

RAPPORT D'ETUDE

Evaluation de la qualité de l'air

Mesures de l'ammoniac dans les Hauts-de-France en 2016

Mesures réalisées au cours de l'année 2016



© J. Debove

Diffusion : juin 2017

Observatoire de l'Air
55, place Rihour
59044 Lille Cedex
Tél. : 03 59 08 37 30
contact@atmo-hdf.fr

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 agréée du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017 au titre de l'article L.221-3 du Code de l'environnement.

Suite à la réforme des régions introduite par la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (loi NOTRe du 16 juillet 2015), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air de la Picardie et du Nord – Pas-de-Calais ont fusionné le 1^{er} janvier 2017 pour former Atmo Hauts-de-France.

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.

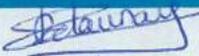
Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Hauts-de-France – Rapport N°03/2016/TD/V0.**

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 la livraison exécutée en regard de la commande 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, la résolution de celui-ci s'effectuera sous l'arbitrage des autorités compétentes.

Rédacteurs	Tiphaine DELAUNAY Nathalie SÖHNE Emmanuel ESCAT	Ingénieurs d'études	  
	Approbation	Nathalie DUFOUR	Responsable études 

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



Sommaire

Synthèse de l'étude	5
Enjeux et objectifs de l'étude	6
Matériels et méthodes	7
1. Dispositif de mesures de l'étude	7
2. Localisation	9
3. Dispositif de référence	15
Contexte environnemental	16
1. Origines et impacts	16
2. Emissions connues	21
3. Contexte météorologique	24
4. Episodes de pollution	28
Résultats de l'étude	30
1. Bilan météorologique	30
2. Repères réglementaires	30
3. L'ammoniac (NH₃)	31
Au regard de la modélisation	40
Conclusion et perspectives	45
Bibliographie	47



Annexes

Annexe 1 : Glossaire	49
Annexe 2 : Tableaux de résultats	51
Annexe 3 : Modalités de surveillance	54
Les stations de mesures	54
Critères d'implantation des stations fixes	54
Techniques de mesures	55
Annexe 4 : Repères réglementaires	57

Synthèse de l'étude

Objectif des mesures : L'objectif est de mieux connaître la répartition des concentrations en ammoniac sur différentes typologies de sites et différents secteurs géographiques de la région, ainsi que leurs variations saisonnières. Cette étude contribuera à apporter des informations sur l'hétérogénéité des concentrations, et leur possible implication dans les concentrations en poussières en suspension. Une comparaison entre les données d'ammoniac et de particules mesurées et modélisées sera également réalisée.

Lieu des mesures : Les mesures ont été réalisées sur 7 sites répartis sur l'ensemble de la région des Hauts de France : Tilques (62), Campagne-les-Boulonnais (62), Lille Fives (59), Colleret (59), Saint Michel (02), Urcel (02) et Cambronne-les-Clermont (60). Ces sites ont été classés selon 4 typologies (à risque, sensible, référence et urbain) au regard des émissions d'ammoniac du territoire et de la classification du milieu naturel.

Périodes des mesures : Les sites du Nord et du Pas de Calais ont été étudiés du 12 avril au 3 novembre 2016. Les sites de l'Aisne et de l'Oise ont été étudiés du 4 janvier au 20 décembre 2016.

Polluant mesuré : ammoniac (NH_3)



Résultats : L'étude des résultats obtenus au cours de cette campagne nous montrent que :

- Les concentrations sont plus faibles dans le sud de la région (sites de Cambronne-les-Clermont, Urcel et Saint Michel) et comparables à ce qui avait été relevé lors d'une étude précédente au cours de l'année 2015¹ (1,5 et 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne),
- Les concentrations obtenues sur les sites de Colleret, Campagne-les-Boulonnais et Lille-Fives sont proches aussi bien en moyenne (3,5 à 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) qu'en évolution bien qu'ils soient tous les trois de typologies différentes,
- Le site de Tilques se démarque des autres avec une concentration moyenne (7,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et un maximum (19,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) plus élevés,
- Pour la majorité des sites, les concentrations maximales en ammoniac sont obtenues durant la période estivale et plus précisément au cours de la 2^{ème} quinzaine d'août,
- Les valeurs les plus élevées ne sont pas forcément corrélées avec les périodes de pollution par les particules.

La comparaison modèle-mesure fait apparaître que :

- Le modèle sous-estime en quasi permanence les concentrations d'ammoniac du fait de la complexité des réactions chimiques mises en œuvre et de l'impossibilité à pouvoir prévoir les zones et dates d'épandages, et ne permet pas de reproduire les spécificités locales,
- En ce qui concerne les PM10 pour lesquelles l'ammoniac peut être un précurseur, pour l'ensemble des modèles, l'ordre de grandeur des concentrations en PM10 modélisées est correct en comparaison des mesures. Les modèles peuvent reproduire les fluctuations des particules, mais ils restent à améliorer, notamment sur les zones non couvertes par des stations fixes.

¹ Atmo Picardie, Campagne de mesures de la qualité de l'air : étude de l'ammoniac en Picardie /FVEN001/005/2016/R/Version du 7 novembre 2016

Enjeux et objectifs de l'étude

L'ammoniac est un polluant atmosphérique d'origine anthropique et naturelle qui peut réagir avec d'autres polluants primaires dans l'atmosphère et former des aérosols d'ammonium (nitrate d'ammonium, sulfate d'ammonium...). Il participe ainsi à la formation des particules secondaires, et aux épisodes de pollution aux particules PM10 qui touchent régulièrement la région. La compréhension de la participation de l'ammoniac aux phénomènes physico-chimiques de formation des aérosols est un élément capital pour la gestion de la qualité de l'air et la mise en place d'actions de réduction des niveaux de concentrations. L'historique de mesures de ce polluant étant récent (aucune étude en ex-Nord-Pas-de-Calais et des études en 2014 et 2015 en ex-Picardie), cette étude permet de dresser un premier état des lieux des concentrations sur l'ensemble des Hauts-de-France.

Atmo Picardie a mené des études sur l'ammoniac, financées par le Conseil Régional de Picardie, au cours de l'année 2014 et 2015. Ces études ont porté sur de la bibliographie, l'exploitation des données de l'inventaire et une mise à jour des émissions, des mesures d'ammoniac sur 3 sites et la modélisation des polluants azotés.

Suite à ces études et dans le cadre de la fusion des structures, il a été proposé, pour 2016, d'étendre et de densifier la surveillance de l'ammoniac sur l'ensemble du territoire de la région Hauts-de-France.

L'objectif est de mieux connaître la répartition des concentrations en ammoniac sur différentes typologies de sites et différents secteurs géographiques de la région, ainsi que leurs variations saisonnières. Cette étude contribuera à apporter des informations sur l'hétérogénéité des concentrations, et leur possible implication dans les concentrations en poussières en suspension.

Ainsi sur la Picardie, les sites équipés de préleveurs passifs en 2015 ont été maintenus en 2016. En Nord-Pas-de-Calais, 4 sites ont été étudiés au cours de l'année 2016.

En complément de cette surveillance sur le territoire des Hauts-de-France au cours de l'année 2016, nous avons utilisé et capitalisé les données recueillies, notamment par une comparaison « mesure-modèle ». Ce travail s'est fait sur le modèle utilisé pour les prévisions (plateforme de modélisation interrégionale Esmeralda et nationale Prev'air) et permettra ainsi d'améliorer le modèle.

Autorisants

Cette étude a été réalisée avec l'autorisation de la Région Hauts-de-France, située au 151 Avenue du président Hoover 59555 LILLE CEDEX, selon les termes de la convention d'actions de surveillance de la qualité de l'air en Hauts-de-France pour 2016 (signée le 19 décembre 2016).

Matériels et méthodes

1. Dispositif de mesures de l'étude

Lors de cette campagne de mesures, le polluant investigué a été l'ammoniac gazeux. Les mesures ont été effectuées à l'aide de tubes passifs, installés sur des stations fixes ou du mobilier urbain. Ces capteurs imprégnés d'un réactif chimique piègent le polluant par absorption. Une fois le prélèvement terminé, les échantillons sont analysés en laboratoire (les techniques de mesures sont présentées et détaillées en annexe 3).

1.1. Prélèvement

Les mesures ont été réalisées sur plusieurs mois afin d'avoir un maximum de configurations météorologiques et d'informations sur les fluctuations saisonnières :

- d'avril à novembre pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais,
- de janvier à décembre pour les départements de l'Oise et de l'Aisne.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de l'échantillonnage réalisé sur les sites de prélèvement.

Matériel utilisé	Norme appliquée	Débit d'échantillonnage	Accréditation	Durée de l'échantillonnage	Objet soumis à l'essai
Tubes Radiello code 168		235 ml/min à 25°C	non	14 jours	Air ambiant

1.2. Analyses réalisées

L'ammoniac présent dans l'air est piégé sous forme d'ion ammonium NH_4^+ sur les tubes imprégnés d'acide phosphorique.

La méthode de dosage de l'ammoniac par spectrophotométrie repose sur l'absorbance à 635 nm de l'indophénol, produit de la réaction de Berthelot entre une chloramine et du phénol.

Les chloramines sont issues en milieu basique de l'interaction entre les ions ammoniums et des ions hypochlorite d'une solution d'hypochlorite de sodium. En présence d'ions phénolates, elles forment ensuite l'indophénol.

Les analyses ont été réalisées par le laboratoire LASAIR-AIRPARIF situé au 7 rue Crillon 75004 PARIS.



Photo du matériel de prélèvement

Objet	Polluant analysé	Principe de la méthode	Référence de la méthode
Air ambiant	NH ₃	spectrophotométrie - absorbance à 635 nm	Méthode interne

Les caractéristiques analytiques sont les suivantes :

Limite de détection (LD)	0,8 µg
Limite de quantification (LQ)	1,22 µg

1.3. Expression des résultats

Dans ce rapport, les résultats sont présentés en microgramme par mètre cube d'air (µg/m³) correspondant à des millièmes de gramme.

La limite de quantification de la méthode (LQ) est de 0,5 µg/m³ pour l'ammoniac.

2. Localisation

2.1. Présentation des sites de mesure

Plusieurs typologies de sites de mesure ont été étudiées au cours de l'année 2016. Les sites ont été sélectionnés après l'étude de critères précis et classés selon 4 typologies (un site de chaque typologie dans chaque ancienne région) :

- **Le site « à risque »** correspond à un site positionné dans une zone où ont été identifiées des sources d'émissions importantes en ammoniac au regard des résultats de l'inventaire 2010 et se situant dans un réservoir de biodiversité ;
- **Le site « sensible »** correspond à un site positionné dans une zone où ont été identifiées des sources d'émissions en ammoniac au regard des résultats de l'inventaire 2010 et se situant dans un réservoir de biodiversité ;
- **Le site « référence »** se trouve dans une zone où n'ont pas été identifiées de sources d'émissions importantes en ammoniac (inventaire 2010) ;
- **Un site en zone urbaine ;**

Afin de déterminer l'emplacement de ces typologies de site, nous avons commencé par étudier la répartition des émissions d'ammoniac à partir de l'inventaire communal réalisé pour l'année 2010. Cette étude des émissions a permis de faire ressortir les zones sur lesquelles la mesure de l'ammoniac atmosphérique semble pertinente (cf. page 22 pour le détail des émissions).

Dans les départements de l'Oise, de la Somme et de l'Aisne, nous avons ensuite regardé si, dans ces zones, le Schéma régional de cohérence écologique de Picardie répertoriait des réservoirs de biodiversité. Notre objectif a été de positionner les points de prélèvement au plus près de ces réservoirs de biodiversité. Pour se faire, nous avons consulté l'annexe 2 du SRCE intitulée « Tableaux des caractéristiques des réservoirs de biodiversité ».

Dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, les zones de réservoirs de biodiversité ont été sélectionnées sur les territoires des parcs naturels régionaux. De plus, une attention particulière a été portée sur le choix de sites se trouvant sur le territoire d'une collectivité adhérente à Atmo.

Les zones « à risque » ont été positionnées en Thiérache dans le Nord du département de l'Aisne et dans l'Avesnois dans l'Est du département du Nord : Saint Michel (02), Colleret (59)

Les zones « sensibles » ont été positionnées dans le département de l'Oise et dans l'Audomarois à l'Ouest du département du Pas-de-Calais : Cambronne lès Clermont (60), Tilques (62)

Les zones « référence » ont été positionnées dans le département de l'Aisne et du Pas-de-Calais : d'Urcel (02), Campagne-les-Boulois (62)

Les zones urbaines ont été positionnées sur de grandes agglomérations de la région et sur des stations fixes : Lille-Fives (59), Amiens Saint-Pierre (80). Le site d'Amiens Saint Pierre n'a pas pu être étudié au cours de l'année 2016 suite à des problèmes techniques.

Localisation des sites de mesures impliqués dans cette étude



2.2. Les sites en détail

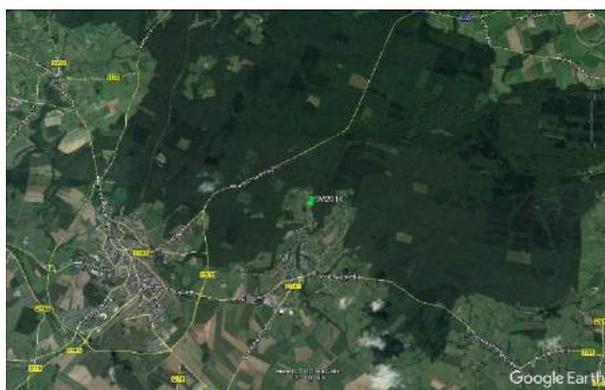
Les sites sélectionnés en zone « à risque » sont ceux de **Saint Michel (02)** et de **Colleret (59)**.

Le site de Saint-Michel est situé dans un espace naturel sensible classé ZNIEFF1 et Natura 2000 (ZSC et ZPS) au sein du réservoir de biodiversité n°559. La commune de Saint Michel émet 122 t/an d'ammoniac (inventaire 2010) et est entourée par de nombreuses communes émettant une quantité importante d'ammoniac.

Le site de Colleret se situe sur le territoire du Parc Naturel Régional de l'Avesnois. La commune de Colleret émet 64 t/an d'ammoniac et est entourée par des communes émettant des quantités importantes d'ammoniac.



Site de Colleret



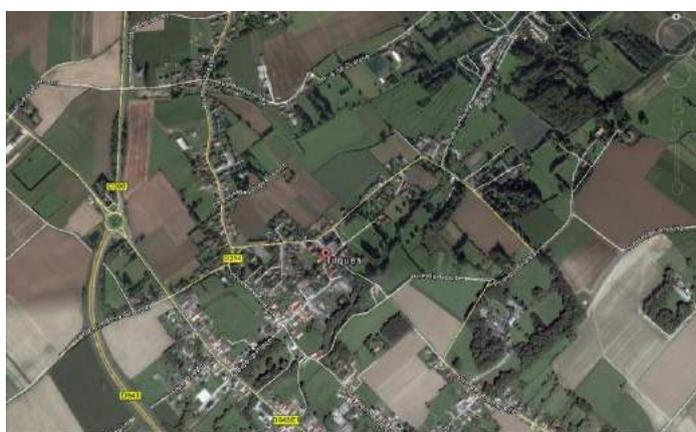
Site de Saint-Michel

En mai 2016, le site de Saint Michel a été déplacé de la forêt de Saint Michel vers le centre du village suite à des actes de vandalisme ayant conduits à la perte de plusieurs échantillons.

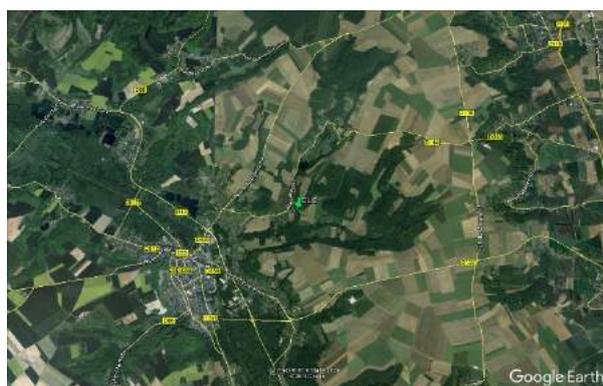
Les sites sélectionnés en zone « **sensible** » sont ceux de **Cambronne lès Clermont (60)** et **Tilques (62)**.

Le site de Cambronne lès Clermont est situé dans un espace naturel sensible classé ZNIEFF1 au sein du réservoir de biodiversité n°171. Concernant les émissions d'ammoniac, la zone se trouve à proximité de la commune de Bury (60) dont les émissions sont estimées à 245 t/an (émissions les plus importantes de la Région).

Le site de Tilques se situe sur le territoire du Parc Naturel Régional des Caps et Marais d'Opale. La commune émet 26 t/an d'ammoniac et est entourée par des communes recensées pour leurs émissions d'ammoniac.



Site de Tilques

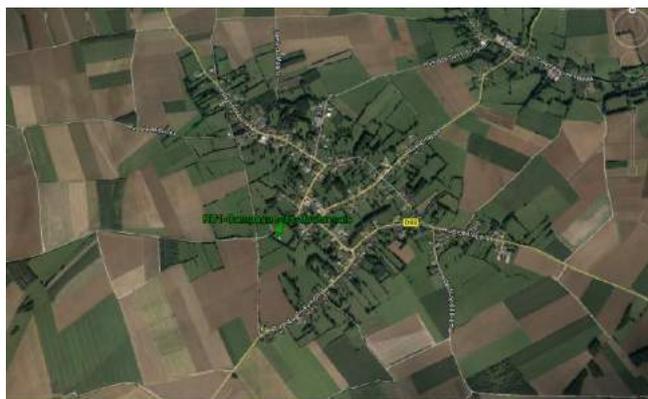


Site de Cambronne les Clermont

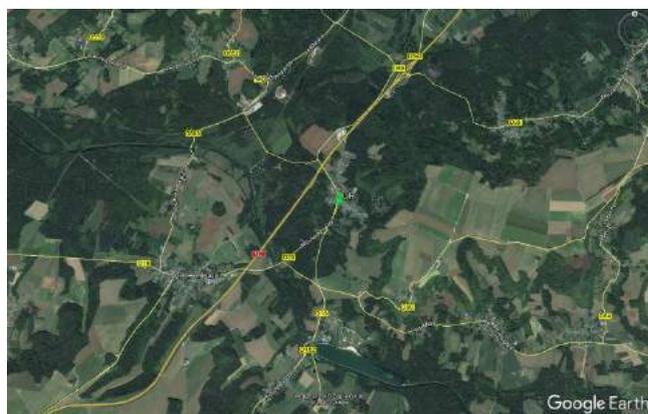
Les sites dits de « référence » sont ceux d'**Urcel (02)** et de **Campagne-les-Bouloonnais (62)**.

Le site d'Urcel se trouve dans une zone où n'ont pas été identifiées de sources d'émissions importantes en ammoniac (inventaire 2010). Les émissions en ammoniac sont quasi nulles sur cette zone.

Le site de Campagne-les-Bouloonnais a déjà fait l'objet de mesures d'ammoniac en début d'année lors d'une campagne test menée par le Lasair (Laboratoire d'Analyses pour la Surveillance de l'Air Inter-Régional d'Airparif) en partenariat avec les AASQAs.



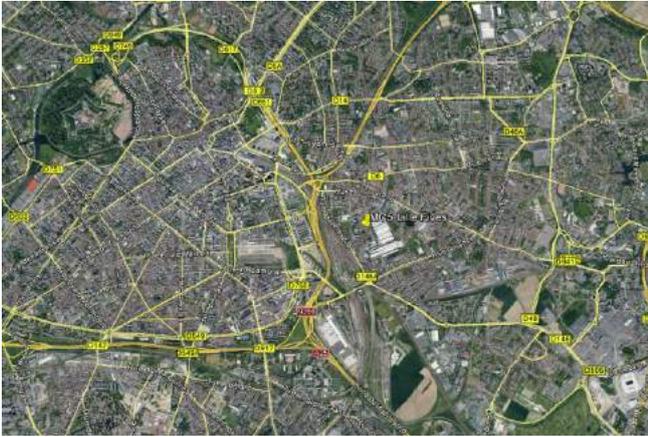
Site de Campagne-les-Bouloonnais



Site d'Urcel

Les sites urbains sont des stations fixes du dispositif de mesures d'Atmo, de typologie urbaine et situées sur de grandes agglomérations de la région : le site de **Lille-Fives (59)** et site d'**Amiens Saint-Pierre (80)**.

Suite à un problème technique sur le site d'Amiens, seul le site de Lille-Fives a été investigué.



Site de Lille-Fives



3. Dispositif de référence

Au cours de cette étude, des stations de surveillance de la qualité de l'air ont été utilisées afin de comparer les évolutions des niveaux d'ammoniac ainsi que les concentrations en PM10 modélisées à celles des PM10 mesurées. Les données de PM10 des stations de Campagne-les-Bouloonnais (RU1), Creil (CR2), Saint-Quentin stade (SQ2), Lille Fives (MC5), Saint-Omer (SO1) et Maubeuge (MA1) ont ainsi été utilisées.

La carte ci-dessous permet de localiser les stations de mesure fixes sur la région des Hauts de France.



Contexte environnemental

1. Origines et impacts

L'ammoniac (NH₃)

66

1.1. Sources



L'ammoniac NH₃ est généré naturellement lors de la décomposition de la matière organique. Sa présence dans l'atmosphère est majoritairement d'origine anthropique (fertilisation, élevage, eaux usées ...) et partiellement d'origine naturelle (cycle de l'azote, dégradation de la matière organique)

Le secteur de l'agriculture est la source anthropique majoritaire de l'ammoniac. En effet, les déjections animales sont les principaux émetteurs anthropiques, responsables, en 2013, de 66 % des émissions, devant la culture avec engrais, responsable de 31 % des émissions (CITEPA, 2015). La part restante des émissions provient des secteurs de l'industrie et des transports.

À l'intérieur des locaux, le métabolisme est la principale source de production de NH₃. L'emploi de produits de nettoyage peut aussi en être une (Observatoire Réunionnais de l'Air).

1.2. Incidences sanitaires : Toxicologie aiguë

Il existe de nombreuses données relatant des accidents mortels chez l'homme lors d'une exposition aiguë à l'ammoniac (Arwood et al., 1985 ; Burns et al., 1985 ; Close et al., 1980 ; Couturier et al., 1971 ; George et al., 2000 ; Heifer, 1971 ; Price et al., 1983 ; Sobonya, 1977 ; Walton, 1973 ; Weiser et Mackenroth, 1989 ; Yang et al., 1987). Les études les plus anciennes rapportent des accidents rapidement mortels pour des niveaux d'exposition de 3 535 à 7 070 mg/m³, les études plus récentes décrivent des niveaux d'exposition de 1 767 à 3 181 mg/m³, entraînant la mort en 30 minutes (Helmers et al., 1971 ; Millea et al., 1989). Ces accidents sont mortels par obstruction des voies respiratoires. Pour les sujets qui ne décèdent pas dans les minutes suivant l'exposition, la mort peut survenir rapidement à la suite de complications ou de surinfection.

De manière générale, l'ammoniac est un gaz provoquant des irritations sévères voire des brûlures au niveau des muqueuses en raison de sa forte solubilité dans l'eau (alcalinisation locale importante, action caustique). Ces irritations sévères sont également observées au niveau oculaire, provoquant un larmoiement, une hyperhémie conjonctivale, des ulcérations conjonctivales et cornéennes, une iritis. Une cataracte ou un glaucome peut apparaître jusqu'à 10 jours après exposition (INRS, 1997 ; OMS IPCS, 1986 ; Withers, 1986).

1.3. Incidences environnementales

L'eau

Alors que les problèmes d'azote avec les eaux souterraines sont avant tout liés aux nitrates, les eaux de surfaces sont, elles, sensibles à l'ammoniac (ainsi qu'aux nitrites). Des effets sur la mer du nord par exemple sont connus, où sa teneur en azote joue un rôle important dans son eutrophisation (OFEV, 2014).

La végétation

A de fortes concentrations, des effets sont visibles sur les feuilles. Des altérations de la croissance, du contenu en nutriment, de la résistance au stress hydrique ou encore des réponses faces aux pathogènes peuvent en plus être observés. La compétition inter-espèce peut être modifiée au profit des espèces nitrophiles (Krupa, 2003).

Les sols

Le sol, qui est une interface entre l'air, l'eau et la vie, est le support d'une partie importante du cycle de l'azote. L'activité microbienne des sols est responsable des principales transformations des composés azotés des écosystèmes terrestres (OFEV, 2014). Or, des dépôts de polluants azotés (secs ou humides) peuvent avoir un impact sur les communautés bactériennes, par leur abondance, leur diversité ainsi que par leur composition chimique (Zhang, 2012).

Chimiquement, les ions ammonium (NH_4^+) vont, à cause de leur charge électrique, se fixer sur les particules du sol, remplaçant, pour les sols les plus fragiles, certains éléments indispensables aux plantes (calcium, magnésium...). Cela se fait parallèlement à une acidification du milieu, libérant des ions aluminium, pouvant être toxiques pour les plantes (OFEV, 2014).

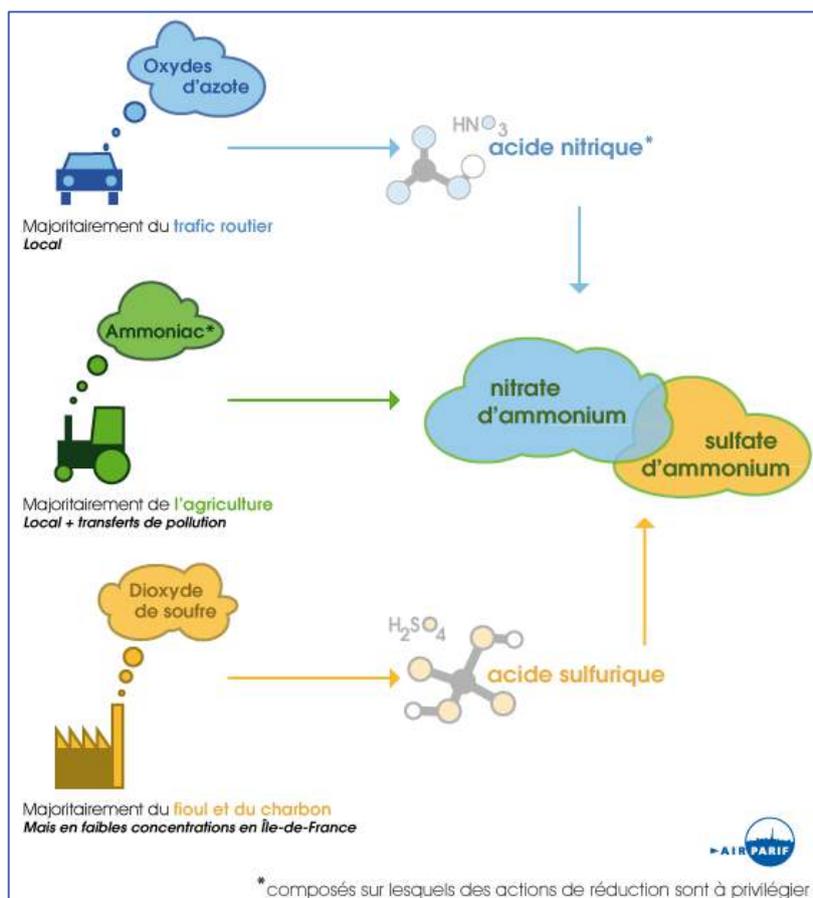
L'air

Notre région connaît chaque année des épisodes de pollution hivernaux et printaniers aux particules fines (PM10), entraînant des dépassements des seuils d'information et de recommandation et d'alerte.

Si les épisodes de pollution de l'hiver sont plutôt dus aux phénomènes de combustion, et notamment liés au chauffage au bois non performant, il apparaît qu'en période printanière, d'autres phénomènes entrent en jeu avec la formation de particules fines dites secondaires. Ces particules ne sont pas émises directement mais résultent de la combinaison dans l'atmosphère de différents polluants.

Ainsi, une part importante des particules fines observées au printemps est constituée de nitrate d'ammonium ($(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$) formé par la combinaison de l'ammoniac (NH_3), émis majoritairement par les activités agricoles, et plus particulièrement les épandages d'engrais minéraux et organiques, et de l'acide nitrique (HNO_3), provenant en majorité du trafic routier.

L'ammoniac se volatilise très rapidement dans l'air : après un épandage, 50 % de l'azote total contenu dans le fumier peut se volatiliser dans les 6 heures qui suivent. La volatilisation de l'ammoniac dépend de plusieurs facteurs : les méthodes d'épandage et la composition du fumier, la nature du sol et les conditions météorologiques (les températures élevées et le vent favorisent la volatilisation tandis que l'humidité relative et les précipitations la limite).



Le temps de séjour dans l'atmosphère de l'ammoniac gazeux au-dessus des sols varie de 2,8 heures à 4 jours et est inférieur au temps de séjour des aérosols d'ammonium (7 à 19 jours). Ces brièvetés de temps de séjour s'expliquent par la rapidité de la conversion du NH_3 en particules d'ammonium et par la grande vitesse de dépôt sec de l'ammoniac (HSDB, 2005 ; ATSDR, 2004 ; Loubet, 2000 ; Environnement Canada, 1999).

La compréhension des phénomènes de formation de ces particules secondaires et la participation de l'ammoniac à ces réactions chimiques est un enjeu majeur pour mettre en place des actions visant à limiter les concentrations de particules PM10 dans l'air.

1.4. Quelques données de référence

Contexte	Année	Concentration en NH ₃
Milieu urbain et périurbain (Montpellier)	7 semaines de mesure (Printemps 2008)	1 à 2 µg/m ³
Voisinage d'une station d'épuration (Andorre)	2 semaines de mesure (Printemps 2008)	1 à 3 µg/m ³
Milieu urbain bruxellois (Belgique)	Moyenne annuelle 2004	1 à 4 µg/m ³
Site industriel à Saint-Avold (Lorraine)	Moyennes annuelles 2003 à 2007	3 à 7 µg/m ³
Divers sites ruraux et périurbains bretons (Bretagne)	Quelques semaines en été 2003	37 à 77 µg/m ³
Plages envahies d'algues vertes (Bretagne)	Moyenne estivale 2006	4 µg/m ³
52 sites en Suisse (agricoles, urbains, trafic)	Moyennes annuelles 2000 à 2008	<1 à 11 µg/m ³
115 sites dans des zones "Natura 2000" en Hollande	Moyennes annuelles 2005 à 2007	<1 à 30 µg/m ³

*Données issues d'un rapport d'AIR Languedoc-Roussillon : Zone industrielle de Malvézy (Narbonne – Aude)
Surveillance de l'ammoniac – Année 2010*

Contexte	Année	Concentration en NH ₃
Milieu Industriel et périurbain (Amiens, 80)	4 semaines de mesure (mars 2012)	5,5 à 13,2 µg/m ³
Voisinage d'un CET (Allemant, 02)	2 semaines de mesure (décembre 2011)	0,2 à 0,8 µg/m ³
Proximité de boues de STEP (Montdidier, 80)	2 semaines de mesure (mars 2012)	103,4 µg/m ³
Surveillance annuelle en milieu rural (Picardie)	Moyenne annuelle 2015	1,1 à 1,9 µg/m ³

Données Atmo Picardie

La concentration ubiquitaire de l'ammoniac dans l'air est évaluée dans le monde, à 0,6 - 3 ppb (0,4 à 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Aneja et al., 1998 ; Crutzen, 1983 ; Georgii et Gravenhorst, 1977).

L'OMS IPCS (1986) donne une teneur de l'ammoniac de 5 - 6 ppb (3,5 à 4, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les sites ruraux et de l'ordre de 25 ppb (17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les cités urbaines.

Cependant, certains facteurs modifient largement les concentrations d'ammoniac normalement attendues :

- l'altitude : 10 ppb (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) d'ammoniac mesurés au niveau du sol et 1,5 à 3 ppb (1 à 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à 10 km de hauteur (lieu non précisé) (Levine et al., 1980),
- le lieu géographique : des mesures faites dans l'hémisphère sud dans les courants d'air marins révèlent la présence d'ammoniac à des teneurs inférieures ou égales à 0,2 ppb (0,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (OMS IPCS, 1986),
- la saison : 0,85 ppb (0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) d'ammoniac mesuré en été, 0,37 ppb (0,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'automne, 0,10 ppb (0,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en hiver et 0,16 ppb (0,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) au printemps à Warren (Michigan, USA) (Caddle, 1985). L'été provoque de fortes émissions d'ammoniac ; en hiver, il y a peu d'activité microbienne,
- l'amendement de terres agricoles en engrais azotés modifie les phénomènes naturels. A Hampton (Virginie, USA) : la teneur d'ammoniac de 10 ppb (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) au printemps a chuté à 1 ppb (0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en été. En effet si l'ammoniac est plus présent dans l'air par temps chaud, le traitement intensif par des engrais azotés de terres agricoles au printemps, a provoqué l'émission d'ammoniac dans l'atmosphère (Levine et al., 1980),
- l'élevage intensif : dans une ferme, une concentration de 520 à 2160 ppb (360 à 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) d'ammoniac a été mesurée dans un enclos où se trouvait parqué un cheptel important (lieu non précisé) (Hutchinson et al., 1982),
- les rejets de laiterie : 37 à 132 ppb (26 à 92,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à Riverside et 10 à 100 ppb (7 à 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à Rubidoux en Californie (USA) (Fangmeier et al., 1994),
- l'activité industrielle : 10,3 à 39,1 ppb (7 à 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) d'ammoniac sur un site industriel en Allemagne (lieu non précisé) (Fangmeier et al., 1994).

Informations issues de la fiche toxicologique de l'ammoniac (INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : AMMONIAC : DRC-08-83451-01089D Version N°2.3.-mai 2012).



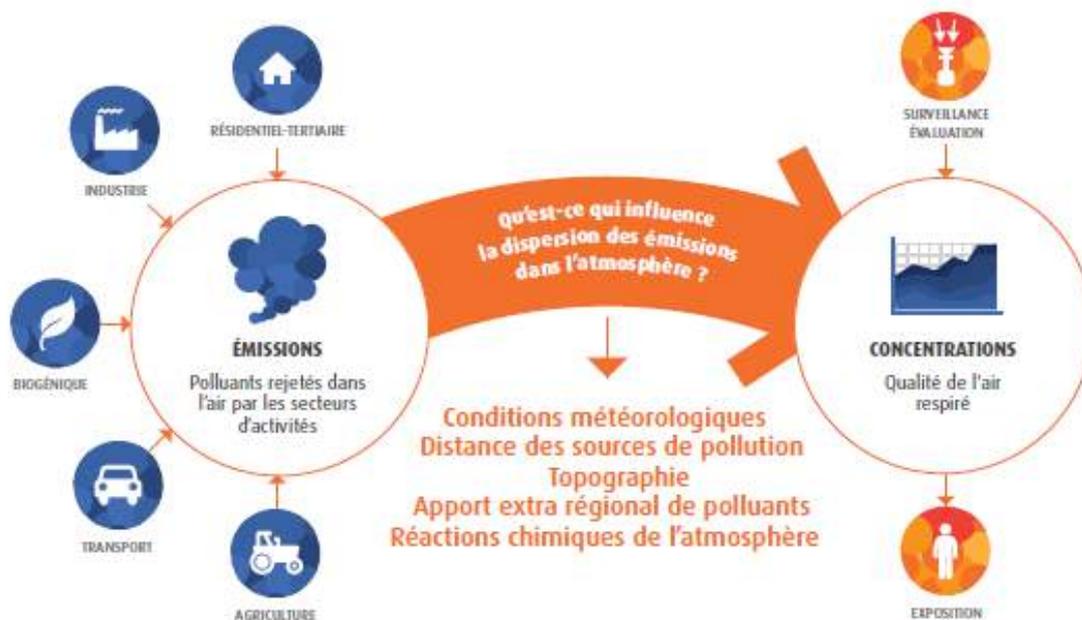
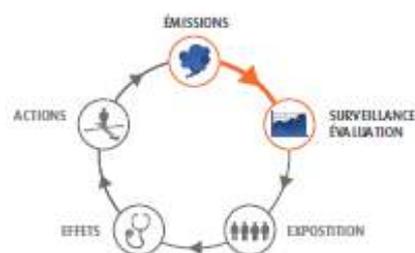
2. Emissions connues

Afin de répondre aux objectifs de mesures et d'évaluation de la qualité de l'air, et en supplément du dispositif de mesures implanté en région, Atmo Hauts-de-France réalise, tous les deux ans environ, un inventaire des polluants rejetés dans la région.

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

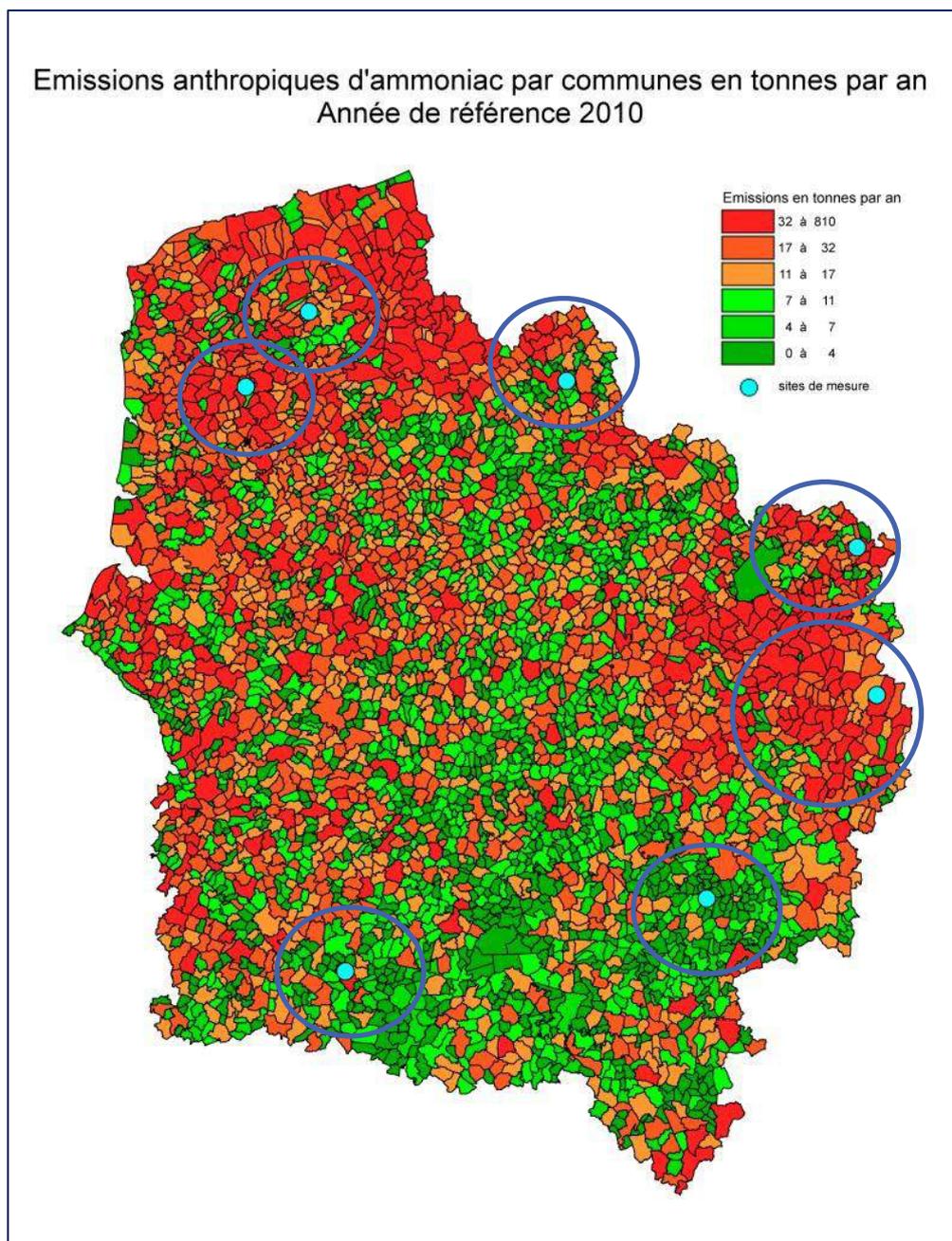


L'inventaire des émissions de polluants consiste à identifier et recenser la quantité des polluants émis par secteur d'activité, sur une zone et une période données.

Lorsque les émissions sont représentées sur une carte (définies et quantifiées à l'échelle d'un territoire géographique comme la commune ou la communauté de communes), on parle de cadastre des émissions. Les émissions de polluants s'expriment en kilogrammes ou tonnes par an.

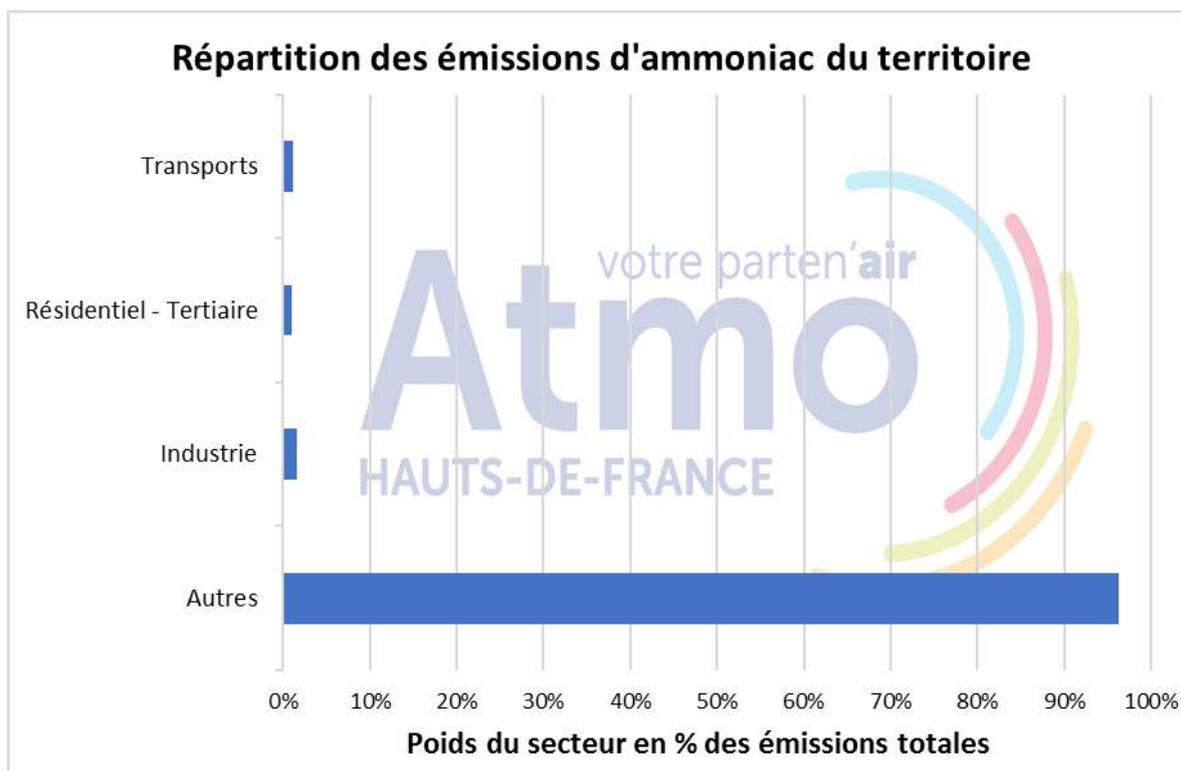
2.1. Localisation des émissions d'ammoniac de la zone d'étude

Les données utilisées et présentées dans les graphes suivants sont issues de l'inventaire des émissions de l'année 2010, réalisé par Atmo Hauts-de-France, selon la méthodologie définie en 2012 (source Base_A2010_M2012_V4hdf). Elles sont présentées à l'échelle de la région.



Les émissions les plus importantes sont recensées à l'Est et à l'Ouest de la région, sur les zones les moins urbanisées.

2.2. Précisions sur les émissions d'ammoniac de la zone d'étude



Le secteur industriel comprend 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 transport comprend les émissions du transport routier et des modes de transport autres que routier.

Le secteur résidentiel et tertiaire comprend les émissions issues des secteurs résidentiel, tertiaire, commercial et institutionnel.

Le secteur « autres » comprend les émissions du secteur agricole-biotique.

Le principal contributeur d'ammoniac de la région Hauts de France est le secteur « autres », qui comprend les émissions du secteur agricole. Il totalise près de 96 % des émissions totales d'ammoniac. Les émissions agricoles d'ammoniac sont principalement liées à l'élevage (près de 2/3 des émissions), et à la fertilisation.

3. 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).

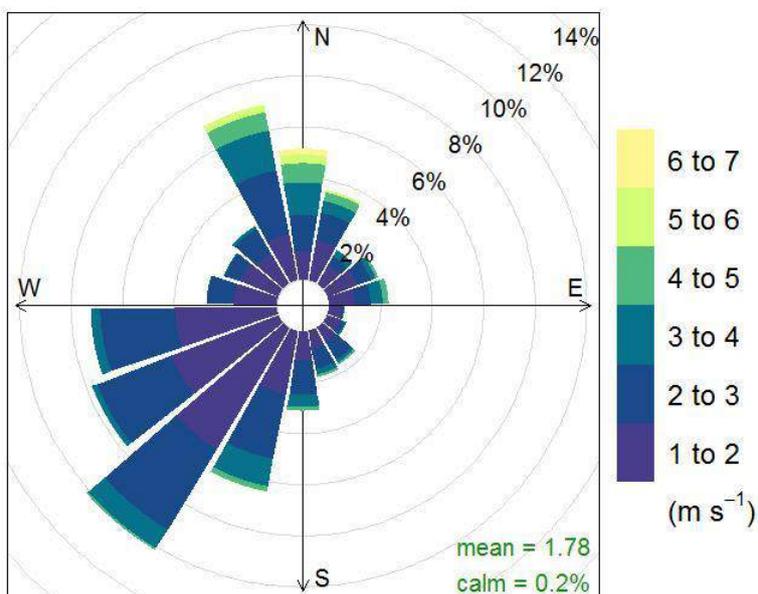
Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est donc important d'étudier les conditions météorologiques dans lesquelles les mesures des polluants ont été effectuées.

Les données météorologiques inscrites dans le tableau ci-dessous sont issues de la station de Nœux-les-Mines (62) et de Saint Quentin (02).

		Nœux-les-Mines (du 13 avril au 3 novembre 2016)	Saint Quentin (du 11 avril au 9 novembre 2016)
Température (°C)	Moyenne	15,1	14,5
	Minimum	1,0	-0,8
	Maximum	35,0	34,0
Pression atmosphérique (hPa)	Moyenne	1015	1017
Vent (m/s)	Moyenne	1,8	3,2
	Minimum	0,0	0,0
	Maximum	7,0	16,0
Humidité relative (%)	Moyenne	77	81

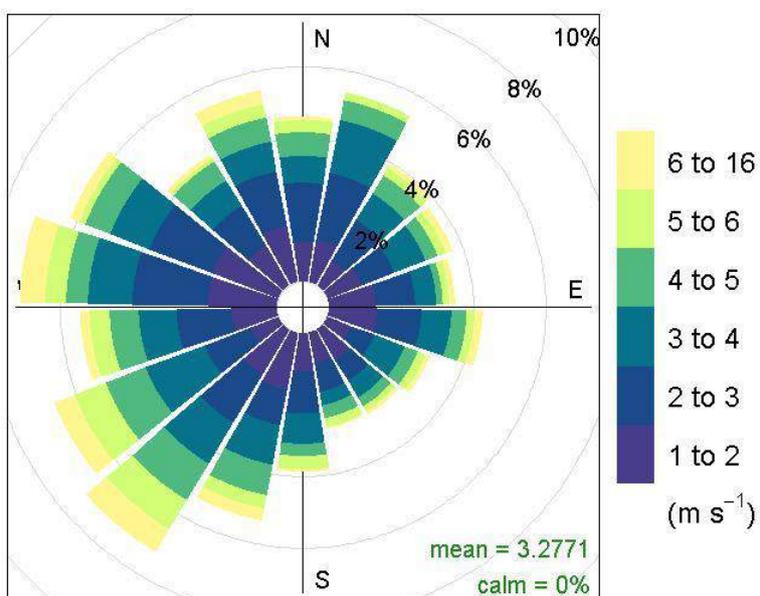
3.1. Vents

Les roses des vents présentées ci-dessous sont issues des stations de Nœux-les-Mines (62) et de Saint Quentin (02) respectivement du 13 avril au 3 novembre 2016 et du 11 avril au 9 novembre 2016.



**Rose des vents de Nœux-les-Mines
[13/04 au 03/11/2016]**

Rose des vents à Nœux-les-Mines (62), du 13 avril au 3 novembre 2016



**Rose des vents de Saint Quentin
[11/04 au 09/11/2016]**

Rose des vents à Saint-Quentin (02), du 11 avril au 9 novembre 2016

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 1m/s ne sont pas représentés car ils ne sont pas significatifs.

99

3.2. Analyse mensuelle

Avril, un mois plutôt frais

Le mois d'avril démarre par un temps anticyclonique, avec peu de précipitations en dehors des orages de la nuit du 3 au 4. Le temps devient ensuite plus perturbé, avec des précipitations plus importantes et de nouveaux des orages. A partir du 17, les pressions augmentent et le temps est sec et frais (quelques gelées matinales). En fin de mois le temps est variable avec des averses orageuses, et des températures 5°C en-dessous des normales de saison.

Mai, un épisode orageux remarquable

Le début du mois de mai est calme avec des éclaircies, avec un temps estival du 4 au 9. Les éclaircies perdurent jusqu'au 18 mai, hormis du 10 au 13 où des remontées d'air chaud du Sud engendrent des orages. A partir du 18, les perturbations se succèdent, et les précipitations sont présentes et particulièrement abondantes et orageuses en fin de mois.

Juin, orages et inondations

Le début du mois est dans la continuité du temps perturbé de mai. A partir du 5, les orages redeviennent présents, puis violents le 7. Après quelques jours d'amélioration, une dépression fait son retour le 11, accompagnée d'orages et de faibles précipitations. Les fronts orageux se succèdent jusqu'au 21, avec de nouveau des cumuls de précipitation très importants, hormis quelques éclaircies le 19 et une journée estivale le 22. Le week-end des 24 et 25 est la période la plus ensoleillée du mois. Le temps est plus faiblement perturbé sur la fin du mois.

Juillet, mois sec et globalement agréable

Les perturbations peu actives perdurent jusqu'au 2. Le temps est anticyclonique du 3 au 10 juillet, avec quelques petites perturbations atténuées qui donnent des pluies fines. Le temps est instable du 11 au 14, avec des pluies plus fortes et des températures fraîches. Du 15 au 20 un temps très ensoleillé se met en place, avec des températures en hausse. Du 21 au 26, les nuages redeviennent plus présents avec parfois des orages, pour finir le mois avec des passages perturbés plus ou moins pluvieux.

Août, épisode caniculaire

Jusqu'au 11 août, le temps est perturbé notamment du 1^{er} au 3 où les cumuls quotidiens de pluies sont importants. A partir du 12, la France est restée sous l'influence durable d'une masse d'air remarquablement chaude. L'anticyclone qui s'installe garantit des jours chauds et ensoleillés. Seul le passage d'une perturbation le 18 donne des pluies orageuses.

Septembre, un mois très chaud et sec

Les premiers jours de septembre sont souvent couverts avec quelques ondées. Le temps s'améliore du 7 au 15, avec des journées douces et ensoleillées (>30°C le 12 et le 13).

Le 16, une perturbation active gagne la région, apportant des cumuls de pluies conséquents. Sur le reste du mois, le temps est souvent variable, partagé entre des éclaircies et des passages nuageux porteurs de rares averses.

Octobre, temps automnal sec

Les 1^{er} et 2 le temps est perturbé. Du 3 au 10, le temps est anticyclonique, frais et sec. Le ciel reste dégagé jusqu'au 13, lorsqu'une dégradation arrive avec des pluies qui affectent la région le 16. La région est ensuite traversée par des perturbations peu actives, jusqu'au retour du soleil le 27.

Les conditions de dispersion ont été très variables au cours des mois de l'étude. Des périodes anticycloniques favorables à la stabilité de l'atmosphère ont été rencontrées à plusieurs reprises, notamment sur les mois de juillet à septembre. En revanche, les perturbations orageuses ont été fréquentes, en particulier au printemps, apportant des conditions plus favorables à la dispersion des polluants. Les périodes anticycloniques marquées par des journées chaudes et sèches (quelques jours en mai, juin, début du mois de juillet, mois d'août) ont été potentiellement favorables à la volatilisation de l'ammoniac à partir des épandages.

4. 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, ...).

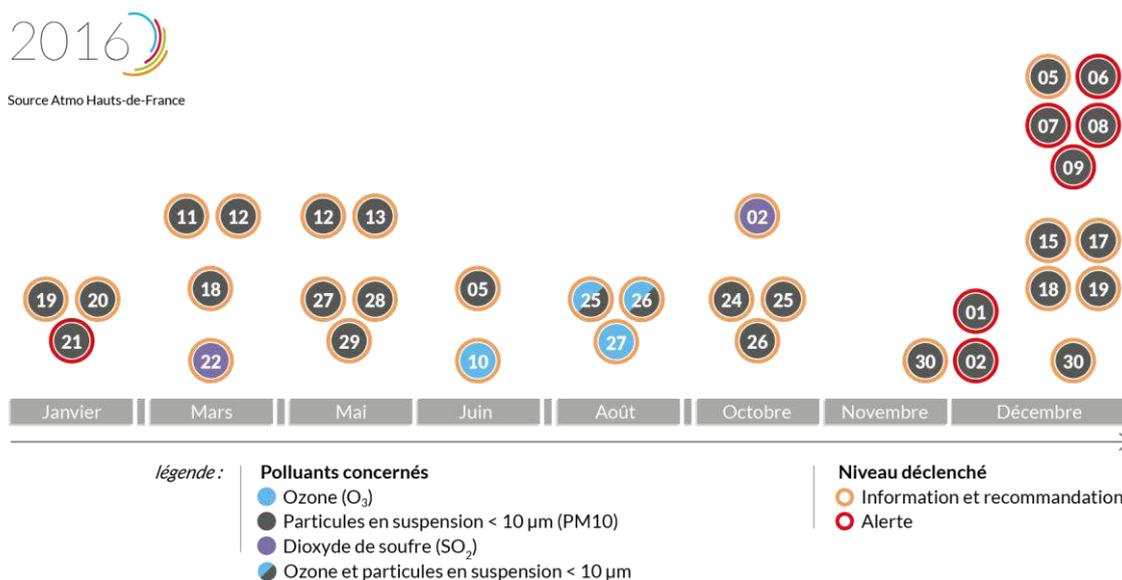
Quatre polluants sont intégrés dans la procédure de déclenchement d'épisode de pollution de l'air : l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2), le dioxyde de soufre (SO_2) et les particules en suspension (PM_{10})

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 (Cf. p19).

La frise ci-dessous reprend l'ensemble des épisodes de pollution ayant été constatés en 2016 au niveau des départements de la région Hauts-de-France².



² 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

En 2016, 15 épisodes de pollution ont été recensés, pour une **durée totale de 34 jours**. Parmi ces épisodes, **11 répartis sur 28 journées** concernent les **particules PM10**. **L'ozone** est impliqué lors d'un épisode d'**une journée en juin**, ainsi que lors d'un épisode **de 3 jours** au cours duquel les concentrations en particules ont également franchi le seuil d'information et de recommandation au cours des deux premiers jours.

Deux épisodes de pollution au **dioxyde de soufre** ont également été relevés en **mars et octobre**.

Les épisodes se répartissent **tout au long de l'année**. Le **4^{ème} trimestre** recense le nombre de jours d'épisodes le plus important **avec 17 jours et l'épisode le plus long, du 5 au 9 décembre**. Il est à noter que les **7 journées d'alerte (alerte et alerte sur persistance)** recensées en 2016, qu'ont connues les Hauts-de-France, se sont principalement déroulées **durant ce dernier trimestre (6 journées)**.

L'augmentation du nombre de jours d'épisodes entre **2015 (24 jours) et 2016 (28 jours)** est due **aux conditions météorologiques rencontrées tout au long du mois de décembre** (faible pluviométrie, ensoleillement généreux et températures minimales inférieures aux normales). Sur ce mois, 12 jours d'épisodes dont 6 jours d'alerte (alerte et alerte sur persistance) ont été observés.

Aucun épisode de pollution associé au **dioxyde d'azote** n'a été enregistré au cours de l'année 2016.

Résultats de l'étude

1. 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.

Une fois les données validées, un taux de fonctionnement (pour les mesures automatiques) ou un taux de données valides (pour les mesures différées) est calculé pour chaque paramètre mesuré. Il s'agit du pourcentage de données valides d'un appareil de mesures ou d'un échantillonnage, sur une période définie (année civile, phase de mesures, semaine...).

Un **taux de fonctionnement inférieur à 85% ou un taux de données valides inférieur à 90 %** 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.

Dans cette étude, seul un site possède un taux de données valides inférieur à 90 % (Voir le détail des taux de données valides en page suivante), les données de celui-ci ne seront donc pas exploitables.

2. Repères réglementaires

Il n'existe pas encore, dans le code de l'environnement, de réglementation concernant les concentrations d'ammoniac dans l'air ambiant extérieur.

Cependant, il existe, dans le code du travail (art. R4412-149), des valeurs limites d'exposition professionnelles : 7 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8h ou 14 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 15 min (en moyenne).

3. L'ammoniac (NH₃)

Dans cette partie, les résultats 2016 de l'ensemble des sites ont été comparés sur une période commune allant du 11 avril au 3 novembre 2016. Tous les résultats obtenus au cours de cette étude sont disponibles en annexe 2.

3.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour le période du 11 avril au 3 novembre 2016 (période commune pour l'ensemble des sites).

Type de zone		A risque		Sensible		Référence		Urbain
Sites		Saint Michel (02)	Colleret (59)	Cambronne lès Clermont (60)	Tilques (62)	Urcel (02)	Campagne-les-Bouloonnais (62)	Lille-Fives (59)
Taux de recouvrement ³		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Taux de données valides		71,4%	100%	92,8%	100%	100%	100%	100%
Moyenne		1,9 µg/m ³	3,5 µg/m ³	1,8 µg/m ³	7,8 µg/m ³	1,5 µg/m ³	3,5 µg/m ³	3,8 µg/m ³
Échantillon maximum		3,4 µg/m ³	7,2 µg/m ³	3,0 µg/m ³	19,7 µg/m ³	2,7 µg/m ³	7,6 µg/m ³	7,6 µg/m ³
Période du maximum	Du	17/08/2016 12:25	17/08/2016 15:50	19/07/2016 11:57	17/08/2016 17:16	17/08/2016 14:40	17/08/2016 15:54	17/08/2016 11:30
	au	01/09/2016 13:45	30/08/2016 11:13	01/08/2016 10:55	31/08/2016 10:17	01/09/2016 11:45	31/08/2016 09:37	31/08/2016 11:40

Avis et interprétation :

Le taux de données valides est supérieur à 90% pour la majorité des sites de mesure. Seul le site de Saint Michel présente un taux inférieur à 90% suite à des actes de malveillance ayant conduit à la perte de 4 échantillons. Les résultats de ce site sont donnés à titre indicatif car ils ne sont pas forcément représentatifs de la période de mesure.

Les moyennes des différents sites se classent en trois catégories. La première regroupe les sites de l'ex-Picardie (Cambronne, Urcel et Saint Michel) avec des concentrations moyennes de 1,5 et 1,9 µg/m³. La seconde catégorie comprend les sites de Colleret, Campagne et Lille-Fives avec des niveaux compris entre 3,5 et 3,8 µg/m³. La dernière est constituée du site de Tilques ayant une moyenne de 7,8 µg/m³.

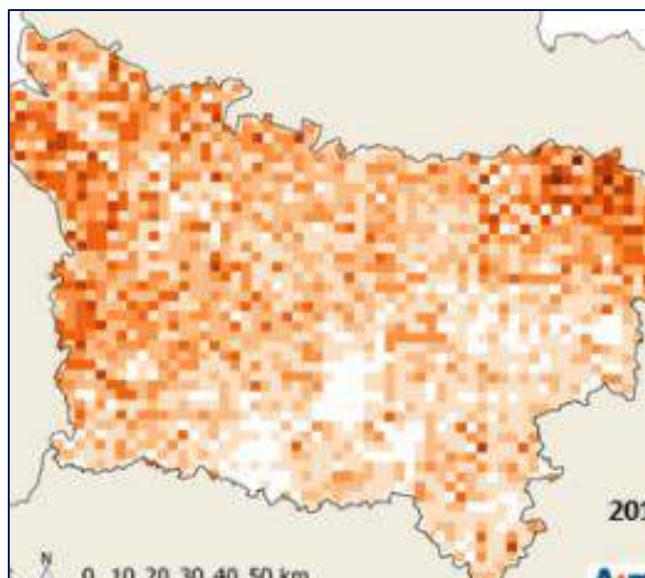
Pour 6 de ces 7 sites de mesure, les maximums sont obtenus au cours de la 2^{ème} quinzaine d'août. Pour le site de Cambronne, le maximum est constaté au cours de la 2^{ème} quinzaine de juillet. Le maximum est atteint sur le site de Tilques avec 19,7 µg/m³.

D'après ces résultats, il ne semble pas y avoir de lien entre les typologies définies lors de la recherche des sites et les niveaux de concentration.

³ Le taux de recouvrement indique le pourcentage de la période couvert par la mesure

Cette absence de relation avait été démontrée lors de l'étude sur la modélisation des dépôts atmosphériques d'ammoniac en Picardie réalisée au cours de l'année 2016⁴.

Carte des émissions d'ammoniac en Picardie en 2012

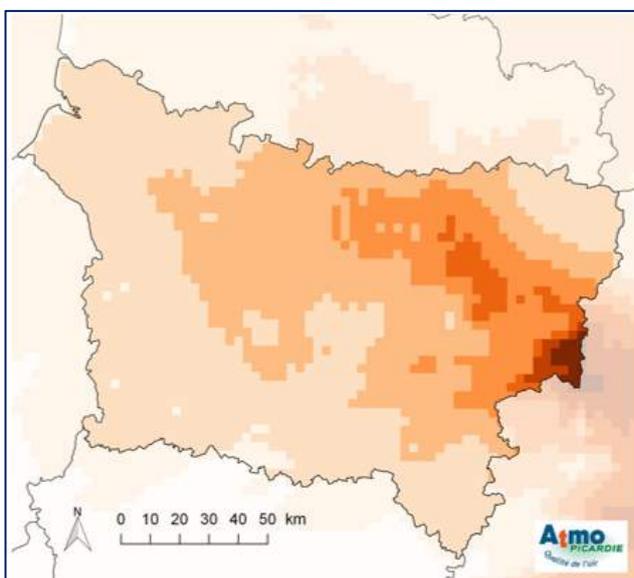


Légende

Emissions en $\text{kg ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$

- 0 - 4
- 4 - 11
- 11 - 19
- 19 - 29
- 29 - 42
- 42 - 66
- 66 - 106

Carte des concentrations moyennes d'ammoniac modélisées en Picardie en 2012



Légende

Concentration d'ammoniac moyenne en $\mu\text{g m}^{-3}$

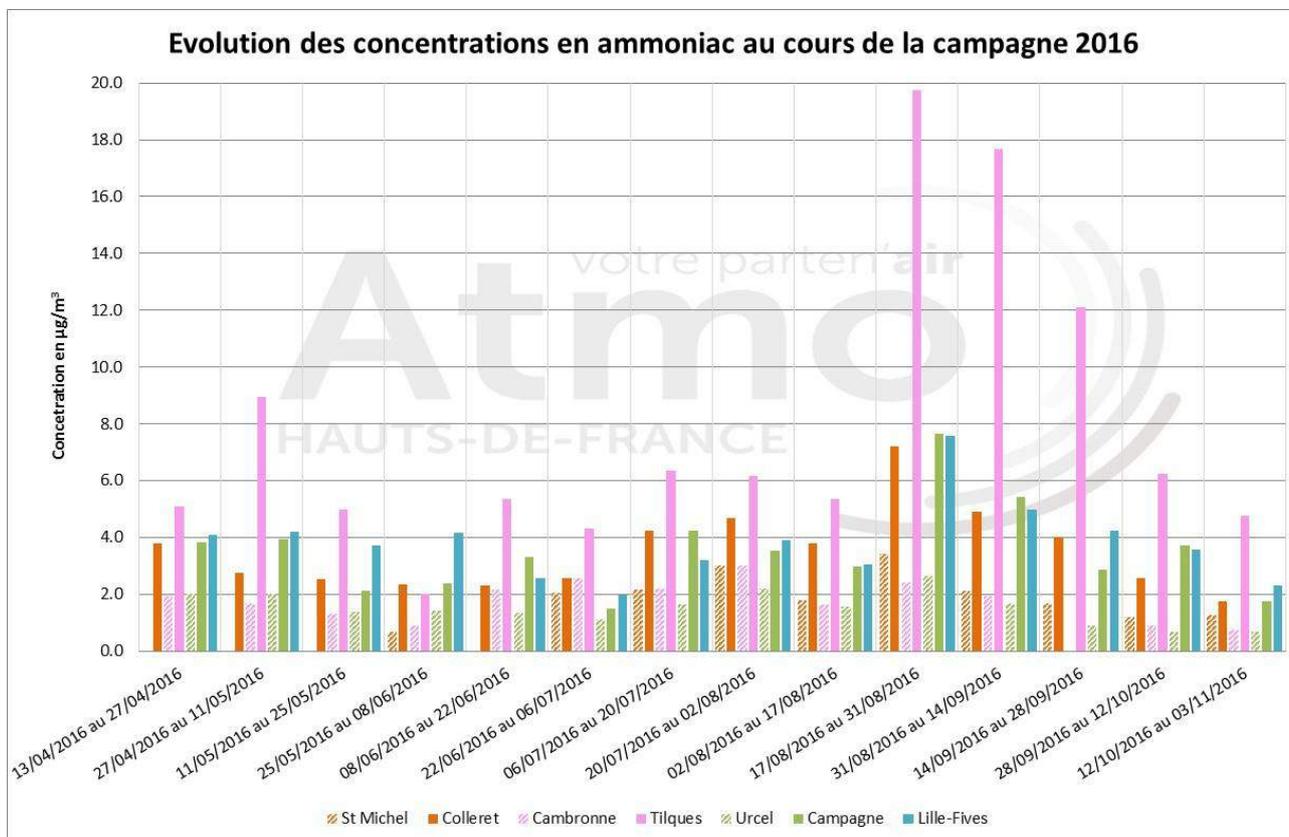
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7

D'après les résultats des différentes modélisations, cette étude a fait apparaître que les zones de retombées maximales sont différentes des zones d'émissions maximales. Cela montre que d'autres données d'entrées telles que la météo ou la pollution de fond ont un impact plus fort que celui de l'inventaire des émissions sur les concentrations d'ammoniac modélisées.

⁴ Atmo Picardie, Exposition à la pollution azotée sur le territoire picard : Modélisation de la qualité de l'air à l'échelle régionale et évaluation de l'impact sur l'environnement/FVEN001/018/2016/Version du 7 décembre 2016

3.2. Evolution des concentrations

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des concentrations en ammoniac entre le 11 avril et le 3 novembre 2016 pour l'ensemble des sites de mesure. Les sites sont regroupés par typologies (à risque, sensible, référence et urbain).



	Sites à risque
	Sites sensibles
	Sites références
	Sites urbains

Avis et interprétation :

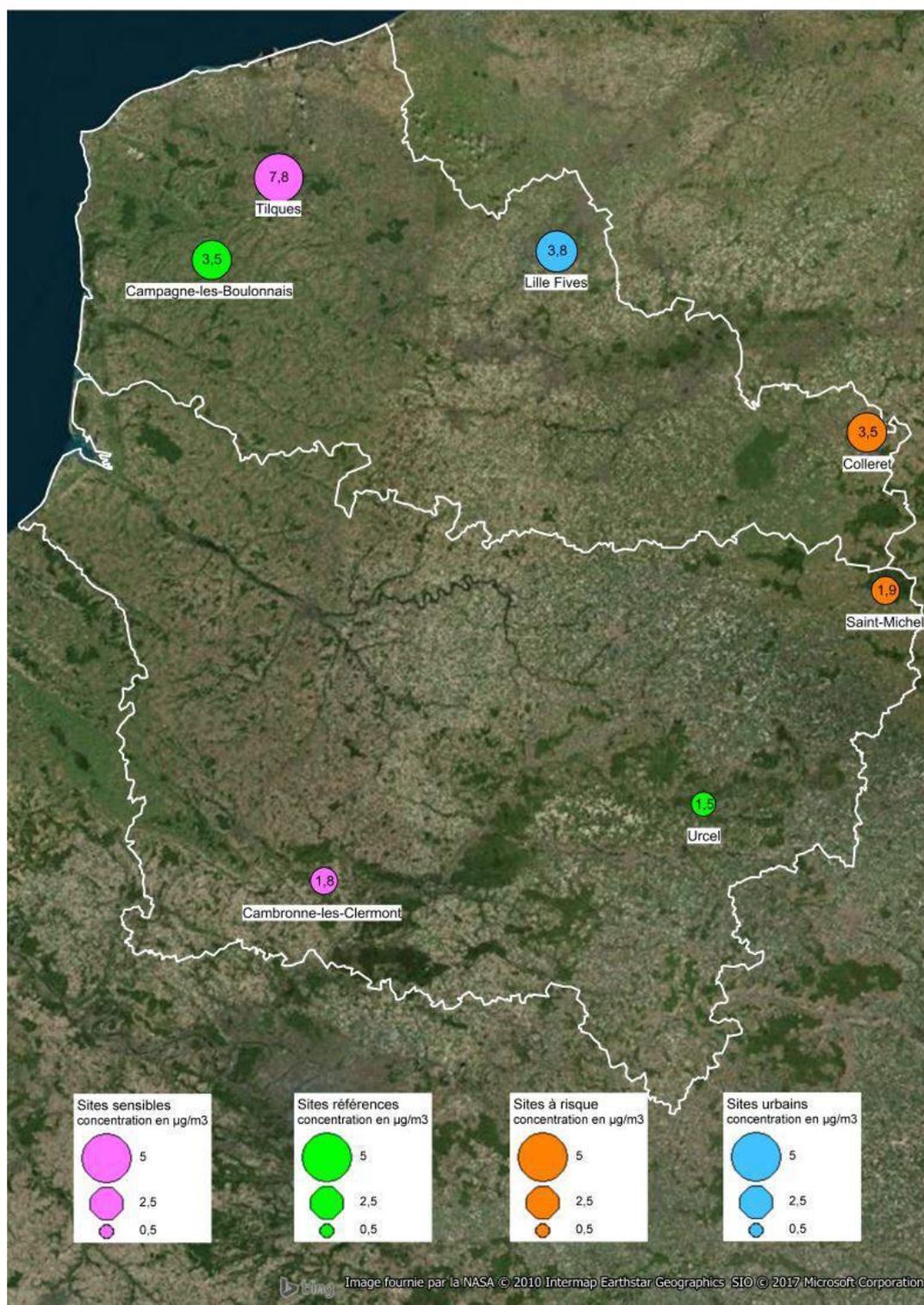
L'évolution des concentrations entre avril et novembre fait apparaître des profils très proches entre Colleret, Campagne et Lille-Fives bien que ces trois sites soient de typologies différentes.

Le site de Tilques se démarque avec les concentrations les plus élevées pour quasiment tous les prélèvements.

Les sites de Cambronne, Urcel et Saint Michel présentent quant à eux, les niveaux les plus faibles pour quasiment tous les prélèvements.

3.3. Répartition spatiale des concentrations

La carte ci-dessous présente la répartition spatiale des concentrations en ammoniac sur le territoire des Hauts de France. Les sites sont regroupés par typologies (à risque, sensible, référence et urbain).



Répartition spatiale des concentrations moyennes en fonction des typologies de sites
Période du 11 avril au 3 novembre 2016

La moyenne du site de Saint Michel est donnée à titre indicatif compte tenu du taux de données valides inférieur à 90% pour ce site sur la période du 11 avril au 3 novembre 2016.

Avis et interprétation :

La répartition spatiale des concentrations moyennes obtenues au cours de l'étude montre des niveaux plus faibles dans le sud de la région.

Malgré une distance relativement faible entre Tilques et Campagne, les niveaux sont très différents.

Le site de Tilques se situe à proximité du Marais audomarois. Une première explication sur cette différence a été de dire que les concentrations élevées de NH_3 venaient des émissions de cette zone humide d'une superficie de 35km^2 . Après des recherches bibliographiques, il s'est avéré que les zones humides émettaient principalement du méthane et du dioxyde de soufre mais peu ou pas d'ammoniac.

Une seconde explication pourrait être la présence d'une source d'émissions très locale située à proximité du site de Tilques. Le Marais audomarois est constitué d'une superficie importante de terres maraichères (436ha). Cependant, l'enrichissement des sols à certaines périodes de l'année ne pourrait pas expliquer un niveau de fond d'ammoniac plus élevé qu'ailleurs tout au long de l'étude. Le site de prélèvement se situe également à proximité de plusieurs sites d'élevage de bovins (quelques centaines de mètres) sur lesquels l'activité est constante sur une grande partie de l'année et génère d'importantes quantités d'ammoniac. Cette dernière hypothèse apparaît comme la plus cohérente. Il serait intéressant d'étudier la dispersion de l'ammoniac autour de telles exploitations suivant plusieurs scénarios (mode de gestion des effluents, cheptel) afin d'améliorer nos connaissances sur ce sujet.

3.4. Analyse des épisodes de pollution

Notre région connaît chaque année des épisodes de pollution hivernaux et printaniers aux particules fines (PM_{10}), entraînant des dépassements des seuils d'information et de recommandation et d'alerte.

Si les épisodes de pollution de l'hiver sont plutôt dus aux phénomènes de combustion, et notamment liés au chauffage au bois non performant, il apparaît qu'en période printanière, d'autres phénomènes entrent en jeu avec la formation de particules fines dites secondaires.

Ainsi, une part importante des particules fines observées au printemps est constituée de nitrate d'ammonium formé par la combinaison de l'ammoniac (NH_3), émis majoritairement par les activités agricoles, et plus particulièrement les épandages d'engrais minéraux et organiques, et de l'acide nitrique (HNO_3), provenant en majorité du trafic routier.

Dans ce paragraphe, nous avons réalisé une analyse des épisodes de pollution aux particules s'étant déroulés au cours de l'étude. Ces éléments sont issus d'un rapport réalisé par Atmo Hauts de France et intitulé « **bilan de la prévision des départements du Nord et du Pas de Calais pour l'année 2016** ».

- [Episode du 12 mai 2016](#)

Au cours de cet épisode, il semble que les particules en cause soient plutôt des particules secondaires. Cela signifie qu'elles ne sont pas émises directement dans l'atmosphère mais résultent de la combinaison dans l'atmosphère de différents polluants.

Les concentrations en ammoniac mesurées entre le 11 et le 25 mai 2016 sont faibles et ne montrent pas d'augmentation particulière sur cette période.

- **Episode du 27 au 29 mai 2016**

Au cours de cet épisode, des hausses de concentrations de PM10 ont été constatées sur les stations de mesure, mais le phénomène n'a pas été généralisé à l'ensemble de la région. Ces hausses sont liées à la formation de particules secondaires, probablement en lien avec une hausse des émissions d'espèces précurseurs notamment via l'épandage d'engrais foliaires. Les conditions météorologiques rencontrées (températures nocturnes ambiantes égales à la température de rosée) ont probablement favorisé la formation de particules secondaires.

De la même manière que précédemment, les concentrations d'ammoniac mesurées entre le 25 mai et le 8 juin 2016 sont faibles et ne montrent pas d'augmentation particulière sur cette période.

- **Episode du 5 au 7 juin 2016**

Au cours de cet épisode, des hausses de concentrations de PM10 ont été constatées sur les stations de mesure, mais le phénomène n'a pas été généralisé à l'ensemble de la région. Ces hausses sont liées à la formation de particules secondaires, probablement en lien avec les conditions météorologiques propices à leur formation (température ambiante et point de rosée égaux sur une longue durée). Nous ne disposons pas d'informations relatives à la composition chimique des particules ni sur l'activité potentielle des sources agricoles.

Sur cette période, les concentrations d'ammoniac mesurées n'affichent pas d'augmentation particulière et restent faibles quel que soit le site de mesure.

- **Episode du 24 au 26 octobre 2016**

Les mesures de carbone suie sur le site de Lille Leeds montrent une faible contribution des particules issues de la combustion de biomasse le premier jour de l'épisode. Elles augmentent, comme les particules issues du trafic, en fin de journée le 25 octobre. Elles diminuent ensuite progressivement au cours de la journée du 26, alors que les concentrations en particules fines se maintiennent autour du niveau d'information et de recommandations. L'épisode peut être qualifié de mixte avec une contribution aux concentrations des phénomènes de combustion en soirée et de formation de particules secondaires.

Sur cette période, les concentrations d'ammoniac mesurées restent faibles quel que soit le site de mesure.

Avis et interprétation :

Sur la période d'avril à octobre 2016, les 4 épisodes de pollution présentés seraient associés à la formation de particules secondaires probablement en lien avec une hausse des émissions d'espèces précurseurs (NH₃ notamment).

Cependant, la comparaison des périodes de pollution aux particules et des concentrations d'ammoniac relevées du mois d'avril au mois de novembre ne permet pas de mettre en évidence de corrélation entre les variations des niveaux d'ammoniac et de particules.

Deux éléments permettent d'expliquer ce phénomène :

- L'ammoniac se dégrade rapidement et localement en ammonium ce qui ne permet pas son accumulation en forte concentration dans l'atmosphère. Pour rappel, le temps de séjour dans l'atmosphère de l'ammoniac gazeux au-dessus des sols varie de 2,8 heures à 4 jours et est inférieur au temps de séjour des aérosols d'ammonium (7 à 19 jours). Ces brièvetés de temps de séjour

s'expliquent par la rapidité de la conversion du NH_3 en particules d'ammonium et par la grande vitesse de dépôt sec de l'ammoniac.

- La mesure sur 14 jours ne permet de voir les variations ponctuelles de ce polluant.

Afin de vérifier ces éléments, il apparaît intéressant d'étudier ces phénomènes sur un pas de temps plus fin par l'intermédiaire d'analyseurs automatiques d'ammoniac.

3.5. Comparaison à l'historique

Au cours de l'année 2015, une étude de l'ammoniac a été réalisée sur les sites de Cambronne les Clermont, d'Urcel et de Saint Michel. Ce paragraphe présente la comparaison des résultats obtenus sur ces 3 sites au cours des campagnes 2015 et 2016.

- Comparaison des moyennes 2015 et 2016

Les moyennes présentées dans le tableau ci-dessous ont été calculées sur une période comparable (fin janvier à fin décembre). Le site de Saint Michel dispose d'un pourcentage de données valides inférieur à 90% (83,3%) sur cette période. La moyenne 2016 pour ce site est donc donnée à titre indicatif.

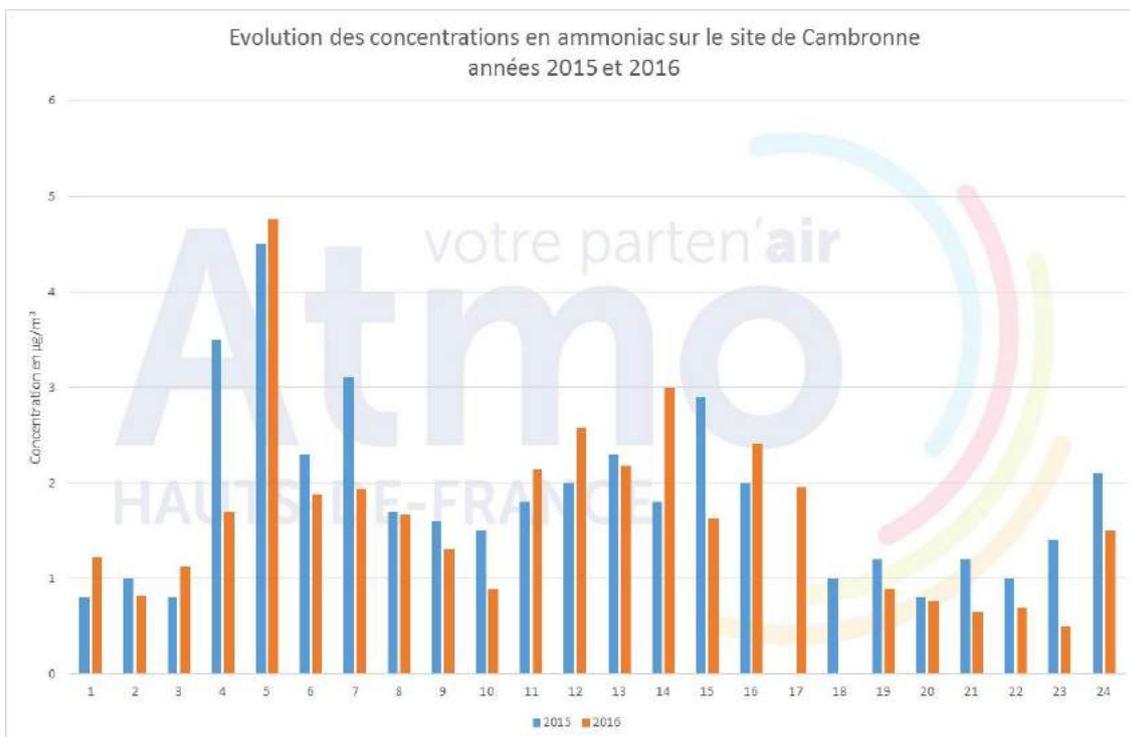
	Cambronne	Urcel	Saint Michel
2015	1,8 µg/m ³	1,7 µg/m ³	1,2 µg/m ³
2016	1,7 µg/m ³	1,4 µg/m ³	1,5 µg/m ³

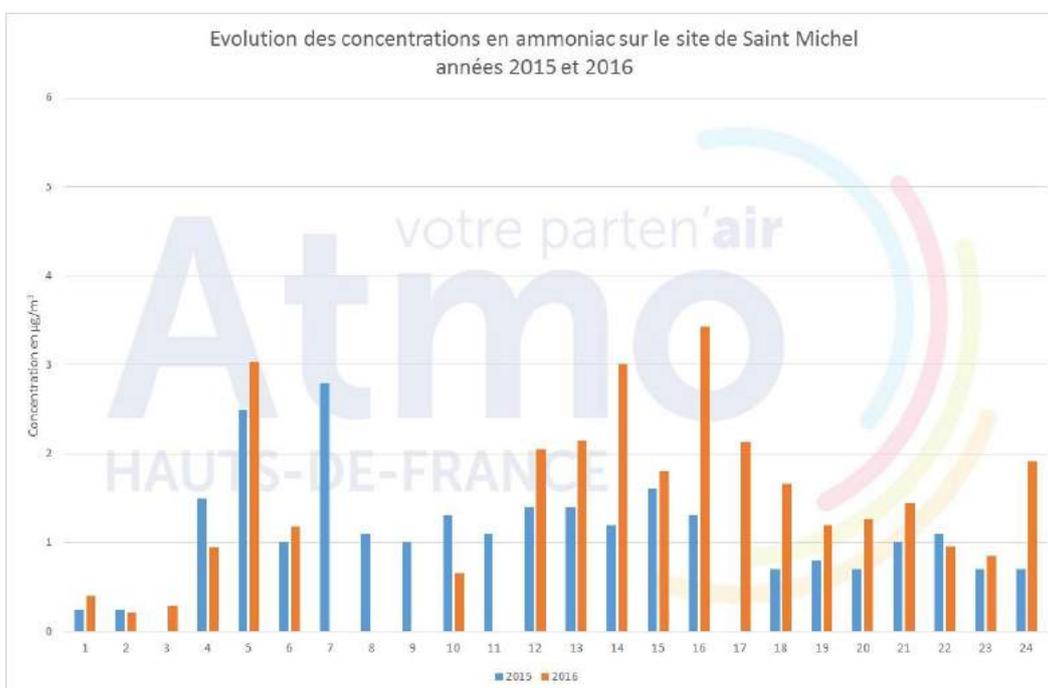
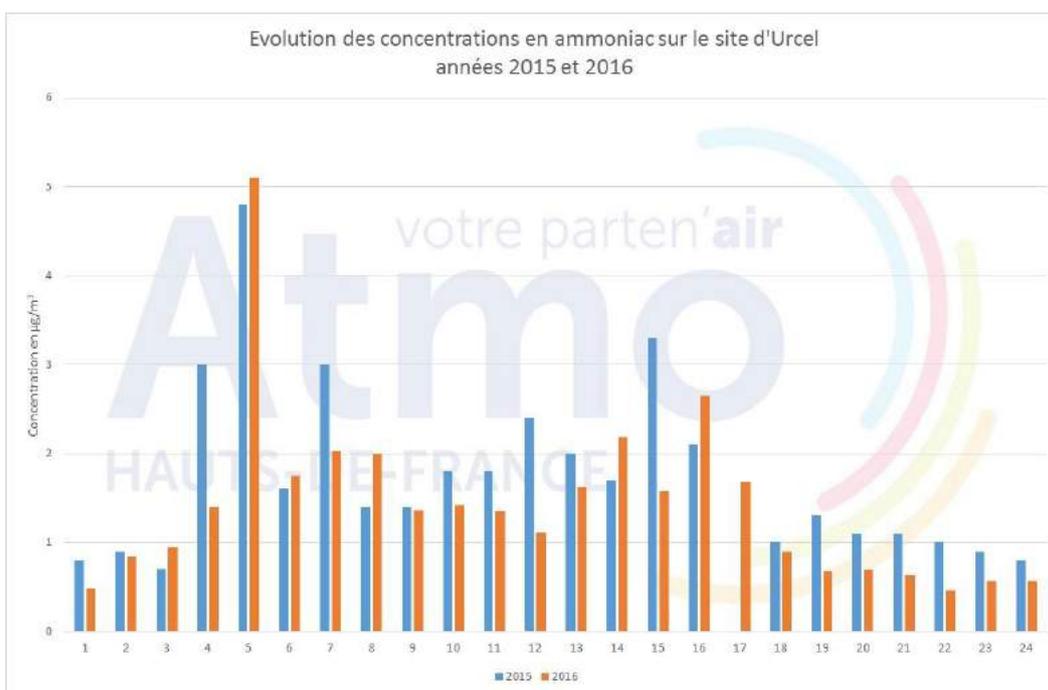
Avis et interprétation :

Les moyennes 2015 et 2016 calculées sur les mêmes périodes sont comparables pour l'ensemble des sites.

- Comparaison des évolutions

Les graphiques ci-dessous présentent les évolutions des concentrations sur des périodes comparables (fin janvier à fin décembre) pour les 3 sites étudiés en 2016.





Avis et interprétation :

Les comparaisons réalisées sur les sites de Cambronne, Urcel et Saint Michel pour les années 2015 et 2016 font apparaître des évolutions et niveaux relativement proches pour les sites de Cambronne et d'Urcel.

Le site de Saint Michel affiche davantage de différences notamment lors de la période estivale (échantillonnages 12 à 16). Cette différence est très certainement due au déplacement du point de prélèvement en mai 2016 d'un environnement forestier vers un environnement urbain suite à des actes de vandalisme. Il est difficile de conclure quant à l'impact du milieu (forestier, rural) sur les concentrations d'ammoniac compte tenu du fait que les mesures n'ont pas été réalisées au même moment.

Sur ces 3 graphiques, nous retrouvons un pic d'ammoniac au mois de mars (échantillonnage 5) en 2015 et 2016 ainsi qu'une augmentation des niveaux durant l'été.

Au regard de la modélisation

Les plateformes de cartographie et de prévision constituent un ensemble complexe d'outils numériques et de base de données au centre desquels se situe le modèle de qualité de l'air piloté par de nombreuses données d'entrée parmi lesquelles les données météorologiques, les inventaires des émissions et les données aux limites du domaine étudié.



Atmo Hauts de France utilise plusieurs modèles pour cartographier et prévoir la qualité de l'air. Dans cette étude, des modèles bruts⁵ ont été utilisés :

- A l'échelle nationale, PREV'AIR (maille de 118 km²),
- A l'échelle régionale, ESERALDA Basse Résolution (maille de 225 km²) et ESERALDA Haute Résolution (maille de 9 km²).

Les modèles ESERALDA permettent d'accéder aux concentrations en ammoniac gazeux NH₃. La comparaison des mesures réalisées au cours de cette étude et des données modélisées est présentée ci-dessous.

Une part importante des particules fines observées au cours l'année étant constituée de nitrate d'ammonium ((NH₄)(NO₃)) formé par la combinaison de l'ammoniac (NH₃), émis majoritairement par les activités agricoles, et plus particulièrement les épandages d'engrais minéraux et organiques, et de l'acide nitrique (HNO₃), provenant en majorité du trafic routier, nous avons souhaité vérifier, dans un second temps, si les modèles

⁵ Modélisations non corrigées par les résultats d'adaptation statistique réalisées aux stations grâce à des méthodes d'assimilation de données

arrivaient à reproduire les niveaux et les fluctuations en PM10 relevées par les stations de mesure. Les différents modèles permettent d'accéder à des données de concentrations horaires en particules PM10.

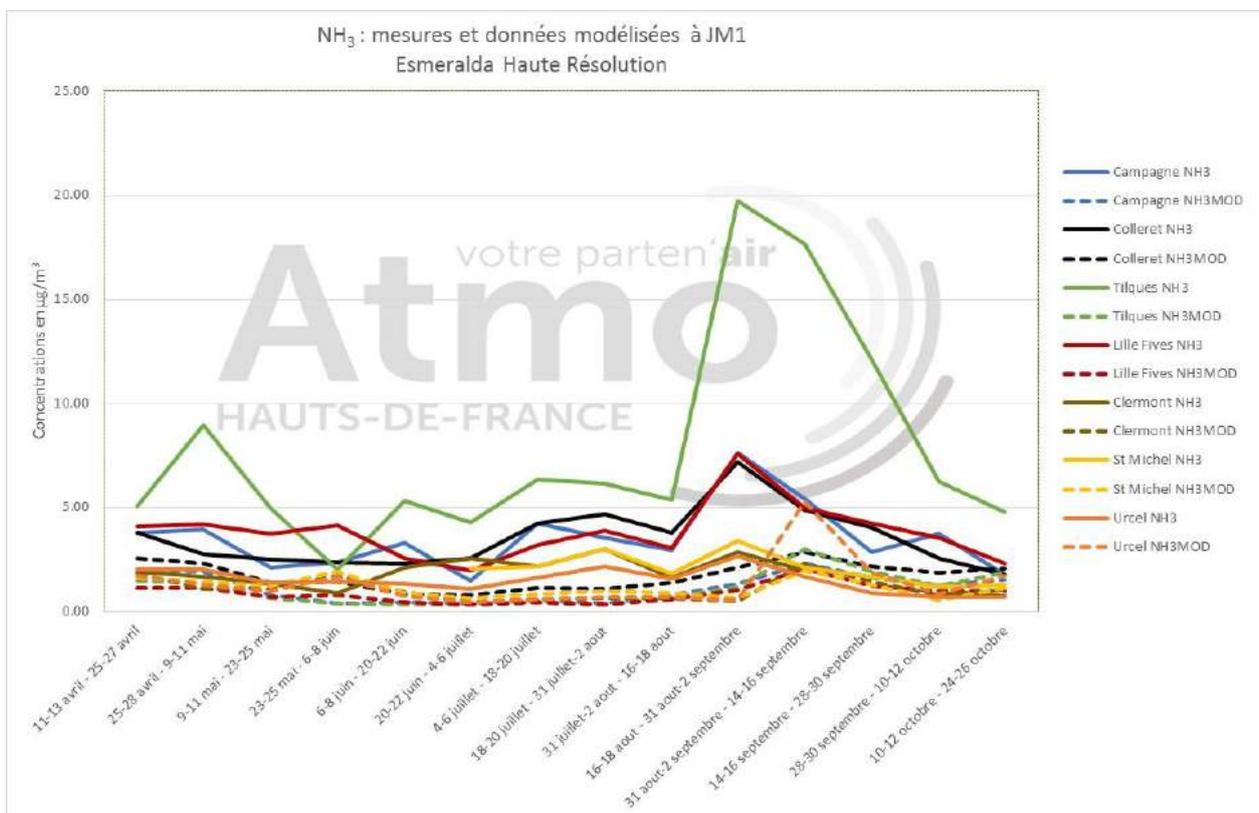
Les résultats des modèles présentés ci-après sont les données de simulation à JM1, c'est-à-dire faites pour la veille.

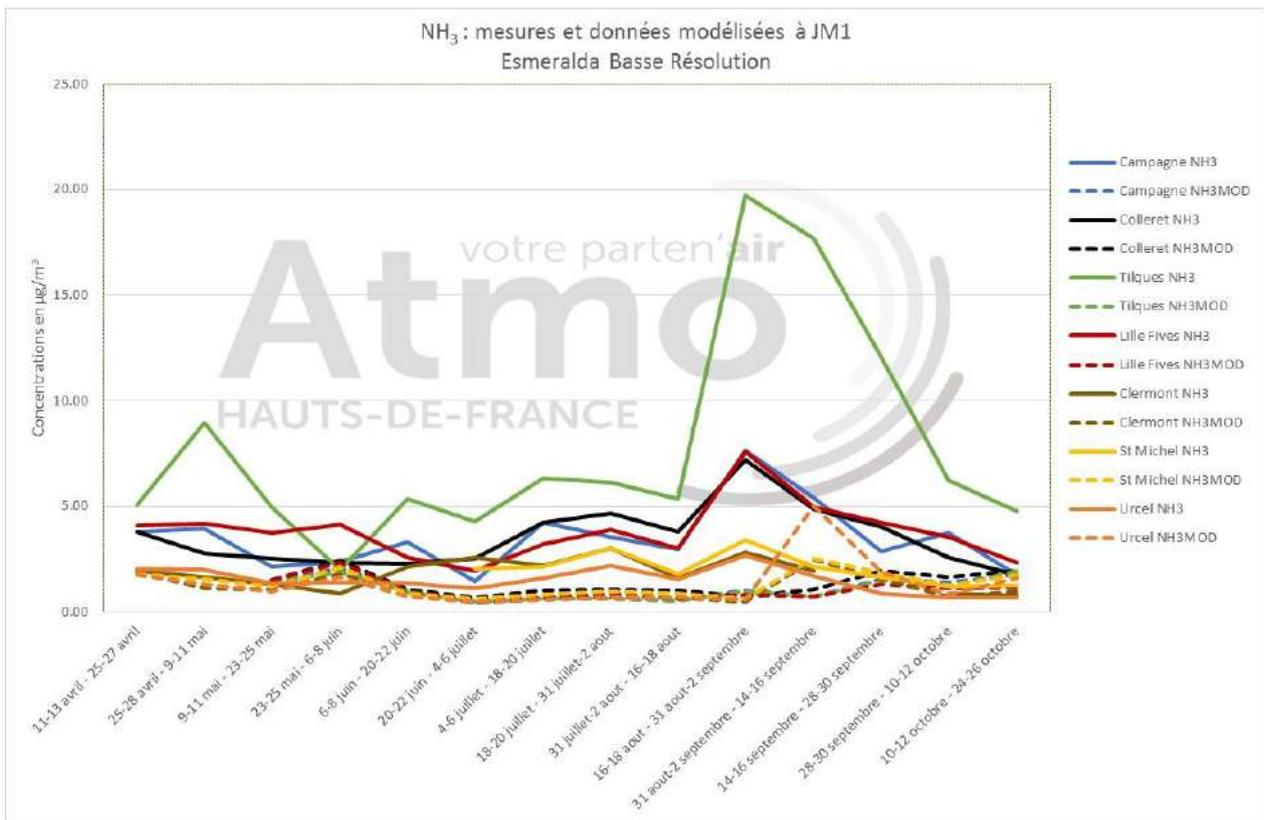
Pour être comparées sur le même pas de temps que celui des mesures de NH₃, les données modélisées sont moyennées sur la durée des périodes de mesure NH₃.

1. Résultats

1.1. NH₃

Les données d'ammoniac ne sont disponibles que pour les modèles issus de la chaîne Esmeralda. Les sorties du modèle sont exprimées en ppm (partie par million), elles sont converties en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les graphiques suivants en utilisant le facteur 0,707.





Avis et interprétation :

Les concentrations en NH₃ modélisées sont sous-estimées en quasi permanence.

Les quelques fluctuations dans le modèle ne sont pas synchrones avec celles des mesures.

On note une grande homogénéité dans les concentrations modélisées entre les sites. La disparité entre les sites, visible sur les mesures, n'est donc pas correctement reproduite.

La modélisation du NH₃ est particulièrement complexe en raison de l'impossibilité de pouvoir prévoir les zones et les dates d'épandages et donc les répartitions d'émissions agricoles de NH₃.

Cette première comparaison met en avant l'importance de poursuivre les investigations sur le sujet afin de pouvoir à terme améliorer la modélisation.

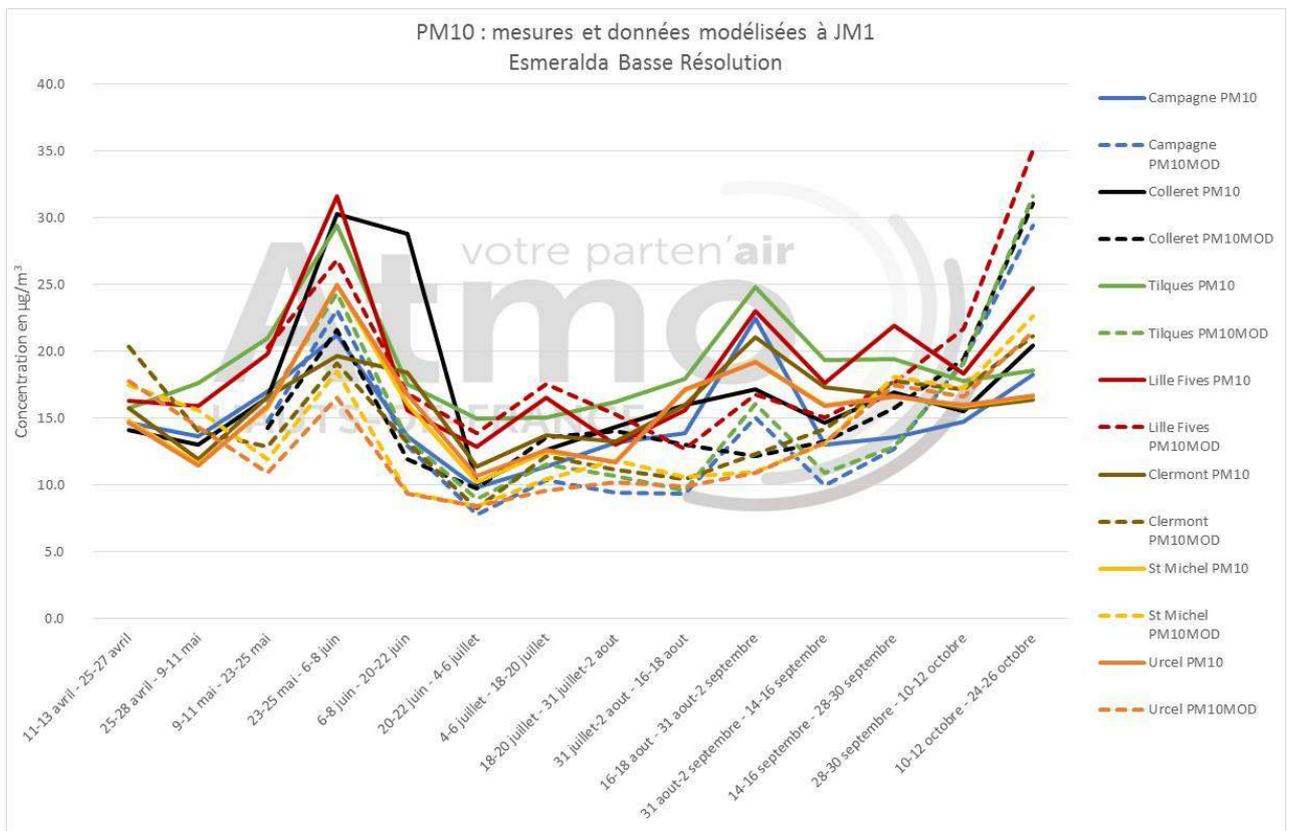
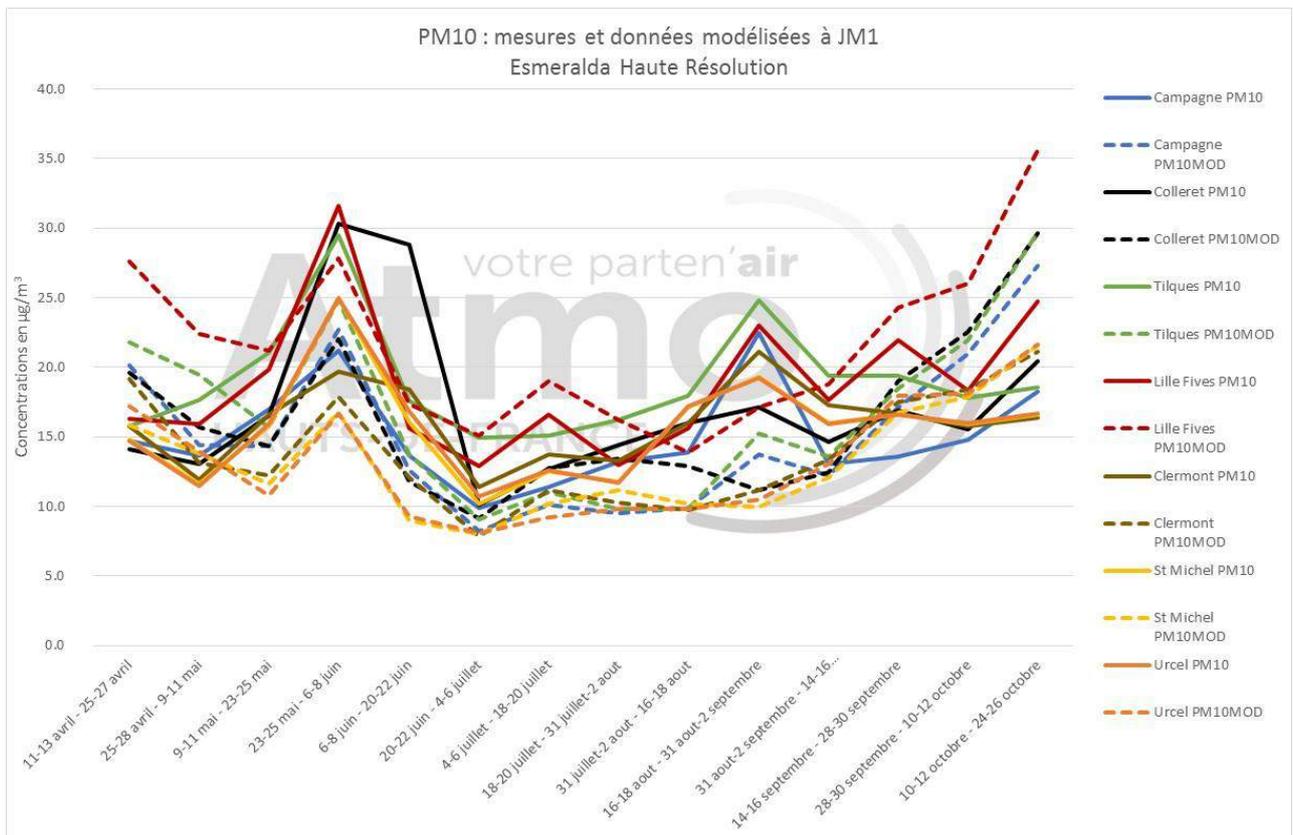
Ainsi, la cohérence de la temporalisation des émissions modélisées de NH₃ agricole et le lien entre les fluctuations des concentrations et des émissions est à vérifier.

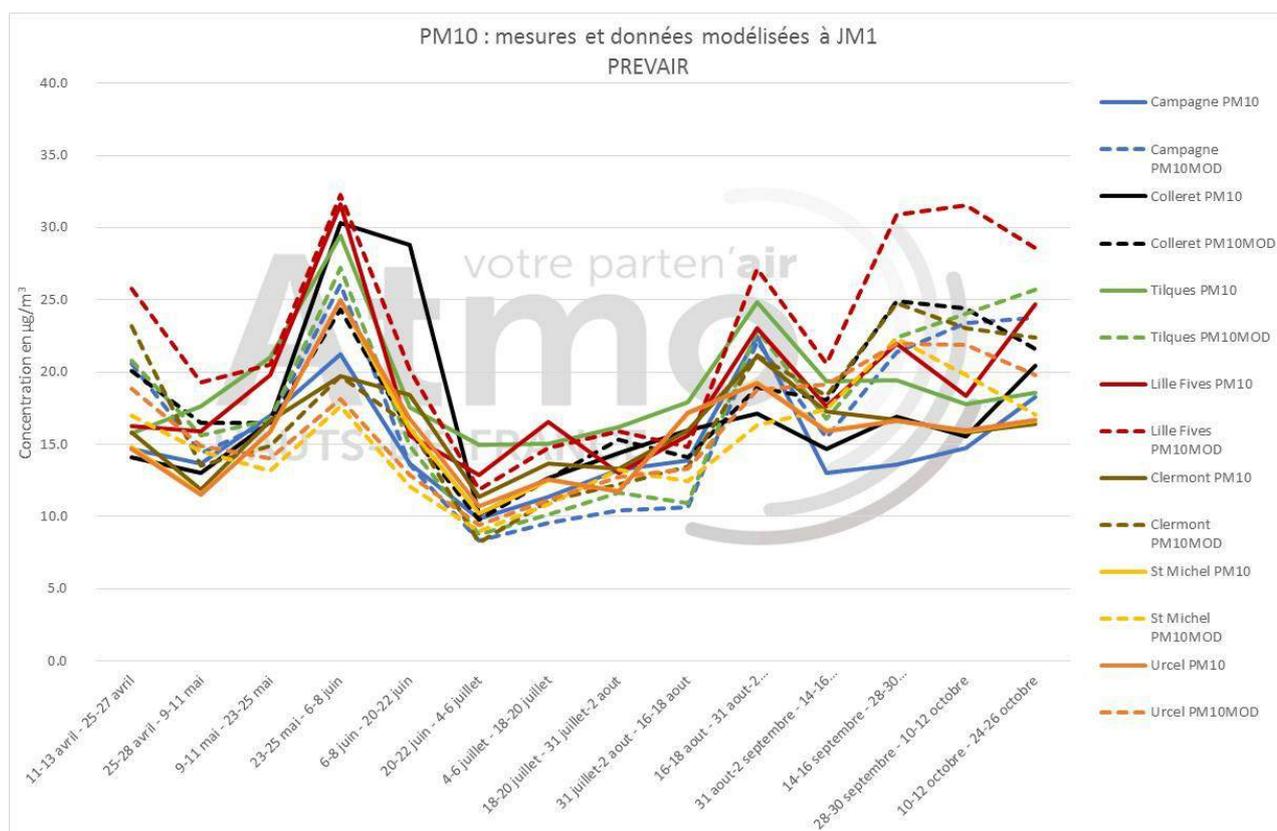
Un travail de comparaison à plus fine résolution temporelle est à mener, sur l'ammoniac et ses composés dérivés.

1.2. PM10

Les points de prélèvement temporaire de NH₃ n'ont pas de mesures de PM10. La mesure PM10 utilisée est donc celle de la station fixe la plus proche. La maille de modèle utilisée pour les PM10 est la même que celle pour le NH₃ afin de garder une référence commune entre les deux polluants.

Néanmoins cela induit un biais en défaveur du modèle, d'autant plus grand que la distance maille/mesure est importante et que la maille est petite. On notera que la distance (maille de la mesure temporaire – maille de la mesure fixe) est plus grande pour les stations temporaires de l'Aisne (Urcel et Saint Michel) que pour celles de l'Oise, du Nord et du Pas-de-Calais.





Avis et interprétation :

Pour l'ensemble des modèles l'ordre de grandeur des concentrations modélisées est correct en comparaison des mesures.

Pour la chaîne Esmeralda, une résolution horizontale du modèle plus basse (15 km) permet d'augmenter sensiblement les résultats de corrélation mesure/modèle et de biais par rapport à ceux obtenus à haute résolution (3 km). On observe également une grande disparité dans les corrélations selon la station. Ces disparités sont moins importantes pour le modèle PREVAIR. Pour les deux chaînes de modélisation les corrélations sont meilleures au niveau des stations fixes (Fives, Campagne) que sur les points de mesures temporaires.

Tous les modèles reproduisent le pic de fin mai, par contre, la modélisation du pic de fin août est plus aléatoire. Fin avril et fin octobre, les concentrations modélisées sont nettement supérieures à celles mesurées pour l'ensemble des sites et des modèles.

Les valeurs de concentrations trop élevées en octobre par les modèles de la chaîne Esmeralda sont probablement à mettre en relation avec le changement de modèle chimique le 6 octobre 2016, ce qui implique une rupture dans le comportement du modèle.

Le modèle PREVAIR sur ces données moyennées semble plus performant que les modèles de la chaîne Esmeralda sur les sites temporaires et sur l'ensemble des sites sur le second semestre.

Cette première comparaison permet de montrer que les modèles peuvent reproduire les fluctuations des particules malgré des problèmes dans la composition chimique. Ils restent à améliorer, notamment sur les zones non couvertes par des stations fixes. La suite des investigations pourrait porter sur des comparaisons à résolution temporelle plus faible.

Conclusion et perspectives

Cette étude s'est déroulée du 4 janvier au 20 décembre 2016 et a été réalisée sur 7 sites de mesure répartis sur l'ensemble de la région des Hauts de France :

- Ces sites ont été classés selon 4 typologies (à risque, sensible, référence et urbain) au regard des émissions d'ammoniac du territoire et de la classification du milieu naturel,
- Les sites de Cambronne-les-Clermont (sensible), de Saint Michel (à risque) et d'Urcel (référence) ont été étudiés du 4 janvier au 20 décembre 2016 dans la continuité de l'étude réalisée en 2015 sur ces mêmes sites,
- Les sites de Tilques (sensible), de Colleret (à risque), Campagne les Boulonnais (référence) et Lille Five (urbain) ont été étudiés du 12 avril au 3 novembre 2016.

L'étude des résultats obtenus au cours de ces périodes nous montrent que :

- Les concentrations sont plus faibles dans le sud de la région (sites de Cambronne-les-Clermont, Urcel et Saint Michel) et comparables à ce qui avait été relevé au cours de l'année 2015 (1,5 et 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne),
- Les concentrations obtenues sur les sites de Colleret, Campagne-les-Boulonnais et Lille-Fives sont proches aussi bien en moyenne (3,5 à 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) qu'en évolution bien qu'ils soient tous les trois de typologies différentes,
- Le site de Tilques se démarque des autres avec une concentration moyenne (7,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et un maximum (19,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) plus élevés,
- Pour la majorité des sites, les concentrations maximales en ammoniac sont obtenues durant la période estivale et plus précisant au cours de la 2^{ème} quinzaine d'août,
- Les valeurs les plus élevés en ammoniac ne sont pas forcément corrélées avec les périodes de pollution par les particules.

La comparaison modèle-mesure fait apparaître que :

- Le modèle sous-estime en quasi permanence les concentrations d'ammoniac du fait de la complexité des réactions chimiques mises en œuvre et de l'impossibilité à pouvoir prévoir les zones et dates d'épandages, et ne permet pas de reproduire les spécificités locales,
- En ce qui concerne les PM10 pour lesquelles l'ammoniac peut être un précurseur, pour l'ensemble des modèles, l'ordre de grandeur des concentrations en PM10 modélisées est correct en comparaison des mesures. Les modèles peuvent reproduire les fluctuations des particules, mais ils restent à améliorer, notamment sur les zones non couvertes par des stations fixes.

Ces résultats nous montrent qu'il s'avère nécessaire de poursuivre des travaux d'amélioration des connaissances sur cette thématique afin de répondre à plusieurs questions :

- Quelle est l'évolution de ce polluant sur un pas de temps plus fin lors des pics de pollution, en zone urbaine et/ou en zone rurale ou par exemple sur le site de Tilques où les niveaux sont les plus élevés ?
- Comment pourrions-nous améliorer la modélisation de ce composé ?

La réalisation d'une étude de dispersion de l'ammoniac autour de sites d'élevages suivant plusieurs scénarios (mode de gestion des effluents, cheptel) pourra nous permettre de comprendre de quelle manière les concentrations évoluent dans l'espace et dans le temps et par quels paramètres elles peuvent être influencées et ainsi d'expliquer les niveaux rencontrés sur le site de Tilques.

La mise en place de deux appareils de mesure automatique de l'ammoniac fin 2017 dans notre région pourra nous aider à répondre à certaines de ces questions.

Ces appareils pourraient dans un premier temps être installés à Campagne les Boulonnais et Creil afin de comprendre les variations quotidiennes de l'ammoniac dans un environnement rural et urbain. A Creil, l'appareil permettrait de compléter le dispositif de spéciation des particules actuellement en place.

Ces mesures permettront également d'améliorer le modèle afin d'obtenir une meilleure analyse des épisodes et des tendances.

Notre implication dans des projets de recherche nous permettra à terme d'obtenir une meilleure connaissance des phénomènes et des sources dans le but de mieux prévoir les variations saisonnières de ce composé.

Bibliographie

Air Breizh, Étude de l'ammoniac gazeux en zone périurbaine sur le territoire de Brest Métropole Océane, Étude 2005, 2005.

Arwood R., Hammond J. and Ward G.G. (1985) - Ammonia inhalation. *J Trauma*, 25, 5, 444-447.

ATSDR (2004) - Toxicological profiles for Ammonia. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA: U.S Department of Health and Human Services, Public Health Services. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>.

Atmo Picardie, Campagne de mesures de la qualité de l'air : étude de l'ammoniac en Picardie/FVEN/001/005/2016/R/Version du 7 novembre 2016, 2016.

Atmo Picardie, Exposition à la pollution azotée sur le territoire picard : Modélisation de la qualité de l'air à l'échelle régionale et évaluation de l'impact sur l'environnement/FVEN001/018/2016/Version du 7 décembre 2016, 2016.

Burns T.R., Mace M.L., Greenberg S.D. and Jachimczyk J.A. (1985) – Ultrastructure of acute ammonia toxicity in the human lung. *Am J Forensic Med Pathol*, 6, 204-210.

CITEPA Ammoniac-NH3 <http://www.citepa.org/fr/air-et-climat/polluants/aep-item/ammonia>, 2015, mise à jour du 28/09/ 2015

CITEPA Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Séries sectorielles et analyses étendues – Format Secten, Avril 2011

Close L.G., Catlin F.I. and Cohn A.M. (1980) - Acute and chronic effects of ammonia burns of the respiratory tract. *Arch Otolaryngol*, 106, 151-158.

CORPEN, les émissions d'ammoniac d'origine agricole dans l'atmosphère - État des connaissances et perspectives de réduction des émissions, 2001

Couturier Y., Barbotin M., Bobin P. and Derrien J.P. (1971) - Three cases of toxic lung caused by vapors of ammonia and hydrogen sulfide. *Bull Soc Med Afr Noire Lang Fr*, 16, 2, 250-252.

Environnement Canada (1999) - Loi canadienne sur la protection de l'environnement, liste des substances d'intérêt prioritaire. Rapport d'évaluation : Ammoniac dans le milieu aquatique. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecsesc/pff/pubs/contaminants/psl2-lsp2/ammonia/ammonia_f.pdf

Georges A., Bang R.L., Lari A.R. Gang R.K. and Kanjoor J.R. (2000) – Liquid ammonia injury. *Burns*, 26, 4, 409-413.

GLORENNEC P et al. B. Évaluation du risque sanitaire lié aux expositions environnementales des populations à l'ammoniac atmosphérique en zone rurale, *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 2000, n° 32/2000, 40 p.

Heifer U. (1971) - Casuistic contribution to acute lethal inhalation poisoning by ammonia. *Lebensversicher*. 22, 60-62. (German).

Helmets S., Top F.H. and Knapp L.W. (1971) - Ammonia injuries in agriculture. *J Iowa Med Soc*, 61, 271-280.

HSDB (2005) - Hazardous Substances Data Bank, Ammonia National Library of Medicine. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~KgbyvD:1>

INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : AMMONIAC : DRC-08-83451-01089D Version N°2.3.-mai 2012

INRS (1997) - Fiche toxicologique n°16 - Ammoniac et ses solutions aqueuses. Institut National de Recherche et de Sécurité.

Krupa SV; Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: a review; 2003, Environ Pollut, PMID: 1271392

Loubet B. (2000) - Modélisation du dépôt sec d'ammoniac atmosphérique à proximité des sources. Thèse de l'Université Paul Sabatier (Toulouse) et de l'INRA(VersaillesGrignon).

Millea T.P., Kucan J.O. and Smoot E.C. (1989) - Anhydrous ammonia injuries. J Burn Care Rehab, 10, 5, 448-453.

Office fédéral de l'environnement OFEV, Division Protection de l'air et produits chimiques, Document de base sur la pollution azotée, Air, sol, eau, biodiversité et climat, 2014

OMS IPCS (1986) - Environmental Health Criteria n°54 : Ammonia. World Health Organisation, International Programme on chemical Safety. <http://www.inchem.org/fullist.htm>.

ORA Observatoire Réunionnais de l'Air, L'ammoniac (NH₃), <http://www.atmo-reunion.net/L-ammoniac-NH3.html> consulté le 10/03/16

Price S.K., Hughes J.E., Morrison S.C. and Potgieter P.D. (1983) - Fatal ammonia inhalation - A case report with autopsy findings. S Afr Med J, 64, 24, 952-955.

ROADMAN M. J. et Al., Validation of Ogawa passive samplers for the determination of gaseous ammonia concentrations in agricultural settings, Atmos. Environ., 2003

Sobonya R. (1977) - Fatal anhydrous ammonia inhalation. Hum Pathol, 8, 293-299.

Walton M. (1973) - Industrial ammonia gassing. Br J Ind Med, 30, 78-86.

Weiser J.R. and Mackenroth T. (1989) - Acute inhalatory mass ammonia intoxication with fatal course. Exp Pathol, 37, 1-4, 291-295.

Withers J. (1986) - The letal toxicity of ammonia Institution of chemical Engineers. Loughborough, England. Report 6.1-6.27.

Ximei Zhang, Xingguo Hana; Nitrogen deposition alters soil chemical properties and bacterial communities in the Inner Mongolia grassland; 2012, Journal of Environmental Sciences, doi:10.1016/S1001-0742(11)60900-5

Yang G.Y., Tominack R.L. and Deng J.F. (1987) - An industrial mass ammonia exposure. Vet Hum Toxicol, 29, 476-477.

Annexes

Annexe 1 : Glossaire

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001$ milligramme de polluant par mètre cube d'air.

μm : micromètre. $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 0,001$ millimètre.

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air.

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

Anthropique : Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme.

As : arsenic.

B(a)P : benzo(a)pyrène

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

Cd : cadmium.

Concentration : la concentration d'un polluant représente la quantité du composé présent dans l'air et s'exprime en masse par mètre cube d'air. Les concentrations des polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire.

Conditions de dispersion : ensemble de conditions atmosphériques permettant la dilution des polluants dans l'atmosphère et donc une diminution de leurs concentrations (vent, température, pression, rayonnement...).

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

Emissions : rejets d'effluents gazeux ou particulaires dans l'atmosphère issus d'une source anthropique ou naturelle (exemple : cheminée d'usine, pot d'échappement, feu de biomasse...).

Episode de pollution : période pendant laquelle la procédure d'information et d'alerte a été déclenchée traduisant le dépassement du niveau d'information et de recommandations voire du niveau d'alerte pour l'un ou plusieurs des polluants suivants : SO_2 , NO_2 , O_3 et PM_{10} .

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air.

mg/m^3 : milligramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ g}/\text{m}^3 = 0,001$ gramme de polluant par mètre cube d'air.

Moyenne 8 heures glissantes : Moyenne calculée à partir des 8 dernières moyennes horaires toutes les heures. Le pas de temps est égal à 1 heure et l'intervalle est de 8 heures.

ng/m^3 : nanogramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ ng}/\text{m}^3 = 0,000001 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,000001$ milligramme de polluant par mètre cube d'air.

Ni : nickel.

NO₂ : dioxyde d'azote.

NO_x : oxydes d'azote.

O₃ : ozone.

Objectif à long terme : niveau d'ozone 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.

Objectif de qualité : 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.

Pb : plomb.

PM10 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 10 µm.

PM2.5 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 2,5 µm.

Polluant primaire : polluant directement émis par une source donnée.

Polluant secondaire : polluant non émis directement, produit de la réaction chimique entre plusieurs polluants présents dans l'atmosphère.

PRSQA : Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air.

SO₂ : dioxyde de soufre.

Valeur cible : 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.

Valeur limite : 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.

Annexe 2 : Tableaux de résultats

Tilques			Colleret		
Date de début	Date de fin	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date de début	Date de fin	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
13/04/2016	27/04/2016	5,1	12/04/2016	26/04/2016	3,8
27/04/2016	11/05/2016	9,0	26/04/2016	10/05/2016	2,8
11/05/2016	25/05/2016	5,0	10/05/2016	25/05/2016	2,5
25/05/2016	08/06/2016	2,0	25/05/2016	07/06/2016	2,4
08/06/2016	22/06/2016	5,3	07/06/2016	21/06/2016	2,3
22/06/2016	06/07/2016	4,3	21/06/2016	05/07/2016	2,6
06/07/2016	19/07/2016	6,3	05/07/2016	19/07/2016	4,2
19/07/2016	03/08/2016	6,2	19/07/2016	02/08/2016	4,7
03/08/2016	17/08/2016	5,4	02/08/2016	17/08/2016	3,8
17/08/2016	31/08/2016	19,7	17/08/2016	30/08/2016	7,2
31/08/2016	14/09/2016	17,7	30/08/2016	12/09/2016	4,9
14/09/2016	28/09/2016	12,1	12/09/2016	29/09/2016	4,0
28/09/2016	12/10/2016	6,2	29/09/2016	12/10/2016	2,6
12/10/2016	26/10/2016	4,8	12/10/2016	26/10/2016	1,8

Campagne-les-Bouloonnais			Lille Fives		
Date de début	Date de fin	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Date de début	Date de fin	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
13/04/2016	27/04/2016	3,8	13/04/2016	27/04/2016	4,1
27/04/2016	11/05/2016	3,9	27/04/2016	11/05/2016	4,2
11/05/2016	25/05/2016	2,1	11/05/2016	25/05/2016	3,7
25/05/2016	08/06/2016	2,4	25/05/2016	08/06/2016	4,2
08/06/2016	22/06/2016	3,3	08/06/2016	22/06/2016	2,6
22/06/2016	06/07/2016	1,5	22/06/2016	06/07/2016	2,0
06/07/2016	19/07/2016	4,3	06/07/2016	20/07/2016	3,2
19/07/2016	03/08/2016	3,5	20/07/2016	02/08/2016	3,9
03/08/2016	17/08/2016	3,0	02/08/2016	17/08/2016	3,0
17/08/2016	31/08/2016	7,6	17/08/2016	31/08/2016	7,6
31/08/2016	14/09/2016	5,4	31/08/2016	14/09/2016	5,0
14/09/2016	28/09/2016	2,9	14/09/2016	28/09/2016	4,3
28/09/2016	12/10/2016	3,7	28/09/2016	12/10/2016	3,6
12/10/2016	26/10/2016	1,8	12/10/2016	03/11/2016	2,3

Cambronne-les-Clermont			Saint Michel		
Date de début	Date de fin	Concentration en µg/m ³	Date de début	Date de fin	Concentration en µg/m ³
21/12/2015	04/01/2016	2,0	22/12/2015	05/01/2016	0,3
04/01/2016	18/01/2016	0,8	05/01/2016	19/01/2016	0,1
18/01/2016	01/02/2016	1,2	19/01/2016	02/02/2016	0,4
01/02/2016	15/02/2016	0,8	02/02/2016	16/02/2016	0,2
15/02/2016	29/02/2016	1,1	16/02/2016	01/03/2016	0,3
29/02/2016	14/03/2016	1,7	01/03/2016	15/03/2016	0,9
14/03/2016	29/03/2016	4,8	15/03/2016	29/03/2016	3,0
29/03/2016	11/04/2016	1,9	29/03/2016	12/04/2016	1,2
11/04/2016	25/04/2016	1,9	12/04/2016	26/04/2016	
25/04/2016	10/05/2016	1,7	26/04/2016	10/05/2016	
10/05/2016	23/05/2016	1,3	10/05/2016	24/05/2016	
23/05/2016	06/06/2016	0,9	24/05/2016	07/06/2016	0,7
06/06/2016	20/06/2016	2,1	07/06/2016	24/06/2016	
20/06/2016	04/07/2016	2,6	24/06/2016	05/07/2016	2,1
04/07/2016	19/07/2016	2,2	05/07/2016	19/07/2016	2,1
19/07/2016	01/08/2016	3,0	19/07/2016	01/08/2016	3,0
01/08/2016	16/08/2016	1,6	01/08/2016	17/08/2016	1,8
16/08/2016	29/08/2016	2,4	17/08/2016	01/09/2016	3,4
29/08/2016	13/09/2016	2,0	01/09/2016	15/09/2016	2,1
13/09/2016	26/09/2016		15/09/2016	29/09/2016	1,7
26/09/2016	10/10/2016	0,9	29/09/2016	11/10/2016	1,2
10/10/2016	24/10/2016	0,8	11/10/2016	25/10/2016	1,3
24/10/2016	07/11/2016	0,6	25/10/2016	09/11/2016	1,4
07/11/2016	21/11/2016	0,7	09/11/2016	22/11/2016	1,0
21/11/2016	05/12/2016	0,5	22/11/2016	06/12/2016	0,8
05/12/2016	19/12/2016	1,5	06/12/2016	20/12/2016	1,9

Urcel		
Date de début	Date de fin	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
22/12/2015	05/01/2016	0,5
05/01/2016	19/01/2016	0,2
19/01/2016	02/02/2016	0,5
02/02/2016	16/02/2016	0,8
16/02/2016	01/03/2016	0,9
01/03/2016	15/03/2016	1,4
15/03/2016	29/03/2016	5,1
29/03/2016	12/04/2016	1,7
12/04/2016	26/04/2016	2,0
26/04/2016	10/05/2016	2,0
10/05/2016	24/05/2016	1,4
24/05/2016	07/06/2016	1,4
07/06/2016	21/06/2016	1,3
21/06/2016	05/07/2016	1,1
05/07/2016	19/07/2016	1,6
19/07/2016	01/08/2016	2,2
01/08/2016	17/08/2016	1,6
17/08/2016	01/09/2016	2,7
01/09/2016	15/09/2016	1,7
15/09/2016	29/09/2016	0,9
29/09/2016	11/10/2016	0,7
11/10/2016	25/10/2016	0,7
25/10/2016	09/11/2016	0,6
09/11/2016	22/11/2016	0,5
22/11/2016	06/12/2016	0,6
06/12/2016	20/12/2016	0,6

Annexe 3 : 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.fr⁶) 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 recommandations⁷ 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).*

⁶ <http://www.atmo-hdf.fr/accéder-aux-données/mesures-des-stations.html>

⁷ 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

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 EN 14902), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (norme 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 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 Nord – Pas-de-Calais. 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 pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes <u>Protection de la végétation :</u> AOT40⁸ = 6 000 µg/m³.h	<u>Protection de la santé :</u> 120 µg/m³ 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 <u>Protection de la végétation :</u> AOT40 = 18 000 µg/m³.h en moyenne sur 5 ans
NO ₂	40 µg/m³ en moyenne annuelle		-
	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures/an		-
SO ₂	125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	50 µg/m³ en moyenne annuelle	-
	350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures/an	-	-
CO	10 mg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes	-	-
Benzène	5 µg/m³ en moyenne annuelle	2 µg/m³ en moyenne annuelle	-
Plomb (Pb)	0,5 µg/m³ en moyenne annuelle	0,25 µg/m³ en moyenne annuelle	-
Arsenic (As)	-	-	6 ng/m³ en moyenne annuelle
Cadmium (Cd)	-	-	5 ng/m³ en moyenne annuelle
Nickel (Ni)	-	-	20 ng/m³ en moyenne annuelle
B(a)P	-	-	1 ng/m³ en moyenne annuelle

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

⁸ 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.



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

Atmo Haut-de-France
Observatoire de l'Air
55, place Rihour
59044 Lille Cedex
Tél. : 03 59 08 37 30
contact@atmo-hdf.fr

