



# L'ammoniac en région Centre-Val de Loire

## Etat des lieux et perspectives

### Année 2024

Juillet 2025

**Lig'Air**

Surveillance de la qualité de l'air  
en région Centre-Val de Loire

# AVERTISSEMENT

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments en un instant caractérisé par des conditions climatiques propres.

Ce rapport d'études est la propriété de Lig'Air. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

# TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT .....	2
TABLE DES MATIÈRES .....	3
TABLE DES FIGURES .....	4
TABLE DES TABLEAUX .....	5
I. Introduction.....	6
II. L'ammoniac : généralités et réglementation .....	6
A. Définition .....	6
B. Emissions et sources .....	6
C. Impacts .....	8
D. Réglementation .....	8
a) Valeurs limites d'exposition .....	9
b) Valeurs toxicologiques de référence .....	9
c) Valeurs remarquables .....	9
E. Gammes de concentrations .....	9
III. Matériels et méthodes .....	10
A. Appareils de mesures .....	10
a) Analyse en continu : Picarro G2103 .....	10
b) Prélèvement par tubes passifs .....	10
B. Stratégie de surveillance .....	11
IV. Résultats .....	13
A. Analyse en continu .....	13
a) Evolutions temporelles .....	13
b) Profils moyens .....	15
c) Comparaison avec les niveaux nationaux .....	16
B. Analyse par tubes passifs .....	17
a) Evolutions temporelles .....	17
b) Corrélation avec les particules en suspension : PM <sub>10</sub> .....	19
c) Comparaison à l'historique .....	21
V. Conclusion.....	23
VI. Bibliographie.....	24
VII. Annexes .....	26
A. Localisation des sites de prélèvement NH <sub>3</sub> .....	26
B. Photo d'une cartouche Radiello 168 .....	26
C. Date des prélèvements par tubes passifs .....	27
D. Cartographie des émissions d'ammoniac .....	27
E. Répartition des activités agricoles émettrices d'ammoniac .....	28

# TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution temporelle des émissions de NH <sub>3</sub> en tonnes entre 2008 et 2022 en région Centre-Val de Loire (Source : Lig'Air - ODACE) .....	7
Figure 2 : Emissions de NH <sub>3</sub> en fonction du secteur d'activité en région Centre-Val de Loire en 2022 (Source : Lig'Air - ODACE) .....	7
Figure 3 : Schéma de formation d'aérosols atmosphérique à partir des différentes sources d'ammoniac (Source : AirParif) .....	8
Figure 4 : Principe de fonctionnement du Picarro G2103 .....	10
Figure 5 : Picarro G2103 .....	10
Figure 6 : Schéma tubes passifs .....	10
Figure 7 : Localisation des stations de mesures NH <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> et des stations météorologiques de Météo-France .....	12
Figure 8 : Cartographie des types de cultures en région Centre-Val-de-Loire (Source : AGRESTE Recensement agricole 2020) .....	12
Figure 9 : Concentrations moyennes journalières de NH <sub>3</sub> à la station Oysonville pendant l'année 2024	13
Figure 10 : Concentrations moyennes mensuelles en NH <sub>3</sub> à la station Oysonville pendant l'année 2024 .....	14
Figure 11 : Concentrations moyennes journalières de NH <sub>3</sub> à la station Verneuil pendant l'année 2024 ..	14
Figure 12 : Concentrations moyennes mensuelles en NH <sub>3</sub> à la station Verneuil pendant l'année 2024 ..	15
Figure 13 : Comparaison des profils moyens journaliers de l'ammoniac mesuré à Oysonville et des profils moyens journaliers de l'humidité relative et de la température mesurées à Chartres en 2024 ....	15
Figure 14 : Comparaison des profils moyens journaliers de l'ammoniac mesuré à Verneuil et des profils moyens journaliers de l'humidité relative et de la température mesurées à Orval-Rad en 2024.....	16
Figure 15 : Localisation des stations de mesure automatique NH <sub>3</sub> en France (Source : Géod'Air).....	16
Figure 16 : Concentrations moyennes d'ammoniac mesurées par Picarro G2103 en 2024 par différentes AASQA avec en bleu les stations urbaines et en vert les stations rurales (Source : Géodair) .....	17
Figure 17 : Evolutions des concentrations de NH <sub>3</sub> moyennées sur les périodes de prélèvements à Orléans-Gambetta et à Tours péri-urbaine, à Oysonville et Verneuil .....	18
Figure 18 : Evolutions des concentrations de NH <sub>3</sub> des prélèvements par tubes passifs à Orléans-Gambetta et à Tours péri-urbaine, à l'aide du PICARRO G2103 à Oysonville et Verneuil pour l'année 2024 .....	18
Figure 19 : Evolutions des concentrations de NH <sub>3</sub> et PM <sub>10</sub> à Gambetta en 2024 .....	19
Figure 20 : Evolutions des concentrations de NH <sub>3</sub> à Tours péri-urbaine et des PM <sub>10</sub> à Joué-lès-Tours en 2024 .....	20
Figure 21 : Evolutions des concentrations moyennes journalières de NH <sub>3</sub> à Oysonville et PM <sub>10</sub> à Fulbert en 2024.....	20
Figure 22 : Evolutions des concentrations moyennes journalières de NH <sub>3</sub> et PM <sub>2,5</sub> à Verneuil en 2024 ...	21
Figure 23 : Comparaison des moyennes annuelles d'ammoniac mesurées aux stations Saint-Cyr-en-Val, Bazoches, Oysonville, Orléans et Tours entre 2021 et 2024.....	21
Figure 24 : Localisation des sites de prélèvement NH <sub>3</sub> (Source : Google Maps) .....	26
Figure 25 : Photo d'une cartouche Radiello 168 .....	26
Figure 26 : Cartographie des émissions d'ammoniac (en tonnes) du secteur agricole en 2022 dans la région Centre-Val de Loire (Source : ODACE) .....	28
Figure 27 : Répartition des activités agricoles émettrices d'ammoniac en région Centre-Val de Loire en 2022 (Source : TRACE) .....	28

# TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Concentrations d’ammoniac mesurées par d’autres AASQA.....	9
Tableau 2 : Caractéristiques des points de prélèvement NH <sub>3</sub> dans la région Centre-Val de Loire .....	11
Tableau 3 : Statistiques des données de NH <sub>3</sub> mesuré avec le Picarro en 2024 à Oysonville .....	13
Tableau 4 : Statistiques des données de NH <sub>3</sub> mesuré avec le Picarro en 2024 à Verneuil .....	14
Tableau 5 : Statistiques sur les concentrations de NH <sub>3</sub> mesurées pendant la campagne à Tours péri-urbaine, Orléans Gambetta à l’aide des tubes passifs et Verneuil et Oysonville avec l’analyseur PICARRO G2103 .....	18
Tableau 6 : Statistiques sur les concentrations d’ammoniac mesurées par tubes passifs et par Picarro (signalé par une étoile) entre 2021 et 2024 .....	22
Tableau 7 : Date de pose et dépose des tubes passifs.....	27

# I. Introduction

L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est un polluant atmosphérique non réglementé présentant des effets néfastes sur la santé et l'environnement s'il est présent en concentrations élevées dans l'air ambiant. En effet, les substances résultant des transformations chimiques de l'ammoniac sont impliquées à la fois dans l'acidification et l'eutrophisation des milieux et dans la dégradation de la qualité de l'air.

L'ammoniac émis dans l'air peut réagir avec les oxydes d'azote provenant du trafic et des activités industrielles pour former des particules fines dites secondaires, dangereuses pour la santé. L'ammoniac est principalement émis par les activités agricoles, telles que l'élevage, l'épandage d'engrais et la gestion des déchets des animaux. Au printemps, il participe grandement aux épisodes de pollution aux particules fines ( $\text{PM}_{10}$ ) jusqu'à entraîner des dépassements des valeurs réglementaires de ce polluant.

En 2022, en région Centre-Val de Loire, les émissions de  $\text{NH}_3$  dans l'air ambiant sont de 28 460 tonnes/an. Le secteur agricole est responsable à 96% de ces émissions (source ODACE).

La surveillance de l'ammoniac est un enjeu environnemental majeur afin de mieux comprendre les phénomènes de formation des particules secondaires et de limiter leur concentration dans l'air.

Cette étude a pour objectif de dresser un état des lieux sur les niveaux et le comportement de l'ammoniac dans la région Centre-Val de Loire.

Dans la région, l'ammoniac est mesuré par Lig'Air depuis 2021 à l'aide de prélèvements passifs. Deux analyseurs automatiques permettant de mesurer des concentrations d'ammoniac en continu sont également venus compléter le dispositif de surveillance de l'ammoniac l'un depuis 2022 et l'autre en 2024. Ce rapport présente les résultats des analyses en continu et des prélèvements passifs d'ammoniac réalisés pendant l'année 2024.

## II. L'ammoniac : généralités et réglementation

### A. Définition

L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est présent sous forme gazeuse dans l'air à température ambiante. Ce gaz, incolore, possède un caractère basique important ainsi qu'une odeur piquante et âcre caractéristique.

### B. Emissions et sources

L'ammoniac est réglementé en termes d'émission puisqu'il fait partie des polluants atmosphériques ciblés dans le Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) découlant de directives européennes. Les objectifs fixés pour la France sont de réduire les émissions d'ammoniac de 13% d'ici 2030, avec des paliers intermédiaires : -5,5% en 2022 et -8% en 2025 par rapport à l'année de référence 2005 (Décret n° 2022-1654 2022).

Au cours des dernières décennies, les émissions d'ammoniac en France ont tendance à baisser, mais cette réduction a été lente et les émissions restent encore élevées (CITEPA 2020). En région Centre-Val de Loire, les émissions d'ammoniac sont en diminution depuis 2017 passant de 38 279 tonnes à 28 460 tonnes en 2022 (figure 1).

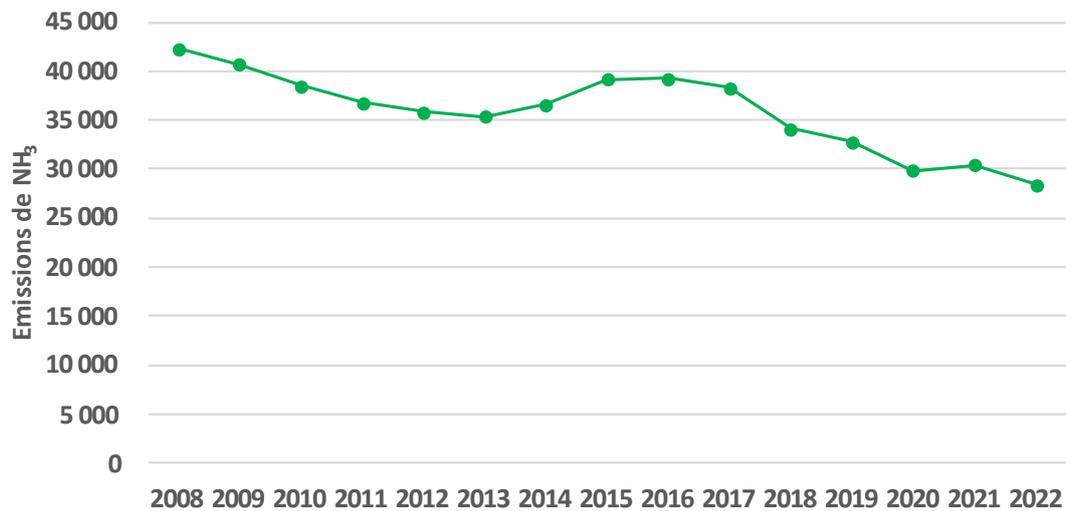


Figure 1 : Evolution temporelle des émissions de NH<sub>3</sub> en tonnes entre 2008 et 2022 en région Centre-Val de Loire (Source : Lig'Air - ODACE)

L'ammoniac est émis par des sources naturelles et anthropiques. Les émissions d'ammoniac issues des sources anthropiques sont dominantes et majoritairement liées aux activités agricoles. En effet, en France, l'ammoniac est produit à hauteur de 94% par le secteur agricole ce qui en fait en 2018 le premier pays de l'union européenne pour les émissions d'ammoniac liées à l'agriculture (ADEME). En région Centre-Val de Loire, les émissions d'ammoniac en 2022 sont issues à 96% du secteur agricole (figure 2).

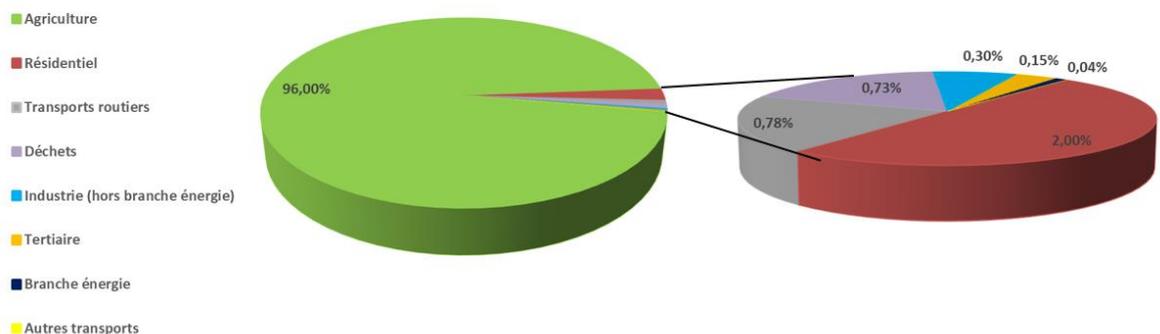


Figure 2 : Emissions de NH<sub>3</sub> en fonction du secteur d'activité en région Centre-Val de Loire en 2022 (Source : Lig'Air - ODACE)

Les émissions d'ammoniac du secteur agricole sont principalement liées aux déjections provenant des élevages et aux engrais azotés utilisés pour la fertilisation des cultures (ADEME 2011). En effet, les animaux d'élevage, tels que les vaches, les porcs et les volailles, produisent de l'urine et des excréments riches en azote. Ces matières organiques se décomposent naturellement et produisent de l'ammoniac qui est libéré dans l'air. Les bâtiments d'élevage peuvent également contribuer à la libération d'ammoniac, car ils retiennent l'urine et les excréments et favorisent leur décomposition. Les engrais azotés sont couramment utilisés pour augmenter la teneur en azote des sols et améliorer la croissance des cultures. Cependant, une partie de l'azote appliqué sous forme d'engrais est convertie en ammoniac et libérée dans l'air par volatilisation. La volatilisation de l'ammoniac dépend de plusieurs facteurs : les méthodes d'épandage, la composition du fumier, la nature du sol et les conditions météorologiques. Des températures élevées et le vent favorisent la volatilisation tandis que l'humidité relative et les précipitations la limite. (CITEPA 2020).

Dans une moindre mesure, l'industrie, la gestion des déchets, la combustion de biomasse et le transport routier sont également sources d'ammoniac. L'ammoniac, issu du transport routier, est lié à l'utilisation de pot catalytique et notamment du système de réduction catalytique sélective (SCR). Le système SCR est basé sur la réduction des NOx en présence d'un réducteur continu, le plus utilisé étant l'urée. Sa décomposition chimique par la chaleur forme de l'ammoniac qui peut être émis dans les gaz d'échappement (Chatain et al. 2022).

L'ammoniac émis naturellement provient principalement du cycle de l'azote et de la dégradation biologique des matières azotées présentes dans les déchets organiques ou le sol.

### C. Impacts

L'ammoniac présente divers effets néfastes pour l'environnement, la qualité de l'air et la santé.

Tout d'abord, il participe à la formation de particules fines dans l'atmosphère dont l'impact sanitaire est évalué à plus de 40 000 décès par an en France (Santé Publique France 2021). En effet, l'ammoniac est reconnu comme étant un précurseur majeur d'aérosols inorganiques secondaires. Lorsque l'ammoniac est émis dans l'air ambiant, il peut réagir avec les produits d'oxydation d'autres polluants gazeux tels que l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (produit par les oxydes d'azote) et l'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (produit par le dioxyde de soufre) pour former du nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et du sulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (figure 3). Ces particules secondaires peuvent représenter une part importante de la composition chimique des particules lors de pics de pollution, notamment au printemps lors des périodes d'épandage.

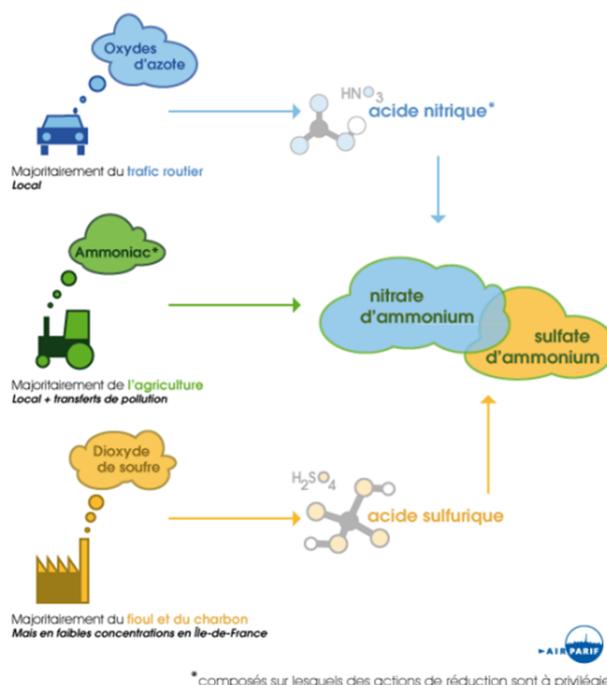


Figure 3 : Schéma de formation d'aérosols atmosphérique à partir des différentes sources d'ammoniac (Source : AirParif)

L'ammoniac peut provoquer des gênes olfactives de par son odeur très piquante. A de fortes concentrations, il peut également entraîner des irritations des voies respiratoires, de la peau et des yeux.

L'ammoniac a un impact environnemental important en raison de sa capacité à perturber le cycle de l'azote. Il participe notamment à l'acidification et à l'eutrophisation des milieux et contribue au changement climatique en altérant le cycle du carbone par ajout d'azote réactif.

### D. Réglementation

L'ammoniac ne fait pas partie des polluants réglementés dans l'air ambiant et, selon l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air, sa surveillance n'est pas obligatoire. Il n'existe donc pas de seuil ni de valeur limite réglementaire dans l'air ambiant, alors que les particules fines, sont réglementées.

#### a) Valeurs limites d'exposition

En France, des Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP) contraignantes sont fixées pour l'ammoniac anhydre (INRS 2021) :

- Valeur limite de Moyenne d'Exposition (VME), 8h d'exposition : 7 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Valeur limite de courte durée (VLCT), 15 minutes d'exposition : 14 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### b) Valeurs toxicologiques de référence

Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est un indice permettant de qualifier ou quantifier un risque pour la santé humaine. Elle permet de caractériser le lien entre l'exposition de l'homme à une substance toxique et l'occurrence ou la sévérité d'un effet nocif observé. En 2018, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a validé trois VTR pour une exposition au  $\text{NH}_3$  par inhalation (ANSES 2018) :

- Pour une exposition aiguë sur une durée de 24h : 5 900  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- Pour une exposition subchronique de 15 à 364 jours : 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (US EPA 2016),
- Pour une exposition chronique à partir de 365 jours : 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (US EPA 2016).

#### c) Valeurs remarquables

Selon une étude réalisée en 2009 aux Pays-Bas, une détérioration de la végétation est observée à partir de concentrations d'ammoniac de 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les lichens et bryophytes et à partir de 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne annuelle) pour les végétaux supérieurs (Cape et al. 2009).

Le seuil olfactif de détection de l'ammoniac est très variable : d'environ 0,03 à 37,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  (0,04 à 53 ppm) (ANSES 2021).

### E. Gammes de concentrations

En l'absence de réglementations sur les concentrations d'ammoniac dans l'air ambiant, les gammes de concentrations observées dans le cadre d'autres études peuvent servir d'éléments de comparaison.

La concentration ubiquitaire<sup>1</sup> de l'ammoniac dans l'air est de l'ordre de **0,4 à 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  (INERIS 2012).

Certains facteurs comme les activités industrielles ou agricoles modifient largement les concentrations attendues. Voici quelques valeurs de concentrations d'ammoniac mesurées par d'autres AASQA dans différents contextes :

Contexte	Concentration moyenne de $\text{NH}_3$ sur la période d'étude en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Période d'étude	Source
Milieu industriel	8 2,6 à 44,6	Quelques mois 2022	Atmo Sud 2018 Atmo Occitanie 2023
Vaste zone de culture	8	Avril à octobre 2015	Atmo AURA 2016
Plage envahie d'algues vertes	1,6 4,4 9,5	Été 2005 Été 2006 2 mois	AirBreizh 2011
Zone d'élevage intensif	37 – 77	2003	AirBreizh 2011
Milieu urbain	2,7 – 9,7 1,7	2002 3 semaines	AirBreizh 2011

Tableau 1 : Concentrations d'ammoniac mesurées par d'autres AASQA

<sup>1</sup> Concentration pouvant être mesurée dans différents compartiments de l'environnement

Les travaux bibliographiques menés par Air Breizh (Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l’Air en région Bretagne) dans le cadre d’une étude sur l’ammoniac rapportent des concentrations de l’ordre du microgramme par mètre cube dans les régions d’agriculture extensive, s’élevant à **30** ou **60**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en zone d’agriculture intensive et atteignant jusqu’à **1000**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en mesure instantanée à 50 mètres sous le vent d’un épandage de lisier (AirBreizh 2011).

## III. Matériels et méthodes

### A. Appareils de mesures

#### a) Analyse en continu : Picarro G2103

L'analyseur automatique Picarro G2103 mesure les niveaux d'ammoniac dans l'air en utilisant la spectroscopie d'absorption infrarouge (IR). Cette technique utilise la capacité de l'ammoniac à absorber les rayons infrarouges à certaines longueurs d'onde pour déterminer sa concentration dans l'air.

Le Picarro G2103 est doté d'un laser infrarouge qui projette un faisceau lumineux sur un échantillon d'air. L'ammoniac dans l'air absorbe une partie de ce faisceau, ce qui réduit son intensité. La réduction de l'intensité du faisceau est mesurée par un détecteur et est proportionnelle à la concentration d'ammoniac dans l'air (Picarro).

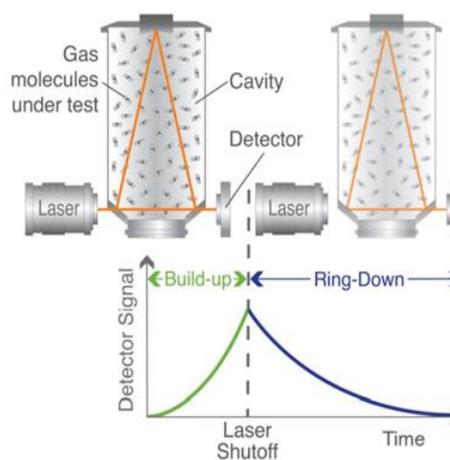


Figure 4 : Principe de fonctionnement du Picarro G2103



Figure 5 : Picarro G2103

Le système comprend une chambre d'échantillonnage qui prélève une petite quantité d'air pour analyse. L'air est aspiré dans la chambre d'échantillonnage, puis soufflé à travers le laser pour mesure. Le processus est répété plusieurs fois par seconde pour obtenir une mesure en continu de la concentration d'ammoniac dans l'air.

L'analyseur Picarro G2103 est conçu pour être fiable, précis et facile à utiliser. Il utilise des algorithmes avancés pour corriger les erreurs de mesure et les interférences causées par d'autres gaz atmosphériques. La limite de détection de cet analyseur est inférieure à 0,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### b) Prélèvement par tubes passifs

Le préleveur passif Radiello 168 est un dispositif qui permet la mesure de la concentration d'ammoniac dans l'air en utilisant la technique du prélèvement passif. Cette technique s'appuie sur le principe de la diffusion passive qui consiste à transférer de la matière sous l'effet d'un gradient de concentration afin de piéger le polluant recherché.

Le tube Radiello est composé d'un corps diffusif et d'une cartouche de prélèvement, imprégnée d'acide phosphorique qui piège l'ammoniac sous forme d'ion ammonium (LCSQA 2021).

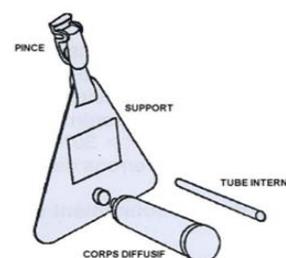


Figure 6 : Schéma tubes passifs

Les tubes passifs sont exposés à l'air ambiant pendant une période de 14 jours puis analysés ultérieurement par le laboratoire LASAIR d'AirParif. La quantité d'ammoniac absorbée est déterminée par spectrophotométrie. Les résultats sont fournis avec une incertitude de  $\pm 5,6 \mu\text{g}$  soit  $\pm 13,9\%$ . Les sources d'incertitudes proviennent de l'étalonnage, de la répétabilité, de la dérive, de la linéarité, du niveau de blanc et du volume de réactif introduit.

La concentration moyenne d'ammoniac sur la période d'échantillonnage est calculée à partir de la masse piégée, du débit d'échantillonnage et de la durée d'exposition.

## B. Stratégie de surveillance

En 2024, l'ammoniac est mesuré sur quatre sites en région Centre-Val de Loire comme présenté sur la figure 7. Les sites de Oysonville et de Verneuil sont des sites ruraux, tandis que le site Tours présente une typologie périurbaine et le site d'Orléans une typologie urbaine de proximité trafic.

A Oysonville et Verneuil, l'ammoniac est mesuré en continu à l'aide de l'analyseur automatique Picarro G2103 respectivement depuis décembre 2021 et depuis début janvier 2024.

A Orléans (station Gambetta) et Tours (station Tours périurbaine), l'ammoniac est mesuré par prélèvement passif à l'aide de cartouches Radiello 168. En 2024, 26 prélèvements consécutifs (25 à Orléans), tous d'une durée de 14 jours, ont été effectués sur ces deux sites du 08 janvier 2024 au 07 janvier 2025 (voir tableau 6 en annexes).

Le tableau 2 présente les caractéristiques des sites de prélèvement.

Site	Typologie	Appareil de mesure	Période de mesure
<b>Oysonville</b>	Rurale	Picarro G2103	Mesures en continu à partir du 20/12/2021
<b>Verneuil</b>	Rurale	Picarro G2103	Mesures en continu à partir du 09/01/2024
<b>Tours péri-urbaine</b>	Péri-urbaine	Tubes passifs Radiello	Mesures toutes les 2 semaines du 08/01/2024 au 07/01/2025
<b>Gambetta</b>	Proximité trafic	Tubes passifs Radiello	Mesures toutes les 2 semaines du 08/01/2024 au 06/01/2025

Tableau 2 : Caractéristiques des points de prélèvement  $\text{NH}_3$  dans la région Centre-Val de Loire

Les stations de mesures des particules en suspension  $\text{PM}_{10}$  Fulbert, Gambetta et Joué-lès-Tours et des particules en suspension  $\text{PM}_{2,5}$  à Verneuil (sites fixes de surveillance de Lig'Air les plus proches des sites de mesures de  $\text{NH}_3$ ) ont également été utilisées dans cette étude afin de comparer les évolutions des niveaux d'ammoniac à celles des  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$ . La carte ci-dessous permet de localiser les sites de mesure de l'ammoniac, celles des  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$  ainsi que les stations météorologiques de Météo-France utilisées dans le cadre de cette étude.

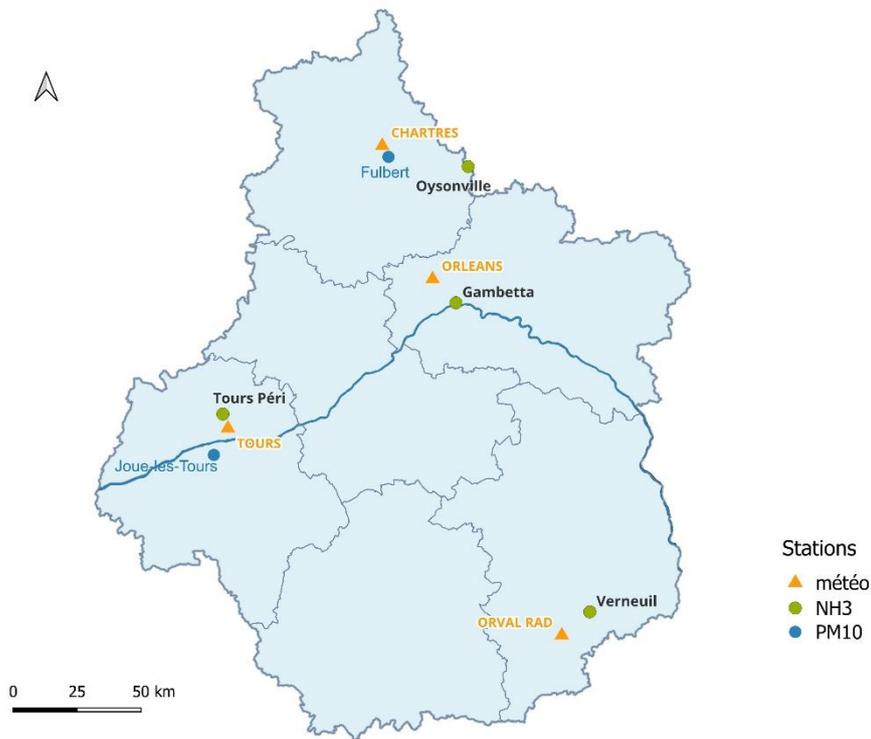


Figure 7 : Localisation des stations de mesures NH<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> et des stations météorologiques de Météo-France

La figure 8 présente une cartographie des types de cultures en région Centre-Val-de-Loire. D'après cette carte, le site de Oysonville est localisé dans une zone d'activités agricoles de type grandes cultures alors que le site de Verneuil se situe dans une zone de polyculture et polyélevage.

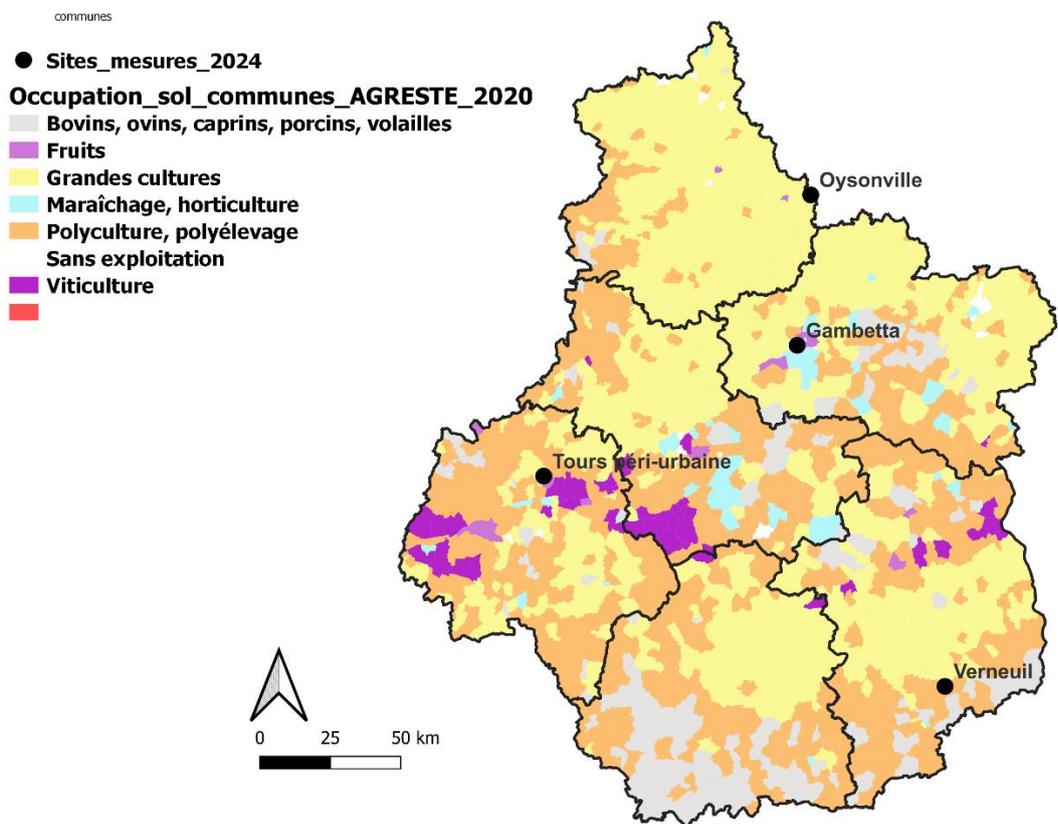


Figure 8 : Cartographie des types de cultures en région Centre-Val-de-Loire (Source : AGRESTE Recensement agricole 2020)

## IV. Résultats

### A. Analyse en continu

Le taux de fonctionnement de l'analyseur Picarro sur l'année 2024 est de 99% à Oysonville et de 94% à Verneuil.

#### a) Evolutions temporelles

##### Oysonville

L'évolution des concentrations moyennes journalières d'ammoniac mesurées à Oysonville pendant l'année 2024 (figure 9) fait apparaître une variabilité saisonnière des niveaux d'ammoniac à Oysonville avec des concentrations plus élevées au printemps et notamment des pics de concentrations dépassant régulièrement les  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en mars et entre juillet et novembre.

NH3 - Evolution journalière 2024 à Oysonville

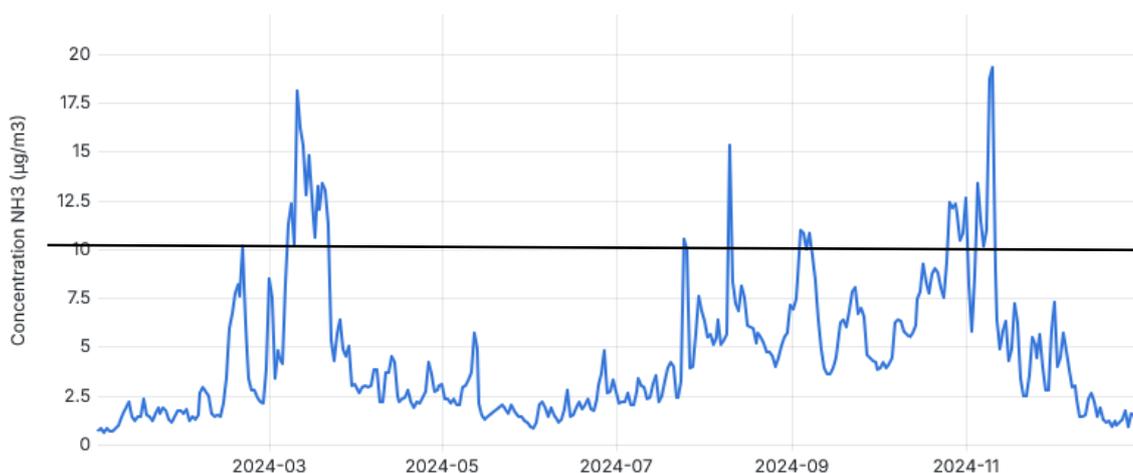


Figure 9 : Concentrations moyennes journalières de  $\text{NH}_3$  à la station Oysonville pendant l'année 2024

En 2024, la concentration moyenne annuelle d'ammoniac est de  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les maxima journaliers et horaires atteignent respectivement  $19,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 10 novembre et  $74,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 10 août à 15h (tableau 3). Ainsi, les concentrations d'ammoniac mesurées à Oysonville restent largement inférieures aux VTR, que ce soit pour une exposition aigue ( $5\,900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ou pour une exposition subchronique ou chronique ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

	Concentration $\text{NH}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Date
Moyenne	4,6		2024
Maximum horaire	74,8		10/08/2024 15:00
Maximum journalier	19,3		10/11/2024

Tableau 3 : Statistiques des données de  $\text{NH}_3$  mesuré avec le Picarro en 2024 à Oysonville

Le seuil olfactif minimal de l'ammoniac de  $0,04 \text{ ppm}$  (ou environ  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est atteint durant un total de 10h le 11/03/2024 de 10h à 13h, 25/07/2024 de 23h au 26/07 00h et le 10/08/2024 de 15h à 17h.

La saisonnalité des niveaux d'ammoniac à Oysonville est confirmée par la figure 10 qui présente les concentrations moyennes mensuelles de  $\text{NH}_3$  en 2024. Les mois de mars et octobre sont les mois pendant lesquels les niveaux d'ammoniac étaient les plus importants avec des moyennes mensuelles atteignant respectivement  $9,0$  et  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Cette saisonnalité s'explique par le fait que mars et octobre sont les mois où ont lieu les périodes d'épandages qui émettent de l'ammoniac dans l'air ambiant. En effet, comme montré sur la figure 8, Oysonville se situe dans une zone d'activité agricole de type grandes

cultures, ainsi les pics d'ammoniac observés au printemps sont probablement liés à l'apport d'engrais azotés dans les sols à proximité de la station. A l'inverse, les niveaux d'ammoniac les plus faibles sont mesurés en janvier et entre avril et juillet, période durant laquelle les activités agricoles sont les moins importantes pour cette année 2024.

NH<sub>3</sub> - Profil mensuel 2024 à Oysonville

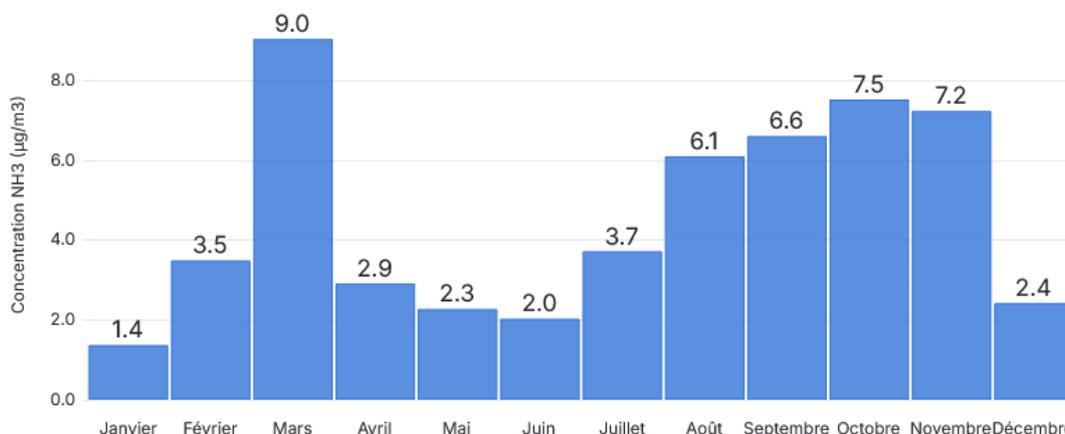


Figure 10 : Concentrations moyennes mensuelles en NH<sub>3</sub> à la station Oysonville pendant l'année 2024

## Verneuil

L'évolution des concentrations moyennes journalières d'ammoniac mesurées à Verneuil pendant l'année 2024 (figure 11) fait apparaître une variabilité saisonnière des niveaux d'ammoniac à Verneuil avec des concentrations plus élevées en hiver et notamment des pics de concentrations dépassant parfois les 4 µg/m<sup>3</sup> entre janvier et mars et en août.

NH<sub>3</sub> - Evolution journalière 2024 à Verneuil

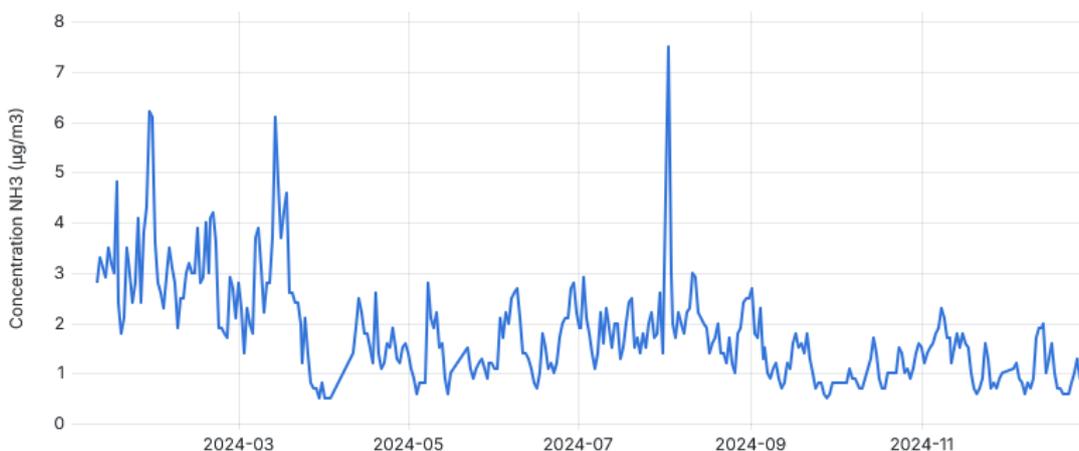


Figure 11 : Concentrations moyennes journalières de NH<sub>3</sub> à la station Verneuil pendant l'année 2024

En 2024, la concentration moyenne annuelle d'ammoniac est de 1,8 µg/m<sup>3</sup>. Les maxima journaliers et horaires atteignent respectivement 7,5 µg/m<sup>3</sup> le 02 août et 25,1 µg/m<sup>3</sup> le 30 janvier 2024 à 17h (tableau 4). Ainsi, les concentrations d'ammoniac mesurés à Verneuil restent largement inférieures aux VTR, que ce soit pour une exposition aigue (5 900 µg/m<sup>3</sup>) ou pour une exposition subchronique ou chronique (500 µg/m<sup>3</sup>).

	Concentration NH <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		Date
<b>Moyenne</b>	1,8		2024
<b>Maximum horaire</b>	25,1		30/01/2024 17:00
<b>Maximum journalier</b>	7,5		02/08/2024

Tableau 4 : Statistiques des données de NH<sub>3</sub> mesuré avec le Picarro en 2024 à Verneuil

Le seuil olfactif minimal de l'ammoniac de 0,04 ppm (ou environ 30 µg/m<sup>3</sup>) n'a pas été atteint sur le site de Verneuil.

La saisonnalité des niveaux d'ammoniac à Verneuil est confirmée par la figure 12 qui présente les concentrations moyennes mensuelles de NH<sub>3</sub> en 2024. Les mois de janvier et février sont les mois pendant lesquels les niveaux d'ammoniac étaient les plus importants avec des moyennes mensuelles atteignant respectivement 3,4 et 2,8 µg/m<sup>3</sup>.

NH3 - Profil mensuel 2024 à Verneuil

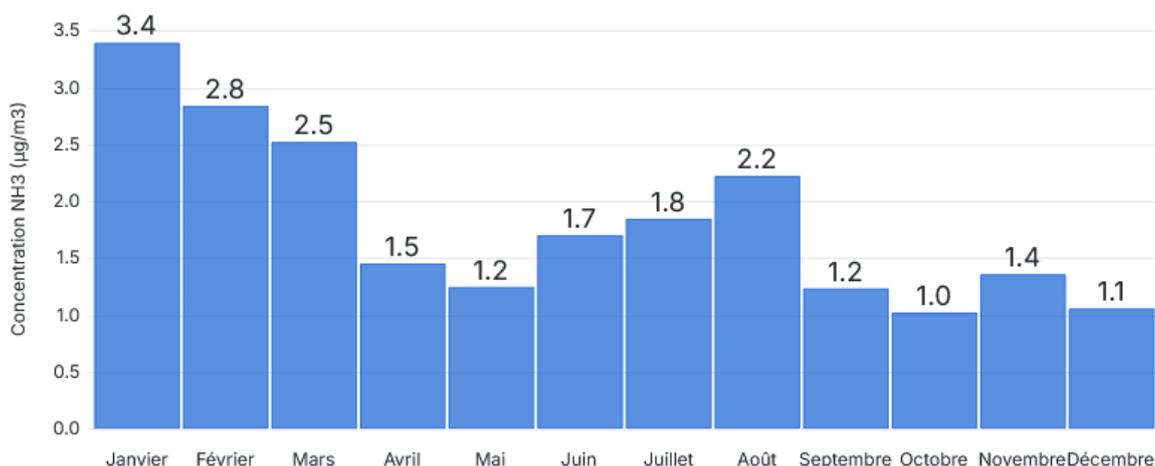


Figure 12 : Concentrations moyennes mensuelles en NH<sub>3</sub> à la station Verneuil pendant l'année 2024

## b) Profils moyens

### Oysonville

Le profil journalier de l'ammoniac mesuré à Oysonville moyenné sur l'année 2024 est présenté en figure 13. Sur cette même figure, il est comparé aux profils moyens de la température et de l'humidité relative. Les données météorologiques sont issues de la station Météo France de Chartres (station météo la plus proche d'Oysonville). Le profil moyen journalier de l'ammoniac présente un profil en cloche avec une augmentation des concentrations dans la matinée et un maximum atteint en début d'après-midi. Les concentrations maximales d'ammoniac sont atteintes lorsque la température de l'air augmente et que l'humidité relative est minimale mettant en évidence le phénomène de volatilisation de l'ammoniac depuis le sol.

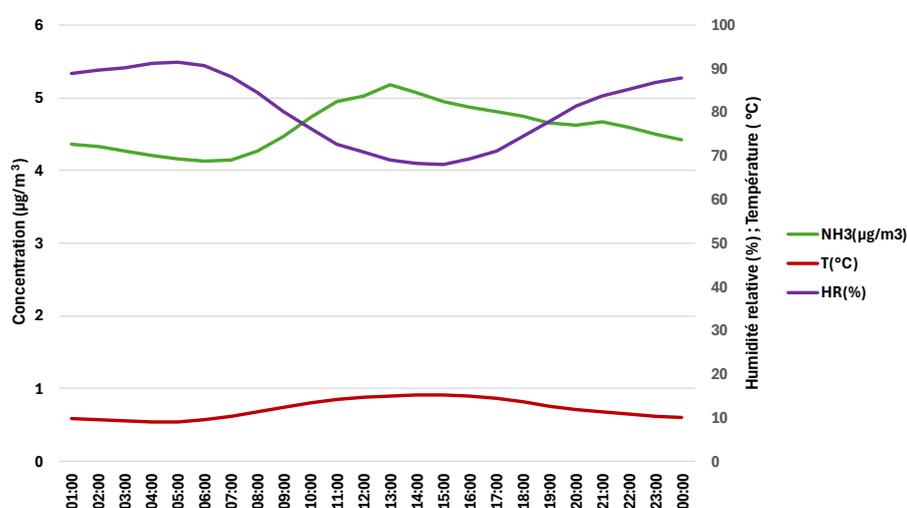


Figure 13 : Comparaison des profils moyens journaliers de l'ammoniac mesuré à Oysonville et des profils moyens journaliers de l'humidité relative et de la température mesurées à Chartres en 2024

### Verneuil

Le profil journalier de l'ammoniac mesuré à Verneuil moyenné sur l'année 2024 est présenté en figure 14. Sur cette même figure, il est comparé aux profils moyens de la température et de l'humidité relative. Les données météorologiques sont issues de la station Météo France d'Orval-Rad (station météo la plus proche de Verneuil). Le profil moyen journalier de l'ammoniac présente un profil en cloche avec une augmentation des concentrations dans la matinée et un maximum atteint en début d'après-midi. Les concentrations maximales d'ammoniac sont atteintes lorsque la température de l'air augmente et que l'humidité relative est minimale mettant en évidence le phénomène de volatilisation de l'ammoniac depuis le sol.

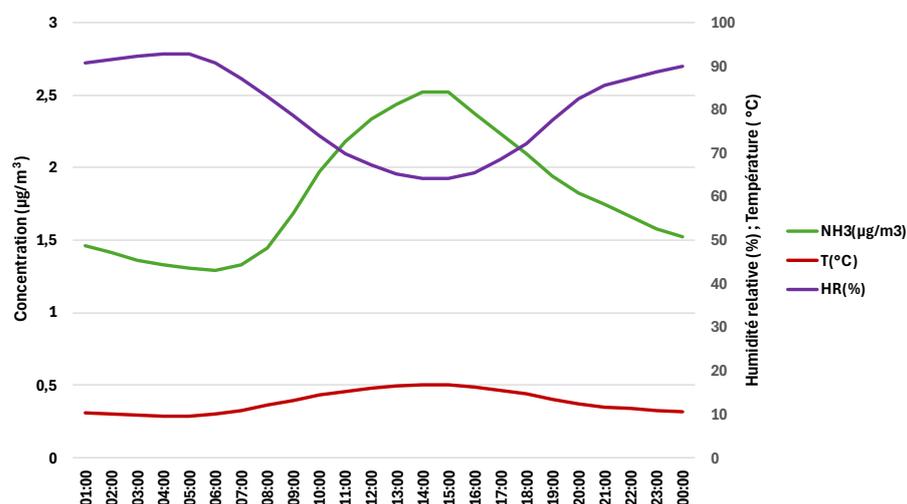


Figure 14 : Comparaison des profils moyens journaliers de l'ammoniac mesuré à Verneuil et des profils moyens journaliers de l'humidité relative et de la température mesurés à Orval-Rad en 2024

### c) Comparaison avec les niveaux nationaux

Il est intéressant de comparer les niveaux d'ammoniac mesurés à Oysonville et Verneuil à ceux mesurés dans d'autres régions de France. La figure 15 rassemble les stations de mesures d'ammoniac utilisées pour cette comparaison.



Figure 15 : Localisation des stations de mesure automatique NH<sub>3</sub> en France (Source : Géod'Air)

Les concentrations moyennes de NH<sub>3</sub> mesurées en 2024 avec un Picarro G2103 aux stations de différentes AASQA (Atmo Grand Est, Air Breizh, Air Pays de la Loire, Atmo Bourgogne-Franche-Comté et Lig'Air) sont présentées sur la figure 16. Il faut noter que l'on a sélectionné

uniquement les stations possédant un taux de fonctionnement supérieur à 80%. Les stations urbaines sont représentées en bleu sur le graphe et les stations rurales en vert. Les moyennes annuelles en France en 2024 varient entre 1,3 et 4,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les niveaux d'ammoniac mesurés à Oysonville et à Verneuil sont donc comparables aux niveaux mesurés dans d'autres régions de France. Toutefois, c'est sur la station d'Oysonville que l'on observe la valeur de la moyenne annuelle la plus élevée.

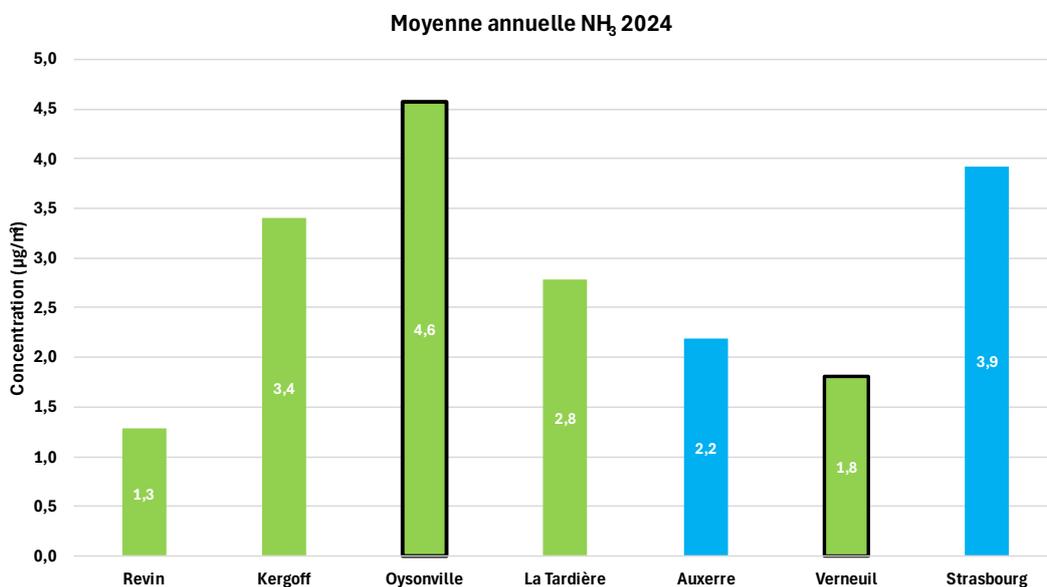


Figure 16 : Concentrations moyennes d'ammoniac mesurées par Picarro G2103 en 2024 par différentes AASQA avec en bleu les stations urbaines et en vert les stations rurales (Source : Géodair)

## B. Analyse par tubes passifs

### a) Evolutions temporelles

Les évolutions des concentrations d'ammoniac mesurées par tubes passifs sur les stations de Tours péri-urbaine et d'Orléans Gambetta pendant l'année 2024 sont regroupées sur la figure 17 ci-après. Les concentrations mesurées à Oysonville et Verneuil avec des analyseurs automatiques sont également représentées sur cette figure et ont été moyennées sur les périodes de prélèvement des tubes passifs dans un but de comparaison.

Des tendances similaires sont observées aux stations d'Orléans et Tours mais aussi à Verneuil avec des valeurs évoluant entre 0,3 et 3,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sur ces sites, les activités agricoles semblent ainsi avoir eu un impact sur les niveaux d'ammoniac mesurés au printemps pendant la période des épandages mais aussi la proximité du trafic pour la station Gambetta un peu plus visible en été.

La station d'Oysonville présente des évolutions différentes avec des niveaux plus fluctuants jusqu'à plus de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au printemps mais aussi en fin d'automne. Cette station semble avoir été impactée plus directement par des activités émettrices d'ammoniac.

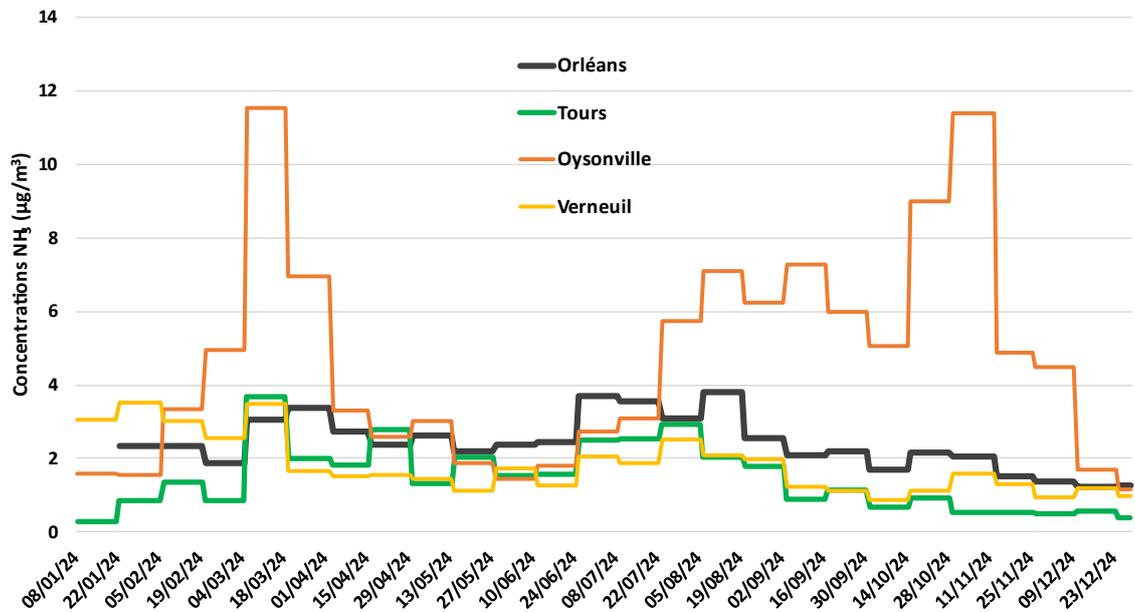


Figure 17 : Evolutions des concentrations de NH<sub>3</sub> moyennées sur les périodes de prélèvements à Orléans-Gambetta et à Tours péri-urbaine, à Oysonville et Verneuil

Les statistiques des mesures sont regroupées dans le tableau 5 et représentées sur la figure 18. Les moyennes annuelles des stations varient entre 1,5 µg/m<sup>3</sup> à Orléans Gambetta et 2,4 µg/m<sup>3</sup> à Tours péri-urbaine. Pour les stations équipées d'un analyseur automatique, on observe une moyenne annuelle respectivement de 4,6 µg/m<sup>3</sup> à Oysonville et de 1,8 µg/m<sup>3</sup> à Verneuil.

	Tours péri-urbaine	Orléans Gambetta	Oysonville	Verneuil
Moyenne NH <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2,4	1,5	4,6	1,8
Max NH <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	3,7	3,8	11,5	3,5
Dates du max	04 au 18 mars	05 au 19 août	04 au 18 mars	22 janvier au 3 février

Tableau 5 : Statistiques sur les concentrations de NH<sub>3</sub> mesurées pendant la campagne à Tours péri-urbaine, Orléans Gambetta à l'aide des tubes passifs et Verneuil et Oysonville avec l'analyseur PICARRO G2103

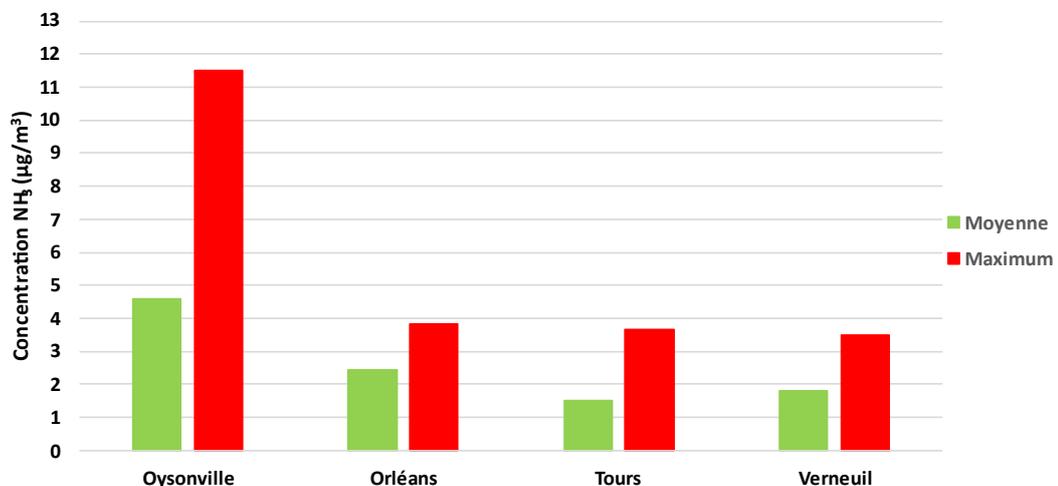


Figure 18 : Evolutions des concentrations de NH<sub>3</sub> des prélèvements par tubes passifs à Orléans-Gambetta et à Tours péri-urbaine, à l'aide du PICARRO G2103 à Oysonville et Verneuil pour l'année 2024

La station de Oysonville située en zone de polyculture présente la moyenne annuelle et le maximum le plus fort suivi par la station trafic d'Orléans ce qui prouve qu'une influence trafic peut aussi générer des concentrations en ammoniac. L'influence de l'élevage pour la station de Verneuil semble avoir un effet modéré sur les concentrations d'ammoniac. Enfin la valeur la plus faible est observée sur la station péri-urbaine de Tours.

#### b) Corrélation avec les particules en suspension : PM<sub>10</sub>

L'ammoniac étant un précurseur des particules fines dans l'air ambiant, il est intéressant de comparer l'évolution des concentrations d'ammoniac à celle des concentrations des PM<sub>10</sub> (cf. partie II.C).

Les stations de mesures de l'ammoniac d'Oysonville et de Tours péri-urbaine ne sont pas équipées d'analyseur mesurant les PM. Pour réaliser cette comparaison, les stations PM les plus proches des stations NH<sub>3</sub> sont la station Chartres Fulbert pour les mesures à Oysonville et la station Joué-lès-Tours pour les mesures à Tours péri-urbaine. Les stations Orléans Gambetta et Verneuil sont, quant à elles, équipées respectivement d'un analyseur PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>.

Les évolutions des concentrations d'ammoniac et des particules en suspension (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) aux différentes stations en 2024 sont présentées sur les figures 18, 19, 20 et 21.

Il est à noter qu'en 2024 aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation en PM<sub>10</sub> (moyenne journalière supérieure à 50 µg/m<sup>3</sup>) n'a été relevé sur l'ensemble de la région Centre-Val de Loire.

A la station Gambetta d'Orléans (figure 18), on observe une relative correspondance un peu plus nette en été entre les concentrations de PM<sub>10</sub> et de NH<sub>3</sub> moyennée sur les périodes de mesure. A la station de Tours péri-urbaine (figure 19), la correspondance entre les concentrations de PM<sub>10</sub> mesurées à Joué-lès-Tours et de NH<sub>3</sub> moyennée sur les périodes de mesure est moins nette mais s'observe toutefois là encore plus en été et au début de l'automne.

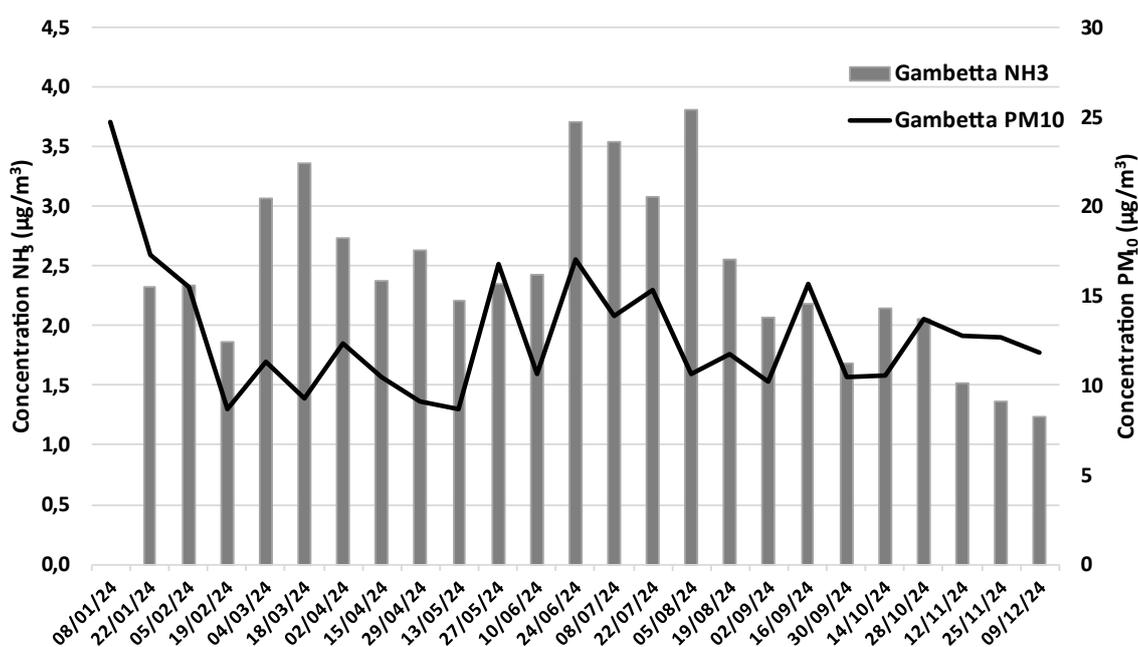


Figure 19 : Evolutions des concentrations de NH<sub>3</sub> et PM<sub>10</sub> à Gambetta en 2024

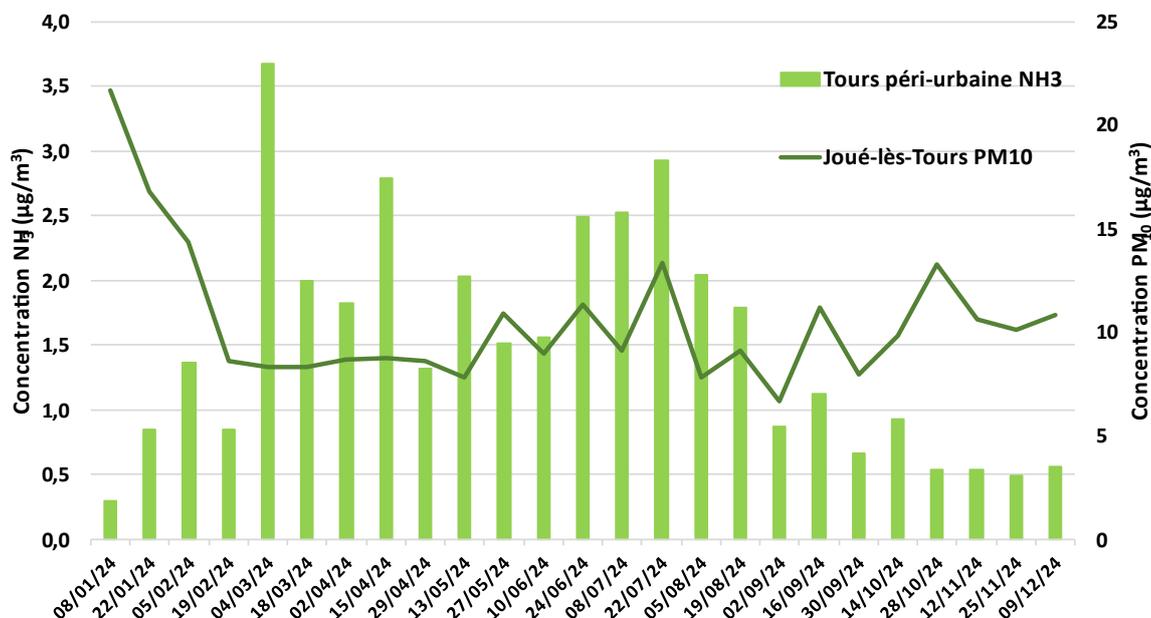


Figure 20 : Evolutions des concentrations de NH<sub>3</sub> à Tours péri-urbaine et des PM<sub>10</sub> à Joué-lès-Tours en 2024

Concernant les mesures fixes, la comparaison entre les concentrations du NH<sub>3</sub> et des PM<sub>10</sub> ou PM<sub>2,5</sub> peut être faite avec les moyennes journalières.

Pour Oysonville, on utilise les données de la station la plus proche mesurant les particules à Fulbert. Au printemps et à l'automne on a une bonne corrélation avec des valeurs plus élevées à la fois en ammoniac et en particules PM<sub>10</sub> (figure 20).

Pour Verneuil (figure 21), cette comparaison est faite avec les mesures de particules PM<sub>2,5</sub> réalisées sur la même station qui ont souvent des valeurs faibles, inférieures à 10 µg/m<sup>3</sup>.

En hiver, les concentrations en particules sont plus fortes en raison des émissions dues notamment au chauffage au bois alors que les concentrations d'ammoniac restent faibles.

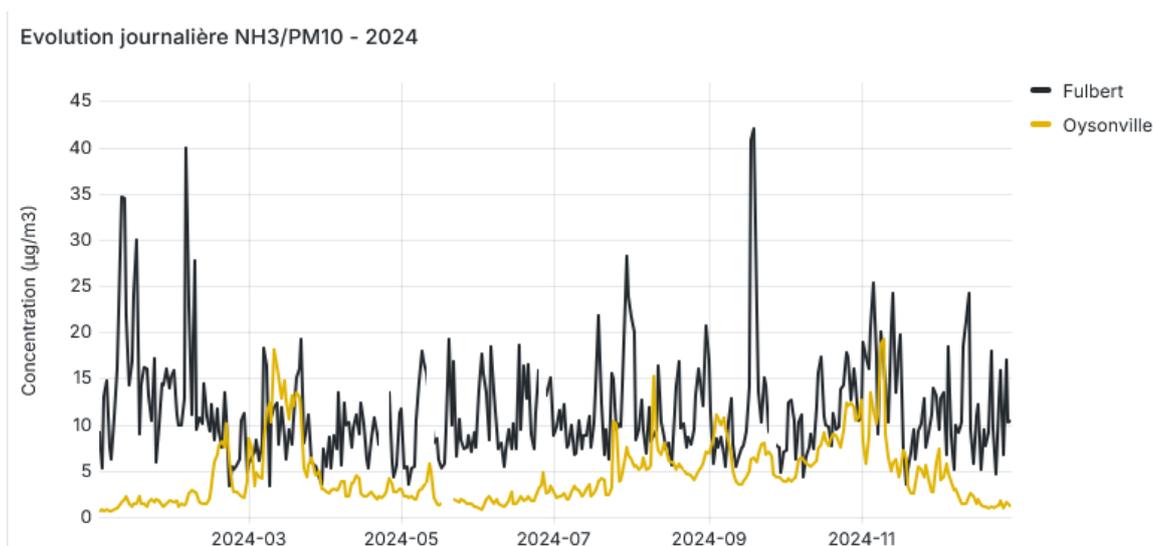


Figure 21 : Evolutions des concentrations moyennes journalières de NH<sub>3</sub> à Oysonville et PM<sub>10</sub> à Fulbert en 2024

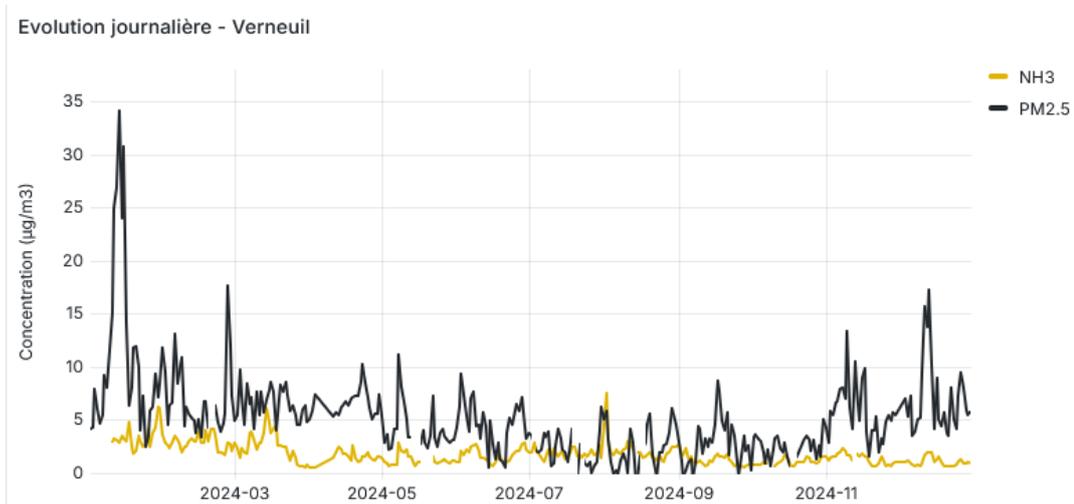


Figure 22 : Evolutions des concentrations moyennes journalières de NH<sub>3</sub> et PM<sub>2,5</sub> à Verneuil en 2024

### c) Comparaison à l'historique

La figure 22 permet de comparer les concentrations moyennes en ammoniac mesurées depuis 2021 à Bazoches et Saint-Cyr-en-Val et depuis 2022 à Oysonville ainsi que celles mesurées en 2024 à Orléans et Tours. Les niveaux d'ammoniac sont globalement comparables d'une année à l'autre. On constate tout de même que les concentrations d'ammoniac ont légèrement augmenté à Bazoches et Oysonville en 2023 alors qu'elles ont diminué à Saint-Cyr-en-Val. Les valeurs observées en 2024 se situent dans la même gamme de valeurs. La valeur sur le site trafic à Orléans est plus forte que celle mesurée à Saint-Cyr-en-Val. En revanche, la valeur sur le site péri-urbain de Tours est tout à fait comparable aux valeurs de Saint-Cyr-en-Val. Ces évolutions annuelles peuvent être expliquées par des conditions météorologiques (température, humidité, vents) plus ou moins favorables à la volatilisation de l'ammoniac d'une année à l'autre et/ou par des changements dans les périodes de réalisation des activités agricoles et éventuellement dans le changement de pratiques.

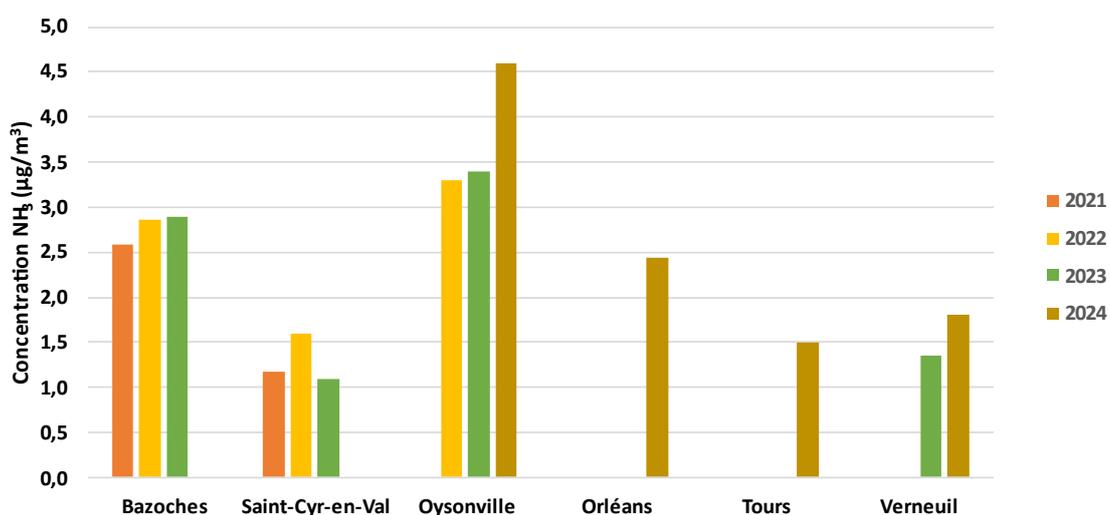


Figure 23 : Comparaison des moyennes annuelles d'ammoniac mesurées aux stations Saint-Cyr-en-Val, Bazoches, Oysonville, Orléans et Tours entre 2021 et 2024

Les statistiques des données d'ammoniac mesurées depuis 2021 en région Centre-Val-de-Loire sont présentées dans le tableau 6. Chaque année, les concentrations maximales sont souvent mesurées entre fin février et mi-mars. Par contre, en 2024 on a observé les valeurs maximales en août à Orléans Gambetta et à Verneuil ou en novembre à Oysonville.

Station	Année	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Date du Max
Saint-Cyr-en-Val	2021	1,1	3,7	22 février au 8 mars
	2022	1,6	4,7	14 au 28 mars
	2023	1,1	3,1	20 février au 6 mars
Bazoches	2021	2,6	8,9	8 au 22 mars
	2022	3,0	8,3	14 au 28 mars
	2023	2,9	6,0	20 février au 6 mars
Oysonville	2022	3,3	7,1	14 au 28 mars
	2023	3,4	13,1	6 au 20 mars
Oysonville*	2024	4,6	19,3	10 novembre 2024
Tours péri-urbaine	2024	1,5	3,7	4 au 18 mars 2024
Orléans Gambetta	2024	2,4	3,8	05 au 19 août
Verneuil*	2024	1,8	7,5	02 aout 2024

Tableau 6 : Statistiques sur les concentrations d'ammoniac mesurées par tubes passifs et par Picarro (signalé par une étoile) entre 2021 et 2024

## V. Conclusion

Cette étude avait pour objectif de dresser un état des lieux sur les niveaux et le comportement de l'ammoniac dans la région Centre-Val de Loire.

Les concentrations moyennes d'ammoniac mesurées à Oysonville et Verneuil à l'aide d'un analyseur PICARRO G2103 et à Orléans et Tours en 2024 à l'aide de tubes à diffusion passive sont respectivement de 4,6 ; 1,8 ; 2,4 et 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations moyennes mesurées dans la région sont cohérentes avec les niveaux d'ammoniac rapportés dans la littérature et dans les études d'autres AASQA. De plus, les niveaux d'ammoniac dans la région restent largement inférieurs aux valeurs toxicologiques de références chroniques et subchroniques (500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La variabilité des concentrations moyennes dans différents sites peut s'expliquer par la situation géographique de ces derniers par rapport aux principales sources d'émissions. En effet, les niveaux moyens d'ammoniac les plus bas ont été mesurés à la station Tours péri-urbaine et les plus hauts aux stations rurales Oysonville. Les activités agricoles liées aux grandes cultures ont donc bien un impact sur les concentrations d'ammoniac dans la région.

Une hausse des niveaux d'ammoniac au printemps et en été, liée aux émissions des activités agricoles à cette période (épandages) est constatée sur les deux sites ruraux Oysonville et Verneuil. Cependant, les pics d'ammoniac observés pendant cette période n'ont pas engendré d'épisode printanier de pollution aux particules.

L'évolution pluriannuelle des concentrations d'ammoniac mesurées en région Centre-Val de Loire depuis 2021 montre des niveaux comparables d'une année à l'autre.

Le suivi de l'ammoniac va continuer en 2025 en région Centre-Val de Loire uniquement par mesure automatique à l'aide d'analyseurs PICARRO G2103. L'amélioration des connaissances sur la présence et le comportement de ce polluant va se poursuivre en collaboration avec des laboratoires de recherche dans le cadre du projet JUNON initié en 2023. A partir de 2025

A partir de l'année 2025 et jusqu'en 2027, Lig'Air va participer au projet AgriAir en partenariat avec la Chambre régionale d'agriculture qui a pour but notamment de sensibiliser et accompagner les agriculteurs pour réduire leurs émissions d'ammoniac. Un outil d'aide à la décision Agrivision'air développé pour la Bretagne (dans le cadre du projet ABAA Life 2021) va être adapté pour notre région. Il permet de simuler les pertes d'azote par volatilisation pour le jour même et les 2 jours à venir en fonction du matériel, des pratiques et de la période d'apport. De plus, Lig'Air développera aussi une prévision quotidienne des concentrations d'ammoniac.

## VI. Bibliographie

- ADEME. 2011. « Synthèse bibliographique sur la contribution de l'agriculture à l'émission de particules vers l'atmosphère : identification de facteurs d'émission ». [https://expertises.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/Etude\\_Particules\\_Agriculture\\_2011.pdf](https://expertises.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/Etude_Particules_Agriculture_2011.pdf).
- ADEME. « Les émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) – Ademe ». *Agence de la transition écologique*. <https://expertises.ademe.fr/professionnels/entreprises/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/emissions-dammoniac-nh3> (27 mars 2023).
- AirBreizh. 2011. « Mesure de l'ammoniac à Lamballe ». [https://www.airbreizh.asso.fr/voy\\_content/uploads/2018/04/rr\\_nh3\\_lamballe\\_2010\\_v1.pdf](https://www.airbreizh.asso.fr/voy_content/uploads/2018/04/rr_nh3_lamballe_2010_v1.pdf).
- ANSES. 2018. « Elaboration de VTR aigue, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2016SA0118Ra.pdf>.
- ANSES. 2021. « Valeurs guides de qualité d'air intérieur : L'ammoniac ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2020SA0122Ra.pdf>.
- Atmo AURA. 2016. « Mesures de l'ammoniac dans l'atmosphère ». [https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/sites/aura/files/content/migrated/atoms/files/mesures\\_de\\_la\\_mmoniac\\_dans\\_latmosphere.pdf](https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/sites/aura/files/content/migrated/atoms/files/mesures_de_la_mmoniac_dans_latmosphere.pdf).
- Atmo Occitanie. 2023. « Bilan 2022 des mesures d'ammoniac dans l'air ambiant dans l'environnement d'ORANO CE Malvési ». [https://www.atmo-occitanie.org/sites/default/files/publications/2023-04/Rapport%20Etude\\_ORANO%20MALVESI\\_%20Rapport%20ETU-2022-249\\_Bilan%202022%20des%20mesures%20d%27ammoniac%20dans%20l%27environnement%20d%27Orano%20CE%20Malv%C3%A9si%20rapport%20annuel%2022.pdf](https://www.atmo-occitanie.org/sites/default/files/publications/2023-04/Rapport%20Etude_ORANO%20MALVESI_%20Rapport%20ETU-2022-249_Bilan%202022%20des%20mesures%20d%27ammoniac%20dans%20l%27environnement%20d%27Orano%20CE%20Malv%C3%A9si%20rapport%20annuel%2022.pdf).
- Atmo Sud. 2018. « Campagne de mesures de l'ammoniac dans la zone de Marseille Saint-Menet ». [https://www.atmosud.org/sites/sud/files/content/migrated/atoms/files/2018-12-21\\_rapport\\_final\\_nh3\\_arkema\\_vf.pdf](https://www.atmosud.org/sites/sud/files/content/migrated/atoms/files/2018-12-21_rapport_final_nh3_arkema_vf.pdf).
- Cape, John Neil, Ludger van der Eerden, Andreas Fangmeier, John Ayres, Simon Bareham, Roland Bobbink, Christina Branquinho, et al. 2009. « Critical Levels for Ammonia ». In *Atmospheric Ammonia: Detecting Emission Changes and Environmental Impacts*, éd. Mark A. Sutton, Stefan Reis, et Samantha M.H. Baker. Dordrecht: Springer Netherlands, 375-82. doi:10.1007/978-1-4020-9121-6\_22.
- Chatain, Mélodie, Eve Chretien, Sabine Crunaire, et Emmanuel Jantzem. 2022. « Road Traffic and Its Influence on Urban Ammonia Concentrations (France) ». *Atmosphere* 13(7): 1032. doi:10.3390/atmos13071032.
- CITEPA. 2020. « Ammoniac ». *Citepa*. <https://www.citepa.org/fr/2020-nh3/> (27 mars 2023).
- Décret n° 2022-1654. 2022. 2022-1654 *Décret n° 2022-1654 du 26 décembre 2022 définissant les trajectoires annuelles de réduction des émissions de protoxyde d'azote et d'ammoniac du secteur agricole jusqu'en 2030*.

- INERIS. 2012. « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Ammoniac ».
- INERIS. 2015. « Episodes de pollution particule en France : quels enseignements tirer des récents épisodes ? ».
- INRS. 2021. « Fiche toxicologique synthétique n°16 - Ammoniac et solutions aqueuses ».
- LCSQA. 2021. « Guide méthodologique pour la mesure des concentrations en ammoniac dans l'air ambiant ».  
[https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2019-Guide%20m%C3%A9thodologique%20ammoniac\\_vf\\_pour%20r%C3%A9f%C3%A9rentiel.pdf](https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2019-Guide%20m%C3%A9thodologique%20ammoniac_vf_pour%20r%C3%A9f%C3%A9rentiel.pdf).
- ODACE. « Polluants à Effet Sanitaire ». <https://odace.ligair.fr/polluants-effet-sanitaire> (24 mars 2023).
- Picarro. « G2103/G2308/G2508/G2509 Analyzer user manual ».
- PREPA. « Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques 2022-2025 ». [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23028\\_PREPA\\_BATweb.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23028_PREPA_BATweb.pdf) (12 juin 2023).
- Santé Publique France. 2021. « Pollution de l'air ambiant : nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français ».  
<https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais> (10 mai 2023).

## VII. Annexes

### A. Localisation des sites de prélèvement $\text{NH}_3$



Figure 24 : Localisation des sites de prélèvement  $\text{NH}_3$  (Source : Google Maps)

### B. Photo d'une cartouche Radiello 168



Figure 25 : Photo d'une cartouche Radiello 168

### C. Date des prélèvements par tubes passifs

ID	Date de pose	Date de dépose
NH3 2-24	08/01/2024	22/01/2024
NH3 4-24	22/01/2024	05/02/2024
NH3 6-24	05/02/2024	19/02/2024
NH3 8-24	19/02/2024	04/03/2024
NH3 10-24	04/03/2024	18/03/2024
NH3 12-24	18/03/2024	02/04/2024
NH3 14-24	02/04/2024	15/04/2024
NH3 16-24	15/04/2024	29/04/2024
NH3 18-24	29/04/2024	13/05/2024
NH3 20-24	13/05/2024	27/05/2024
NH3 22-24	27/05/2024	10/06/2024
NH3 24-24	10/06/2024	24/06/2024
NH3 26-24	24/06/2024	08/07/2024
NH3 28-24	08/07/2024	22/07/2024
NH3 30-24	22/07/2024	05/08/2024
NH3 32-24	05/08/2024	19/08/2024
NH3 34-24	19/08/2024	02/09/2024
NH3 36-24	02/09/2024	16/09/2024
NH3 38-24	16/09/2024	30/09/2024
NH3 40-24	30/09/2024	14/10/2024
NH3 42-24	14/10/2024	28/10/2024
NH3 44-24	28/10/2024	12/11/2024
NH3 46-24	12/11/2024	25/11/2024
NH3 48-24	25/11/2024	09/12/2024
NH3 50-24	09/12/2024	23/12/2024
NH3 52-24	23/12/2024	06/01/2024 (07/01/2024 à Tours)

Tableau 7 : Date de pose et dépose des tubes passifs

### D. Cartographie des émissions d'ammoniac

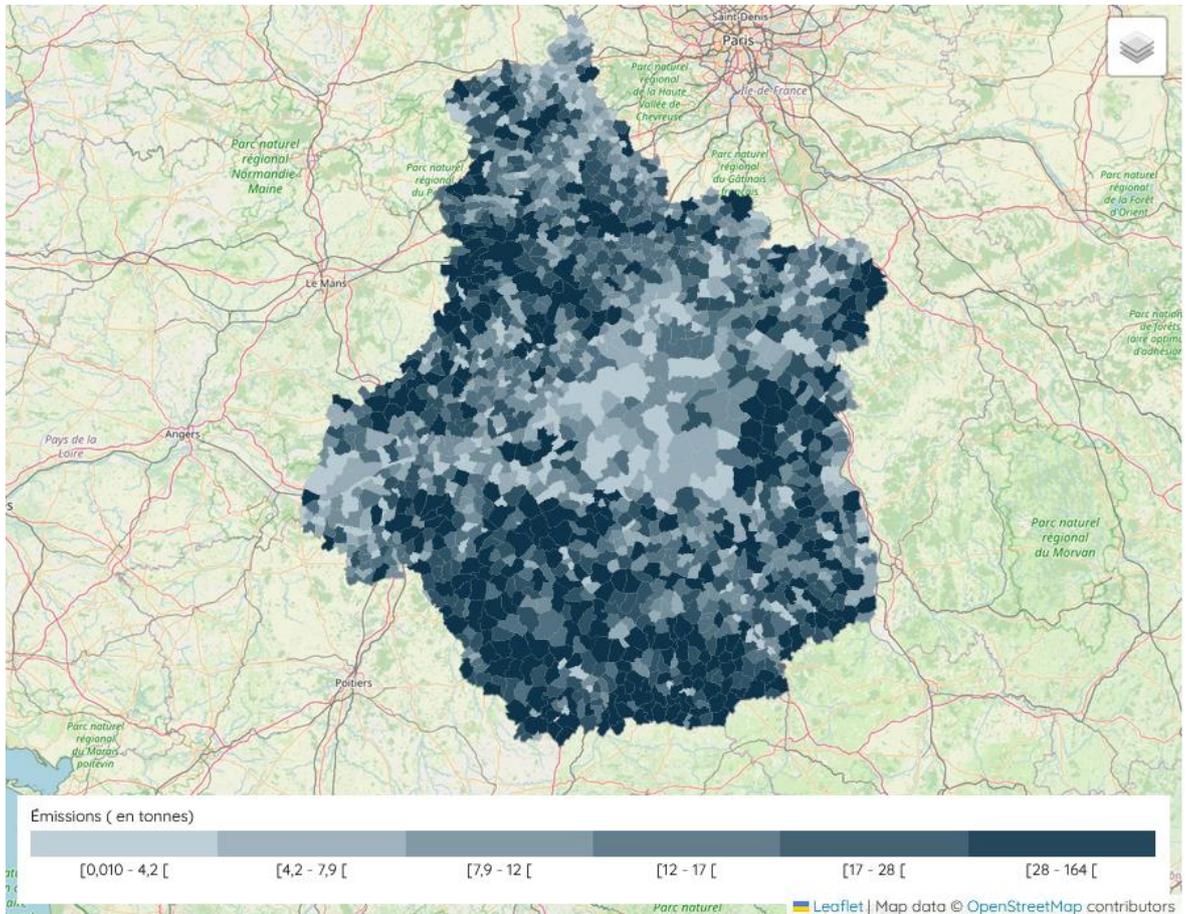


Figure 26 : Cartographie des émissions d'ammoniac (en tonnes) du secteur agricole en 2022 dans la région Centre-Val de Loire (Source : ODACE)

### E. Répartition des activités agricoles émettrices d'ammoniac

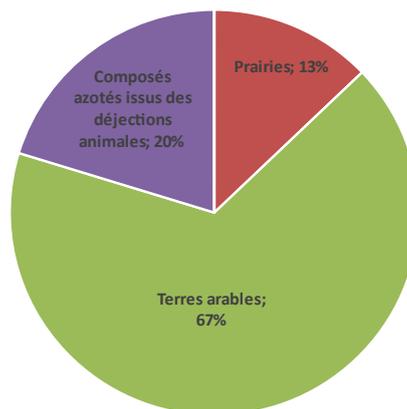


Figure 27 : Répartition des activités agricoles émettrices d'ammoniac en région Centre-Val de Loire en 2022 (Source : TRACE)



**Surveillance de la qualité de l'air  
en région Centre-Val de Loire**

260 avenue de la Pomme de Pin  
45590 SAINT-CYR-EN-VAL

Tél. : 02.38.78.09.49

Fax : 02.38.78.09.45

Mail : [ligair@ligair.fr](mailto:ligair@ligair.fr)

[www.ligair.fr](http://www.ligair.fr)

