

Mesures régionales de l'ammoniac et du 1.3-butadiène

Campagne 2022

Période de mesure : 2022

Commune et département d'étude : Nouvelle-aquitaine

Référence : R&D INT 21 087
Version finale du : 21/03/2023

Auteur(s) : Agnès Hulin
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100



Avant-Propos

Titre : Mesures régionales de l'ammoniac et du 1.3-butadiène

Reference : R&D INT 21 087

Version : finale du 21/03/2023

Nombre de pages : 40 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Agnès Hulin	Agnès Hulin	Patrick Bourquin
Qualité	Responsable PI	Responsable PI	Directeur délégué
Visa		-	

Conditions d'utilisation

Atmo Nouvelle-Aquitaine fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application.

À ce titre et compte tenu de ses statuts, Atmo Nouvelle-Aquitaine est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- Atmo Nouvelle-Aquitaine est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmo-nouvelleaquitaine.org)
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. En cas de modification de ce rapport, seul le client sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- en cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- toute utilisation de ce document doit faire référence à Atmo Nouvelle-Aquitaine et au titre complet du rapport.

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aurait pas donné d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas prises en compte lors de comparaison à un seuil réglementaire

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- depuis le [formulaire de contact](#) de notre site Web
- par mail : contact@atmo-na.org
- par téléphone : 09 84 200 100

Sommaire

1. Surveillance de l'ammoniac et du 1.3-butadiène.....	7
1.1 Polluants suivis et méthodes de mesure	7
1.2 L'ammoniac (NH ₃).....	8
1.2.1 Réglementation	8
1.2.2 Les sources d'émissions d'ammoniac dans l'atmosphère.....	9
1.2.3 Les Valeurs toxicologiques de Références (VTR) pour l'ammoniac	10
1.2.4 Les niveaux critiques pour l'ammoniac pour la protection de la végétation et des écosystèmes .	10
1.3 Le 1-3 butadiène	11
1.3.1 Les émissions industrielles de 1.3-butadiène	11
1.3.2 Les émissions urbaines de 1.3-butadiène	12
1.3.3 Impact sur la santé du 1.3-butadiène	12
1.3.4 Les Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) pour le 1.3-butadiène.....	13
1.3.5 Réglementation pour le 1.3-butadiène	14
2. Description de l'étude	15
2.1 Sites de prélèvements	15
2.1.1 Ammoniac (NH ₃).....	15
2.1.2 1.3-butadiène	15
2.2 Calendrier de prélèvement.....	16
2.2.1 Ammoniac NH ₃	16
2.2.2 1.3-butadiène	16
2.3 Moyens de mesure	16
2.3.1 Ammoniac – Mesure par échantillonneurs passifs	17
2.3.2 1.3-butadiène – Mesure par échantillonneurs passifs.....	17
2.3.3 Mesure de l'ammoniac par satellite.....	18
3. Ammoniac : résultats.....	19
3.1 Moyenne annuelle et comparaison aux valeurs de référence.....	19
3.2 Comparaison avec les valeurs de la bibliographie.....	20
3.3 Evolution des concentrations au cours de l'année	21
3.4 Influence des conditions météorologiques	22
3.5 Comparaison des valeurs mesurées par échantillonneurs passifs avec les mesures de NH ₃ par satellite (IASI) 24	
4. 1.3-butadiène.....	27
4.1 Comparaison des résultats aux valeurs de référence	27
4.2 Comparaison avec les valeurs de la bibliographie.....	27
4.3 Evolution des concentrations au cours de l'année	28
4.4 Influence des conditions météorologiques	29

4.5	Corrélation avec d'autres polluants : oxydes d'azote et particules fines	31
5.	Conclusions	32
	Annexe 1 : Données météorologiques moyennes mensuelles par site de mesures en 2022	36

Lexique

Polluants

- COV composés organiques volatils
- NH₃ ammoniac
- NO₂ dioxyde d'azote
- PM₁₀ particules fines de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
- PM_{2.5} particules fines de diamètre aérodynamique inférieur à 2.5 µm

Unités de mesure

- fg femtogramme (= 1 millionième de milliardième de gramme = 10⁻¹⁵ g)
- pg picogramme (= 1 millième de milliardième de gramme = 10⁻¹² g)
- µg microgramme (= 1 millionième de gramme = 10⁻⁶ g)
- m³ Mètre cube

Abréviations

- ANSES Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail
- CCE Commission des Communautés Européennes
- CIRC Centre International de Recherche sur le Cancer
- CNES Centre National d'Etudes Spatiales
- COFRAC COmité Français d'Accréditation
- ECHA Agence européenne des produits chimiques
- EQRS Evaluations Quantitatives de Risques Sanitaires
- IASI Interféromètre atmosphérique de sondage dans l'infrarouge
- INERIS Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
- LCSQA Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
- MERA Observatoire national de Mesure et d'Evaluation en zone Rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance
- OMS/WHO Organisation Mondiale pour la Santé / World Health Organization
- OTAN/NATO Organisation du Traité de l'Atlantique Nord / North Atlantic Treaty Organization
- PREPA Plan de Réduction des Emissions Atmosphériques
- VTR Valeur Toxicologique de Référence

Résumé

En 2022, Atmo Nouvelle-Aquitaine a réalisé une campagne de mesures pour deux polluants : l'ammoniac et le 1,3-butadiène. Ils sont tous deux qualifiés de « polluants émergents », c'est-à-dire dont l'impact sur la santé et/ou l'environnement est fortement suspecté ou reconnu, mais pour lesquels on ne dispose que de peu de données de concentration dans l'air. Les mesures ont été réalisées tout au long de l'année à l'aide de prélèvements par échantillonneurs passifs. Aucun de ces deux polluants ne fait l'objet d'une valeur réglementaire dans l'air ambiant. En revanche l'ANSES a défini des Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) pour l'inhalation chronique pour chacun des 2 composés.

L'ammoniac

L'ammoniac (NH_3) est présent naturellement dans l'environnement du fait de son rôle dans le cycle de l'azote dans les milieux aquatique et terrestre. La majeure partie de l'ammoniac a cependant pour origine l'activité humaine. Si l'ammoniac provient très majoritairement des activités agricoles, il est aussi émis par les transports et l'industrie.

L'ammoniac est à l'origine de la formation de particules secondaires, qui contribuent à la présence de particules fines dans l'air, enjeu majeur de santé publique.

En 2022 sur la région, les valeurs les plus élevées ont été mesurées en zone rurale, dans le département des Deux Sèvres, dans un secteur de production de type polyculture élevage. En dehors des Deux Sèvres, c'est sur deux sites trafic que les valeurs sont les plus élevées à l'échelle annuelle : Poitiers et Bordeaux. Cela confirme, en plus de l'impact des émissions agricoles, l'impact en zone urbaine du trafic routier sur la présence d'ammoniac à proximité des voies de circulation.

Le 1,3-butadiène

Le 1,3-butadiène a été identifié en 2018 par l'ANSES comme étant la première substance prioritaire, non réglementée actuellement. A ce titre, l'agence a recommandé la mise en place d'une surveillance nationale de ce composé, associée à la proposition d'un objectif environnemental en lien avec la protection de la santé humaine.

En France et dans le monde, les niveaux plus élevés de 1,3-butadiène sont mesurés à proximité des raffineries de pétrole, des produits chimiques, des usines de fabrication de plastique et de caoutchouc. En dehors des zones industrielles, les principales sources d'exposition sont les gaz d'échappement, les fumées des incinérateurs de déchets et de feu de bois et la fumée de cigarette.

Les valeurs mesurées durant la campagne 2022 sur les 4 sites sont supérieures aux valeurs de fond rural des stations MERA mais très proches d'une valeur de fond en zone urbaine.

Seul le site de Bordeaux, le plus influencé par le trafic, a des valeurs un peu supérieures, mais qui restent cependant proche d'un fond urbain, et très inférieures à la VTR de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.


1. Surveillance de l'ammoniac et du 1,3-butadiène

1.1 Polluants suivis et méthodes de mesure

Mesures par prélèvement suivi d'une analyse chimique

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode de prélèvement	Référence et / ou principe de la méthode d'analyse
Concentration en ammoniac (NH ₃)	Echantillonneurs passifs	NF EN 17346 - Méthode normalisée pour la détermination de la concentration en ammoniac au moyen d'échantillonneurs par diffusion	NF EN 17346 CICD
Concentration en 1,3-butadiène	Echantillonneurs passifs	NF EN ISO 16017-2 - Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire – Échantillonnage par diffusion	NF EN ISO 16017-2 Analyse par ATD/GC/FID

Mesures automatiques

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NO _x)	Analyseurs automatiques	NF EN 14211 - Dosage du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote par chimiluminescence	 ACCREDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur www.cofrac.fr
Concentration en particules		NF EN 16450 - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2.5)	
Concentration en ammoniac (NH ₃)	Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge	Téledétection par satellite	Pas d'accréditation

1.2 L'ammoniac (NH₃)

L'ammoniac est un gaz incolore très irritant pour le système respiratoire, la peau et les yeux. Sous sa forme gazeuse, l'ammoniac est très réactif, avec un temps de vie dans l'atmosphère très limité (de quelques heures à quelques jours) [Chatain, 2022]

L'ammoniac est présent naturellement dans l'environnement du fait de son rôle dans le cycle de l'azote dans les milieux aquatique et terrestre. La majeure partie de l'ammoniac a cependant pour origine l'activité humaine. La principale source anthropique d'émissions de l'ammoniac est le secteur agricole, à travers la gestion des effluents d'élevage et l'usage d'engrais azotés. Mais il est également émis par les voitures équipées d'un catalyseur, par des usages d'ammoniac et urée dans les procédés de dénitrification et dans des procédés industriels.

L'ammoniac en lui-même n'a pas d'effet direct sur la santé aux concentrations habituellement mesurées dans l'atmosphère (hors proximité d'une source spécifique), mais il contribue à la formation de particules fines, enjeu majeur de santé publique. Le NH₃ est en effet un précurseur de particules secondaires : il réagit avec les composés acides tels que les oxydes d'azote ou de soufre (émis par d'autres secteurs d'activité anthropiques) pour former par nucléation des particules très fines (PM_{2,5}) de nitrate ou de sulfate d'ammonium. Une étude de 2014 utilisant trois modèles différents de chimie transport a montré une sous-estimation de la formation de particules d'ammoniacque (ex. nitrate ou sulfate d'ammonium) et a conclu à un rôle beaucoup plus important du NH₃ que les estimations initiales [Bessagnet,2014].

En plus de son rôle dans la formation des particules fines, l'ammoniac a un impact direct sur l'environnement : eutrophisation des milieux et acidification des écosystèmes.

1.2.1 Règlementation

L'ammoniac ne fait pas aujourd'hui l'objet d'une réglementation concernant ses concentrations en air ambiant. En revanche, plusieurs instruments législatifs et politiques aux niveaux international, européen et national ont fixé les objectifs de réduction des émissions de NH₃ de la France :

- le Protocole de Göteborg (1999, amendé en 2012 mais non encore ratifié par la France) : **objectif de -4% en 2020** par rapport à 2005 (soit un **plafond calculé de 596 kt**) ;
- la directive dite NEC 2 (directive 2016/2284 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques et révisant la directive NEC 1) : **objectif de -4% en 2020** par rapport à 2005 et objectif de **-13% en 2030** par rapport à 2005 ;
- le Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA, 2017) qui reprend les objectifs fixés par la directive NEC 2 pour la France en 2020 et 2030 et ajoute un **objectif intermédiaire pour la période 2025-2029 de -8%** (base 2005) ;
- le décret n°2017-949 du 10 mai 2017 fixant les objectifs de réduction à horizon 2020, 2025 et 2030 pour les cinq polluants (dont le NH₃) visés par le PREPA ;
- l'arrêté du 10 mai 2017 établissant le PREPA : il définit par secteur des actions à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs qu'il fixe pour les cinq polluants visés (dont le NH₃).

Objectifs de réduction des émissions d'ammoniac prévus par le décret n°2017-949			
Objectifs basés sur l'année de référence 2005			
	A partir de 2020	A partir de 2025	A partir de 2030
NH ₃	-4%	-8%	-13%

Tableau 1 : Objectifs de réduction des émissions d'ammoniac prévus par le décret n°2017-949

1.2.2 Les sources d'émissions d'ammoniac dans l'atmosphère

- En France

L'ammoniac est produit à hauteur de 94 % par l'agriculture, faisant de ce secteur le levier principal pour la réduction des émissions de NH₃ en France. La France est en 2018 le premier pays de l'union européenne pour les émissions d'ammoniac liées à l'agriculture (552 kt, source Eurostat).

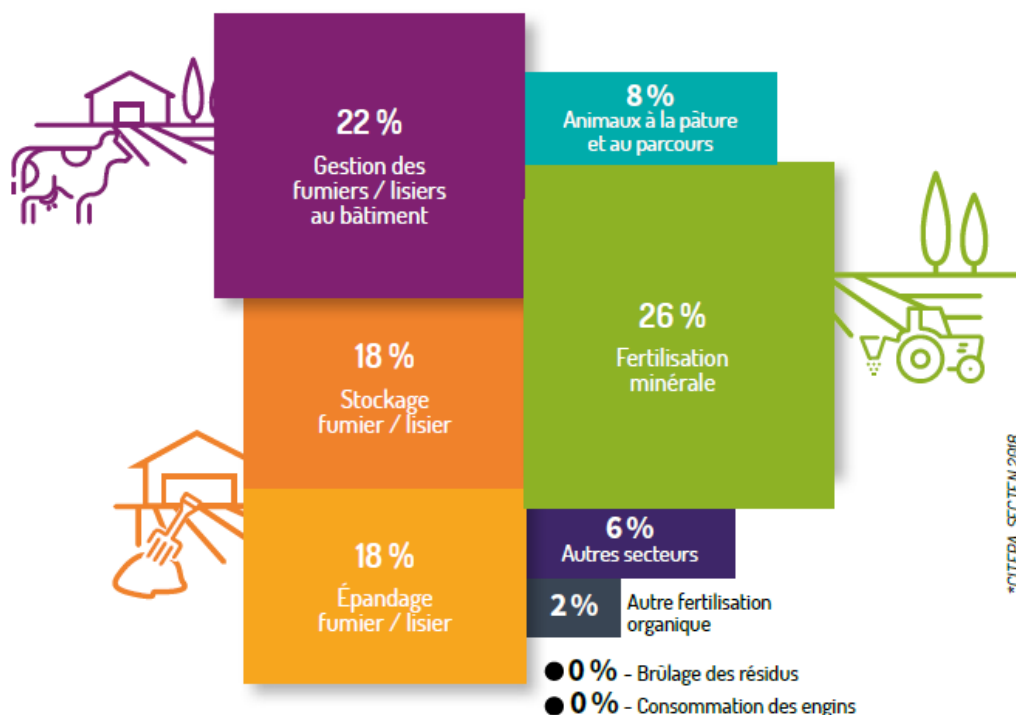


Figure 1 : Répartition des émissions nationales d'ammoniac (source CITEPA SECTEN 2018)
<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/102944?token=28d90ca8769ca8eb78cdc988560e6f99025e90edf3165f7b62ead52cc8453206>

- En Nouvelle-Aquitaine

Au niveau de la région, la part des émissions d'ammoniac liée à l'agriculture est du même ordre de grandeur de celle du niveau national (95 % en 2018¹).

La répartition des émissions d'ammoniac sur le territoire régional montre que les valeurs les plus élevées sont localisée sur le département des Deux Sèvres.

¹ Inventaire des émissions Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2018, 3.2.3

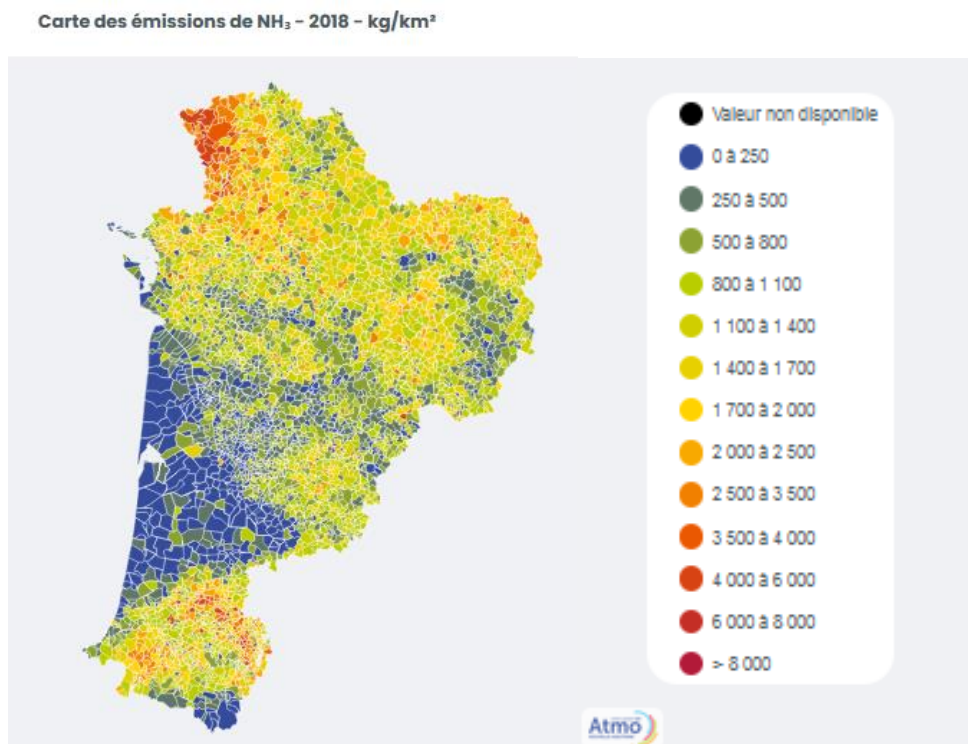


Figure 2 : Emissions de NH₃ (Source : Inventaire des émissions Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2018, 3.2.3)

1.2.3 Les Valeurs toxicologiques de Références (VTR) pour l'ammoniac

Une valeur toxicologique de référence (VTR) est un indice toxicologique qui permet de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Les VTR permettent d'évaluer des effets sanitaires éventuels consécutifs d'une exposition à des substances. Elles peuvent être utilisées dans le cadre des évaluations quantitatives de risques sanitaires (EQRS) réalisées sur des populations exposées et aider ainsi au choix de mesures de gestion des risques.

La nature de la VTR (aiguë, subchronique, chronique) est déterminée en partie par la durée d'exposition des études toxicologiques mais également des besoins en évaluation de risques sanitaires.

L'ANSES a validé 3 VTR pour une exposition au NH₃ par inhalation [ANSES,2018]:

- 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)

1.2.4 Les niveaux critiques pour l'ammoniac pour la protection de la végétation et des écosystèmes

Pour la protection de la végétation et des écosystèmes, les niveaux critiques de concentration en ammoniac ont été révisés et de nouveaux niveaux ont été adoptés en 2007 par la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU). Ils sont respectivement de 1 µg/m³ et 3 de 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 à titre provisoire. [NF EN 17346, 2020]

Seuil	Milieu	Niveau critique
Niveau critique de la CEE-ONU (moyenne annuelle) pour les végétaux inférieurs (lichens, bryophytes)	Écosystèmes sensibles pour lesquels les lichens et les bryophytes constituent des composantes importantes, par exemple sites désignés pour la conservation de la nature et la protection des espèces sensibles, par exemple sites Natura 2000	1 µg/m ³
Niveau critique de la CEE-ONU (moyenne annuelle) pour les végétaux supérieurs	Écosystèmes sensibles pour lesquels les végétaux supérieurs constituent des composantes importantes, par exemple sites désignés pour la conservation de la nature et la protection des espèces sensibles, par exemple sites Natura 2000	3 µg/m ³
Niveau critique de la CEE-ONU (moyenne mensuelle) - pour les périodes de pic d'émissions, par exemple pendant les mois d'épandage de lisiers	À proximité immédiate des sources d'émissions	23 µg/m ³

1.3 Le 1-3 butadiène

Les niveaux plus élevés de 1,3-butadiène sont mesurés dans les villes hautement industrialisées ou à proximité des raffineries de pétrole, des produits chimiques, des usines de fabrication de plastique et de caoutchouc. Bien que le 1,3-butadiène se décompose rapidement dans l'atmosphère, il se trouve généralement dans l'air ambiant à de faibles niveaux dans les zones urbaines et suburbaines.

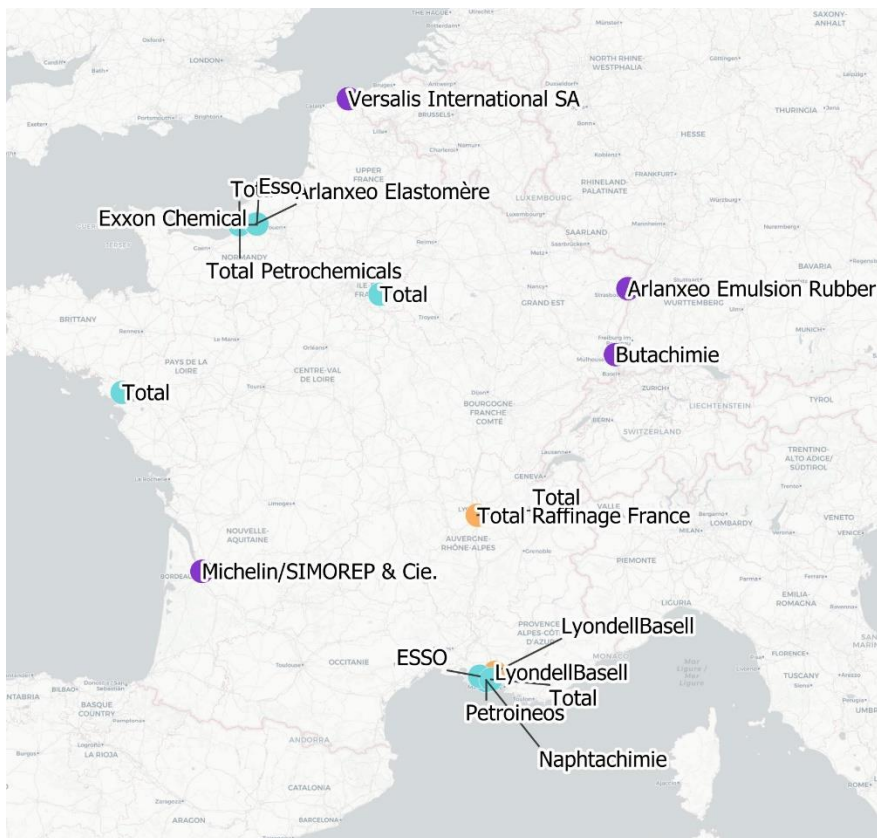
1.3.1 Les émissions industrielles de 1.3-butadiène

Le 1,3-butadiène est fabriqué et/ou importé en Europe à hauteur de 1 à 10 millions tonnes par an (données 2019 ECHA). Le 1,3-butadiène est aussi une impureté possible du butane. Il est principalement utilisé dans la production de polymères, en particulier de caoutchouc (données 2019 ECHA).

La production de 1,3-butadiène se fait principalement par vapocraquage. Les industries émettrices appartiennent majoritairement aux activités suivantes : fabrication d'autres produits chimiques organiques de base, fabrication de matières plastiques de base, raffinage du pétrole et fabrication de caoutchouc synthétique. D'après la Base de Données du Registre des Activités Polluantes, les quantités d'émissions déclarées ont été divisées par 10 entre 2005 et 2017. [INERIS, 2021]

En 2017, d'après la BDREP, les dix premiers établissements émetteurs de 1,3-butadiène représentaient 98% des émissions déclarées par les sites industriels en France.

Une carte de localisation des sites émetteurs, producteurs ou utilisateurs de 1,3-butadiène a été publiée par l'INERIS [INERIS,2022], reproduit ici Figure 3 . Il est important de noter que cette carte n'est pas exhaustive.



1.3 Butadiène

Sources ponctuelles d'émission

- Production
- Raffinerie
- Utilisation

Figure 3 : Localisation de sites émetteurs, producteurs ou utilisateurs de 1,3-butadiène (Carte non exhaustive) [INERIS 2022]

En région Nouvelle-Aquitaine c'est le site Michelin/Simorep qui est la source industrielle majeure de 1,3-butadiène, selon les déclarations des industriels compilées dans la base de données GERP (Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes).

Dans le cadre de l'étude exploratoire de 2022, seuls des sites urbains ont été sélectionnés, les mesures n'avaient pas pour objectifs d'évaluer l'impact des sources industrielles.

1.3.2 Les émissions urbaines de 1,3-butadiène

En dehors des zones industrielles, les principales sources d'exposition sont liées aux gaz d'échappement (le 1,3-butadiène peut être néoformé en cas de combustion ou en tant qu'impureté dans les gaz de pétrole liquéfié GPL) et à la fumée de cigarette [INRS, 2019].

D'après l'US EPA, en 2005, les émissions automobiles en 1,3-butadiène représentaient un tiers des émissions totales aux Etats-Unis [INERIS 2022].

Le 1,3-butadiène est également présent dans les fumées des incinérateurs de déchets et de feu de bois (OMS, 2000) ainsi que dans les émissions liées à la cuisson de plusieurs huiles végétales (OMS & Health Canada, 2001)

1.3.3 Impact sur la santé du 1,3-butadiène

Selon l'Anses, le 1,3-butadiène a présenté lors des campagnes de mesures nationales de fréquents dépassements de la valeur toxicologique de référence (VTR) retenue, quelle que soit la typologie du site.

A ce titre, l'ANSES a préconisé qu'il fasse l'objet d'une surveillance nationale.

Effet sur la santé

L'exposition aiguë (à court terme) au 1,3-butadiène par inhalation chez l'homme entraîne une irritation des yeux, des voies nasales, des voies respiratoires, de la gorge et des poumons (US EPA). Des études épidémiologiques ont rapporté un lien possible entre l'exposition au 1,3-butadiène et des maladies cardiovasculaires.

Le 1,3-butadiène est classé dans le groupe 1 par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) (cancérogène avéré pour l'Homme) (CIRC, 2008, 2012) et en tant que cancérogène de catégorie 1A (peut provoquer le cancer) en Europe selon le règlement CLP.

Avis de l'ANSES et préconisation concernant le 1.3-butadiène [ANSES, 2018]

A la demande des ministères en charge de l'environnement et de la santé, l'Anses a proposé dans un avis de juillet 2017 sur les « Polluants émergents dans l'air ambiant », rendu public en juin 2018, une liste 13 polluants prioritaires pour lesquels différentes actions sont recommandées. Le 1,3-butadiène est identifié dans ce rapport comme étant la première substance prioritaire non réglementée actuellement.

A ce titre, le Comité d'Expert Scientifique de l'Anses a recommandé la mise en place d'une surveillance nationale de ce composé, associée à la proposition d'un objectif environnemental en lien avec la protection de la santé humaine.

1.3.4 Les Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) pour le 1.3-butadiène

Une valeur toxicologique de référence (VTR) est un indice toxicologique qui permet de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Les VTR permettent d'évaluer des effets sanitaires éventuels consécutifs d'une exposition à des substances.

Dans son avis publié en 2021 et complété en 2022, L'ANSES a élaboré deux **VTR chronique et cancérogène par voie respiratoire** pour le 1,3-butadiène [ANSES,2022] :

- une VTR chronique à seuil avec un niveau de confiance moyen/fort,

$$\text{VTR} = 2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$$

- une VTR cancérogène sans seuil avec un niveau de confiance fort. La VTR chronique pour les effets à seuil de dose correspond à un risque de cancer inférieur à 10^{-6}

$$\text{ERU} = 2.43 \cdot 10^{-7} (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$$

Pour un risque de 10^{-4} : $410 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Pour un risque de 10^{-5} : $41 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Pour un risque de 10^{-6} : $4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

1.3.5 Réglementation pour le 1.3-butadiène

Le 1.3-butadiène ne fait pas à ce jour l'objet d'une limite réglementaire dans l'air ambiant. Mais certains textes évoquent la surveillance de la substance dans l'air, notamment :

Recommandation 2004/394/CE de la commission

La recommandation de la commission européenne du 29 avril 2004 relative aux résultats de l'évaluation des risques et aux stratégies de réduction des risques pour certaines substances propose une évaluation des risques du butadiène (rédigée par le Royaume-Uni). Cette recommandation mentionne que pour les consommateurs et l'homme exposé via l'environnement, « il est nécessaire de limiter ces risques » et qu'il « n'est pas possible d'exclure des risques pour tous les scénarios d'exposition car la substance a été reconnue comme cancérigène sans valeur seuil ». Cette conclusion indique également que « l'évaluation des risques indique que ceux-ci sont déjà faibles »

Directive 2008/50/CE du parlement européen et du conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe

Le 1,3-butadiène est listé comme un précurseur de l'ozone. Par conséquent, les concentrations en 1,3-butadiène doivent être suivies afin d'en connaître l'évolution, de vérifier l'efficacité de stratégies de réduction des émissions et « de contribuer à l'établissement de liens entre les sources d'émissions et les concentrations de pollution observées ». Il est conseillé de réaliser les mesures dans des zones urbaines ou périurbaines.

2. Description de l'étude

2.1 Sites de prélèvements

Les mesures d'ammoniac ont été réalisées sur 6 sites répartis sur la région : 3 sites ruraux (R), 3 sites urbains dont 2 sous influence trafic (T) et 1 site de fond (U). Les mesures de 1.3-butadiène ont été réalisées sur 4 sites en zone urbaine, dont 2 sous influence trafic (T) et 2 sites de fond (U).

2.1.1 Ammoniac (NH₃)

Les sites du tableau et de la carte suivants montrent les sites choisis pour le suivi annuel.

Ils ont été sélectionnés à l'aide de l'exploitation des données de mesures d'ammoniac par satellite [AtmoNA, 2021]

Plusieurs critères ont servi à leur sélection :

- Concentrations élevées ou très faibles dans l'étude satellite
- Profil temporel saisonnier marqué dans l'étude satellite
- Proximité de grands axes de trafic

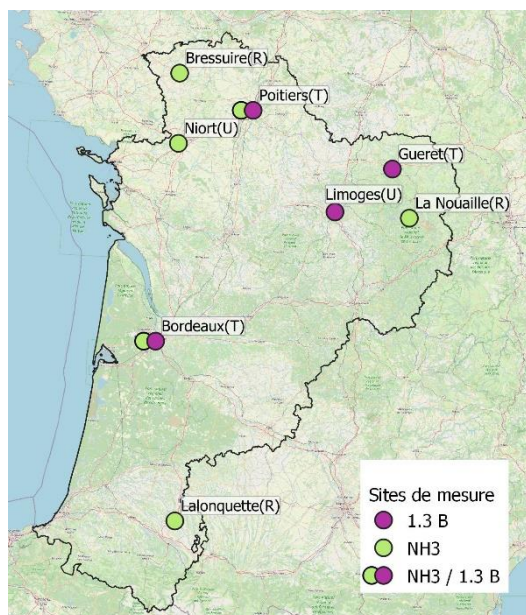


Figure 4 : emplacement des sites de mesures de l'ammoniac et du 1.3 butadiène

Site	Nature	Critère sélection	Emplacement de la mesure
Bressuire (79)*	Rural	Concentrations NH ₃ élevées (cartes satellite)	L'emplacement exact est encore à définir
Niort (79)	Urbain	Concentrations NH ₃ élevées (cartes satellite)	Au niveau de la station Venise Verte
Poitiers – Le Nain (86)	Trafic	Proximité trafic	Au niveau de la station trafic Trafic 2019 : 16 600 veh/jour
La Nouaille - MERA (23)	Rural	Concentrations très faibles (cartes satellite)	Au niveau de la station MERA
Bordeaux – Gautier (33)	Trafic	Proximité trafic	Au niveau de la station trafic Trafic 2019 : 27 600 veh/jour
Lalouquette (64)	Rural	Concentrations NH ₃ élevées (cartes satellite)	Au niveau de la sortie 9, à environ 1.4km de l'A65 route de Bordeaux

*Prélèvement sur 2 mois uniquement

2.1.2 1.3-butadiène

Quatre sites de prélèvements ont également fait l'objet d'un prélèvement de 1.3-butadiène

Site	Nature	Détail
Poitiers – Le Nain (86)	Trafic	Proximité trafic au niveau d'un site fixe AtmoNA Trafic 2019 : 16 600 veh/jour
Guéret (23)	Urbain	Fond Urbain au niveau d'un site fixe AtmoNA Trafic 2019 : 2 400 veh/jour
Bordeaux – Gautier (33)	Trafic	Proximité trafic au niveau d'un site fixe AtmoNA Trafic 2019 : 27 600 veh/jour
Limoges – Berland (87)	Urbain	Fond Urbain au niveau d'un site fixe AtmoNA

2.2 Calendrier de prélèvement

2.2.1 Ammoniac NH₃

24 prélèvements ont été programmés de janvier à décembre 2022 pour tous les sites sauf Bressuire, où seuls 5 prélèvements ont eu lieu de février à avril 2022.

Chaque prélèvement a une durée de 2 semaines. La croix représente le renouvellement de l'échantillonneur passif.

- Les croix noires représentent les prélèvements sur tous les sites hors Bressuire.
- Les croix bleues correspondent aux prélèvements sur le site de Bressuire.

En complément ;

- blancs terrains ont été réalisés au cours de l'année sur chacun des sites hors Bressuire.
- blancs terrains ont été réalisés sur Bressuire.

mois	janvier					février					mars				avril				mai				juin			
semaine	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
Tous				x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x
Bress.								x		x		x		x		x										

juillet					août					septembre				octobre				novembre				décembre				
S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53
Tous	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x			
Bress.																										

2.2.2 1.3-butadiène

Chaque prélèvement a une durée de 1 semaine. La croix représente le renouvellement de l'échantillonneur passif.

En complément, deux blancs terrains ont été réalisés au cours de l'année sur chacun des sites

mois	janvier					février				mars				avril				mai				juin				
semaine	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
	x	x						x					x	x							x					

juillet					août					septembre				octobre				novembre				décembre				
S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53
x	x						x					x	x							x						

2.3 Moyens de mesure

Les mesures d'ammoniac et de 1.3-butadiène ont été réalisées par échantillonneurs passifs « Radiello » avec analyse différée en laboratoire.

Sur ce type de préleveurs radiaux, la cartouche contenant l'adsorbant est introduite dans un corps diffusif cylindrique et la diffusion se fait sur toute la surface du cylindre.

2.3.1 Ammoniac – Mesure par échantillonneurs passifs

Polluants	Code cartouche chimie absorbante	Corps diffusif	Méthode d'analyse
NH ₃	Tube Radiello code 168 + corps diffusif bleu	Bleu code 120-1	Chromatographie ionique

Les préleveurs passifs utilisés pour déterminer les concentrations en ammoniac avec des durées d'intégration de 14 jours sont des préleveurs Radiello code 168.

Ces cartouches sont constituées par un tube en de 4,8 mm de diamètre et de 60 mm de longueur, imprégnées d'acide phosphorique (H₃PO₄). L'ammoniac y est piégé sous la forme d'ions ammonium (NH₄⁺).

Compte-tenu de la large gamme de concentrations mesurables (jusqu'à 300 µg/m³), ils peuvent être installés sur toutes les typologies de site. Ce type d'approche est notamment utilisé au Royaume-Uni et aux Pays-Bas pour vérifier la cohérence avec les inventaires spatialisés d'émission (EMEP² ou TNO³) ou encore avec les données satellitaires.⁴

Après exposition, les cartouches sont envoyées au laboratoire TERA pour analyse par chromatographie ionique.



2.3.2 1,3-butadiène – Mesure par échantillonneurs passifs

Polluants	Code cartouche chimie absorbante	Corps diffusif	Méthode d'analyse
1,3-butadiène	Tube Radiello Radial code 141 + corps diffusif jaune	Jaune code 120-2	Thermodésorption TD/GC-FID

Pour le 1,3-butadiène, la durée de prélèvement a été de 7 jours en air ambiant. Le manuel Radiello indique que le débit de prélèvement est égal à 4,7 ml.min⁻¹ pour une exposition de 7 jours à des concentrations inférieures à 2,26 µg/m³ (d'après les travaux de Strandberg, 2005).

La limite de détection pour le 1,3-butadiène et un prélèvement de 7 jours d'air ambiant est de 0,03 µg/m³ (Strandberg 2005, manuel Radiello).

Après exposition, les cartouches sont envoyées au laboratoire TERA pour analyse.

² European Monitoring and Evaluation Programme (<https://www.ceip.at/webdab-emission-database>)

³ Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée [5]

⁴ Guide méthodologique pour la mesure des concentrations en ammoniac dans l'air ambiant (Version 2021), LCSQA

2.3.3 Mesure de l'ammoniac par satellite

Les capteurs optiques embarqués sur les satellites produisent des images acquises sur différentes longueurs d'onde. Ils mesurent l'énergie solaire réfléchi (UV, visible, proche infrarouge) ou encore l'énergie émise par la surface terrestre (infrarouge thermique).

Contrairement aux appareils de mesure au sol couramment utilisés dans les réseaux de mesures, les données produites par les satellites ne sont pas accessibles en concentration de type $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les données pour le NH_3 utilisées ici sont fournies en nombre de molécules par unité de surface. Elles sont présentées dans ce rapport en mg/cm^2 .

Mesure du NH_3 par le spectromètre IASI embarqué sur les satellites MetOp

MetOp (Météosat de la première génération) est une famille de trois satellites placés en orbite héliosynchrone et développés conjointement par l'Agence Spatiale Européenne (ESA) et EUMETSAT. Ils sont destinés aux études de la météorologie et du climat.

Les satellites MetOp (Météosat de la première génération) embarquent onze instruments de mesure dont le capteur IASI élaboré par le CNES et réalisé par Alcatel Space. MetOp-A a été placé en orbite en 2006, MetOp-B en 2012, le lancement du troisième satellite a été effectué le mercredi 7 novembre 2018.

Développé par le CNES en coopération avec Eumetsat, **IASI** est un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier. Il mesure le spectre émis par le système terre/atmosphère sur une bande spectrale continue de $3,62 \mu\text{m}$ à $15,5 \mu\text{m}$, avec un échantillonnage spectral de $0,25 \text{ cm}^{-1}$.

Les mesures IASI sur la métropole sont réalisées 2 fois par jour : à 9h30 et 21h30 heure locale.

La Figure 5 représente les concentrations d'ammoniac mesurées par IASI en moyenne sur l'année 2021 sur le territoire métropolitain. Les niveaux mesurés par le satellite au nord-ouest de la région Nouvelle-Aquitaine se rapprochent de ceux mesurés en Bretagne ou sur les Pays de la Loire.

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et / ou principe de la méthode	Accréditation
Ammoniac (NH_3)	Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier	Téledétection	Pas d'accréditation

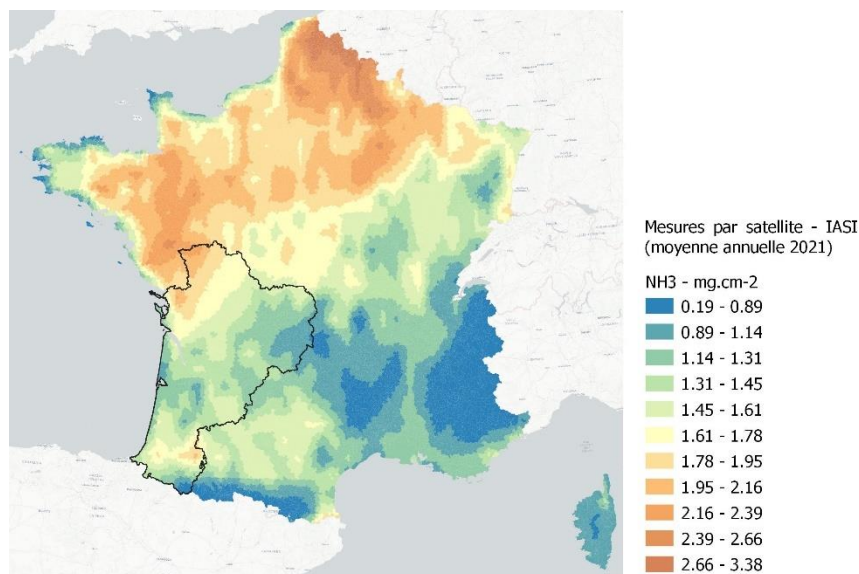


Figure 5 : moyenne annuelle d'ammoniac 2021 mesurée par le spectromètre IASI (colonne verticale, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)

3. Ammoniac : résultats

3.1 Moyenne annuelle et comparaison aux valeurs de référence

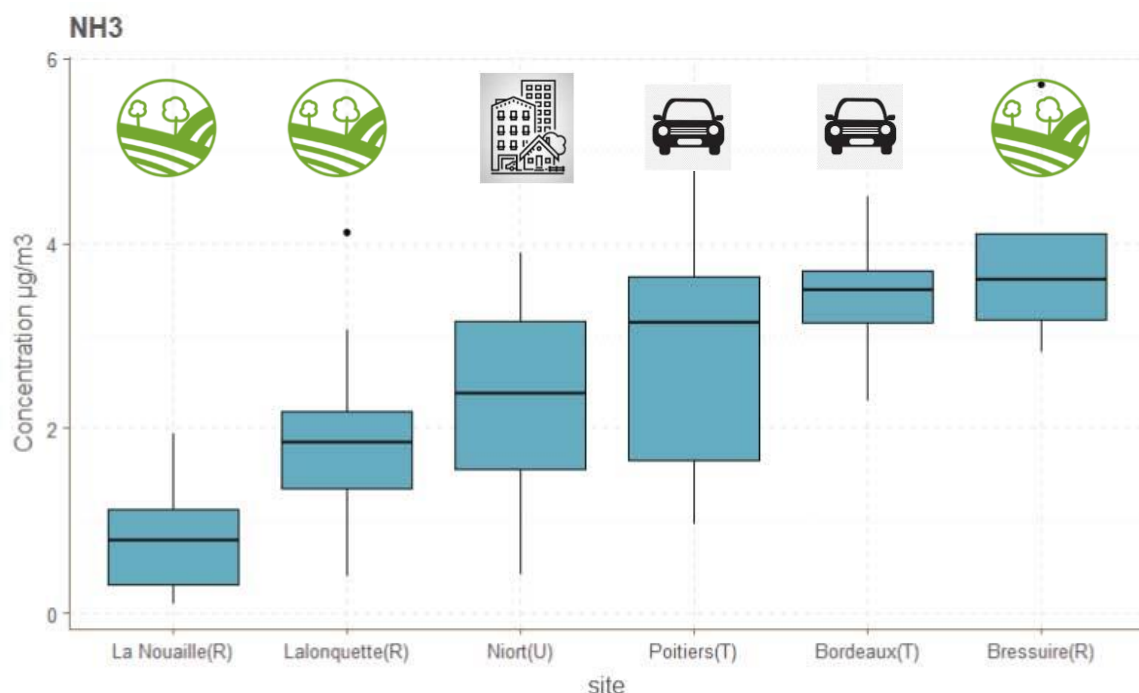


Figure 6 : représentation en boxplot des concentrations d'ammoniac mesurées en 2022 sur la région NA

Les concentrations mesurées sur les différents sites de la région sont toutes inférieures à 6 µg/m³, soient des valeurs très nettement inférieures à la VTR pour inhalation chronique préconisée par l'ANSES (500 µg/m³). A noter que la VTR ne tient compte que de l'impact direct de l'ammoniac sur la santé humaine, et non de l'impact sur la santé des particules secondaires formées à partir de l'ammoniac, qui est lui beaucoup difficile à estimer.

Si les niveaux d'ammoniac mesurés ne représentent pas de risque direct pour la santé humaine, il sont en revanche supérieurs aux niveaux critiques définis pour les écosystèmes sensibles par la CEE :

- sur tous les sites sauf La Nouaille pour les mousses et lichens
- sur Bordeaux et Bressuire pour les végétaux supérieurs

Site	Concentrations d'ammoniac (µg/m ³)			Nb. de mesures en 2022	VTR ANSES - 2017	Niveau critique pour les écosystèmes sensibles (CEE-ONU)	
	Moy.	[min-max]	Ecart type			Lichens et mousses	Végétaux sup.
Bordeaux(T)	3.49	[2.3-4.5]	0.57	23	500 µg.m ³	1 µg/m ³	3 µg/m ³
Bressuire(R)	3.89	[2.82-5.73]	1.14	5			
La Nouaille(R)	0.79	[0.1-1.94]	0.55	24			
Lalonquette(R)	1.87	[0.4-4.12]	0.81	23			
Niort(U)	2.26	[0.42-3.89]	1.07	23			
Poitiers(T)	2.90	[0.96-5.09]	1.25	21			

Tableau 2 : Résultats de la campagne de mesure de l'ammoniac par échantillonneurs passifs en 2022

Les valeurs pour les blancs terrains sont disponibles à l'annexe 2 : toutes les concentrations des blancs terrains pour l'ammoniac étaient inférieures à la limite de quantification.

C'est sur Bressuire (Deux Sèvres) que la valeur maximale a été mesurée ($5.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$). C'est aussi le site où la moyenne est la plus élevée sur la période printanière. La comparaison avec les autres sites à l'échelle annuelle n'est en revanche pas possible puisque les mesures sur le site n'ont eu lieu qu'au printemps.

La ville de Bressuire, dans les deux Sèvres, est située au nord-ouest de la région, là où les mesures d'ammoniac par satellite (IASI) sont les plus élevées ; les mesures au sol sont donc cohérentes avec la mesure par satellite. L'activité agricole, en particulier les grandes cultures et l'élevage, est très présente dans les Deux Sèvres où l'épandage d'engrais et la gestion des effluents représentent autant de sources potentielles d'ammoniac.

En dehors de Bressuire, ce n'est pas en zone rurale mais sur 2 sites trafic que les valeurs sont les plus élevées à l'échelle annuelle : Poitiers et Bordeaux. Ces résultats confirment, au-delà de l'impact majoritaire des émissions agricoles, l'impact du trafic routier sur la présence d'ammoniac à proximité des voies de circulation.

A l'opposé, les valeurs les plus faibles sont mesurées en zone rurale au niveau de la station MERA de La Nouaille, dans le Limousin. La moyenne y est de $0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les concentrations n'ont jamais dépassé les $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Là encore les résultats sont cohérents avec les mesures par satellite.

3.2 Comparaison avec les valeurs de la bibliographie

Le tableau suivant synthétise des résultats de mesures d'ammoniac (par échantillonneurs passifs ou analyseurs automatiques) réalisées en France.

Région	Typologie	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	méthode	année	référence
Nouvelle Aquitaine	Nouvelle Aquitaine : Origine (Rural), Mérignac (Urbain) Lacq (industriel)	R : 0.4 [n.d.-1.1] U : 0.9 [0.1-2] I : 0.9 [0.7-1.1]	Tubes passifs	2016	Airaq, 2016
Bretagne	Rennes (Périurbain)	2.4 maximum à 8.9 9.4 maximum à 39.2	analyseur en continu : AiRRmonia	2002	AirBreizh, 2021
	Maroué (Rural)	76.2 maximum à 327.7		2002	
	Lamballe (Périurbain)	1.7 maximum à 11		2010	
	Merléac (Rural)	2.6 maximum à 6.9	Tubes passifs	2019	
	Merléac (Rural)	3.6, maximum à 10.3		2020	
	6 sites : R ; T ; U ; I	Moyennes : 2.2 – 10.4 Maxima : 5.8 – 34.1	L'analyseur G2103 de Picarro	2020 - 2021	
Grand Est	Reims - site de fond	Hiver 2.3 Eté : 8.1	analyseur en continu	2019-2020	Atmo GE, Chatain 2022
	Reims - Site Trafic	Hiver 3.6 Eté : 9.1		2019-2020	
Occitanie	Milieu urbain et périurbain (Montpellier)	1 à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$		7 semaines de mesure (Printemps 2008)	AIR Languedoc-Roussillon, 2010
Haut de France	Milieu Industriel et périurbain (Amiens, 80)	5,5 à $13,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$		4 semaines de mesure (mars 2012)	Atmo Picardie
	Voisinage d'un CET (Allemant, 02)	0,2 à $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$		2 semaines de mesure (décembre 2011)	

	Proximité de boues de STEP (Montdidier, 80)	103,4 µg/m ³		2 semaines de mesure (mars 2012)	
	Surveillance annuelle en milieu rural (Picardie)	1,1 à 1,9 µg/m ³		Moyenne annuelle 2015	

U : Urbain, R : Rural, I : industriel, T : trafic

Des mesures d'ammoniac par échantillonneurs passifs avaient été réalisées au printemps 2016 sur la région Aquitaine dans le cadre d'une campagne nationale de mesure de l'ammoniac (Airaq, 2016). Les moyennes étaient alors toutes inférieures à 1 µg/m³. En 2022, seul le site de La Nouaille dans le Limousin enregistre des valeurs aussi faibles.

On ne peut pas pour autant conclure à une augmentation des concentrations entre 2016 et 2022 sur la région car les sites et la saisonnalité sont différents ; de plus, les emplacements de 2022 ont été choisis à l'aide des données satellites là où les concentrations d'ammoniac sont potentiellement plus élevées (ou plus faibles pour le site de La Nouaille).

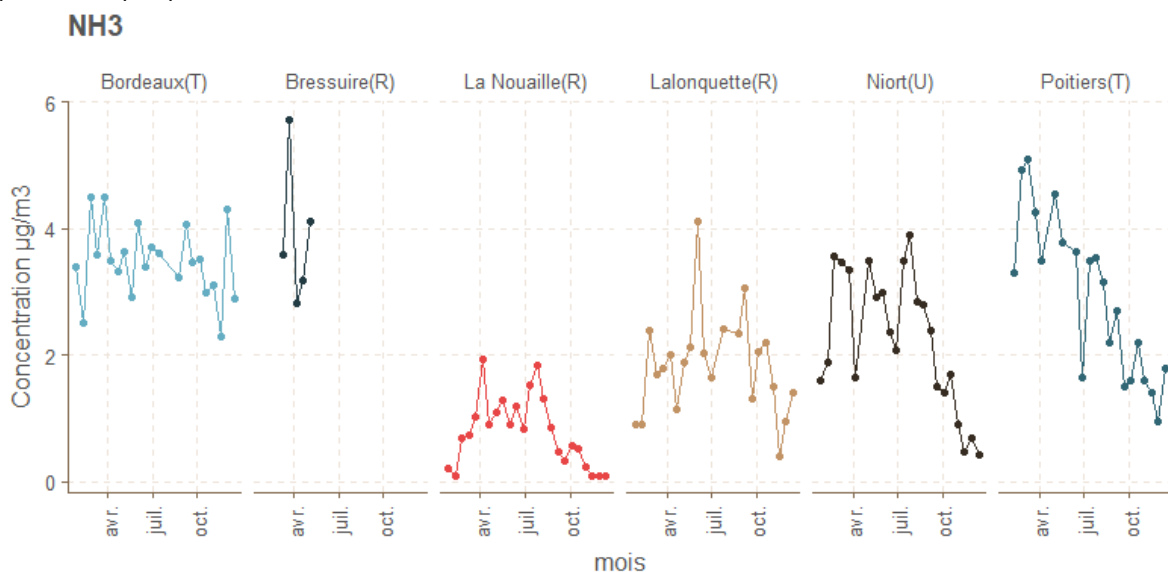
Les valeurs mesurées en 2022 en Nouvelle Aquitaine sont globalement inférieures aux valeurs mesurées en Bretagne depuis 2020, où les moyennes oscillent entre 2.6 et 10.3 µg/m³. La Bretagne, avec d'autres régions du nord de la France (cf. Figure 5), est de par son activité agricole particulièrement impactée par la présence d'ammoniac dans l'air. Cependant, les valeurs mesurées sur le Bressuire, au nord de la région Nouvelle-Aquitaine, sont proches de celles de certains sites Bretons comme Rennes ou Merléac.

3.3 Evolution des concentrations au cours de l'année

La saisonnalité de la présence des concentrations d'ammoniac a une influence sur la formation des particules secondaires de nitrate d'ammonium. Ces dernières sont semi-volatiles et ne se trouveront dans l'atmosphère sous forme solide que par des températures froides, c'est à dire en hiver et au printemps plutôt qu'en été.

La variabilité temporelle des émissions agricoles et la dominance de cette activité émettrice durant le printemps et l'été ont déjà bien été documentées dans la littérature [Chatain, 2022]

Les deux graphiques suivants représentent sous forme de ligne puis de tendance les concentrations mesurées par site et par prélèvement en 2022.



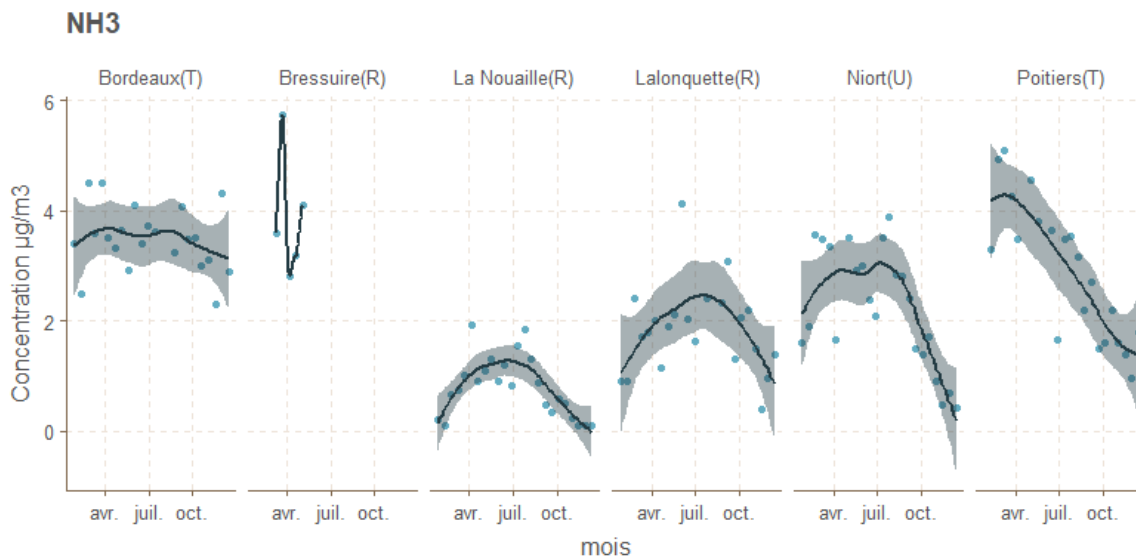


Figure 7 : concentrations d'ammoniac pour chaque prélèvement (T : trafic, R : rural, U : urbain)

L'évolution au cours de l'année des concentrations d'ammoniac dépend de l'impact combiné des sources environnantes et des conditions météorologiques.

Sur le site de **Bordeaux – Gautier**, l'impact du trafic est dominant, et la tendance forme un palier relativement stable au cours de l'année.

En revanche, sur le site trafic de **Poitiers** (Le Nain), après un pic printaniers précoce lié aux apports d'engrais, les concentrations évoluent à la baisse comme sur le site urbain de **Niort** ; le trafic routier n'est pas la seule source d'ammoniac qui impacte le site de **Poitiers** qui est aussi sous l'influence des émissions agricoles.

A noter que de récentes études montrent également l'influence en zone urbaine de la combustion de biomasse sur les concentrations d'ammoniac dans l'air [Chatain,2022].

Les sites de **Niort, Poitiers et Bressuire** sont tous influencés par un pic de concentration précoce en mars-avril, lors des apports d'engrais azotés sur blé/orge et oléagineux.

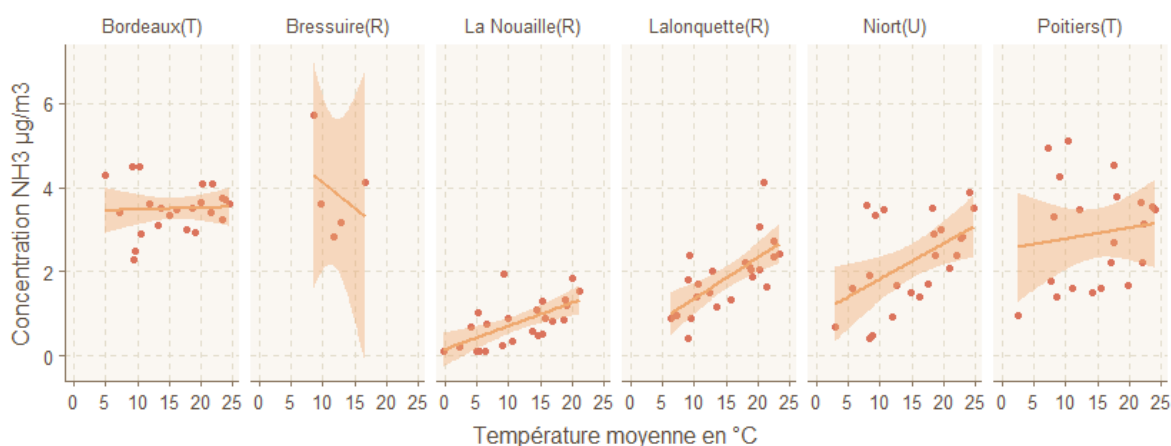
Un pic estival est observé sur **Lalouquette et Niort**, au moment des apports d'azote pour le maïs.

3.4 Influence des conditions météorologiques

Les graphiques suivants représentent, sous forme de nuage de points, le lien qui existe entre les concentrations d'ammoniac et la température/humidité de l'air.

nb : les cumuls pluviométriques et les températures moyennes mensuelles 2022 par site sont disponibles à l'annexe 1.

NH3 - relation température ambiante/concentrations



NH3 - relation humidité/concentrations

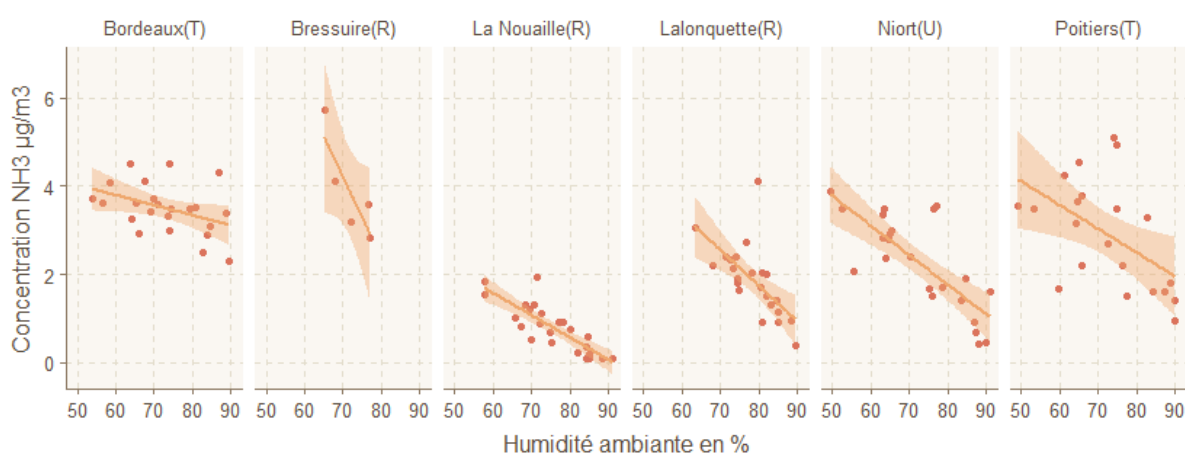


Figure 8 : nuages de points et tendance linéaire entre les concentrations d'ammoniac et les températures moyennes/humidités relatives moyennes (T : trafic, R : rural, U : urbain).

La volatilisation de l'ammoniac à partir des sols ou de l'eau est favorisée par des températures élevées ; c'est en particulier sur les sites sous influences des émissions agricoles d'ammoniac comme Niort ou Poitiers que l'impact est naturellement le plus marqué (sur Bressuire le nombre de valeurs est trop faible pour dégager une tendance). En revanche sur un site trafic comme Bordeaux, l'impact de la température est plus faible.

L'impact de l'humidité relative est également marqué sur les différents sites, même sur les sites trafic. Les concentrations d'ammoniac sont plus faibles lorsque le temps est humide car des précipitations et un taux d'humidité élevé vont favoriser la solubilisation/précipitation de l'ammoniac. La volatilisation des apports d'azote agricoles sous forme liquide sera également favorisée par temps sec.

3.5 Comparaison des valeurs mesurées par échantillonneurs passifs avec les mesures de NH₃ par satellite (IASI)

A la date de rédaction de ce rapport, les données de mesure NH₃ de IASI ne sont disponibles que jusqu'au 30 juin 2022. La carte suivante est à défaut la carte des concentrations annuelles d'ammoniac mesurées par IASI en 2021.

La répartition spatiale des concentrations est similaire à celles des années précédentes (2017-2020) [AtmoNA, 2021]. Les croix représentent l'emplacement des sites de mesures du NH₃ en 2022.

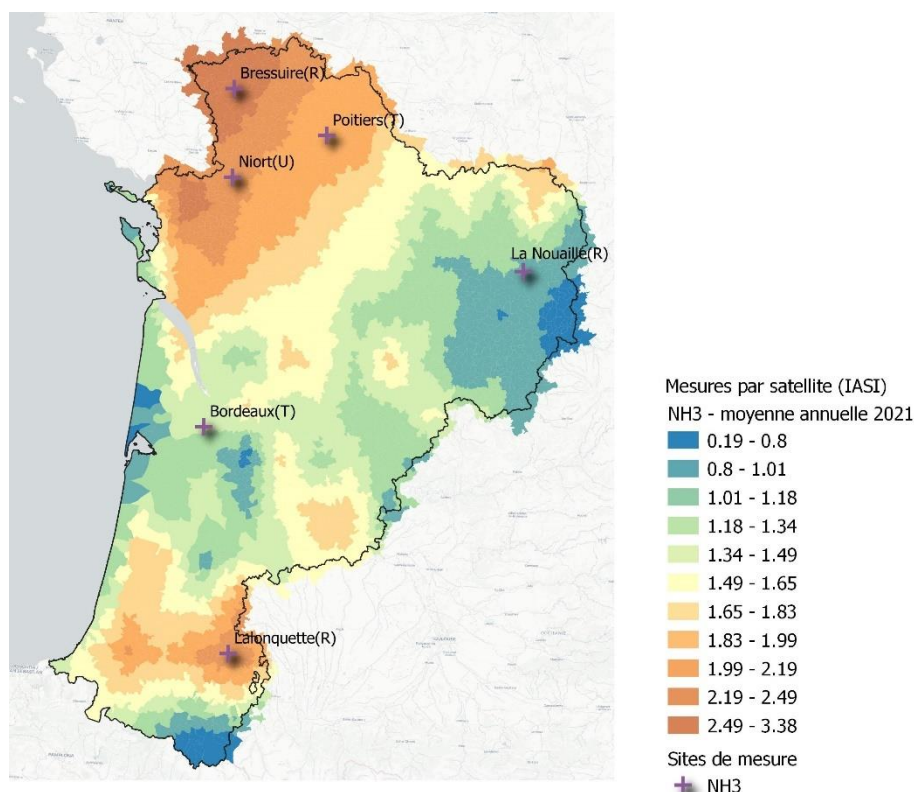


Figure 9 : concentrations moyennes annuelles de NH₃ - 2021 - mesure par satellite et emplacement des sites de mesure au sol

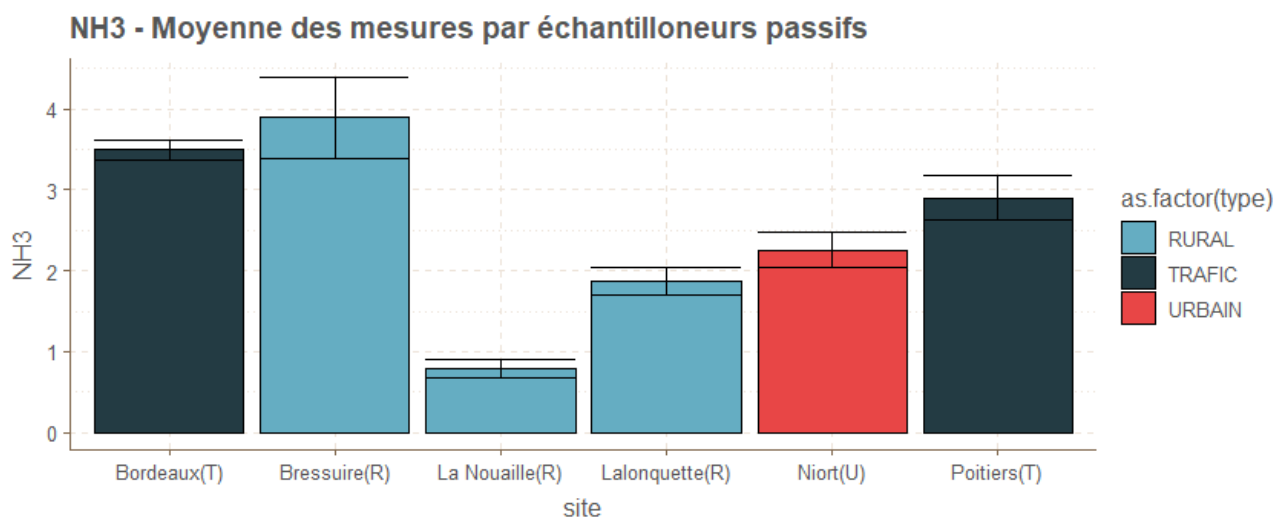


Figure 10 : moyennes annuelle (sauf Bressuire) d'ammoniac mesurées par échantillonneurs passifs en 2022 (T : trafic, R : rural, U : urbain).

La répartition spatiale des concentrations mesurées par satellite est très cohérente avec les résultats de la campagne 2022 pour les 4 sites de fond (ruraux et urbain).

Les valeurs en site de fond les plus élevées ont été mesurées au nord de la région (Niort, Bressuire). Le site de La Nouaille avait été choisi comme site de référence des concentrations parmi les plus faibles de la région. Les concentrations moyennes sur le site sont effectivement inférieures les plus faibles à l'échelle annuelle.

Le site de Lalouquette, plus au sud, a été choisi en zone de maïsiculture. Les concentrations, bien que moins élevées par rapport au nord de la région, sont malgré tout supérieures au fond de Lalouquette.

Les cartes de mesures par satellite montrent que le site de Bordeaux est dans une zone où les concentrations de fond en NH₃ sont relativement faibles. Ce sont bien les sources urbaines, en particulier le trafic à proximité, qui sont à l'origine des valeurs d'ammoniac plus élevées mesurées sur ce site.

Enfin le site de Poitiers combine l'influence du trafic et d'une influence d'émissions agricoles propre au nord de la région.

La Figure 11 représente l'évolution au cours de l'année des concentrations mesurées sur les mêmes périodes par échantillonneurs passifs et par satellite (2021-2022). Comme on ne dispose que de 6 mois de mesures pour les satellites en 2022, la comparaison n'est présentée ici qu'à titre indicatif.

A noter que les unités ne sont pas les mêmes sur la mesure par satellite (mg/cm²) et par échantillonneur passif (µg/m³), c'est donc ici seulement l'évolution des concentrations qui est évaluée, et non la correspondance exacte des valeurs.



Figure 11 : concentrations NH₃ mesurées par échantillonneurs passifs et par satellites

Données de janvier à juin 2022 (Echantillonneurs passifs – satellite (IASI))					
Site	cor	nmse	rae	biais	Nombre d'analyses
Bordeaux(T)	0.14	0.46	3.70	1.63	11
Bressuire (R)	0.96	0.14	1.20	0.99	5
La Nouaille (R)	0.29	0.24	1.91	-0.59	12
Lalonquette (R)	0.84	0.12	1.25	-0.62	11
Niort(U)	0.86	0.04	0.53	0.22	10
Poitiers(T)	0.48	0.71	2.46	1.86	9

Tableau 3 : comparaison des valeurs mesurées par satellites et par échantillonneurs passifs de janvier à juin 2022

Les tendances annuelles sont proches pour certains sites comme Lalonquette Bressuire ou Niort (corrélation en 2022 de respectivement 0.84, 0.96 et 0.86), mais moins comparables sur des sites comme La Nouaille ou Bordeaux (0.29 et 0.14). Sur Bordeaux c'est l'influence de sources à proximité qui explique ces différences car leur impact est trop localisé pour être visible par le satellite.

Certains pics se répètent en 2021 et 2022 sur les mesures satellites et sur les mesures au sol comme au mois de juin sur Lalonquette ou mars sur Niort et Bressuire.

La comparaison n'a pu à cette date être réalisée que sur six mois, elle sera réalisée sur l'année entière lorsque les données complètes de l'année 2022 seront mises à disposition pour IASI.

4. 1.3-butadiène

4.1 Comparaison des résultats aux valeurs de référence

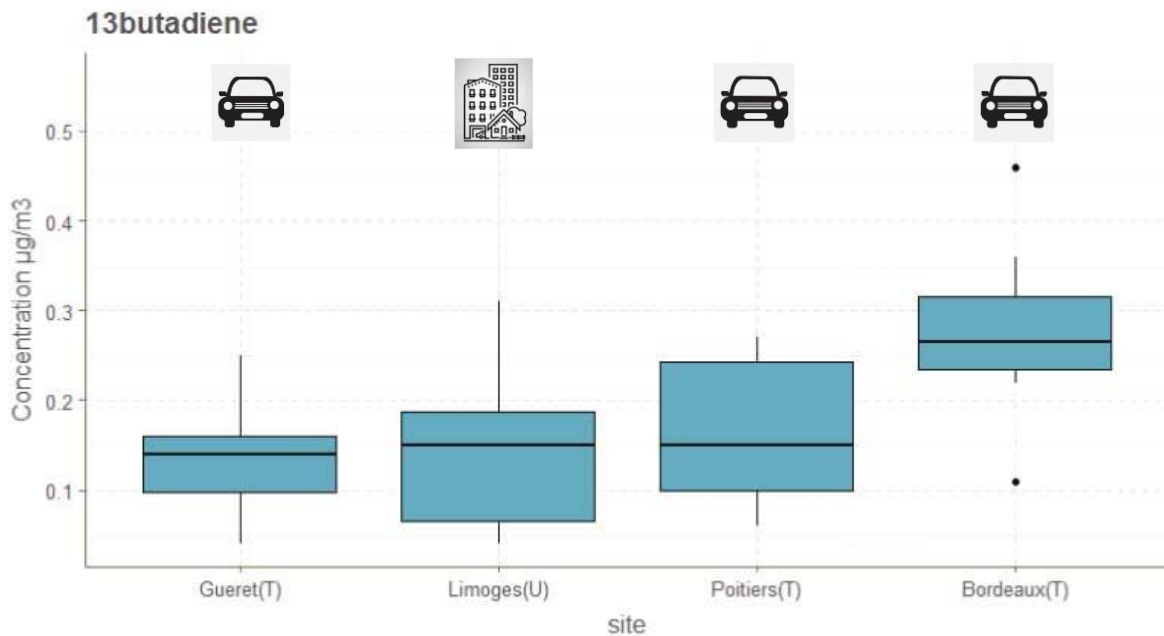


Figure 12 : représentation en boxplot des concentrations de 1.3-butadiène mesurées en 2022 sur la région NA (T : trafic, U : urbain).

Site	Concentrations 1.3-butadiène			VTR ANSES (pour effets à seuil) 2 µg.m-3 (inhalation chronique)
	moyenne	[min-max]	Ecart type	
Bordeaux(T)	0.29	[0.11-0.56]	0.12	
Guéret(T)	0.14	[0.04-0.25]	0.06	
Limoges(U)	0.14	[0.04-0.31]	0.08	
Poitiers(T)	0.17	[0.06-0.27]	0.08	

Tableau 4 : résultats de la campagne de mesure du 1.3-butadiène par échantillonneurs passifs en 2022

Les concentrations moyennes pour le 1.3-butadiène sont toutes inférieures à l'échelle annuelle à 0.5 µg/m³, soient des valeurs très en deçà de la VTR ANSES de 2 µg/m³.

Les médianes sont très proches sur les sites urbains de fond et urbains sous influence trafic de Guéret, Limoges et Poitiers. Elle est sensiblement plus élevée sur le site trafic de Bordeaux (27 600 veh/jour), en proximité d'un axe où le trafic est nettement plus important que sur Poitiers (16 600 veh/jour) ou Guéret (2 400 veh/jour).

L'analyse des blancs terrains (annexe 2) donne des résultats dans l'ensemble compris entre 0.04 et 0.11 µg/m³, mais avec une valeur à 0.21 µg/m³ sur Limoges. Un taux d'incertitude élevé est donc à considérer dans l'exploitation des résultats.

4.2 Comparaison avec les valeurs de la bibliographie

Selon le LCSQA, les concentrations ubiquitaires dans l'air e, zone urbaine sont comprises entre 0.12 et 0.19 µg.m³ [LCSQA, 2020]. Les mesures des stations MERA (stations de fond rural en France) donnent des valeurs plus faibles, avec des concentrations de 0.04 à 0.06 µg/m³.

Les valeurs mesurées durant la campagne 2022 sur les 4 sites sont supérieures aux valeurs de fond rural des stations MERA mais très proches d'une valeur de fond en zone urbaine.

Seul le site de Bordeaux, le plus influencé par le trafic, a des valeurs un peu supérieures ($0.29\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne), mais qui restent cependant proche d'un fond urbain, et très inférieures à la VTR de $2\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pays	Typologie	Moyenne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	méthode	année	référence
France	Urbain	0.12 à 0.19	-		LCSQA 2020
	sites urbains et péri-urbains- 6 régions	Moyenne de 0.12	-	2006 - 2016	ANSES
	Fond rural (MERA)	0.04 ± 0.01 avec des valeurs maximales l'hiver : 0.04 à 0.06	-	2018	LCSQA 2020
	I (PACA, étang de Berre, Martigues)	0.5 et $0.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sauf sites de Berre Stade et Berre Port : 2.5)		2009 à 2011	Air PACA, 2009-2011
US	85 villes : U / T ; I	0.147 ± 0.103	Canister / GC-MS	2013	USEPA, 2015
Suède	Stockholm U ; U / T	0.09 ± 0.04	GC-MS online	2009	Yazar et al., 2011
Chine	Jinan U / I	0.35 ± 1.196	Analyseur C2-C12 (FID)	2010-2012	Liu et al., 2016
Inde	Delhi U ; U / T ; U / I	118.25 ± 98.54	Sac Tedlar / GC-FID	2014-2015	Kumar et al., 2017
Espagne	Site pétrochimique	1 - 125 selon proximité et sens du vent	Tubes actifs	2013-2016	Gallego et al., 2018
	Urbain/rural	n.d. (0.02) – 2.29			
Suède	Site pétrochimique	0.2 diminuant -> 0.07 et 0.1 -> 0.07 (2001 -> 2007) Fond : 0.06	On-line (GC/FID)	2001 - 2007	Axelsson et al., 2010
USA	24 stations de mesure en 2008 dans la région de Houston	0.06 à 2.4 en 2008 (baisse de 40 à 95 % depuis le démarrage des stations)	Canisters / on-line GC/FID -> GC/MS en 1998	1988-2008	Hendler et al., 2010
	Industriel + urbain (région de Houston)	1988 : 10 / 1990 : 1.9 / 2016 : 0.18 / 2018 : 0.36	Canisters GC/MS	1988-2018	HRM aecom, 2019

U : Urbain, R : Rural, I : industriel, T : trafic

4.3 Evolution des concentrations au cours de l'année

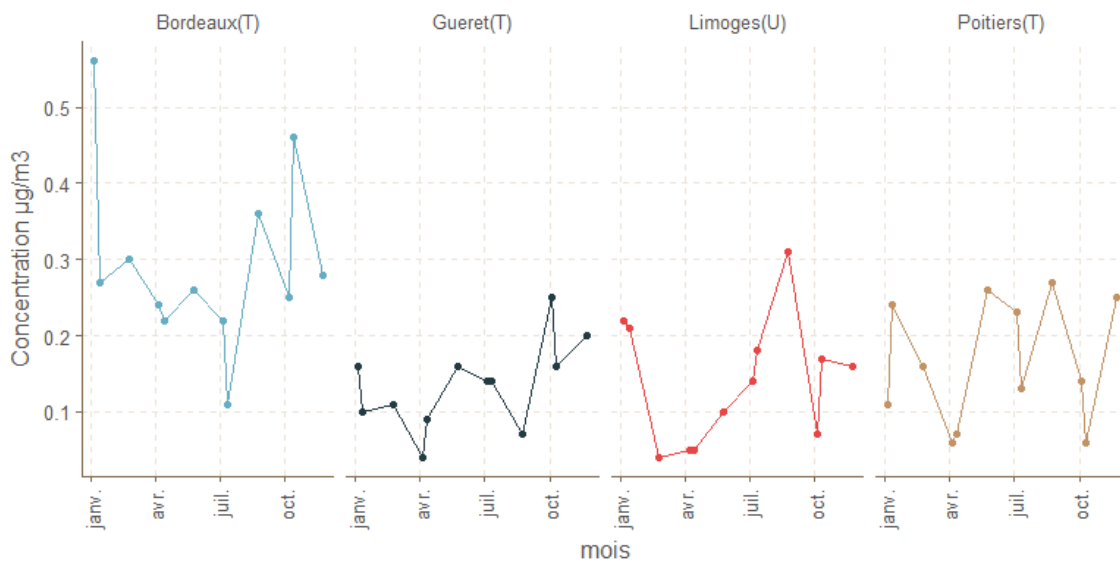
Le 1,3-butadiène est un composé très volatil qui se dégrade rapidement dans l'atmosphère. Il est susceptible de réagir avec plusieurs substances dans l'atmosphère [INERIS 2022]. Les conditions atmosphériques ainsi que la saison influencent fortement le temps de demi-vie du 1,3-butadiène dans l'atmosphère.

La voie majoritaire de dégradation implique les radicaux hydroxyles produits photo-chimiquement dans l'atmosphère, **la dégradation de la molécule sera donc favorisée en période estivale.**

A l'inverse, la durée de vie du 1,3-butadiène dans l'atmosphère sera plus élevée en conditions hivernales (du fait des faibles concentrations de radicaux hydroxyles).

Les graphiques suivants montrent les concentrations mesurées au cours de l'année. Il ne se dégage pas de tendance nette liée à la saison sur les mesures réalisées en 2022, hormis sur Bordeaux, où les concentrations sont plus faibles sur la période estivale, conformément au comportement attendu de la molécule.

13butadiene



13butadiene

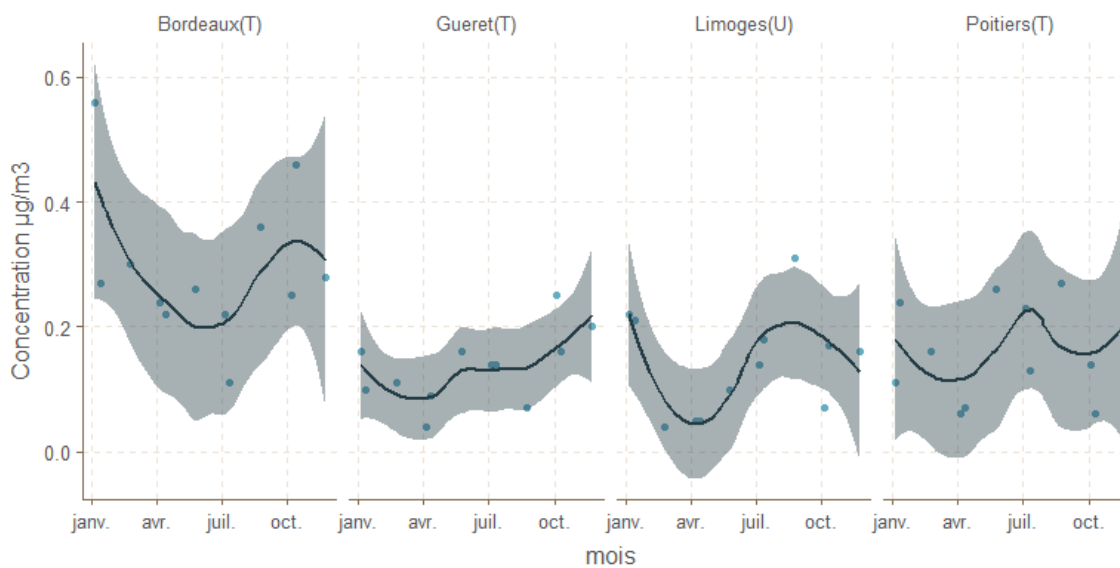
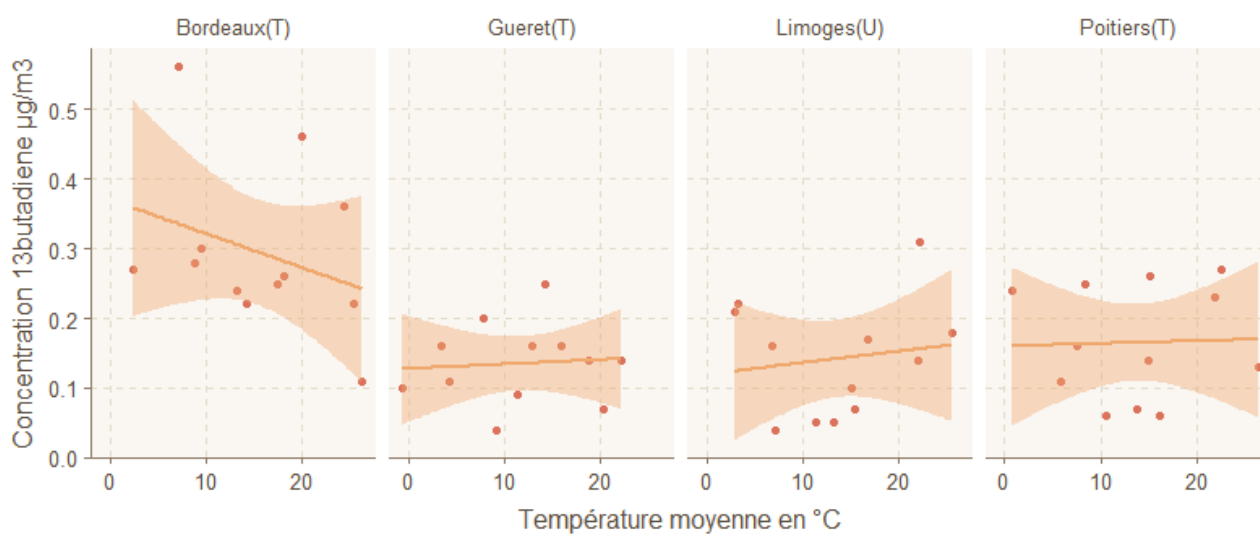


Figure 13 : concentrations de 1,3-butadiène pour chaque prélèvement (T : trafic, U : urbain)

4.4 Influence des conditions météorologiques

Nb : les cumuls pluviométriques et les températures moyennes mensuelles 2022 par site sont disponibles à l'annexe 1.

13butadiene - relation température ambiante/concentrations



13butadiene - relation humidité/concentrations

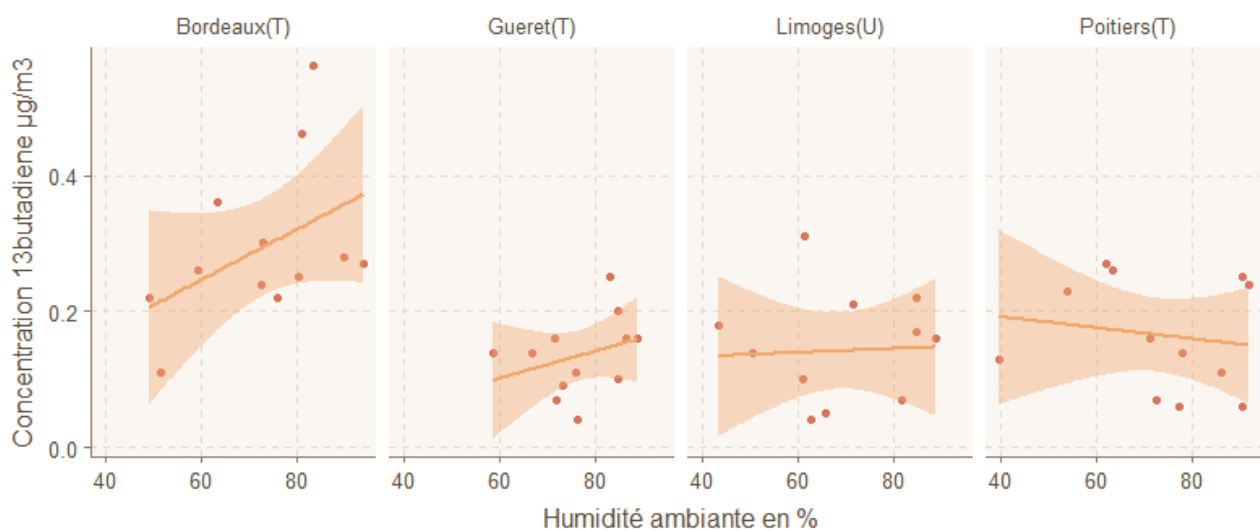


Figure 14 : influence de la température et de l'humidité relative sur les concentrations de 1,3-butadiène (T : trafic, U : urbain).

Il ne se dégage pas de d'impact net sur les sites de Guéret, Limoges et Poitiers. En revanche sur Bordeaux, bien que les nuages de points soient très dispersés, les concentrations tendent à être plus faibles pour des températures élevées et une humidité faible. Ces conditions correspondent à un climat estival, où la dégradation du 1,3-butadiène sera favorisée.

L'impact des températures et de l'humidité semble cependant faible à l'échelle de l'ensemble des sites en 2022.

4.5 Corrélation avec d'autres polluants : oxydes d'azote et particules fines

Les concentrations de 1,3-butadiène sont comparées ici aux mesures des stations Atmo au niveau desquelles les prélèvements ont été réalisés.

Le NO_2 est un traceur de l'impact de la circulation routière, la comparaison avec les valeurs de 1,3-butadiène a pour objectif de mettre en évidence l'impact du trafic sur la présence de la molécule.

Les résultats montrent qu'il n'existe pas de lien entre NO_2 et 1,3-butadiène pour le site urbain de Limoges et pour les deux sites trafics de Poitiers et Guéret. Pour Bordeaux, si le graphique montre une faible corrélation entre les 2 molécules, le nuage de points est trop dispersé pour permettre de conclure.

A l'échelle de ces résultats, l'impact du trafic sur les concentrations en 1,3-butadiène n'est pas établi.

Sites trafic - corrélation 13butadiene - NO_2

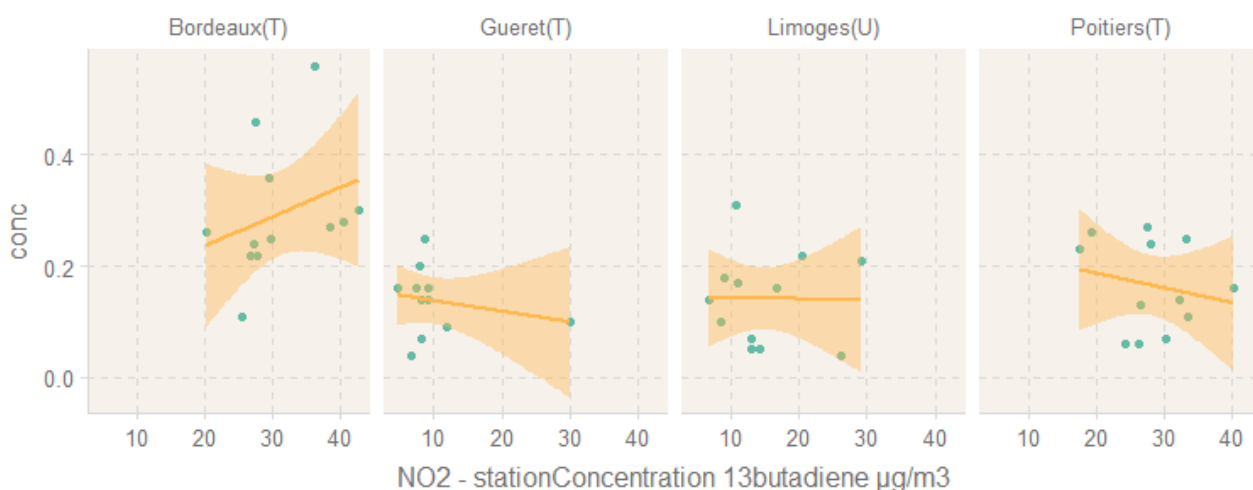


Figure 15 : relation entre les concentrations de NO_2 et de 1,3-butadiène (T : trafic, U : urbain).

Le même exercice a été réalisé pour les particules fines PM_{10} ; les résultats ne montrent pas de lien direct entre concentrations en 1,3-butadiène et particules fines PM_{10} .

Sites trafic - corrélation 13butadiene - PM_{10}

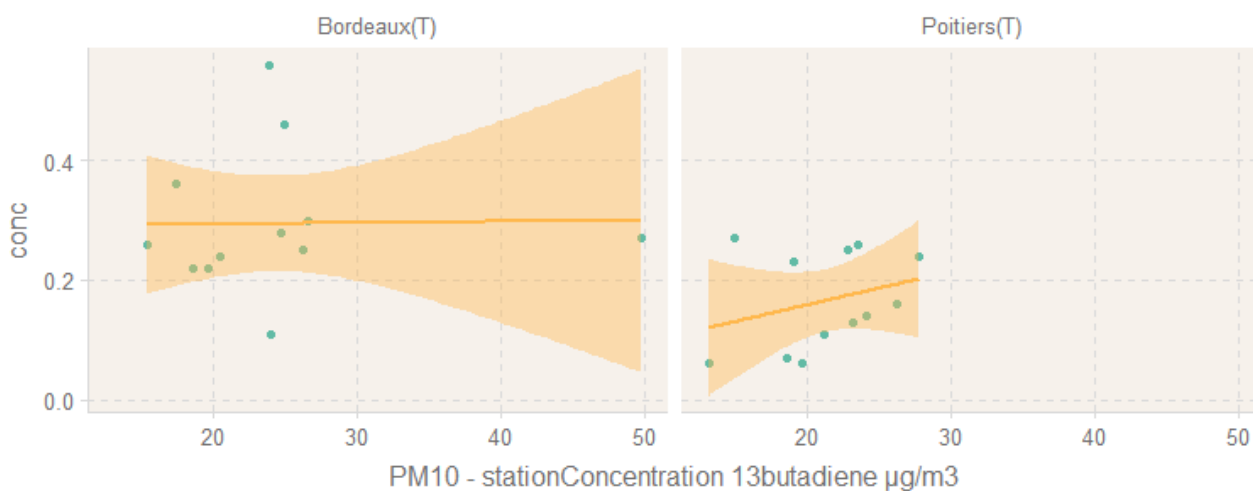


Figure 16 : relation entre les concentrations de PM_{10} et de 1,3-butadiène.

5. Conclusions

AMMONIAC

En 2022 sur la région, les valeurs les plus élevées ont été mesurées en zone rurale, dans le département des Deux Sèvres. En dehors des Deux Sèvres, ce n'est pas en zone rurale mais sur 2 sites trafic que les valeurs sont les plus élevées à l'échelle annuelle. Ces résultats confirment, au-delà de l'impact majoritaire des émissions agricoles, l'impact du trafic routier sur la présence d'ammoniac à proximité des voies de circulation.

Les concentrations mesurées sur les différents sites de la région sont toutes inférieures à $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soient des valeurs très nettement inférieures à la VTR pour inhalation chronique préconisée par l'ANSES ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A noter que la VTR ne tient compte que de l'impact direct de l'ammoniac sur la santé humaine, et non de l'impact sur la santé des particules secondaires formées à partir de l'ammoniac, qui est lui beaucoup difficile à estimer.

L'évolution des concentrations au cours de l'année fournit des informations sur les sources d'ammoniac : ainsi sur le site de Bordeaux – Gautier, l'impact du trafic est dominant et la tendance forme un palier relativement stable au cours de l'année. Les sites de Niort, Poitiers et Bressuire sont tous influencés par un pic de concentration précoce en mars-avril, lors des apports d'engrais azotés sur blé/orge et oléagineux. Un pic estival est observé sur Lalouette et Niort, au moment des apports d'azote pour le maïs.

1.3 BUTADIENE

Les mesures en 2022 ont toutes été menées en zone urbaine, en site de fond ou sous l'influence du trafic routier. Les concentrations moyennes pour les 4 sites sont toutes inférieures à l'échelle annuelle à $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soient des valeurs très en deçà de la VTR ANSES de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les moyennes sont très proches sur le site urbain de fond de Limoges sur les sites trafic de Guéret et Poitiers. Elle est sensiblement plus élevée sur le site trafic de Bordeaux (27 600 veh/jour), en proximité d'un axe où le trafic est nettement plus important que sur Poitiers (16 600 veh/jour) ou Guéret (2 400 veh/jour).

Les concentrations mesurées durant la campagne 2022 sur les 4 sites sont supérieures aux valeurs de fond rural des stations MERA mais très proches d'une valeur de fond en zone urbaine. Le site de Bordeaux (boulevard Gautier), le plus influencé par le trafic (27 600 veh/jour), est celui sur lequel les concentrations les plus élevées sont mesurées.

Ces mesures de 1.3-butadiène ont toutes été réalisées en zone urbaine, car elles avaient pour objectif de produire des valeurs de références sur la région. Or les concentrations de 1.3-butadiène les plus élevées en France et dans le monde sont surtout mesurées en proximité de certaines activités industrielles (raffinerie, plastique, caoutchouc...). Une campagne de mesure dans un environnement industriel pourrait permettre de compléter les valeurs de référence.

Table des figures

Figure 1 : Répartition des émissions nationales d'ammoniac (source CITEPA SECTEN 2018) (https://agriculture.gouv.fr/telecharger/102944?token=28d90ca8769ca8eb78cdc988560e6f99025e90edf3165f7b62ead52cc8453206)	9
Figure 2 : Emissions de NH ₃ (Source : Inventaire des émissions Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2018, 3.2.3).....	10
Figure 3 : Localisation de sites émetteurs, producteurs ou utilisateurs de 1,3-butadiène (Carte non exhaustive) [INERIS 2022].....	12
Figure 4 : emplacement des sites de mesures de l'ammoniac et du 1.3 butadiène	15
Figure 5 : moyenne annuelle d'ammoniac 2021 mesurée par le spectromètre IASI (colonne verticale, mg.cm-2)	18
Figure 6 : représentation en boxplot des concentrations d'ammoniac mesurées en 2022 sur la région NA	19
Figure 7 : concentrations d'ammoniac pour chaque prélèvement (T : trafic, R : rural, U : urbain).....	22
Figure 8 : nuages de points et tendance linéaire entre les concentrations d'ammoniac et les températures moyennes/humidités relatives moyennes (T : trafic, R : rural, U : urbain).....	23
Figure 9 : concentrations moyennes annuelles de NH ₃ - 2021 - mesure par satellite et emplacement des sites de mesure au sol.....	24
Figure 10 : moyennes annuelle (sauf Bressuire) d'ammoniac mesurées par échantillonneurs passifs en 2022 (T : trafic, R : rural, U : urbain).....	24
Figure 11 : concentrations NH ₃ mesurées par échantillonneurs passifs et par satellites	25
Figure 12 : représentation en boxplot des concentrations de 1.3-butadiène mesurées en 2022 sur la région NA (T : trafic, U : urbain).....	27
Figure 13 : concentrations de 1.3-butadiène pour chaque prélèvement (T : trafic, U : urbain)	29
Figure 14 : influence de la température et de l'humidité relative sur les concentrations de 1.3-butadiène (T : trafic, U : urbain).....	30
Figure 15 : relation entre les concentrations de NO ₂ et de 1.3-butadiène (T : trafic, U : urbain).	31
Figure 16 : relation entre les concentrations de PM ₁₀ et de 1.3-butadiène.	31

Tables des tableaux

Tableau 1 : Objectifs de réduction des émissions d'ammoniac prévus par le décret n°2017-949	9
Tableau 2 : Résultats de la campagne de mesure de l'ammoniac par échantillonneurs passifs en 2022	19
Tableau 3 : comparaison des valeurs mesurées par satellites et par échantillonneurs passifs de janvier à juin 2022	26
Tableau 4 : résultats de la campagne de mesure du 1.3-butadiène par échantillonneurs passifs en 2022.....	27

Références

[LCSQA 2020] Note technique, POLLUANTS EMERGENTS : 1,3-BUTADIENE Méthodes disponibles pour la détermination des concentrations et niveaux rencontrés dans l'air ambiant, Sabine Crunaire, Thomas Fagniez (LCSQA-IMT Lille Douai), Isabelle Zdanevitch, Jessica Queron (LCSQA-Ineris), 21 avril 2021

[LCSQA 2021] Guide méthodologique pour la mesure des concentrations en ammoniac dans l'air ambiant (Version 2021) Sabine CRUNAIRE , LCSQA/IMT Lille Douai, Juin 2021

[INRS,2019] 1,3-Butadiène Fiche toxicologique n°241, INRS 2019.

[INERIS,2021] Expositions au 1-3 Butadiène : sources, émissions et expositions – Synthèse, Ineris-204109-2720448-v1.0, décembre 2021

[AtmoNA, 2021] Ammoniac en Nouvelle-Aquitaine, Bilan des mesures par satellite, Agnès Hulin, Atmo Nouvelle-Aquitaine, juillet 2021

[AirBreizh 2021] Campagne de mesure de l'ammoniac en Bretagne, Mesures novembre 2020 / mai 2021 , Version du 21 septembre 2021

[Bessagnet,2014] Bessagnet, B., et al., Can further mitigation of ammonia emissions reduce exceedances of particulate matter air quality standards? Environmental Science & Policy, 2014. 44: p. 149-163.

[Chatain, 2022] Road Traffic and Its Influence on Urban Ammonia Concentrations (France), Mélodie Chatain 1,*, Eve Chretien 1, Sabine Crunaire 2 and Emmanuel Jantzen, Atmosphere 2022.

[ANSES,2018] Élaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, janvier 2018

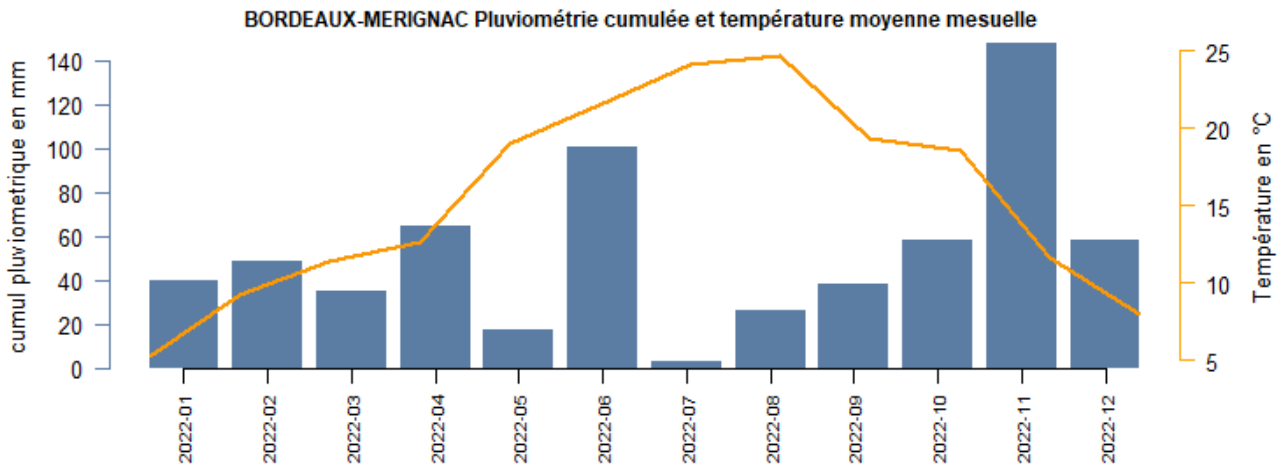
[ANSES,2022] Valeurs toxicologiques de référence - Le 1,3-butadiène - Avis complété de l'Anses Rapport complété d'expertise collective Octobre 2022

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

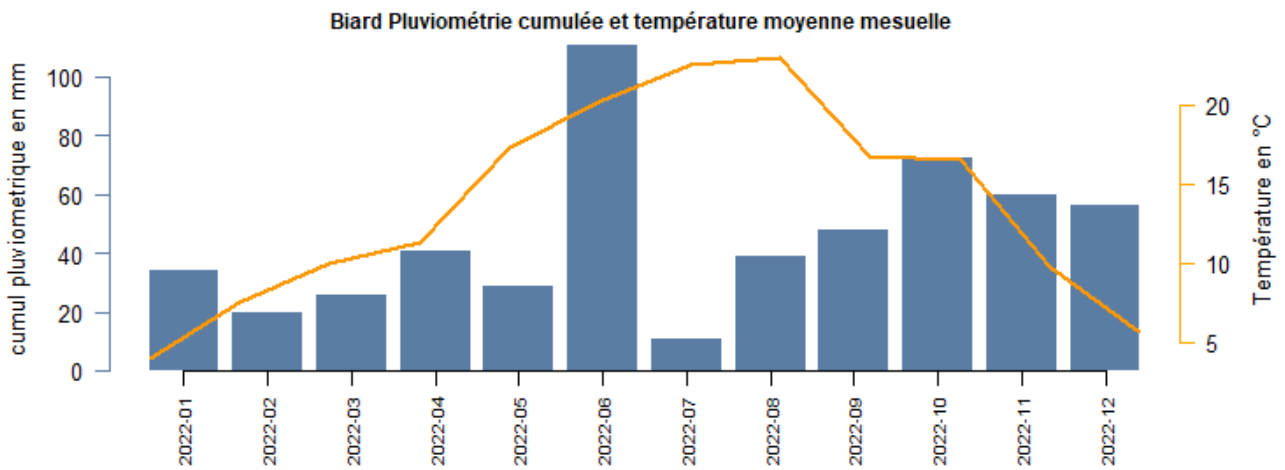
Les données de mesures IASI de NH₃ produites dans ce rapport ont été obtenues auprès de la plateforme AERIS. La base de données est maintenue par AERIS, le centre national français pour les services et la donnée atmosphérique. IASI est une mission conjointe d'EUMETSAT et du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES, France). Les auteurs remercient l'infrastructure de données AERIS pour avoir fourni l'accès aux données IASI dans cette étude et ULB-LATMOS pour le développement des algorithmes de récupération.

Annexes

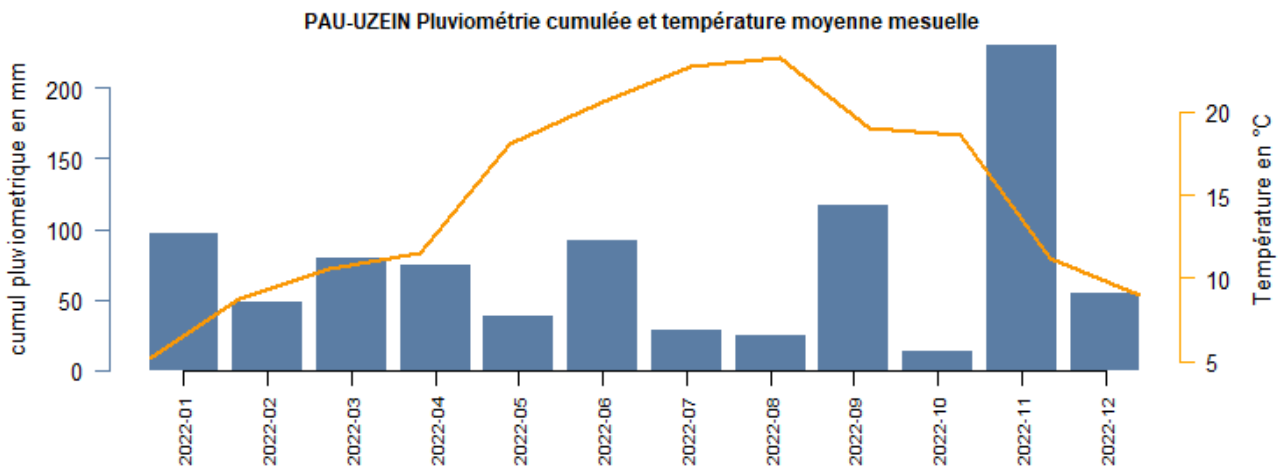
Annexe 1 : Données météorologiques moyennes mensuelles par site de mesures en 2022



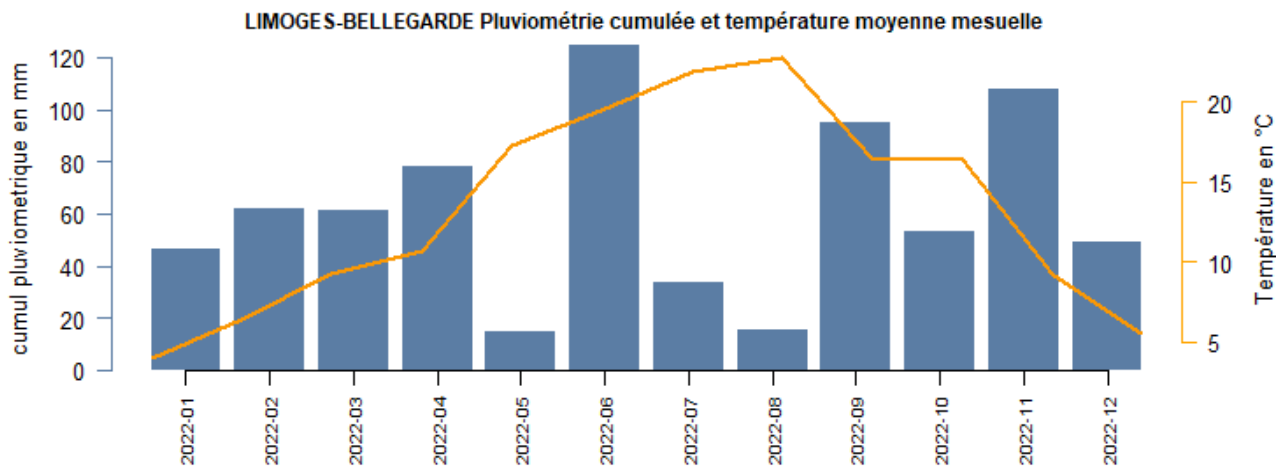
Données du site Météo le plus proche du site Bordeaux-Gautier



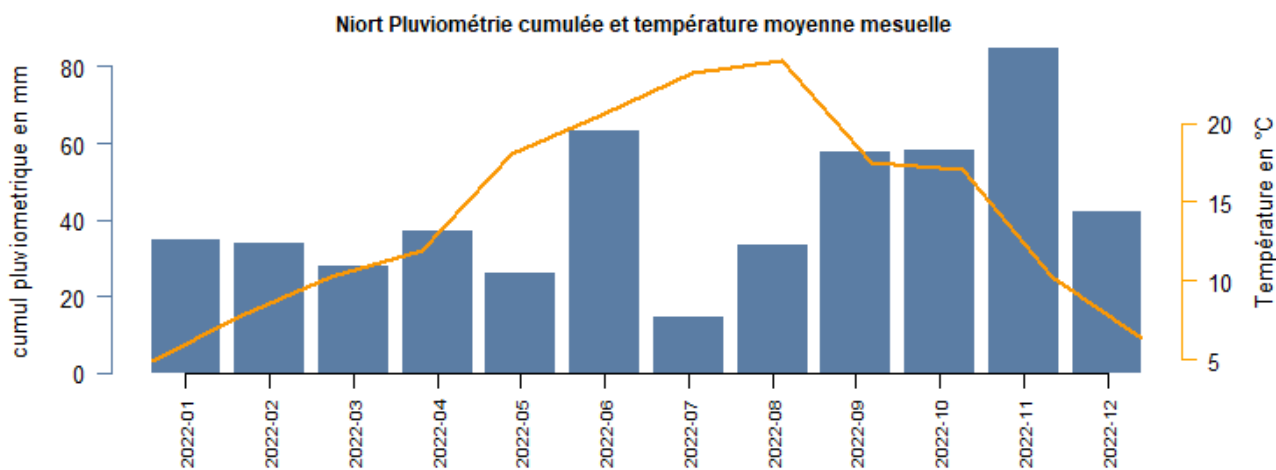
Données du site météo le plus proche du site Poitiers



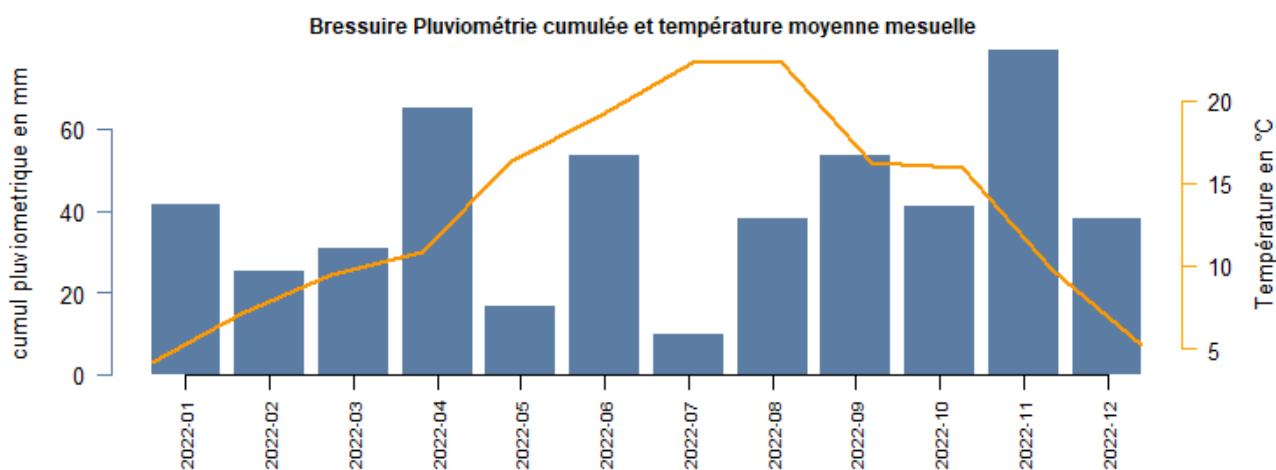
Données du site météo le plus proche du site Lalouquette



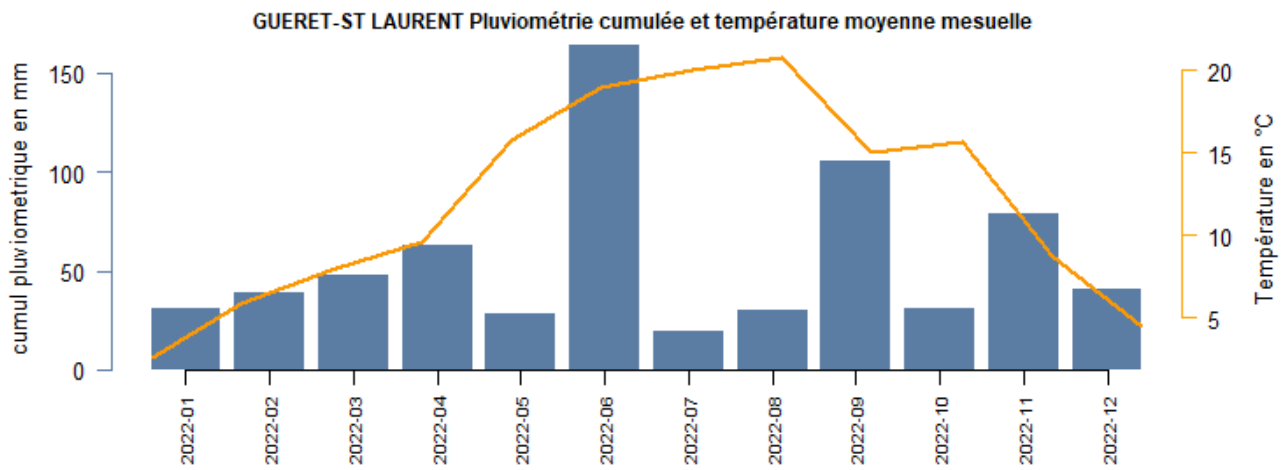
Données du site météo le plus proche du site Limoges



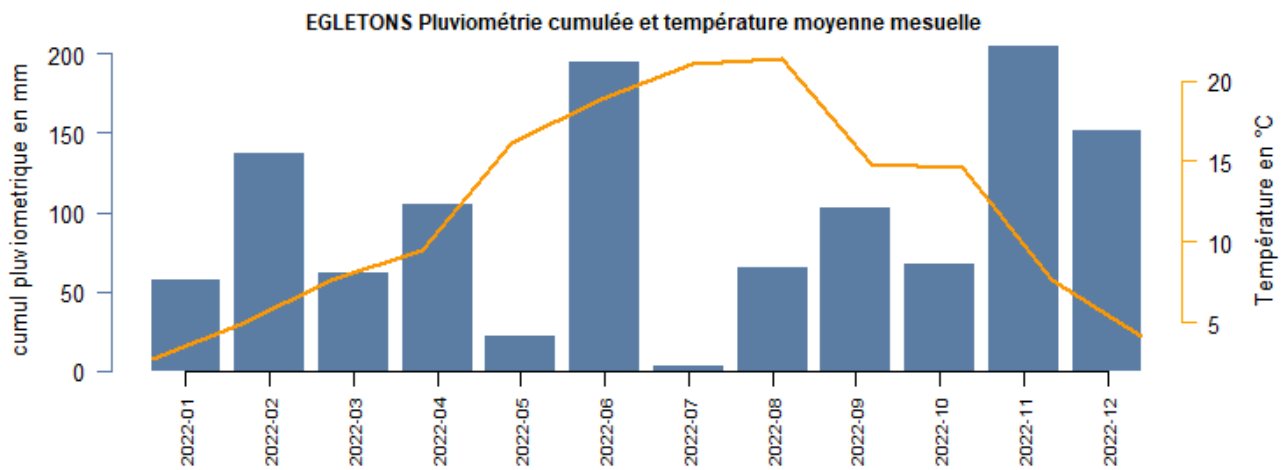
Données du site météo le plus proche du site Niort



Données du site météo le plus proche du site Bressuire



Données du site météo le plus proche du site Guéret



Données du site météo le plus proche du site la Nouaille

Annexe 2 : analyses des blancs terrains

Blancs terrains pour l'ammoniac

Site	date	concentrations en ng/filtre	Concentrations en µg/m3
Bressuire (R)	19/04/2022	<1.0*	<0.22
Bressuire(R)	03/05/2022	<1.0*	<0.22
Bordeaux(T)	27/01/2022	<LQ*	<0.2
Bordeaux(T)	19/05/2022	<1.0	<0.21
Bordeaux(T)	25/08/2022	<1.0*	<0.20
Bordeaux(T)	21/12/2022	<1.0	<0.36
Lalonquette(R)	20/05/2022	<1.0	<0.21
Lalonquette(R)	27/01/2022	<LQ*	<0.2
Lalonquette(R)	25/08/2022	<1.0*	<0.20
Poitiers(T)	22/02/2022	<1.0*	<0.23
Poitiers(T)	03/05/2022	<1.0*	<0.22
Poitiers(T)	23/08/2022	<1*	<0.2
Poitiers(T)	15/12/2022	<1.0*	<0.24
La Nouaille (R)	25/01/2022	<LQ*	<0.2
La Nouaille (R)	17/05/2022	<1	<0.2
La Nouaille (R)	23/08/2022	<1.0*	<0.21
La Nouaille (R)	13/12/2022	<1.0	<0.21
Niort (U)	23/08/2022	<1*	<0.2
Niort (U)	25/01/2022	<1*	<0.2
Niort (U)	03/05/2022	<1.0*	<0.22
Niort (U)	15/12/2022	<1.0*	<0.25

Blancs terrains pour le 1.3-butadiène

Site	date	concentrations en ng/filtre	Concentrations en µg/m3
Bordeaux(T)	13/03/2022	5.1	0.11
Guéret(T)	18/03/2022	2.2	0.05
Guéret(T)	02/09/2022	2.96	0.06
Limoges(U)	18/03/2022	10.2	0.21
Limoges(U)	02/09/2022	2.51	0.05
Poitiers(T)	02/09/2022	1.8	0.04
Poitiers(T)	18/03/2022	4.3	0.09

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Contacts

contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Pôle Bordeaux (siège social) - ZA Chemin Long
13 allée James Watt - 33 692 Mérignac Cedex

Pôle La Rochelle (adresse postale-facturation)
ZI Périgny/La Rochelle - 12 rue Augustin Fresnel
17 180 Périgny

Pôle Limoges
Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz
87 068 Limoges Cedex

