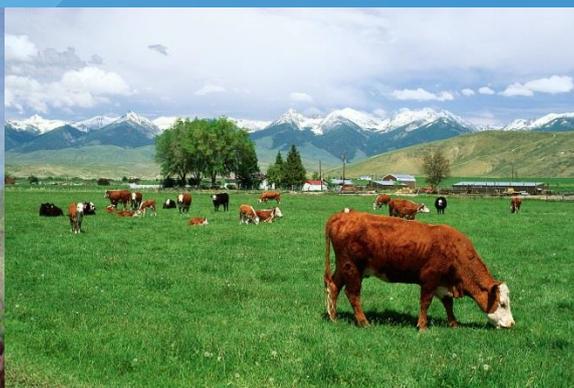


Mesures de l'ammoniac dans l'atmosphère



MESURES REALISEES EN 2015

www.air-rhonealpes.fr



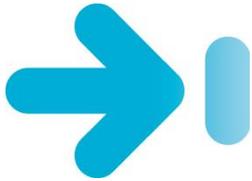
Diffusion : Mars 2016

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

contact@air-rhonealpes.fr





CONDITIONS DE DIFFUSION

Air Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (*décret 98-361 du 6 mai 1998*) 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. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de *l'article L.220-1 du Code de l'environnement*. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de *l'article L.220-2 du Code de l'Environnement*.

Air Rhône-Alpes 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.air-rhonealpes.fr

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Air Rhône-Alpes (2016) Mesures de l'ammoniac dans l'atmosphère – Mesures réalisées en 2015**

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Air Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Air-Rhône-Alpes :

- depuis le formulaire de contact sur le site www.air-rhonealpes.fr
- par mail : contact@air-rhonealpes.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Un questionnaire de satisfaction est également disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.surveymonkey.com/s/ecrits> pour vous permettre de donner votre avis sur l'ensemble des informations mis à votre disposition par l'observatoire Air Rhône-Alpes.

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière des membres suivants :

Région Rhône-Alpes 

Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Air Rhône-Alpes.

Sommaire



1. Contexte et introduction	4
2. Niveaux attendus dans l'air ambiant	5
3. Mise en œuvre des mesures en air ambiant.....	5
3.1. Appareil et technique de mesures.....	5
3.1.1. Essais avec l'appareil LGR	5
3.1.2. Appareil PICARRO	7
3.2. Site de mesures	7
3.3. Résultats	8
3.3.1. Evolution sur l'ensemble de la période	8
3.3.2. Zoom sur la période printanière	10
4. Conclusions et perspectives	12



1. Contexte et introduction

La région Rhône-Alpes connaît chaque année des épisodes de pollution hivernaux et printaniers aux particules fines (PM10), entraînant des dépassements réglementaires de la valeur limite de la Directive Européenne 2008/50/CE du 21/05/08.

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 organiques¹, et de l'**acide nitrique** (HNO_3), provenant en majorité du trafic routier.

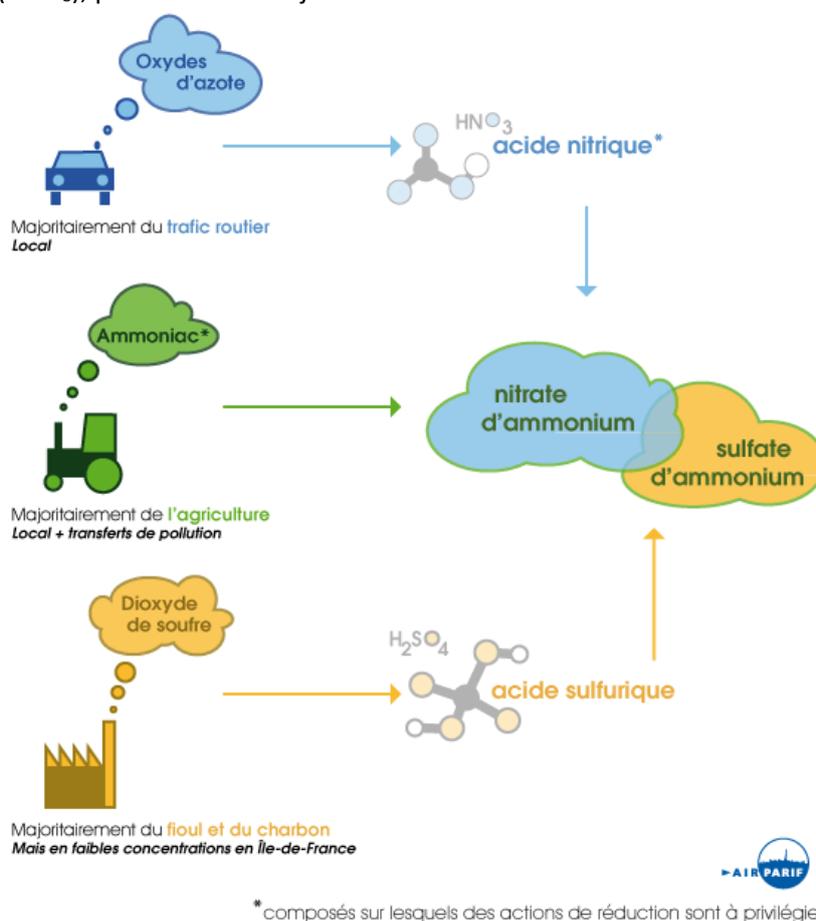


FIGURE 1 FORMATION DU NITRATE D'AMMONIUM (EXTRAIT DU SITE INTERNET D'AIRPARIF²)

Note : L'ammoniac d'origine agricole provient principalement des épandages d'engrais organiques et minéraux.

Au fil des années, Air Rhône-Alpes a complété son dispositif métrologique afin d'améliorer les connaissances sur la composition des particules (cf. annexe 3).

Dans ce cadre, il a été décidé de réaliser des premières mesures d'ammoniac, précurseur du nitrate d'ammonium, en 2015. Le travail a consisté dans un premier temps dans le choix d'un appareil de mesures compte tenu des niveaux attendus notamment, puis la mise en œuvre sur un premier site de mesures pendant l'année 2015.

¹ Air Rhône-Alpes (2015) Amélioration des émissions de polluants vers l'atmosphère du secteur agricole

² <http://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/134>

2. Niveaux attendus dans l'air ambiant

Au moment de la mise en œuvre du début des mesures, quelques références étaient disponibles sur les mesures d'ammoniac au niveau national.

→ En 2008, l'association Air Breizh a réalisé des mesures dans le cadre d'une campagne liée à la prolifération des **algues vertes** sur le littoral breton. Des travaux bibliographiques menés dans cette étude rapportaient des concentrations de l'ordre du microgramme par mètre cube dans les régions d'agriculture extensive, elles s'élèvent à 30 ou 60 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en zone d'agriculture intensive, atteignant jusqu'à 1 000 $\mu\text{g.m}^{-3}$ à 50 mètres sous le vent d'un épandage de lisier. Des concentrations moyennes comprises entre 37 et 77 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ont été mesurées dans le canton de Lamballe (**zone d'élevages intensifs**), en 2003 par Air Breizh. Les concentrations peuvent être beaucoup plus élevées dans certains bâtiments d'élevage, atteignant jusqu'à 20 000 $\mu\text{g.m}^{-3}$, dans des bâtiments hébergeant de la volaille. Une étude réalisée **dans un tunnel d'autoroute en Suisse a révélé des concentrations horaires comprises entre 164 et 248 $\mu\text{g.m}^{-3}$**).

Les mesures réalisées dans cette étude d'Air Breizh pendant 2 mois environ de début juillet à mi-septembre ont mis en évidence une concentration médiane de 3 $\mu\text{g.m}^{-3}$, une concentration moyenne de 9,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et une valeur maximale horaire de 160 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

→ Air Languedoc Roussillon a également réalisé quelques campagnes de mesures de l'ammoniac dans l'air, en lien particulièrement **avec la présence d'une plateforme chimique**. Les mesures ont été réalisées pendant l'hiver 2008-2009, l'été 2009 et l'hiver 2009-2010. Les concentrations moyennes mesurées à l'extérieur de la plateforme chimique sur 5 semaines à l'hiver 2010 sont d'environ 1 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour la plupart et jusqu'à environ 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

→ Dans le cadre du programme FRANCIPOL, AIRPARIF a mis en œuvre des mesures d'ammoniac à Paris en 2010, les concentrations moyennes mensuelles varient entre 1 à 6 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

En complément de ces mesures réalisées au niveau national, la fiche de données toxicologiques et environnementales établie par l'INERIS en 2012 rassemble des références bibliographiques internationales sur les niveaux d'ammoniac. Ces études assez anciennes rapportent une concentration ubiquitaire de l'ordre de 1 à 3 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Les concentrations les plus élevées rapportées sont dans le cadre de l'élevage intensif, plus de 1000 $\mu\text{g.m}^{-3}$ dans un enclos où se trouvait parqué un cheptel important.

>> Compte tenu des références bibliographiques, l'appareil mis en œuvre devait donc répondre aux exigences de mesures d'une concentration d'ammoniac de quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$.

3. Mise en œuvre des mesures en air ambiant

3.1. Appareils et techniques de mesures

3.1.1. Appareil LGR

Dans un premier temps, Air Rhône-Alpes a choisi un appareil LGR (Los Gatos Research), modèle 915-039, notamment compte tenu de sa possibilité de mesurer l'ammoniac (NH_3) **mais également** l'hydrogène sulfuré (H_2S), polluant qui peut être intéressant dans certains contextes (odeurs).

Le principe de mesure de cet appareil est optique : la concentration du gaz est déterminée à partir de l'absorption du faisceau laser en utilisant la loi de Beer Lambert.

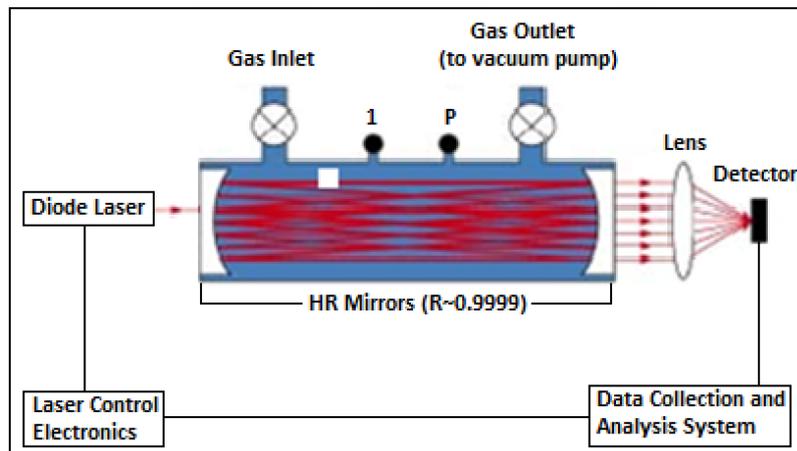


FIGURE 2 FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL LGR

Deux appareils ont été acquis et testés à l'aide d'injections de NH_3 à partir d'une bouteille haute concentration (30 ppm) et d'un diluteur dans un premier temps, puis des mesures dans l'air ambiant ont été réalisées.



FIGURE 3 APPAREILS LGR EN TEST AU LABORATOIRE DANS LES LOCAUX D'AIR RHONE-ALPES

Les appareils ont montré une relativement bonne linéarité sur les points testés de 15 à 150 ppb. Toutefois, le temps de réponse à l'étalon était trop important malgré la passivation du système pendant plus d'1 semaine. Le bruit sur la mesure était par ailleurs très important et l'écart entre les appareils ni constant ni réglable.

Les spécifications annoncées sur le site LGR et/ou indiquées sur le devis ne correspondaient donc ni au certificat de performance des appareils reçus ni aux mesures réalisées. Les résultats des essais effectués ont montré que ces appareils étaient incompatibles avec une utilisation en tant qu'analyseur trace entre 0 et 5 ppb ($3,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) en moyenne.

>> En conséquence, les deux analyseurs testés ont été retournés au fournisseur pour non-conformité au cahier des charges.

3.1.2. Appareil PICARRO

Par la suite, Air Rhône-Alpes a acquis un appareil de mesures au printemps 2015, le PICARRO G2103. Le principe de mesures est identique à celui du LGR mais les composants qui le fabriquent sont technologiquement plus pointus et le traitement du signal plus complexe. Les tests effectués dans un premier temps dans les locaux d'Air Rhône-Alpes ont permis de montrer un temps de réponse satisfaisant et la capacité de mesures des niveaux de fond. Cet appareil a donc été retenu. Un deuxième appareil a été acheté à l'été 2015. La mise en parallèle sur site a permis de mettre en évidence une très bonne comparaison entre les deux appareils.



FIGURE 4 APPAREILS PICARRO EN TEST DANS UNE STATION DE MESURE D'AIR RHONE-ALPES

Pendant l'année 2015, un traitement des données a été nécessaire pour transformer les données 2 secondes fournies par l'appareil en des données ¼ horaires, les appareils n'étant pas directement compatibles avec les stations d'acquisition classiques reliant les analyseurs du réseau de surveillance au poste central. Un protocole de communication spécifique a été développé fin 2015 afin d'acquérir les données à partir du poste central.

3.2. Site de mesures

Pour réaliser les premières mesures in situ d'ammoniac en Rhône-Alpes, la station fixe de Saint-Exupéry sur la commune de Pusignan (69) a été retenue. Cette station est en périphérie est de l'agglomération de Lyon, sous l'influence d'une vaste zone de cultures, particulièrement de céréales. Les céréales représentent 2/3 de la surface agricole utile du canton, dont la moitié en cultures de maïs (Données Recensement Agricole 2010).

Le site de mesures se situe donc en proximité d'activités agricoles, potentiellement émettrices d'ammoniac lors des épandages d'engrais. La cartographie des émissions communales de ce polluant est présentée en annexe 1.



FIGURE 5 ENVIRONNEMENT DU SITE DE MESURE

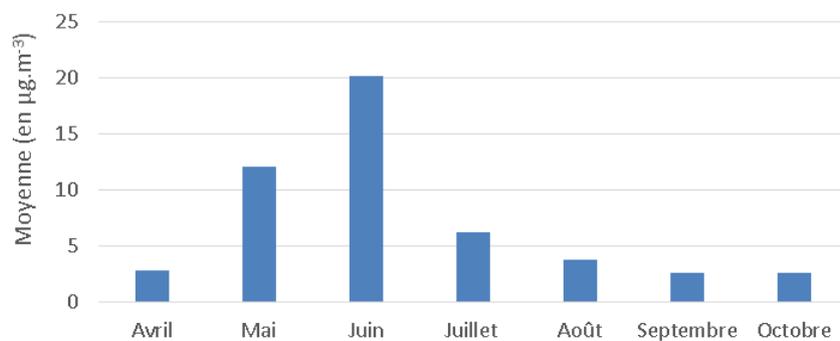
3.3. Résultats

3.3.1. Evolution sur l'ensemble de la période

L'appareil a été installé le 16 avril 2015 et est toujours en fonctionnement sur le site de l'Est lyonnais / Saint Exupéry. Les données ont été exploitées jusqu'au 16 octobre 2015.

La * les mois d'avril et octobre sont incomplets

Figure 6 montre l'évolution des niveaux moyens par mois entre mi-avril et mi-octobre. Les mois de juin, mai et juillet présentent respectivement les niveaux moyens les plus élevés.



* les mois d'avril et octobre sont incomplets

FIGURE 6 EVOLUTION DES MOYENNES MENSUELLES D'AMMONIAC DANS L'AIR

Ces évolutions peuvent être comparées aux mesures réalisées à Paris et sur le site du SIRTA³ en Ile de France (cf. Figure 7). A Paris, les données de mars/avril étaient manquantes, toutefois l'observation de concentrations maximales en juin par rapport au mois de mai en Rhône-Alpes pourrait être liée à la culture majoritaire qui est le maïs et qui est fertilisée plus tardivement que le blé, plus présent dans le nord de la France.

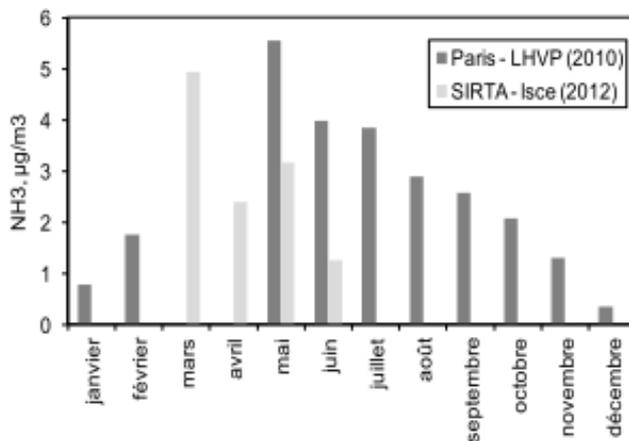


FIGURE 7 VARIATIONS MENSUELLES D'AMMONIAC A PARIS EN 2010 ET SUR LE SITE DU SIRTA EN 2012 (EXTRAIT DE LCSE, AIRPARIF 2013)

La Figure 8 présente l'évolution des moyennes horaires sur l'ensemble de la période de mesure. **La concentration moyenne horaire d'ammoniac est de 8 µg.m⁻³ et la concentration maximale horaire est de 121 µg.m⁻³.** Des pics ponctuels sont observés, particulièrement début juin.

³ Le SIRTA, site instrumental de recherche par télédétection atmosphérique, est un observatoire national de l'atmosphère dédié à la recherche sur les nuages et les aérosols. Il est situé à Palaiseau à 20 km au sud de Paris, dans un environnement semi-urbain.

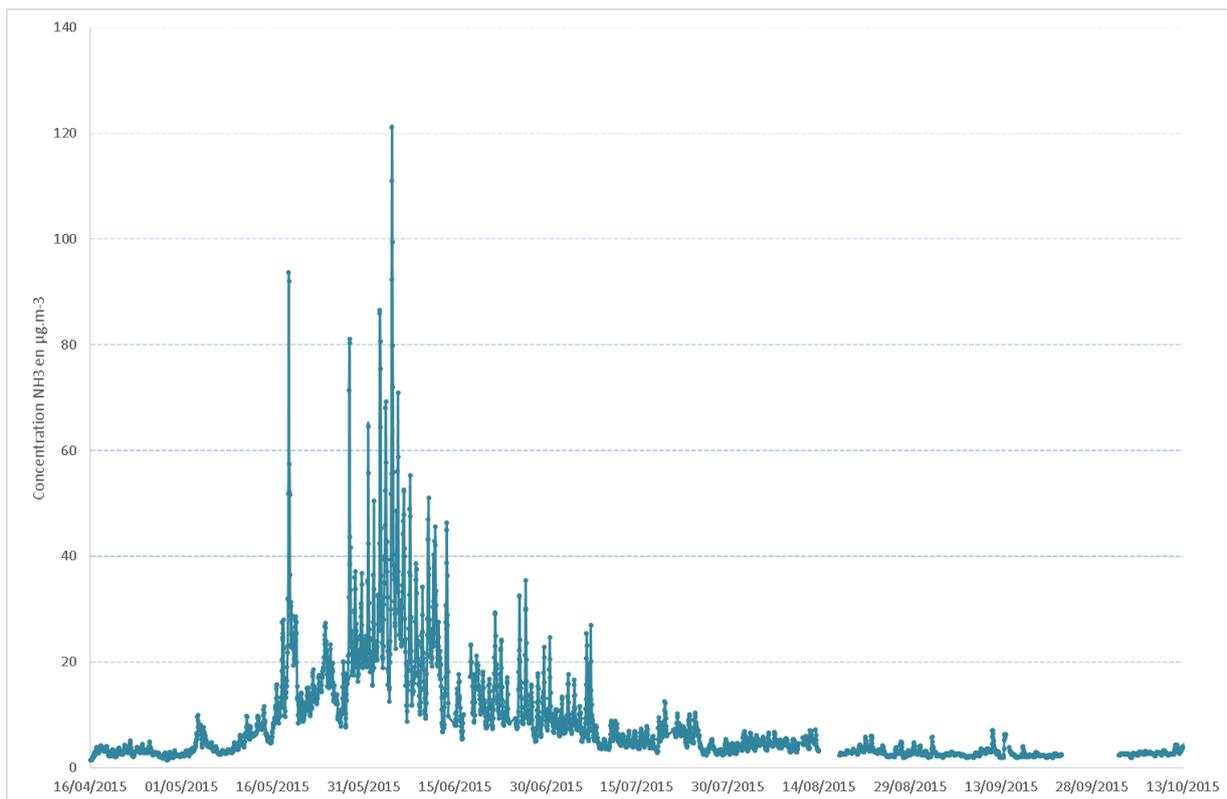


FIGURE 8 ÉVOLUTION DES MOYENNES HORAIRES D'AMMONIAC PENDANT LA PERIODE DE MESURE

3.3.2. Zoom sur la période printanière

La Figure 9 présente l'évolution des concentrations d'ammoniac pendant les mois de mai-juin, montrant une grande variabilité horaire, notamment sur la première quinzaine de juin.

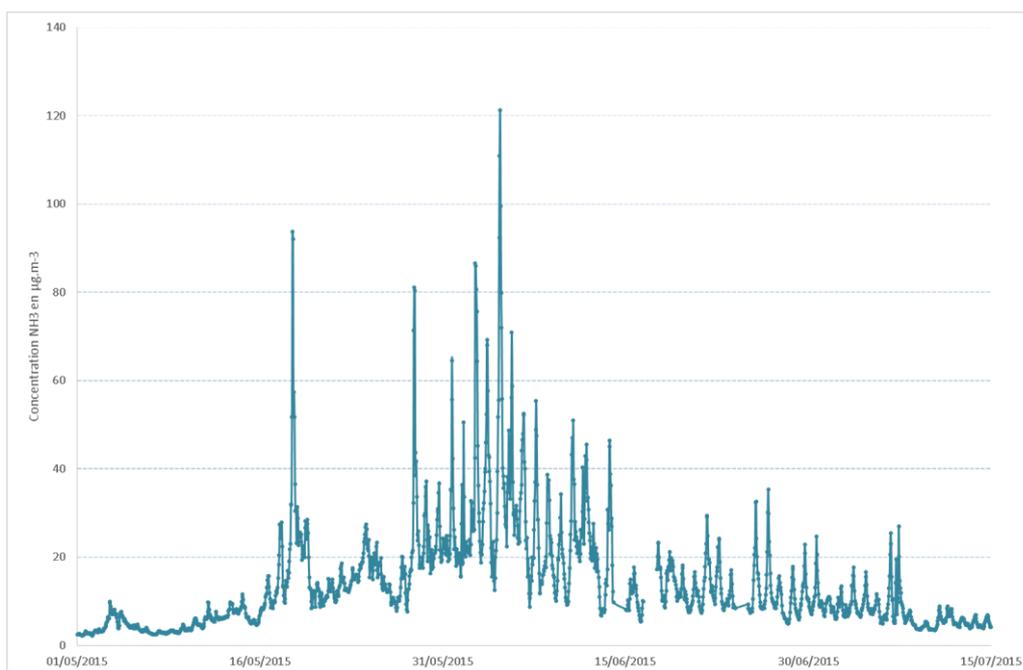


FIGURE 9 ZOOM SUR L'ÉVOLUTION HORAIRE DES CONCENTRATIONS DE MAI A JUILLET 2015

Les variations sont étudiées sur quelques jours du 2 au 10 juin. La Figure 10 montre que la concentration maximale est observée en fin d'après-midi vers 16-17h.

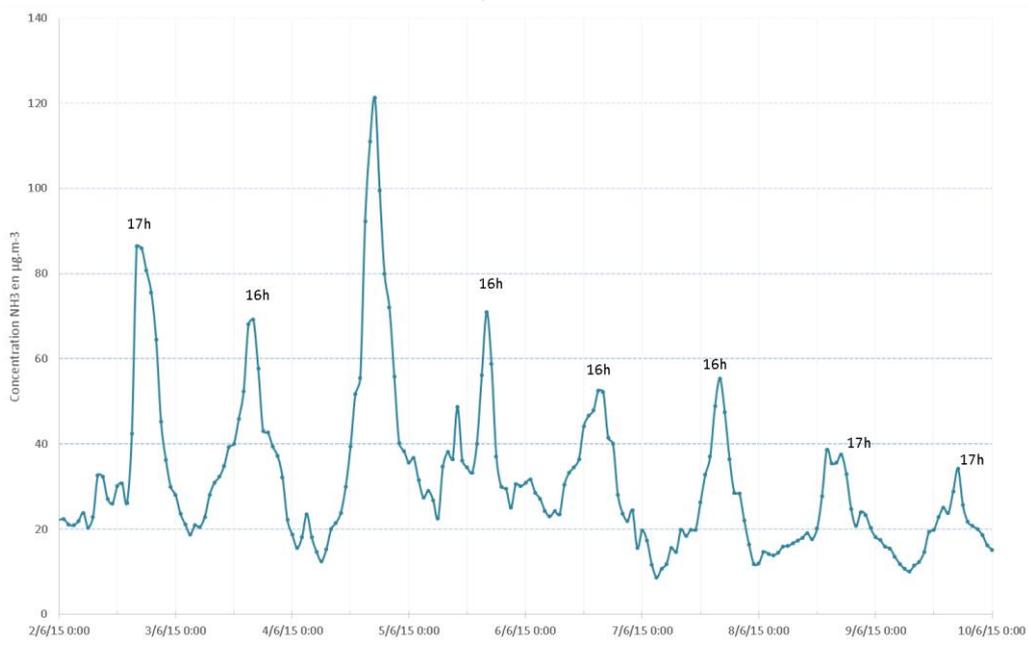


FIGURE 10 EVOLUTION HORAIRE DES CONCENTRATIONS D'AMMONIAC DU 2 AU 10 JUIN 2015

Les données de concentration d'ammoniac sont croisées avec les données météorologiques du secteur : Humidité relative, température, vitesse du vent (cf. Figure 11). Les concentrations maximales d'ammoniac correspondent à la baisse de l'humidité relative et la hausse de la température de l'air, semblant montrer le phénomène de volatilisation de l'ammoniac depuis le sol. Afin de mieux comprendre les phénomènes de volatilisation, il serait nécessaire également de connaître les pratiques d'épandage agricole autour du point de mesures.

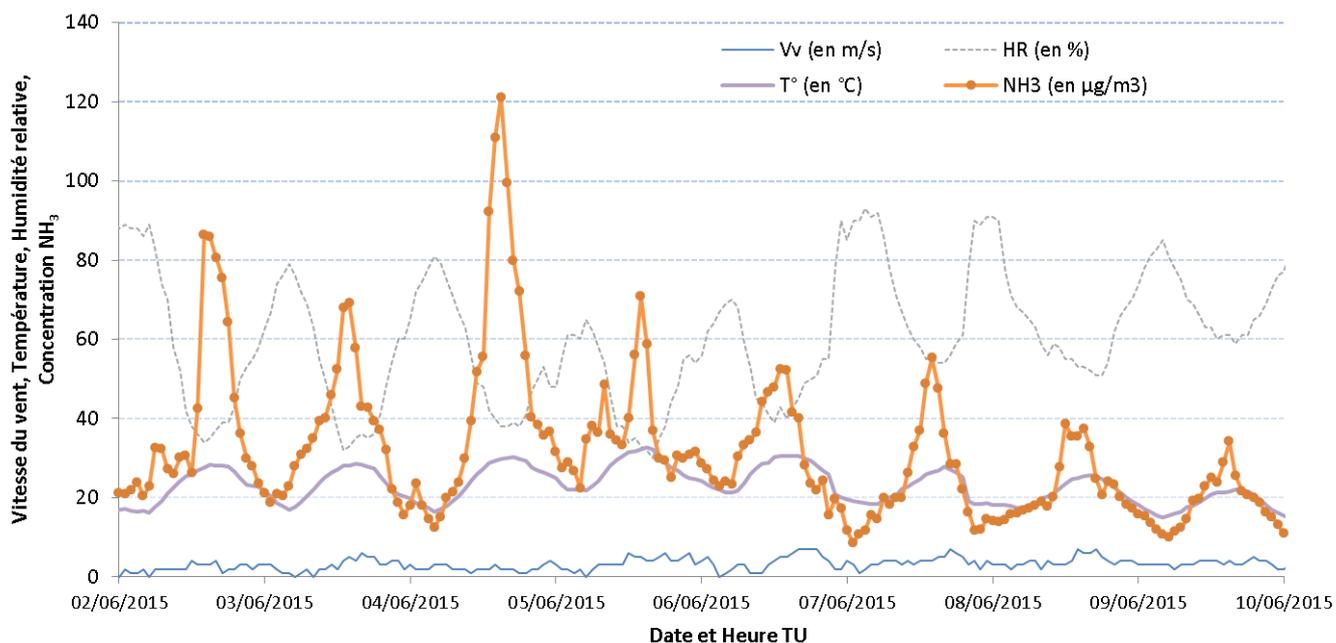


FIGURE 11 EVOLUTION DU NH₃ EN COMPARAISON DES VARIABLES METEOROLOGIQUES

4. Conclusions et perspectives

La mise en œuvre des premières mesures d'ammoniac en Rhône-Alpes a permis dans un premier temps d'appréhender les techniques et appareils de mesure de ce polluant. L'année 2015 constituait une première étape dans l'acquisition de ces données avec un seul site de mesures déployé. Des premiers éléments concernant les niveaux de concentration et la variabilité temporelle ont pu être abordés.

Fin 2015, un deuxième appareil a été installé sur la station urbaine de Lyon Centre, ce deuxième site permettra d'aborder la variabilité spatiale. Couplé sur ce site à l'ACSM, qui mesure en direct les concentrations de nitrate et d'ammonium, la mesure d'ammoniac est intéressante pour la prévision et la compréhension des épisodes de pollution. Les données du printemps 2016 permettront d'étudier les corrélations éventuelles entre NH_3 et NH_4^+ .

Par ailleurs, des éléments complémentaires sur les sources d'ammoniac en proximité des sites de mesures et la temporalité des émissions (données d'épandage) seraient nécessaires pour aider à l'interprétation des données mesurées.

En complément de ces mesures, Air Rhône-Alpes travaillera également en 2016 sur une meilleure connaissance de la répartition spatiale et temporelle des émissions d'ammoniac dans la région, dans le cadre de l'amélioration de son cadastre des émissions atmosphériques.

Bibliographie



AIR BREIZH (2008) Algues vertes et qualité de l'air : campagne de mesures sur la plage de la Grandville à Hillion – du 3 juillet au 10 septembre 2008

AIR LANGUEDOC ROUSSILLON (2011) Mesures d'ammoniac à Salindres et environs – Hiver 2010

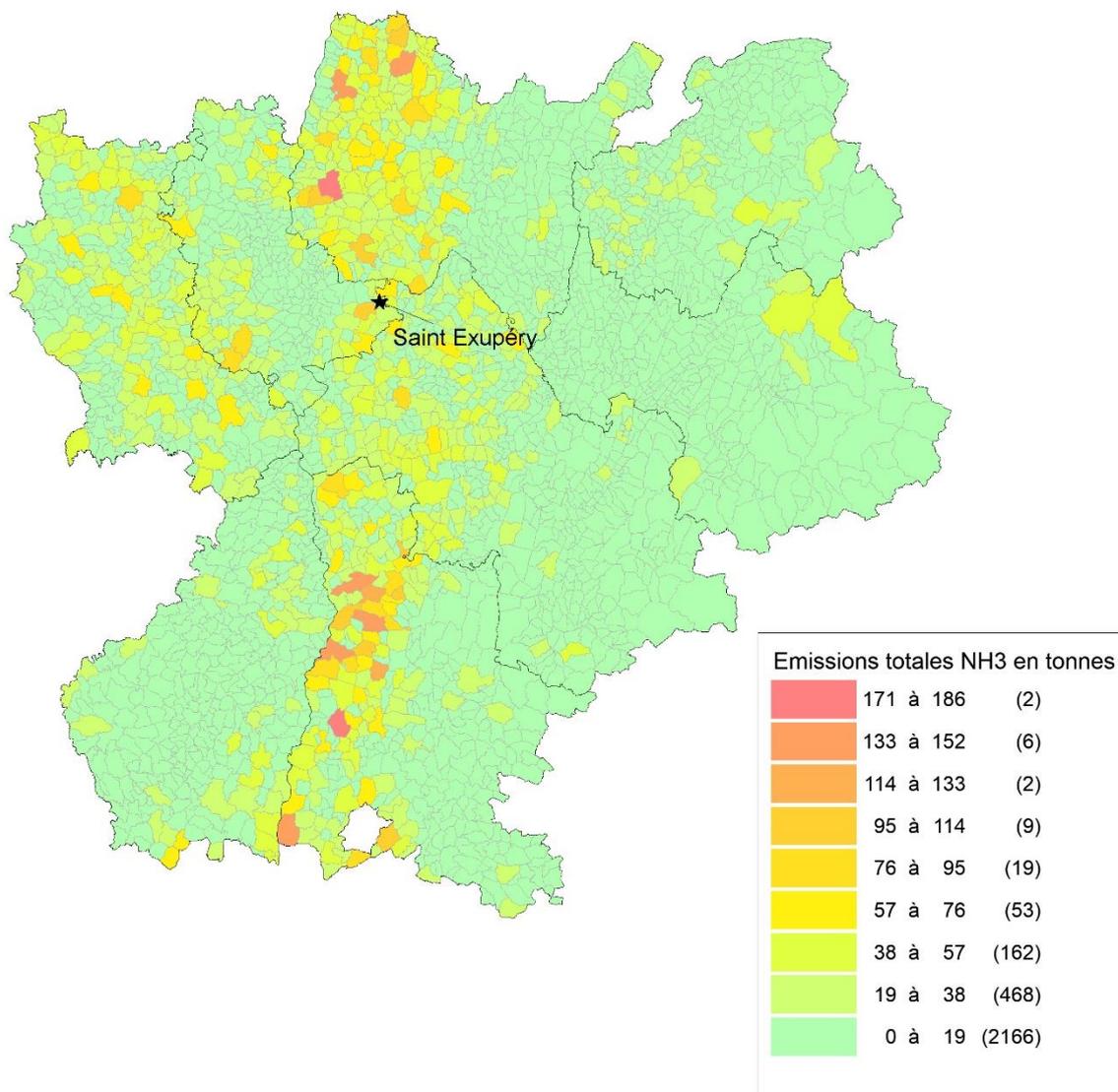
INERIS (2012) Ammoniac - Fiche de données toxicologiques et environnementales de substances chimiques.

LSCE, AIRPARIF (2013) FRANCIPOL : Impact de la pollution longue distance sur les particules et leurs précurseurs gazeux à Paris et Ile de France

ANNEXE 1

CARTOGRAPHIE DES EMISSIONS D'AMMONIAC EN 2013(NH₃)

Source : Cadastre Air Rhône-Alpes EMI NH3 v10

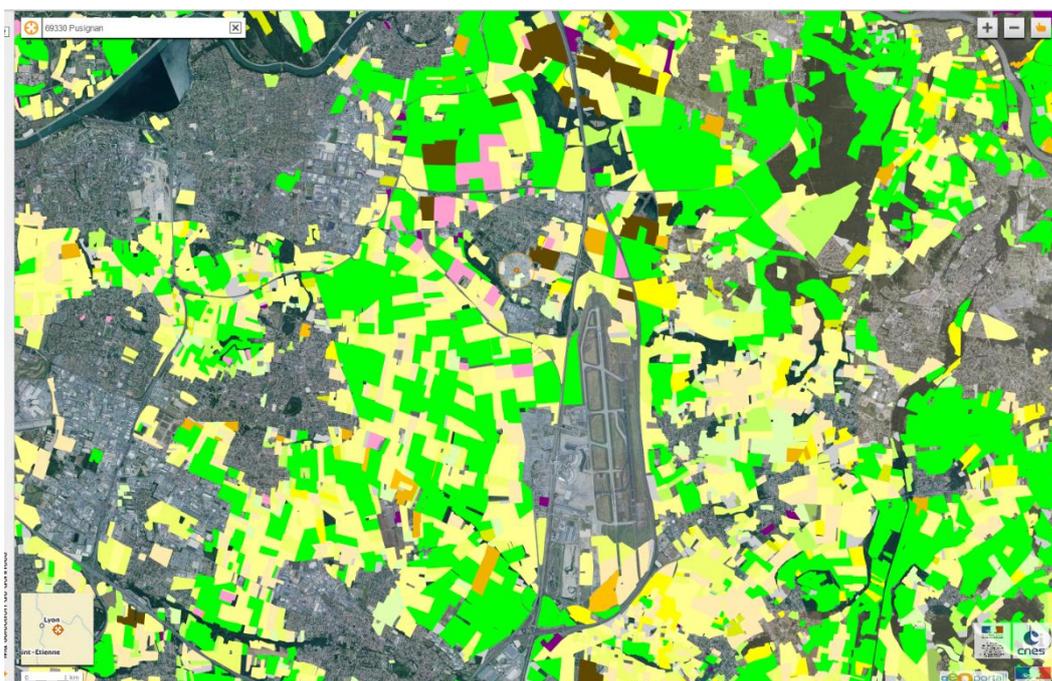


ANNEXE 2

RECENSEMENT PARCELLAIRE GRAPHIQUE AUTOUR DU SITE DE MESURE (Année 2012)

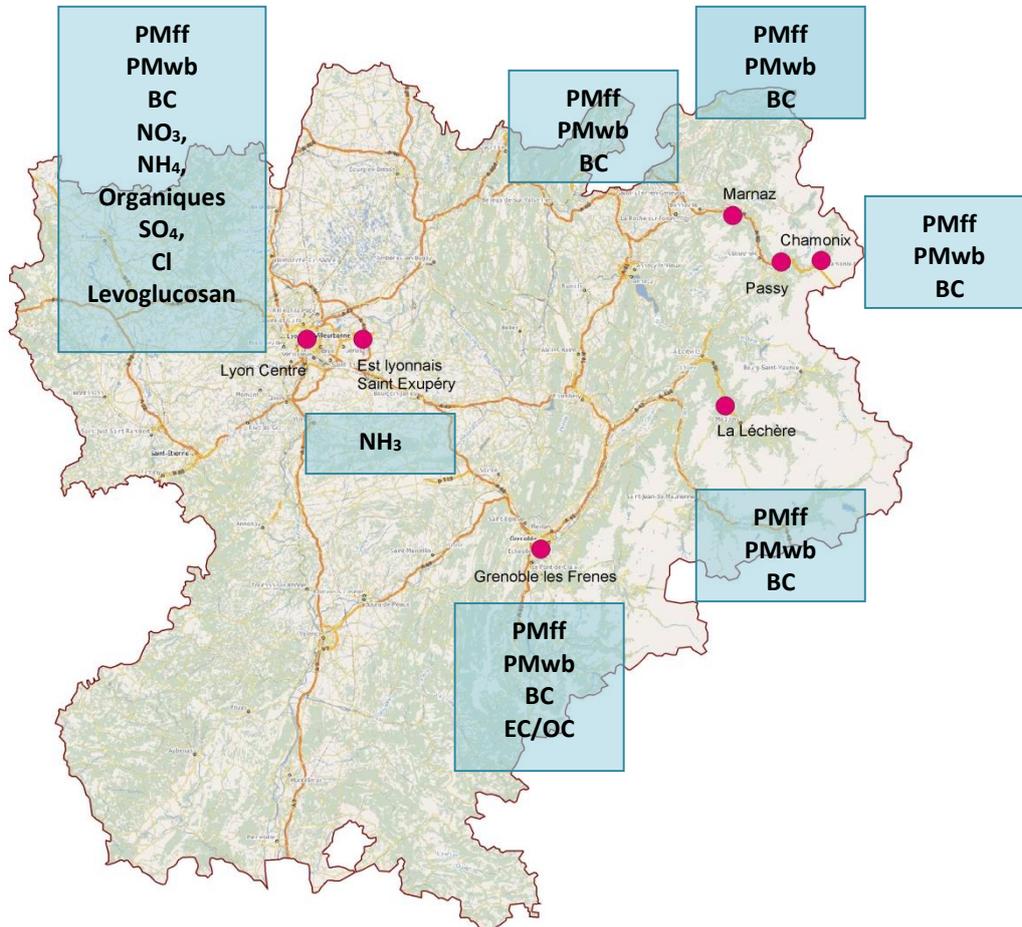
(Source :Ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt ; Agence de services et de paiement (ASP))

	Blé tendre
	Maïs grain et ensilage
	Orge
	Autres céréales
	Colza
	Tournesol
	Autre oléagineux
	Protéagineux
	Plantes à fibres
	Semences
	Gel (Surfaces gelée sans production)
	Gel industriel
	Autres gels
	Riz
	Légumineuses à grains
	Fourrage
	Estives landes
	Prairies permanentes
	Prairies temporaires
	Vergers
	Vignes
	Fruit à coque
	Oliviers
	Autres cultures industrielles
	Légumes-fleurs
	Canne à sucre
	Arboriculture
	Divers
	Non disponible



ANNEXE 3

Carte du dispositif métrologique spécifique mis en place pour la caractérisation des particules



PMff : Particules fines issues de la combustion de « fuel fossile »

PMwb : particules fines issues de la combustion de biomasse

BC : black carbon

EC : carbone élémentaire

OC : carbone organique