Bilan de l'action B2.1 : Inventaire des émissions de l'ammoniac (NH_3) en Bretagne

Apports des images satellitaires METEOP

Version intermédiaire du 10 janvier 2025

Lifeabaa2021@airbreizh.asso.fr
https://lifeabaa2021.eu

Life 2021

Table des matières

Glossaire . . . 3

1 Introduction **6**
1 Le projet "Ammonia Brittany Air Ambiant" . . . 6
2 L'action inventaire (B2.1) . . . 6

2 Données générales sur l'ammoniac **8**
1 Ammoniac (NH_3) : définition . . . 8
1.1 Les principes physico-chimiques : propriétés et sources . . . 8
1.2 Importance de la surveillance du NH_3 dans l'environnement . . . 8

3 Les émissions de NH_3 **9**
1 En France . . . 9
2 En Bretagne . . . 10
2.1 Les émissions de NH_3 en 2020 . . . 10
2.2 L'évolution des émissions de NH_3 en Bretagne depuis 2008 . . . 11
2.3 Les émissions de NH_3 par secteur d'activité . . . 12

4 Action B2.1 - Inventaires des émissions agricoles **13**
1 Les émissions agricoles . . . 13
1.1 Présentation de la méthodologie de calcul des émissions de l'élevage . . . 13
1.2 Echanges méthodologiques avec la CAB . . . 13
2 Bilan d'émissions sur le territoire pilote . . . 14
2.1 Fourniture à l'OAD – Emissions communales uniquement . . . 15
2.2 Enquête CAB et application des facteurs d'ajustement aux calculs . . . 15
2.3 Perspectives . . . 16

5 Mesure du NH_3 par satellite **17**
1 Méthodes de surveillance . . . 17
1.1 La télédétection . . . 17
1.2 MetOp . . . 17
1.3 IASI . . . 17
1.4 Méthodologie utilisée pour la surveillance via les images satellitaires . . . 18
1.5 Validation des données . . . 18

6 Bilan des concentrations de NH_3 **19**
1 Bilan pluriannuel des concentrations de NH_3 en France . . . 19
1.1 Bilan pluriannuel des concentrations de NH_3 en Bretagne . . . 21
1.2 Évolution saisonnière des concentrations de NH_3 en Bretagne . . . 22
2 Bilan météorologique annuel de la station Plouguenast (22) . . . 26
3 Analyse des mesures satellitaires aux coordonnées des stations de NH_3 d'Air Breizh . . . 28
3.1 Les sites de références sélectionnés pour l'analyse . . . 28
3.2 Moyennes journalières sur la période 2015 - 2023 . . . 30
3.3 Profils annuels moyens sur la période 2015 - 2023 . . . 31
4 Comparaison des valeurs de NH_3 mesurées par satellite (IASI) avec celles in-situ par analyseur . . . 32
4.1 Méthodologie de normalisation des données . . . 32
4.2 Comparaisons des mesures satellitaires (IASI) aux mesures au sol (analyseurs) . . . 32

7 Conclusion **36**
1 La contribution du projet ABAA dans l'amélioration de l'inventaire des émissions 36
1.1 Perspectives 36
2 L'apport des images satellitaires dans la surveillance de la qualité de l'air 36
2.1 L'apport des images satellitaires dans l'inventaire des émissions 36
2.2 L'apport des images satellitaires dans le dispositif de surveillance 37
2.3 Les limites des images satellitaires actuelles et leurs perspectives 37

8 Liste des Figures **38**

9 Liste des Tables **39**

10 Références **40**

11 Annexes **41**

Glossaire

Abréviations

AASQA	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
CAB	Chambre d'Agriculture de région Bretagne
CUMA	Coopérative d'Utilisation de Matériels Agricoles
ETA	Entreprise de Travaux Agricoles
RGA	Recensement Général Agricole
IASI	Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge
ABAA	Ammonia Brittany Air Ambiant
ISEA	Inventaire Spatialisée des Émissions Atmosphériques
PCIT	Pôle de Coordination sur les Inventaires Territoriaux
PREPA	Plan National de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques
SECTEN	(SECTeurs économiques et ENergie)
MetOp	Satellite Météorologique Polaire Opérationnel
ESA	Agence Spatiale Européenne
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
EUMETSAT	organisation EUropéenne pour l'exploitation des SATellites METéorologiques
SAU	Surface Agricole Utilisée
STH	Superficie Toujours en Herbe
UGB	Unité Gros Bovins
RPG	Registre Parcellaire Graphique

Polluants

NH_3	Ammoniac
NO_X	Oxydes d'azote
PM10	Particules fines de diamètre inférieur à 10 μm
PM2.5	Particules fines de diamètre inférieur à 2.5 μm
CO_2	Dioxyde de carbone

Unités de mesure

$\mu g/m^3$	Microgramme (10^{-3}g) par mètre cube (d'air)
mg/m^2	Milligramme (10^{-3}g) par mètre carré (d'air)
km^2	Kilomètre carré

Contexte du rapport

Ce rapport a été produit dans le cadre du projet ABAA Life 2021 qui vise à réduire les émissions d'ammoniac d'origine agricole dans l'air ambiant et améliorer la qualité de l'air. Ce projet innovant, sur 4 ans, est porté par l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air, Air Breizh, en partenariat avec la Chambre d'Agriculture de Bretagne (CAB).

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air pour la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1er août 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 :

L'équipe du projet ABAA, constitué de salariés d'Air Breizh et de la CAB, 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 le site internet du projet ABAA (`https://lifeabaa2021.eu`), et sur le site internet d' Air Breizh (`www.airbreizh.asso.fr`).

Toute utilisation de ce rapport et/ou des données associées doit faire référence au projet ABAA.

Air Breizh et la CAB ne peuvent, en aucune façon, être tenus responsables des interprétations et travaux utilisant les rapports d'études pour lesquels l'équipe du projet n'aura pas donné d'accord préalable.

Organisation interne - contrôle qualité

Ce document est un rapport intermédiaire de l'action B2.1. Les travaux se poursuivront en 2025.

Rédaction	Relecture	Validation	Version/Date
Marion Delidais (Ingénieure Inventoriste des Emissions Atmosphériques)	Meryll Le Quilleuc (Cheffe de projet ABAA) Simon Leray (Responsable Service Numérique et Communication)	Gäel Lefeuvre (Directeur)	Version intermédiaire v1 10 janvier 2025

Résumé

L'ammoniac (NH_3), présent sous forme gazeuse dans l'atmosphère, est impliqué dans la formation de particules fines secondaires (PM2,5 et PM10) et donc dans les enjeux sanitaires de la qualité de l'air extérieur. Ses émissions sont essentiellement attribuées à l'agriculture (99 % en Bretagne – Inventaire Spatialisé des Emissions Atmosphériques - ISEA V5.1) et leur diminution fait partie des leviers identifiés pour améliorer la qualité de l'air. La Bretagne représente à elle seule 18 % des émissions nationales alors que la région ne couvre que 5 % du territoire (ISEA V5.1).

En parallèle, l'évolution des émissions de NH_3 et le respect des réglementations sont aujourd'hui difficilement estimables car les inventaires d'émissions développés comportent d'importantes incertitudes qui restent à être explicitées.

Face à ce constat, le projet LIFE ABAA (Ammonia Brittany Air Ambiant) démarré en septembre 2021, en partenariat avec la Chambre d'Agriculture de Bretagne (CAB), vise à développer et à mettre en place un dispositif régional, à l'échelle de la Bretagne pour réduire les niveaux de NH_3 et ainsi contribuer à réduire les niveaux de particules fines dans l'air ambiant. Le projet ABAA est lauréat du programme européen LIFE et a reçu des financements de la région Bretagne, du Ministère de la transition écologique ainsi que du Plan Régional Santé Environnement de Bretagne.

Ce rapport présente le bilan de l'action B2.1. Elle se focalise sur l'exploitation et l'amélioration de l'outil de calcul des émissions d'Air Breizh, à travers l'inventaire spatialisé des émissions atmosphériques (ISEA). Au fur et à mesure de l'avancement du projet, les objectifs ont été ajustés, en particulier concernant l'évaluation quotidienne des impacts des actions. Les données théoriques fournies par la CAB ont été utilisées pour enrichir l'inventaire, notamment en approfondissant les connaissances sur le territoire pilote.
Plus d'informations sur site du projet LIFE ABAA : `https://lifeabaa2021.eu/`

Pour la première fois en Bretagne, un bilan de la présence de NH_3 à partir de la colonne atmosphérique a été réalisé à l'aide des données satellitaires. A partir de l'instrument IASI (Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge), l'évolution spatiale et temporelle des concentrations de NH_3 a été analysée pour les années 2015 à 2023 sous formes de cartographies et de séries temporelles. Ces premiers résultats ont été confrontées aux mesures in-situ déployées sur la région Bretagne et à la modélisation inter-régionale. L'étude présentée ici a pour but d'évaluer le potentiel des données satellitaires pour caractériser le NH_3 en Bretagne.

Il est à noter que ce travail s'inscrit dans une collaboration inter-AASQA (Association de Surveillance Agréée de la Qualité de l'Air) avec Atmo Grand-Est et Atmo Nouvelle Aquitaine.

1 Introduction

1 Le projet "Ammonia Brittany Air Ambiant"

Porté par Air Breizh, l'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) en Bretagne, et en partenariat avec la Chambre d'Agriculture de Bretagne (CAB), le projet Ammonia Brittany Air Ambiant 2021 (ABAA) vise à réduire les niveaux de particules fines dans l'air ambiant, à travers une diminution des émissions d'ammoniac (NH_3) d'origine agricole.

Pour cela, un réseau d'agriculteurs volontaires a été constitué dans un premier temps sur un territoire pilote. L'objectif est de les aider et de les accompagner suffisamment pour permettre leur appropriation et leur adhésion à la pratique de techniques agricoles moins émettrices en ammoniac.

Un outil d'aide à la décision lié aux émissions d'ammoniac, nommé "AgrivisioN'Air", a été développé dans le cadre du projet. Il permet de répondre aux objectifs principaux suivants :

— Proposer un outil simple de simulation de l'impact d'une pratique d'épandage en prenant en compte l'importance du phénomène de volatilisation de (NH_3) dans les prévisions journalières et le type de matériels d'épandages.

— Enrichir l'inventaire des émissions à partir des pratiques d'épandage réalisées.

— Informer les utilisateurs de la qualité de l'air de leur territoire et diffuser au plus grand nombre les alertes à la pollution aux particules fines de leur département.

Afin de pouvoir répondre à ces objectifs, des exploitations de l'Inventaire Spatialisé des Emissions Atmosphériques (ISEA) devront être réalisées, en lien avec ce nouvel outil AgrivisioN'Air.

2 L'action inventaire (B2.1)

ISEA

L'action B2.1 se concentre sur l'exploitation et l'amélioration de l'outil de calcul des émissions d'Air Breizh, l'Inventaire Spatialisé des Émissions Atmosphériques (ISEA). L'outil ISEA construit par Air Breizh pour la région Bretagne, est une description spatiale et temporelle de l'ensemble des rejets de polluants dans l'atmosphère. Sa construction s'effectue conformément au guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques de juin 2018 validé par le ministère de l'Environnement (LCSQA, 2018 [7]).

Les différentes étapes de réalisation sont le recensement de l'ensemble des sources émettrices et des données d'activité, le calcul des émissions à partir de facteurs d'émissions, la cartographie et la réalisation de bilans territoriaux. Les calculs sont réalisés à l'échelle communale pour une trentaine de polluants (NH_3, PM10, NOx, CO_2...), pour un pas de temps annuel sur la période de 2008 à 2020. Les résultats peuvent être détaillés par secteur d'activité (Industrie, Résidentiel, Transports, Agriculture...), sous-secteurs, usages ou énergies.

Pour le cas spécifique du secteur agricole qui émet 99 % des émissions de la région, la méthodologie de calcul prend en compte :

— Les cultures (épandages d'engrais organiques ou minéraux, restitution d'azote des résidus de cultures, excrétions au pâturage et travail des sols par les machines agricoles),

— L'élevage (fermentation entérique et stockage des déjections animales),

— Les consommations énergétiques des bâtiments (élevage et serres) et des engins (agricoles et sylvicoles).

La mise à jour de la version 5 d'ISEA a été finalisée en juin 2023 et les résultats sont disponibles sur une plateforme de visualisation des données (ISEA, 2008-2020 [5]).

Objectifs de l'action B2.1

Les objectifs initiaux de l'action B2.1 sont les suivants :

— Evaluation et diffusion chaque jour via AgrivisioN'Air de l'impact journalier des actions mises en place par les agriculteurs sur les émissions de NH_3, permettant ainsi à l'utilisateur de scénariser ses émissions en fonction de l'action retenue,

— Evaluation de l'impact annuel des actions sur le territoire pilote, en compilant toutes les actions menées sur la première année et remontées dans AgrivisioN'Air, permettant ainsi d'améliorer les données d'entrée nécessaires à la modélisation régionale.

Ces objectifs ont été reconsidérés au fil de l'avancement du projet, notamment en ce qui concerne l'évaluation journalière des impacts des actions dans AgrivisioN'Air. En effet, les surfaces d'épandage ne pouvant être connues de façon précise, des données d'abattement théoriques de la CAB ont été utilisées selon le type de matériel choisi par l'utilisateur.

Enjeux de l'action B2.1

Les données d'ISEA v5.1 viendront ainsi alimenter l'outil d'aide à la décision AgrivisioN'Air développé par les équipes de la CAB, notamment pour la réalisation d'un bilan annuel du territoire pilote. Il permettra d'analyser l'impact des pratiques par rapport aux données d'émissions annuelles.

Également, un travail exploratoire d'analyse des observations satellite a été entrepris. Les satellites peuvent fournir quotidiennement des informations sur la présence d'ammoniac en France et en Bretagne. Ces données peuvent également servir de paramètres d'entrées pour alimenter les modèles régionaux mais également aider à la validation des simulations (action B2.2).

2 Données générales sur l'ammoniac

1 Ammoniac (NH_3) : définition

1.1 Les principes physico-chimiques : propriétés et sources

L'ammoniac (NH_3) est un gaz incolore et odorant, très irritant pour le système respiratoire, la peau, et les yeux. Son contact direct peut provoquer des brûlures graves. A forte concentration, ce gaz peut entraîner des œdèmes pulmonaires. Le NH_3 est un gaz mortel à très forte dose. Toutefois, les niveaux observés dans l'air ambiant sont suffisamment faibles pour ne pas provoquer ces symptômes.

Le NH_3 est principalement émis par le secteur de l'agriculture (rejets organiques de l'élevage, utilisation d'engrais azotés...). La formation de NH_3 se réalise aussi lors de la transformation des engrais azotés présents dans les sols par les bactéries. Le NH_3 est un précurseur gazeux de particules fines (Lelieveld et al., 2015 [8]). Pour la période 2016-2019, une étude de Santé Publique France attribue 40 000 décès annuels en France à l'exposition à long terme aux particules fines (PM2,5) (Adélaïde et al., 2021 [1]).

1.2 Importance de la surveillance du NH_3 dans l'environnement

Le suivi du NH_3 revêt une importance cruciale dans la surveillance environnementale en raison de ses multiples impacts sur les écosystèmes, la qualité de l'air et la santé humaine. En tant que gaz réactif et toxique, le NH_3 est émis par diverses activités agricoles, industrielles et naturelles. Son interaction avec d'autres composés dans l'atmosphère peut conduire à la formation de particules fines, contribuant ainsi à la détérioration de la qualité de l'air.

De plus, en se déposant au sol, le NH_3 peut altérer les écosystèmes terrestres et aquatiques, affectant la biodiversité et la fertilité des sols. Sa présence peut également influencer la qualité des eaux et des milieux aquatiques, contribuant ainsi aux problématiques de qualité des eaux de surface et souterraines. Par conséquent, la surveillance continue et précise du NH_3 à l'aide de technologies comme les images satellitaires est essentielle pour comprendre son cycle, évaluer les sources d'émissions et prendre des mesures adéquates visant à minimiser son impact sur l'environnement.

3 Les émissions de NH_3

1 En France

Les émissions correspondent aux quantités de polluants rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines, soit d'origine anthropique, et les émissions d'origine naturelle. A l'échelle nationale, elles sont calculées par le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) à partir des facteurs d'émissions et des estimations des activités à un pas de temps annuel.

En France, le NH_3 est émis à 94% par le secteur de l'agriculture (CITEPA, 2023 [3]). Au sein de ces émissions nationales, 60% sont émises par les cultures (312 kilotonnes), 39,3% par l'élévage (201 kilotonnes) et moins de 1% par les engins, moteurs et chaudières agricoles (0,3 kilotonnes) en 2021 (voir la figure 3.1). Ainsi, les émissions liées aux engins, moteurs et chaudières agricoles ne sont pas visibles sur la figure 3.1.

Les objectifs nationaux de réduction des émissions de NH_3 ont été définis pour répondre aux enjeux environnementaux et sanitaires liés à ce composé. Le PREPA est le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques fixé par le gouvernement (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2021 [9]). Les objectifs de réduction sont définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005. Afin de respecter la directive NEC 2016/2284/UE, la France vise une diminution des émissions de NH_3 de 4% à compter de l'année 2020, suivi d'un objectif plus ambitieux de réduction de 13% à partir de 2030 par rapport aux niveaux enregistrés en 2005 (Joue, 2016 [6]). Ces objectifs s'inscrivent dans une dynamique de préservation de la qualité de l'air et des écosystèmes, tout en contribuant à la protection de la santé publique.

Cette stratégie de réduction des émissions de NH_3 se positionne comme une composante essentielle des politiques environnementales nationales visant à atteindre des niveaux durables d'émissions de polluants. Les objectifs fixés par la directive NEC et le plan PREPA soulignent la volonté de la France de progresser vers des normes plus strictes en matière de réduction des émissions de NH_3 pour assurer un environnement plus sain et plus durable.

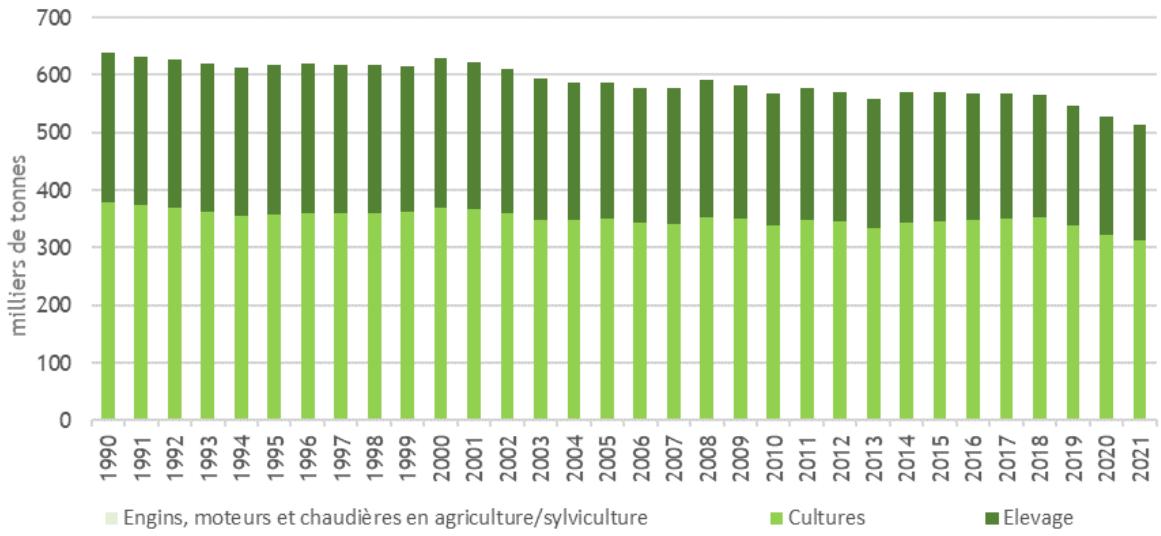

FIGURE 3.1 – Répartition des émissions de NH_3 du secteur de l'agriculture/sylviculture en France.
Source : Citepa, avril 2023 - Format Secten

2 En Bretagne

2.1 Les émissions de NH_3 en 2020

L'Inventaire Spatialisé des Emissions Atmosphériques régionales (ISEA V5.1) de la Bretagne comme illustré à l'échelle communale sur la figure 3.2, répertorie les émissions de NH_3 liées aux activités agricoles. En 2020, la quantité émise de NH_3 par le secteur agricole est de 99 684 tonnes sur l'ensemble de l'année (ISEA V5.1). En Bretagne, le NH_3 est émis à 99% par le secteur agricole (ISEA V5.1).

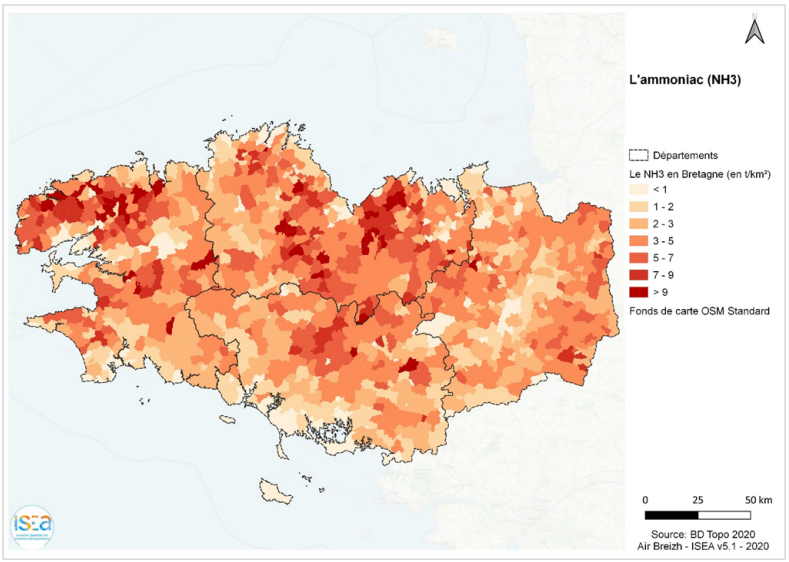

FIGURE 3.2 – Carte des émissions de l'ammoniac (NH_3) en Bretagne pour l'année 2020, source : ISEA V5.1

Les émissions sont classées en quatre grandes catégories, représentées figure 3.3 :

— Les émissions liées aux épandages (produits organiques en marron et engrais minéraux en bleu), représentant 43 % des émissions bretonnes ;
— Les émissions liées aux pâtures (en vert clair), représentant 9 % des émissions bretonnes ;
— Les émissions liées aux bâtiments et au stockage des déjections issues de l'élevage (principalement porcins en rose, volailles en jaune et bovins en vert foncé), représentant 48 % des émissions bretonnes ;
— Les consommations énergétiques des bâtiments (élevage et serres) et des engins (agricoles et sylvicoles) ainsi que les émissions liées à l'élevage des autres animaux (hors porcins, volailles et bovins) (en gris), représentant moins de 1 % des émissions bretonnes.

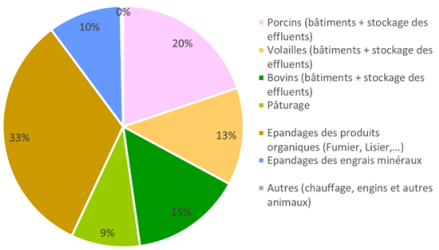

FIGURE 3.3 – Répartition des émissions agricoles de NH_3 en Bretagne en 2020 – ISEA V5.1

2.2 L'évolution des émissions de NH_3 en Bretagne depuis 2008

La figure 3.4 représente l'évolution régionale des émissions de NH_3 estimées par l'inventaire d'Air Breizh (ISEA V5.1), confrontées aux objectifs du PREPA.

Les émissions de NH_3 sont en très légères baisses avec une diminution de 4% entre 2008 et 2020 selon ISEA V5.1. Cette baisse des émissions entre 2008 et 2020 respecte l'objectif fixé par le PREPA (4%).

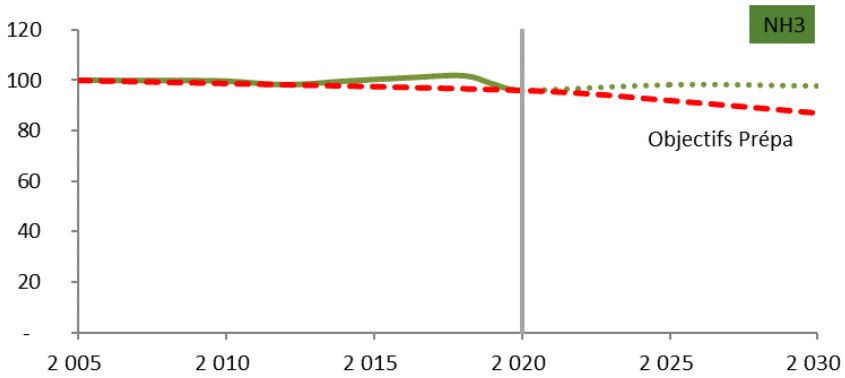

FIGURE 3.4 – Évolution régionale des émissions de NH_3 issue de l'inventaire ISEA V5.1 et objectifs PREPA

Toutefois, en suivant la tendance actuelle (projection linéaire d'ISEA V5.1 entre 2008 et 2030), il semble peu probable d'atteindre l'objectif d'une diminution de 13% de NH_3 de l'ammoniac fixé pour 2030 par le PREPA.

2.3 Les émissions de NH_3 par secteur d'activité

L'activité principale en Bretagne est majoritairement issue des combinaisons de granivores (porcins, volailles), de bovins mixtes et de la polyculture. Les exploitations agricoles bretonnes sont essentiellement tournées vers l'élevage et la production laitière. D'après la CAB, 34% des exploitations agricoles sont consacrées aux bovins lait , 13% aux grandes cultures, 11% aux élevages porcins, 10% aux polycultures et polyélevage, 10% aux élevages avicoles, 7% aux maraîchages, 6% aux bovins viande et et le reste aux autres cultures (Agriculture et Agroalimentaire de Bretagne en Clair, Edition 2023 [2]).

L'Unité Gros Bétail (UGB)

La figure 3.5 illustre l'UGB à l'échelle communale sur la région Bretagne pour l'année 2020. L'UGB se définit à partir des équivalences basées sur les besoins alimentaires des animaux. Ainsi par exemple, une vache laitière de 600 kg produisant 3 000 litres de lait par an et consommant 3 000 unités fourragères ou 4 500 kg de matière sèche par an correspond à 1 UGB tandis qu'une brebis équivaut à 0,15 UGB (Agreste 2021). L'UGB regroupe tous les animaux issus de l'élevage (bovins, lapins, porcs...). La majeure partie de la région est dominée par les exploitations agricoles consacrées aux bovins laitiers. Le centre Bretagne et le nord du Finistère sont dominés par les exploitations de bovins.

La Surface Agricole Utilisée (SAU)

La SAU illustrée dans la figure 3.6 comprend les terres arables, la Superficie Toujours en Herbe (STH) et les cultures permanentes. La SAU des exploitations bretonnes est de 1 621 695 hectares en 2020 (6 % de la SAU nationale) sur une surface régionale totale de 2 750 667 hectares, soit 64% du territoire régional consacré à l'agriculture contre 52% en France métropolitaine en 2020.

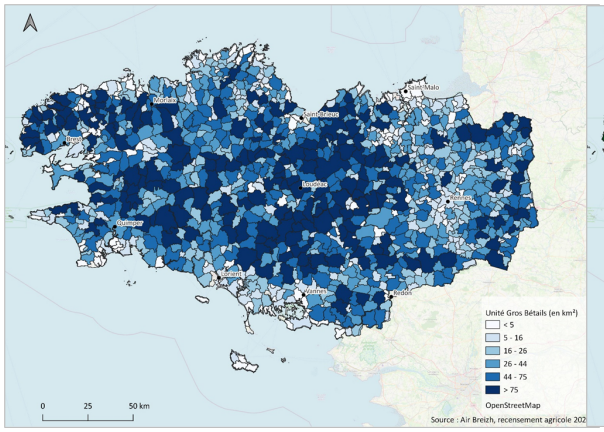

FIGURE 3.5 – Unité Gros Bétails (UGB) en km² par commune sur la région en 2020

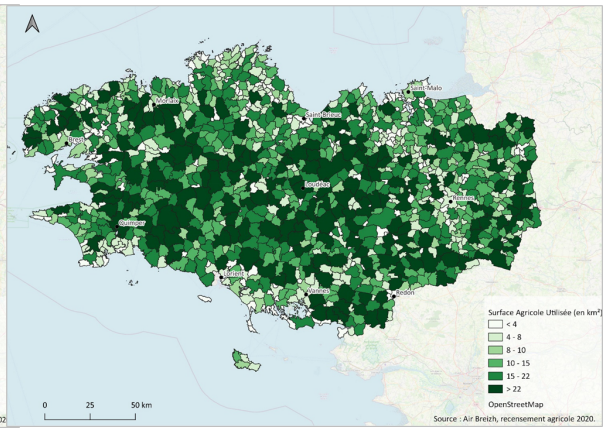

FIGURE 3.6 – Surface Agricole Utilisée (SAU) en km² par commune sur la région en 2020

4 Action B2.1 - Inventaires des émissions agricoles

1 Les émissions agricoles

1.1 Présentation de la méthodologie de calcul des émissions de l'élevage

Le calcul des émissions de l'agriculture est basé sur la méthodologie nationale (LCSQA, 2018 [7]). Pour les secteurs agricole et sylvicole, les sous-secteurs intégrés sont les suivants :

- Les cultures,
- L'élevage,
- La consommation d'énergie des bâtiments,
- Les engins agricoles et forestiers.

Les émissions liées aux cultures et à l'élevage sont séparées en choisissant de rapporter l'ensemble des émissions liées aux épandages et aux pâtures dans la partie culture (avec prairies), et l'ensemble des émissions des bâtiments et du stockage des déjections dans la partie élevage.

Les émissions prises en compte dans le sous-secteur de l'élevage sont liées à la fermentation entérique et au stockage des déjections animales (émissions directes et indirectes). Les cheptels sont estimés à partir des statistiques agricoles annuelles départementalisées réparties au niveau communal à partir des données du Recensement Général Agricole (RGA). Dans le cas de présence de secret statistique, le cheptel est reconstitué à partir des Surfaces Agricoles Utiles (SAU) des communes. Les quantités d'azote excrétées et les émissions associées sont ensuite calculées à partir de facteurs d'émission détaillés par espèce (bovins, caprins...) et par système de gestion des déjections. Ainsi, les émissions de 41 catégories animales sont calculées.

Un diagnostic des émissions a d'abord été réalisé sur le territoire pilote, puis comparé à l'ensemble de la région. Des données spécifiques ont été intégrées pour affiner la précision de l'inventaire ISEA, notamment grâce à un questionnaire adressé aux exploitants du territoire pilote. L'objectif était de mieux évaluer l'impact des actions et des équipements utilisés par les exploitants sur les émissions de NH_3.

1.2 Echanges méthodologiques avec la CAB

Les premiers travaux ont concerné la présentation de la méthodologie de calcul des émissions du secteur agricole d'ISEA à la CAB, notamment les parties concernant l'élevage, l'épandage, le stockage, le pâturage et la gestion de l'azote.

L'essentiel des échanges a porté sur les facteurs d'ajustement liés au NH_3, notamment en tenant compte de l'utilisation de matériel d'épandage spécifique. Dans le cadre du calcul de l'inventaire, les facteurs d'ajustements de NH_3 par type d'élevage sont issues de l'EMEP/EEA (figure 4.1). La carte présentée à droite, figure 4.2, illustre la répartition de l'utilisation des équipements d'épandages de lisier des CUMA du territoire pilote, résultant du questionnaire adressé aux exploitants.

Type d'épandage	Facteur d'ajustement NH_3	Taux d'application de la technique (en % des surfaces épandues)			
		Lisiers de porcins		Lisiers de bovins	
		2001	2008	2001	2008
Tonne à lisier seule	1,00	65%	49%	92%	88%
Pendillard	0,70	11%	21%	2%	4%
Enfouisseur	0,30	6%	6%	1%	1%
Autre	1,00	3%	4%	4%	2%
Tonne à lisier + pendillard	0,85	5%	7%	0%	3%
Tonne à lisier + enfouisseur	0,65	5%	4%	1%	1%
Pendillard et enfouisseur	0,50	3%	7%	0%	0%
Tonne à lisier + pendillard + enfouisseur	0,67	2%	2%	0%	0%

Tableau 17 : *Facteurs d'ajustement de NH_3 par type d'épandage (Source* EMEP/EEA 2013)

FIGURE 4.1 – Facteurs d'ajustement de NH_3 par type d'élevage (SOURCE EMEP/EEA 2013)

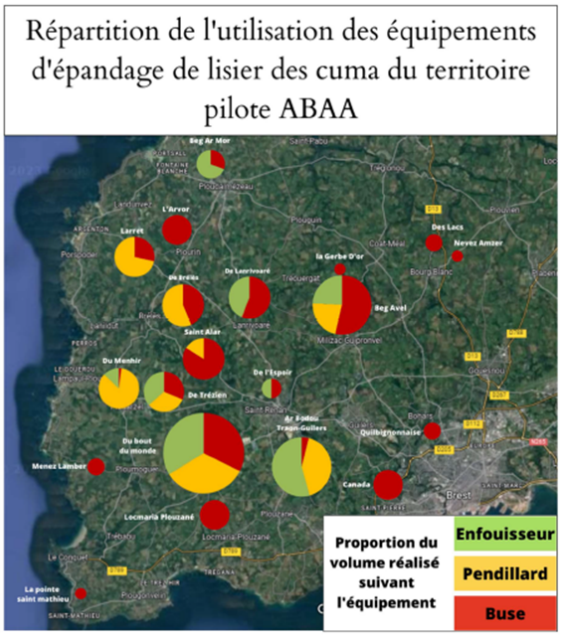

FIGURE 4.2 – Répartition de l'utilisation des équipements d'épandage de lisier des CUMA du territoire pilote

2 Bilan d'émissions sur le territoire pilote

Les émissions agricoles de NH_3 ont été cartographiées à l'échelle du territoire pilote, présentées dans la figure 4.3. En 2020, Ploudalmézeau est la commune qui émet le plus de NH_3 et Lampaul-Plouarzel est celle qui émet le moins (cf. figure 4.3). La figure 4.4, illustre la répartition des émissions agricoles de NH_3 pour le territoire pilote. Sur le territoire pilote, les épandages de produits organiques représentent une part plus importante avec 34 % des émissions, suivis des porcins avec 32 %, une proportion nettement supérieure à celle observée à l'échelle régionale, tandis que les bovins contribuent à hauteur de 13 %.

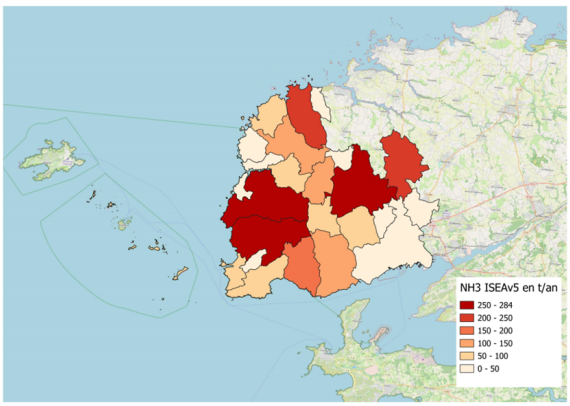

FIGURE 4.3 – Émissions agricoles de NH_3 du territoire pilote.

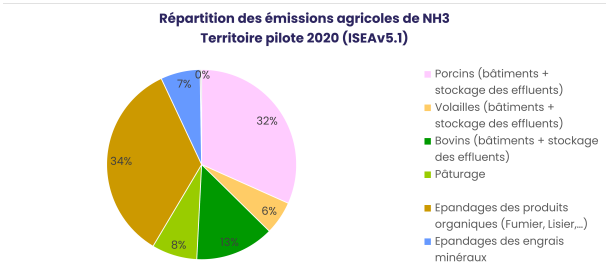

FIGURE 4.4 – Répartition des émissions agricoles de NH_3 du territoire pilote.

L'évolution de la répartition des émissions de NH_3 sur le territoire pilote, illustrée figure 4.5, est relativement stable. Les émissions par secteur agricole restent proches de la répartition régionale, avec une part importante pour l'épandage des produits organiques (34%) et l'élevage de porcins (bâtiments + stockage des effluents) avec (32%).

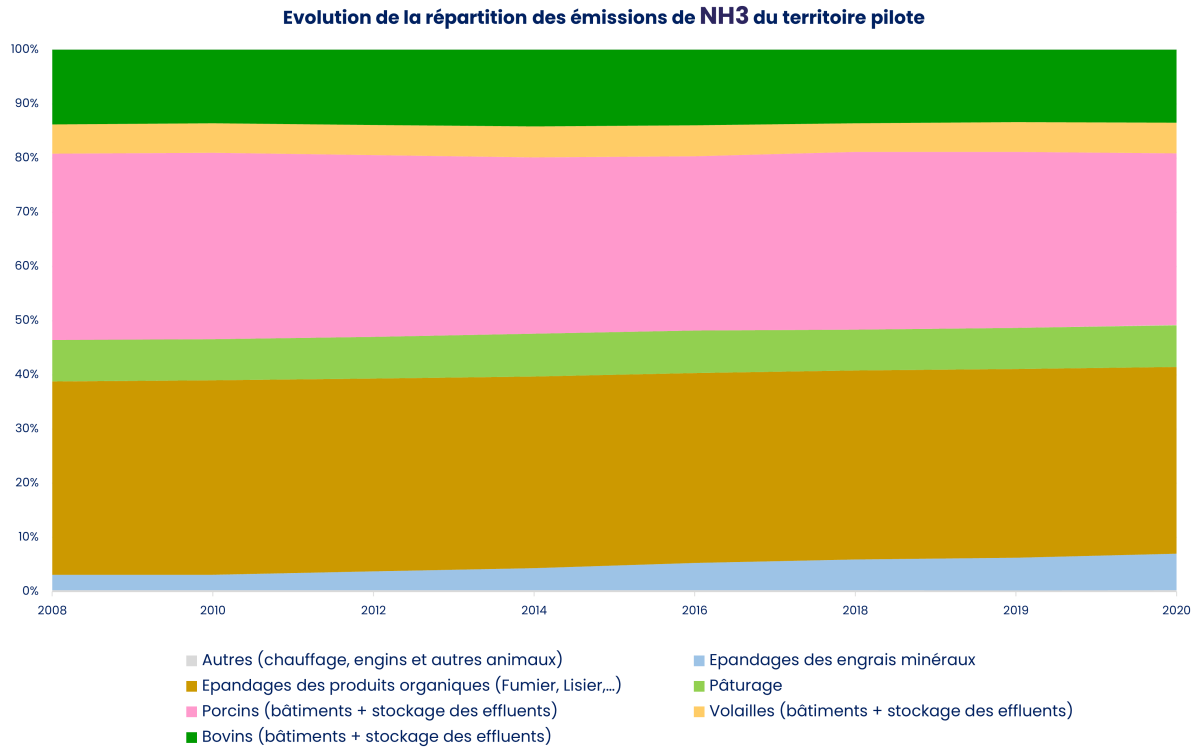

FIGURE 4.5 – Evolution de la répartition des émissions de NH3 du territoire pilote

2.1 Fourniture à l'OAD – Emissions communales uniquement

Dans le cadre du développement de l'outil d'aide à la décision, la possibilité d'intégrer les données d'ISEA et de proposer des simulations a été étudiée. Dans un souci d'anonymisation des données relatives aux pratiques d'épandage, celles-ci ont été regroupées à l'échelle communale. Cependant, cette partie n'a pas pu être menée à terme en raison de l'imprécision des informations sur la spatialisation des épandages, les surfaces concernées et le nombre de répétitions.

Les exports des émissions annuelles d'ISEA (V5.1) ont été réalisés à l'échelle du territoire pilote. Ces données alimentent l'outil pour informer l'utilisateur des émissions de la commune. Il avait été envisagé d'afficher, dans les synthèses personnalisées, les émissions de la commune (calculées par ISEA) ainsi que celles liées aux épandages de l'agriculteur (calculées par l'outil). Cependant, en raison des différences dans les méthodes de calcul, il a été décidé de ne pas proposer cette comparaison. Les données communales issues d'ISEA sont donc présentées dans la synthèse personnalisée à titre informatif.

2.2 Enquête CAB et application des facteurs d'ajustement aux calculs

Enquêtes et Questionnaires

Des questionnaires et des enquêtes ont été menés par la CAB auprès des exploitants du territoire pilote. Ces enquêtes portaient notamment sur les quantités d'azote épandues et sur les taux d'utilisation de matériel peu émissif par les CUMA. Ces enquêtes seront prochainement complétées auprès des Entreprises de Travaux Agricoles (ETA).

Traitement des Résultats

Les résultats ont été traités en sommant les volumes épandus à la buse, au pendillard et avec enfouisseur, selon trois références géographiques : le canton, la commune et le territoire pilote. À l'échelle communale, des hypothèses de répartition ont été effectuées pour les communes où aucune donnée n'était disponible, en associant les données de la commune la plus proche.

Cartes des ajustements des émissions

À partir de ces résultats et des facteurs d'ajustement, de nouvelles émissions ont été calculées. En complément des travaux précédents, des échanges ont eu lieu avec la CAB afin de comparer les données d'entrée.

Ces cartes illustrent la baisse des émissions en pourcentage avec les données renseignées par les CUMA pour toutes les communes du territoire pilote, illustrées figures 4.7 et 4.6. Les résultats révèlent des différences notables entre les deux cartes. La baisse des émissions est plus marquée avec l'ajustement communal. Cette différence provient de la méthodologie différente avec les émissions calculées dans ISEA qui sont issues des taux d'applications communs à tout le territoire national.

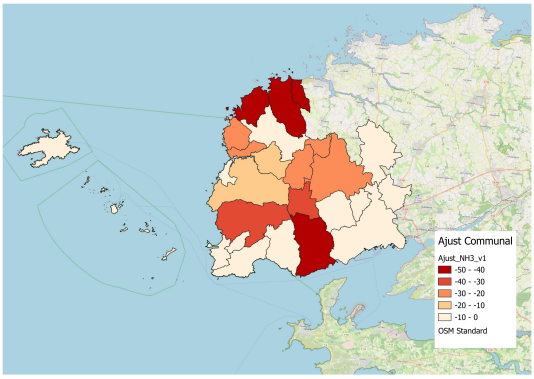

FIGURE 4.6 – Ajustement NH_3 communale

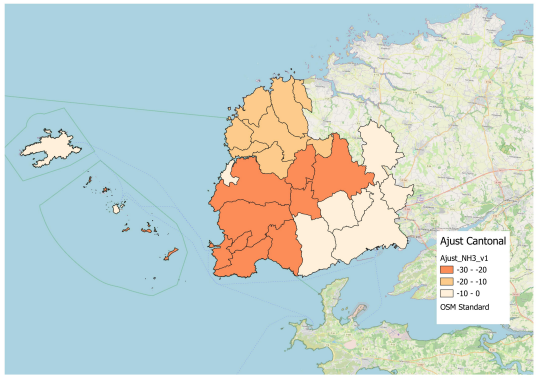

FIGURE 4.7 – Ajustement NH_3 cantonal

2.3 Perspectives

Les CUMA ne disposent pas toujours de données à l'échelle communale. Des interpolations ont été effectuées pour attribuer à certaines communes des utilisations d'équipements d'épandage. Cependant, ces interpolations présentent de nombreuses incertitudes en raison de la difficulté à estimer le rayon d'action des CUMA.

En 2025, des données provenant des Entreprises de Travaux Agricoles (ETA), incluant des informations sur les pratiques agricoles, seront exploitées à l'échelle du territoire pour élaborer une carte comparable, intégrant les données des CUMA et des ETA. Un autre projet financé par l'Ademe est en cours, **CREAA** (Comprendre et Réduire les Emissions d'Ammoniac Agricoles) et permettra de prendre la suite d'ABAA. Ce projet prévoit entre autres des échanges avec le CITEPA pour notamment comparer les méthodologies nationale (CITEPA) et locale (AASQA) de calcul des émissions agricoles.

5 Mesure du NH_3 par satellite

1 Méthodes de surveillance

1.1 La télédétection

La télédétection implique l'acquisition d'informations sur des objets ou des phénomènes à distance, généralement depuis des capteurs situés sur des avions, des drones ou des satellites en orbite autour de la Terre. Elle permet d'obtenir des données sur la surface terrestre ou la colonne atmosphérique sans contact direct.

1.2 MetOp

FIGURE 5.1 – Instrument MetOp

MetOp (Meteorological Operational Satellite Programme), illustré figure 5.1, est une série de satellites météorologiques opérationnels développés par l'Agence spatiale européenne (ESA) en collaboration avec l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT). Ces satellites collectent des données pour améliorer la prévision météorologique, la surveillance de l'océan et l'étude du climat. Ils sont équipés de divers instruments permettant d'acquérir des informations sur l'atmosphère, les températures de surface et d'autres paramètres environnementaux.

1.3 IASI

L'instrument IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) est un instrument de télédétection embarqué à bord des satellites de la série MetOp de l'ESA. IASI vole en orbite quasi-polaire à une altitude de 817 km environ. Son objectif est d'assurer la surveillance atmosphérique depuis l'espace. Il opère dans le spectre de l'infrarouge et collecte des données sur la température, l'humidité et la composition chimique de l'atmosphère terrestre. Les informations recueillies par IASI sont cruciales pour la prévision météorologique, la surveillance de la qualité de l'air et l'étude des changements climatiques.

IASI possède une résolution spectrale élevée d'environ 12 kilomètres, permettant d'obtenir des informations détaillées sur les constituants atmosphériques (chaque pixel de l'image correspond à une zone d'environ 12 km sur 12 km à la surface de la Terre). La résolution temporelle de IASI permet des observations de la Terre avec une fréquence de passsage de 12 heures. Ainsi, le satellite peut couvrir la même zone géographique environ deux fois par jour, ce qui offre une couverture régulière pour la collecte de données.

Les satellites de MetOp dont IASI utilisent différentes techniques pour mesurer les concentrations de divers polluants atmosphériques, notamment le NH_3 (ammoniac) et le CO_2 (dioxyde de carbone) par exemple.

IASI fonctionne dans l'infrarouge thermique, ce qui signifie qu'il mesure la lumière infrarouge émise par la Terre et son atmosphère. En détectant la quantité de lumière infrarouge absorbée à des longueurs d'onde comprises entre 645 à 2760 $\mathbf{cm}^{-1}$, IASI peut identifier et quantifier différents gaz atmosphériques, y compris les polluants à effets sanitaires et les gaz à effet de serre. Ces mesures se basent sur les variations d'absorption infrarouge spécifiques à chaque molécule, possédant une signature spectroscopique spécifique dans l'infra-

rouge. Les capteurs des satellites détectent ces signatures, ce qui permet d'estimer les concentrations de ces molécules dans l'atmosphère.

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{5.1}$$

où :

λ : Longueur d'onde (m)
c : Vitesse de la lumière dans le vide (m/s)
f : Fréquence (Hz)

Dans ce contexte, la longueur d'onde peut être calculée en utilisant la vitesse de la lumière dans le vide et la fréquence correspondante du signal détecté par l'instrument IASI à bord du satellite MetOp.

1.4 Méthodologie utilisée pour la surveillance via les images satellitaires

Les images satellitaires sont disponibles gratuitement sur le portail AERIS IASI. L'historique des données fournit des images de mars 2013 à septembre 2023. Des traitements sont effectués sur ces images, entraînant un délai de quelques mois avant leur disponibilité.

Les données de mesure par satellite peuvent être exploitées sous plusieurs formes :

— Cartographies : représentation spatiale des polluants,
— Séries temporelles à des coordonnées spécifiques : à l'échelle horaire, journalière ou mensuelle.

L'extraction en série temporelle permet de confronter les données satellitaires aux mesures in-situ par analyseur ou aux données modélisées.

1.5 Validation des données

Dans un premier temps, les images sont téléchargées en données brutes. Un traitement est appliqué sur les images pour convertir l'unité de **mole/m**^{2} en **mg/m**^{2}. Un script R permet de convertir les fichiers .NCDF en .TIF en appliquant un filtre pour la couverture nuageuse. Le filtre élimine respectivement les mesures avec des pixels erronés ou une couverture nuageuse excessive. Un seuil d'incertitude fixé à 70 % est appliqué sur les images. Malgré ce seuil d'incertitude, les mesures satellitaires peuvent comporter des erreurs aléatoires conduisant à des valeurs négatives. Ces erreurs peuvent être dues à des défaux instrumentaux, des interférences atmosphériques, à la sensibilité de l'instrument, à l'humidité ou à la présence d'aérosol pouvant affecter la qualité des mesures satellitaires. Pour garantir la fiabilité des résultats, un filtre a été appliqué pour supprimer les valeurs négatives.

6 Bilan des concentrations de NH_3

1 Bilan pluriannuel des concentrations de NH_3 en France

Attention particulière :
Les résultats par image satellitaire sont exprimés en **mg/m^2**, un travail supplémentaire pour traduire en concentration par unité d'air respiré (µg/m^3), unité des mesure par analyseur et des modélisations sera nécessaire et fait l'objet d'un projet AQACIA - ROSAS (Représentativité des Observations de Surface d'Ammoniac atmosphérique en appui à l'exploitation des données Satellites) de 2024 à 2026. Ce projet aura vocation à mieux évaluer les données satellitaires et notamment leurs apports pour l'inventaire des émissions et la modélisation.

Les cartes du territoire national illustrées figure 6.1 présentent les concentrations moyennes annuelles de NH_3 de 2014 à 2023. Elles mettent en évidence une division entre le nord-ouest et le sud-est de la France. Les concentrations moyennes de NH_3 les plus élevées sont localisées principalement dans les régions Hauts-de-France, Normandie, Île-de-France, Bretagne, Pays de la Loire ainsi que dans l'ouest du Grand Est. En revanche, les régions montagneuses telles que les Pyrénées, le Massif central ou encore les Alpes semblent être relativement préservées par cette problématique.

FIGURE 6.1 – Concentrations moyennes annuelles de NH_3 mesurées par IASI de 2014 à 2023 (mg/m^2) – France

Les concentrations moyennes en 2023

La figure 6.2 présente les concentrations moyennes de NH_3 mesurées par IASI pour l'année 2023. La figure 6.3 illustre les concentrations moyennes annuelles de NH_3 en France, simulées à l'aide du modèle d'ENSEMBLE du consortium COPERNICUS, avec une résolution de 3 km. Sur les deux figures, les concentrations de NH_3 les plus fortes se concentrent principalement dans le nord-ouest de la France, notamment dans les régions Bretagne, Pays de la Loire, Normandie, ainsi que dans le nord-est des Hauts-de-France. Les moyennes annuelles mesurées par IASI montrent une bonne concordance avec les concentrations modélisées par COPERNICUS, soulignant la précision du modèle.

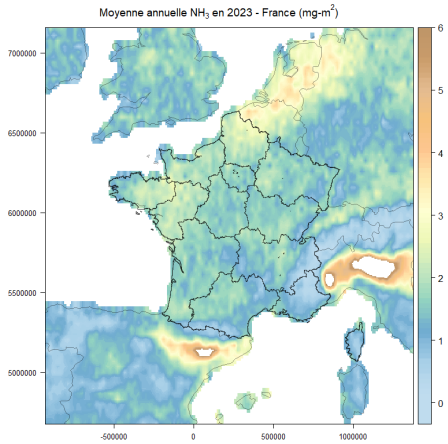

FIGURE 6.2 – Concentrations moyennes annuelles de NH_3 en 2023 mesurées par IASI (mg/m^2) – France

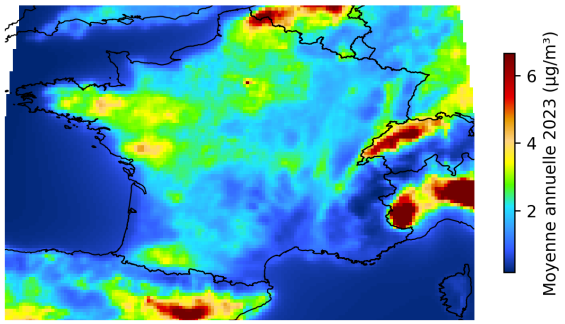

FIGURE 6.3 – Concentrations moyennes annuelles de NH_3 en 2023 modélisées par COPERNICUS modèle d'ENSEMBLE ($\mu g/m^3$) – France

La figure 6.4 représente les concentrations moyennes annuelles de NH_3 modélisées sur le Nord-Ouest de la France par le modèle inter-régional ESMERALDA. Ce modèle est produit par un consortium d'AASQA (Airparif, Air Breizh, Air Pays-de-la-Loire, Atmo Hauts-de-France, Atmo Normandie, Lig'Air) à partir des inventaires régionaux. Les premières exploitations des ces sorties NH_3 et leurs évaluations temporelles avec les mesures in-situ ont été initiées dans le cadre de l'action modélisation B2.2 du projet ABAA. Cependant, l'évaluation spatiale des modélisations est rendue possible avec les images satellitaires.

Les concentrations de NH_3 les plus élevées se situent principalement dans les régions Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine ainsi que dans les régions Haut-de-France et Grand Est. La zone autour de Metz caractérisée par un « croissant » correspond à une zone agricole composée de cultures de légumes, fleurs et céréales (RPG, 2022 [10]).

Les premiers résultats de l'analyse des images satellitaires NH_3 au regard des modélisations produites par notre modélisation exploratoire interrogent et font apparaître des limites, notamment les plus fortes concentrations modélisées dans les régions Grand-Est et Nouvelle-Aquitaine, non détectées par le satellite. Par ailleurs, les niveaux modélisées par le modèle sont relativement bas. Les incertitudes concernant la modélisation de ce polluant sont peu étudiées, l'action B2.2 du projet ABAA a permit d'améliorer la connaissance de ces incertitudes.

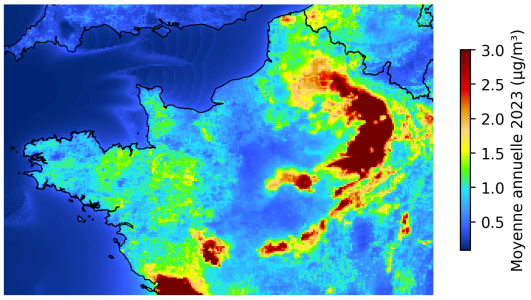

FIGURE 6.4 – Concentrations moyennes annuelles de NH_3 en 2023 modélisées par ESMERALDA ($\mu g/m^3$) – Nord-Ouest de la France

1.1 Bilan pluriannuel des concentrations de NH_3 en Bretagne

A l'échelle de la Bretagne (figure 6.5), les concentrations moyennes annuelles les plus élevées se concentrent principalement dans le centre de la Bretagne et vers l'est. Quelques communes du Finistère Nord, semblent également être impactées par une concentration importante (entre 2.3 et 3.3 mg/m^2), notamment en 2018 et 2022.

Néanmoins, les valeurs plus faibles dans les zones côtières bretonnes sont liées aux contrastes thermiques et aux conditions météorologiques (vent, brise de mer...) spécifiques à ce milieu, ce qui rend les concentrations mesurées par le satellite plus variables et imprécises.

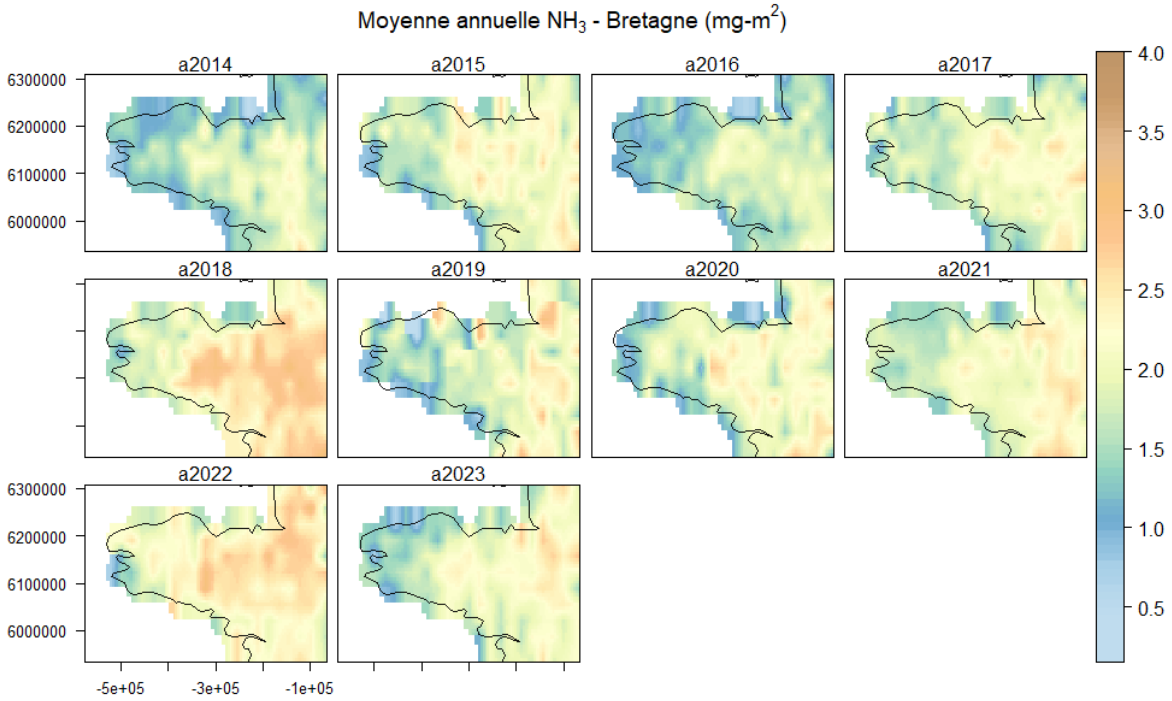

FIGURE 6.5 – Historique des moyennes annuelles de NH_3 mesurées par IASI de 2014 à 2023 sur la région Bretagne

1.2 Évolution saisonnière des concentrations de NH_3 en Bretagne

Évolution saisonnière des concentrations en 2018

La variabilité mensuelle des concentrations de NH_3 pour l'année 2018 illustrée par la figure 6.6 a été obtenue à partir des 720 images satellitaires, avec un passage deux fois par jour (le matin et le soir).

Les concentrations moyennes démontrent une variabilité temporelle et spatiale tout au long de l'année, mettant en évidence des valeurs plus élevées au printemps et en été, de avril à septembre. Cette tendance coïncide avec les activités agricoles et la période d'épandage (figure 11.1 en annexe de ce rapport). Le mois d'avril 2018 est caractérisé par des concentrations élevées en Bretagne Nord, notamment dans le Finistère.

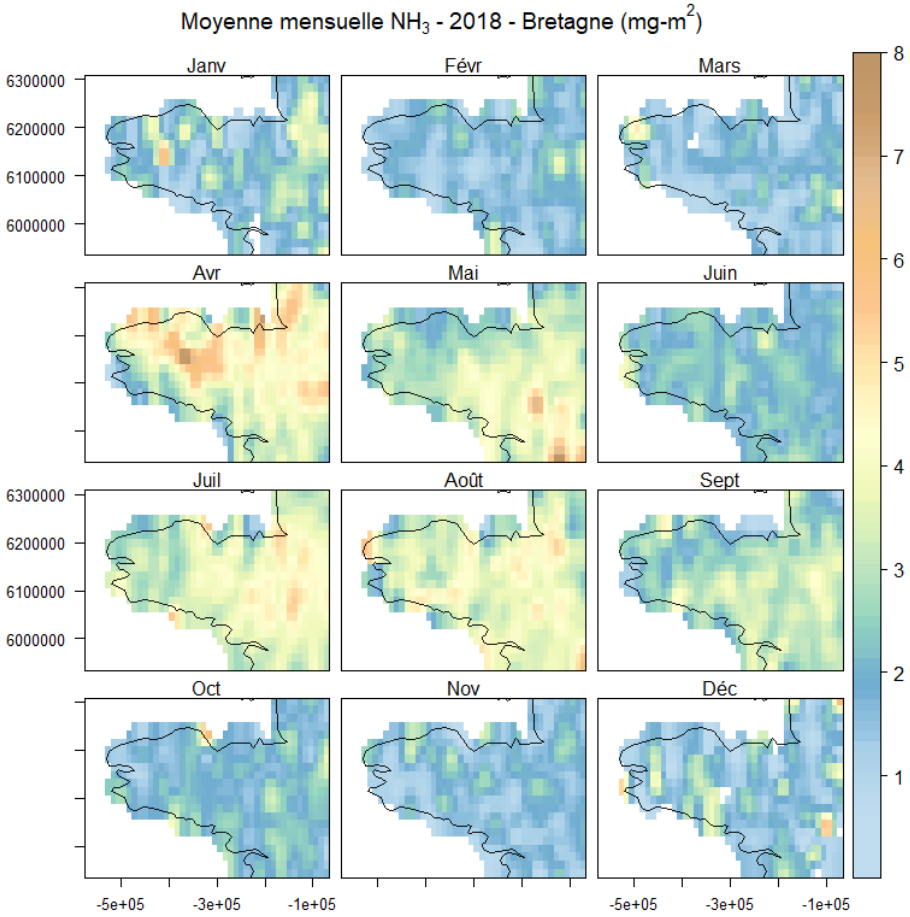

FIGURE 6.6 – Concentrations moyennes mensuelles de NH_3 mesurées par IASI en 2018 sur la région Bretagne

Évolution saisonnière des concentrations en 2020

L'année 2020 a été marquée par la crise sanitaire du COVID entraînant un confinement pendant 3 mois, de fin mars à début juin. Ce confinement a entraîné une baisse du trafic routier et des activités industrielles émettant du NH_3. Les activités agricoles n'ont pas été ralenties par la crise sanitaire du COVID.

D'après les cartes présentées dans la figure 6.7, les concentrations les plus élevées sont observées principalement au printemps (mars-avril), atteignant environ 10 à 12 mg/m^2 avec 10.63 mg/m^2 en avril.

D'après les données du tableau 6.2, les concentrations mensuelles moyennes sont légèrement plus élevées pour les saisons printanières et estivales. Cependant, les concentrations maximales relevées par le satellite montrent néanmoins une baisse pour l'année 2020 (10.6 mg/m^2 en avril contre 15.5 mg/m^2 en 2018 / 6.9 mg/m^2 en mai contre 20.6 mg/m^2 en 2018).

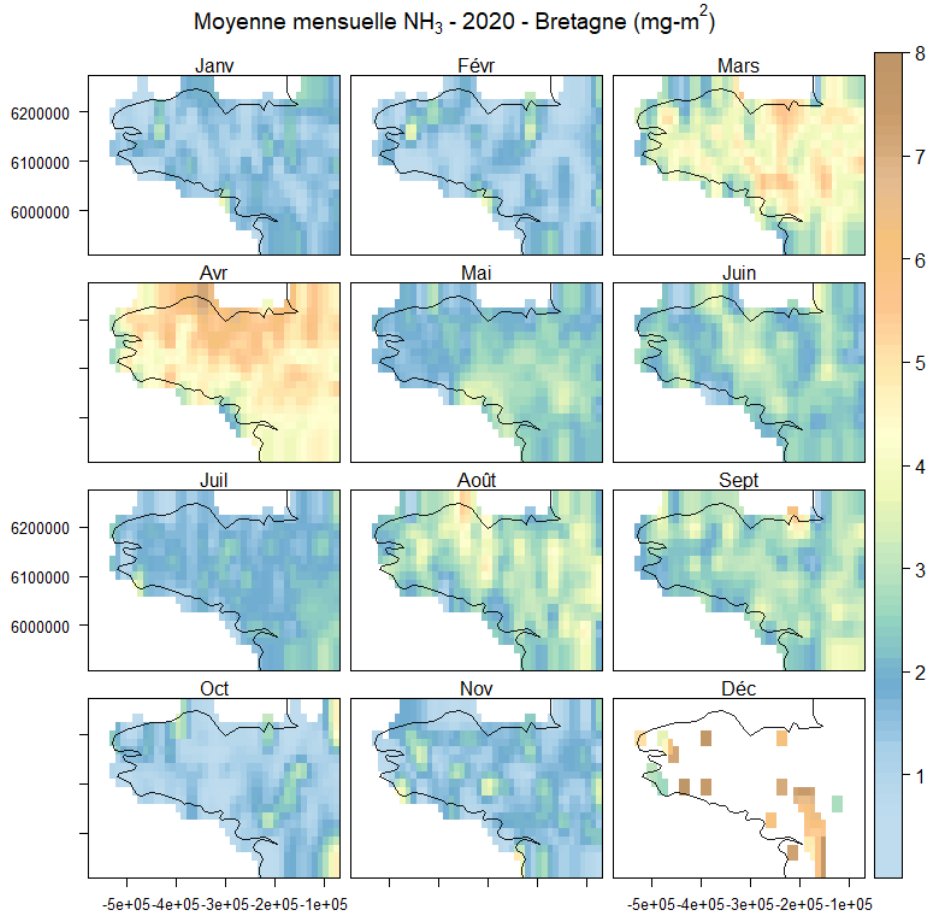

FIGURE 6.7 – Concentrations moyennes mensuelles de NH_3 mesurées par IASI en 2020 dans la région Bretagne

Évolution saisonnière des concentrations en 2023

L'année 2023 est marquée par des concentrations de NH_3 plus faibles comparées aux années 2018 et 2020, avec des concentrations en périodes printanière et estivale inférieures à 4 mg/m^2 dans la majorité du territoire breton, impliquant une faible visibilité de l'activité agricole.

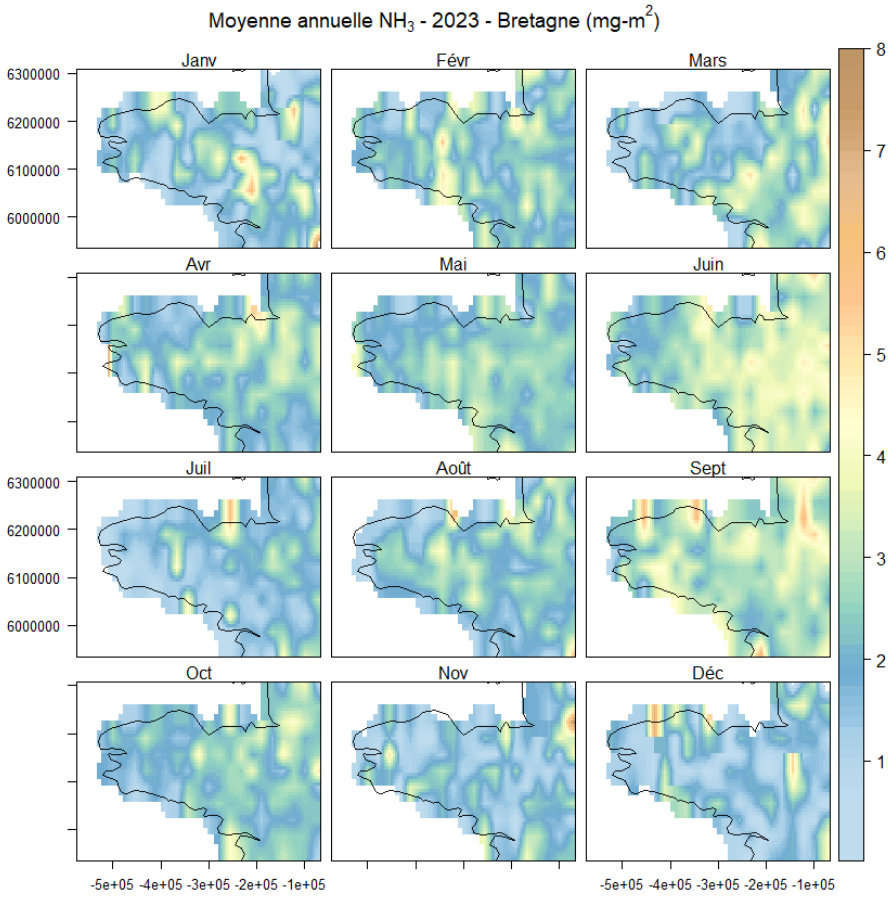

FIGURE 6.8 – Concentrations moyennes mensuelles de NH_3 mesurées par IASI en 2023 dans la région Bretagne

Bilan de l'analyse saisonnière

Les variations annuelles des concentrations saisonnières sont principalement liées aux conditions météorologiques, plus ou moins favorables aux pratiques agricoles et à la volatilisation de l'ammoniac lors de la période printanière. Une analyse temporelle pluriannuelle permet de mettre en évidence les fortes variations mensuelles des concentrations de NH_3, phénomène également observé par les mesures déployées au sol.

TABLE 6.1 – Tableau rassemblant les minimales, maximales et moyennes mensuelles pour 2018 en Bretagne (en mg/m^2)

Année 2018			
Mois	Minimale	Moyenne	Maximale
Janvier	0.002	1.56	9.81
Février	0.009	1.31	8.07
Mars	0.004	1.29	11.27
Avril	0.013	3 .43	15.55
Mai	0.012	2.88	20.61
Juin	0.018	1.97	8.91
Juillet	0.024	3.06	9.59
Août	0.005	3.08	14.17
Septembre	0.010	2.52	11.30
Octobre	0.001	1.74	7.43
Novembre	0.001	1.35	8.68
Décembre	0.003	1.46	8.30

TABLE 6.2 – Tableau rassemblant les minimales, maximales et moyennes mensuelles pour 2020 en Bretagne (en mg/m^2)

Année 2020			
Mois	Minimale	Moyenne	Maximale
Janvier	0.001	1.26	8.18
Février	0.003	1.12	7.52
Mars	0.029	3.22	12.08
Avril	0.001	3 .83	10.63
Mai	0.007	1.97	6.91
Juin	0.005	2.10	9.51
Juillet	0.001	1.60	10.22
Août	0.015	2.47	10.87
Septembre	0.016	2.28	10.63
Octobre	0.003	1.07	7.99
Novembre	0.0005	1.42	8.79
Décembre	1.02	3.45	8.64

TABLE 6.3 – Tableau rassemblant les minimales, maximales et moyennes mensuelles pour 2023 en Bretagne (en mg/m^2)

Année 2023			
Mois	Minimale	Moyenne	Maximale
Janvier	1.69	0.84	24.83
Février	2.23	0.95	29.35
Mars	5.70	1.04	25.35
Avril	2.84	1.12	18.97
Mai	5.44	1.11	5.23
Juin	6.11	1.25	38.84
Juillet	1.23	1.39	65.68
Août	1.02	1.37	75.52
Septembre	9.46	1.29	260.09
Octobre	2.37	1.08	44.75
Novembre	3.68	0.99	21.07
Décembre	5.31	0.90	18.96

2 Bilan météorologique annuel de la station Plouguenast (22)

Conditions environnementales

Les figures 6.9 et 6.10 présentent l'évolution mensuelle des températures moyennes (en ° C) et des cumuls de précipitations (en mm) des années 2018, 2020 et 2023 mesurées par la station Météo France implantée à Plouguenast dans les Côtes-d'Armor (22). Cette station météorologique est la plus proche de notre site de surveillance de référence situé à Kergoff (station rurale de fond mesurant le NH_3). La station météorologique de Plouguenast est implantée à une altitude de 235 mètres, aux coordonnées géographiques 48,27°N et 2,75°O.

Sur les deux figures, l'année 2018 est représentée par un trait bleu, l'année 2020 par un trait vert et l'année 2023 par un trait violet. Les normales présentées ici correspondent aux températures moyennes et au cumul des précipitations pour la période de 1981 à 2010. Ces normales sont établies sur un intervalle de temps de trente ans.

Pour les 3 années étudiées, la saison printanière (mars-avril-mai) est caractérisée par des températures moyennes supérieures aux normales observées pendant la période 1981-2010. Les températures moyennes plus élevées observées en 2018 et 2020, par rapport à 2023, ont conduit à un assèchement plus marqué des sols (cf. figure 6.9).

En 2020, le mois de mars a été ensoleillé avec un déficit pluviométrique notable avec 55 mm, inférieur aux normales pluviométriques à cette période de l'année (73mm). Pour les années 2018 et 2023, le cumul pluviométrique du mois de mars est plus proche des normales avec 97 mm en 2018 et 163 mm en 2023. Les températures moyennes du printemps ont été généralement supérieures aux autres années, en particulier en avril et mai. Les conditions météorologiques favorables et une faible pluviométrie, avec des températures maximales atteignant 19,3°C en mars et 25,5°C en avril 2020, ont concentré les épandages principalement en mars et en avril. Comme illustré dans les cartes de concentrations mensuelles de 2020 (voir figure 6.7), ces conditions ont facilité la dispersion du NH_3 et la formation de particules fines secondaires dans l'atmosphère.

Enfin pour l'année 2023, le printemps a été caractérisé par des précipitations abondantes durant le mois de mars avec un cumul pluviométrique de 163 mm (contre 55 mm en 2020). Ce contexte pluvieux a entraîné un décalage et un allongement des pratiques agricoles.

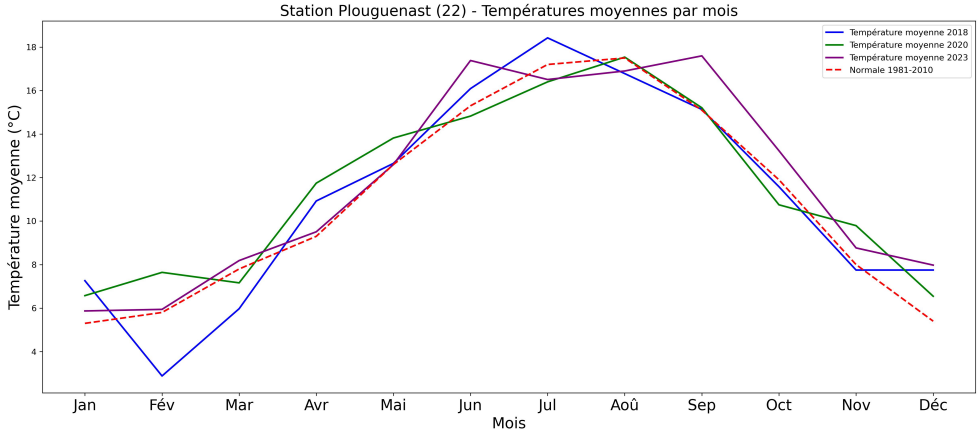

FIGURE 6.9 – Température moyenne de la station Plouguenast (22) en 2018, 2020 et 2023. La normale 1981-2010 est affichée à titre comparatif. Source : Météo France

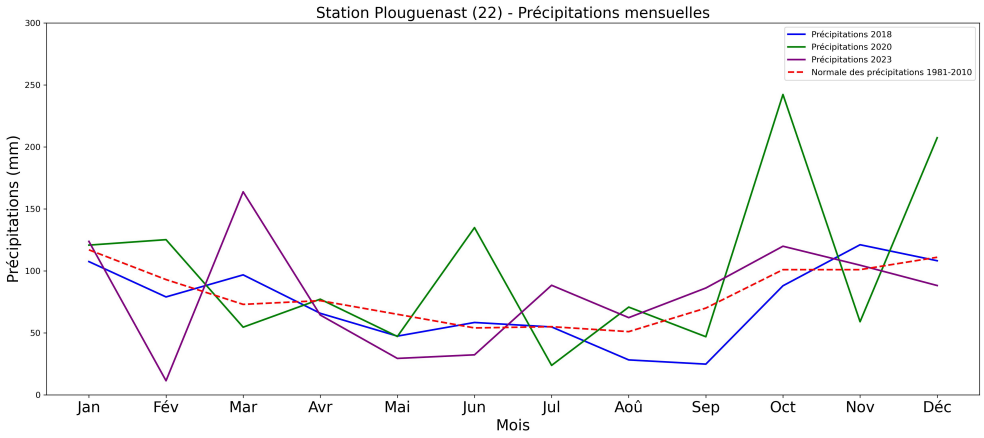

FIGURE 6.10 – Cumul pluviométrique de la station Plouguenast (22) en 2018, 2020 et 2023. La normale 1981-2010 est affichée à titre comparatif. Source : Météo France

Bilan de l'analyse climatique

Une forte corrélation existe entre les conditions climatiques présentées dans les figures 6.9 et 6.10 et les mois présentant les plus fortes concentrations de NH_3 (cf. figures 6.6, 6.7 et 6.8). En effet, les concentrations les plus élevées ont été enregistrées en avril et mai 2018, ainsi qu'en mars et avril 2020. Ces périodes coïncident avec des années exceptionnellement chaudes et caractérisées par de faibles précipitations. À l'inverse, des précipitations abondantes au printemps entraînent généralement un décalage des pratiques agricoles et des concentrations plus faibles de NH_3.

3 Analyse des mesures satellitaires aux coordonnées des stations de NH_3 d'Air Breizh

Pour évaluer l'intérêt des images satellitaires, il est important de les comparer avec des mesures in-situ produites par des analyseurs de NH_3 implantés sur le territoire. Une première approche va être réalisée afin de comparer les mesures aux sols et les mesures satellitaires. Un travail plus approfondi de comparaison de la colonne verticale de IASI avec une campagne de mesures par tube passif d'une durée d'un an, sera effectué dans le cadre du projet AQACIA - ROSAS (2024-2026) [1].

3.1 Les sites de références sélectionnés pour l'analyse

Au préalable, dans ce rapport sont présentées les concentrations de NH_3 obtenues via le traitement des images satellitaires au niveau de différents points de mesure de NH_3 déployés par Air Breizh, présentés dans le tableau 6.4 et illustré figure 6.11.

TABLE 6.4 – Présentation des sites de mesures NH_3 retenus

Sites avec analyseurs NH3			
Site	Typologie	Période de prélèvement	Critères et Emplacement de la mesure
Kergoff	Rural	décembre 2021 - aujourd'hui	Station rurale nationale de fond MERA (Mesure et Évaluation en zone Rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance), implantée en Centre Bretagne. Elle est implantée à proximité d'une parcelle agricole.
Macé	Urbaine	janvier à octobre 2023	Station urbaine de fond, implantée à Brest (29).
Site Nord	Agricole	mars 2023 - juillet 2024	Station implantée au coeur d'une exploitation agricole dans le Finistère Nord (29), commune de Plouarzel, territoire pilote ABAA.
Site Ouest	Agricole	juillet 2023 - juin 2024	Station agricole locale, implantée dans le Finistère Nord (29), commune de Plouarzel, territoire pilote ABAA.
Site Sud	Agricole	octobre 2023 - mai 2024	Station agricole locale, implantée dans le Finistère Nord (29), commune de Plouarzel, territoire pilote ABAA.

Attention particulière :

— Les trois sites du territoire pilote du projet ABAA, situés sur la commune de Plouarzel et influencés par l'activité agricole, sont implantés à seulement 3 km de distance les uns des autres et ne sont pas différenciés avec la résolution du satellite de 12 km.

— Dans la métropole de Rennes, aucune donnée de mesure de NH_3 n'est disponible à ce jour. L'installation d'un analyseur est prévue fin 2024/début 2025. A titre informatif, les valeurs mesurées par satellite ont été analysées pour Rennes également.

— Compte tenu du démarrage des mesures sur les territoires, seule l'année 2023 sera étudiée.

1. https://www.airbreizh.asso.fr/le-projet-rosas/

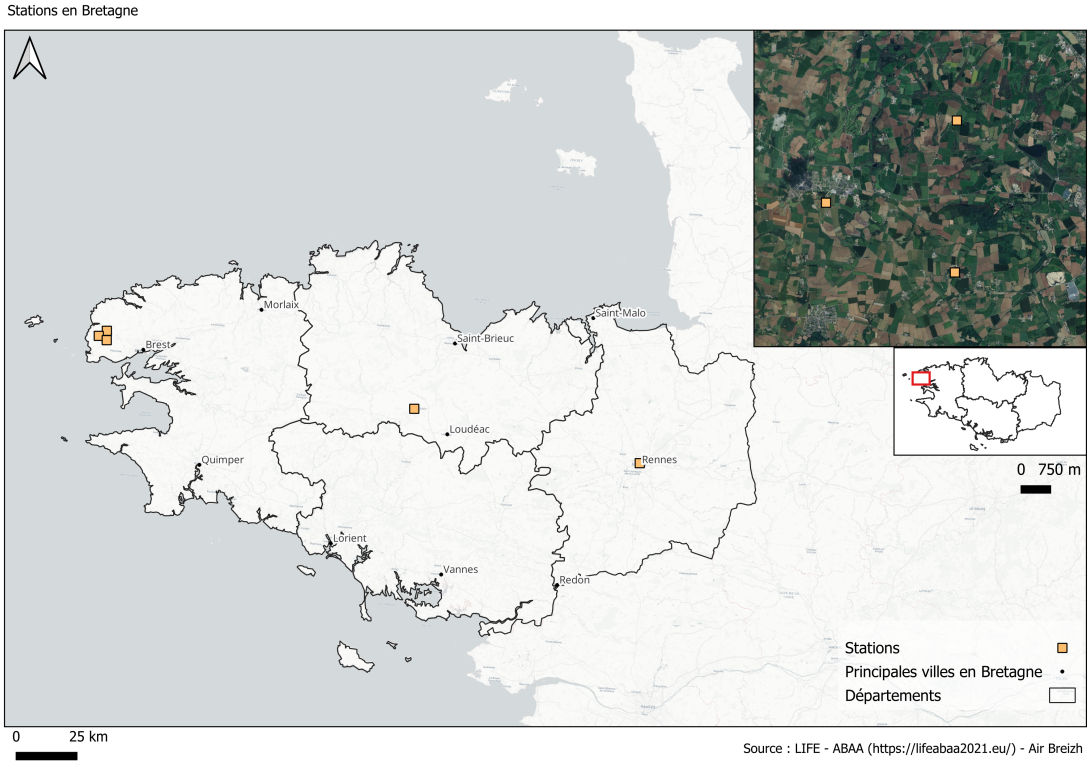

FIGURE 6.11 – Stations en Bretagne

Méthode d'extraction des données de mesure

Les concentrations de NH_3 mesurées par l'instrument IASI ont été extraites à partir des coordonnées géographiques des sites de référence : latitude et longitude. Pour cela, une zone tampon de 30 km illustrée dans la figure 6.12 a été appliquée à l'ensemble de ces sites. Une zone tampon représente un rayon égal à la distance spécifié, ici 30 km autour de chaque point étudié.

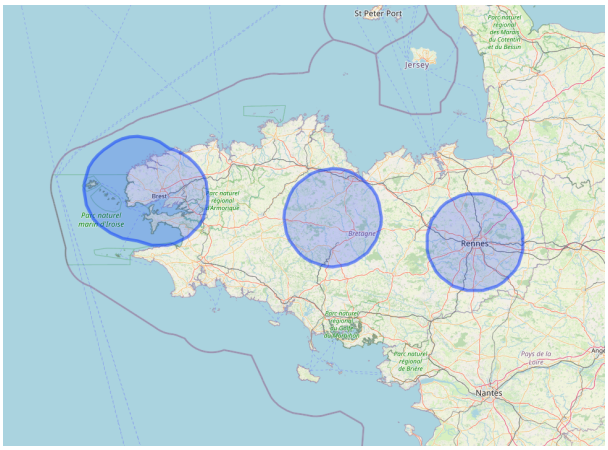

FIGURE 6.12 – Zones tampons de 30 km autour des 6 sites.
Attention : Les trois sites en Finistère Nord (Projet ABAA) sont implantés à moins de 3 km de distance.
Une seule zone tampon apparaît pour ces trois sites à l'échelle régionale.

Distribution statistique des jeux de données

A partir de profils journaliers et annuels, des analyses statistiques ont été réalisées pour étudier la distribution des valeurs sur ces six sites. Ces graphiques visent à comparer des sites présentant différentes typologies (rurale, urbaine et agricole) et à observer les évolutions des concentrations à des échelles temporelles mensuelles et annuelles.

Les analyses statistiques permettent également de déterminer les tendances générales des concentrations sur les sites étudiés, ainsi que d'identifier d'éventuelles variations saisonnières ou tendances à long terme. Ces informations sont précieuses pour comprendre les facteurs influençant la qualité de l'air dans différents environnements.

3.2 Moyennes journalières sur la période 2015 - 2023

Ces moyennes journalières sont extraites des valeurs obtenues à partir de la colonne atmosphérique du satellite. La distribution statistique des concentrations moyennes journalières par unité de surface des six sites en Bretagne pour les années 2015 à 2023 est illustrée dans la figure 6.13. Les moyennes journalières mettent en évidence l'étendue statistique des données et leur répartition entre les différents sites, offrant ainsi un aperçu détaillé des variations atmosphériques influencées par l'environnement local.

Les sites Kergoff (rural) et Rennes (urbain) se distinguent par la présence de valeurs plus élevées que les quatre autres sites. Malgré leurs environnements géographiques différents, les deux sites semblent partager une distribution de données similaire, avec une médiane plus élevée que les autres sites (Pays de Brest).

Quant aux trois sites localisés dans le Finistère, ils affichent un niveau de fond inférieur par rapport aux autres sites de mesures mais connaissent des pics ponctuels avec des valeurs plus élevées. Les données extraites de ces trois sites présentent une dispersion plus importante.

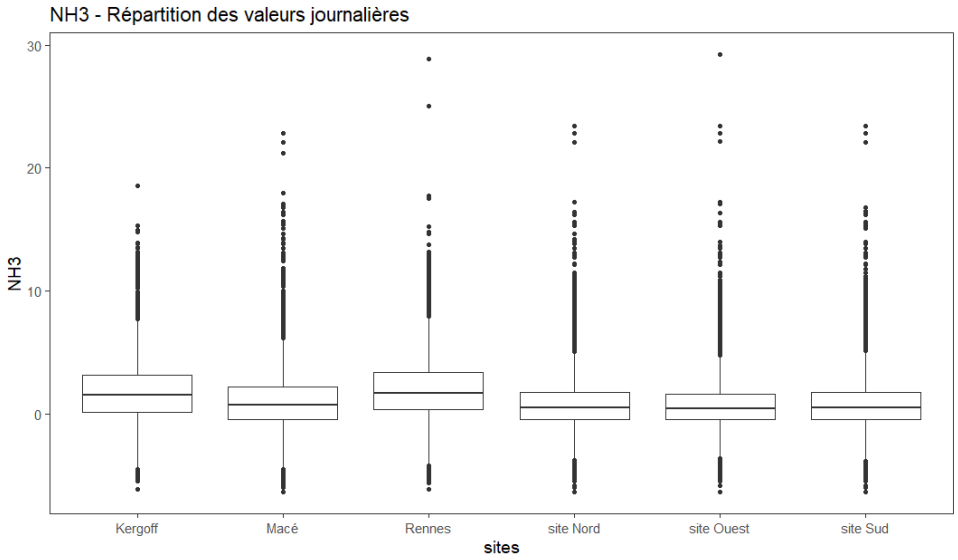

FIGURE 6.13 – Répartition des valeurs moyennes journalières (en mg/m^2) du NH_3 extraites sur 4 sites ruraux : Kergoff (MERA), site Nord, site Ouest, site Sud et 2 sites de fond urbain : Rennes et Macé, de 2015 à 2023

3.3 Profils annuels moyens sur la période 2015 - 2023

Les profils annuels moyens présentés dans la figure 6.14 illustrent l'évolution de la concentration de NH_3 sur la période étudiée.

Ces profils montrent des variations significatives selon les sites et les années :

— Les niveaux moyens observés sur les sites de Kergoff - Centre Bretagne et de Rennes sont proches et se démarquent des sites de l'Ouest du Finistère (Macé - Brest et sites du projet ABAA au sein de la zone pilote - commune de Plouarzel) avec des concentrations annuelles plus élevées.

— Les années 2018, 2022 se distinguent par des concentrations plus élevées. Ces augmentations pourraient être attribuées à des facteurs tels que les pratiques agricoles, les conditions météorologiques favorables à la volatilisation de l'ammoniac ou des changements dans les sources d'émissions. En revanche, les années 2016, 2019 et 2023 présentent des concentrations plus faibles, suggérant des conditions moins propices aux émissions de NH_3.

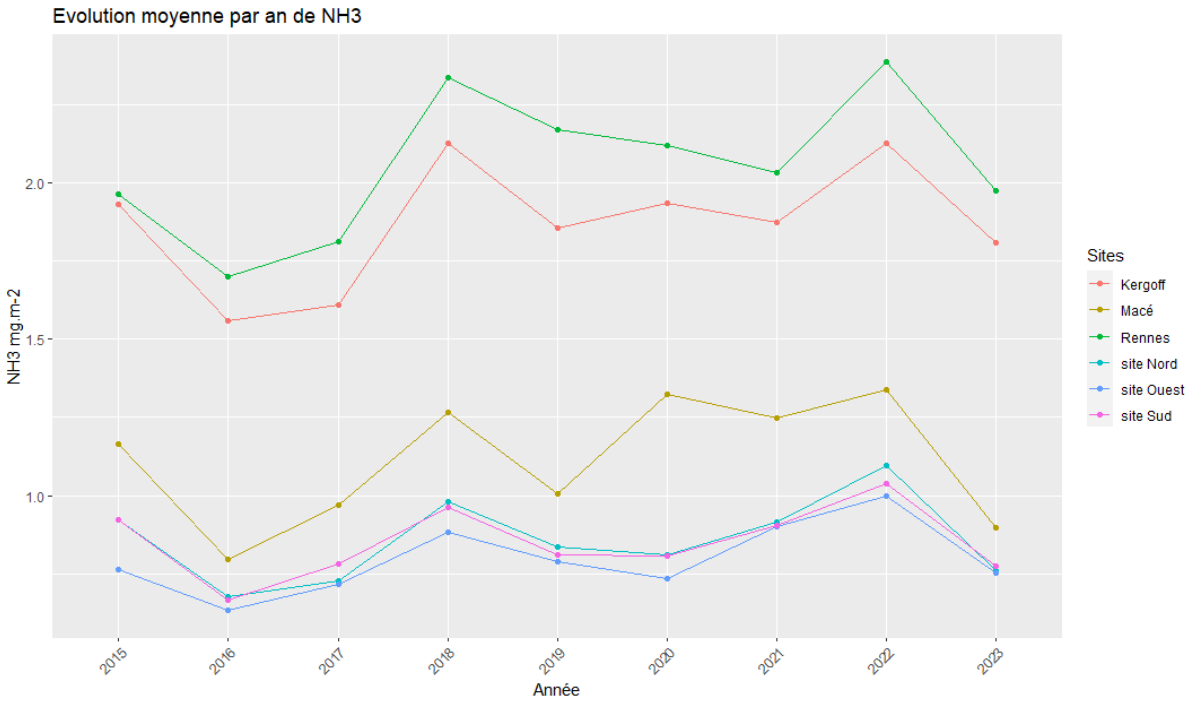

FIGURE 6.14 – Profils annuels moyens du NH_3 (en mg/m^2) extraites sur 4 sites ruraux : Kergoff (MERA), site Nord, site Ouest, site Sud et 2 sites de fond urbain : Rennes et Macé, de 2015 à 2023

4 Comparaison des valeurs de NH_3 mesurées par satellite (IASI) avec celles in-situ par analyseur

4.1 Méthodologie de normalisation des données

Les concentrations mesurées de NH_3 par le satellite IASI sont dans cette partie comparées à celles mesurées par analyseur pour l'année 2023. Les unités étant différentes entre la mesure par satellite (en mg/m^2) et la mesure au sol (µg/m3), une normalisation des données a été appliquée.

La normalisation consiste à calculer la moyenne et la variance pour les deux jeux de données (analyseur et satellite). Cette transformation convertit les données en deux distributions dotées d'une valeur moyenne de 0 et d'une variance de 1. Cette méthode permet d'obtenir une comparaison plus juste entre deux jeux de données en éliminant les problèmes liés à l'échelle des variables.

Seules l'évolution et la variabilité des concentrations mensuelles et hebdomadaires sont évaluées sur l'année observée.

Une comparaison des valeurs à l'échelle journalière aurait été souhaitable. Cependant, le manque de données pour certains jours n'a pas permis de réaliser cette analyse de manière fiable. Une interpolation linéaire aurait pu être appliquée pour combler l'absence de données sur certains jours, mais cela aurait entraîné une augmentation des biais et des incertitudes.

Elements statistiques retenus pour l'évaluation

Les observations satellitaires seront analysées en comparant avec les mesures in-situ à travers les éléments statistiques suivants :

— La racine de l'erreur quadratique moyenne RMSE (Root Mean Square Error) qui permet de connaitre l'écart moyen entre deux jeux de données. Plus la valeur est élevée, plus l'observation satellite est éloignée de la mesure. La RMSE s'exprime dans la même unité que le jeu de données, dans notre étude normalisée.
— La corrélation (Pearson R) qui traduit la justesse des mesures satellitaires dans sa reproduction de l'évolution temporelle. Une valeur proche de 1 indique une bonne performance des observations, une valeur proche de 0 indique une incapacité à reproduire l'évolution des mesures.

4.2 Comparaisons des mesures satellitaires (IASI) aux mesures au sol (analyseurs)

Concentrations moyennes mensuelles - 2023

Dans un premier temps, une analyse des variations mensuelles de l'année 2023 est illustrée figure 6.15 et tableau 6.5. **Attention**, pour les sites Ouest et Sud du projet ABAA, seuls 6 et 4 mois respectivement ont pu être analysés.

Les résultats sont concluants avec :

— Des corrélations de Pearson comprises entre 0.55 et 0.86, 1 étant une corrélation parfaite. Les sites Macé et Site Nord (Pays de Brest) présentent les meilleures corrélations avec respectivement **0,86** et **0,79**. Ces valeurs élevées montrent que les données mesurées par satellite dans ces sites sont fortement alignées avec les mesures in-situ, suggérant une bonne concordance entre les deux méthodes de mesure dans ces régions.

— Des RMSE inférieures à 1 pour 4 des 5 sites étudiés (**0,61** pour le site Nord et autour de **0.85** pour les sites de Mace, Kergoff et le site Ouest du projet ABAA). Une RMSE inférieure à 1 pour des valeurs normalisées suggère que les différences moyennes entre les mesures par satellite et au sol sont inférieures ou égales à l'écart-type des données normalisées, ce qui indique une bonne précision.

— Cas spécifique : Le site Sud du projet ABAA présente les comparaisons les moins favorables, quel que soit le paramètre statistique étudié. Ce site est particulièrement influencé par des sources très locales, notamment en lien avec l'exploitation agricole. Des pics ponctuels de NH_3 ont été observés, directement associés aux activités de la ferme.

TABLE 6.5 – Comparaison des moyennes mensuelles mesurées par satellite aux mesures in-situ par site - Indicateurs statistiques 2023

	Kergoff	Macé	Site Nord	Site Ouest	Site Sud
Corrélation	0,58	**0,86**	**0,79**	0,58	-0,55
RMSE	0,88	0,85	0,61	0,86	1,24
Nombre d'analyse des mesures	12	10	10	6	4
Nombre d'analyse du satellite	12	12	12	12	12

FIGURE 6.15 – Comparaison des mesures satellitaires aux mesures in-situ par site - Moyennes mensuelles 2023 normalisées

Concentrations moyennes hebdomadaires - 2023

Dans un deuxième temps, une analyse des variations hebdomadaires de l'année 2023 est illustrée figure 6.16 et tableau 6.6.

Des comparaisons ont été réalisées entre les concentrations relevées lors des deux passages par jour du satellite (jour et nuit) et celles relevées uniquement lors du passage du matin. Les comparaisons avec les valeurs moyennes des deux passages du satellite ont apporté de meilleurs résultats.

Les résultats hebdomadaires se dégradent logiquement par rapport à ceux mensuels :

— Des corrélations de Pearson inférieures, comprises entre 0.19 et 0.55, indiquant une plus faible reproduction des variations des mesures in-situ par les observations satellitaires. Cependant, les corrélations des sites de Kergoff, Macé et Nord restent satisfaisantes.

— Des RMSE en augmentation, avec des valeurs supérieures à 1, comprises entre 0.97 et 1.14.

— Les meilleures résultats sont obsérvés sur le site **Macé** avec une RMSE de 0.97 et une corrélation de 0.55.

Les corrélations entre les concentrations moyennes hebdomadaires mesurées par satellite et au sol sont globalement plus faibles, indiquant une reproduction moins précise des variations hebdomadaires des mesures in-situ par les observations satellitaires.

TABLE 6.6 – Comparaison des moyennes hebdomadaires mesurées par satellite aux mesures in-situ par site - Indicateurs statistiques 2023

	Kergoff	Macé	Site Nord	Site Ouest	Site Sud
Corrélation	0,47	**0,55**	0,36	0,19	-0,07
RMSE	1,03	0,97	1,10	1,11	1,14
Nombre d'analyse des mesures	51	40	41	26	15
Nombre d'analyse du satellite	52	52	52	52	52

FIGURE 6.16 – Comparaison des mesures satellitaires aux mesures in-situ par site - Moyennes hebdomadaires 2023

Bilan de l'analyse des observations

Les variations des mesures in-situ et des observations satellitaires montrent des augmentations des concentrations aux mêmes périodes de l'année, à savoir au printemps et à la fin de l'été 2023. Ce phénomène est particulièrement bien observé pour les sites de Kergoff - Centre Bretagne, Macé - Brest et les sites implantées sur le territoire pilote du projet ABAA Nord et Ouest (Pays de Brest). Les résultats hebdomadaires et mensuels apportent des corrélations satisfaisantes. En conclusion, les mesures par satellite et au sol sont bien alignées, avec des corrélations et des écarts indiquant une bonne fiabilité des données dans cette région étudiée.

7 Conclusion

1 La contribution du projet ABAA dans l'amélioration de l'inventaire des émissions

Bien que les objectifs initiaux du projet ABAA aient pu s'avérer ambitieux, le travail accompli dans le cadre de cette action de l'inventaire apporte des éléments intéressants. La collaboration avec la Chambre d'Agriculture, notamment pour la collecte d'informations directement sur le terrain, a permis de mettre en évidence des écarts notables dans les émissions en fonction des pratiques agricoles réelles. Ces résultats démontrent de manière claire que l'utilisation de données spécifiques et contextualisées peut révéler des différences importantes par rapport aux estimations moyennes appliquées à l'échelle nationale.

1.1 Perspectives

Ce travail ouvre des perspectives intéressantes pour affiner les méthodes d'inventaire des émissions agricoles. Un lien fort peut être établi avec le projet CREAA, offrant une opportunité de synergie avec les actions prévues en collaboration avec le CITEPA. Ces démarches pourraient permettre d'améliorer encore la précision des estimations et de renforcer l'utilité des données pour les acteurs du territoire.

2 L'apport des images satellitaires dans la surveillance de la qualité de l'air

2.1 L'apport des images satellitaires dans l'inventaire des émissions

Pour la première fois en Bretagne, un bilan de la présence de NH_3 dans la colonne atmosphérique a été réalisé à partir des données satellitaires. Grâce à l'instrument IASI (Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge), l'évolution spatiale et temporelle des concentrations de NH_3 a été analysée pour la période 2014-2023, sous forme de cartographies et de séries temporelles.

Pour une comparaison optimale avec l'inventaire des émissions d'Air Breizh, il aurait été préférable de générer ces profils pour la période 2008-2023. Cependant, ce travail exploratoire révèle que les concentrations moyennes restent stables entre 2014 et 2023, une tendance également observée dans l'inventaire.

Au niveau régional, les concentrations moyennes annuelles présentent quelques différences par rapport aux estimations des émissions de NH_3 calculées dans ISEA. Le traitement issu des images satellitaires fournit des concentrations dans la colonne totale d'air à chaque passage du satellite, tandis que l'inventaire calcule les émissions théoriques au sol. Cette disparité entre les observations satellitaires et les calculs de l'inventaire, ainsi que les incertitudes de mesure liées aux effets côtiers (interactions entre l'océan et le continent), expliquent en partie les divergences observées dans la spatialisation des zones émettrices de NH_3.

Les concentrations les plus élevées observées se situent dans le centre de la Bretagne, en cohérence avec les communes présentant des UGB (unités de gros bétail) élevées et les estimations des émissions à l'échelle communale fournies par ISEA. Cependant, il reste difficile d'identifier précisément des zones spécifiques. En raison de la courte durée de vie du NH_3, la cartographie de cette substance demeure complexe.

L'étude présentée ici a mis en évidence le potentiel des données satellitaires pour caractériser le NH_3 en Bretagne. Les images satellitaires peuvent enrichir notre compréhension des sources d'émissions et contribuer à

détecter d'éventuelles sources non prises en compte dans l'inventaire des émissions.

2.2 L'apport des images satellitaires dans le dispositif de surveillance

Ces premières exploitations des données satellitaires du NH_3 ont également été confrontées aux mesures in situ déployées en région Bretagne et à la modélisation inter-régionale.

Les comparaisons entre les analyseurs de NH_3 et les observations satellitaires ont donné des résultats prometteurs. Les tendances et variations détectées à l'échelle locale par les analyseurs de NH_3 présentent une forte concordance avec celles observées à travers les mesures satellitaires, confirmant la cohérence et la complémentarité des deux méthodes de mesure.

2.3 Les limites des images satellitaires actuelles et leurs perspectives

L'instrument IASI (Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge) offre des capacités uniques pour effectuer des mesures globales et régulières de NH_3 dans l'atmosphère terrestre. En permettant un suivi temporel des émissions à l'échelle mondiale, IASI joue un rôle clé dans la compréhension des sources de NH_3 et de leurs variations saisonnières. Il a notamment contribué à l'identification des sources anthropiques et naturelles, comme les activités agricoles, industrielles et les éruptions volcaniques. En complément d'autres capteurs, les données fournies par IASI peuvent également servir à valider les inventaires d'émissions existants et à améliorer les modèles de dispersion des polluants atmosphériques.

Cependant, la résolution spatiale d'IASI (12 km) constitue un défi lorsqu'il s'agit de cartographier précisément les sources ponctuelles de NH_3. Les mesures sont également sensibles aux conditions météorologiques, telles que la couverture nuageuse et les contrastes thermiques entre la terre et la mer, qui peuvent affecter la qualité des données et la détection des émissions dans certaines régions.

Un autre facteur limitant est la variation de la localisation de la colonne verticale mesurée, qui dépend de l'orbite du satellite. Bien que le satellite survole chaque zone deux fois par jour, ces variations, combinées à des contraintes météorologiques, complexifient l'interprétation des données. Pour surmonter ces limitations, il est nécessaire d'analyser un ensemble de données sur plusieurs années afin de décrypter les variations annuelles, mensuelles et quotidiennes des émissions.

En résumé, IASI présente des avancées significatives dans la mesure du NH_3 atmosphérique, offrant une vue globale des émissions. Cependant, des défis subsistent quant à la précision des mesures à des échelles locales et la correction des interférences rendant la donnée disponible sous quelques mois.

Pour garantir la fiabilité des données, un travail supplémentaire est prévu pour valider les observations d'IASI en analysant la couverture nuageuse mensuelle et d'autres facteurs influençant la mesure. Ces efforts contribueront à pallier les limites actuelles, tout en maximisant le potentiel des données satellitaires pour enrichir notre compréhension des émissions de NH_3 et affiner les outils de gestion de la qualité de l'air.

La méthode d'« oversampling » (Dammers et al., 2019 [4]) – encore non déployée à ce jour – pourrait également permettre de surmonter les limites de résolution spatiale (12 km) et temporelle (2 passages par jour) d'IASI.

Le travail d'exploitation de ces données satellitaires se poursuivra dans le cadre du partenariat établit avec d'autres AASQA mais aussi désormais avec l'ADEME dans le cadre du projet ROSAS (AQACIA 2024-2026).

8 Liste des Figures

3.1 Répartition des émissions de NH_3 du secteur de l'agriculture/sylviculture en France. Source : Citepa, avril 2023 - Format Secten . . . 9
3.2 Carte des émissions de l'ammoniac (NH_3) en Bretagne pour l'année 2020, source : ISEA V5.1 . . . 10
3.3 Répartition des émissions agricoles de NH_3 en Bretagne en 2020 – ISEA V5.1 . . . 10
3.4 Évolution régionale des émissions de NH_3 issue de l'inventaire ISEA V5.1 et objectifs PREPA . . . 11
3.5 Unité Gros Bétails (UGB) en km² par commune sur la région en 2020 . . . 12
3.6 Surface Agricole Utilisée (SAU) en km² par commune sur la région en 2020 . . . 12

4.1 Facteurs d'ajustement de NH_3 par type d'élevage (SOURCE EMEP/EEA 2013) . . . 14
4.2 Répartition de l'utilisation des équipements d'épandage de lisier des CUMA du territoire pilote . 14
4.3 Émissions agricoles de NH_3 du territoire pilote. . . . 14
4.4 Répartition des émissions agricoles de NH_3 du territoire pilote. . . . 14
4.5 Evolution de la répartition des émissions de NH3 du territoire pilote . . . 15
4.6 Ajustement NH_3 communale . . . 16
4.7 Ajustement NH_3 cantonal . . . 16

5.1 Instrument MetOp . . . 17

6.1 Concentrations moyennes annuelles de NH_3 mesurées par IASI de 2014 à 2023 (mg/m^2) – France 19
6.2 Concentrations moyennes annuelles de NH_3 en 2023 mesurées par IASI (mg/m^2) – France . . . 20
6.3 Concentrations moyennes annuelles de NH_3 en 2023 modélisées par COPERNICUS modèle d'ENSEMBLE ($\mu g/m^3$) – France . . . 20
6.4 Concentrations moyennes annuelles de NH_3 en 2023 modélisées par ESMERALDA ($\mu g/m^3$) – Nord-Ouest de la France . . . 20
6.5 Historique des moyennes annuelles de NH_3 mesurées par IASI de 2014 à 2023 sur la région Bretagne 21
6.6 Concentrations moyennes mensuelles de NH_3 mesurées par IASI en 2018 sur la région Bretagne . 22
6.7 Concentrations moyennes mensuelles de NH_3 mesurées par IASI en 2020 dans la région Bretagne 23
6.8 Concentrations moyennes mensuelles de NH_3 mesurées par IASI en 2023 dans la région Bretagne 24
6.9 Température moyenne de la station Plouguenast (22) en 2018, 2020 et 2023. La normale 1981-2010 est affichée à titre comparatif. Source : Météo France . . . 27
6.10 Cumul pluviométrique de la station Plouguenast (22) en 2018, 2020 et 2023. La normale 1981-2010 est affichée à titre comparatif. Source : Météo France . . . 27
6.11 Stations en Bretagne . . . 29
6.12 Zones tampons de 30 km autour des 6 sites. Attention : Les trois sites en Finistère Nord (Projet ABAA) sont implantés à moins de 3 km de distance. Une seule zone tampon apparaît pour ces trois sites à l'échelle régionale. . . . 29
6.13 Répartition des valeurs moyennes journalières (en mg/m^2) du NH_3 extraites sur 4 sites ruraux : Kergoff (MERA), site Nord, site Ouest, site Sud et 2 sites de fond urbain : Rennes et Macé, de 2015 à 2023 . . . 30
6.14 Profils annuels moyens du NH_3 (en mg/m^2) extraites sur 4 sites ruraux : Kergoff (MERA), site Nord, site Ouest, site Sud et 2 sites de fond urbain : Rennes et Macé, de 2015 à 2023 . . . 31
6.15 Comparaison des mesures satellitaires aux mesures in-situ par site - Moyennes mensuelles 2023 normalisées . . . 33
6.16 Comparaison des mesures satellitaires aux mesures in-situ par site - Moyennes hebdomadaires 2023 . . . 35

11.1 Source : DREAL Bretagne . . . 42

9 Liste des Tables

6.1 Tableau rassemblant les minimales, maximales et moyennes mensuelles pour 2018 en Bretagne (en mg/m^2) . . . 25
6.2 Tableau rassemblant les minimales, maximales et moyennes mensuelles pour 2020 en Bretagne (en mg/m^2) . . . 25
6.3 Tableau rassemblant les minimales, maximales et moyennes mensuelles pour 2023 en Bretagne (en mg/m^2) . . . 25
6.4 Présentation des sites de mesures NH_3 retenus . . . 28
6.5 Comparaison des moyennes mensuelles mesurées par satellite aux mesures in-situ par site - Indicateurs statistiques 2023 . . . 33
6.6 Comparaison des moyennes hebdomadaires mesurées par satellite aux mesures in-situ par site - Indicateurs statistiques 2023 . . . 34

10 Références

[1] L. Adélaïde, S. Medina, V. Wagner, P. de Crouy-Chanel, E. Real, A. Colette, F. Couvidat, B. Bessagnet, M. Alter, A. Durou, and S. Host. Impact de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en france métropolitaine : réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et impact à long terme pour la période 2016-2019. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 2021. URL http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/13/2021_13_2.html.

[2] ABC Les Chiffres Agriculture et Agroalimentaire de Bretagne en Clair. Répartition des exploitations agricoles bretonnes (hors micro exploitations, selon leur orientation technico-économique (otex) en 2020, Edition 2023. URL https://bretagne.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Bretagne/PDF/Economie/ABC_Les_chiffres_2023_-_BD.pdf.

[3] CITEPA. Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. bilan des émissions en france de 1990 à 2022. rapport secten éd. 2023., 2023. URL https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/2023/Citepa_Secten_ed2023_v1.pdf.

[4] Enrico Dammers, Chris A. McLinden, Debora Griffin, Mark W. Shephard, Sander Van Der Graaf, Erik Lutsch, Martijn Schaap, Yvonne Gainairu-Matz, Vitali Fioletov, Martin Van Damme, Simon Whitburn, Lieven Clarisse, Karen Cady-Pereira, Cathy Clerbaux, Pierre-Francois Coheur, and Jan Willem Erisman. Nh3 emissions from large point sources derived from cris and iasi satellite observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19 :12261–12293, 2019. doi : 10.5194/acp-19-12261-2019. URL https://doi.org/10.5194/acp-19-12261-2019.

[5] ISEA. Inventaire spatialisée des emissions atmosphériques, 2008-2020. URL https://isea.airbreizh.asso.fr/index.php.

[6] Joue. Directive (eu) 2016/2284 du parlement européen et du conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la directive 2003/35/ce et abrogeant la directive 2001/81/ce. Journal officiel de l'Union Européenne, 2016. URL https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=FR.

[7] LCSQA. Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques. pages 399–400, 2018. URL https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/MTES_Guide_methodo_elaboration_inventaires_PCIT_mars2019.pdf.

[8] J. Lelieveld, J. S. Evans, M. Fnais, D. Giannadaki, and A. Pozzer. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525 :367–371, 2015. doi : 10.1038/nature15371. URL https://doi.org/10.1038/nature15371.

[9] Ministère de la Transition écologique et solidaire. Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2980, 2021. URL https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/publications/PREPA%20JORF.pdf. Consulté le 18 juillet 2024.

[10] Géoportail RPG. Registre parcellaire graphique, 2022. URL https://www.geoportail.gouv.fr/.

11 Annexes

Présentation de Air Breizh

En France, la Loi sur l'air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie dite loi LAURE du 30 décembre 1996 reconnait à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Elle prévoit également la création d'un dispositif national de surveillance de la qualité de l'air placé sous la responsabilité du ministère en charge de l'Environnement, garant du respect des réglementations européennes en la matière.

Air Breizh est l'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) de Bretagne. Les AASQA sont présentes dans chaque région administrative de métropole et d'outre-mer.

Missions principales

- Surveiller et prévoir l'air et l'atmosphère par des mesures, des modélisations (cartographies et scénarisations) et des inventaires (cadastres d'émissions air et énergie).
- Informer et sensibiliser la population et les acteurs locaux au quotidien et en cas d'épisodes de pollution.
- Accompagner les décideurs par l'évaluation des actions de lutte contre la pollution de l'air et de réduction de l'exposition de la population à la pollution de l'air.
- Améliorer les connaissances et participer aux expérimentations innovantes sur leur territoire.

Gouvernance quadripartite

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

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

Un observatoire régional de surveillance de la qualité de l'air

Dans le cadre du dispositif français de surveillance de la qualité de l'air, les AASQA surveillent :

- les polluants sanitaires réglementés suivants : particules fines (PM10 et PM2.5), dioxyde d'azote et de soufre, ozone, métaux lourds (plomb, arsenic, cadmium, nickel, mercure), benzène, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).
- les polluants innovants tels que l'ammoniac (NH3), le sulfure d'hydrogène (H2S) ou les particules ultrafines (PUF).
- les gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO2), le méthane (CH4).

L'observatoire d'Air Breizh dispose de trois grands outils complémentaires :

1. **Un réseau de mesures organisé** : Le territoire est couvert par un réseau de stations de mesure en continu implantées dans des lieux représentatifs des différents types d'exposition à la pollution (urbaine, rurale, proximité du trafic routier...). Ce dispositif est complété par des stations mobiles permettant de déployer des campagnes de mesures exploratoires.
2. **Un inventaire des sources de pollution** : L'inventaire recense, en tout point du territoire, les sources de pollution par secteur d'activité : transports routiers et non routiers, agriculture, industrie, production et distribution d'énergie, résidentiel/tertiaire...
3. **Des outils de modélisation** : La modélisation permet, à partir notamment de l'inventaire des émissions, des conditions météorologiques et du réseau de mesures in-situ, de scénariser la répartition des polluants sur un territoire et d'acquérir une meilleure compréhension des phénomènes locaux de pollution. Les AASQA s'appuient sur cet outil pour prévoir la qualité de l'air, anticiper les épisodes de pollution et diagnostiquer l'exposition des populations.

Calendrier d'épandage (source : DREAL Bretagne)

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												
Cultures implantées à l'automne ou en fin d'été (autres que colza, cultures dérobées et prairies de moins de six mois)	Type I												
	Type II												
	Type III												
Colza d'hiver implanté à l'automne	Type I												
	Type II												
	Type III												
Cultures dérobées et prairies de moins de six mois implantées à l'automne ou en fin d'été	Type I												
	Type II									*(3)*			
	Type III												
Cultures implantées au printemps (autres que maïs) y compris les prairies implantées depuis moins de six mois	Type I												
	Type II *(1)*												
	Type III												
Maïs	Type I												
	Type II *(1)* Zone I**												
	Type II *(1)* 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.

FIGURE 11.1 – Source : DREAL Bretagne