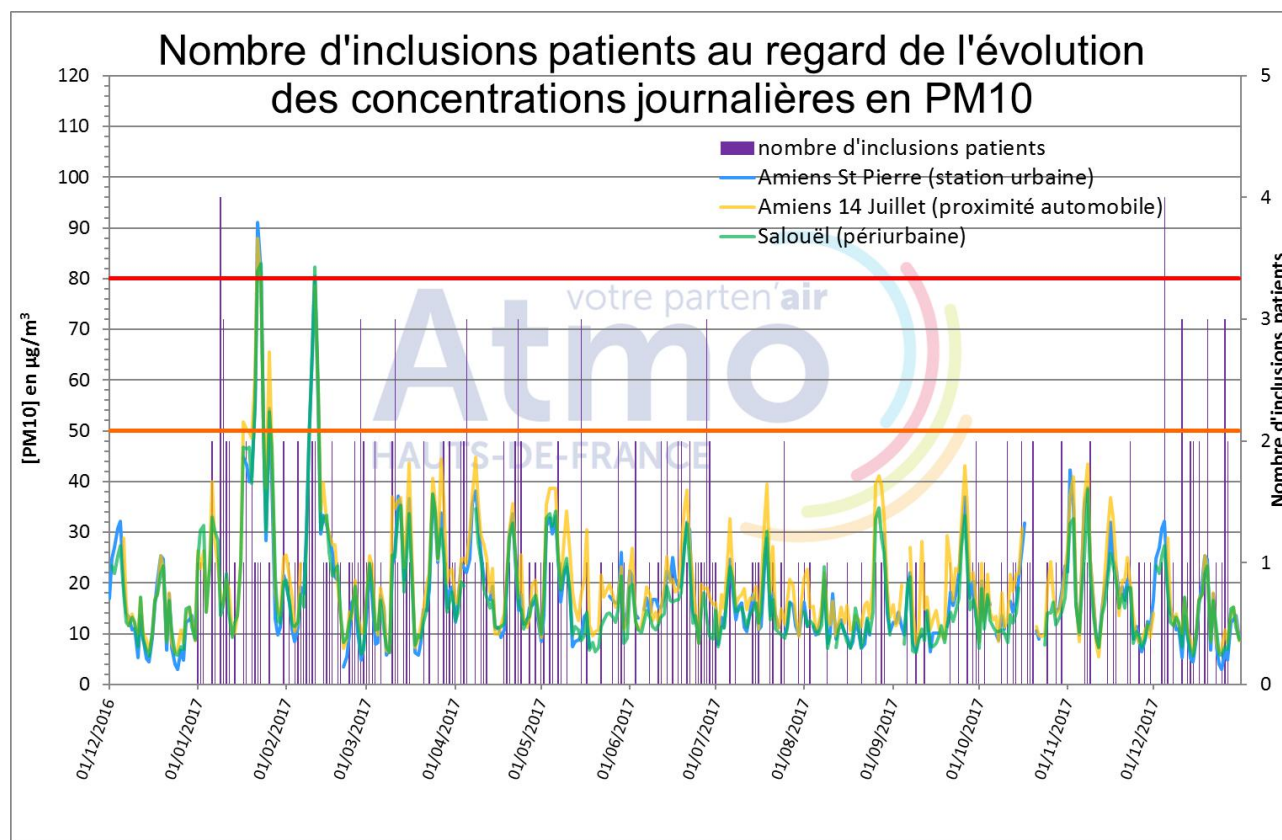


Figure 19 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en PM10

Deux épisodes de pollution aux particules en suspension PM10 sont enregistrés au cours de l'année 2017 : le 1^{er} du 21 au 26 janvier (5 jours) et le second du 9 au 12 février (4 jours).

5.3.6. Corrélation des pics de patients aux données journalières en particules en suspension PM10

La corrélation a été faite de deux façons : à la fois par représentation graphique mais également par analyse statistique. Voici les différentes représentations graphiques, concernant les PM10, polluant pour lequel des seuils à risque sont connus (pour la population générale).

☐ Données sur le 1^{er} trimestre 2017 pour les PM10

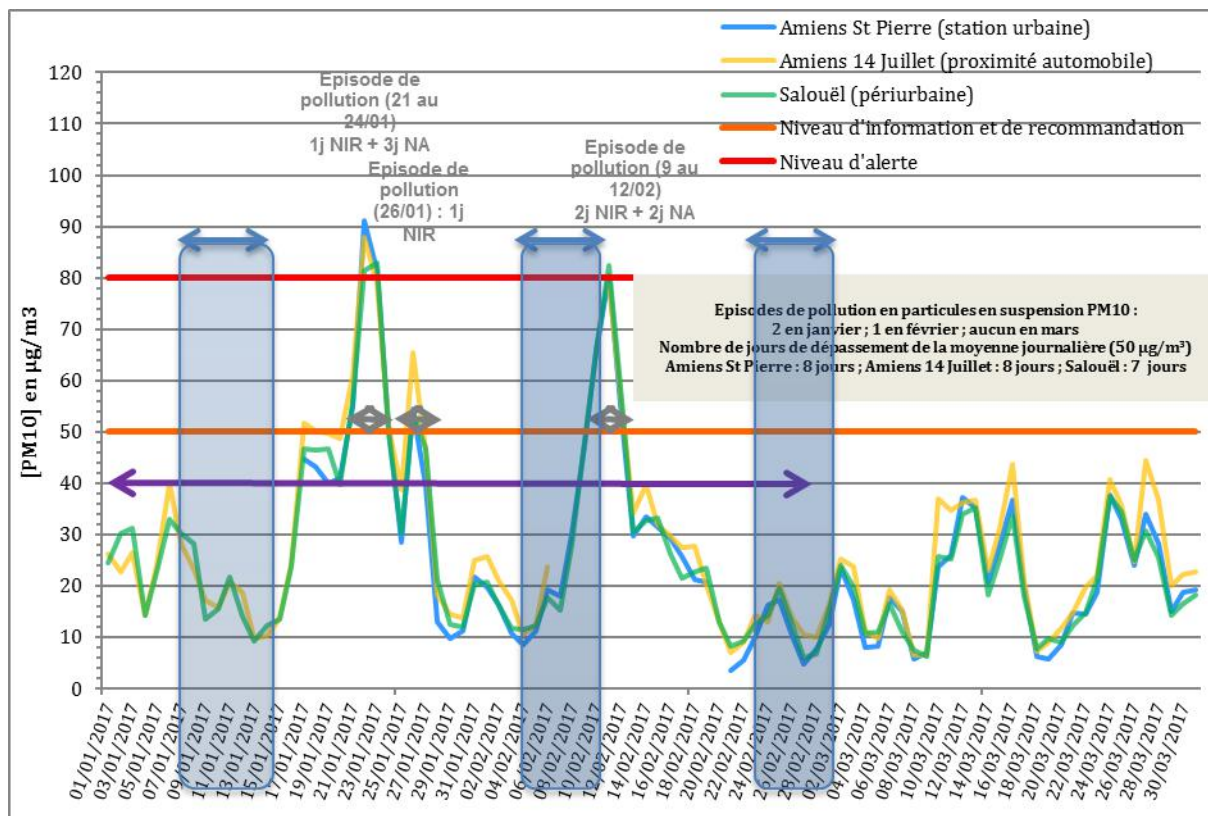


Figure 20 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le 1^{er} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

☐ Données sur le 2^{ème} trimestre 2017 pour les PM10

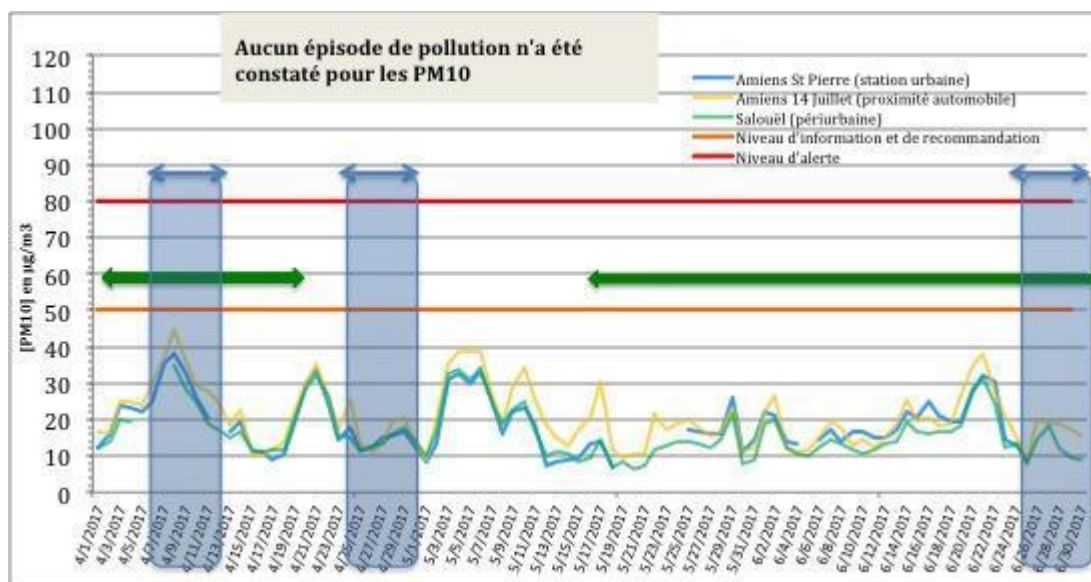


Figure 21 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le 2^{ème} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et les flèches vertes indiquent les pics de pollens.

☐ Données sur le 3^{ème} trimestre 2017 pour les PM10

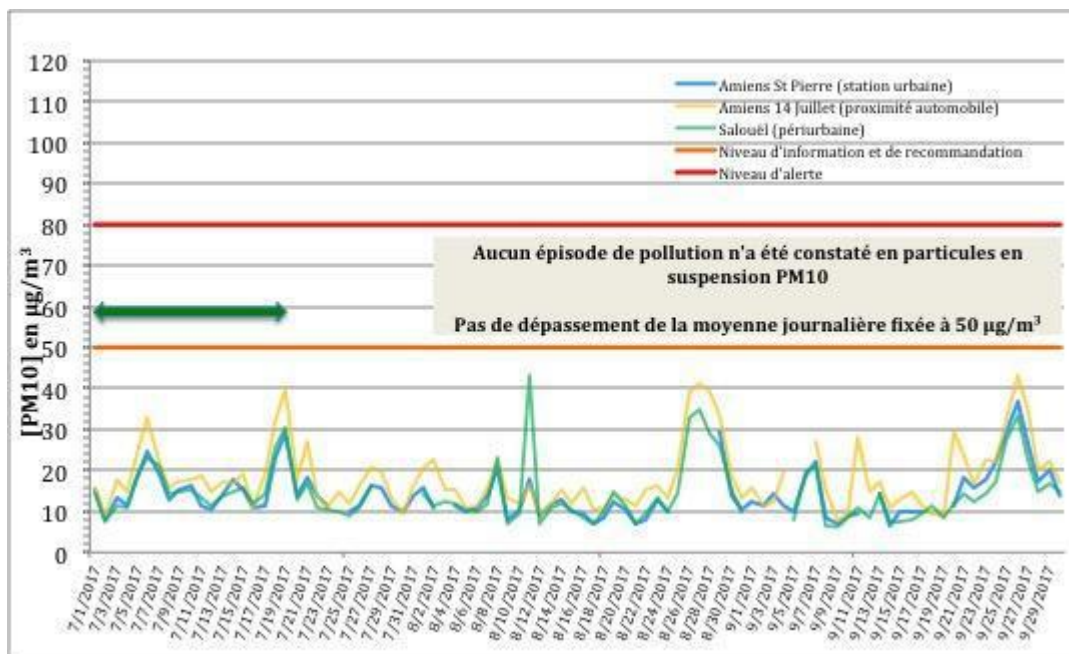


Figure 22 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le 3^{ème} trimestre 2017

Légende : la flèche verte indique les pics de pollens.

☐ Données sur le dernier trimestre 2017 pour les PM10

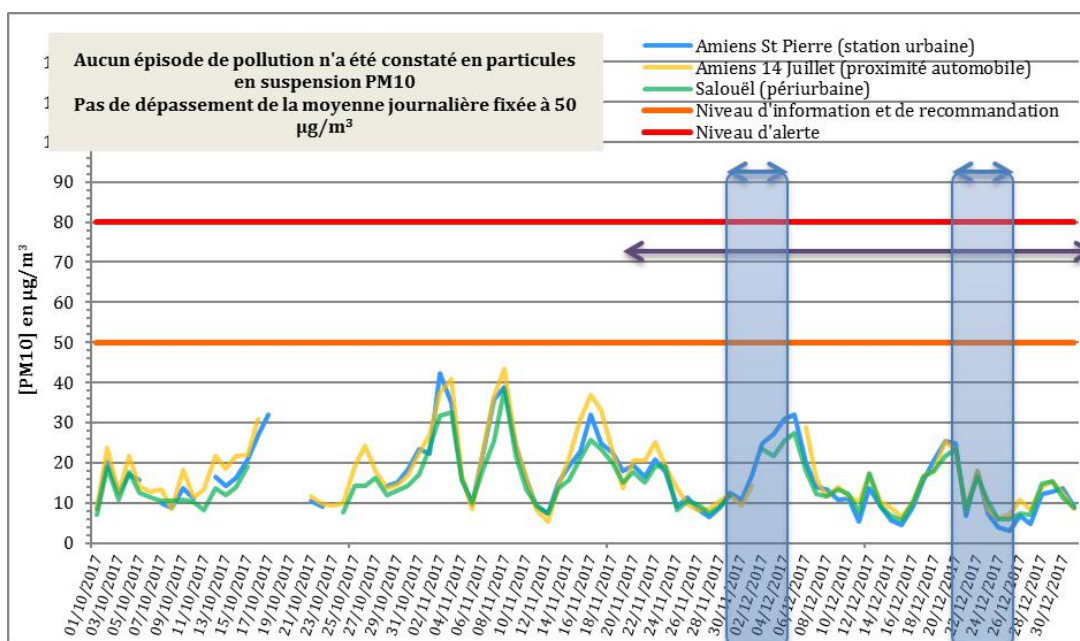


Figure 23 : Evolution des concentrations journalières en PM10 sur le dernier trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

Sur l'année 2017, les niveaux d'alerte et d'information pour les particules en suspension PM10 n'ont été dépassés que lors du 1^{er} trimestre avec 2 épisodes en janvier et 1 en février. Il se trouve que durant cette même période ont eu lieu 3 pics de consultations de patients BPCO et que le taux moyen d'hospitalisation était plus élevé durant les mois de janvier et février avec un taux de 0,94 en janvier et de 1,07 en février contre un taux moyen sur l'année de 0,65. Ces pics de consultations ont eu lieu en général entre 3 et 5 jours après le début du pic de pollution. Ces mois sont également les mois de l'épidémie de grippe. A l'inverse, durant la période de juin à septembre, il n'a été constaté aucun pic de pollution aux PM10 et aucun pic d'exacerbation de BPCO.

5.3.7. Les particules fines PM2.5

☐ Concentrations moyennes sur l'année

Dans le tableau ci-après sont résumés les résultats de l'année pour les particules en suspension PM2.5 sur les stations de l'agglomération Amiénoise.

Site de mesures		Particules fines (PM2.5)
		Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Année 2017	Amiens St-Pierre (urbaine)	13
Valeurs réglementaires		25 (valeur limite)

Tableau 9 : Résultats en particules fines PM2.5 sur les stations de l'agglomération Amiénoise pour l'année 2017

Avis et interprétation :

Sur l'année 2017, au regard des résultats obtenus, l'objectif de qualité ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) n'est pas respecté pour les particules fines PM2.5 sur la station urbaine d'Amiens Saint-Pierre.

☑ Valeur réglementaire non respectée sur le territoire d'Amiens Métropole pour les particules fines PM2.5 au cours de l'année 2017

□ Evolution journalière des concentrations sur les stations

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la moyenne journalière de la concentration en particules fines PM2.5 au cours de l'année 2017, ainsi qu'en décembre 2016, mise en perspective avec le nombre de patients inclus par les services d'urgences du CHU Amiens-Picardie et de la Clinique de l'Europe

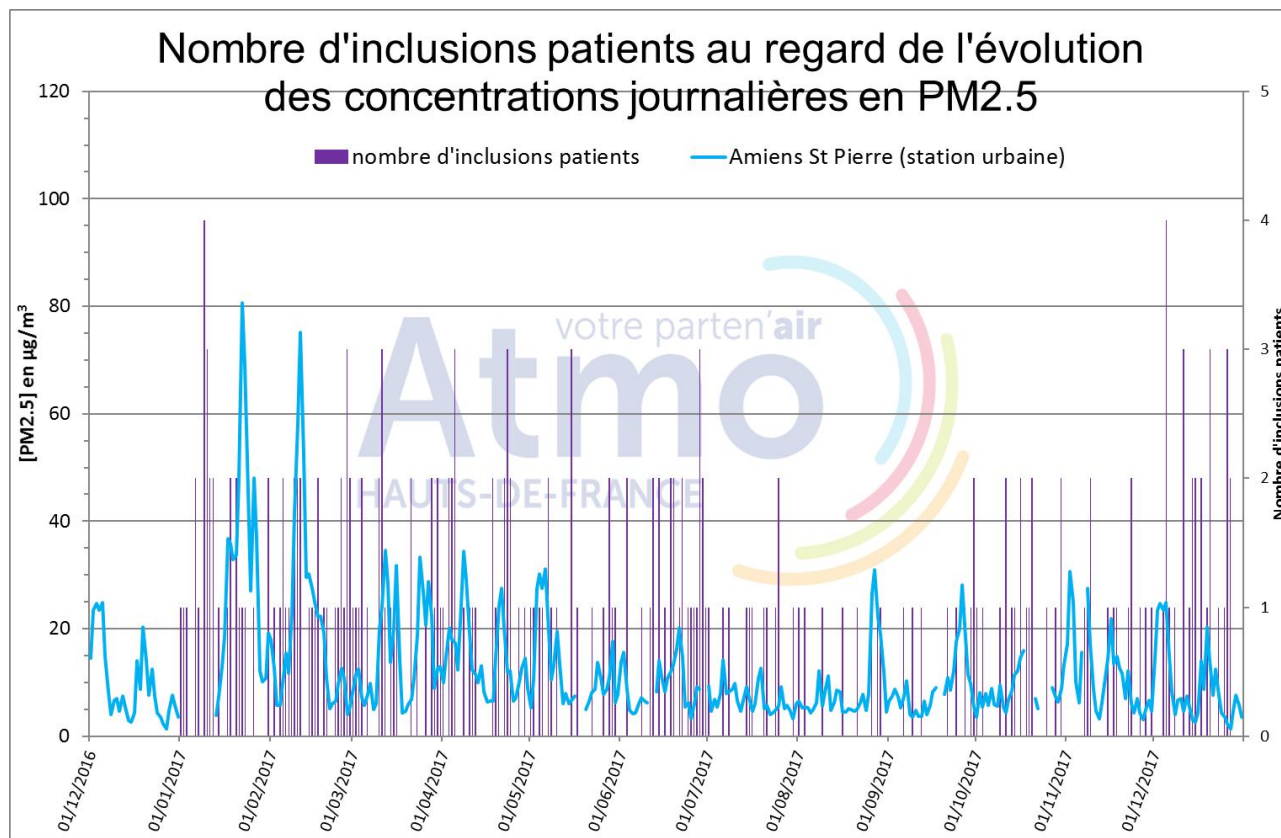


Figure 24 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des concentrations journalières en PM2.5

5.3.8. Corrélation des pics de patients aux données journalières en particules fines PM2.5

La corrélation a été faite de deux façons : à la fois par représentation graphique mais également par analyse statistique. Voici les différentes représentations graphiques, concernant les PM2.5, polluant pour lequel des seuils à risque sont connus (pour la population générale).

☐ Données sur le 1^{er} trimestre 2017 pour les PM2.5

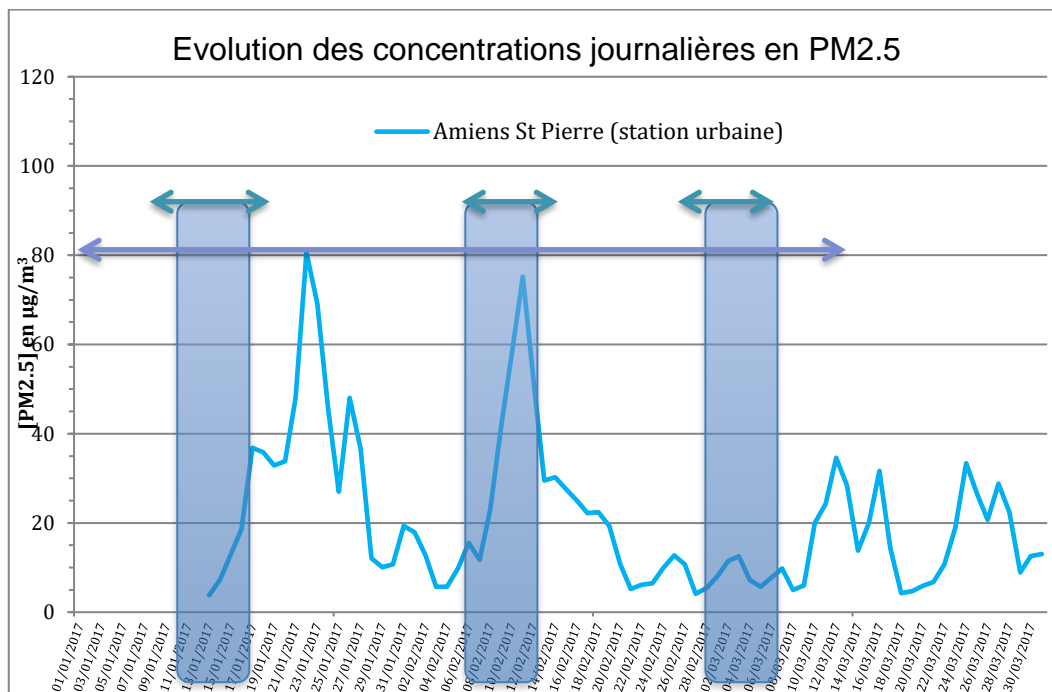


Figure 25 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le 1^{er} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

☐ Données sur le 2^{ème} trimestre 2017 pour les PM2.5

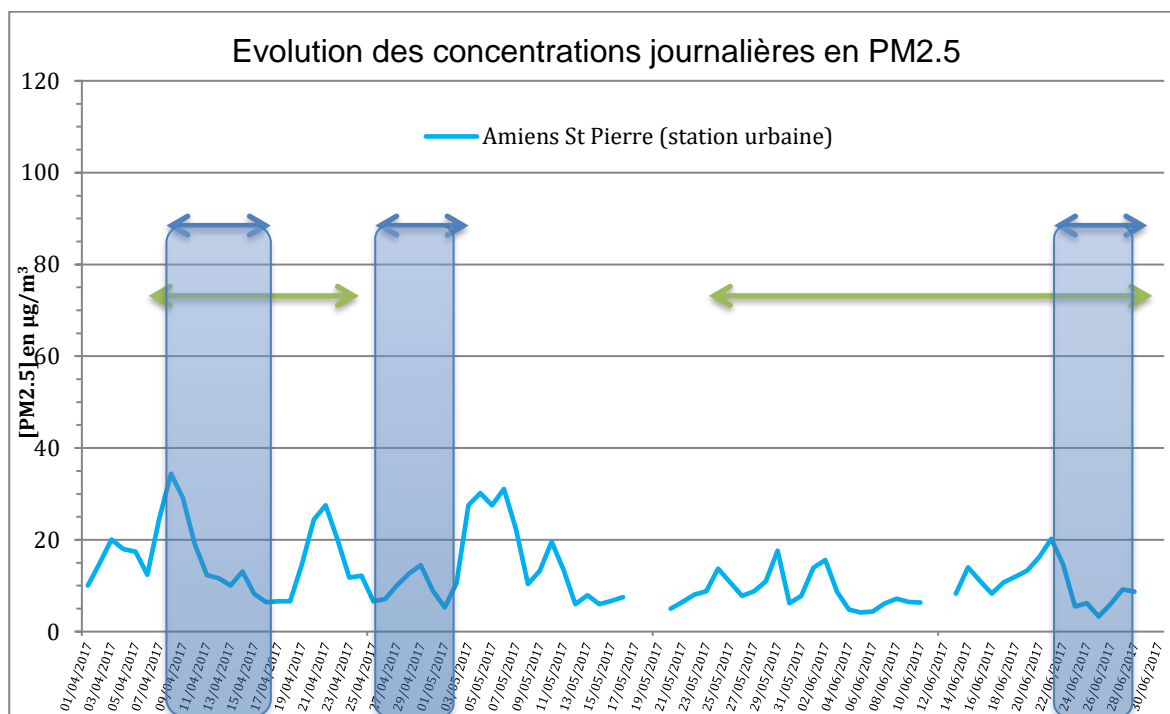


Figure 26 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le 2^{ème} trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et les flèches vertes indiquent les pics de pollens.

☐ Données sur le 3^{ème} trimestre 2017 pour les PM2.5

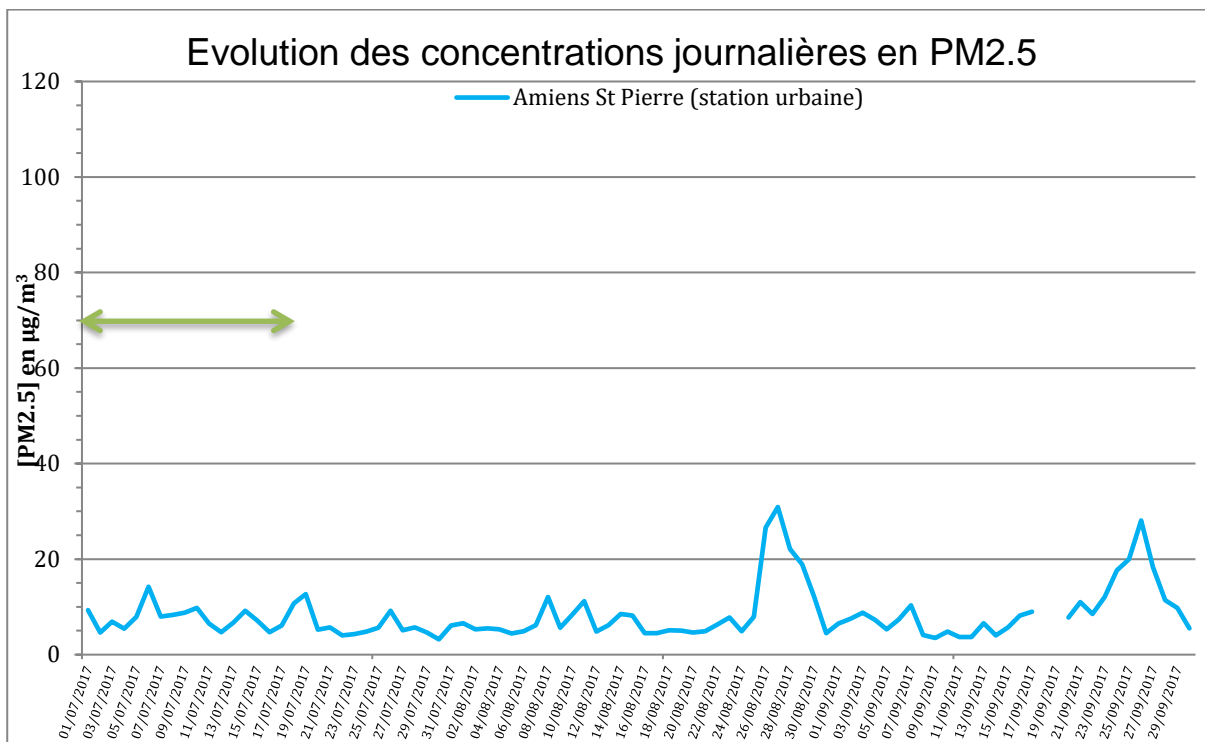


Figure 27 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le 3^{ème} trimestre 2017

Légende : la flèche verte indique les pics de pollens.

☐ Données sur le dernier trimestre 2017 pour les PM2.5

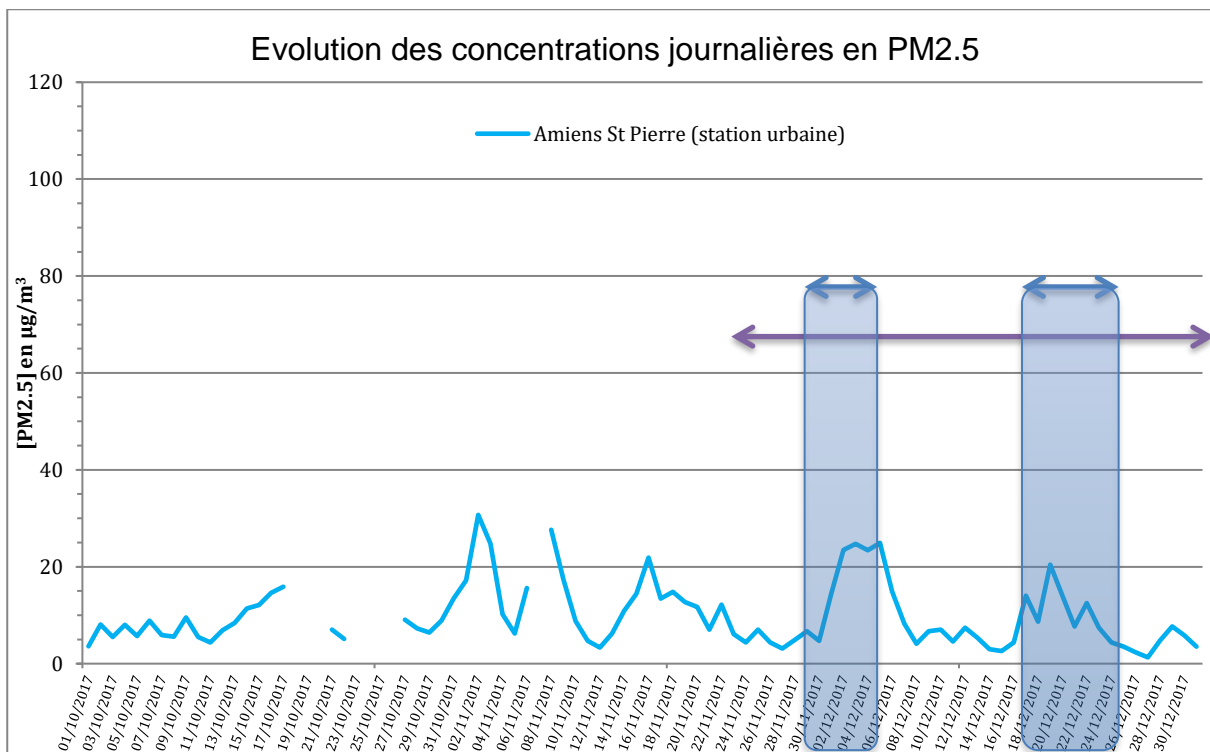


Figure 28 : Evolution des concentrations journalières en PM2.5 sur le dernier trimestre 2017

Légende : les flèches bleues indiquent les pics de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et la flèche mauve la période de grippe.

Sur l'année 2017, les niveaux les plus élevés pour les particules en suspension PM2.5 ont été constatés uniquement lors du 1^{er} trimestre avec 2 pics en janvier et 1 en février. Il se trouve que durant cette même période ont eu lieu 3 pics de consultations de patients BPCO et que le taux moyen d'hospitalisation était plus élevé durant les mois de janvier et février avec un taux de 0,94 en janvier et de 1,07 en février contre un taux moyen sur l'année de 0,65. Ces pics de consultations ont eu lieu en général entre 3 et 5 jours après le début du pic de pollution aux particules en suspension PM10. Ces mois sont également les mois de l'épidémie de grippe. A l'inverse, durant la période de juin à septembre, il n'a été constaté aucun pic de PM2.5 et aucun pic d'exacerbation de BPCO.

En 2017, les valeurs réglementaires annuelles sont respectées par toutes les stations de mesures d'Amiens Métropole, sauf les objectifs à long terme pour la protection de la santé et la protection de la végétation pour l'ozone et l'objectif de qualité pour les particules fines PM2.5. Ceci est également observé sur le territoire des Hauts-de-France.

Même si la valeur limite journalière en particules PM10 est respectée en 2017, des épisodes de pollution ont néanmoins été recensés pour les particules PM10, ainsi que pour l'ozone.

5.4. Surveillance des pollens

5.4.1. Bilan de la surveillance en 2017

La surveillance pollinique en 2017 s'est déroulée du 14 février au 10 septembre, sur le capteur de Boves, soit 30 semaines de mesures.

Le nombre total de grains comptés en 2017 a été moins important qu'en 2016, du même ordre de grandeur que pour l'année 2013.

Le bilan de l'année 2017 est le suivant :



Figure 29 : Evolution du nombre total de grains pour la surveillance pollinique entre 2013 et 2017

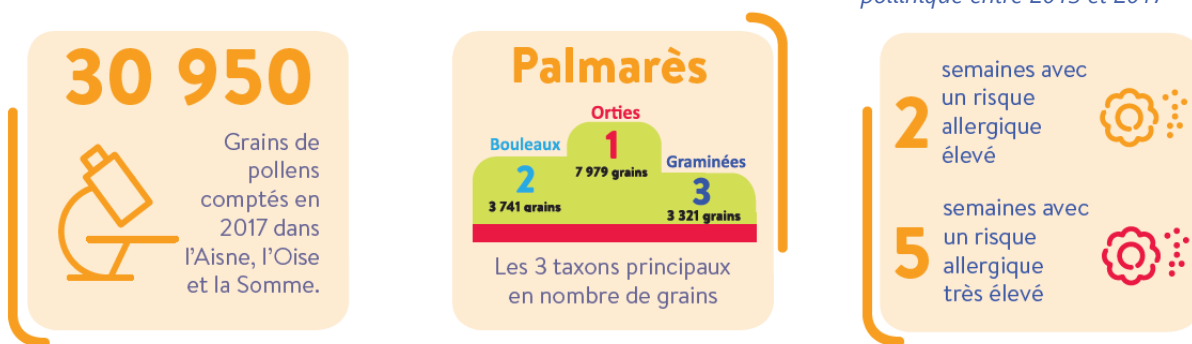


Figure 30 : Bilan chiffré de la surveillance pollinique en 2017

5.4.2. Corrélation des pics de patients aux comptages journaliers en pollens

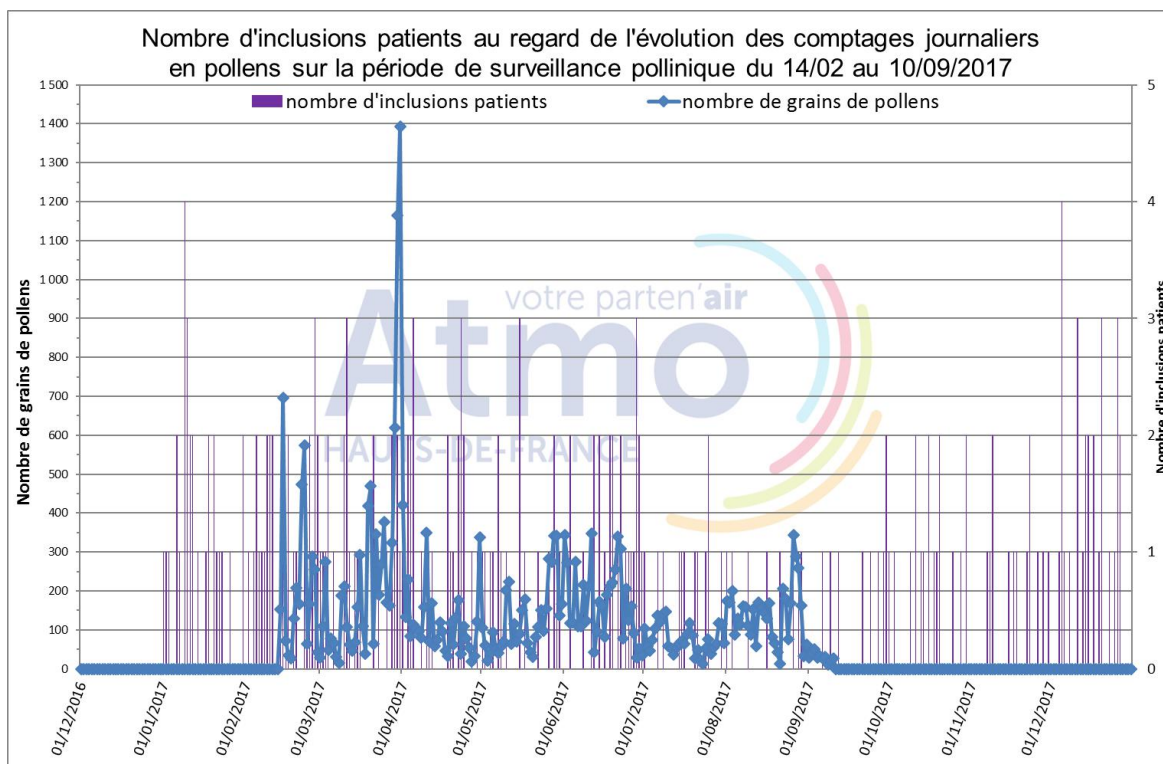


Figure 31 : Nombre d'inclusions patients au regard de l'évolution des comptages journaliers en pollens sur la période de surveillance pollinique du 14/02 au 10/09/2017

5.4.3. Evaluation de l'exposition des patients au regard du RAEP

Le RAEP est le Risque Allergique d'Exposition aux Pollens.

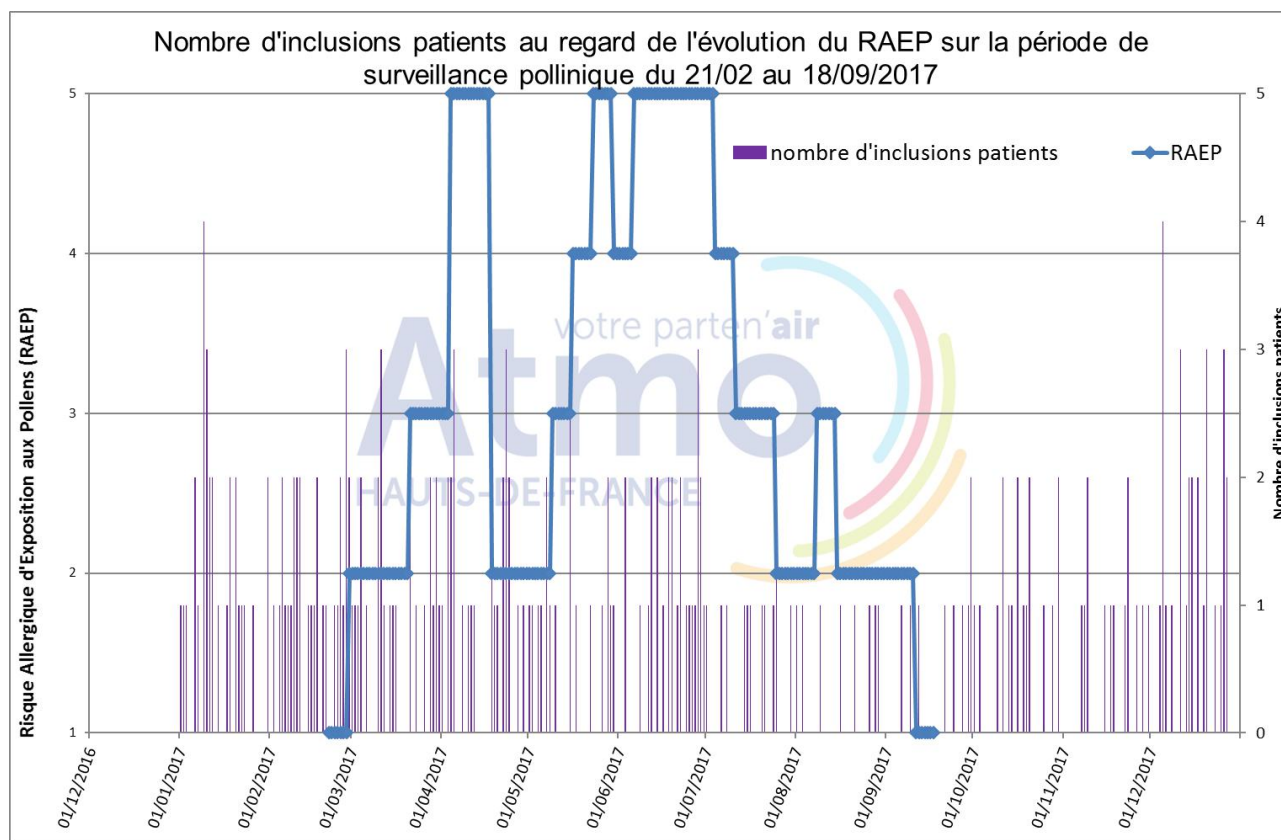


Figure 32 : Nombre d'inclusions patients au regard de l'évolution du RAEP sur la période de surveillance pollinique du 21/02 au 18/09/2017

Peu de données sur les allergies au pollen ont pu être obtenues chez les patients inclus. Les données auraient probablement été différentes si les patients étaient asthmatiques. Néanmoins, le pic de consultations début avril 2017 pourrait être expliqué par l'importance des pollens, avec un pic en grains concomitant de 4 284 grains par m³.

5.5. Surveillance des nuisances olfactives

5.5.1. Bilan de la surveillance en 2017

Au cours de l'année 2017, 373 déclarations d'odeurs ont été recensées :

- 243 signalements du réseau de Nez,
- 130 déclarations spontanées du grand public, via l'application ODO.

S'agissant des patients inclus en janvier 2017, un regard a été porté sur les déclarations enregistrées en décembre 2016.

Signalements d'odeurs en 2017	Décembre 2016	1 ^{er} Trimestre	2 ^{ème} Trimestre	3 ^{ème} Trimestre	4 ^{ème} Trimestre
Réseau de Nez	22	57	56	66	64
Déclarations publiques	13	20	29	32	49
TOTAL	35	77	85	98	113

Tableau 10 : Nombre de signalements d'odeurs entre décembre 2016 et décembre 2017

5.5.2. Corrélation des pics de patients aux déclarations journalières de nuisances olfactives

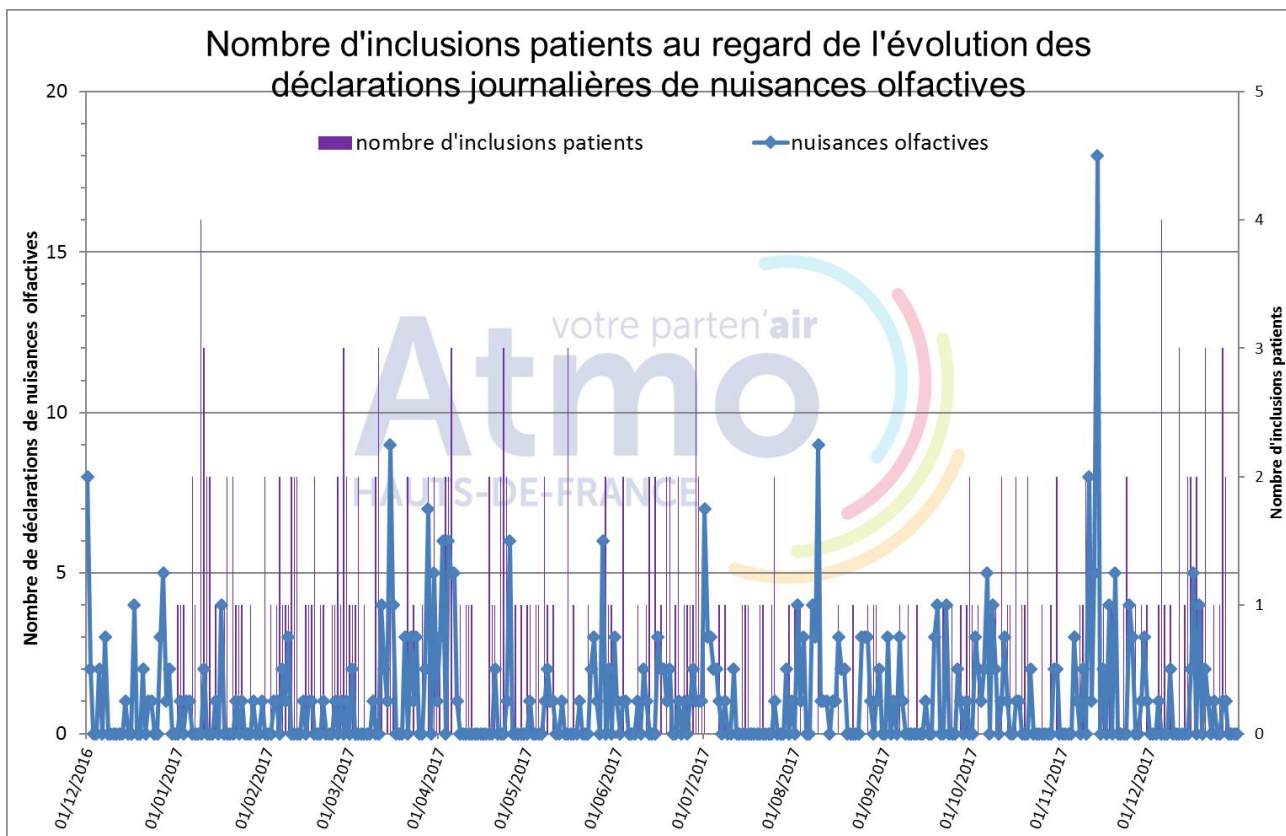


Figure 33 : Nombre d'inclusions patients pour l'année 2017, au regard de l'évolution des déclarations journalières de nuisances olfactives

La corrélation des pics de consultations aux déclarations journalières n'a pas donné de résultats statistiquement significatifs.

5.6. Traitement statistique

Des analyses complémentaires avec l'aide des statisticiens ont été réalisées pour prendre en compte ces différentes données dans un modèle mathématique.

En utilisant un modèle de coefficient linéaire, aucune influence de l'humidité n'était retrouvée sur le taux d'exacerbation quotidien. A noter que la majorité des patients vivaient en milieu péri-urbain.

Lorsqu'on s'intéresse au lien entre exacerbations de BPCO et données de la station urbaine, il existe un lien significatif entre le taux le jour de l'exacerbation de PM2.5 ($p=0,03$), de NO₂ ($p=0,003$), O₃ ($p=0,01$), qui tend à être significatif pour les PM10 (0,06), et le taux de patients. Quand on s'intéresse aux journées qui précédaient le passage aux urgences du patient, les données n'étaient significatives que pour les PM10 et les PM2.5.

Au niveau de la station trafic, seules les données NO₂ et PM10 étaient disponibles, sans qu'on puisse trouver un lien statistique entre ces données et les exacerbations.

Enfin, au niveau péri-urbain, seuls le taux d'ozone et la température dans les jours précédents l'hospitalisation étaient significativement liés au taux de passage aux urgences pour exacerbation ($p=0,003$ et $p=0,03$ respectivement).

Pour Amiens Saint-Pierre (station urbaine), des valeurs limites spécifiques des patients BPCO ont été recherchées. Au vu des données du CHU Amiens-Picardie, pour classer la survenue de plus de 2 exacerbations vs. 2 exacerbations ou moins, ont été trouvées des valeurs pour les PM2.5, NO₂ et O₃ respectivement de 14,5, 11,8 et 79,2 (cut-offs). Cependant, le nombre de fois où les exacerbations dépassent 2 n'est que de 13, aboutissant à un faible groupe.

Si on classe en plus d'une exacerbation vs. une exacerbation ou moins, les cut-offs deviennent 22,8, 11,8 et 73,8 respectivement.

Bien entendu, les niveaux des PM10, PM2.5, NO₂ et O₃ ne peuvent pas expliquer à eux seuls les excès de consultations aux urgences pour exacerbations. Ils ont un rôle clair puisque prouvé de manière significative que ce soit graphiquement ou mathématiquement, en particulier pour la station urbaine où l'élévation des 3 polluants (PM2.5, O₃ et NO₂) est significativement corrélée à un excès de consultations. Pour la station péri-urbaine, seul l'O₃ et la température sont associés à une augmentation du taux de consultations. Néanmoins, on se rend bien compte du rôle de la grippe dans l'excès de consultations aux urgences (pics de janvier-février et décembre) et peut-être des pollens, même si l'impact est moins clair.

Ainsi, les épisodes de janvier-février semblent être liés à la fois aux pics de pollution aux particules en suspension PM10 (les suivent de quelques jours) et à la grippe. Les épisodes d'avril peuvent être liés aux pollens. L'épisode de juin est clairement en lien avec un épisode de pollution à l'ozone (non représenté graphiquement). Enfin les épisodes de décembre semblent liés à une épidémie de grippe particulièrement sévère pendant l'hiver 2017-2018. Peu de pics de pollution aux particules en suspension PM10 ont été constatés pendant l'année 2017, ce qui complique bien entendu le travail.

6. Travaux de modélisation

6.1. Paramètres de la modélisation

En pollution atmosphérique, comme dans de nombreux autres domaines d'études, les moyens de calcul numérique permettent aujourd'hui de « simuler », ou « modéliser », de nombreux phénomènes qu'il est difficile de mesurer et d'observer. La modélisation permet de déterminer les concentrations de divers polluants sur un territoire étendu où l'on ne dispose pas d'un grand nombre de stations de mesure fixes. Dans le cadre de l'étude, il est techniquement très difficile de pouvoir obtenir des données locales à l'adresse de nombreux patients sur une longue période. Le recours à la modélisation permet d'estimer les concentrations de différents polluants auxquelles les patients sont exposés.

La modélisation de la dispersion de polluants atmosphériques repose sur la résolution numérique du comportement d'un grand nombre de variables physiques et d'espèces chimiques (équations physiques et chimiques), en essayant de refléter la grande complexité des réactions se produisant dans l'atmosphère. Elle est un outil permettant de répondre à des attentes réglementaires et sanitaires et sert donc d'étude à l'appui pour de nombreux décideurs publics dans l'évaluation environnementale de projets locaux. En effet, sur la base d'indicateurs de suivi représentatifs de la pollution, des planifications réglementaires à court terme ou long terme peuvent être entreprises par les pouvoirs publics, comme les plans de protection de l'atmosphère (PPA), les études d'impact environnementales et d'évaluation de la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération ou d'un quartier.

Le modèle

Atmo Hauts-de-France utilise pour la réalisation de ses modélisations annuelles à l'échelle urbaine le logiciel ADMS Urban. Cet outil est une version du système de modélisation de la dispersion atmosphérique développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultant) et commercialisé en France par la société Numtech qui est le référent technique pour tout besoin opérationnel.

La version d'ADMS Urban utilisée pour l'étude est : ADMS Urban 4.0.1.0. Une description plus détaillée de cet outil est disponible en annexe 5.

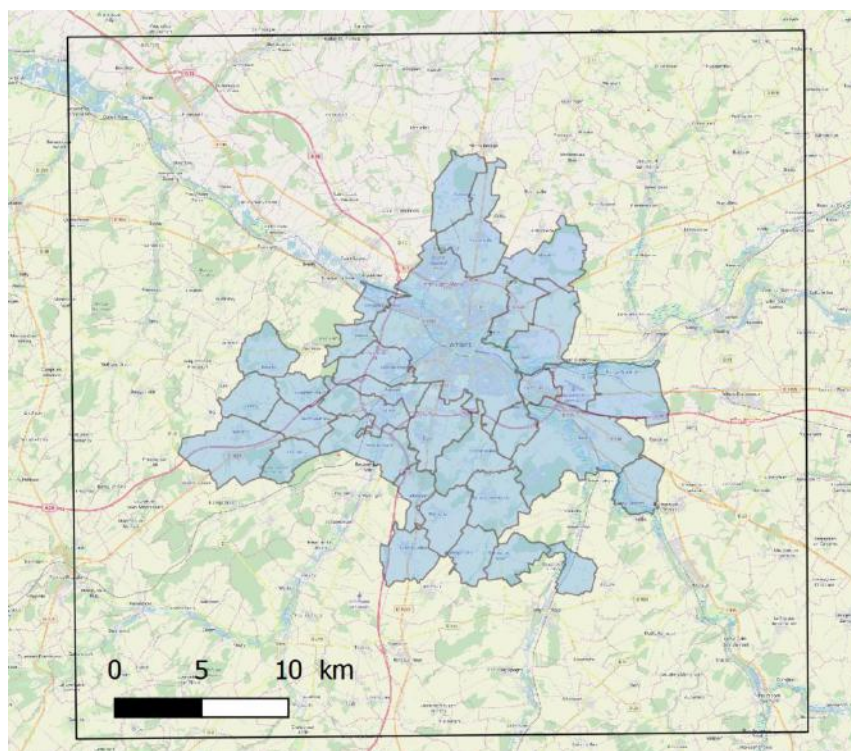
Les périodes simulées

La modélisation vient compléter les autres données de l'étude (données sanitaires et mesures de polluants) et porte donc sur la même période, à savoir du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017. Les concentrations en PM10, PM2.5, NO₂ et O₃ ont été simulées aux adresses des patients sur des pas de temps horaire et journalier pour suivre les évolutions au cours de l'année, en complément du calcul des moyennes annuelles qui permettent de mieux connaître l'exposition globale de ces patients.

Le domaine de simulation :

Périmètre :

L'étude de modélisation reprend le périmètre d'Amiens Métropole, sur lequel Atmo Hauts-de-France a développé un modèle urbain en 2017. L'intérêt de cet outil est de pouvoir cartographier à haute résolution la qualité de l'air sur une agglomération, en calculant pour plusieurs polluants les concentrations et leurs évolutions sur une période donnée. Pour cela, les sources d'émissions influentes issues des différents secteurs d'activités principaux (transport routier, fluvial et ferroviaire, résidentiel-tertiaire, industriel) sont prises en compte sur l'intégralité du périmètre de la métropole, et dans un périmètre maximal correspondant à un domaine rectangulaire de 42 kilomètres du Nord au Sud et de 40 kilomètres d'Ouest en Est, centré sur l'agglomération d'Amiens Métropole.



*Figure 34 : Domaine de modélisation (33 communes) et périmètre de prise en compte des sources d'émission.
Fond de carte : © les contributeurs d'OpenStreetMap, openstreetmap.org – Couche communes : BD TOPO® 2017 de l'IGN.*

Grilles de sortie :

Sur le domaine d'Amiens Métropole, un maillage constitué de plus de 78 000 points de calculs a été créé afin de pouvoir représenter finement l'impact des sources d'émissions sur une cartographie. En fonction de la localisation sur le territoire ou du type de sources à proximité, le maillage est plus ou moins resserré : par exemple, l'écart entre deux points est de 500 mètres en dehors de toute zone urbaine, mais de quelques mètres à proximité de certains des axes routiers du centre-ville d'Amiens. Les concentrations sont donc calculées par le modèle sur l'ensemble de ces points de calcul, ce qui permet ensuite, par interpolation, de produire des cartes de concentrations des différents polluants réglementés sur le territoire de l'agglomération.



Figure 35 : Maillage utilisé pour le modèle urbain d'Amiens Métropole : à gauche, une vue d'ensemble sur le périmètre de l'agglomération ; à droite, un zoom sur le centre-ville d'Amiens, qui permet d'identifier à la fois un maillage régulier et divers points placés en proximité d'un axe routier.

Pour l'étude, l'objectif est de simuler précisément les concentrations des différents polluants auxquelles les patients sont exposés. Il est donc nécessaire de connaître précisément l'adresse de leur lieu d'habitation. Dans ce cadre, les données recueillies par le CHU Amiens-Picardie ont été utilisées : elles ont été croisées, lorsque cela était possible, à la BD Adresse® (fournie par l'Institut National de l'information Géographique et forestière (IGN)), qui permet de localiser précisément une adresse à partir de données telles que la commune, le numéro et le nom de la rue.

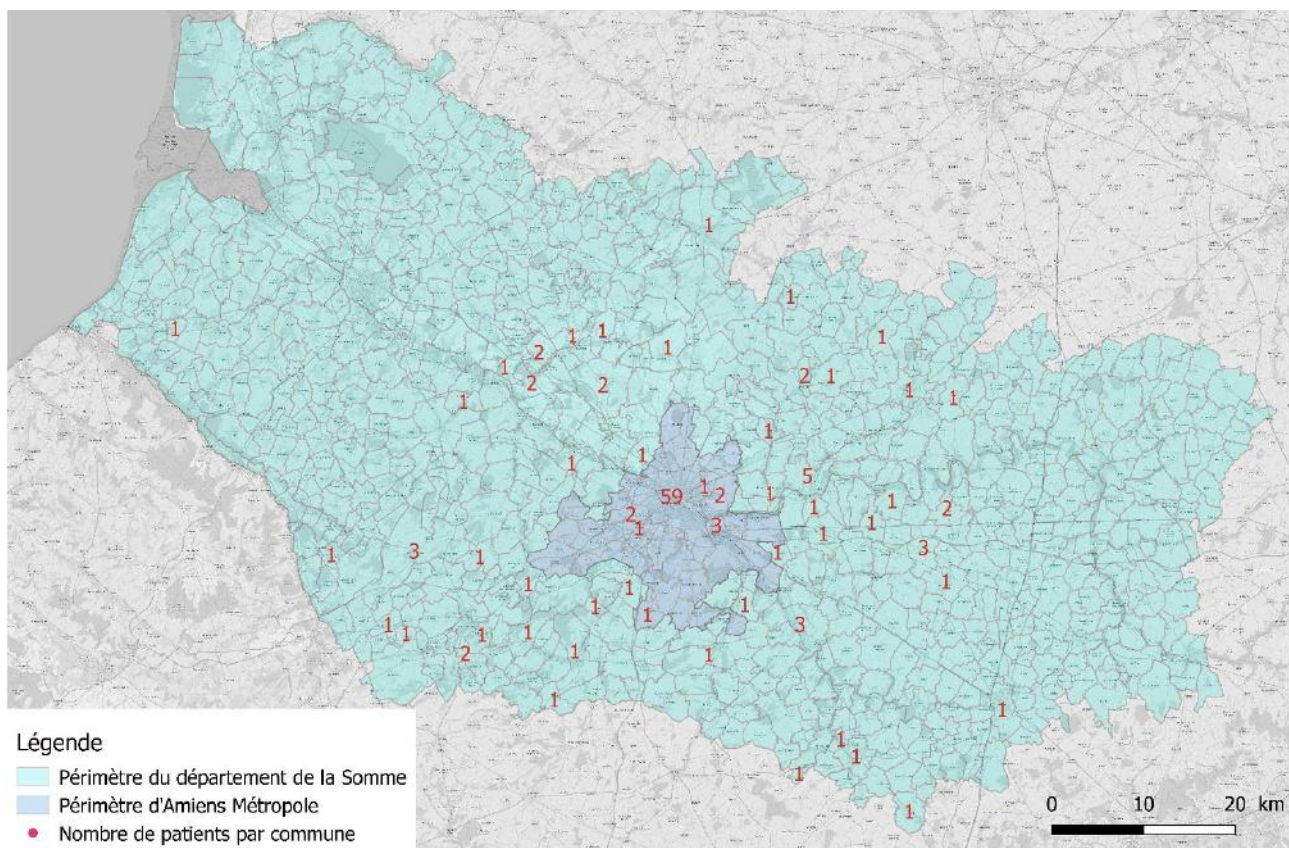


Figure 36 : Localisation des patients samariens (en nombre de patients par commune)

Sur les 168 patients de l'étude, 149 ont fourni une adresse (qu'elle soit complète ou non) et parmi eux, 135 viennent du département de la Somme. La carte de la figure ci-dessus indique le nombre de patients sur chaque commune de l'ensemble du département. 66 d'entre eux habitent en dehors du périmètre d'Amiens Métropole (matérialisé en bleu foncé sur la carte). Les sources d'émission ayant été décrites de manière précise uniquement sur le contour de la métropole lors du développement et des mises à jour du modèle urbain, ces patients hors agglomération ne sont pas pris en compte car il n'est pas possible de modéliser précisément les concentrations à leur adresse en utilisant le modèle. Une description détaillée des sources est disponible en partie 6.2 de ce document.

Il reste 69 patients, dont 11 n'ont pas fourni une adresse complète (commune, rue, numéro) et n'ont donc pas pu être placés précisément et intégrés au modèle. Finalement, les 58 patients dont l'adresse indiquée est complète et se situe sur le territoire d'Amiens Métropole ont été sélectionnés et les coordonnées géographiques de leur habitation ont pu être définies. Il a donc été possible d'ajouter des points de calcul au modèle à ces coordonnées. L'ensemble des points défini par trois coordonnées X, Y et Z sera placé à une hauteur virtuelle Z de 1,5 mètre, définie comme hauteur approximative de l'exposition maximale des patients car associée aux entrées (bouche, nez) du système respiratoire.

Autres paramètres

Données météorologiques :

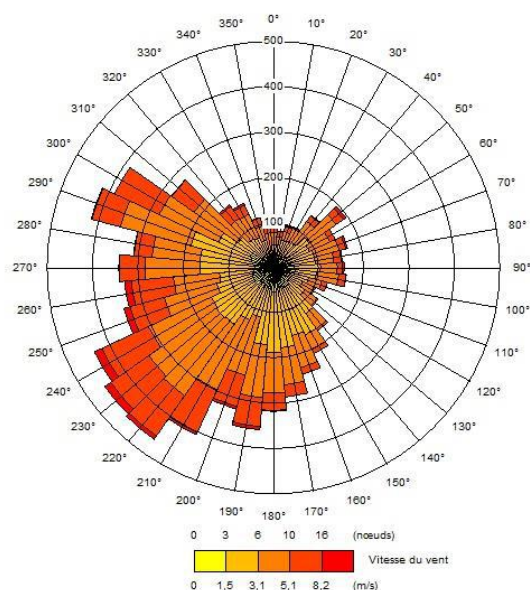


Figure 37 : Rose des vents mesurés sur la station Amiens-Glisy pour l'année 2017 – produite par le modèle ADMS Urban

Les données météorologiques mesurées sur la station Météo-France d'Amiens-Glisy ont été utilisées et combinées à des sorties du modèle météorologique de la plate-forme de prévision ESERALDA. Les paramètres utilisés sont la vitesse (m/s) et la direction du vent (°) mesuré à 10 mètres, la température (°C) et le taux de précipitations (mm/h) ainsi que le rayonnement solaire incident (W/m^2) et l'épaisseur de la couche limite (m).

Ces données sont présentées en une série de moyennes horaires sur l'ensemble de l'année 2017. Le préprocesseur météorologique d'ADMS Urban effectue alors les calculs heure par heure des différents paramètres caractérisant la couche limite et donc nécessaires pour la modélisation de la dispersion.

Concentrations de fond :

ADMS Urban utilise une pollution de fond pour mettre en œuvre son module de chimie, qui permet de simuler des réactions chimiques et photochimiques de base. Cette pollution de fond permet également d'évaluer les concentrations de polluants en conditions initiales et aux limites du domaine de simulation, donc la part de pollution émise à l'extérieur du domaine et transportée sur la zone à modéliser.

En règle générale, les données utilisées sont celles d'une station de mesure périurbaine ou rurale située à proximité du domaine. Pour cette étude, les mesures horaires en particules PM10 et PM2.5 de la station rurale de Campagne-lès-Boulonnais ont été utilisées. Cette station fixe du réseau d'Atmo Hauts-de-France se situe au Nord de l'agglomération d'Amiens Métropole. Bien qu'éloignée géographiquement, elle est plus révélatrice du niveau de fond rural de la zone que d'autres stations telles que celle d'Arrest, plus proche du domaine mais sous influence plus importante du littoral, ce qui peut fausser la détermination d'une concentration en pollution de fond en raison des variations sensibles de certains paramètres météorologiques (vent...)

Pour les oxydes d'azote, les mesures de la station périurbaine de Nœux-les-Mines (au Nord d'Amiens Métropole) ont été choisies. Enfin pour l'ozone, les mesures de la station rurale de Roye ont été utilisées. Cette station fixe se situe à l'Est de l'agglomération d'Amiens Métropole.

Topographie – structure du bâti :

La topographie n'a pas été prise en compte dans le domaine de simulation pour cette étude. En effet, elle n'a une influence qu'en cas de pentes importantes au sein du domaine. La forme du bâti est également considérée dans certaines modélisations et permet d'identifier des rues dites canyon, dont les bâtiments sont compacts et contigus le long des deux côtés de la rue sur plus de 100 mètres et dont la hauteur des bâtiments est supérieure à la moitié de la largeur de la rue. Cette caractéristique empêche la bonne dispersion des polluants.

Sur le modèle urbain d'Amiens Métropole, aucune rue n'a été considérée comme rue canyon. En dehors de leur hauteur, les caractéristiques des bâtiments et leur impact sur la dispersion ne sont pas prises en compte par ADMS Urban, au contraire d'autres modèles plus spécifiques calculant des écoulements en trois dimensions.

6.2. Estimation des émissions

Données d'entrée

La modélisation urbaine intègre généralement 3 typologies de sources de pollution : les sources linéaires (routières, ferroviaires, fluviales), les sources ponctuelles (cheminées industrielles) et les sources surfaciques/volumiques (habitat, agriculture...). Les données associées à toutes les sources sont extraites de l'inventaire régional spatialisé des émissions de polluants, réalisé par Atmo Hauts-de-France et qui permet de déterminer les émissions de polluants associées à ces différentes sources sur l'ensemble de la région et leur localisation. Pour le modèle urbain d'Amiens, une extraction de cet inventaire pour l'année 2012 (version la plus récente disponible au moment du développement du modèle) a été réalisée afin de prendre en compte d'une part les sources d'émission sur le contour de l'agglomération, mais aussi en bordure extérieure du périmètre, considérant ainsi également les émissions provenant de l'extérieur de l'agglomération mais à une distance suffisamment faible pour impacter la qualité de l'air du périmètre étudié. Des mises à jour annuelles de ces données sont réalisées pour les modèles urbains : ainsi, le modèle d'Amiens Métropole intègre les dernières données disponibles pour l'industrie (années 2016 ou 2017 selon les sources d'émissions).

Pour l'étude, les sources modélisées sont donc :

- le trafic automobile, sur les axes principaux,
- l'industrie,
- le secteur résidentiel-tertiaire,
- le transport ferroviaire et fluvial,
- l'agriculture.

Trafic automobile

Les tronçons du trafic automobile pris en compte pour la modélisation urbaine sont sélectionnés en fonction de leur importance, à partir de la BD TOPO® de l'IGN, afin de sélectionner ceux dont l'impact sur la qualité de l'air est le plus important, et de limiter leur nombre pour le calcul. 2 977 tronçons sont ainsi pris en compte dans le modèle.

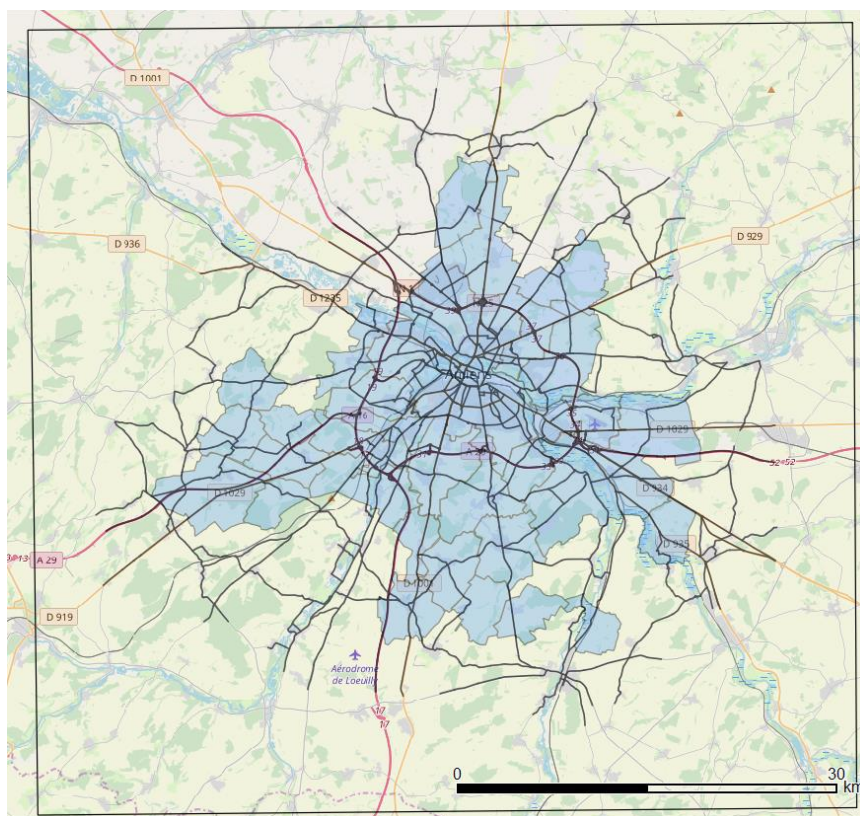


Figure 38 : Tronçons routiers pris en compte pour la modélisation

Sur certains tronçons, des comptages fournis en 2014 par Amiens Métropole ont été attribués. Ces comptages renseignent sur l'évolution du trafic pour différentes échelles de temps (qui peut être importante, en fonction de l'heure de la journée, du jour de la semaine, du mois ...). A défaut, ils ont été estimés sur le restant du réseau lors de la mise à jour de l'inventaire régional sur l'année 2012.

Une fois les comptages attribués à l'ensemble du réseau, les émissions du secteur routier ont été calculées par l'intermédiaire de l'outil Circul'air, qui utilise la méthodologie européenne de calcul des émissions du transport routier COPERT IV¹³.

A partir de différents profils temporels, dépendants du type de route, les émissions du secteur routier ont été estimées pour différents polluants :

- CO,
- COV,
- NO₂,
- NO_x,
- Particules PM10,
- Particules PM2.5,
- TSP (poussières totales),
- SO₂.

¹³ Computer Program to calculate Emissions from Road Transport, logiciel dont le développement est financé par l'Agence Européenne de l'Environnement, et basé sur la méthodologie de calcul des émissions EMEP-CORINAIR

Industrie

La description des sources industrielles et leurs émissions sont issues des déclarations annuelles des émissions et des transferts de polluants et des déchets (GEREP) pour l'année 2016, complétée par des informations transmises plus récemment par une industrie ayant fourni des données sur l'année 2017.

11 sources ponctuelles industrielles ont ainsi été considérées pour l'étude, avec une description spécifique des paramètres d'émissions (température, hauteur, vitesse d'émission et diamètre des cheminées) obtenue directement grâce aux industriels ou à défaut, par leurs arrêtés d'exploitation.

Mais l'ensemble des émissions du secteur industriel du domaine d'étude ne vient pas de quelques sources ponctuelles. Les émissions restantes sont spatialisées à la commune puis aux zones industrielles ou commerciales et installations publiques en fonction de l'occupation du sol définie par la CORINE Land Cover¹⁴. Elles sont enfin agrégées à un maillage surfacique de maille régulière de 125 mètres. Sur la figure ci-dessous, la localisation des 11 sources industrielles ponctuelles (en rouge) et 1 046 sources surfaciques (en vert) prises en compte est projetée sur une carte.

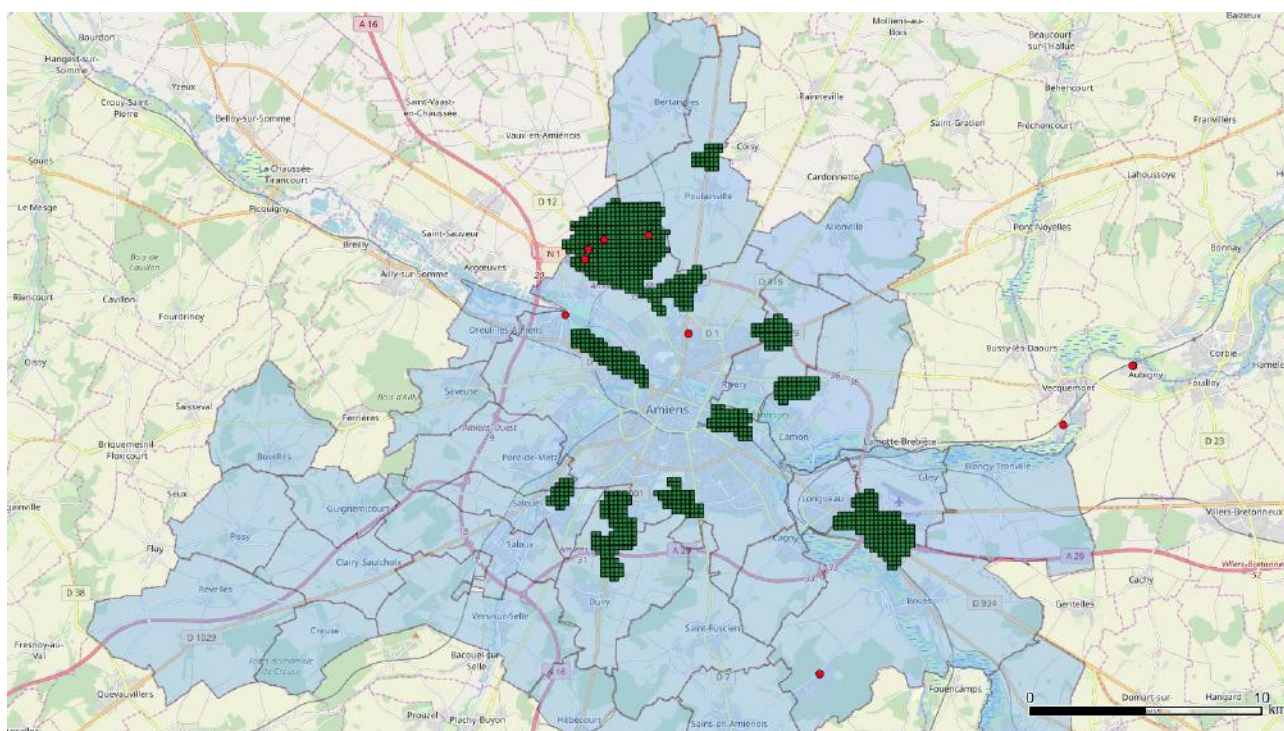


Figure 39 : Sources d'émissions industrielles ponctuelles et surfaciques prises en compte dans la modélisation. Certaines sources ponctuelles sont masquées : 3 d'entre-elles appartiennent au même établissement, pour celui-ci une seule source est visible à l'échelle de la carte.

¹⁴ CORINE Land Cover est une base de données d'occupation des sols produite dans le cadre du programme européen d'observation de la Terre Copernicus. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 39 États européens. La continuité du programme et la diffusion des données CORINE Land Cover sont pilotées par l'Agence européenne pour l'environnement. Le producteur pour la France est le Service de l'observation et des statistiques du ministère chargé de l'environnement.

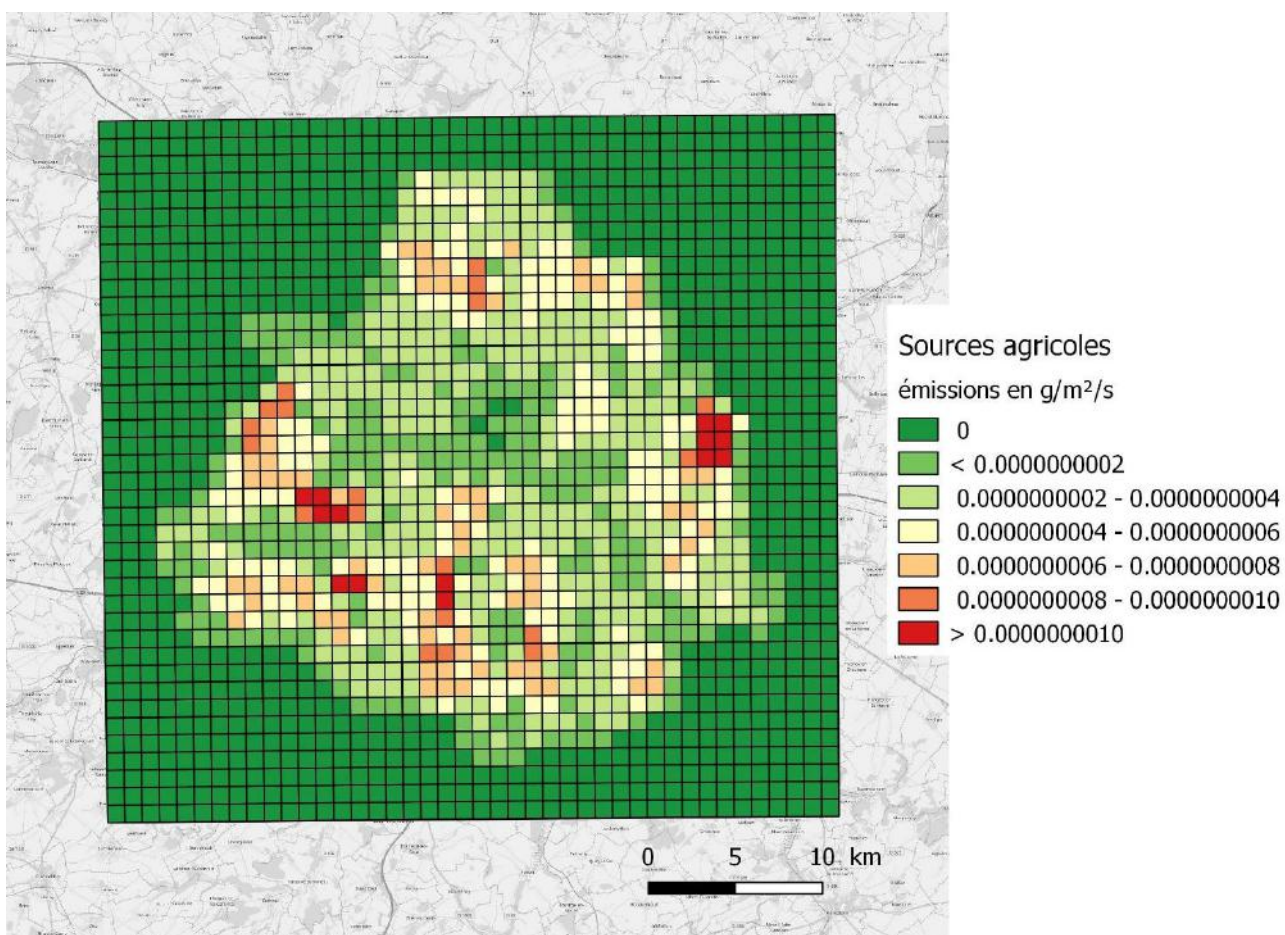


Figure 41 : Emissions agricoles agrégées sur un maillage kilométrique - émissions en particules PM10 ($g/m^2/s$)

Cadastre

Une fois l'ensemble des sources d'émissions décrites dans le modèle, un cadastre a été créé. Celui-ci représente la somme de toutes les émissions de tous les types de sources sur un maillage kilométrique. L'objectif de ce cadastre est de renseigner les émissions d'une manière différente, plus faiblement détaillée, afin de limiter le temps de calcul des concentrations en chaque point du domaine. En effet, les dimensions du domaine contraignent à le découper en plusieurs zones (au nombre de quatre pour le modèle urbain d'Amiens Métropole), et le cadastre est utilisé pour prendre en compte, lors du calcul sur chacune des zones, les émissions des trois autres zones.

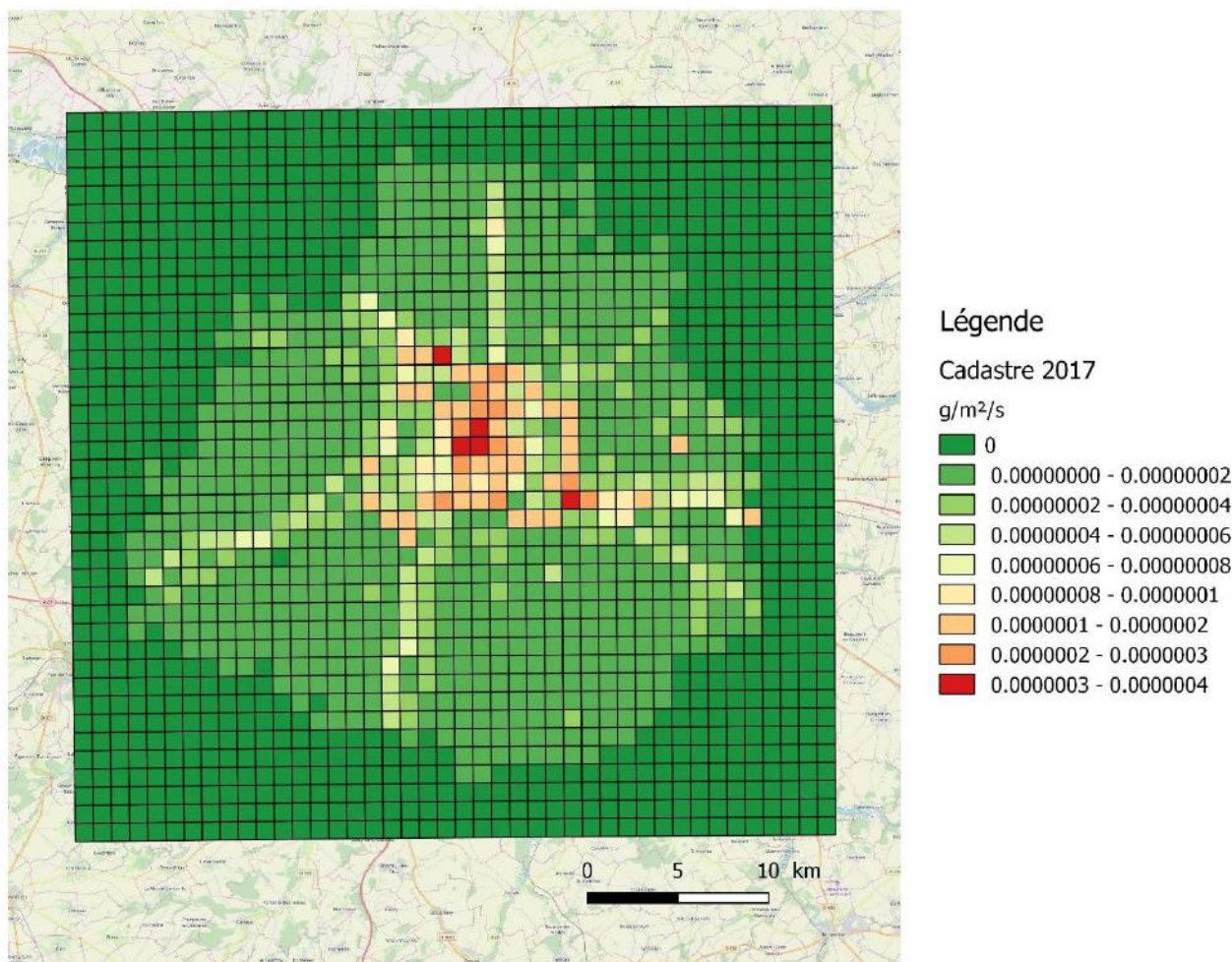


Figure 42 : Grille cadastre - émissions en NO₂ (en g/m²/s) – 2017

6.3. Résultats des simulations

L'ensemble des paramètres décrits dans les parties précédentes permet de réaliser une simulation grâce au modèle ADMS Urban. Cette configuration a déjà été utilisée par Atmo Hauts-de-France et lui permet chaque année de produire des cartes de pollution sur l'ensemble du domaine d'étude, pour différents polluants. Elle a été validée, selon des critères spécifiques précis qui seront abordés dans cette partie du rapport.

Cette validation rend alors possible l'utilisation du modèle pour l'étude. La simulation effectuée porte sur deux résolutions temporelles distinctes : une résolution annuelle et une résolution horaire. La première permet d'évaluer de manière globale le niveau de concentration moyen des différents polluants auquel chacun des patients a été exposé sur la durée de l'étude ; la seconde d'étudier plus précisément les variations de ces concentrations au cours de l'année, de définir des périodes critiques et de corrélérer ces résultats avec les données médicales des patients. Le modèle calcule en sortie des valeurs de concentrations sur un pas de temps égal à celui des données météorologiques fournies en entrée, donc des moyennes horaires. Les autres données obtenues (moyennes annuelles et journalières) sont calculées par le modèle à partir des concentrations horaires modélisées.

☐ Comparaison modèle / mesure

La mise en place d'un modèle urbain sur un territoire s'accompagne d'une comparaison des résultats obtenus par modélisation aux mesures effectuées sur le domaine d'étude, aux stations de surveillance. La législation européenne (Directive 2008/50/CE) impose en effet des objectifs de qualité sur les incertitudes, qui se traduisent en erreur relative¹⁵ : l'objectif fixé est de ne pas dépasser 30% en valeur absolue pour le dioxyde d'azote et l'ozone, quelle que soit la typologie de la station, 30% également pour les particules PM10 et PM2.5 en typologie de fond, 50% enfin en proximité trafic.

Station / polluant	NO ₂	PM10	PM2.5	O ₃
Amiens Saint-Pierre	13 %	8%	11%	-15%
Salouël	17%	1%	Non mesuré	-3%
Amiens 14 juillet	3%	0%	Non mesuré	Non mesuré

Tableau 11 : Erreurs relatives du modèle par rapport aux mesures sur les trois stations du domaine d'étude

Pour cela, des points de calculs ont été ajoutés au modèle, en tenant compte des paramètres propres aux stations, tels que leur position géographique et la hauteur des mesures. Les résultats obtenus, repris dans le tableau ci-dessus attestent du respect de cet objectif en 2017 sur les trois stations situées sur le périmètre d'Amiens Métropole et pour les quatre polluants mesurés. Le modèle est donc validé statistiquement.

D'autres paramètres sont utilisés comme critères statistiques complémentaires, comme le recommande le « Guide pour une modélisation avec une résolution spatiale fine des concentrations en milieu urbain » (version 3, septembre 2010). Ceux-ci permettent de juger du comportement du modèle à l'échelle horaire, les valeurs obtenues ne sont pas réglementaires mais sont considérées comme valeurs guides. Le tableau suivant reprend l'ensemble de ces valeurs de référence.

Paramètres statistiques	Intervalle acceptable pour une comparaison modèle / mesure		
	NO ₂	PM10 et PM2.5	O ₃
Biais normalisé¹⁶	-30 % à 30 %	-30 % à 30 %	-30 % à 30 %
NMSE¹⁷	< 50 %	nd	< 50 %
Coefficient de corrélation¹⁸	0,6 à 1	0,6 à 1	0,7 à 1

Tableau 12 : Valeurs guides à prendre en compte et intervalles souhaités pour une bonne aptitude du modèle à reproduire les niveaux mensuels et trimestriels (donnée de base horaire pour une mesure par analyseur) (nd = non défini)

¹⁵ Ecart relatif entre la mesure et le modèle.

¹⁶ Exprimé en %. Renseigne sur la capacité du modèle à surestimer (si positif) ou sous-estimer (si négatif) les observations. Quantifie l'erreur systématique.

¹⁷ Racine carrée de l'erreur quadratique moyenne normalisée. Décrit l'erreur totale du modèle.

¹⁸ Sans dimension, compris entre -1 et 1. Plus il est élevé, plus le modèle reproduit correctement les variations temporelles des concentrations mesurées. Le coefficient de corrélation permet de quantifier l'erreur locale.

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des valeurs obtenues pour les paramètres de comparaison modèle / mesure pour le modèle d'Amiens Métropole en 2017.

Polluant / site	NO ₂ Amiens Saint- Pierre	NO ₂ Salouël	NO ₂ Amiens 14 juillet	PM10 Amiens Saint- Pierre	PM10 Salouël	PM10 Amiens 14 juillet	PM2.5 Amiens Saint- Pierre	O ₃ Amiens Saint- Pierre	O ₃ Salouël
Coefficient de corrélation	0,63	0,75	0,75	0,64	0,64	0,61	0,82	0,85	0,89
Erreur relative	13 %	17 %	3 %	8 %	1 %	0 %	11 %	-15 %	-3 %
NMSE	56 %	61 %	58 %	nd	nd	nd	nd	42 %	29 %
Biais normalisé	12 %	16 %	3 %	8 %	1 %	0 %	10 %	-16 %	-3 %

Tableau 13 : Résultats statistiques complets du modèle urbain de l'agglomération d'Amiens Métropole pour la comparaison modèle / mesure (nd = non défini)

L'objectif de qualité est ainsi atteint pour le coefficient de corrélation et le biais normalisé, sur l'ensemble des polluants, pour les différentes stations. C'est un bon indicateur de la capacité du modèle à suivre la tendance des concentrations mesurées tout au long de l'année.

En ce qui concerne le NMSE, les valeurs obtenues sont également acceptables pour l'ozone. Pour le NO₂, elles sont légèrement élevées. Mais cela n'a pas d'impact sur la validation du modèle et les résultats obtenus dans le cadre de l'étude. Lors du calage du modèle d'Amiens Métropole, plusieurs tests ont été effectués avec des concentrations de fond issues de plusieurs stations de mesures de la région. Les scores obtenus sont ensuite vérifiés chaque année et permettent d'assurer un suivi. L'objectif lors de cette étape de mise en œuvre du modèle est bien de sélectionner statistiquement le test le plus représentatif. Le scénario retenu (voir partie 6.1, paragraphe « autres paramètres ») est celui qui a permis d'obtenir la meilleure représentation de la réalité au regard des résultats statistiques obtenus.

☐ Moyennes annuelles modélisées

Les moyennes annuelles des concentrations en dioxyde d'azote, particules PM10 et PM2.5 et en ozone calculées par le modèle sont précisées dans le tableau ci-dessous pour les 58 patients. Ce tableau permet de visualiser rapidement les extremums et d'évaluer quels patients sont les plus ou moins exposés à chacun des polluants. Les concentrations sont de plus comparables aux valeurs réglementaires pour le NO₂ et les particules PM10 et PM2.5. Pour l'ozone, il n'existe pas de valeur réglementaire en moyenne annuelle.

Patient	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	PM2.5 (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	Patient	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	PM2.5 (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
CHU_1	21,2	20,3	13,3	37,8	CHU_36	18,2	19,2	12,4	41,3
CHU_10	15,5	19,0	12,3	45,1	CHU_37	21,7	20,5	13,6	36,2
CHU_11	21,4	20,2	13,4	36,4	CHU_38	18,5	19,3	12,5	41,0
CHU_12	17,9	19,1	12,4	41,6	CHU_39	19,4	20,0	12,9	40,6
CHU_13	22,5	20,7	13,7	35,9	CHU_4	24,5	21,5	14,4	33,4
CHU_14	19,5	19,9	12,9	41,4	CHU_40	17,9	19,0	12,2	41,6
CHU_15	18,8	19,5	12,7	40,4	CHU_41	18,1	19,1	12,4	41,5
CHU_16	15,5	18,8	12,1	45,3	CHU_42	19,8	19,7	12,8	38,8
CHU_17	23,0	21,0	14,1	34,4	CHU_43	22,5	20,7	13,7	35,9
CHU_18	17,7	19,5	12,8	42,0	CHU_44	18,2	19,6	12,9	41,2
CHU_19	23,4	21,3	13,9	36,3	CHU_45	22,0	20,4	13,4	36,0
CHU_2	23,7	21,3	14,3	34,3	CHU_46	18,0	19,0	12,3	41,2
CHU_20	20,4	19,9	13,0	38,1	CHU_47	18,6	19,3	12,4	40,7
CHU_21	19,2	19,6	12,9	39,8	CHU_48	20,7	20,0	13,1	37,7
CHU_22	18,8	19,6	12,7	40,9	CHU_49	18,2	19,2	12,5	41,2
CHU_23	17,9	19,1	12,3	41,9	CHU_5	17,9	19,0	12,2	41,8
CHU_24	17,3	19,6	12,5	45,4	CHU_50	20,3	19,8	13,0	38,1
CHU_25	26,3	23,0	15,1	35,7	CHU_51	25,9	23,2	15,4	35,7
CHU_26	19,6	19,4	12,7	38,8	CHU_52	25,5	22,3	15,3	31,9
CHU_27	19,1	19,3	12,5	39,7	CHU_53	17,8	19,0	12,1	42,6
CHU_28	18,7	19,3	12,5	40,2	CHU_54	20,7	19,7	12,9	37,0
CHU_29	18,5	19,1	12,3	41,0	CHU_55	20,4	20,1	13,2	38,9
CHU_3	20,4	19,8	12,9	38,5	CHU_6	19,3	19,4	12,7	39,4
CHU_30	24,3	21,6	14,7	33,1	CHU_7	21,0	20,1	13,2	37,5
CHU_31	26,3	23,2	15,1	36,1	CHU_8	20,2	19,9	13,1	38,7
CHU_32	18,8	20,6	13,4	43,4	CHU_9	21,7	20,5	13,6	36,9
CHU_33	21,6	20,4	13,5	36,8	Clinique_1	17,6	19,0	12,2	42,4
CHU_34	25,6	23,1	15,0	37,4	Clinique_2	26,0	23,2	15,4	35,2
CHU_35	20,2	19,8	13,0	38,5	Clinique_3	19,9	19,6	12,8	38,4

Tableau 14 : Moyennes annuelles en NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ modélisées à l'adresse des 58 patients. Les valeurs minimales de concentrations par polluant sont indiquées en bleu, les valeurs maximales sont en rouge.

Comparaison aux valeurs limites réglementaires :

Pour le NO₂, la concentration annuelle maximale obtenue est de 26,3 µg/m³. Elle se situe en deçà de la valeur limite (VL) réglementaire fixée (40 µg/m³). C'est également le cas pour les particules PM10 (23,2 µg/m³ contre 40 µg/m³ pour la VL) et les particules PM2.5 (15,4 µg/m³ contre 25 µg/m³ pour la VL). Aucun patient n'est donc, à son domicile, soumis à des niveaux de concentrations pour les différents polluants supérieurs aux valeurs limites réglementaires.

Polluants	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	PM2.5 (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Patient(s) min	CHU_10		CHU_16	
	CHU_16	CHU_16	CHU_53	CHU_52
Concentration min	15,5	18,8	12,1	31,9
Patient(s) max	CHU_25	CHU_31		
	CHU_31	CHU_51	CHU_51	
		Clinique_2	Clinique_2	CHU_24
Concentration max	26,3	23,2	15,4	45,4
Etendue	10,9	4,4	3,4	13,5

Tableau 15 : Extrémums de concentrations modélisées pour les différents polluants et étendue de chaque série

Cependant, l'étendue des différentes séries apporte une information sur les écarts entre les patients au niveau de leur exposition aux différents polluants. Si elle est relativement faible pour les particules PM10 et PM2.5 (de l'ordre de 4 µg/m³, soit respectivement 11% et 14 % de la VL), elle est plus importante pour le NO₂ (10,9 µg/m³, soit 27% de la VL) ce qui témoigne de l'inégalité des patients face à leur exposition à ce polluant.

Cartographies :

Les cartographies à l'échelle de l'agglomération pour les quatre polluants NO₂, PM10, PM2.5 et O₃ permettent de mieux se rendre compte de cette inégalité.

Dioxyde d'azote :

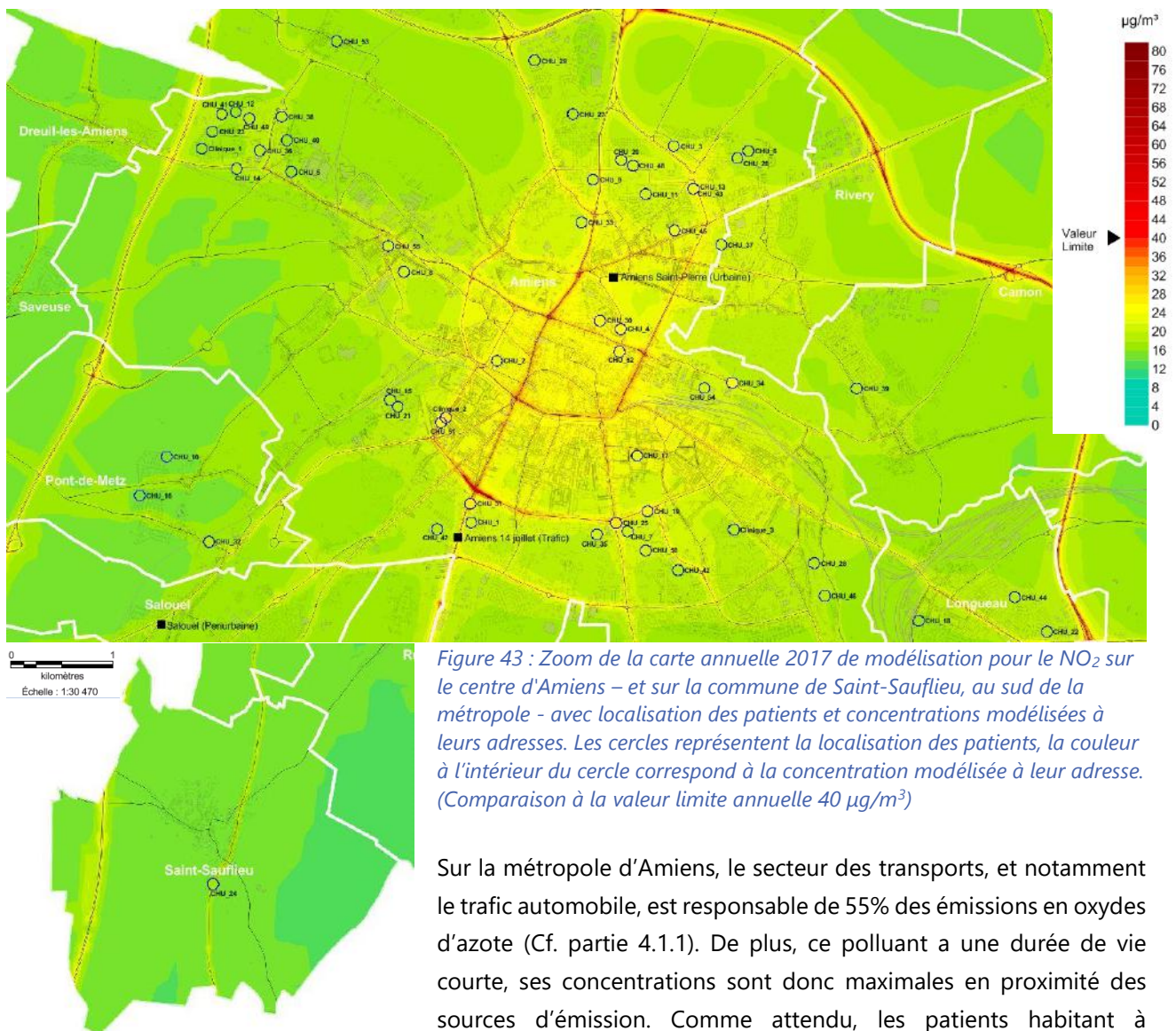


Figure 43 : Zoom de la carte annuelle 2017 de modélisation pour le NO₂ sur le centre d'Amiens – et sur la commune de Saint-Sauflieu, au sud de la métropole - avec localisation des patients et concentrations modélisées à leurs adresses. Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse. (Comparaison à la valeur limite annuelle 40 µg/m³)

Sur la métropole d'Amiens, le secteur des transports, et notamment le trafic automobile, est responsable de 55% des émissions en oxydes d'azote (Cf. partie 4.1.1). De plus, ce polluant a une durée de vie courte, ses concentrations sont donc maximales en proximité des sources d'émission. Comme attendu, les patients habitant à proximité immédiate des axes routiers majeurs sont donc exposés à des concentrations plus élevées en NO₂ que les patients plus éloignés : par exemple les patients CHU_31 (à l'intersection de l'avenue du 14 juillet 1789 et des boulevards de Châteaudun et de Dury, près de la station de mesure Amiens 14 juillet) et CHU_25 (plus à l'Est, près du Boulevard de Bapaume) ont les concentrations maximales (26,3 µg/m³).

Le reste des émissions en dioxyde d'azote sur le territoire est émis par le secteur résidentiel-tertiaire (22%) et par le secteur IDEC (Industrie, déchets, énergie et construction, 16%). Cela explique pourquoi les patients habitant dans le centre-ville d'Amiens, exposés au trafic routier mais aussi aux émissions du résidentiel et du tertiaire, sont soumis à des niveaux de concentrations plus élevés que les patients vivant dans les quartiers plus éloignés de ces sources et dans les communes des alentours : les patients CHU_10 et CHU_16, situés à Pont-de-Metz et suffisamment éloignés de toute source, ont les concentrations en dioxyde d'azote les plus faibles (15,5 µg/m³).

Particules PM10 :

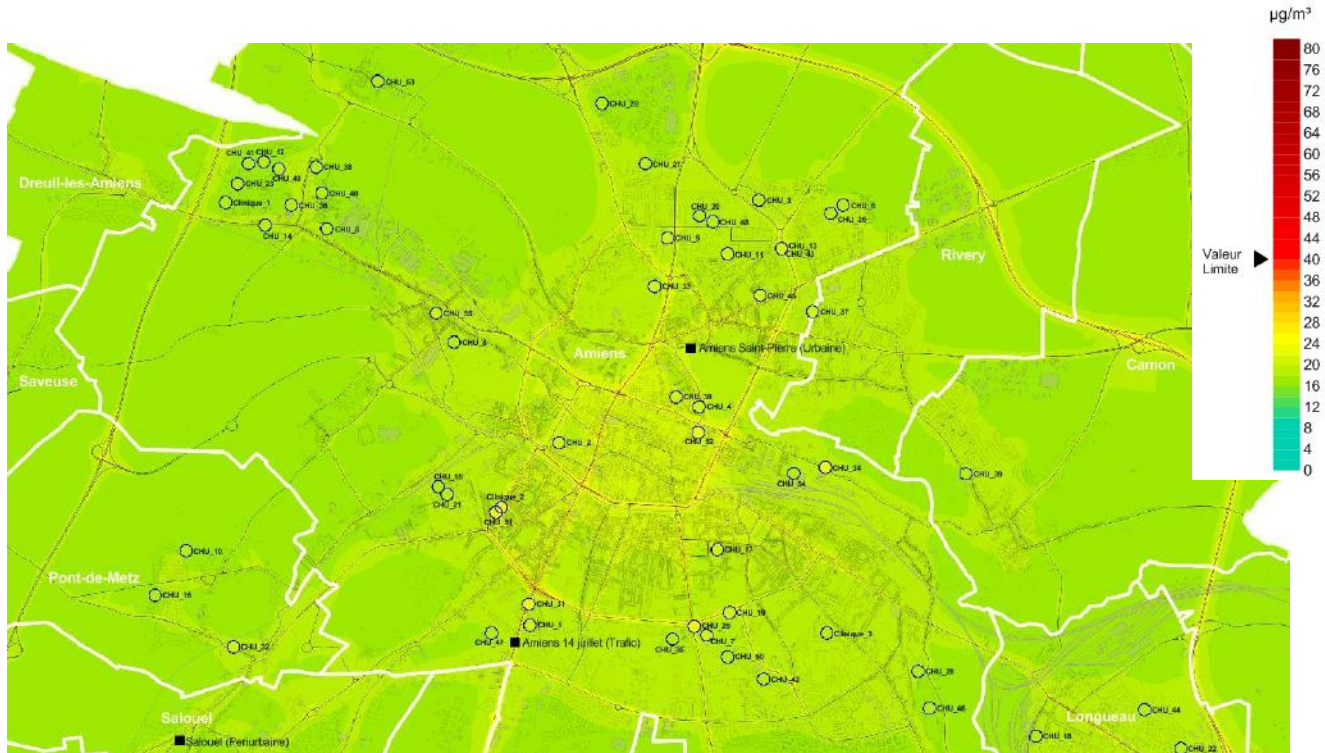
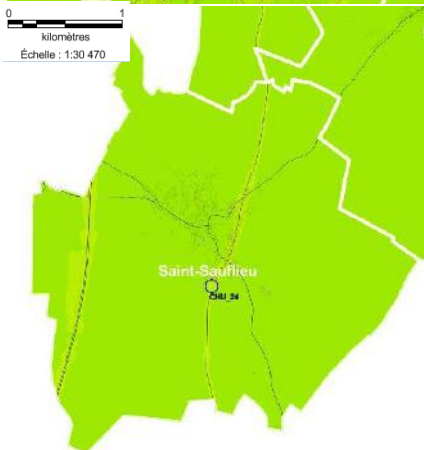


Figure 44 : Zoom de la carte annuelle 2017 de modélisation pour les particules PM10 sur le centre d'Amiens – et sur la commune de Saint-Saulfieu, au sud de la métropole - avec localisation des patients et concentrations modélisées à leurs adresses. Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse. (Comparaison à la valeur limite annuelle 40 µg/m³)



Pour les particules PM10, le principal secteur émetteur sur l'agglomération d'Amiens Métropole est également celui des transports (37%). Le reste des émissions est réparti de manière équitable entre les secteurs résidentiel-tertiaire (24%), agriculture et autres sources naturelles (20%) et IDEC (19%). Les patients les plus touchés (CHU_31, CHU_51 et Clinique_2 avec 23,2 µg/m³) résident de part et d'autre du

boulevard de Châteaudun, à proximité immédiate du trafic de l'un des axes du centre d'Amiens les plus émetteurs en PM10, dans une zone où s'ajoutent des émissions du résidentiel-tertiaire, bien que plus faibles qu'en centre-ville d'Amiens.

A contrario, le patient CHU_16 (18,8 µg/m³), déjà l'un des moins exposés au dioxyde d'azote, habite à Pont-de-Metz, dans une zone plutôt soumise aux émissions liées au secteur résidentiel-tertiaire et plus éloignée du trafic routier.

Particules PM2.5 :

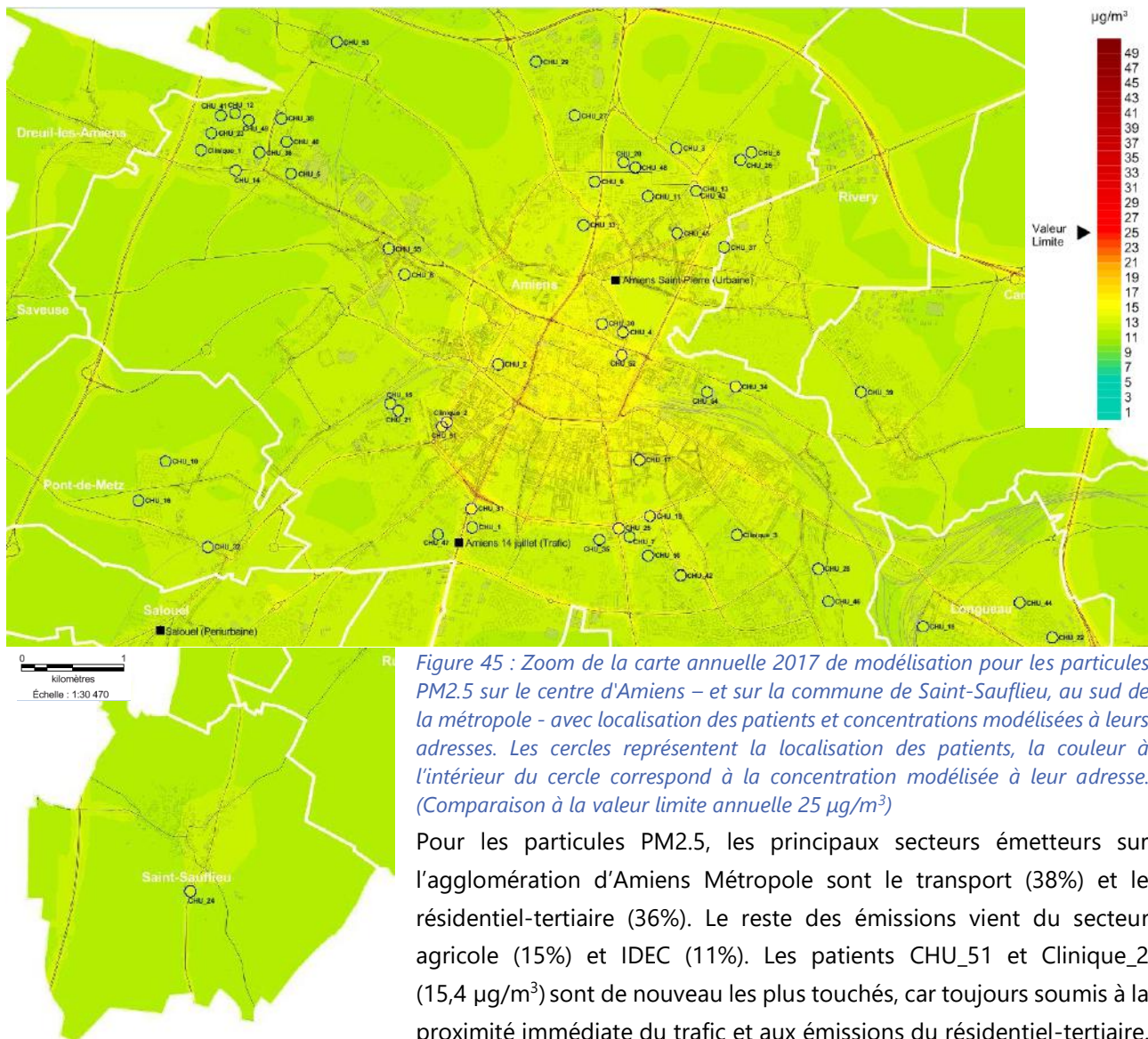


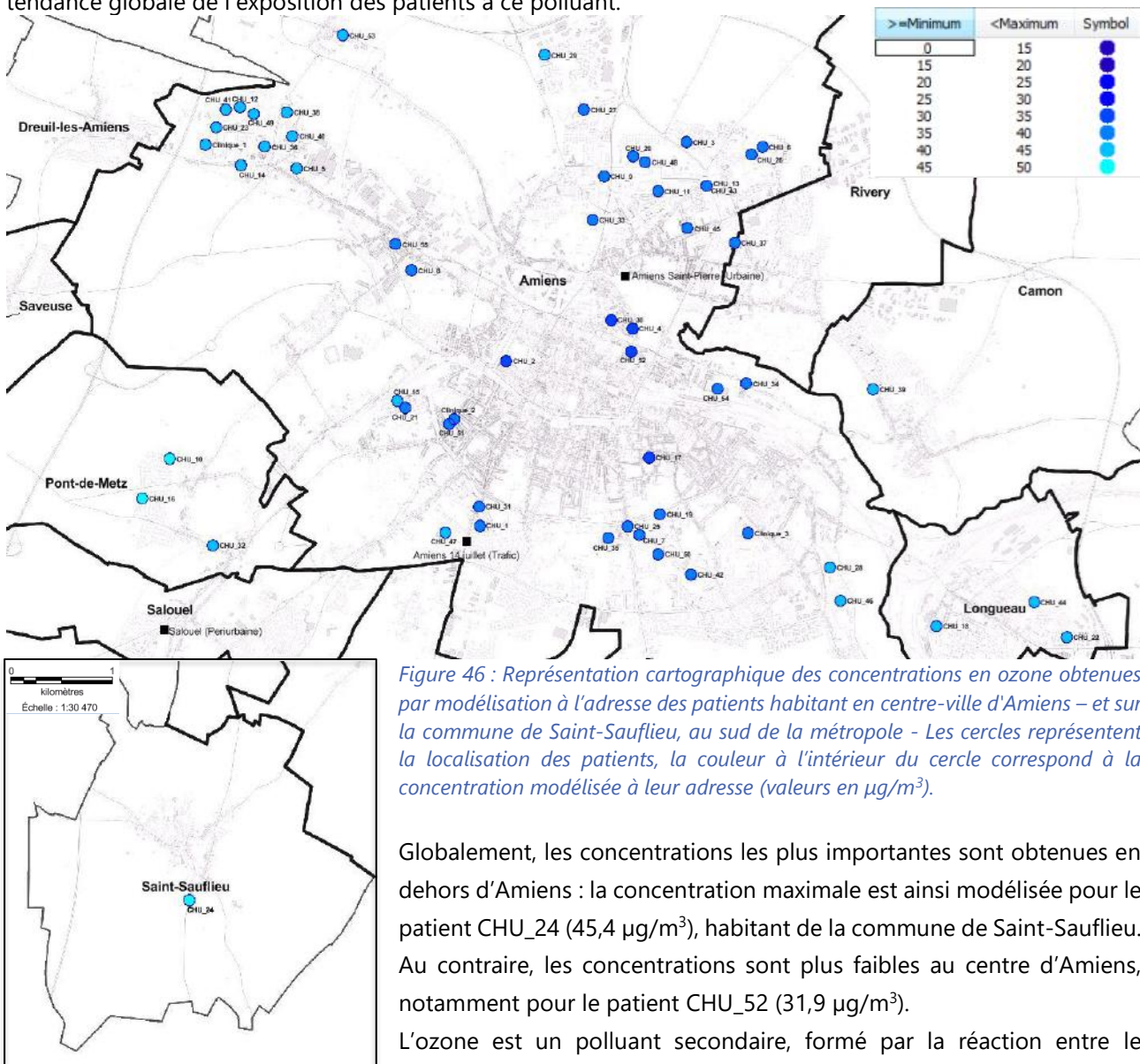
Figure 45 : Zoom de la carte annuelle 2017 de modélisation pour les particules PM2.5 sur le centre d'Amiens – et sur la commune de Saint-Saulieu, au sud de la métropole - avec localisation des patients et concentrations modélisées à leurs adresses. Les cercles représentent la localisation des patients, la couleur à l'intérieur du cercle correspond à la concentration modélisée à leur adresse. (Comparaison à la valeur limite annuelle $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Pour les particules PM2.5, les principaux secteurs émetteurs sur l'agglomération d'Amiens Métropole sont le transport (38%) et le résidentiel-tertiaire (36%). Le reste des émissions vient du secteur agricole (15%) et IDEC (11%). Les patients CHU_51 et Clinique_2 ($15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont de nouveau les plus touchés, car toujours soumis à la proximité immédiate du trafic et aux émissions du résidentiel-tertiaire. Mais de manière générale, les concentrations obtenues pour les

58 patients sont homogènes, une grande partie des patients étant soumis à des émissions en particules PM2.5 liées au secteur résidentiel-tertiaire, qui a une part relative plus importante que pour les particules PM10. Les patients CHU_16 et CHU_53 (situés respectivement au Sud-Ouest et au Nord-Ouest d'Amiens), sont ceux dont les concentrations modélisées en particules PM2.5 sont les plus faibles ($12,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ce qui peut s'expliquer par leur éloignement aux différentes sources du trafic routier et du résidentiel-tertiaire. Les principales sources d'émissions de ces secteurs se situent en effet plutôt sur le centre-ville d'Amiens et les quartiers les plus proches.

Ozone :

L'ozone n'est pas un polluant réglementé en moyenne annuelle. Il n'est donc pas possible de comparer les concentrations obtenues à un seuil réglementaire. Cependant, les valeurs obtenues permettent d'obtenir une tendance globale de l'exposition des patients à ce polluant.



L'ozone est un polluant secondaire, formé par la réaction entre le dioxyde d'azote et des composés organiques volatils, sous influence du rayonnement solaire et des fortes températures. Contrairement au dioxyde d'azote, il a une durée de vie de l'ordre de quelques jours, suffisamment longue pour qu'il soit transporté. Ses valeurs maximales ne sont donc pas observables à proximité des sources, mais plutôt en retrait, à l'extérieur des zones urbaines. Cela explique la répartition inverse des concentrations sur le territoire d'Amiens Métropole par rapport aux autres polluants.

7. Conclusion et perspectives

Il existe un excès de taux d'hospitalisation pour exacerbation des patients BPCO en Picardie, par rapport à la moyenne nationale. Des études ont déjà montré un lien entre qualité de l'air et BPCO. L'objectif de l'étude PolluBPCO était donc de rechercher une corrélation entre pic de consultations aux urgences pour exacerbation de BPCO et pic de pollution dans la région picarde et plus particulièrement sur le territoire d'Amiens Métropole. Pour mener à bien cette recherche, le CHU Amiens-Picardie s'est associé au réseau de surveillance local de la qualité de l'air, Atmo Hauts-de-France, pour monter le projet PolluBPCO.

Tout patient BPCO se présentant pour exacerbation aiguë de BPCO aux urgences du CHU Amiens-Picardie et de la Clinique de l'Europe (2 seules structures ayant des urgences sur Amiens Métropole et les cantons proches) entre le 1er janvier et le 31 décembre 2017 a été inclus. Cette période d'une année est choisie délibérément pour prendre en compte l'impact des variations saisonnières sur les taux d'exacerbations des patients. Au total, le CHU et la Clinique de l'Europe ont enregistré 240 consultations aux urgences pour exacerbations de BPCO (environ 68% du CHU et 32% de la Clinique), correspondant à 168 patients (environ 62% d'hommes et 38% de femmes), d'une moyenne d'âge de 69,2 ans. La majorité d'entre eux vivent en milieu péri-urbain. 65,5% ont été hospitalisés suite à leur passage aux urgences. Parmi les patients inclus, seuls 3,6% n'avaient pas d'antécédents de tabagisme, souffrant pour la plupart d'une BPCO secondaire à l'exposition professionnelle. Parmi les patients tabagiques, 41% étaient sévrés. La plupart des patients inclus avaient une BPCO d'un stade avancé : 35,1% pour les stades III et 35,1 % pour les stades IV, contre 6,5 % pour le stade I et 23,3% pour le stade II. Les patients du CHU avaient une BPCO plus sévère que ceux de la Clinique. La majorité des patients (69,3%) étaient suivis par un pneumologue. Les données sur les vaccinations, notamment antigrippales et antipneumococciques sont insuffisantes pour faire une analyse statistique. La plupart de ces patients n'avaient pas d'allergie connue aux pollens.

Parmi ces 168 patients, 28 (16,7%) ont fait 2 exacerbations de BPCO sur l'année et 13 (7,7%) ont fait plus de deux exacerbations. A noter que 2 patients ont eu 7 passages et un patient 12 passages. Des analyses statistiques ont été réalisées sur ces patients exacerbateurs fréquents : ces patients étaient plutôt des hommes (69,2%), venant du CHU (100%) et d'un stade avancé III ou IV (90%).

Concernant la qualité de l'air en 2017, sur le territoire d'Amiens Métropole, les valeurs limites réglementaires annuelles, comparées aux mesures en station (Salouël, Amiens Saint-Pierre et Amiens 14 Juillet) et à la modélisation, ont été respectées sur Amiens Métropole. Les objectifs à long terme pour la protection de la santé et la protection de la végétation pour l'ozone, ainsi que l'objectif de qualité pour les particules fines PM2.5 n'ont pas été respectés. Ceci est également observé sur le territoire des Hauts-de-France. Même si la valeur limite journalière en particules PM10 est respectée en 2017, des épisodes de pollution ont néanmoins été recensés pour les particules PM10, ainsi que pour l'ozone.

Le nombre d'épisodes de pollution atmosphérique en Hauts-de-France enregistre un net recul en 2017, avec 10 épisodes contre 15 en 2016. Le nombre de jours est aussi en baisse : 25 contre 34 jours en 2016. Ils concernent surtout les particules en suspension : 9 épisodes sur les 10 recensés (durée de 23 jours). L'ozone concerne un épisode de 2 jours. Aucun épisode n'a été déclenché pour le dioxyde d'azote. Le département de la Somme est touché par 3 des 10 épisodes déclenchés en Hauts-de-France pour 2017. Le 1^{er} trimestre a été

défavorable à la qualité de l'air dans la Somme. Le département n'enregistre plus d'épisodes sur le reste de l'année, hormis l'épisode régional de pollution par l'ozone en juin.

Avec un nombre moyen de 0,65 patient par jour, le CHU Amiens-Picardie a considéré une augmentation à 6 patients ou plus sur 3 jours comme étant un pic de consultations. En dehors de juin où beaucoup de patients ont consulté aux urgences pour exacerbation de BPCO, la majorité des inclusions a eu lieu sur les périodes hivernales (janvier à avril et décembre). Le mois d'août a été le mois avec le moins d'inclusions (probablement lié à de nombreux facteurs : pas de grippe, pas de pic de pollens, pas de pic de pollution et période de vacances scolaires).

Sur l'année 2017, les niveaux d'alerte et d'information pour les particules en suspension PM10 n'ont été dépassés que lors du 1^{er} trimestre avec 2 épisodes en janvier et 1 en février. Il se trouve que durant cette même période ont eu lieu 3 pics de consultations de patients BPCO et que le taux moyen d'hospitalisation était plus élevé durant les mois de janvier et février avec un taux de 0,94 en janvier et de 1,07 en février contre un taux moyen sur l'année de 0,65. Ces pics de consultations ont eu lieu en général entre 3 et 5 jours après le début du pic de pollution. Ces mois sont également les mois de l'épidémie de grippe. A l'inverse, durant la période de juin à septembre, il n'a été constaté aucun pic de pollution aux PM10 et aucun pic d'exacerbation de BPCO. Fin juin 2017, on note un pic d'ozone, correspondant à une période de canicule. De manière concomitante, on note un pic de consultations pour exacerbation.

Bien entendu, les niveaux des PM10, PM2.5, NO₂ et O₃ ne peuvent pas expliquer à eux seuls les excès de consultations aux urgences pour exacerbations. Ils ont un rôle clair puisque prouvé de manière significative que ce soit graphiquement ou mathématiquement, en particulier pour la station urbaine où l'élévation de 3 polluants (PM2.5, O₃ et NO₂) est significativement corrélée à un excès de consultations. Pour la station péri-urbaine, seul l'ozone et la température sont associés à une augmentation du taux de consultation. Néanmoins, on se rend bien compte du rôle de la grippe dans l'excès de consultations aux urgences (pics de janvier-février et décembre) et peut-être des pollens, même si l'impact est moins clair.

L'étude PolluBPCO a ainsi mis en évidence un lien entre pics de PM2.5, de PM10, de NO₂ ainsi qu'avec l'ozone et les consultations pour exacerbation de BPCO aux urgences. L'exploitation des données relatives à l'humidité relative et aux odeurs n'ont pas montré d'influence sur le taux d'exacerbation quotidien des patients. Concernant les pollens, la gravité du stade de BPCO des patients inclus dans l'étude ayant plus d'incidence sur leur santé respiratoire que le fait qu'ils soient allergiques aux pollens, un lien n'a pas pu être montré directement.

Le travail de modélisation a quant à lui permis de faire ressortir des expositions différentes aux polluants surveillés sur le territoire Amiénois, en fonction des patients. Il peut être une aide dans l'accompagnement du patient, au regard de son profil d'exposition à l'air ambiant.

Néanmoins, la métrologie des particules PM10 et PM2.5 est réalisée sur la base de leur taille et de leur masse. On sait également qu'elles peuvent avoir des compositions très différentes, avec des impacts sanitaires eux-mêmes différents. Ainsi, certaines d'entre elles ont peut-être un impact plus important sur les bronches du patient BPCO. Le CHU Amiens-Picardie et Atmo Hauts-de-France souhaitent dans ce cadre poursuivre les investigations par un deuxième travail, le projet BePoPi, en partenariat avec la Clinique de l'Europe. Les patients du CHRU de Lille seront également inclus, pour augmenter la puissance de l'étude. Promoteur de ce second volet, le CHU Amiens-Picardie a obtenu un financement le 5 décembre 2018 via le Groupement Interrégional de Recherche Clinique et de l'Innovation (GIRCI) Nord-Ouest. D'autres mesures spécifiques de particules seront

menées, au regard des sources diverses : mesure des particules ultrafines et mesure du Black Carbon qui permet d'avoir une indication sur la part de combustion fossile qui correspond au trafic et la part de combustion de biomasse qui correspond au chauffage au bois. Cela permettra de qualifier et de quantifier la source des particules des secteurs transport et résidentiel, avec en complément une approche de leur composition par une analyse des métaux lourds dans ces mêmes particules. Ce second volet d'étude débutera à l'horizon 2020.

En 2019, le CHU Amiens-Picardie et Atmo poursuivront l'exploitation, par une visite d'un Conseiller Médical en Environnement Intérieur (CMEI). Le CHU proposera ainsi aux 12 patients ayant eu plus de 2 exacerbations en 2017 le passage au domicile d'une Conseillère Médicale en Environnement Intérieur (CMEI) d'Atmo Hauts-de-France (avec l'accord du patient et sur prescription médicale). Ces nouveaux recueils, sur le lieu du domicile, permettront d'apporter des informations complémentaires sur la qualité de l'air intérieur, pouvant avoir une incidence sur la santé du patient, et la mettre en balance avec les données de qualité de l'air ambiant.

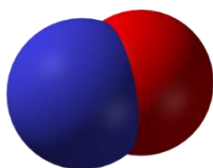
Annexes

Annexe 1 : Origines et impacts des polluants surveillés

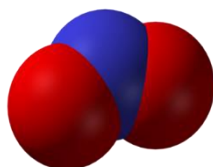
Les oxydes d'azote (NO_x)

66

Les oxydes d'azote représentent les formes oxydées de l'azote, les principaux sont le dioxyde d'azote (NO₂) et le monoxyde d'azote (NO).



Ils proviennent de la combustion de combustibles fossiles et de procédés industriels (fabrication d'engrais, traitement de surface etc.). Les principaux émetteurs sont le transport routier et les grandes installations de combustion, ainsi que les feux de forêts, les volcans et les orages.



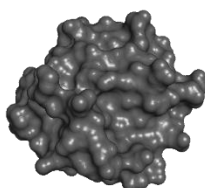
Le NO₂ est un gaz très toxique (40 fois plus que le monoxyde de carbone et quatre fois plus que le monoxyde d'azote). Il pénètre profondément dans les poumons et irrite les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Les NO_x participent au phénomène des pluies acides et à l'accroissement de l'effet de serre.

99

Les particules en suspension : PM10 et PM2.5

66



Les particules en suspension varient en fonction de la taille, des origines, de la composition et des caractéristiques physico-chimiques. Les particules fines PM10 et PM2.5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10 micromètres (µm) et à 2,5 µm. Elles sont d'origine naturelle ou d'origine humaine.

Les particules PM10 proviennent essentiellement du chauffage au bois, de l'agriculture, de l'usure des routes, des carrières et chantiers BTP. Les PM2.5 proviennent essentiellement des transports routiers et du chauffage au bois.

Plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Les PM2.5 ont ainsi un impact sanitaire plus important que les PM10. Elles peuvent irriter et altérer la fonction respiratoire. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes du fait de leur propension à adsorber des polluants et les métaux lourds.

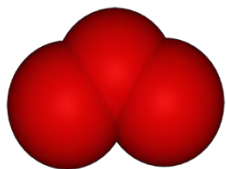
Les effets de salissure des bâtiments et monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes. Certaines particules contribueraient au réchauffement climatique.

99

L'ozone (O₃)

66

L'ozone est un polluant secondaire qui se forme à partir de polluants primaires émis par différentes sources de pollution (trafic automobile, activités résidentielle et tertiaire, industries) sous l'effet du rayonnement solaire.



Ainsi, les niveaux moyens relevés en ozone sont généralement plus élevés au printemps et les pics de concentrations s'observent en juillet-août. Les concentrations sont minimales en début de matinée et maximales en début d'après-midi.

On distingue l'ozone stratosphérique (altitude de 10 à 60 km) qui forme la couche d'ozone protectrice contre les UV du soleil et l'ozone troposphérique (0 à 10 km) qui devient un gaz agressif en pénétrant facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires.

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (rendement des cultures, respiration des plantes) et sur certains matériaux (caoutchouc). Il contribue également à l'effet de serre.

99

Annexe 2 : Modalités de surveillance

Les stations de mesures

En 2016, la région Hauts-de-France comptait **62 sites de mesures fixes de la qualité de l'air** (cf. [site atmo-hdf.fr](http://site.atmo-hdf.fr)¹⁹) et **7 stations mobiles**.

Station fixe

Par définition, une station de mesures fixe fournit des informations sur les concentrations de polluants atmosphériques sur un même site en continu ou de manière récurrente.

Station mobile

La station mobile mesure également des concentrations de polluants atmosphériques et des paramètres météorologiques mais de manière ponctuelle et sur différents sites. Autrement dit, elle constitue un laboratoire de surveillance de la qualité de l'air amené à être déplacé sur l'ensemble de la région pour répondre à des campagnes de mesures ponctuelles, en complément de la mesure en continu de la qualité de l'air par le dispositif de mesures fixe.



Critères d'implantation des stations fixes

Chaque station de mesures vise un objectif de surveillance particulier. Selon cet objectif et en application des recommandations²⁰ du LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) et de la Fédération Atmo, elle doit respecter des critères d'implantation en lien avec sa classification, mais aussi :

- la métrologie (bonnes conditions de dispersion des polluants, absence d'obstacle, alimentation électrique, accès pour les techniciens...);
- la sécurité de la population (la station ne doit pas gêner ni mettre en danger la population);
- une exposition de la population la plus représentative (installation du site dans une zone à forte densité de population, absence de source de pollution très locale).

*Les stations fixes sont classées selon l'environnement d'implantation : station **urbaine**, station **périurbaine** ou station **rurale** (proche d'une zone urbaine, régionale ou nationale).*

*Ensuite, chaque mesure réalisée dans la station (c'est-à-dire chaque polluant suivi) est classée selon le type d'influence prédominante : **mesure sous influence industrielle**, **mesure sous influence trafic** ou **mesure de fond** (mesure n'étant pas sous l'influence d'une source spécifique).*

¹⁹ <http://www.atmo-hdf.fr/accéder-aux-données/mesures-des-stations.html>

²⁰ Guide de recommandations du LCSQA et de la Fédération Atmo, Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air, Février 2017. <http://www.lcsqa.org/rapport/2016/imt-ld-ineris/guide-methodologique-stations-francaises-surveillance-qualite-air>

La station de Salouël est de typologie périurbaine.

Ce site a été installé en 1998 et assure le suivi en continu des concentrations en oxydes d'azote, ozone et poussières en suspension PM10.

Adresse : Rue Anatole France
80725 SALOUEL

Latitude : 49° 52' 8"
Longitude : 2° 14' 24"
Altitude : 30 m



La station d'Amiens Saint-Pierre est de typologie urbaine.

Ce site a été installé en 2010 et assure le suivi en continu des concentrations en oxydes d'azote, ozone, poussières en suspension PM10 et particules fines PM2.5²¹.

Adresse : Parc Saint-Pierre
Rue Eloi Morel
80000 AMIENS

Latitude : 49° 54' 7"
Longitude : 2° 18' 17"
Altitude : 26 m



La station d'Amiens 14

Juillet est une station de proximité automobile.

Ce site a été installé en 2012 et assure le suivi en continu des concentrations en oxydes d'azote²² et poussières en suspension PM10²³.

Adresse : Avenue du 14 Juillet
80000 AMIENS

Latitude : 49° 52' 38"
Longitude : 2° 16' 57"
Altitude : 68 m



²¹ Arrêt de la mesure au 31/12/2017

²² Arrêt de la mesure au 31/12/2017

²³ Arrêt au 31/12/2017, remplacé par la mesure des PM2.5 à partir du 01/01/2018

Techniques de mesures

Afin de mesurer les concentrations des polluants atmosphériques, les stations sont équipées de matériels spécifiques. En fonction des polluants étudiés, différentes techniques de mesures peuvent être utilisées.

Mesures avec analyse directe

Ces mesures sont effectuées par **des analyseurs** qui fournissent les concentrations des polluants 24h/24h, selon un pas de temps défini de 10 secondes à 15 minutes. Ces mesures permettent de suivre **en temps réel** les concentrations en polluants PM10, PM2.5, CO, NO_x, SO₂, O₃, etc. et d'identifier d'éventuels pics de pollution. Elles nécessitent l'installation, au sein d'une station de mesure fixe ou mobile régulée en température et en tension, d'un dispositif de mesures comprenant en plus des analyseurs, des têtes de prélèvement, des lignes de prélèvements, une station d'acquisition de mesure et un modem.

Les **oxydes d'azote** sont ainsi analysés dans l'air ambiant par chimiluminescence (norme NF EN 14211).

Pour les **particules (PM10 et PM2.5)**, les méthodes utilisées (conformes à la NF EN 16450) sont équivalentes à la méthode de référence par pesée gravimétrique (normes NF EN 12341 pour les PM10 et NF EN 14907 pour les PM2.5). Ces méthodes sont :

- la microbalance par évaluation de la variation d'une fréquence de vibration du quartz,
- la jauge radiométrique bêta basée sur la variation de l'absorption d'un rayonnement beta.

La mesure du **monoxyde de carbone** se fait par absorption infrarouge (norme NF EN 14626).

L'analyse du **dioxyde de soufre** s'effectue par fluorescence du rayonnement ultraviolet (norme NF EN 14212).

L'**ozone** est mesuré par photométrie ultraviolet (norme NF EN 14625).

Mesures avec analyse différée

Le prélèvement actif

Ces mesures sont réalisées en deux étapes : d'une part, le prélèvement sur support (filtre, mousse...) par des **préleveurs actifs** (aspiration d'un volume d'air), puis une **analyse en laboratoire**. Une alimentation électrique est nécessaire 24h/24h au bon fonctionnement de l'appareil de mesure. Une valeur moyenne est calculée pour la période de mesure (en général, les prélèvements ont lieu sur des périodes de 1 à 7 jours). Les fluctuations des concentrations sur une période plus fine, par ce biais, ne sont pas mises en évidence. De plus, le résultat n'est pas obtenu immédiatement, car il nécessite une analyse en laboratoire. Ce principe permet d'analyser de nombreux polluants : les métaux lourds (norme NF EN 14902), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (norme NF EN 15549), les dioxines, les furanes, les polychlorobiphényles dioxin like (PCB DL), les pesticides, le carbone élémentaire, les ions inorganiques, le levoglucosan etc.



Le prélèvement passif

Ces mesures sont réalisées en deux étapes : d'une part, **le prélèvement passif (sans aspiration de l'air forcée) sur un support** (tubes, jauges...) puis une **analyse en laboratoire**. Cette technique repose sur les mouvements naturels de l'air, sans aspiration mécanique. Elle permet d'obtenir une concentration moyenne sur une période (de quelques heures à plusieurs semaines).

Ces techniques peuvent être de plusieurs types :

- par **tubes passifs** : les polluants sont piégés au passage de l'air par simple diffusion moléculaire sur un milieu absorbant ou adsorbant en fonction de la nature du polluant. Cette méthode permet de mesurer divers polluants : dioxyde d'azote, aldéhydes, ammoniac, composés organiques volatils, BTEX etc.
- par **jauge Owen** : les poussières sédimentables sont collectées dans un grand flacon (retombées sèches par sédimentation ou humides par les précipitations). L'analyse de ces poussières permet de rechercher une grande diversité de polluants, dont les métaux, les dioxines, les furanes et les polychlorobiphényles dioxin like.



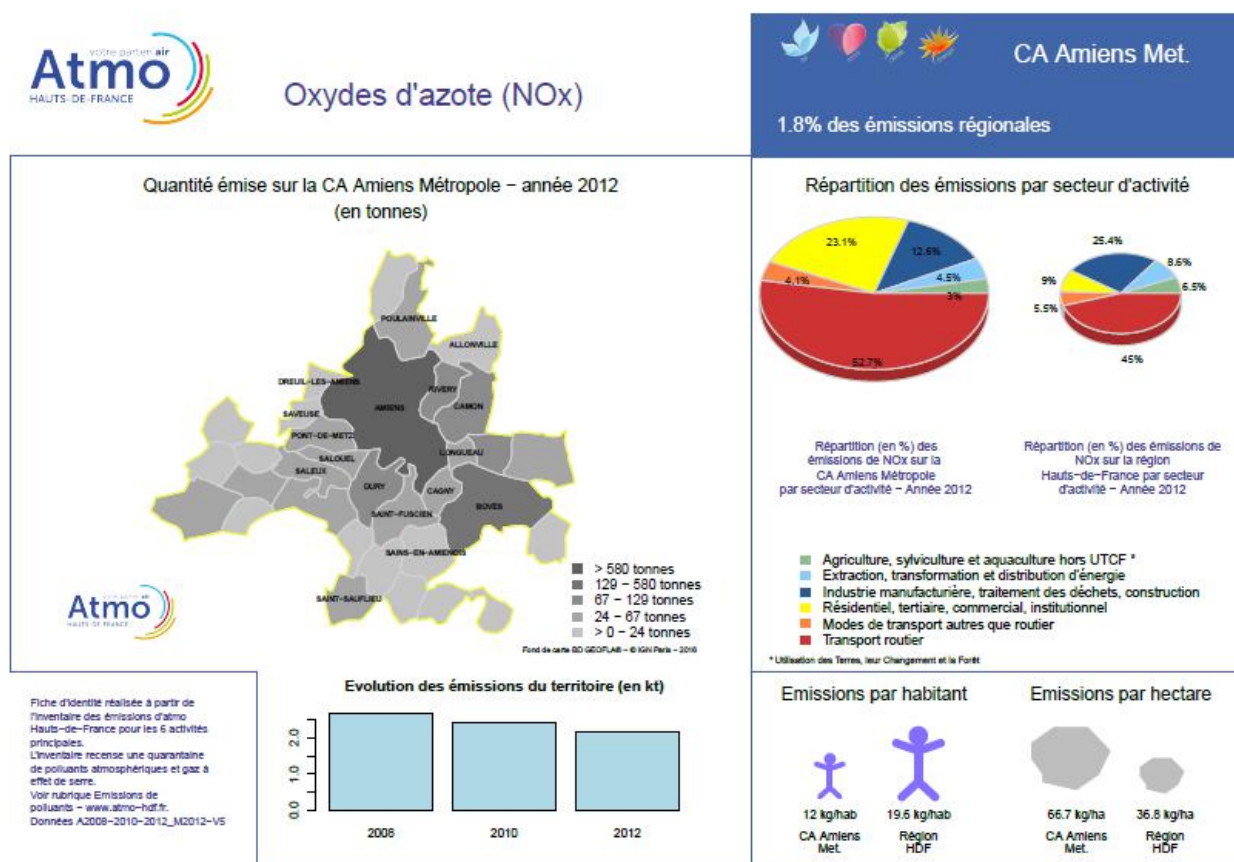
Atmo Hauts-de-France sous-traite les analyses à des laboratoires évalués et sélectionnés chaque année par ses soins à partir de cahiers des charges élaborés suivants des critères normatifs et réglementaires et tarifaires.

Annexe 3 : Fiches des émissions de polluants

Les émissions totales représentées ne prennent pas en compte le brûlage des déchets agricoles, le transport maritime, les stations-services et le stockage des combustibles solides (données non disponibles ou avec un niveau d'incertitude trop élevé). Pour en savoir plus voir le guide méthodologique²⁴.

Attention, dans les fiches suivantes, le secteur industriel est divisé en deux sous-secteurs :

- l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie d'une part,
- l'industrie manufacturière, le traitement des déchets et la construction d'autre part.



²⁴ http://www.atmo-hdf.fr/joomlatools-files/docman-files/Autre/rapport_methodo_inventaire_061015.pdf

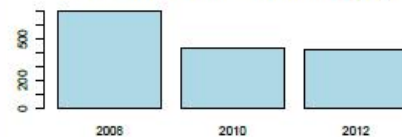
Particules (PM10)

Quantité émise sur la CA Amiens Métropole – année 2012
(en tonnes)



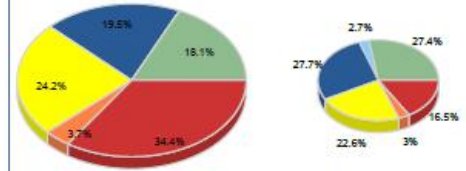
Fiche d'identité réalisée à partir de l'inventaire des émissions d'atmo Hauts-de-France pour les 6 activités principales. L'inventaire recense une quarantaine de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre. Voir rubrique Emissions de polluants – www.atmo-hdf.fr. Données A2008-2010-2012_M2012-V5

Evolution des émissions du territoire (en t)



1.2% des émissions régionales

Répartition des émissions par secteur d'activité



Répartition (en %) des émissions de PM10 sur la CA Amiens Métropole par secteur d'activité – Année 2012

Répartition (en %) des émissions de PM10 sur la région Hauts-de-France par secteur d'activité – Année 2012

- Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCF *
- Extraction, transformation et distribution d'énergie
- Industrie manufacturière, traitement des déchets, construction
- Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel
- Modes de transport autres que routier
- Transport routier

* Utilisation des Terres, leur Changement et le Forêt

Emissions par habitant

Emissions par hectare



Particules (PM2.5)

Quantité émise sur la CA Amiens Métropole – année 2012
(en tonnes)



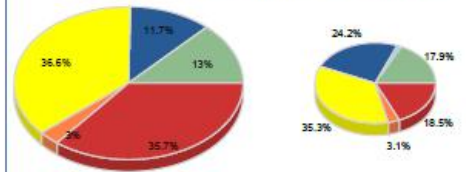
Fiche d'identité réalisée à partir de l'inventaire des émissions d'atmo Hauts-de-France pour les 6 activités principales. L'inventaire recense une quarantaine de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre. Voir rubrique Emissions de polluants – www.atmo-hdf.fr. Données A2008-2010-2012_M2012-V5

Evolution des émissions du territoire (en t)



1.2% des émissions régionales

Répartition des émissions par secteur d'activité



Répartition (en %) des émissions de PM2.5 sur la CA Amiens Métropole par secteur d'activité – Année 2012

Répartition (en %) des émissions de PM2.5 sur la région Hauts-de-France par secteur d'activité – Année 2012

- Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCF *
- Extraction, transformation et distribution d'énergie
- Industrie manufacturière, traitement des déchets, construction
- Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel
- Modes de transport autres que routier
- Transport routier

* Utilisation des Terres, leur Changement et le Forêt

Emissions par habitant

Emissions par hectare



Annexe 4 : Repères réglementaires

Pour l'interprétation des données, nous disposons de diverses valeurs réglementaires (valeurs limites, valeurs cibles, objectifs...) en air extérieur. Ces normes sont définies au niveau européen dans des directives, puis sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

A noter que pour toute comparaison à des valeurs limites annuelles, selon l'annexe I de la directive européenne 2008/50/CE, la période minimale de prise en compte doit être de 14% de l'année (une mesure journalière aléatoire par semaine répartie uniformément sur l'année, ou 8 semaines réparties uniformément sur l'année).

La valeur limite est un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

La valeur cible est un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

L'objectif de qualité (ou objectif à long terme pour l'ozone) est un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque de dépassement pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Une procédure interdépartementale d'information et d'alerte du public est instituée en Hauts-de-France. Elle organise une série d'actions et de mesures d'urgence afin de réduire les émissions de polluants et d'en limiter les effets sur la santé et l'environnement. Cette procédure définit les modalités de déclenchement des actions, basées notamment sur les seuils d'information et l'alerte. Les mesures des campagnes ponctuelles ne sont pas intégrées à cette procédure.

Un tableau des valeurs réglementaires des polluants suivis dans cette étude est présenté page suivante.

	Valeur limite	Objectif de qualité / objectif à long terme	Valeur cible
PM10	40 µg/m³ en moyenne annuelle	-	-
	50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	30 µg/m³ en moyenne annuelle	-
PM2.5	25 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle
O ₃	-	<u>Protection de la santé :</u> 120 µg/m³ <i>pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes</i> <u>Protection de la végétation :</u> AOT40²⁵ = 6 000 µg/m³.h	<u>Protection de la santé :</u> 120 µg/m³ <i>pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissante, à ne pas dépasser plus de 25 jours/an en moyenne sur 3 ans</i> <u>Protection de la végétation :</u> AOT40 = 18 000 µg/m³.h <i>en moyenne sur 5 ans</i>
NO ₂	40 µg/m³ en moyenne annuelle	-	-
	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures/an	-	-

(Source : Directives 2008/50/CE du 21 mai 2008 et 2004/107/CE du 15 décembre 2004)

²⁵ AOT40 = la somme des différences entre les concentrations horaires en ozone supérieures à 80 µg/m³ et 80 µg/m³, basée uniquement sur les valeurs horaires mesurées de 8 heures à 20 heures sur la période de mai à juillet.

Annexe 5 : Modèle ADMS Urban

Le modèle ADMS Urban version 4.0.1.0, développé par Cambridge Environmental Research Consultants (CERC), a été utilisé. Cet outil, qui fonctionne sous environnement PC, calcule la dispersion des polluants issus de différents types de sources telles que les sources industrielles, résidentielles ou routières, dans un environnement urbain. Ces sources peuvent être modélisées sous plusieurs formes : ponctuelles, linéaires, surfaciques, volumiques ou cadastrales (par exemple des mailles kilométriques). Le modèle est donc conçu pour étudier des cas simples (par exemple l'impact d'une source ponctuelle isolée) ou plus complexes (sources d'émissions diverses et multiples sur un domaine large, par exemple une agglomération).

ADMS Urban est un modèle gaussien, dans lequel la structure de la couche limite est caractérisée par sa hauteur et par la longueur de Monin-Obukhov, paramètre dépendant de la vitesse de frottement et du flux de chaleur en surface. A partir de paramètres météorologiques mesurables (vitesse du vent, couverture nuageuse, flux de chaleur...), un préprocesseur météorologique caractérise la structure de la couche limite, ce qui permet d'obtenir une représentation plus réaliste de l'évolution des conditions de dispersion avec l'altitude.

ADMS Urban a fait l'objet de plusieurs études d'inter-comparaison et de validation. Plus d'informations sur le site du CERC : <http://www.cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-Urban-model/more.html>

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-hdf.fr

Atmo Hauts-de-France

Observatoire de l'Air

55, place Rihour

59044 Lille Cedex

