

“L’air est **essentiel à chacun**
et mérite l’**attention de tous.**”

ETUDE

Campagne de mesure de l’ammoniac en Bretagne

Mesures novembre 2020 / mai 2021

Version du 21 septembre 2021



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh

À la demande de l'ARS Bretagne



Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant et un lieu donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

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

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} aout 2016 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

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

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats de mesures et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet www.airbreizh.asso.fr, résumé dans ses publications, ...

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh. Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

Organisation interne – contrôle qualité

Service Etudes (rédacteur)	Validation
R. Falhun (Ingénieur chargé d'études)	O. Le Bihan (Responsable service études) G. Lefeuvre (Directeur)

Sommaire

I. Contexte de l'étude	5
II. Synthèse des mesures déjà réalisées en Bretagne	6
III. La mesure mise en œuvre	7
III.1. Polluant étudié : l'ammoniac (NH₃)	7
III.1.1 Réglementation	8
III.1.2 Les émissions – choix des secteurs d'étude	8
III.2. Matériels et méthodes de mesure	10
III.2.1 Techniques de mesure	10
III.2.2 Sites de mesure	11
III.2.3 Dates des campagnes de mesure	14
IV. Résultats et interprétation	15
IV.1. Contrôle de la qualité des mesures	15
IV.1.1 Les prélèvements à analyse différée	15
IV.1.2 Analyseur en continu	15
IV.2. Conditions météorologiques	15
IV.2.1 Direction et vitesse du vent	15
IV.2.2 La température et la pluviométrie	17
IV.3. Episodes de pollution pendant la campagne	18
IV.4. Résultats des mesures	19
IV.4.1 Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne	19
IV.4.2 Evolution des concentrations	20
IV.4.3 Zoom sur Merléac	24
V. Conclusion	28
Annexe I : Glossaire	30
Annexe II : Présentation d'Air Breizh	31
Présentation d'Air Breizh	32
Missions d'Air Breizh	32
Réseau de surveillance en continu	32
Moyens	33
Annexe III : Calendrier d'épandage de la région Bretagne	34

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des émissions d'ammoniac du secteur agricole en Bretagne en 2018 [ISEA v4.1]	9
Figure 2 : Evolution des émissions d'ammoniac en Bretagne de 2008 à 2018 [ISEA v4.1]	9
Figure 3 : Répartition des émissions d'ammoniac dans les communes considérées en 2018 [ISEA v4.1]	10
Figure 4 : Boîte contenant un tube à diffusion passive	10
Figure 5 : Analyseur de mesure du NH ₃ en continu installé à Kergoff	11
Figure 6 : Positionnement des points de prélèvement	12
Figure 7 : Points de prélèvement mis en place	13
Figure 8 : Roses des vents mesurés pendant la campagne et normales de rose des vents (stations Météo France)	16
Figure 9 : Evolution des températures moyennes journalières durant la campagne (en °C)	17
Figure 10 : Températures moyennes mensuelles mesurées pendant la campagne et les normales 1981-2010	17

Figure 11 : Evolution des précipitations relevées durant la campagne et normales des hauteurs de précipitations [Station Météo France Dinard, Rennes Saint Jacques, Plouguenast]	18
Figure 12: Concentrations en PM10 sur les stations pendant la campagne	19
Figure 13 : Evolution des concentrations moyennes d'ammoniac et de PM10 par série sur les stations de mesure	20
Figure 14 : Evolution des concentrations en NH ₃ par série pendant la campagne	21
Figure 15: Comparaison des concentrations d'ammoniac à Rennes pendant la campagne	22
Figure 16 : Comparaison 2016 - 2021 des concentrations en NH ₃ à la station Pays-Bas à Rennes	22
Figure 17 : Comparaison des concentrations d'ammoniac à Saint-Malo	23
Figure 18 : Conditions des vents à Saint-Malo pour les séries présentant des concentrations en ammoniac supérieures à 15µg/m ³	23
Figure 19 : Evolution des concentrations en NH ₃ mesurées par tube pendant la campagne à Kergoff	24
Figure 20: Comparaison des concentrations obtenues par tube à diffusion passive et à l'aide de l'analyseur	25
Figure 21 : Evolution temporelle des mesures en continu d'ammoniac à Kergoff pendant la période de la campagne	26
Figure 22 : Profils journaliers moyens pendant la campagne et par saison (sans le pic du 29 avril) (heure TU)	26
Figure 23 : Rose de pollution en ammoniac à Kergoff pendant la campagne	27

Liste des tableaux

Tableau 1 :Concentrations mesurées par méthode directe en Bretagne	6
Tableau 2 : Concentrations mesurées par méthode indirecte en Bretagne	7
Tableau 3 : Caractéristiques des points de prélèvement	11
Tableau 4: Séries de prélèvement par tube passif pendant la campagne	14
Tableau 5 : Moyenne et max des mesures de NH ₃ pendant la campagne	19
Tableau 6 : Paramètres statistiques des données horaires NH ₃ du Picarro pendant la campagne (µg/m ³)	25

I. Contexte de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre du *PRSE 3** (2017 – 2021) et plus précisément de l'objectif 5 « Agir pour une meilleure qualité de l'air extérieur et intérieur » au sein de l'action – cadre 5 - A « Améliorer les connaissances sur la qualité de l'air intérieur et extérieur ».

L'ammoniac (NH_3), ne fait pas partie des polluants réglementés dans l'air ambiant (Code de l'environnement R221-1). La mesure n'est donc pas intégrée au dispositif de surveillance régional (Annexe II). S'il n'existe pas de réglementation concernant les concentrations dans l'air ambiant, la France doit respecter des objectifs de réduction des émissions définis par la directive (EU) 2016/2284 du Parlement européen. L'ammoniac étant un précurseur d'aérosols secondaires, le contrôle de ces émissions est important pour réduire les concentrations en PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$.

L'ammoniac est un polluant à enjeu régional. Il est émis quasi exclusivement par l'agriculture (99,5%)¹. La Bretagne, région avec un secteur agricole très fortement développé, émet 17% des émissions nationales de NH_3 en 2018 (*ISEA v4.1*¹ et *CITEPA* avril 2020 – Format *SECTEN*²) alors que la région représente environ 5% de la population et de la superficie française.

Dans ce contexte, l'ARS a sollicité l'association Air Breizh pour réaliser une campagne de mesure de l'ammoniac dans l'air en Bretagne. Six points ont fait l'objet de mesure pendant 6 mois au niveau de 3 communes : Merléac (22), Rennes (35) et Saint-Malo (35). Cette étude contribue à améliorer les connaissances sur la répartition des concentrations en ammoniac dans l'air ambiant pour différentes typologies de sites et différents secteurs géographiques de la région ainsi que sur leurs variations saisonnières.

Des premières campagnes de mesure avaient été réalisées en 2002 et 2003 à la suite desquelles aucune surveillance n'avait été mise en place. Les dernières mesures effectuées remontent à 2016, lors d'une campagne réalisée par Airparif, ainsi qu'en 2019 et 2020 au niveau de la station rurale nationale (Kergoff) en centre Bretagne (cf chapitre II).

Le rapport porte sur les résultats obtenus lors de cette campagne 2020 - 2021.

Il est à noter qu'Air Breizh a publié une stratégie de surveillance de l'ammoniac dans l'air ambiant en Bretagne³ qui a permis l'installation d'un analyseur d'ammoniac en continu à la station Kergoff en décembre 2020. En complément des mesures réalisées dans le cadre de cette campagne, une exploitation des résultats obtenus avec l'analyseur pendant cette étude sera réalisée.

* *les mots en italique sont définis dans le glossaire (Annexe I)*

¹ Inventaire Spatialisé des Emissions Atmosphérique v4.1, <https://www.airbreizh.asso.fr/observatoire/emissions/> (consulté le 15/09/21)

² Citepa, <https://www.citepa.org/fr/politique-polluants/> (consulté le 03/06/2021)

³ Stratégie de surveillance de l'ammoniac dans l'air ambiant en Bretagne, Air Breizh, 2020

II. Synthèse des mesures déjà réalisées en Bretagne

Depuis 2002, différentes mesures d'ammoniac ont déjà été réalisées par Air Breizh au niveau de la région.

En 2002, dans le cadre d'une thèse de l'Université de Rennes 1⁴, Air Breizh a participé à des mesures d'ammoniac effectuées à Rennes (35), Maroué (22) et Lamballe (22).

En 2003, une étude⁵ a permis de suivre les niveaux d'ammoniac de juillet à septembre au niveau de 3 sites (Morieux (22), Lamballe et Maroué) à l'aide d'un analyseur spécifique : l'AiRRmonia.

En 2005, une campagne de mesure de l'ammoniac⁶ a été réalisée aux alentours de Brest (35) afin de connaître l'exposition de la population en zone périurbaine au niveau de 2 sites périurbains (Gouesnou et Plouzané) pendant 1 mois.

En 2010, des mesures sont effectuées au lycée Henry Lavril de Lamballe⁷.

En 2016, Air Breizh réalise 2 mois de mesure par tube passif à la station Pays-Bas à Rennes et à la station rurale de Guipry (35) pour une campagne menée par *Airparif* et rassemblant plusieurs AASQA.

En 2019, dans le cadre de la campagne préliminaire⁸ pour le déplacement de la station Guipry à Kergoff (en centre de Bretagne), des mesures d'ammoniac par tube passif ont été réalisées (février – mai).

En 2020, un suivi des mesures par tube passif est réalisé à Kergoff de février à août avec un arrêt des prélèvements pendant la période du confinement lié à la pandémie de Covid.

Le tableau 1 regroupe quelques concentrations mesurées avec l'analyseur AiRRmonia en Bretagne lors de certaines campagnes précédemment citées. L'AiRRmonia, développé par Mechatronics, est un analyseur en continu, basé sur la mesure par conductimétrie.

Tableau 1 : Concentrations mesurées par méthode directe en Bretagne

Concentration NH ₃ µg/m ³	Brest (29)		Rennes (35)		Lamballe (22)			Maroué (22)		Hillion (22)	Saint-Michel en Grèves (22)
	Gouesnou	Plouzané	Courtrel	ENSCR	Lycée H. Avril	Haras	Piscine	Maison des associations		Plage	Plage
Type de site	Périurbain		Périurbain		Périurbain			Rural		Rural	Rural
Année	2005		2002	2002	2010	2003	2002	2003	2002	2008	2006
Période de mesure	18/05 16/06	16/06 21/06	18/06 01/07	13/04 21/05	27/04 15/05	23/07 02/08	10/06 17/06	19/08 02/09	27/05 03/06	03/07 10/09	20/07 13/09
Méthode de mesure	Méthode directe, mesure en continu : analyseur AiRRmonia										
Moyenne	0,4	1,0	9,4	2,4	1,7	58,1	13,2	76,7	76,2	9,5	4,4
Maximale horaire	3	9	39,2	8,9	11,0	155,3	123,9	328	327,7	160	34

⁴ Contribution au développement d'un analyseur continu d'ammoniac atmosphérique. Mesures de concentrations en région Bretagne, R. Levilly, Thèse de l'Université de Rennes 1, 2003

⁵ Etude des teneurs en ammoniac atmosphérique sur le canton de Lamballe, Air Breizh, 2003

⁶ Etude de l'ammoniac gazeux en zone périurbaine sur le territoire de Brest Métropole Océane, Air Breizh, 2005

⁷ Mesure de l'ammoniac à Lamballe, Air Breizh, 2010

⁸ Description – Site Kergoff, Campagne préliminaire 2019, Air Breizh, 2019

Le tableau 2 présente les résultats de mesures réalisées avec des tubes passifs.

Tableau 2 : Concentrations mesurées par méthode indirecte en Bretagne

Concentration NH ₃ µg/m ³	Merléac (22)		Guipry-Messac (35)	Rennes (35)
Emplacement	Station Kergoff		Station ST Guipry	Station Pays-bas
Type de site	Rural		Rural	Urbain
Année	2019	2020	2016	
Période de mesure	07/03 16/05	25/02- 24/03 19/05- 18/08	02/02-05/04	
Méthode de mesure	Méthode indirecte : Préleveurs passifs Radiello (pas de temps hebdomadaire)			
Moyenne	2,6	3,6	5,2	2,7
Max hebdo	6,9	10,3	17	6,1

Les résultats des tableaux 1 et 2 sont donnés à titre indicatif en sachant que les mesures ne sont pas réalisées avec la même méthode de mesure. Les pas de temps diffèrent puisque les tubes sont exposés pendant 1 semaine avant analyse au laboratoire alors que l'analyseur AiRRmonia mesure les niveaux en continu (toutes les 5 min).

Les concentrations en ammoniac observées en Bretagne lors de différentes campagnes varient fortement en fonction de la typologie de la station mais aussi selon la période étudiée. Les mesures réalisées par tube passif depuis 2016 vont de 2,6 µg/m³ à 5,2 µg/m³ en moyenne sur des saisons différentes.

III. La mesure mise en œuvre

III.1. Polluant étudié : l'ammoniac (NH₃)

L'ammoniac (NH₃) est un composé qui existe dans l'air à l'état gazeux ou dissous dans la pluie, le brouillard et les nuages, ou sous forme d'ion ammonium (NH₄⁺) dans les particules.

Outre ses propriétés de réfrigérant, il est utilisé dans la fabrication d'engrais, d'explosifs, de plastique. Il est aussi généré naturellement lors de la décomposition de la matière organique.

C'est un gaz incolore, d'odeur piquante caractéristique, pouvant provoquer des gênes olfactives et qui, à des concentrations élevées, provoque des irritations sévères des voies respiratoires et des yeux.

Il présente divers effets néfastes sur l'environnement puisqu'il participe à l'acidification et à l'eutrophisation de l'environnement.

Il joue également un rôle dans la problématique des particules fines via la formation d'aérosols secondaires. En effet, c'est un précurseur majeur des particules fines puisqu'il réagit avec les produits d'oxydation d'autres précurseurs gazeux (les oxydes d'azote - NO_x et le dioxyde de soufre - SO₂) pour produire du sulfate d'ammonium ((NH₄)HSO₄ ou (NH₄)₂SO₄) et du nitrate d'ammonium (NH₄NO₃). La formation de ces espèces inorganiques secondaires dépend, non seulement des niveaux des concentrations des précurseurs, mais également des conditions météorologiques (température et humidité). Ces particules secondaires peuvent représenter une part importante de la composition chimique des particules lors d'épisodes de pollution.

III.1.1 Réglementation

L'ammoniac n'est pas réglementé, il n'existe pas de seuil ni de valeur limite réglementaire dans l'air ambiant au même titre que les particules fines ou le dioxyde d'azote par exemple (article R-221-1 du Code de l'Environnement).

Des valeurs limites d'exposition (VLEP) contraignantes dans l'air des lieux de travail sont fixées pour l'ammoniac anhydre (Article R.4412-149 du Code du travail)⁹.

- valeur limite de moyenne exposition (VME), exposition pendant 8h : 7 000 µg/m³,
- valeur limite de courte durée (VLCT), exposition pendant 15 min : 14 000 µg/m³.

En 2018, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a publié un rapport pour le choix et la sélection de valeurs toxicologiques de référence (VTR). Une VTR est un indice toxicologique permettant de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Elle établit le lien entre une exposition à une substance toxique et le risque d'occurrence d'un effet sanitaire indésirable. Ainsi l'Anses a validé 3 VTR pour une exposition au NH₃ par inhalation¹⁰ :

- pour une exposition aiguë sur une durée de 24h : 5 900 µg/m³,
- pour une exposition subchronique de 15 à 364 jours : 500 µg/m³ (US EPA 2016),
- pour une exposition chronique à partir de 365 jours : 500 µg/m³ (US EPA 2016).

Pour la protection de la végétation et des écosystèmes, les niveaux critiques de concentration en ammoniac, de la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) sont respectivement de 1 µg/m³ et 3 µg/m³ en moyenne annuelle pour la protection des lichens/bryophytes et des végétaux supérieurs en conditions réelles. Afin de prendre en compte d'éventuels pics d'émissions élevés pendant les périodes d'épandage de fumier (notamment au printemps), un niveau critique mensuel de 23 µg/m³ a été retenu provisoirement.¹¹

S'il n'existe pas de seuil réglementaire concernant les concentrations dans l'air mais l'ammoniac est réglementé en terme d'émission. La directive 2016/2284/UE, faisant suite à la révision du Protocole de Göteborg (2012) concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, définit des plafonds d'émission pour chaque état membre. Les objectifs fixés pour la France à l'horizon 2030, sont de réduire les émissions d'ammoniac de 4% à partir de 2020 et de 13% à partir de 2030 (par rapport à 2005).

Ces plafonds ont été inclus au niveau national dans le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) adopté par le gouvernement français en 2017. Un objectif intermédiaire a été ajouté dans le PREPA pour 2025, de -8%.

III.1.2 Les émissions – choix des secteurs d'étude

En Bretagne, en 2018, l'ammoniac est principalement émis par le secteur agricole (>99 %), l'industrie et les transports routiers ont un poids peu important au niveau de la région du fait de la forte activité agricole.

La figure 1 représente la répartition des émissions d'ammoniac au sein du secteur agricole en Bretagne. Les rejets sont issus à 50% des cheptels (déjections animales et stockage aux bâtiments). Les terres arables et les prairies (épandage des déjections, épandage d'engrais minéraux et pâturage) représentent l'autre moitié des émissions bretonnes d'ammoniac (ISEA v4.1 2018). Les émissions d'ammoniac liées à sa volatilisation suite à des apports d'engrais sur les cultures sont influencées par plusieurs paramètres tels que la nature de l'engrais (minérale ou organique), la

⁹ Fiche toxicologique n°16 de l'INRS, Ammoniac et solutions aqueuses

¹⁰ Élaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac, Anses, 2018

¹¹ Norme NF EN 17346, Air ambiant – Méthode normalisée pour la détermination de la concentration en ammoniac au moyen d'échantillonneurs par diffusion, AFNOR, 2020

composition des sols (pH par exemple), les paramètres météorologiques (température, vent, les pratiques culturales ou encore la couverture végétale.¹²

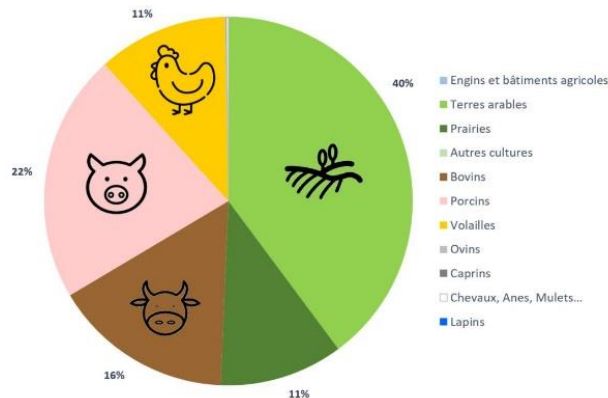


Figure 1 : Répartition des émissions d'ammoniac du secteur agricole en Bretagne en 2018 [ISEA v4.1]

Les émissions régionales représentent environ 17% des émissions nationales (pour 5% de la superficie et de la population).

La figure 2 présente l'évolution des émissions d'ammoniac de 2008 à 2018 à l'échelle régionale. Aucune tendance à la baisse des rejets en Bretagne n'est constatée pour le moment puisque l'évolution 2008 - 2018 des émissions est stable (1%).

Il est à noter que les départements concernés par l'étude : l'Ille-et-Vilaine et les Côtes-d'Armor représentent respectivement 21 et 31% des émissions régionales.

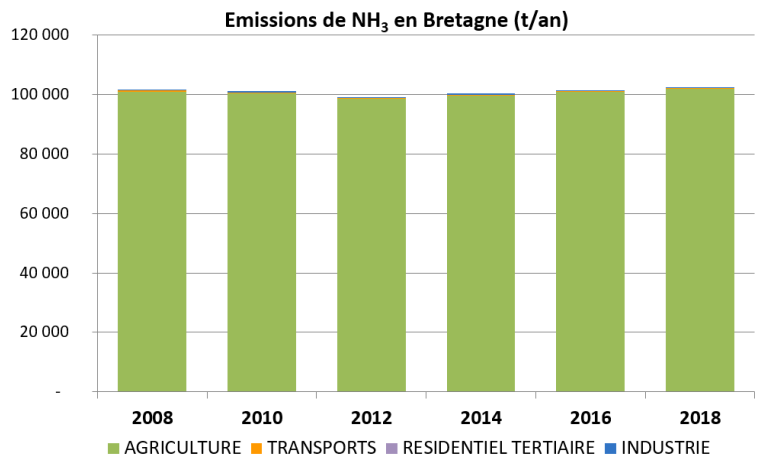


Figure 2 : Evolution des émissions d'ammoniac en Bretagne de 2008 à 2018 [ISEA v4.1]

Pour cette étude, le choix des zones a été réalisé en fonction de différentes sources d'émission : agricole, industrielle et transports routiers.

L'inventaire des émissions d'Air Breizh (ISEA v4 2018) a permis de sélectionner 3 communes ayant une répartition des rejets d'ammoniac qui diffère (Figure 3).

Au niveau de la commune rurale de Merléac (22), l'agriculture est le principal secteur émetteur de NH₃ avec 100% des émissions.

A Rennes, les émissions d'ammoniac sont issues du secteur agricole à 73% et des transports routiers à hauteur de 22%. Les émissions du transport routier sont dues à la circulation de voitures équipées d'un catalyseur.

Enfin, à Saint-Malo, le secteur industrie hors branche énergie est le premier secteur émetteur avec 57% puis l'agriculture et le secteur du traitement des déchets émettent respectivement 25% et 16% des émissions d'ammoniac de la commune.

¹² Contribution d'Airparif au projet NUAGE – Emissions et modélisation de l'ammoniac d'origine agricole, Airparif, 2019

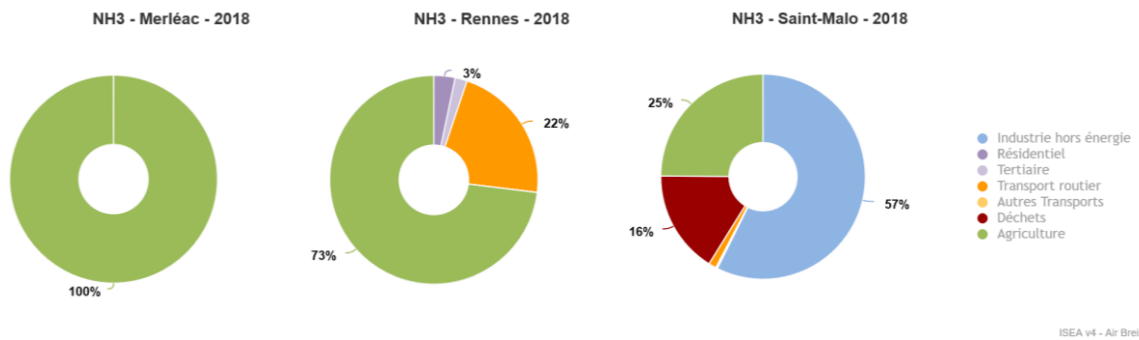


Figure 3: Répartition des émissions d'ammoniac dans les communes considérées en 2018 [ISEA v4.1]

III.2. Matériels et méthodes de mesure

III.2.1 Techniques de mesure

Différentes méthodes existent pour la mesure d'ammoniac dans l'air ambiant. Des mesures avec une grande résolution temporelle (<1 heure) sont des méthodes dites « directes » (ex : AiRRmonia, Picarro). La méthode indirecte sépare le prélèvement de l'analyse en laboratoire et les concentrations sont intégrées sur plusieurs journées (ex : les préleveurs passifs).

a) Prélèvement et analyse de NH₃ par tube à diffusion passive (mesures intégrées sur une semaine)

L'échantillonnage passif est une technique de mesure courante dans la surveillance de la qualité de l'air. Sa facilité de mise en œuvre et son faible coût permettent la réalisation de mesures simultanées sur plusieurs sites.

La technique s'appuie sur le principe du transfert de matière par diffusion sous l'effet d'un gradient de concentration. Le polluant est piégé sur un support imprégné d'une substance chimique adaptée à l'adsorption du polluant recherché.

Les tubes à diffusion passive utilisés dans le cadre de cette étude (de marque Radiello) sont constitués d'un corps diffusif (membrane poreuse en polyéthylène) et d'une cartouche de prélèvement, imprégnée d'acide phosphorique. L'ammoniac est ainsi piégé sous forme d'ion ammonium (NH₄⁺).

Les échantillonneurs passifs ont été exposés dans l'air ambiant pendant une période de sept jours, puis analysés ultérieurement par un laboratoire sous-traitant.



Figure 4 : Boîte contenant un tube à diffusion passive

Les prélèvements ont été renouvelés tous les mardis pour couvrir toute la durée de la campagne de novembre 2020 à mai 2021.

La concentration atmosphérique moyenne sur la période d'échantillonnage a été calculée à partir de la masse piégée, d'un débit d'échantillonnage (recommandé par le LCSQA) et d'une durée d'exposition connue.

La limite de quantification de la méthode est de 0,6 µg/m³ pour l'ammoniac.

Remarque : L'échantillonnage par tube à diffusion ne fournit pas de données en temps réel, mais fait état d'une situation moyenne sur la durée d'exposition des tubes. Des élévations en concentrations de courtes durées peuvent donc ne pas être observées.

b) Analyseur automatique (mesure en continu)

La mesure en continu permet de caractériser les concentrations et la variabilité temporelle des niveaux de concentration en NH₃.



Figure 5 : Analyseur de mesure du NH₃ en continu installé à Kergoff

L'analyseur G2103 de Picarro (Figure 5) est un analyseur automatique basé sur la spectrométrie d'absorption dans le proche infrarouge.

Cet appareil a été installé à la station Kergoff en décembre 2020, dans le cadre de la stratégie de surveillance de NH₃, proposée par Air Breizh. C'est dans ce contexte qu'il a été choisi dans un premier temps de suivre, en zone rurale, les variations des concentrations¹³.

La limite de détection de cet analyseur est inférieure à 0,02 µg/m³.

III.2.2 Sites de mesure

Les prélèvements ont été réalisés dans différentes communes de Bretagne (Tableau 3 et Figure 6), influencées par des activités variées (cf III.1.2), au niveau de 4 stations de surveillance de la qualité de l'air du réseau de mesure breton (Annexe II) de typologies différentes (trafic, urbaine/périurbaine ou rurale) et de 2 points spécifiques à cette étude (Figure 7).

Six sites ont fait l'objet de prélèvement pendant la campagne.

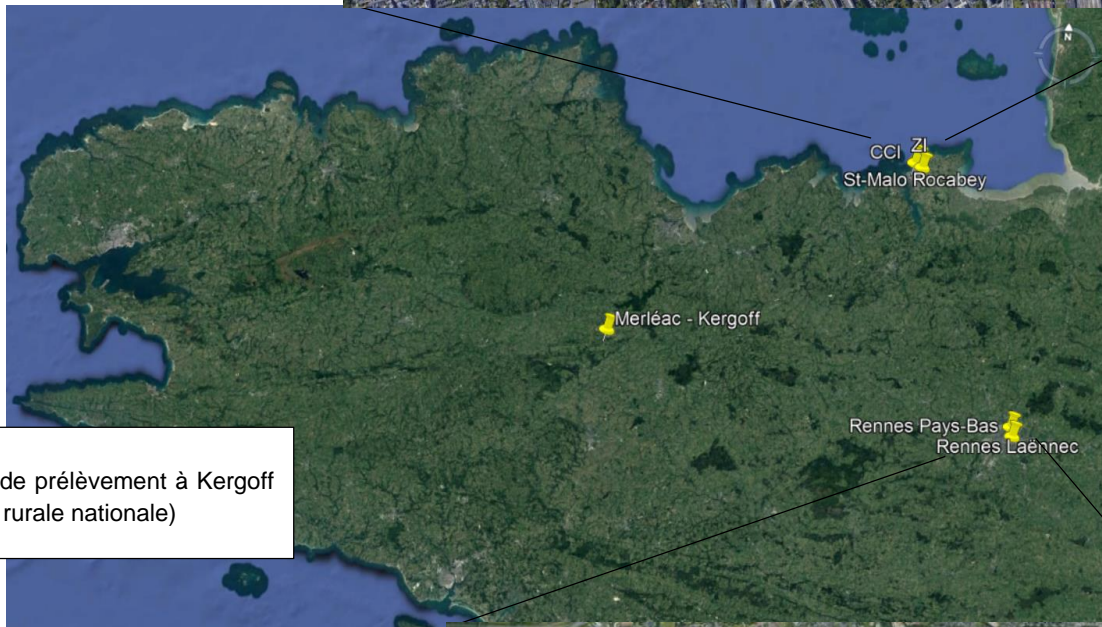
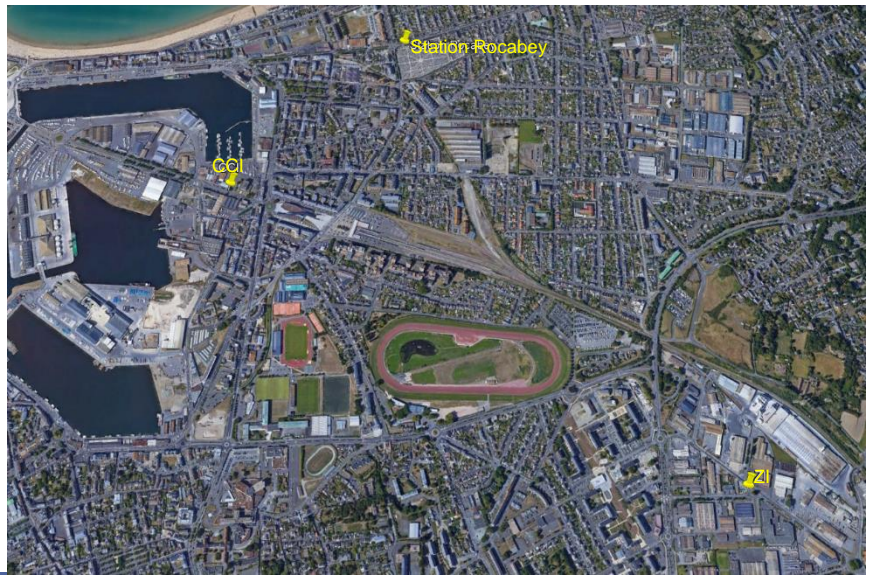
Tableau 3 : Caractéristiques des points de prélèvement

Point de prélèvement	Commune	Typologie du point de prélèvement	Localisation du point	Coordonnées des points (degrés, minutes, secondes)	
				Latitude	Longitude
Kergoff	Merléac (22)	Rural de fond	Lieu-dit Kergoff	48°15'43.06"N	2°56'37.07"O
Pays-Bas	Rennes (35)	Urbain de fond	Avenue des Pays-Bas	48°5'22.74"N	1°39'32.8"O
Laënnec		Urbain proximité trafic	Boulevard Laënnec	48°6'31.0"N	1°39'57.10"O
Rocabey	Saint-Malo (35)	Périurbain de fond	Cimetière Rocabey	48°39'10.9"N	2°0'9.97"O
CCI		Urbain proximité industrielle	Avenue Louis Martin	48°38'51.8"N	2°0'39.59"O
ZI		Urbain proximité immédiate industrielle	Rue du Bois Aurant	48°38'21.94"N	1°59'11.9"O

¹³ Stratégie de surveillance de l'ammoniac dans l'air ambiant en Bretagne, Air Breizh, 2020

Au niveau de **Saint-Malo** :

- 1 point prélèvement à Rocabey (station urbaine de fond)
- 2 points de prélèvement en proximité industrielle



A **Merléac** :

- 1 point de prélèvement à Kergoff (station rurale nationale)

A **Rennes** :

- 1 point de prélèvement à la station Pays-Bas (station urbaine de fond)
- 1 point de prélèvement en proximité trafic (station urbaine trafic)

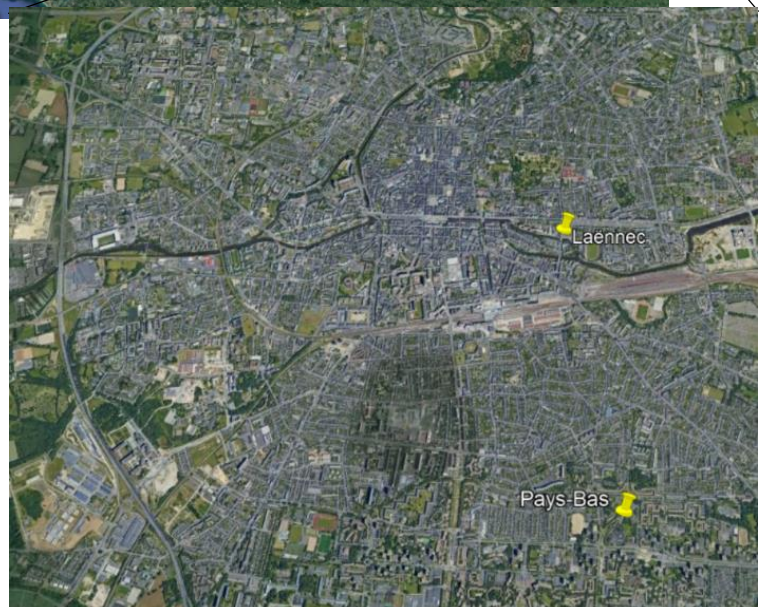


Figure 6 : Positionnement des points de prélèvement



Station Laënnec



Station Pays-Bas (Rennes)



Station Kergoff (Merléac)



Station Rocabey (Saint-Malo)



Point CCI (Saint Malo)



Point ZI (Saint Malo)

Figure 7: Points de prélèvement mis en place

III.2.3 Dates des campagnes de mesure

La campagne de mesure a été réalisée pendant différentes saisons (hiver, printemps) afin d'évaluer les niveaux en fonction des conditions météorologiques et des activités émettrices (agriculture, industrie, transports).

Les mesures ont été réalisées durant 6 mois du 3 novembre 2020 au 4 mai 2021 (Tableau 4). Chaque tube, sur l'ensemble des sites, a été posé/déposé le même jour : tous les mardis les tubes ont été changés. Cette mission a été réalisée avec la collaboration des services techniques de la ville de Saint-Malo pour les interventions sur les sites de prélèvement de la ville.

Tableau 4: Séries de prélèvement par tube passif pendant la campagne

Séries	Dates de prélèvement
Série 1	03/11 -10/11/20
Série 2	10/11-17/11/20
Série 3	17/11-24/11/20
Série 4	24/11-01/12/20
Série 5	01/12-08/12/20
Série 6	08/12-15/12/20
Série 7	15/12-22/12/20
Série 8	22/12-29/12/20
Série 9	29/12/20-05/01/21
Série 10	05/01-12/01/21
Série 11	12/01-19/01/21
Série 12	19/01-26/01/21
Série 13	26/01-02/02/21
Série 14	02/02-09/02/21
Série 15	09/02-16/02/21
Série 16	16/02-23/02/21
Série 17	23/02-02/03/21
Série 18	02/03-09/03/21
Série 19	09/03-16/03/21
Série 20	16/03-23/03/21
Série 21	23/03-30/03/21
Série 22	30/03-06/04/21
Série 23	06/04-13/04/21
Série 24	13/04-20/04/21
Série 25	20/04-27/04/21
Série 26	27/04-04/05/21

IV. Résultats et interprétation

IV.1. Contrôle de la qualité des mesures

IV.1.1 Les prélèvements à analyse différée

Au total, sur les 156 prélèvements prévus, seulement 2 n'ont pas abouti. En effet, un prélèvement de la station Kergoff, lors de la série 16, n'a pas pu être analysé et le dernier prélèvement de la série 26 n'a pas été réalisé à la station Pays-Bas.

Les prélèvements suivants ont été analysés :

- 154 (1 prélèvement par point de mesure),
- 6 blancs terrain (1 par site).

Les blancs terrain sont des cartouches soumises aux mêmes manipulations que les cartouches exposées et qui sont gardés dans un tube hermétique pendant la durée du prélèvement. Tous les blancs terrain ont présenté des résultats inférieurs à la limite de quantification (LQ= 1,22 µg).

IV.1.2 Analyseur en continu

Le taux de couverture de l'analyseur Picarro sur la période du 01/12/2020 (date d'installation) au 04/05/2021 (fin de la campagne) a été de 90%.

Pour les polluants réglementés (PM10, PM2.5, O₃, NO₂), la référence est fixée à 85%.

L'ammoniac n'étant pas un paramètre réglementé par la législation actuelle, il n'existe pas de valeur seuil à respecter pour le taux de couverture de sa mesure.

IV.2. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques peuvent avoir un impact sur la dispersion de la pollution atmosphérique. Certains paramètres favorisent la dispersion et/ou le lessivage des polluants (par exemple la pluie). D'autres, au contraire, favorisent l'accumulation des polluants ou leur formation.

Les données météorologiques présentées dans le chapitre suivant, sont tirées des mesures des stations Météo France les plus proches des différents points de prélèvement :

- Plouguenast (Indicatif 22219003) pour le site de Kergoff,
- Dinard (Indicatif 35228001) pour les sites de Saint-Malo,
- Rennes-St Jacques (Indicatif 35281001) pour les stations de Rennes.

IV.2.1 Direction et vitesse du vent

Les direction et vitesse du vent durant une période donnée sont représentées avec une rose des vents. Elles permettent de visualiser sur une période donnée :

- le pourcentage de vent pour chaque direction : ainsi plus la pale est de grande taille plus les vents venant de cette direction ont été nombreux pendant la période,
- les vitesses des vents venant de chaque direction et leur occurrence : la couleur de chaque pale indique la classe de vitesse et sa grandeur, le pourcentage de vent avec cette vitesse.

Les rose des vents aux stations Météo France (Figure 8) ont été réalisées à partir des données horaires de ces mesures sur toute la période de la campagne (03/11/2020 – 04/05/2021).

Les roses des vents à Kergoff et Saint-Malo mettent en évidence des vents majoritairement en provenance du secteur **Sud-Ouest et plus forts** dans cette direction. Des vents dominants venant du Nord-Est sont observés au niveau de Kergoff mais également à la station de Saint-Malo de façon moins marquée.

Le secteur dominant à Rennes, comparé aux deux autres roses des vents, est moins marqué même si le secteur Sud/Sud-Ouest présente les occurrences les plus importantes et les vents les plus forts. Les vitesses de vent sont plus élevées à Saint-Malo par rapport à Rennes et Kergoff.

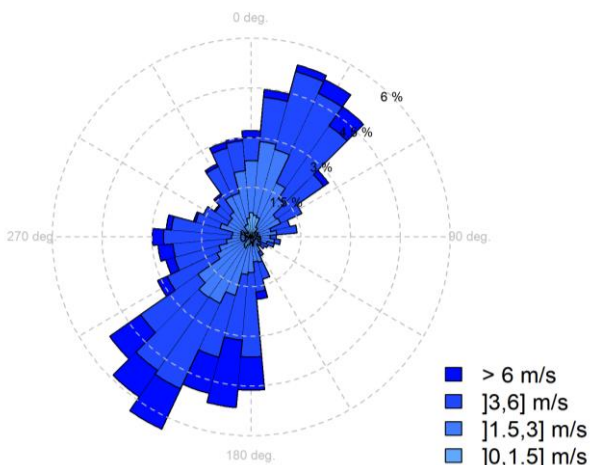
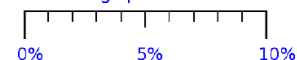
Les roses des vents mesurés pendant les 6 mois de la campagne sont comparables aux normales de chaque station (Figure 8).

Direction d'où vient le vent en rose de 360 ° :
 0°(360°) = Nord
 90° = Est,
 180° = Sud,
 270° = Ouest.

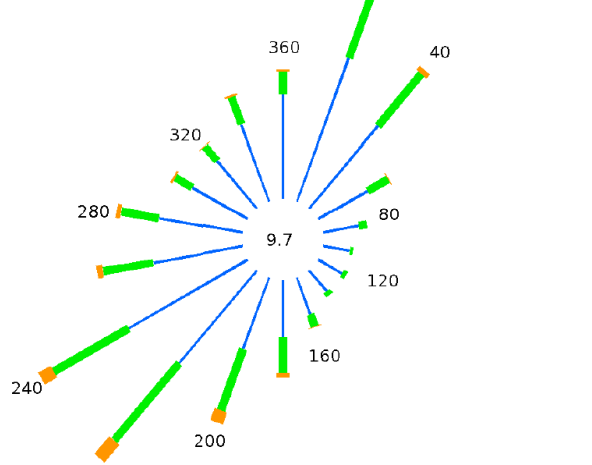
Groupes de vitesses (m/s)



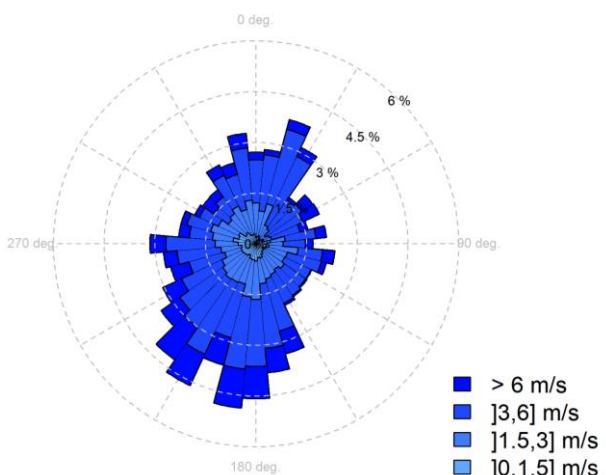
Pourcentage par direction



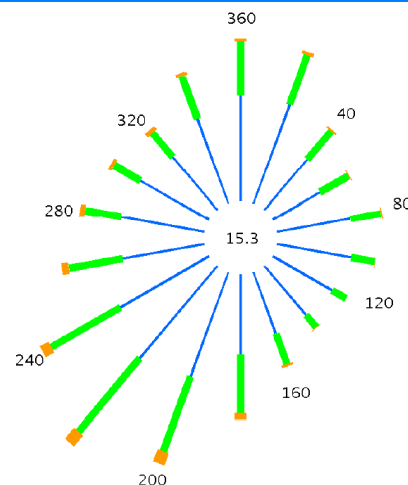
Rose des vents à Kergoff (station Météo France) pendant la campagne



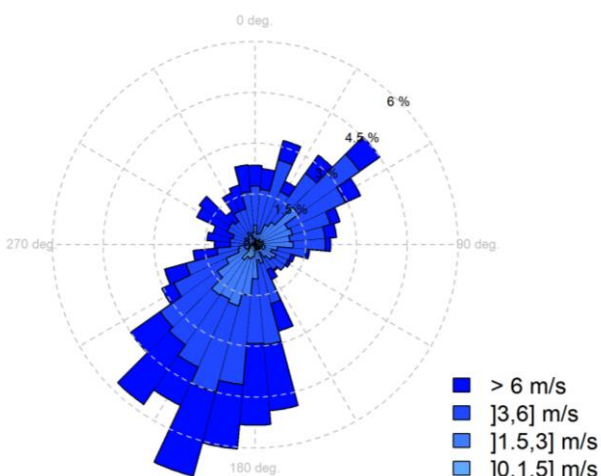
Normale de rose des vents à Plouguenast – Période 1987-2010 (Météo France)



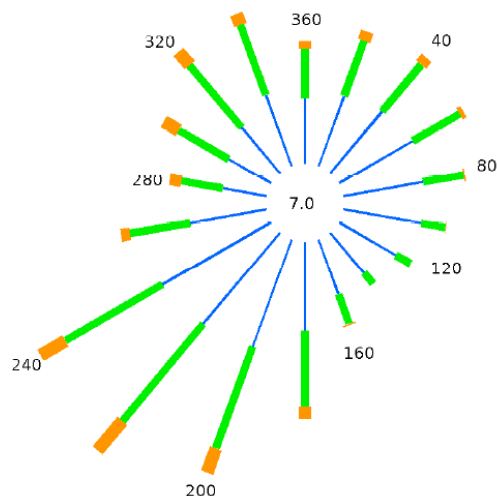
Rose des vents à Rennes (station Météo France) pendant la campagne



Normale de rose des vents à Rennes-St Jacques – Période 1981-2010 (Météo France)



Rose des vents à Saint-Malo (station Météo France) pendant la campagne



Normale de rose des vents à Dinard – Période 1991-2010 (Météo France)

Figure 8 : Roses des vents mesurés pendant la campagne et normales de rose des vents (stations Météo France)

IV.2.2 La température et la pluviométrie

La **température** est un paramètre influant sur les teneurs en polluants atmosphériques. Un écart thermique important entre la nuit et le jour, associé à des températures froides, favorise les phénomènes d'inversion thermique qui contribuent à l'accumulation des polluants (phénomène couramment rencontré au printemps).

La figure 9 présente l'évolution des températures en moyenne journalière pendant la campagne.

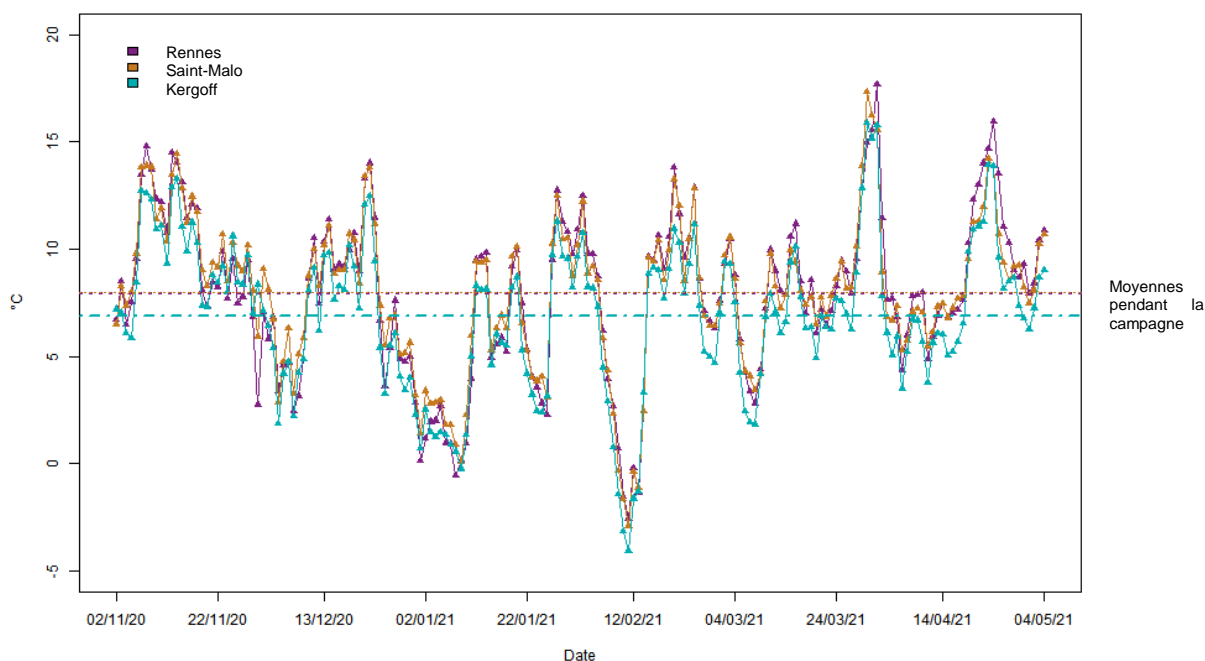


Figure 9 : Evolution des températures moyennes journalières durant la campagne (en °C)
[Source : Station Météo France Dinard, Rennes Saint-Jacques, Plouguenast]

Les températures journalières mesurées durant la campagne évoluent de la même manière sur l'ensemble des stations Météo France considérées. La courbe des températures journalières de Kergoff est légèrement en dessous de celles de Rennes et Saint-Malo. De façon générale, les températures sont plus élevées à Rennes ($T^{\circ}\text{moy} = 7,9^{\circ}\text{C}$) et Saint-Malo ($T^{\circ}\text{moy} = 8^{\circ}\text{C}$) qu'à Kergoff ($T^{\circ}\text{moy} = 6,9^{\circ}\text{C}$) où la température journalière minimale est atteinte ($-4,1^{\circ}\text{C}$).

Les températures moyennes mensuelles (Figure 10) suivent la même tendance que les normales. Les températures pendant la campagne sont proches des valeurs habituelles, excepté les mois de novembre, décembre 2020 et avril 2021.

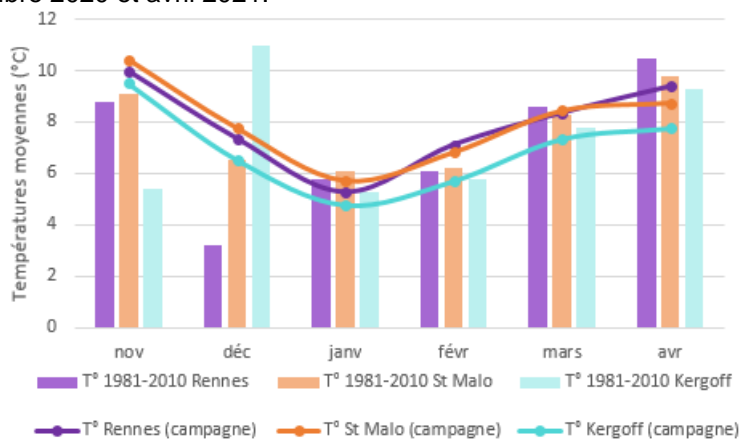


Figure 10 : Températures moyennes mensuelles mesurées pendant la campagne et les normales 1981-2010
[Station Météo France Dinard, Rennes Saint-Jacques, Plouguenast]

Quant aux **précipitations**, elles sont favorables à un lessivage de l'atmosphère, permettant une diminution des concentrations en polluants dans l'air ambiant.

La figure 11 présente le cumul mensuel des précipitations enregistrées durant la campagne. Au total, 287 mm de pluie ont été observées à Rennes, 365 mm à Saint-Malo et 487 mm à Kergoff du 03/11/2020 au 04/05/2021.

De façon générale, sur l'ensemble des sites, les **précipitations sont inférieures aux normales mensuelles** observées (normales 1981-2010) pendant les mois concernés, excepté pour le mois de décembre 2020 durant lequel les cumuls de pluie mesurés sont supérieurs aux cumuls habituels. Les normales des hauteurs de précipitations pendant les 6 mois de la campagne sont de 386 mm à Rennes, 398 mm à Saint-Malo et 571 mm à Kergoff.

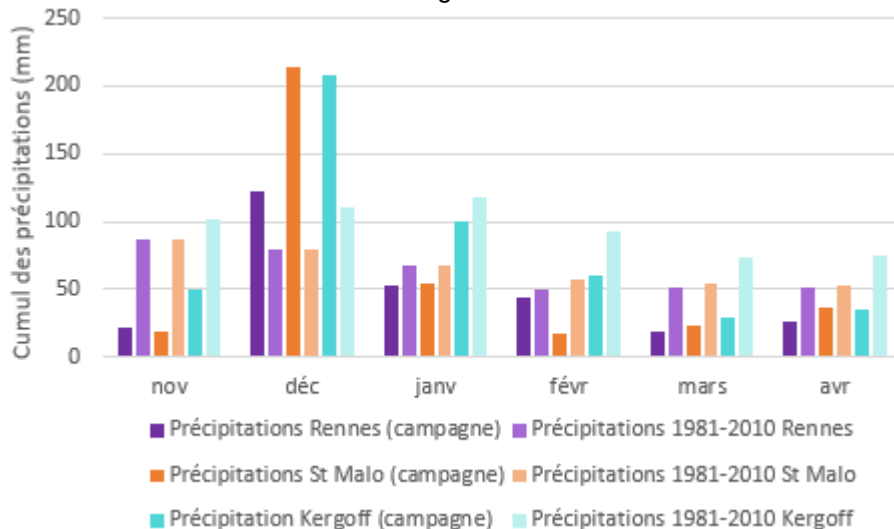


Figure 11 : Evolution des précipitations relevées durant la campagne et normales des hauteurs de précipitations [Station Météo France Dinard, Rennes Saint Jacques, Plouguenast]

Cette analyse des conditions météorologiques sur la période de la campagne révèle que globalement les conditions suivent les mêmes tendances au niveau des différents sites concernés.

Les roses des vents pendant la période étudiée sont comparables aux normales. A noter que pendant la campagne sur les sites de Kergoff et Saint-Malo, des vents de Sud-Ouest ont été présents de façon majoritaire avec également des vents moins forts pour le secteur Nord-Est. A Rennes, le secteur dominant Sud-Ouest est moins marqué avec une répartition plus importante dans les autres directions.

Des précipitations moins importantes aux normales sur l'ensemble des sites, excepté pour le mois de décembre 2020 qui présente des hauteurs de précipitations mensuelles supérieures aux normales pour l'ensemble des sites.

IV.3. Episodes de pollution pendant la campagne

La période de novembre 2020 à mai 2021 a été concernée par 2 épisodes de pollution pour les départements des Côtes-d'Armor (22) et d'Ille-et-Vilaine (35) :

- le 02/03/2021 pour le 22 et 35,
- le 31/03 pour le 35 et le 01/04 pour le 22 et 35.

Les moyennes journalières en PM10 (Figure 12) varient de façon très similaire sur l'ensemble des stations pendant la période étudiée. La station Kergoff présente tout de même des niveaux plus faibles notamment de novembre 2020 à février 2021 (période hivernale). Des dépassements de la valeur seuil d'Information Recommandation (IR) sont constatés à la station Rocabey au mois de mars 2021.

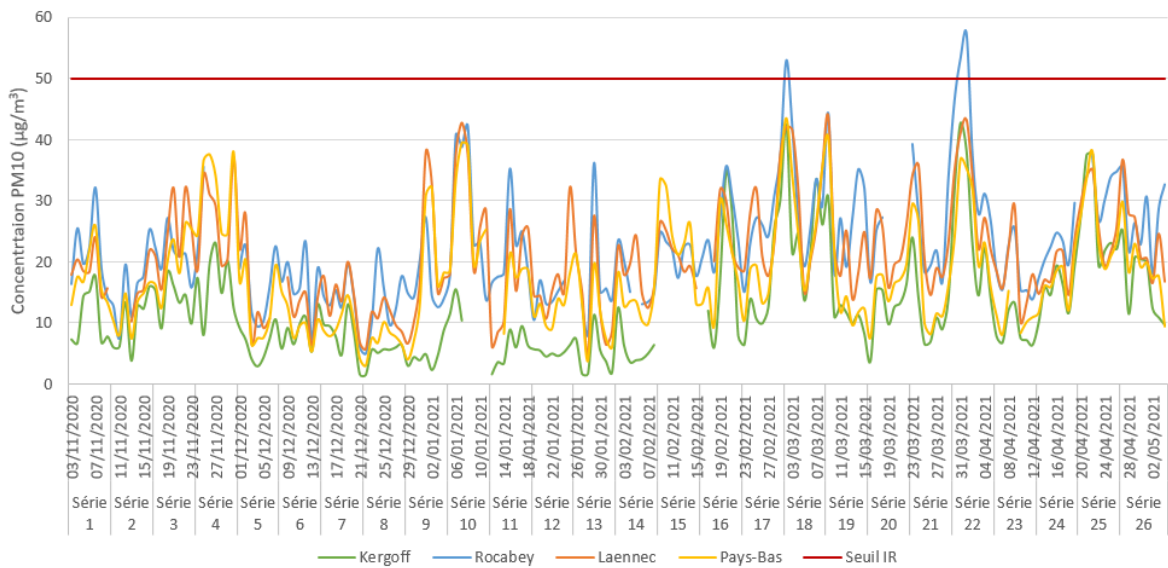


Figure 12: Concentrations en PM10 sur les stations pendant la campagne

Aucun épisode de pollution associé au dioxyde d'azote n'a été enregistré pendant la période étudiée.

IV.4. Résultats des mesures

IV.4.1 Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Les moyennes des concentrations mesurées par tube passif, présentées dans le tableau 5, permettent d'observer des différences entre les sites. Les moyennes mesurées pendant les 6 mois varient environ de 2 µg/m³ à 10 µg/m³. La moyenne obtenue sur le site ZI situé à Saint-Malo est la plus élevée.

Tableau 5 : Moyenne et max des mesures de NH₃ pendant la campagne

Point de prélèvement	Moyenne (µg/m ³)	Echantillon max (µg/m ³)	Période du maximum
Kergoff	3,4	9,1	Du 13/04 au 20/04/2021
Pays-Bas	2,2	5,8	Du 30/03 au 06/04/2021
Laënnec	3,2	6,8	
Rocabey	3,8	12,6	
CCI	4,0	17,2	Du 10/11 au 17/11/2021
ZI	10,4	34,1	Du 24/11 au 01/12/2021

Les résultats des mesures par tube passif permettent de mettre en avant des concentrations mesurées en ammoniac, au niveau des sites de prélèvements, bien inférieures aux VTR.

La moyenne la plus forte (10,4 µg/m³) ainsi que la valeur maximale (34,1 µg/m³) sont mesurées au niveau du site ZI à Saint-Malo. C'est à la station Pays-Bas, en situation urbaine de fond, à Rennes que la moyenne est la plus faible. Les moyennes obtenues pendant la campagne aux points de prélèvement Laënnec et Kergoff ainsi qu'à Rocabey et CCI sont proches. Il n'en est pas de même pour les valeurs max au niveau de ces sites puisque le point CCI présente un maximum plus fort (17,2 µg/m³).

Les valeurs les plus fortes ne sont pas mesurées pendant la même période. Les maximums des 3 stations Pays-Bas, Laënnec et Rocabey sont obtenus au cours de la 1^{ère} semaine d'avril. Cette semaine coïncide avec la survenue de l'épisode de pollution particulaire notamment dans le

département de l'Ille-et-Vilaine (cf IV.3). Les 2 sites en proximité industrielle présentent leur maximum en novembre alors qu'à la station Kergoff le maximum est atteint en avril. Cela met en avant pour ces 3 points l'influence d'une source locale.

Les résultats moyens obtenus aux stations Kergoff et Pays-Bas lors de cette campagne sont du même ordre de grandeur que les moyennes obtenues lors des campagnes précédentes en 2020 à Merléac et en 2016 à Rennes (Tableau 2) bien que les périodes couvertes ne soient pas les mêmes.

La figure 13 présente l'évolution temporelle des concentrations moyennes d'ammoniac et de PM10 par série au niveau des stations de mesure (Rocabey, Kergoff, Pays-Bas et Laënnec).

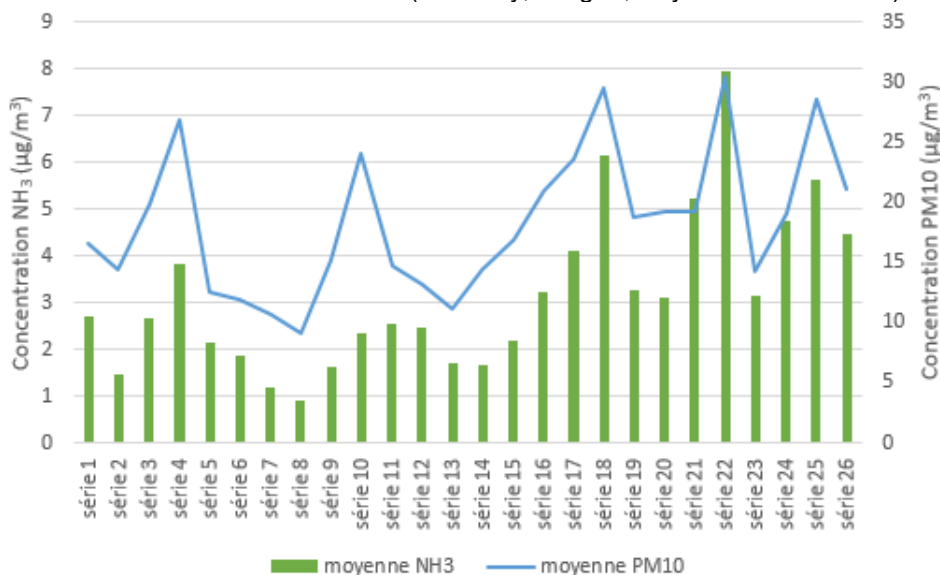


Figure 13 : Evolution des concentrations moyennes d'ammoniac et de PM10 par série sur les stations de mesure

Les niveaux moyens évoluent de manière similaire ce qui traduit l'impact des conditions météorologiques (qui suivent les mêmes tendances pour les 3 communes). Les moyennes max en PM10 et NH₃ sont mesurées pour les séries 18 et 22. Ces séries correspondent aux jours concernés par des épisodes de pollution (dépassement mesurés en PM10 à Rocabey).

IV.4.2 Evolution des concentrations

La figure 14 présente les concentrations en ammoniac sur l'ensemble des points de prélèvement pendant toute la campagne.

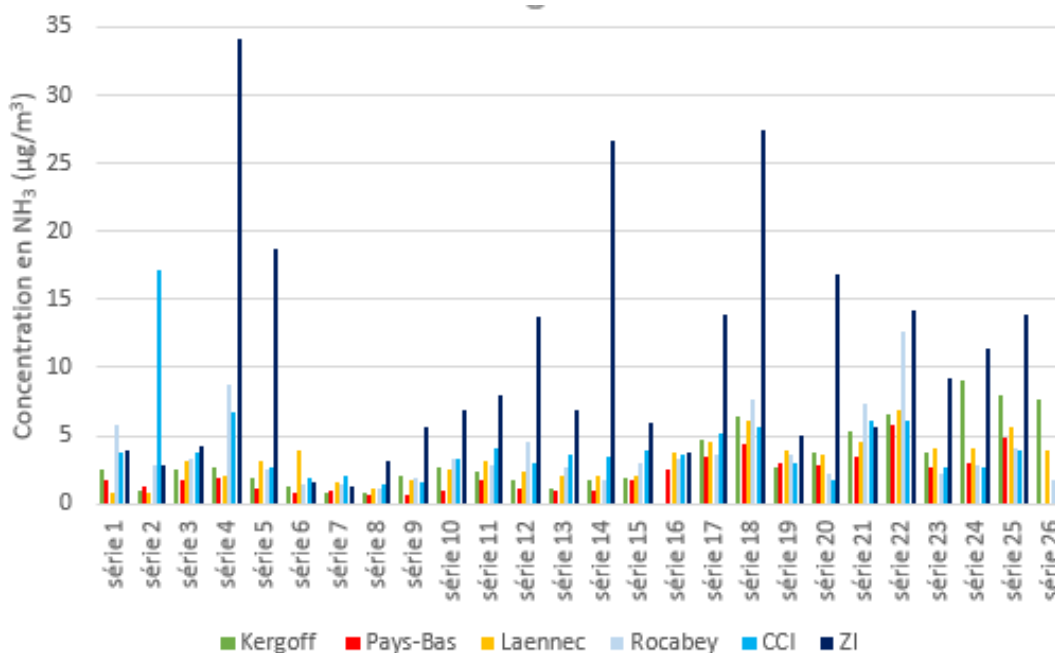


Figure 14 : Evolution des concentrations en NH_3 par série pendant la campagne

Les concentrations en NH_3 varient fortement au fil de la campagne sur l'ensemble des sites.

Le site ZI à Saint-Malo se démarque avec les concentrations les plus élevées pour quasiment tous les prélèvements (73% des séries avec le max) et ainsi les plus fortes fluctuations. La station urbaine de fond Pays-Bas à Rennes est le site de prélèvement qui présente les plus faibles concentrations pour le plus grand nombre de prélèvements (68% des séries avec le min). Les concentrations mesurées à la station trafic Laënnec sont, lors de plusieurs séries, supérieures à celle de la station Kergoff. Cette dernière présente des niveaux en ammoniac plus importants pour les 3 dernières séries.

Notons une augmentation des concentrations à partir de la série 16 (mi-février) pour la plupart des sites par rapport au début de campagne. Cette augmentation générale des niveaux coïncide avec la période d'épandage régulée par un calendrier défini par arrêté dans le cadre du programme d'actions régional de la 'Directive Nitrates'.¹⁴ (cf annexe III).

Afin d'avoir plus d'informations par typologie de station, chaque commune va être considérée.

a) Rennes

A Rennes, les mesures ont été réalisées sur 2 sites de typologies différentes (urbain de fond et trafic).

A l'exception des 2 premières séries, les résultats obtenus en station urbaine trafic sont systématiquement supérieurs au niveau de la station urbaine de fond ce qui traduit l'influence du trafic routier dans les niveaux d'ammoniac (Figure 15). Cette influence du trafic routier est mise en évidence dans d'autres agglomérations, en 2020 à Paris, des concentrations en NH_3 allant de 4,5 $\mu g/m^3$ à 5,6 $\mu g/m^3$ ont été mesurés en site trafic alors qu'en station urbaine de fond les moyennes sont de 2,9 à 3,8 $\mu g/m^3$ ¹⁵.

Les concentrations de fond urbain sont plus basses pendant la période novembre/décembre/janvier et une augmentation des niveaux de fond est constatée à partir de la série 16 (fin février). Cette augmentation des niveaux de fond est également visible au niveau de la station trafic. Pendant la campagne, l'influence trafic au niveau de la station Laënnec représente 31% de l'ammoniac mesuré en moyenne.

¹⁴ Arrêté du 02/08/2018 établissant le programme d'actions régional en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole

¹⁵ Surveillance et information sur la qualité de l'air en Ile-de-France – Bilan de l'année 2020, Airparif, Mai 2021

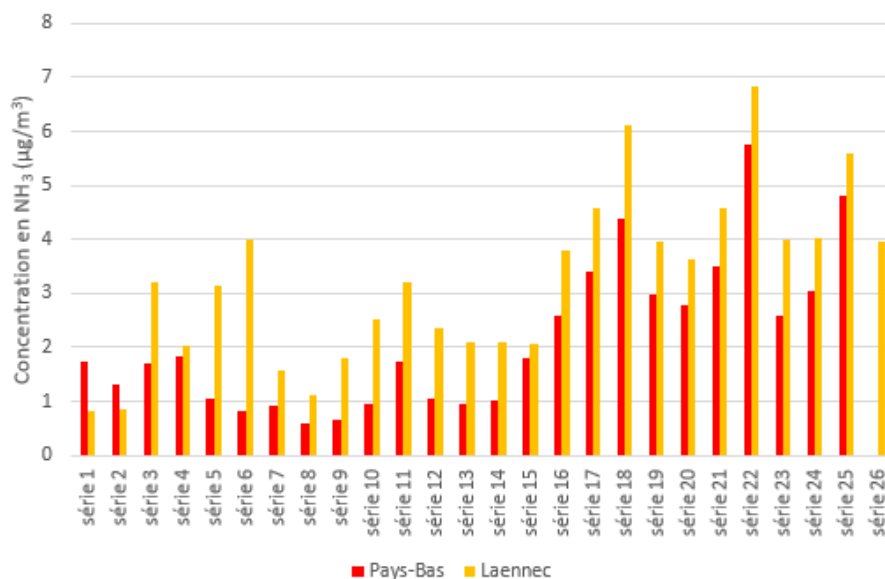


Figure 15: Comparaison des concentrations d'ammoniac à Rennes pendant la campagne

La comparaison avec les mesures par tube passif (Radiello) réalisées en 2016, sur la même période février - mars, (Figure 16) lors de la campagne menée par Airparif met en avant des niveaux comparables entre ces 2 années : 2,7 µg/m³ de moyenne en 2016 et 2,2 µg/m³ de moyenne en 2020. C'est à partir du mois de mars que les niveaux sont différents entre 2016 et 2020. Les conditions météorologiques (température, humidité, pluviométrie, vents) ainsi que les imports extérieurs liés aux activités émettrices d'ammoniac (agriculture en période d'épandage) peuvent expliquer ces différences.

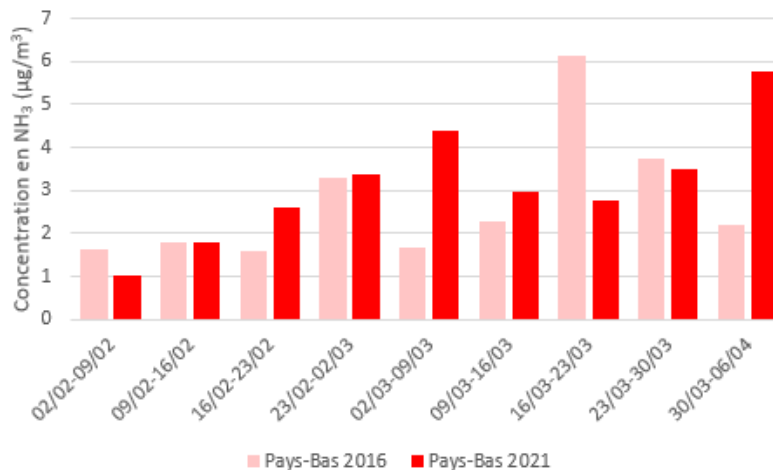


Figure 16 : Comparaison 2016 - 2021 des concentrations en NH₃ à la station Pays-Bas à Rennes

Au niveau des mesures réalisées à Rennes, le trafic routier influe sur les niveaux d'ammoniac à proximité des axes à fort trafic. Les moyennes au niveau de la station Pays-Bas en 2016 et 2020 calculées sur les mêmes périodes sont comparables avec quelques variations par série.

b) Saint-Malo

Les concentrations en NH₃ mesurées pendant la campagne à Saint-Malo, au niveau des 3 points de prélèvement, sont présentées dans la figure 17. Pour rappel, les points de prélèvements sont situés à la station périurbaine de fond (Rocabey), en proximité immédiate industrielle (ZI) et sous influence des activités du quai intérieur (CCI).

Pour la majorité des séries, les concentrations mesurées au point de prélèvement ZI sont les plus fortes. La station de fond périurbaine Rocabey n'est pas toujours le point présentant les plus faibles concentrations mais les niveaux sont plus proches de celles rencontrées au point CCI qu'au point ZI. Notons que les points ZI et CCI sont situés à proximité d'une route à faible trafic (influence trafic négligeable).

Sur l'ensemble de la campagne, plusieurs séries se démarquent avec des concentrations bien plus élevées. C'est le cas de 6 séries (séries 2, 4, 5, 14, 18 et 20) qui présentent des niveaux en NH_3 supérieurs à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeurs choisies arbitrairement).

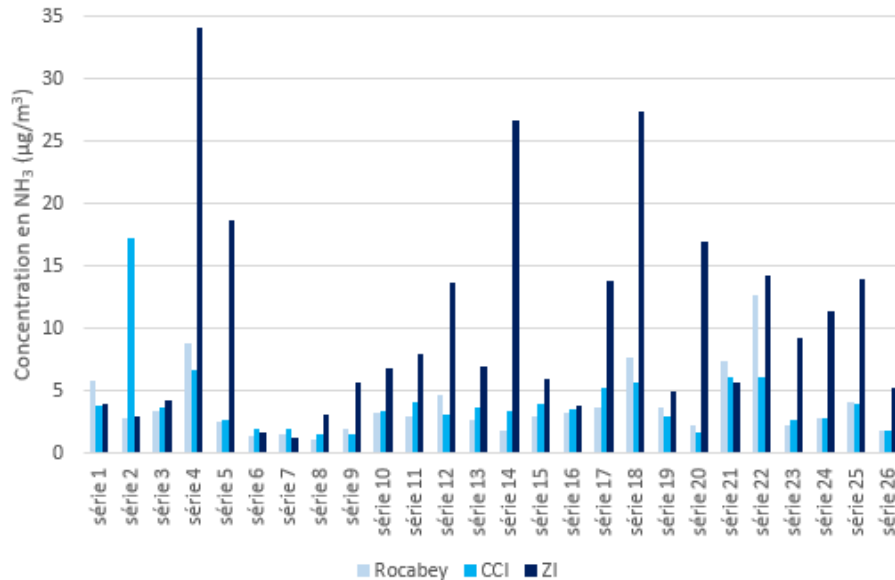


Figure 17 : Comparaison des concentrations d'ammoniac à Saint-Malo

La mesure par tube ne permet pas un suivi temporel fin des concentrations, il n'est donc pas possible de réaliser des roses de pollution. Cependant, afin d'avoir des informations sur l'influence lors des plus forts niveaux mesurés à Saint-Malo ($> 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), les roses des vents sont tracées sur la même période d'échantillonnage que les séries concernées (Figure 18).

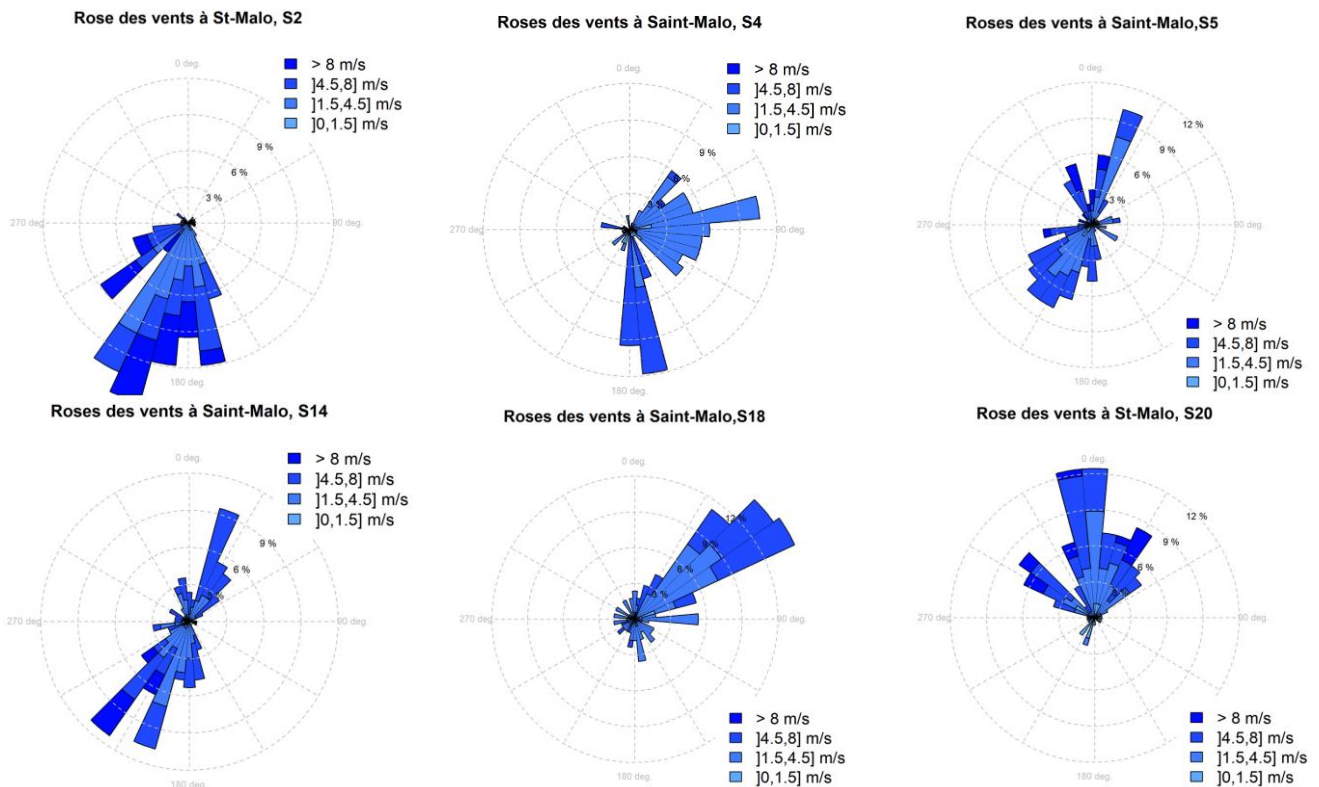


Figure 18 : Conditions des vents à Saint-Malo pour les séries présentant des concentrations en ammoniac supérieures à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Le point CCI lors de la série 2 (S2) est soumis à des vents de secteur Sud-Sud-Ouest, l'activité industrielle émettrice d'ammoniac au niveau du port pourrait avoir influencé le niveau d'ammoniac mesuré. La station Rocabey pourtant située au Nord-Est de cette source et du point CCI (environ 800 m entre les deux points de prélèvement) ne semble pas impactée de la même manière. Cela met en évidence la baisse des concentrations en lien avec la distance à la source et la forte variabilité spatiale de l'ammoniac.

Pour les séries 4, 5, 14, 18 et 20, des vents de Nord-Est sont communs aux roses des vents ce qui confirme l'influence probable de l'industrie à proximité immédiate du point de prélèvement ZI. Dans cette étude, nous ne traitons pas des périodes ou non de production des industries.

La série 4 présente la plus forte concentration de la campagne au niveau du point ZI, avec des vents venant d'un large secteur Nord-Est à Sud ce qui peut impliquer l'influence d'autres activités émettrices d'ammoniac.

Les mesures réalisées au niveau de Saint-Malo mettent en avant l'influence d'une source locale d'émissions d'ammoniac au niveau du point de prélèvement ZI qui présente les concentrations les plus importantes. Une étude spécifique au niveau de Saint-Malo permettrait d'affiner la compréhension sur la répartition des concentrations en ammoniac au niveau de la commune.

IV.4.3 Zoom sur Merléac

Les concentrations en NH_3 mesurées au niveau de la station Kergoff pendant la campagne sont présentées dans la figure 19. L'augmentation des niveaux est visible à partir de la série 17 (fin février) et les concentrations sont maximales à Kergoff lors des 3 dernières séries.

La comparaison avec les mesures déjà réalisées à Kergoff (Tableau 2) est délicate car la période couverte par les prélèvements par tube varie d'une année à l'autre ; en 2020, le confinement a entraîné l'arrêt des mesures du 24/03 au 19/05. La moyenne des concentrations pendant les 6 mois de cette campagne (2020-2021) ($3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est plus élevée que celle obtenue pendant la campagne préliminaire de 2019 ($2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et du même ordre de grandeur qu'en 2020 ($3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

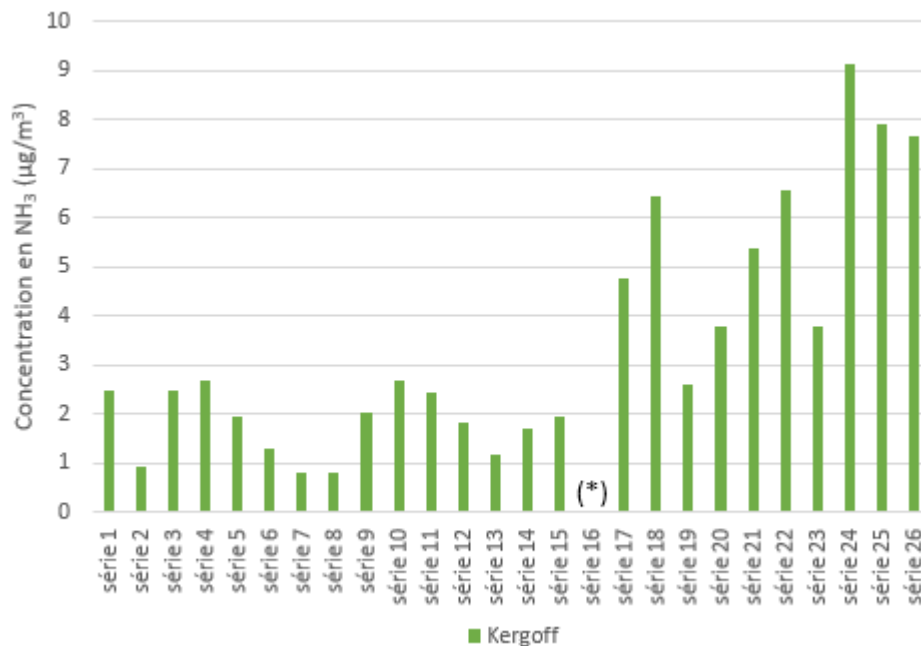


Figure 19 : Evolution des concentrations en NH_3 mesurées par tube pendant la campagne à Kergoff
 (*) le tube n'a pas pu être analysé

a) Comparaison analyseur - tubes à Kergoff

Suite à l'installation de l'analyseur Picarro le 1^{er} décembre 2020, la comparaison des concentrations obtenues avec les deux méthodes est possible de la série 5 à la série 26 (Figure 20). La corrélation entre les deux mesures est de 0,78. Comme souvent, la dispersion est plus marquée pour les faibles concentrations.

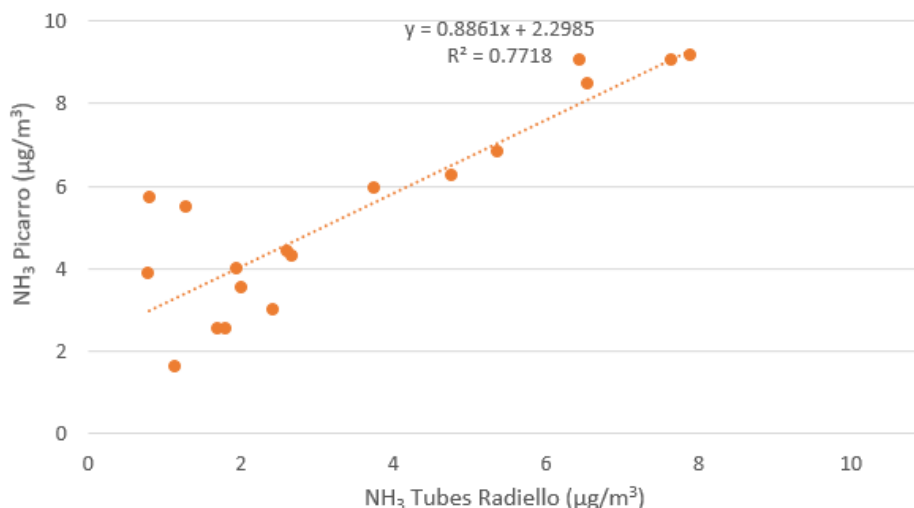


Figure 20: Comparaison des concentrations obtenues par tube à diffusion passive et à l'aide de l'analyseur

b) Résultats des mesures en continu pendant la campagne

Les données présentées dans le tableau 6 confirme le constat déjà réalisé précédemment : la moyenne obtenue pendant la campagne à la station Kergoff est légèrement supérieure avec l'analyseur en continu qu'avec les tubes passifs (3,4 µg/m³). Le maximum horaire mesuré par l'analyseur Picarro pendant la campagne est de 152 µg/m³.

Tableau 6 : Paramètres statistiques des données horaires NH₃ du Picarro pendant la campagne (µg/m³)

Moyenne	5,5
Médiane	4,5
Maximum	152,4
Minimum	0,7

La figure 21 présente les concentrations horaires en NH₃ avec l'analyseur en continu. La mesure en continu permet un suivi temporel plus précis. Ainsi, l'évolution des concentrations fait apparaître une variabilité importante des niveaux rencontrés à la station Kergoff. Les niveaux mesurés avec le Picarro présentent 2 périodes distinctes ; de décembre à mi-février (moyenne de 3,6 µg/m³) et de mi-février à mai (moyenne de 7,2 µg/m³). Différentes raisons peuvent expliquer ces variations : les conditions météorologiques (augmentation des températures, précipitations moins importantes) mais aussi l'activité agricole lors de la 2^{ème} période (épandages à partir de février en fonction du type d'engrais et du type de culture) (cf annexe III).

Le pic horaire maximal est observé lors de la deuxième période, le jeudi 29 avril dans l'après-midi. Cette étude ne comprenait pas d'enquête de terrain sur les épandages cependant, les passages sur site ont permis d'observer la disparition d'un tas de fumier présent auparavant à environ 80 m à l'Est de la station (dans le coin du champ). Un épandage de lisier à proximité de la station quelques jours avant ce pic peut expliquer cette forte augmentation. Des pics horaires de ce type, liés à des épandages de fertilisants organiques, ont déjà été mesurés en Auvergne-Rhône-Alpes¹⁶.

¹⁶ Amélioration des connaissances sur les concentrations d'ammoniac en Auvergne-Rhône-Alpes ; Atmo Aura, 2018

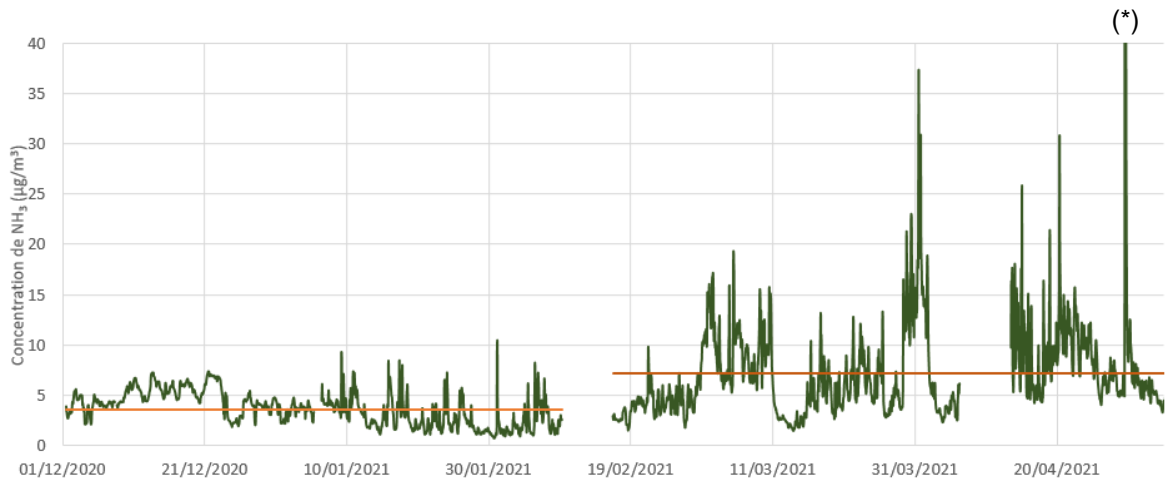


Figure 21 : Evolution temporelle des mesures en continu d'ammoniac à Kergoff pendant la période de la campagne

(*) Pic horaire max à 152,4 µg/m³

Les profils journaliers moyens observés pendant la campagne et par saison en hiver (décembre 2020, janvier, février 2021) et printemps (mars, avril, mai 2021) sont tracés dans la figure 22 mais ils ne prennent pas en compte le pic ponctuel du 29 avril qui impacte fortement les profils s'il est conservé.

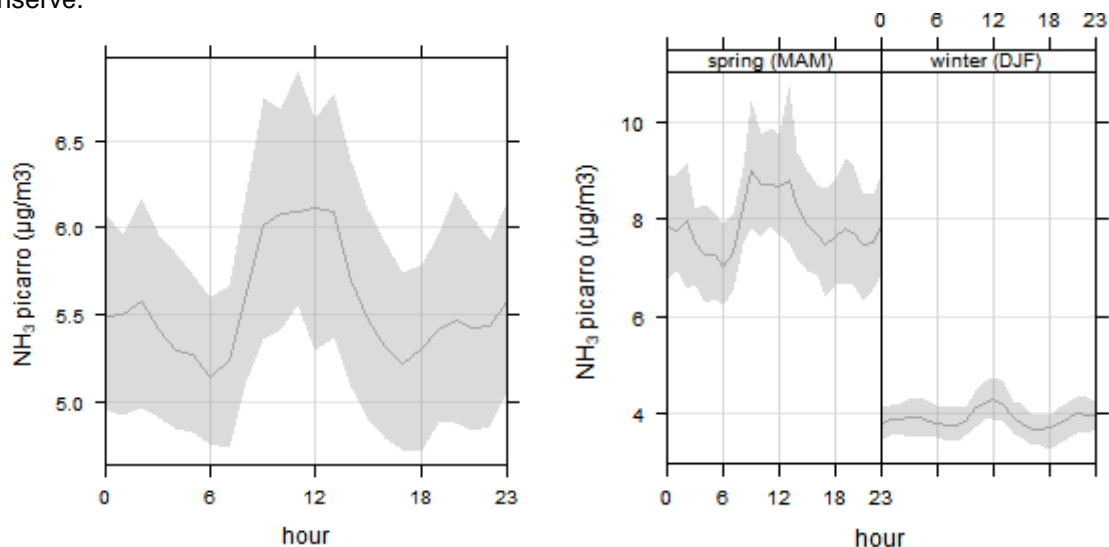


Figure 22 : Profils journaliers moyens pendant la campagne et par saison (sans le pic du 29 avril) (heure TU)

Les concentrations d'ammoniac augmentent le matin pour atteindre un maximum au cours de la journée et diminuent en fin de journée. Ce profil journalier est cohérent avec l'influence de la température dans le mécanisme de volatilisation.¹⁷

La différence des niveaux entre l'hiver et le printemps (jusqu'au 5 mai) est fortement marquée ainsi que l'amplitude des profils qui est plus importante au printemps. L'augmentation des niveaux de fond a été constatée précédemment mais l'influence saisonnière (hiver/printemps) en lien avec les activités agricoles notamment est confirmée par ces profils horaires saisonniers.

La rose de pollution (Figure 23) permet de visualiser les concentrations en ammoniac (échelle de couleur) en fonction de la provenance du vent et sa force (vitesse avec les cercles) (station Météo France Plouguenast) et ce pour toute la durée de la campagne. Un pas de temps horaire a été exploité afin d'étudier le lien potentiel entre ces différents paramètres.

¹⁷ Modélisation de la volatilisation d'ammoniac après épandage de lisier sur parcelle agricole, S. Générmont, Thèse de l'Université Paul Sabatier, 1996

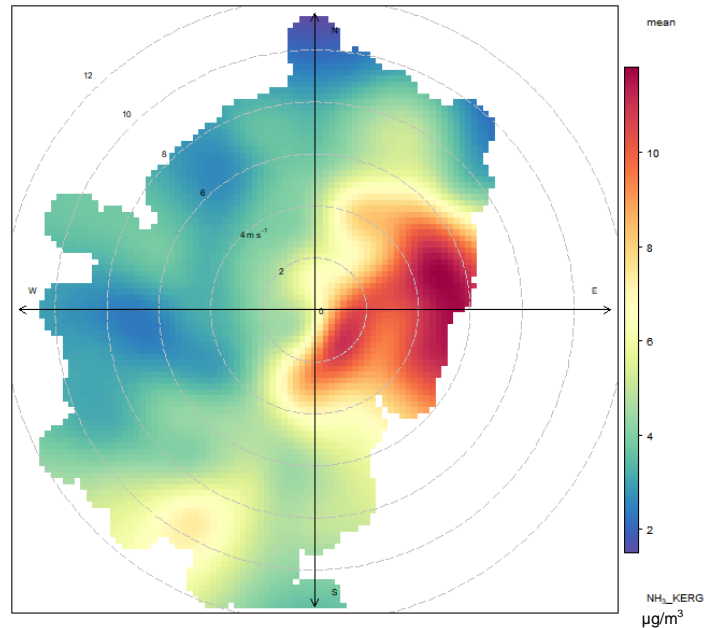


Figure 23 : Rose de pollution en ammoniac à Kergoff pendant la campagne

Les niveaux les plus élevés sont mesurés par vent de Sud-Est à Nord-Est, vents qui ne sont pas dominants et qui sont faibles (< 4 m/s). L'impact très local lié à la présence de champs (mais aussi du tas de fumier situé à l'est de la station) et aux activités agricoles dans les champs aux alentours de la station semble donc se confirmer. Des concentrations fortes proviennent également du secteur dominant, Sud-Ouest, avec des vents plus forts (10 m/s).

Les niveaux d'ammoniac les plus bas sont mesurés à la station urbaine de fond Pays-Bas à Rennes. Les émissions d'ammoniac du secteur des transports routiers ont un impact sur les concentrations mesurées en ammoniac en proximité trafic puisque la station Laënnec présente des concentrations plus fortes qu'à la station urbaine de fond. C'est à Saint-Malo que les plus fortes concentrations par tube passif ont été mesurées au niveau du point de prélèvement ZI en proximité industrielle. L'influence de l'activité agricole aux alentours de la station Kergoff a été constatée.

V. Conclusion

Dans le cadre du PRSE 3, l'ARS a sollicité l'association Air Breizh pour réaliser une campagne de **mesure d'ammoniac dans l'air ambiant** au niveau de différents sites de mesure en Bretagne. Dans la région, l'ammoniac est un polluant à enjeu puisque 17% des émissions nationales sont bretonnes et issues majoritairement du secteur agricole (>99%). Ce composé ne fait pas partie des polluants réglementés dans l'air ambiant mais la France doit respecter des objectifs de réduction des émissions à l'horizon 2030.

L'objectif de cette étude était de contribuer à améliorer les connaissances sur la répartition des concentrations en ammoniac en fonction des typologies de sites et de différents secteurs géographiques de la région ainsi que des potentielles variations saisonnières.

Les mesures ont été réalisées grâce à des tubes passifs (analyse différée) au niveau de 6 points de prélèvement, pendant **6 mois** (de novembre 2020 à début mai 2021) dans 3 communes :

- Merléac (22), station rurale nationale (Kergoff),
- Rennes (35), station urbaine de fond (Pays-Bas), station urbaine trafic (Laënnec),
- Saint-Malo (35), station périurbaine de fond (Rocabey), 2 points en proximité industrielle (CCI, ZI).

La répartition des émissions d'ammoniac pour chacune des 3 communes n'est pas la même ; l'agriculture est la source commune et quasi unique pour Merléac alors que Rennes a une contribution des transports routiers et Saint-Malo a des sources d'émissions liées à l'industrie.

L'analyse des conditions météorologiques sur la période de la campagne révèle que les conditions météorologiques ont été comparables aux normales sauf pour les précipitations et que globalement les conditions suivent les mêmes tendances au niveau des différentes communes concernées. De la même manière que la météo impacte les concentrations en particules fines, les concentrations en ammoniac dépendent également des paramètres météorologiques.

Les résultats ont mis en évidence que les concentrations moyennes restent inférieures aux valeurs toxicologiques de références chroniques et subchroniques.

À **Rennes**, les concentrations obtenues au niveau de la station Pays-Bas sont les plus faibles (2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). L'influence du trafic routier a été confirmée par des niveaux plus élevés en station urbaine trafic à Laënnec (3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

À **Saint-Malo**, les concentrations moyennes les plus fortes sont observées au niveau du site ZI qui se démarque des 2 autres points de prélèvement avec une concentration moyenne (10,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et un maximum (34,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) plus élevés. Sur les 5 échantillons du point ZI supérieurs à 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4 d'entre eux semblent être sous l'influence de l'activité industrielle proche et le 5^{ème} est sous une influence mixte. Les activités industrielles, en fonction des conditions météorologiques, semblent impacter certains sites malouins. Les mesures réalisées à Saint-Malo mettent en évidence une forte variation spatiale des teneurs en ammoniac dans l'air ambiant.

À **Merléac**, un analyseur d'ammoniac en continu a été installé en décembre 2020 au niveau de la station rurale nationale Kergoff ce qui permet de suivre l'évolution temporelle des niveaux de concentration en zone rurale. La comparaison de l'analyseur en continu (Picarro) avec les tubes passifs à la station Kergoff, met en évidence une différence des concentrations de NH_3 mesurées. Les concentrations mesurées par tube sont plus fortes courant avril en période d'épandage. L'analyseur en continu permet d'avoir un suivi temporel fin des concentrations et de mesurer les variations importantes des niveaux (pic max horaire à 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en lien avec les activités environnantes. Les concentrations en ammoniac les plus élevées sur la station Kergoff sont enregistrées par vent faible de secteur Sud-Ouest/Nord-Ouest confirmant l'influence des parcelles agricoles à proximité de la station. A proximité d'épandage, les concentrations en ammoniac peuvent être beaucoup plus élevées que les niveaux de fond, cet impact semble limité dans le temps. Les différences de niveaux des profils journaliers confirment la variabilité saisonnière hiver/printemps des niveaux d'ammoniac dans l'air ambiant.

- **Perspectives :**

L'ammoniac est un sujet émergent au niveau national puisque le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) est en cours de rédaction d'un guide méthodologique pour la mesure des concentrations en ammoniac dans l'air ambiant. En parallèle, le LCSQA va débiter un groupe de travail dont l'objectif est la définition d'une stratégie nationale pour l'ammoniac. Air Breizh souhaite contribuer à ce travail.

Les mesures réalisées par tube passif ont permis de mieux connaître la répartition spatiale des niveaux de concentration en ammoniac pendant les 6 mois couverts par l'étude.

La mesure en continu débutée à Kergoff va permettre de suivre les concentrations en ammoniac en zone rurale et ainsi d'avoir des informations sur des périodes non couvertes par cette étude (été, automne). Une meilleure connaissance des activités agricoles à proximité de la station semble nécessaire afin de pouvoir expliquer les variations qui peuvent être importantes.

Suite aux résultats obtenus à Saint-Malo lors de cette étude, il serait intéressant de les comparer avec les données d'activité des industries émettrices de NH_3 . De plus, il semble pertinent, afin de mieux comprendre les variations des niveaux d'ammoniac dans la commune, de mettre en place une mesure en continu à l'aide d'un analyseur Picarro. Cela permettra d'observer les variations des niveaux d'ammoniac avec un pas de temps plus fin et de mieux comprendre l'influence des activités locales.

D'autre part, Air Breizh a répondu et a été retenu à un appel à projet Life (en collaboration avec la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne) sur le sujet de l'ammoniac (Ammonia Brittany Air Ambient). Ce projet va permettre d'améliorer les connaissances mais a aussi pour objectif de contribuer à diminuer les émissions d'ammoniac du secteur agricole.

Annexe I : Glossaire

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgrammes par mètre cube

AASQA : Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air

Airparif : Observatoire de la qualité de l'air en Ile-de-France

CEE-ONU : Commission économique des Nations Unies pour l'Europe

CITEPA : Centre interprofessionnel d'études de la pollution atmosphérique

IR : Seuil information recommandation

ISEA : Inventaire spatialisé des émissions atmosphériques

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

NH_3 : Ammoniac

PM10 : Particules d'un diamètre $< 10 \mu\text{m}$

PM2,5 : Particules d'un diamètre $< 2,5 \mu\text{m}$

ppb : partie par milliard

PREPA : Plan nation de réduction des émissions de polluants atmosphériques

PRSE : Plan régional santé environnement

SECTEN : Secteurs Economiques Et ENergie

TU : Temps universel

US-EPA : U.S. Environmental Protection Agency

VLCT : Valeur limite de courte durée

VME : Valeur limite de moyenne exposition

VTR : Valeur toxicologique de référence



Annexe II : Présentation d'Air Breizh

Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, ont pour missions de base, la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au Préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils de recommandation et d'information du public et des seuils d'alerte.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose en 2017, de 18 stations de mesure, réparties sur le territoire breton, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.

L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

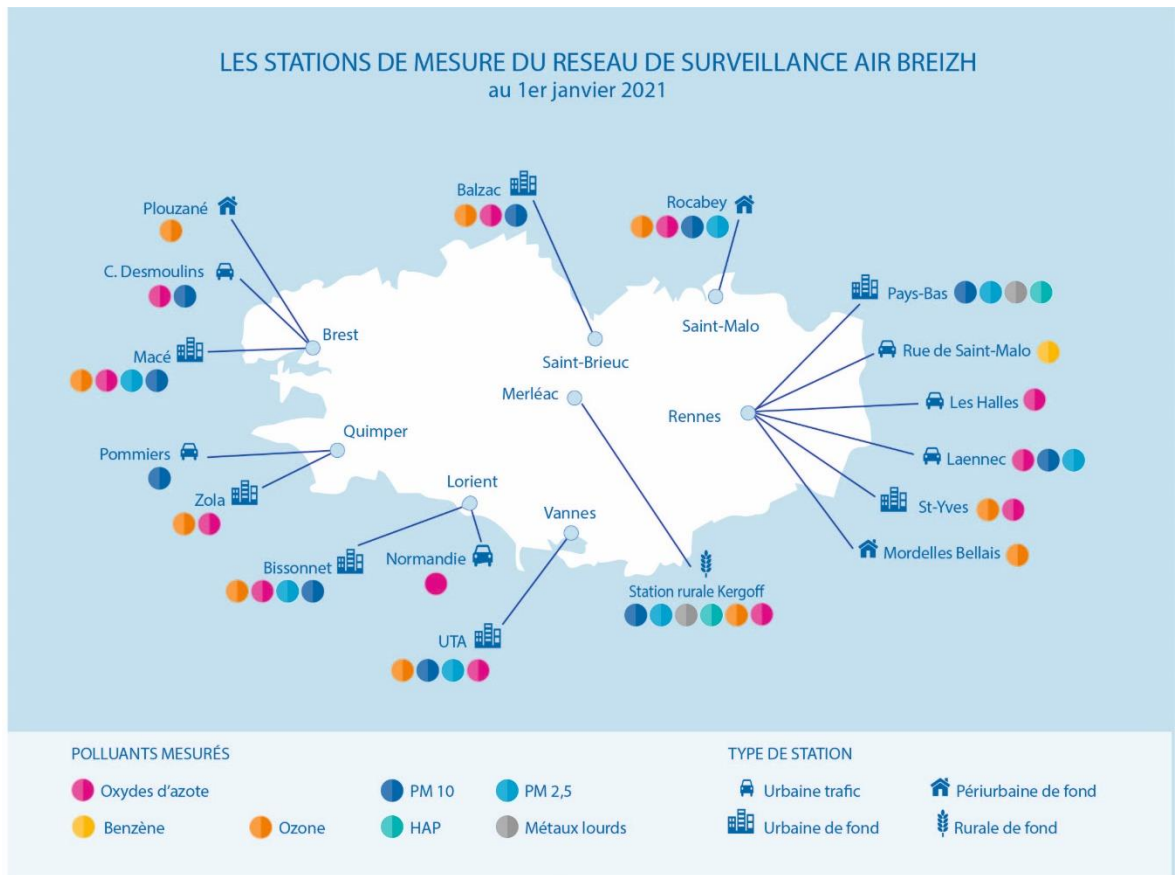
- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web...,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation.
- Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant extérieur et intérieur.

Réseau de surveillance en continu

La surveillance de la qualité de l'air pour les polluants réglementés est assurée via des d'analyseurs répartis au niveau des grandes agglomérations bretonnes. Ce dispositif est complété par d'autres outils comme l'inventaire et la modélisation, qui permettent d'assurer une meilleure couverture de notre région.



Implantation des stations de mesure d'Air Breizh (au 01/01/21)

Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte onze salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'1,7 million d'euros, financé par l'Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d'intérêt général et produits divers.

Annexe III : Calendrier d'épandage de la région Bretagne

Source : Arrêté du 02/08/2018 établissant le programme d'actions régional en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole

Calendrier d'épandage du Programme d'actions Nitrates de la région Bretagne (2018-2022)

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octobre	Nov	Décembre
Grandes cultures													
Sols non cultivés, CIPAN, légumineuses *	Type I, II et III												
	Type I												
Cultures implantées à l'automne ou en fin d'été (autres que colza, cultures dérobées et prairies de moins de six mois)	Type II												
	Type III												
	Type I												
Colza d'hiver implanté à l'automne	Type II												
	Type III												
	Type I												
Cultures dérobées et prairies de moins de six mois implantées à l'automne ou en fin d'été	Type II												
	Type III												
	Type I												
Cultures implantées au printemps (autres que maïs) y compris les prairies implantées depuis moins de six mois	Type II (1)												
	Type III												
	Type I												
Maïs	Type I												
	Type II Zone I** (1)												
	Type II Zone II**												
	Type III												
Prairies													
Prairies implantées depuis plus de six mois dont prairies permanentes, luzerne	Type I (2)												
	Type II (2)												
	Type III												
Autres cultures													
Autres cultures (cultures pérennes -vergers, vignes, cultures légumières, et cultures porte-graines)	Type I												
	Type II												
	Type III												

* Pour les légumineuses, dans les conditions fixées par l'arrêté relatif au programme d'action national et par l'arrêté établissant le référentiel régional de la mise en œuvre de la fertilisation azotée pour la région Bretagne

** Z I (zone I) et Z II (zone II) : La fin de la période d'interdiction d'épandage des effluents de type II est fixée au 15 mars inclus. Se reporter à l'article 3.1.1 de l'arrêté pour la gestion des situations exceptionnelles.

(1) Les effluents liquides peu chargés issus d'un traitement d'effluents bruts (contenant moins de 0,5 kg d'azote par m³) peuvent être épandus sur culture de printemps jusqu'au 31 août dans la limite de 50 kg d'azote efficace par ha.

(2) L'épandage d'effluents peu chargés issus d'un traitement d'effluents bruts (contenant moins de 0,5 kg d'azote par m³) est autorisé dans la limite de 20 kg d'azote efficace /ha durant les périodes d'interdiction fixées pour ces types de cultures, et dans le respect des autres règles d'épandage en vigueur.

(3) L'épandage d'effluents peu chargés issus d'un traitement d'effluents bruts (contenant moins de 0,5 kg d'azote par m³) est autorisé du 1^{er} au 30 septembre dans la limite de 20 kg d'azote efficace /ha