

BILAN
2020 à 2023

MESURES PAR ANALYSEUR DE SULFURE D'HYDROGENE (H₂S) dans le bassin de Lacq

Communes et département d'étude : Lacq et Maslacq (64)

Référence : IND_INT_20_064

Version finale du 24/05/2024

www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Avant-Propos

Titre : Mesures par analyseur de sulfure d'hydrogène (H₂S) dans le bassin de Lacq - Bilan des années 2020 à 2023

Reference : IND_INT_20_064

Version : finale du 24/05/2024

Selon offre n° : prescription interne

Nombre de pages : 34 (couverture comprise)

Auteur : Florie Francony - Ingénieure d'études

Vérification du rapport : Sarah Le Bail - Adjointe au responsable du service Études

Validation du rapport : Rémi Feuillade - Directeur délégué Production/Exploitation

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

Validation numérique du rapport, le

Sommaire

1.	Introduction et contexte	6
2.	Mise en œuvre des mesures	6
2.1.	Polluants suivis et méthode de mesure	6
2.1.1.	Le sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	7
2.1.2.	Les Composés Organiques Volatils (COV)	8
2.2.	Sites de mesure	9
3.	Conditions environnementales	10
4.	Résultats.....	14
4.1.	Statistiques descriptives	14
4.2.	Évolutions temporelles.....	15
4.3.	Roses de pollution	16
4.4.	Étude de corrélations.....	19
5.	Confrontation entre les mesures par analyseur d'H₂S et les mesures de COV soufrés	20
6.	Conclusion	26

Annexes

Annexe 1 : Bibliographie	29
Annexe 2 : Lecture des roses des vents et roses de pollution	30
Annexe 3 : Représentation statistique des données à l'aide de « boxplot »	31
Annexe 4 : Roses de pollution saisonnières des mesures réalisées par analyseur d'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq	32

Lexique

Polluants

- COV Composés Organiques Volatils
- H₂S sulfure d'hydrogène
- NO_x oxydes d'azote
- PUF particules ultrafines (de diamètre aérodynamique inférieur à 0,1 µm)
- SO₂ dioxyde de soufre

Unités de mesure

- µg microgramme (= 1 millionième de gramme = 10⁻⁶ g)
- mg milligramme (= 1 millième de gramme = 10⁻³ g)
- m³ mètre cube
- ppb partie par milliard (une molécule de COV pour 10⁹ molécules d'air)
- ppt partie par billion (une molécule de COV pour 10¹² molécules d'air)

Abréviations

- Anses Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
- ARS Agence Régionale de Santé
- ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry (États-Unis)
- DREAL Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
- EFSA European Food Safety Authority
- IPCS International Program on Chemical Safety
- OEHHA Office of Environmental Health Hazard Assessment
- OMS Organisation Mondiale de la Santé
- PTR-MS Proton Transfert Reaction Mass Spectrometer
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- TU Temps Universel
- US-EPA United States - Environmental Protection Agency
- VTR Valeur Toxicologique de Référence

Définitions

- diamètre aérodynamique diamètre d'une particule sphérique, d'une masse volumique de 1 g/cm³ et ayant la même vitesse de chute que la particule considérée
- exposition chronique exposition répétée ou continue d'une ou de quelques années voire sur la vie entière
- isobares composés de même masse nominale (même nombre de nucléons et nombre de protons différents)
- isomères composés de même formule brute (même masse exacte)
- VTR représentent la relation entre une dose et son effet ou sa probabilité de survenir
- VTR à seuil concentration pour laquelle il existe un seuil d'exposition au-dessus de laquelle l'effet néfaste est susceptible de se manifester
- VTR sans seuil effets qui apparaissent quelle que soit la dose reçue et pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet croît avec l'augmentation de la dose

Résumé

Depuis fin 2018, Atmo Nouvelle-Aquitaine mesure le sulfure d'hydrogène (H₂S) en continu sur deux stations fixes dans le bassin de Lacq : Lacq et Maslacq. En effet, ce composé gazeux à une odeur caractéristique d'œuf pourri à faible concentration et est émis dans l'atmosphère par des sources naturelles mais également par les activités industrielles. Il fait notamment régulièrement l'objet de signalements odorants dans ce bassin industriel et a fait l'objet de plusieurs campagnes de mesure depuis 2016.



En parallèle de ces mesures, une large gamme de COV a été suivie dans le bassin de Lacq dans le cadre de deux études menées entre 2020 et 2023. Les confrontations entre les mesures d'H₂S et de ces composés gazeux ont montré que les concentrations en H₂S pouvaient être dépendantes de la présence de COV soufrés. Ainsi, **dans le bassin de Lacq, les concentrations mesurées par l'analyseur d'H₂S, et présentées dans l'ensemble du bilan, peuvent refléter les concentrations d'H₂S et de divers COV soufrés d'origine industrielle.** À ce jour, il n'est pas possible de quantifier avec exactitude les proportions dans lesquelles ces composés interférents peuvent impacter les mesures d'H₂S.

Entre 2020 et 2023, malgré des différences entre les deux sites, les concentrations moyennes annuelles et maximales ont toutes été inférieures aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) données pour l'H₂S. De plus, les concentrations moyennes en H₂S observées à Lacq et Maslacq ont été du même ordre de grandeur que des niveaux retrouvés dans l'air en l'absence de source de pollution (évaluées entre 0,1 µg/m³ et 1 µg/m³).

L'année 2023, avec sa quantité de pluie très importante, se démarque des années 2020, 2021 et 2022 avec des concentrations en H₂S globalement plus faibles sur les deux sites. En 2020, le site de Maslacq présente des niveaux plus importants tandis qu'en 2022, les concentrations en H₂S sur le site de Lacq sont dominantes.

Dans le bassin de Lacq, l'origine de ce composé gazeux semble être majoritairement industrielle. Si la plateforme Industlacq semble en être une source, d'autres sources indéterminées peuvent également influencer les concentrations retrouvées aux stations de Lacq et Maslacq.

1. Introduction et contexte

Les activités industrielles émettent de nombreux composés dans l'atmosphère. Parmi ces composés, les Composés Organiques Volatils (COV), faisant partie des polluants émergents, ont une place importante, mais également d'autres composés gazeux tels que le sulfure d'hydrogène (ou hydrogène sulfuré) (H₂S).

Le sulfure d'hydrogène peut être ponctuellement mesuré dans le cadre d'études spécifiques via des tubes à diffusion passive qui permettent d'estimer des concentrations hebdomadaires sur un grand nombre de points en même temps. En Nouvelle-Aquitaine, ce gaz est également mesuré en continu uniquement à proximité de la zone industrielle du bassin de Lacq depuis fin 2018. En effet, ce composé gazeux fait régulièrement l'objet de signalements odorants dans ce bassin industriel et a fait l'objet de plusieurs campagnes de mesure depuis 2016.

Ce document présente le bilan de quatre années de mesures réalisées avec un analyseur d'H₂S dans le bassin de Lacq sur deux stations : Lacq et Maslacq. En complément de ces mesures, un spectromètre de masse par réaction de transfert de proton (PTR-MS), permettant la mesure en temps réel d'une large gamme de COV simultanément avec une haute précision, a été déployé dans le bassin de Lacq entre 2020 et 2023 et ponctuellement sur ces stations. Ce bilan présente également une confrontation des mesures de composés gazeux obtenus à partir de ces deux dispositifs de mesure.

2. Mise en œuvre des mesures

2.1. Polluants suivis et méthode de mesure

Atmo Nouvelle-Aquitaine réalise des mesures grâce à un analyseur de sulfure d'hydrogène (H₂S) sur deux sites dans le bassin industriel de Lacq. En parallèle de ces mesures, d'autres composés sont également suivis en continu ou ont été suivis lors de campagnes ponctuelles sur ces sites : le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines et ultrafines (PUF) et des Composés Organiques Volatils (COV) soufrés.


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 dioxyde de soufre (SO ₂)		NF EN 14212 - Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	
Concentration en H ₂ S		Mesure via un convertisseur H ₂ S associé à un analyseur SO ₂ : conversion thermique de l'H ₂ S en SO ₂ puis dosage du SO ₂ selon la norme NF EN 14212 - Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	Pas d'accréditation
Concentration en particules fines et ultrafines		Comptage des particules entre 20 et 800 nm environ : tri des particules par classe de taille (en fonction de leur mobilité électrique) puis comptage à l'aide d'un électromètre	
Concentration en COV		Mesure des COV par spectrométrie de masse	

Tableau 1 : Matériel et méthodes de mesure

* Les avis et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation COFRAC d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Toute utilisation des données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, couvertes par l'accréditation doit faire mention : "Ces essais ont été réalisés par Atmo Nouvelle-Aquitaine – Accréditation n°1-6354, portée disponible sous www.cofrac.fr", sans y associer le logo COFRAC et préciser que les rapports d'Atmo Nouvelle-Aquitaine sont disponibles sur demande ou joindre ces derniers dans leur intégralité au document rapportant ces résultats.



En parallèle des mesures réalisées par l'analyseur d'H₂S, la mise en place d'un PTR-MS a montré que les concentrations observées en H₂S pouvaient être dépendantes de la présence de Composés Organiques Volatils (COV) soufrés. Ainsi, dans le bassin de Lacq, les concentrations mesurées par l'analyseur d'H₂S, et présentées dans l'ensemble de ce bilan, peuvent donc refléter les concentrations d'H₂S et de divers COV soufrés d'origine industrielle non quantifiés à ce jour. Le travail mené sur ce sujet est présenté dans la partie 5.

2.1.1. Le sulfure d'hydrogène (H₂S)

Généralités

À température ambiante, le sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré (H₂S) est un gaz incolore, toxique et très inflammable à l'odeur caractéristique d'œuf pourri à faible concentration. La perception de ce composé gazeux est soumise à de fortes variations de sensibilité individuelle et il peut être perçu à une concentration de moins de 1 µg/m³ pour les plus sensibles. Cette odeur disparaît pour les concentrations plus élevées (au-delà de 225 mg/m³) (INERIS, 2000).

Ce gaz est émis naturellement par les volcans et les sources chaudes mais également le pétrole et le gaz naturel. Il peut également résulter de la décomposition de matières organiques, notamment dans les marais et les tourbières. Aussi, les « marées vertes », c'est-à-dire les échouages massifs d'algues vertes (« marées brunes » pour les Sargasses) sur certains littoraux français, génèrent du H₂S du fait de leur décomposition.

Sa présence dans l'air est également le résultat d'activités humaines, notamment industrielles, telles que le captage du gaz naturel, le raffinage du pétrole, le traitement des eaux usées, les procédés industriels dans le secteur du papier, du caoutchouc, etc., la transformation de produits alimentaires ou encore dans l'industrie chimique.

Le sulfure d'hydrogène est un irritant des muqueuses oculaires et respiratoires. De plus, l'exposition chronique à ce gaz peut provoquer des effets sur le système nerveux (céphalée, fatigue, insomnie...), sur les yeux (irritation, sensation de brûlure...) et sur le système digestif (nausée, douleurs abdominales...).

Relativement stable dans l'air, ce composé est éliminé de l'atmosphère au bout de quelques jours, soit par dépôt sec, soit par dépôt humide par solubilisation dans l'eau de pluie.

Valeur Toxicologique de Référence (VTR)

Aucune valeur réglementaire en air ambiant n'existe pour ce composé, cependant, des VTR lui sont attribuées.

Dans sa note d'information relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR)¹, la direction générale de la santé précise les bases de données de référence, qui sont les suivantes :

Anses : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,

¹ Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués

- US-EPA : United States - Environmental Protection Agency,
- ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (États-Unis),
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé,
- IPCS : International Program on Chemical Safety,
- Santé Canada,
- RIVM : institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas),
- OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA),
- EFSA : European Food Safety Authority.

Les VTR représentent la relation entre une dose et son effet ou sa probabilité de survenir. Elles sont classées suivant leur seuil de dose :

- **effets à seuil** de toxicité : effets pour lesquels il existe un seuil d'exposition au-dessus duquel l'effet néfaste est susceptible de se manifester,
- **effets sans seuil** de toxicité : effets qui apparaissent quelle que soit la dose reçue et pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet croît avec l'augmentation de la dose.

Pour l'H₂S, seules des VTR à seuil de toxicité existent. Ces VTR sont définies suivant trois expositions différentes :

- **inhalation aiguë** (exposition ponctuelle de quelques minutes à quelques jours) : **97 µg/m³** (ATSDR, 2016),
- **inhalation sub-chronique** (exposition de quelques jours à quelques mois) : **28 µg/m³** (ATSDR, 2016),
- **inhalation chronique** (exposition répétée ou continue d'une ou de quelques années voire sur une vie entière) : **2 µg/m³** (US-EPA, 2003).

2.1.2. Les Composés Organiques Volatils (COV)

Généralités

Les Composés Organiques Volatils (COV) englobent une grande variété de composés. D'une manière générale, les COV sont des substances organiques, c'est-à-dire contenant au moins un atome de carbone, qui passent facilement à l'état gazeux.

Les sources de COV sont très nombreuses. Les émissions peuvent être d'origine industrielle (chimie de base et chimie fine, parachimie, dégraissage des métaux, application de peinture, imprimerie, colles et adhésifs, caoutchouc, raffinage du pétrole, utilisation de chlorofluorocarbone (CFC), etc.), résidentielle et tertiaire (utilisation de combustibles dans les foyers et produits domestiques (peinture, produits d'entretien, parfums et cosmétiques, journaux, tabac, etc.), transport et surtout l'automobile et naturelle (notamment les activités biogéniques).

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la gêne olfactive à une irritation (aldéhydes), une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes et cancérigènes.

Mesure des COV par PTR-ToFMS

La technique PTR-ToFMS (Proton Transfert Reaction Time of Flight Mass Spectrometer) a été développée pour des mesures atmosphériques de COV par Werner Lindinger à l'Université d'Innsbruck (Lindinger et al., 1998). L'air ambiant est échantillonné en continu dans un réacteur basse pression (quelques mbar) où les gaz à l'état de traces présents dans l'échantillon sont ionisés par transfert de proton et détectés par spectrométrie de masse. Cette technique d'analyse permet d'atteindre des limites de détection de quelques dizaines de pptv (partie par billion en volume : ng/L) pour des temps de mesure allant de la centaine de millisecondes à quelques minutes. Dans le cadre de cette étude, les mesures ont été réalisées sur une fréquence de 1 min.

Dans le cadre de deux études menées entre 2020 et 2023 dans le bassin de Lacq, l'attention s'est focalisée sur 33 COV ou groupes de COV suivis en continu (Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2023a, 2023b). Parmi les composés

recherchés, on retrouve des hydrocarbures aromatiques, des acides, des alcools, des aldéhydes provenant principalement de sources anthropiques (trafic routier, chauffage résidentiel, activités industrielles), mais également des composés soufrés et azotés spécifiques aux activités industrielles du bassin de Lacq.

Sept molécules ou groupes de molécules soufrées ont notamment été étudiés : méthylmercaptan (CH_3SH), sulfure de diméthyle (DMS) / éthylmercaptan ($\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$), isopropylmercaptan / propylmercaptan ($\text{C}_3\text{H}_8\text{S}$), diméthylsulfoxyde (DMSO) ($\text{C}_2\text{H}_6\text{OS}$), tétrahydrothiophène (THT) ($\text{C}_4\text{H}_8\text{S}$), 1-butylmercaptan / 2-butanethiol / tertio-butyl mercaptan (TBM) ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{S}$), disulfure de diméthyle (DMDS) ($\text{C}_2\text{H}_6\text{S}_2$).

Ces composés ont été identifiés selon trois écritures différentes :

- COV : un composé unique,
- COV / COV : les isomères (molécules de même formule brute et donc de même masse exacte),
- COV + COV : les groupes de composés (molécules dont les masses exactes sont trop proches pour pouvoir être séparées).

2.2. Sites de mesure

Les mesures faites via l'analyseur de sulfure d'hydrogène (H_2S) dans le bassin de Lacq sont réalisés en continu sur deux stations du réseau fixe d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (Figure 1). Ces deux sites sont ruraux sous influence industrielle :

- Lacq (dans la commune de Lacq) : latitude : 43,411240°, longitude : -0,617734°, altitude : 111 m,
- Maslaccq (dans la commune de Maslaccq) : latitude : 43,436466°, longitude : -0,694974°, altitude : 80 m.

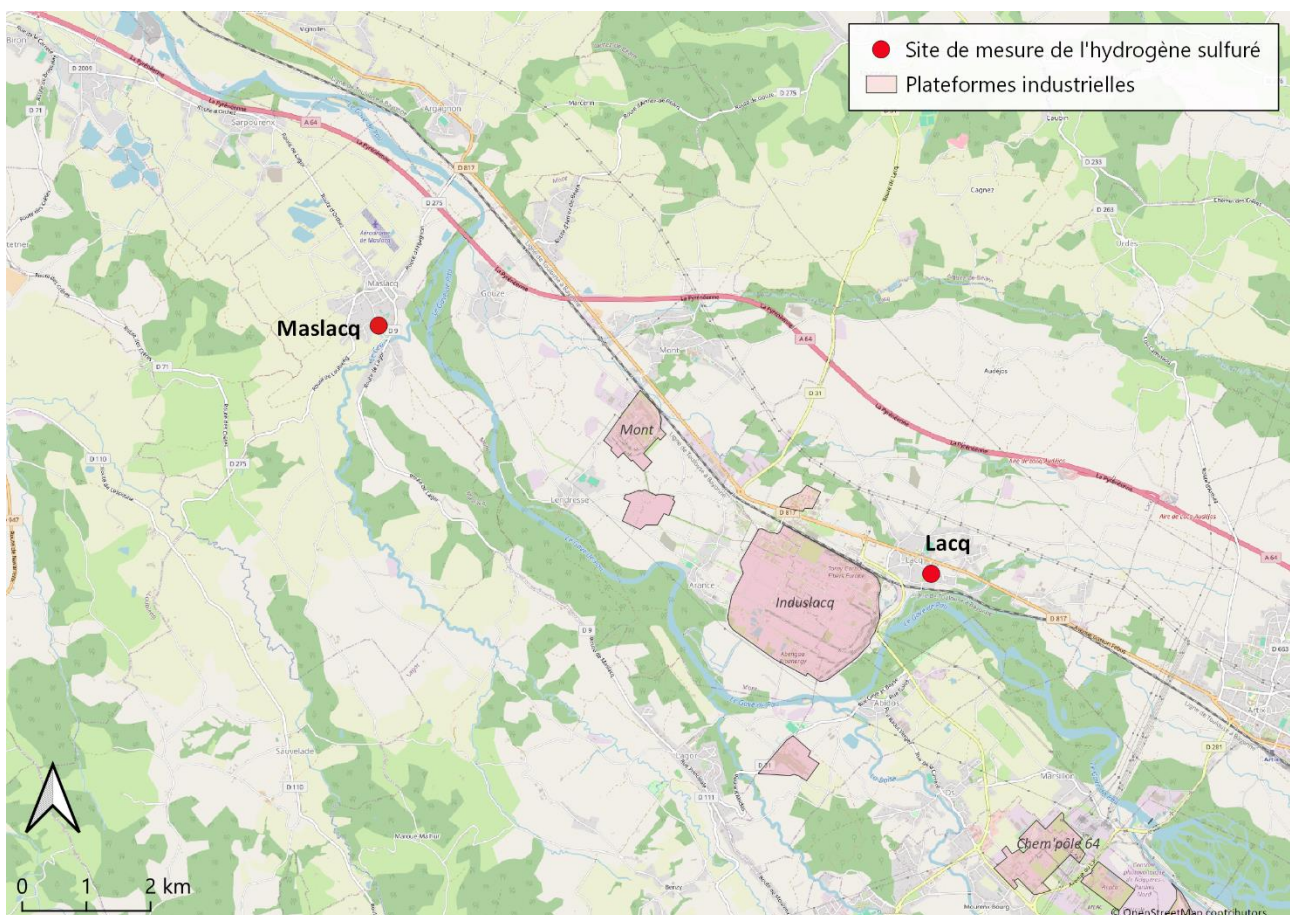


Figure 1 : Localisation des sites de mesure du H_2S

Le Tableau 1 présente les taux de fonctionnement des analyseurs d' H_2S pour chaque année.

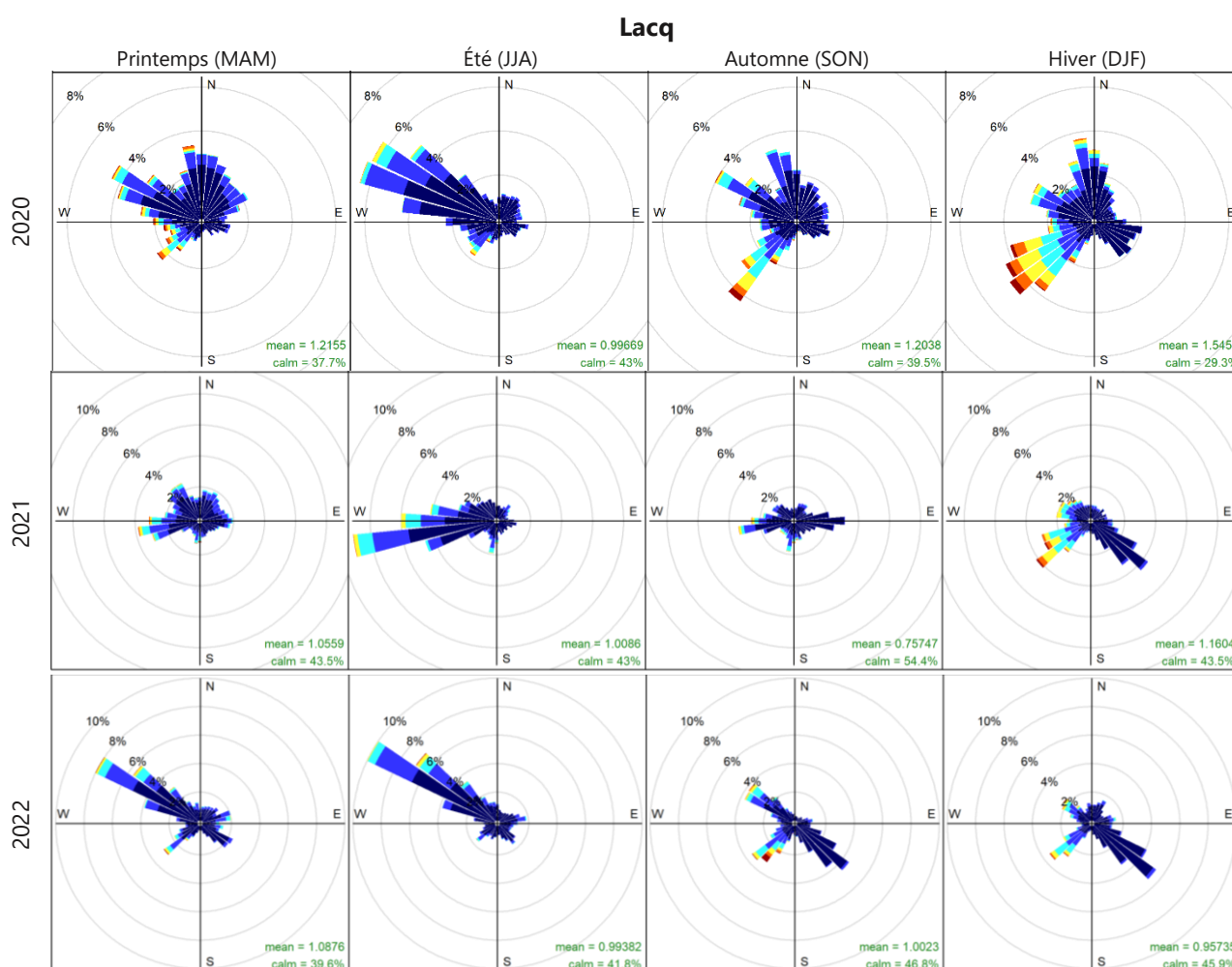
	Lacq	Maslacq
2020	84 %	91 %
2021	93 %	95 %
2022	94 %	94 %
2023	95 %	88 %

Tableau 2 : Taux de fonctionnement de l'analyseur d'H₂S pour chaque site et chaque année

3. Conditions environnementales

Les résultats ci-dessous ont été élaborés à partir de mesures enregistrées sur les sites de Lacq et Lendresse. Le site de Lendresse, situé à Mont, représente la station météorologique la plus proche de la station de Maslacq (latitude : 43,417015°, longitude : -0,662004°, altitude : 87 m).

Les **roses des vents** informent sur la provenance des masses d'air captées à la station (explication de la lecture des roses des vents en Annexe 2). Les roses des vents associées aux vitesses de vents et aux directions de vents mesurées dans les différentes saisons entre 2020 et 2023 sont présentées sur les Figures 2 et 3. Les vents inférieurs à 1 m/s étant trop faibles pour que leur direction soit établie, ils ne sont pas pris en compte dans les Figures 2 et 3.



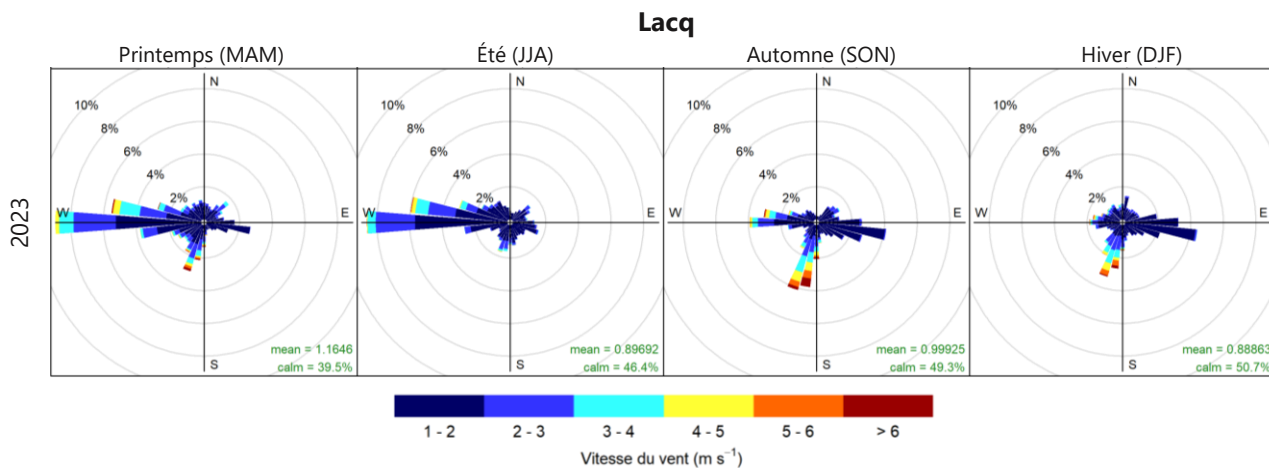
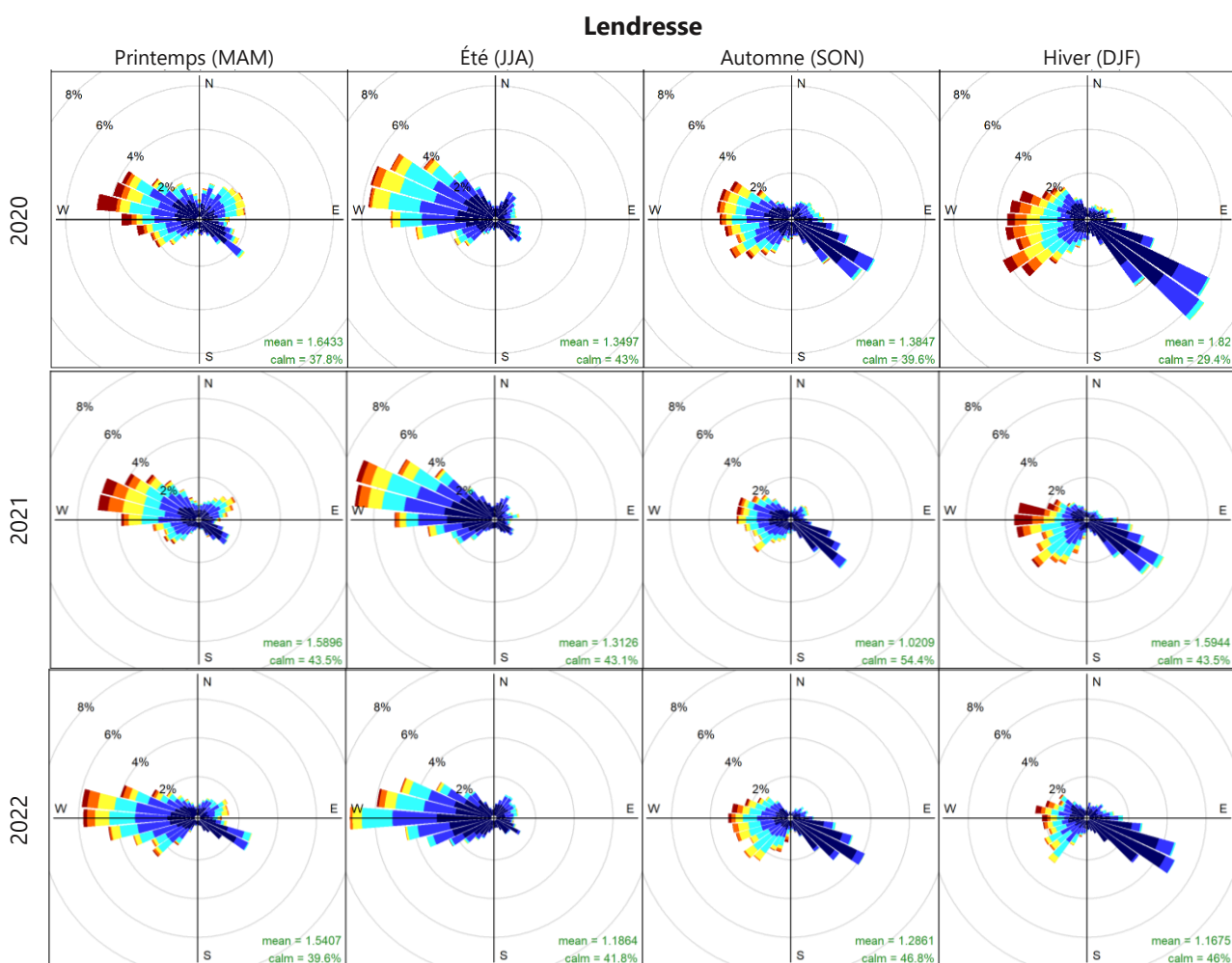


Figure 2 : Roses des vents saisonnières des années 2020 à 2023 à Lacq (données quart-horaires)



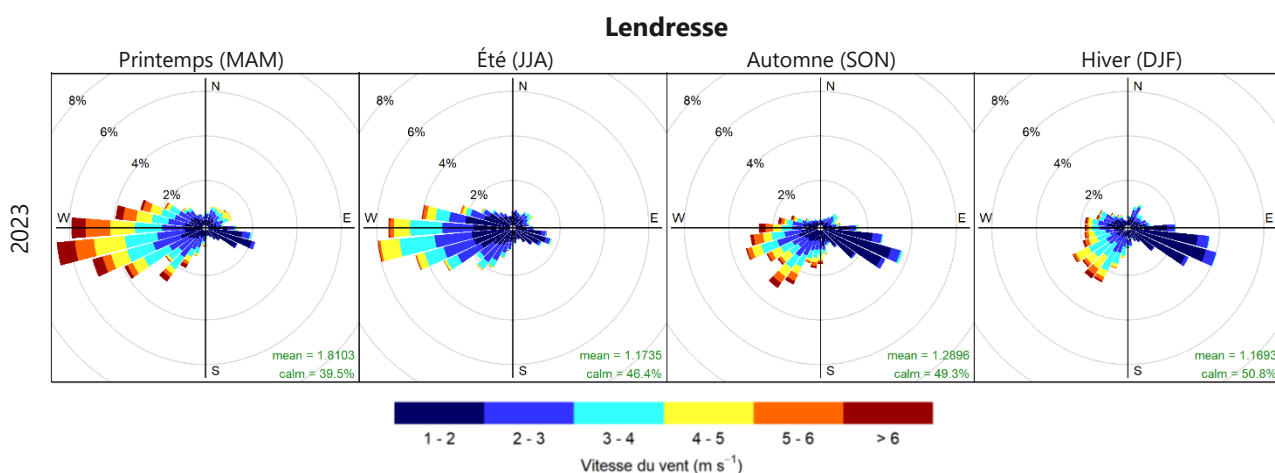


Figure 3 : Roses des vents saisonnières des années 2020 à 2023 à Lendresse (données quart-horaires)

Le Tableau 3 présente, pour chacun des deux sites, la proportion de vents inférieurs à 1 m/s ainsi que la proportion de vents sous influence des plateformes industrielles de Lacq (Induslacq), de Mont et de Mourenx (Chem'pôle 64) entre 2020 et 2023. Les vents faibles, inférieurs à 1 m/s, sont le signe d'une forte stabilité atmosphérique, limitant la dispersion des polluants et favorisant leur accumulation. Ainsi, le site de Lacq est potentiellement impacté par les émissions de la plateforme Induslacq lors de cette stabilité. Du fait de l'éloignement de la station Maslacq, les émissions en provenance des différentes plateformes industrielles n'ont pas d'impact sur les concentrations mesurées au niveau de la station en cas de vents faibles (inférieurs à 1 m/s).

Site	Année	Proportion de vents faibles (< 1 m/s)	Proportion des vents > 1 m/s en provenance de la plateforme Induslacq	Proportion des vents > 1 m/s en provenance de la plateforme de Mont	Proportion des vents > 1 m/s en provenance de la plateforme Chem'pôle 64
Lacq	2020	37,3 %	17,3%	5,6%	3,8 %
	2021	46,2 %	21,1%	2,7%	6,1 %
	2022	43,5 %	12,4%	5,8%	7,5 %
	2023	46,5 %	19,5%	2,7%	4,1 %
Maslacq	2020	37,4 %	14,2%	7,7%	7,4 %
	2021	46,2 %	10,9%	7,1%	5,9 %
	2022	43,6 %	10,5%	8,9%	5,5 %
	2023	46,5 %	8,3%	9,4%	3,9 %

Tableau 3 : Proportion de vents faibles et de vents sous influence industrielle pour chaque site et chaque année

Entre 2020 et 2023, les conditions de **température** et de **précipitations** ont largement différé. Seules les données de la station de Lendresse, plus centrale dans le bassin de Lacq, sont présentées dans la Figure 4.

Les températures les plus chaudes ont été enregistrées en 2022 avec un maximum de 39,4 °C le 18 juin (maximum à 38,3 °C le 23 août 2023, 37,8 °C le 30 juillet 2020 et 34,9 °C le 6 septembre 2021). La température la plus froide a été enregistrée en 2023 avec -4,3 °C le 22 janvier (minimum à -4,2 °C le 8 janvier 2021, -3,3 °C le 14 janvier 2022 et -1 °C le 20 janvier 2020).

Le cumul des précipitations a été nettement plus élevé au cours de l'année 2023 avec un total de 1333,5 mm, contre 764 mm en 2022, 585 mm en 2021 et 495,3 mm en 2020. Les précipitations maximales ont été enregistrées le 17 janvier 2023 avec un cumul de 68,2 mm de pluie. Sur les autres années, les journées les plus pluvieuses ont été le 21 novembre 2022 avec 66,6 mm de pluie, le 8 décembre 2021 avec 56,4 mm de pluie et le 3 octobre 2020 avec 37,5 mm de pluie.

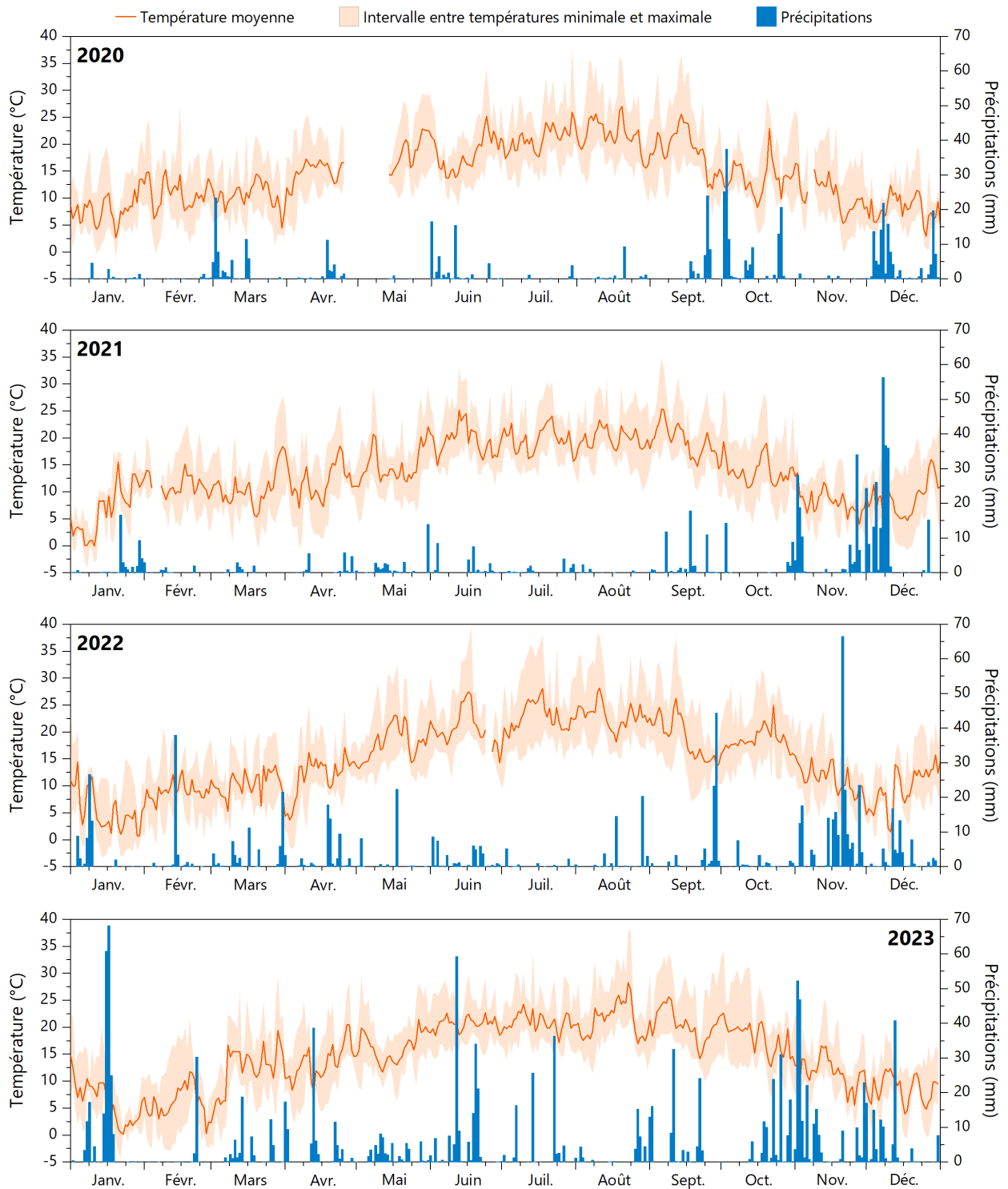


Figure 4 : Pluviométrie et température sur le site de Lendresse entre 2020 et 2023 (données journalières)

4. Résultats



Dans la suite du rapport, les concentrations en sulfure d'hydrogène (H₂S) données correspondent aux concentrations de ce composé gazeux auxquelles peuvent s'ajouter des concentrations de divers Composés Organiques Volatiles (COV) soufrés d'origine industrielle dont les proportions de sont pas quantifiables à ce jour. Le travail mené sur ce sujet est présenté dans la partie 5.

Aussi, les comparaisons entre les concentrations obtenues avec les analyseurs d'H₂S dans le bassin de Lacq et les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont uniquement fournies à titre d'information compte tenu de l'incertitude sur les composés gazeux mesurés.

4.1. Statistiques descriptives

Le Tableau 4 présente les moyennes annuelles enregistrées entre 2020 et 2023 sur les sites de Lacq et Maslacq ainsi que les maxima en données quart-horaires, horaires et journalières. L'ensemble des données (à l'exception des valeurs maximales) est représenté dans la Figure 5 sous forme de « boxplots » (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 3) où la moyenne est donnée par le point, la médiane par la ligne horizontale dans la boîte, les percentiles 90 et 10 par les extrémités des moustaches et 50 % des données se situent dans l'amplitude de la boîte.

Site	Année	Moyenne (µg/m ³)	Maximum (µg/m ³)		
			Données quart-horaires	Données horaires	Données journalières
Lacq	2020	0,38	29,5	14,7	2,5
	2021	0,76	24,3	9,5	1,9
	2022	0,80	63,9	33,6	3,0
	2023	0,80	23,1	14,5	2,8
Maslacq	2020	1,37	47,9	27,9	11,2
	2021	0,67	32,8	18,9	3,6
	2022	0,66	27,9	22,3	4,2
	2023	1,48	13,8	10,8	7,2

Tableau 4 : Moyennes annuelles et maxima quart-horaires, horaires et journaliers des concentrations en H₂S

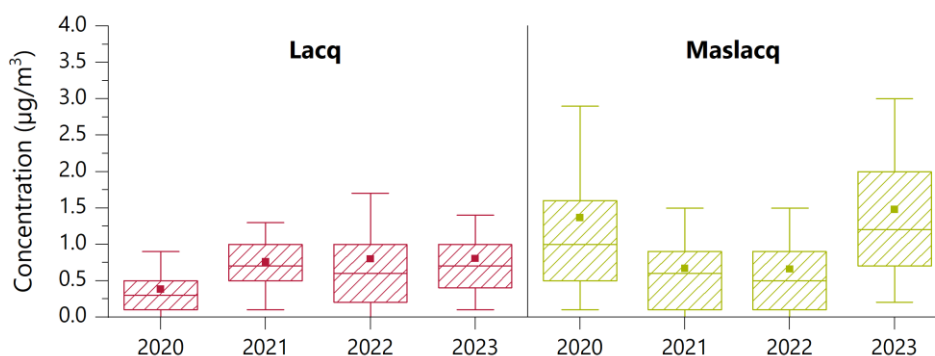


Figure 5 : Représentation en boxplot des données quart-horaires sur les sites de Lacq et Maslacq des concentrations en H₂S (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 3)

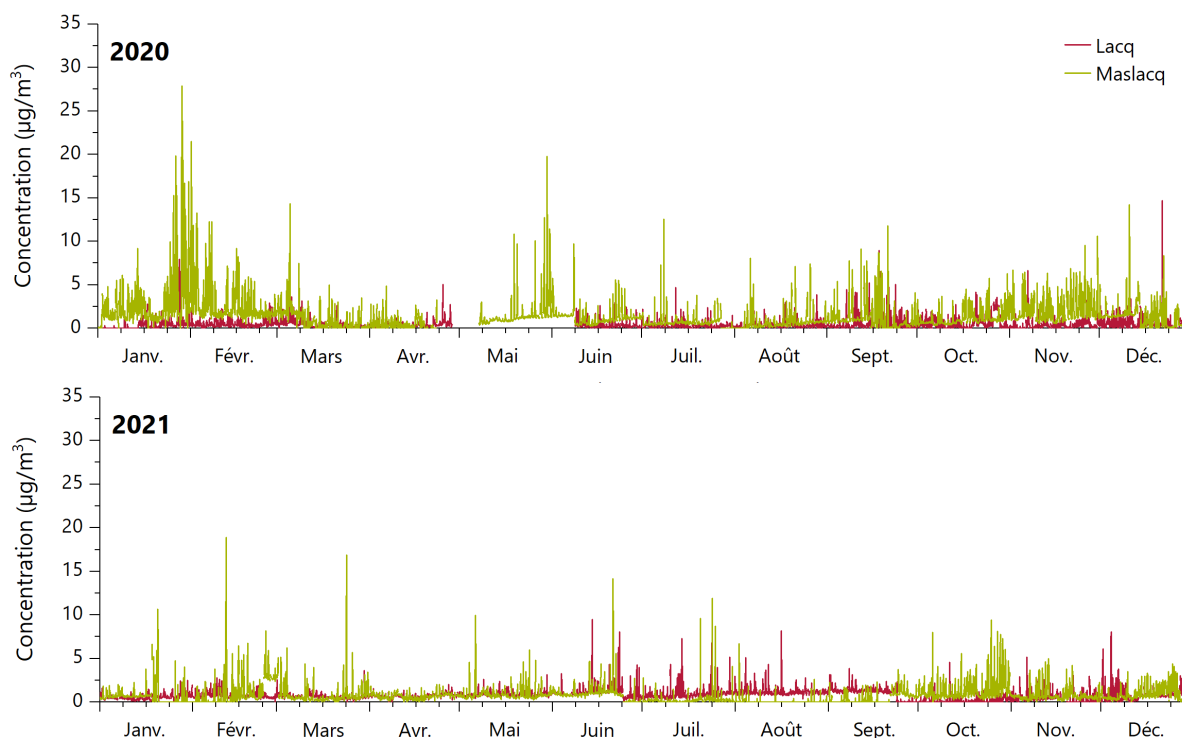
En moyenne, sur les deux sites du bassin industriel de Lacq où des mesures par analyseurs d'H₂S sont effectuées en continu, **les concentrations annuelles ont été inférieures à la valeur toxicologique de référence (VTR) donnée pour l'H₂S pour une inhalation chronique** (exposition répétée ou continue d'une ou de quelques années voire sur une vie entière) (2 µg/m³). En fonction des sites, les années diffèrent. En effet, sur le site de Lacq, site le plus proche de la plateforme Industlacq, l'année 2020 présente la moyenne la plus faible (0,38 µg/m³) tandis que pour le site de Maslacq, les années 2020 et 2023 ont enregistré les concentrations moyennes les plus élevées (respectivement 1,37 µg/m³ et 1,48 µg/m³).

Il en est de même pour les maxima, où le site de Lacq a relevé un maximum (en moyenne quart-horaire) à 63,9 µg/m³ en 2022, alors que les concentrations sur les sites de Maslacq ont été les plus élevées en 2020 (maximum à 47,9 µg/m³). Entre 2020 et 2023, **les concentrations maximales relevées par l'analyseur d'H₂S n'ont pas dépassées la VTR établie pour l'H₂S pour une inhalation aiguë (exposition ponctuelle de quelques minutes à quelques jours)** (97 µg/m³), et ce, quel que soit le site.

De plus, les concentrations moyennes en H₂S observées sur les deux sites sont du même ordre de grandeur, voire légèrement plus élevées pour le site de Maslacq, que ses concentrations ubiquitaires. Ces dernières représentent les niveaux en H₂S retrouvés dans l'air en l'absence de source de pollution et sont évaluées entre 0,1 µg/m³ et 1 µg/m³ (INERIS, 2011).

4.2. Évolutions temporelles

L'évolution des concentrations horaires données par l'analyseur d'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq entre 2020 et 2023 est présentée dans la Figure 6. L'échelle temporelle indiquée est systématiquement en temps universel (TU).



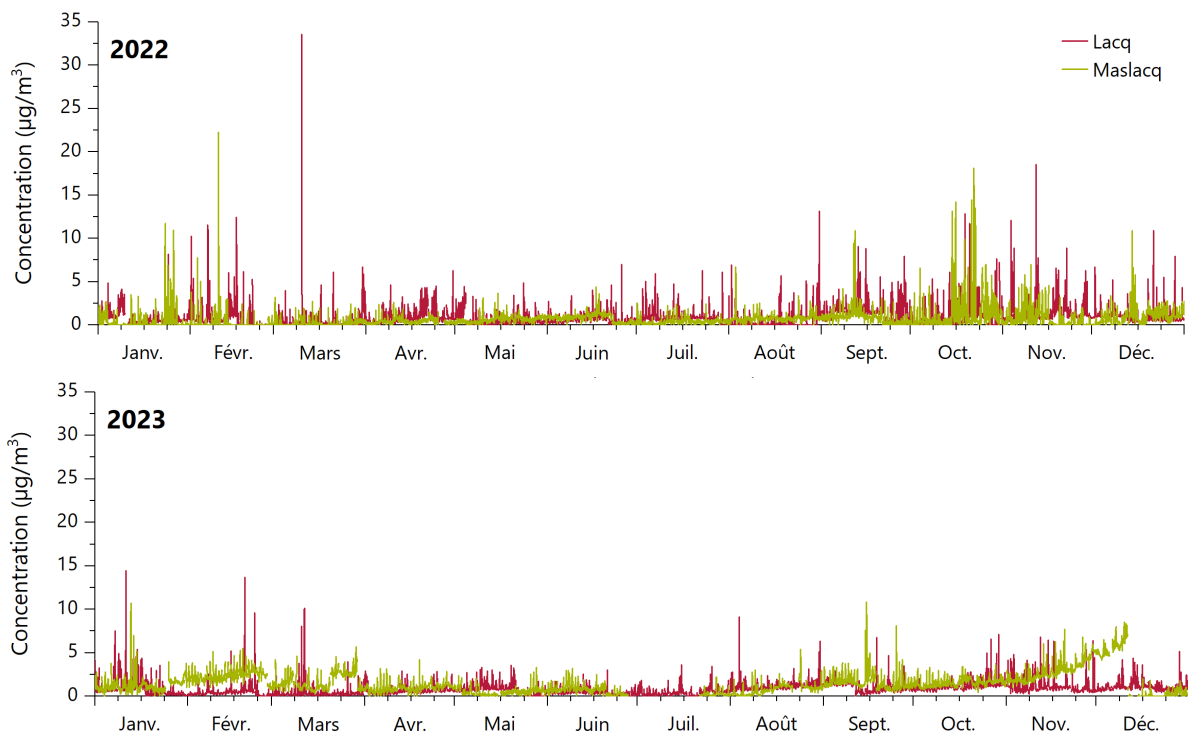


Figure 6 : Évolutions temporelles des concentrations en H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq entre 2020 et 2023 (données horaires)



Des décalages ou dérives de la ligne de base (zéro) peuvent être observés sur les concentrations obtenues avec l'analyseur d'H₂S. Cependant, chaque analyseur est soumis à des contrôles métrologiques réguliers permettant une surveillance de la conformité des données. Des contrôles du zéro sont notamment régulièrement effectués avec une tolérance de ± 3 ppb ($4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (tolérance liée à la précision actuelle des étalons). Aussi, l'ensemble des données présentées sur la Figure 6 ont été validées.

Les évolutions des concentrations en H₂S présentent des différences suivant les sites et des augmentations brèves et d'intensité variable liées aux activités industrielles du bassin de Lacq.

L'année 2020 a été caractérisée par des concentrations plus importantes en H₂S sur le site de Maslacq, notamment en janvier et février. Au contraire, c'est en 2022 que les plus fortes et régulières hausses des niveaux en H₂S sur le site de Lacq ont été observées.

L'année 2023 a, quant à elle, été marquée par de plus faibles concentrations sur les deux sites. Ceci peut s'expliquer par une pluviométrie beaucoup plus importante que les années précédentes. De plus, la moyenne annuelle enregistrée sur le site de Maslacq ($1,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est en partie liée à la dérive des concentrations observée en novembre et décembre.

4.3. Roses de pollution

Les conditions météorologiques influencent les niveaux mesurés aux différentes stations. L'étude des roses de pollution permet de localiser les différences de concentrations des mesures réalisées avec les analyseurs d'H₂S (représentées par l'échelle de couleurs) en fonction de la direction du vent et de la force du vent (cercles) (explication de la lecture des roses de pollution en Annexe 2). Ainsi, les roses de pollution permettent d'identifier l'origine des masses d'air chargées en H₂S, mesurées au niveau d'une station. Un pas de temps quart-heure a été étudié afin de mettre en évidence un lien potentiel entre ces différents paramètres.

Les Figures 7 à 10 permettent de visualiser l'influence des régimes de vent présents lors des mesures de plus fortes concentrations en H₂S entre 2020 et 2023. Les roses de pollution saisonnières sont présentées en Annexe 4.

Sur le site de Lacq, les concentrations les plus fortes en H₂S ont globalement été retrouvées lors de vents de secteur sud-ouest ou sud/sud-ouest, provenant de la plateforme Industlacq ou d'une source située plus au sud de cette plateforme. À l'exception de 2022, ces concentrations ont été observées lors de vents faibles (inférieurs à 6 m/s). Les activités industrielles de cette plateforme, la plus proche du site de mesure, semblent être à l'origine des plus fortes concentrations en H₂S mesurées.

En 2021, le sulfure d'hydrogène semble provenir de plusieurs sources : une située au sud-ouest du site de mesure (plateforme industrielle Industlacq) et une située au sud-est de la station. Cette deuxième source a notamment été remarquée au cours de l'automne 2021 (cf. Annexe 4).

Sur le site de Maslacq, si les vents provenant du sud-est semblent transporter les plus fortes concentrations en H₂S retrouvées à cette station (sources industrielles avec les plateformes de Mont et Industlacq), ce composé est également retrouvé lors de vents plus forts (entre 5 m/s et plus de 10 m/s) de secteurs nord-ouest ou sud/sud-ouest, notamment en 2020 et 2023 (printemps et hiver). À noter que lors de l'hiver 2023, de plus fortes concentrations en H₂S ont été retrouvées du fait d'une dérive des concentrations sur ce site (cf. partie 4.2.).

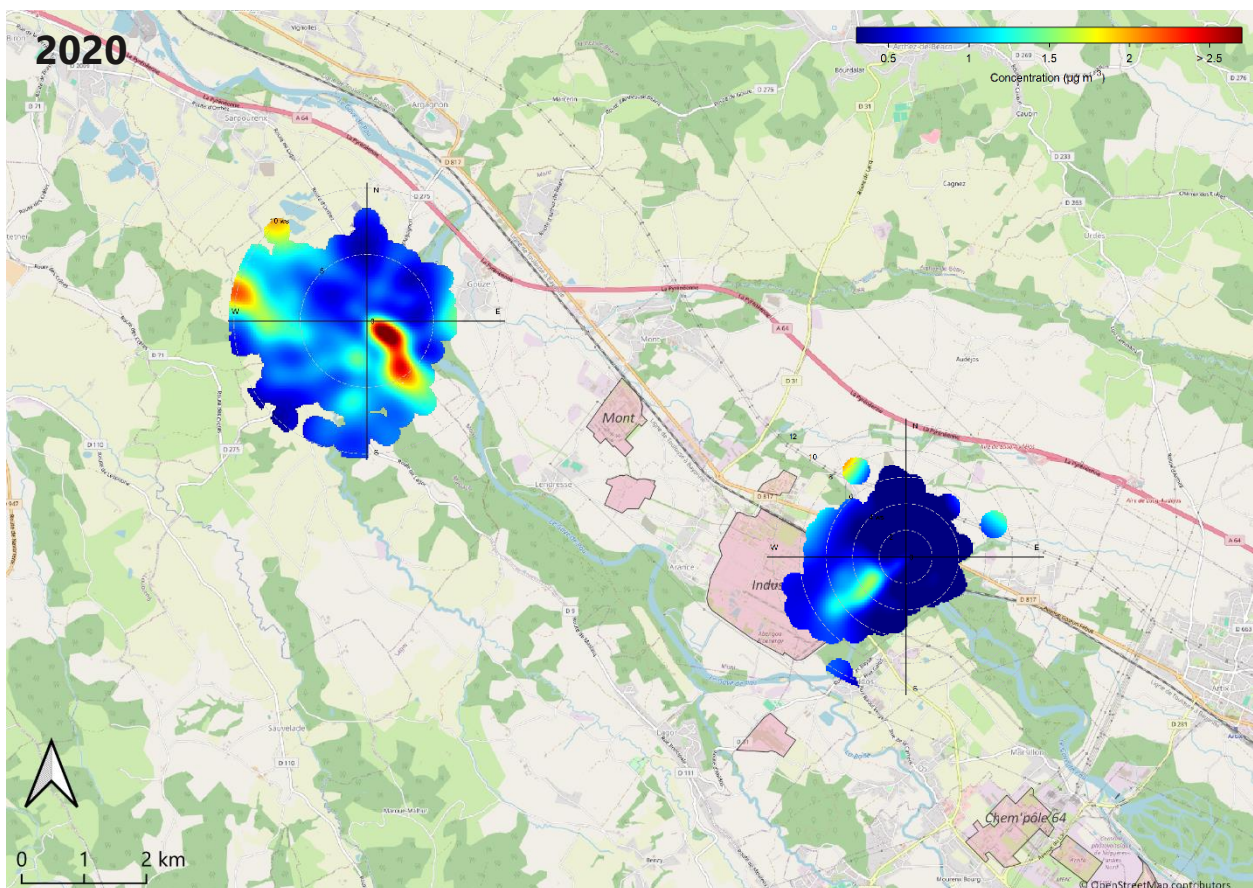


Figure 7 : Roses de pollution de l'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2020 (données quart-heures)

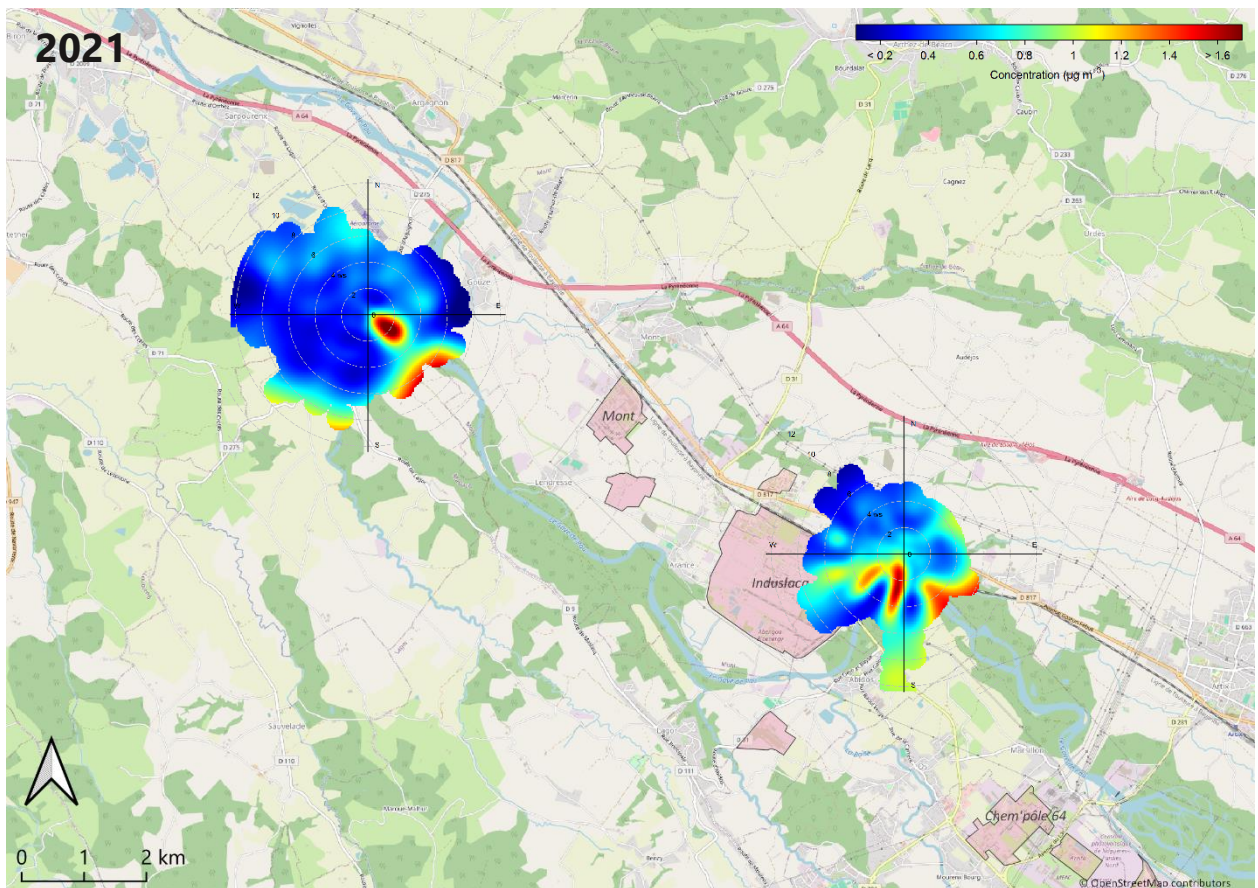


Figure 8 : Roses de pollution de l'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2021 (données quart-heures)

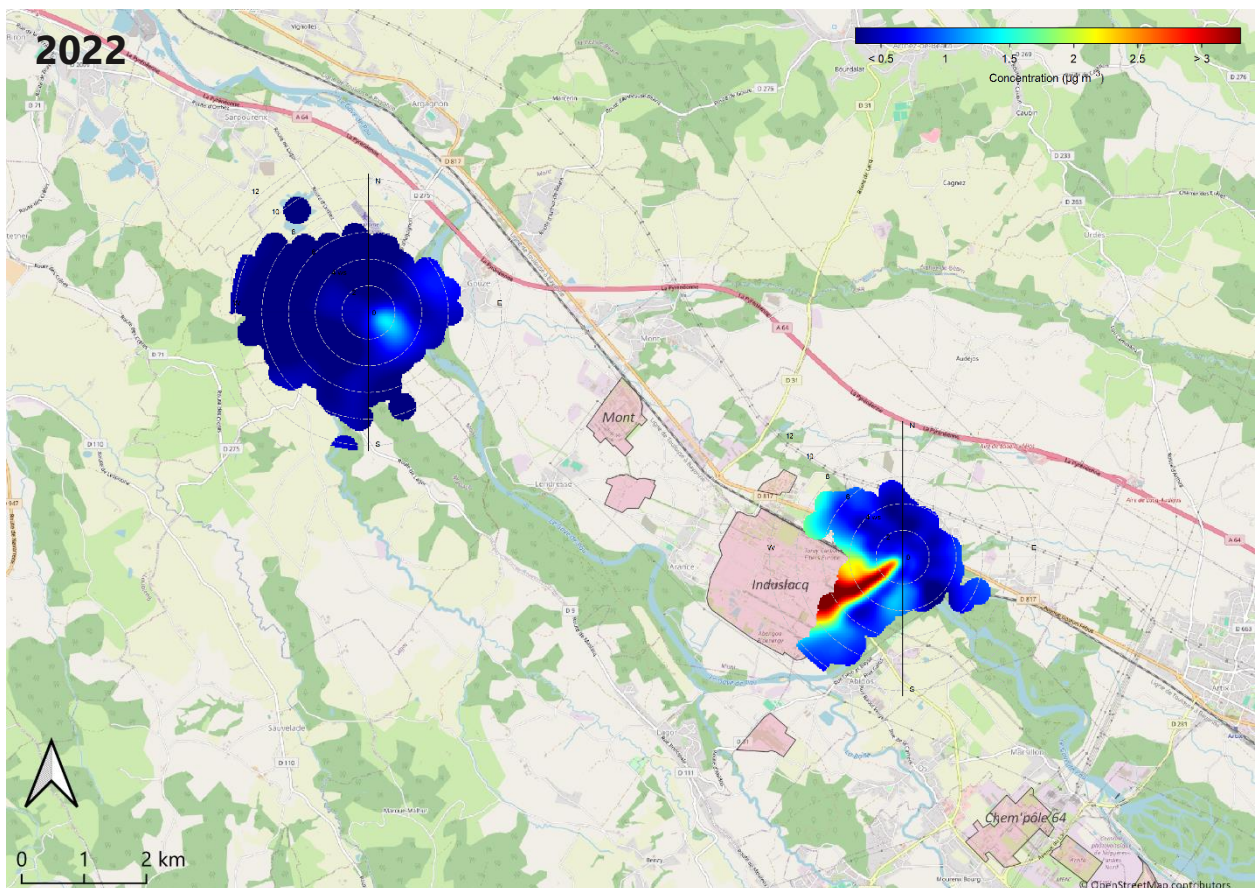


Figure 9 : Roses de pollution de l'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2022 (données quart-heures)

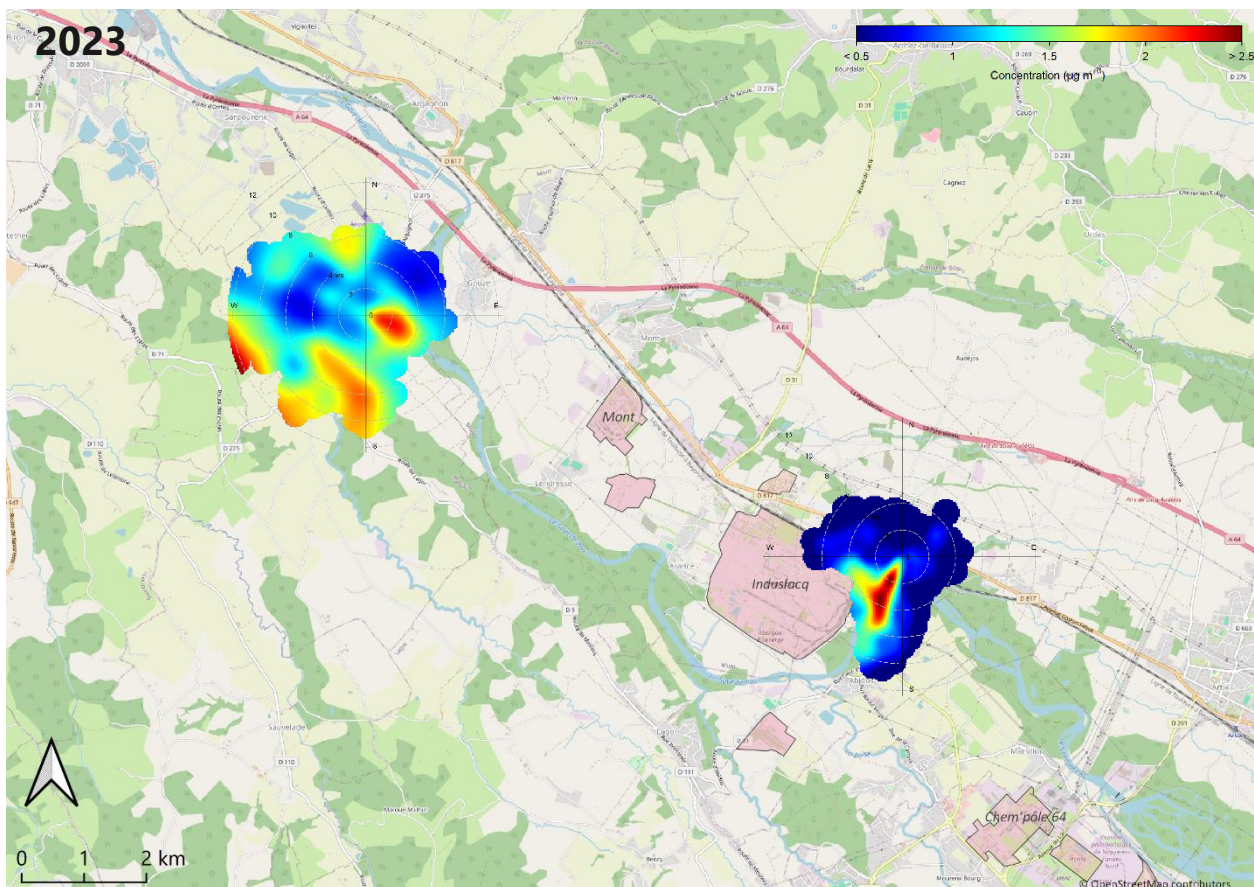


Figure 10 : Roses de pollution de l' H_2S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2023 (données quart-horaires)

4.4. Étude de corrélations

La Figure 11 représente les coefficients de corrélation de Pearson, correspondant à la quantification de la relation linéaire entre deux variables. Il est compris entre -1 et 1. Sur cette figure, les corrélations positives sont affichées en bleu et les corrélations négatives en rouge. L'intensité de la couleur est proportionnelle au coefficient de corrélation. Cette étude des corrélations entre les différents paramètres mesurés permet de mettre en évidence des liens éventuels entre les composés.

Pour le site de Lacq, les plus fortes corrélations sont observées entre l' H_2S , les particules les plus fines, de diamètre aérodynamique inférieur à 50 nm et le dioxyde de soufre (SO_2). L'ensemble de ces polluants est notamment émis en grande partie par les activités industrielles. De plus, les particules les plus fines peuvent provenir de la formation d'aérosols secondaires tels que les sulfates à partir du SO_2 ou d'autres composés gazeux soufrés émis par les activités industrielles du bassin de Lacq.

Sur le site de Maslacq, la corrélation avec le SO_2 , mesuré sur ce même site, est moins marquée que pour le site de Lacq mais néanmoins présente.

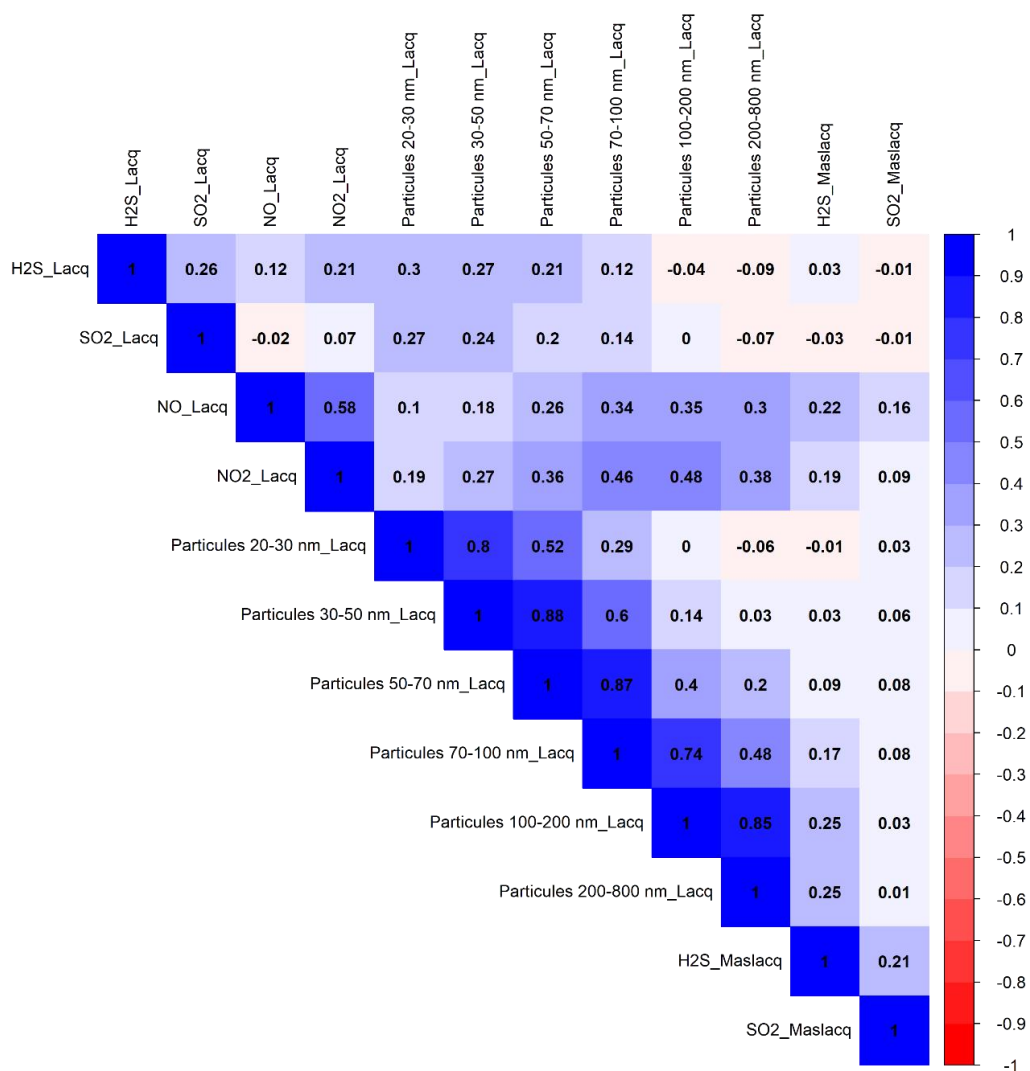


Figure 11 : Corrélogramme des mesures réalisées sur les sites de Lacq et Maslacq

5. Confrontation entre les mesures par analyseur d'H₂S et les mesures de COV soufrés

Entre août 2020 et janvier 2023, deux études ont été menées dans le but de suivre un grand nombre de Composés Organiques Volatils (COV) liés notamment aux activités industrielles du bassin de Lacq (Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2023a, 2023b). Parmi les composés suivis en continu grâce à un PTR-MS, sept molécules ou groupes de molécules soufrées ont été étudiés : méthylmercaptan (CH₃SH), sulfure de diméthyle (DMS) / éthylmercaptan (C₂H₆S), isopropylmercaptan / propylmercaptan (C₃H₈S), diméthylsulfoxyde (DMSO) (C₂H₆OS), tétrahydrothiophène (THT) (C₄H₈S), 1-butylmercaptan / 2-butanethiol / tertio-butyl mercaptan (TBM) (C₄H₁₀S), disulfure de diméthyle (DMDS) (C₂H₆S₂).

Plusieurs sites du bassin de Lacq ont été étudiés dans le cadre de ces études. Le PTR-MS a été installé sur les sites de Lacq et Maslacq lors des périodes suivantes :

- Lacq : du 14 août au 1^{er} décembre 2020 et du 29 septembre 2022 au 4 janvier 2023,
- Maslacq : du 17 février au 4 mai 2021.

C'est au cours de la première période de mesure sur le site de Lacq qu'un premier constat de coévolution entre les mesures réalisées par analyseur d'H₂S et des composés soufrés a été fait. Différentes actions ont alors été réalisées afin de définir les composés interférents. Des tests ont notamment été réalisés par le Laboratoire Central de la Qualité de l'Air (LCSQA) mais ils n'ont pas amené à une quantification exacte de l'influence des différents composés gazeux interférents sur la concentration en H₂S.

Au sein d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, les mesures de différents COV sur trois périodes différentes ont permis de faire des tests de corrélation et d'identifier les espèces interférant majoritairement sur les mesures de l'H₂S. En outre, ces tests ponctuels ne permettent pas d'estimer la part de ces composés soufrés dans les concentrations en H₂S mesurées avec les analyseurs utilisés par l'observatoire. Les mesures de sulfure d'hydrogène ont été réalisées avec deux modèles différents d'analyseurs : Teledyne API T101 et Envea AF22e.

Lors de la première période de mesure sur le site de Lacq (du 14 août au 1^{er} décembre 2020, utilisation de l'appareil Teledyne API T101), les plus fortes corrélations avec l'H₂S sont observées pour le DMS / éthylmercaptan et le méthylmercaptan (Figure 12). La Figure 13 représente l'évolution temporelle de ces deux COV en parallèle de l'H₂S. Des coévolutions entre les composés gazeux sont nettement visibles mais les concentrations en H₂S ne semblent pas influencées systématiquement de la même manière. En effet, le DMS / éthylmercaptan a vu régulièrement ses concentrations être plus élevées que celles de l'H₂S mais les concentrations de ce dernier ont également été parfois plus élevées (exemple de la période du 18 au 24 septembre 2020).

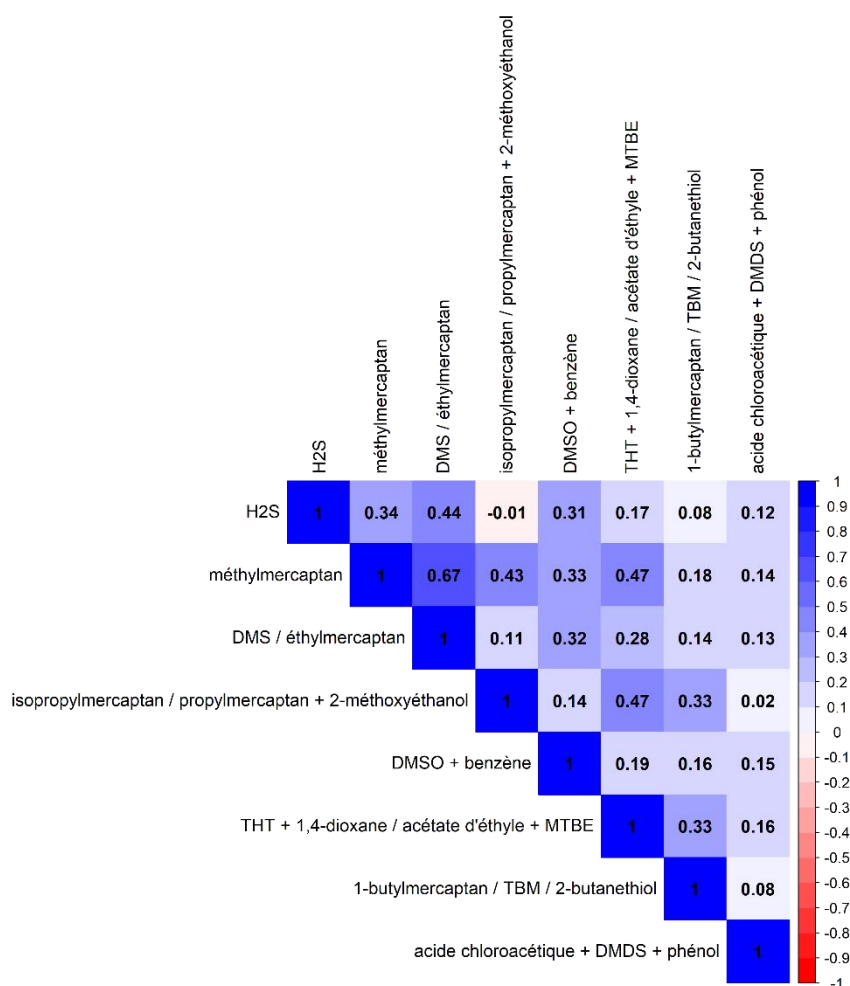


Figure 12 : Corrélogramme des mesures réalisées avec le PTR-MS et l'H₂S sur le site de Lacq entre le 14/08/2020 et le 01/12/2020

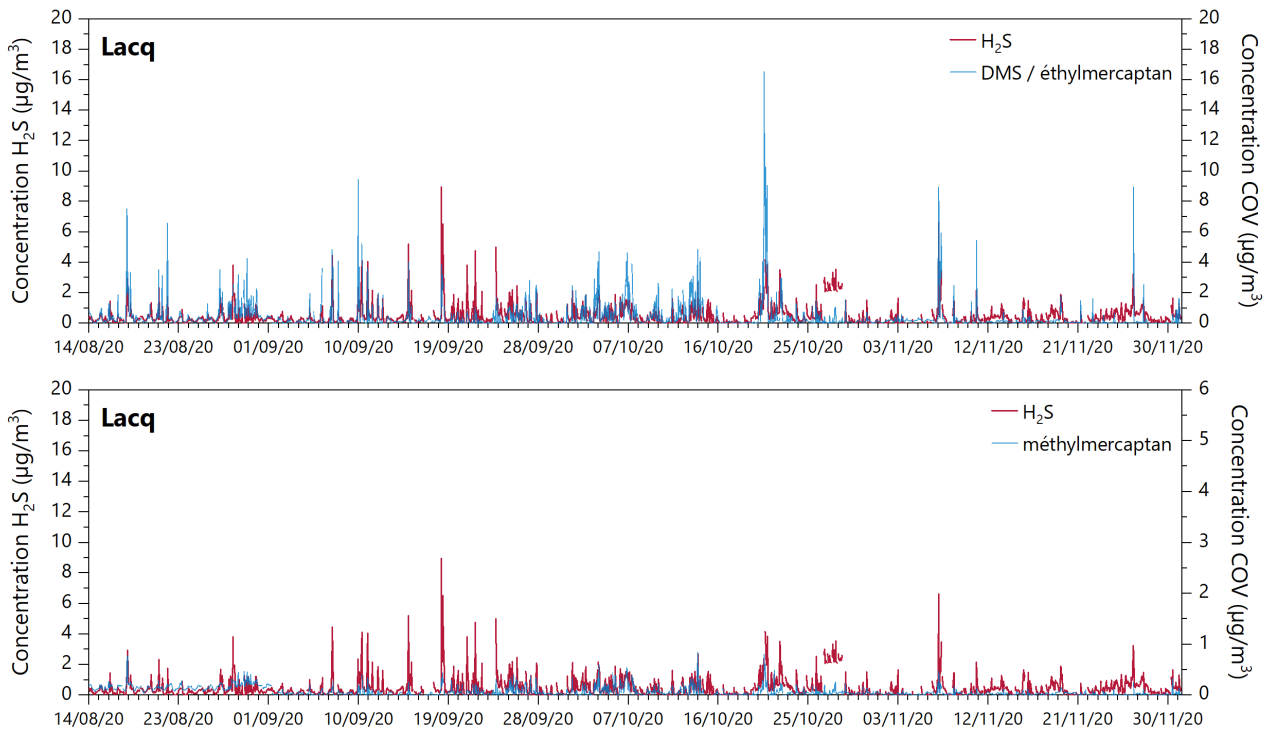


Figure 13 : Évolution temporelle des concentrations en H₂S et en COV présentant les plus fortes corrélations avec l'H₂S sur le site de Lacq entre le 14/08/2020 et le 01/12/2020 (données horaires)

Lors de la deuxième période de mesure à Lacq (du 29 septembre 2022 au 4 janvier 2023, utilisation de l'analyseur Envea AF22e), les groupes acide chloroacétique + DMDS + phénol et DMSO + benzène présentent les plus fortes corrélations (Figure 14). Comme pour l'année 2020 sur ce même site, des coévolutions entre l'H₂S et les COV soufrés sont visibles, notamment pour le groupe acide chloroacétique + DMDS + phénol (Figure 15).

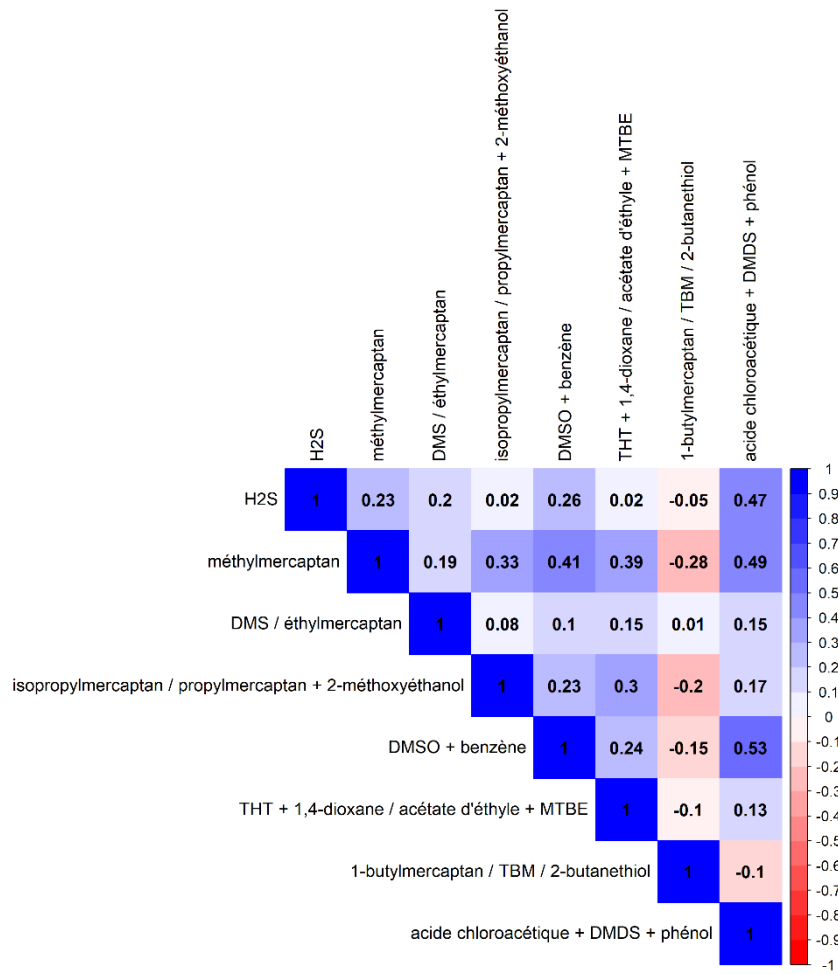


Figure 14 : Corrélogramme des mesures réalisées avec le PTR-MS et l'H₂S sur le site de Lacq entre le 29/09/2022 et le 04/01/2023

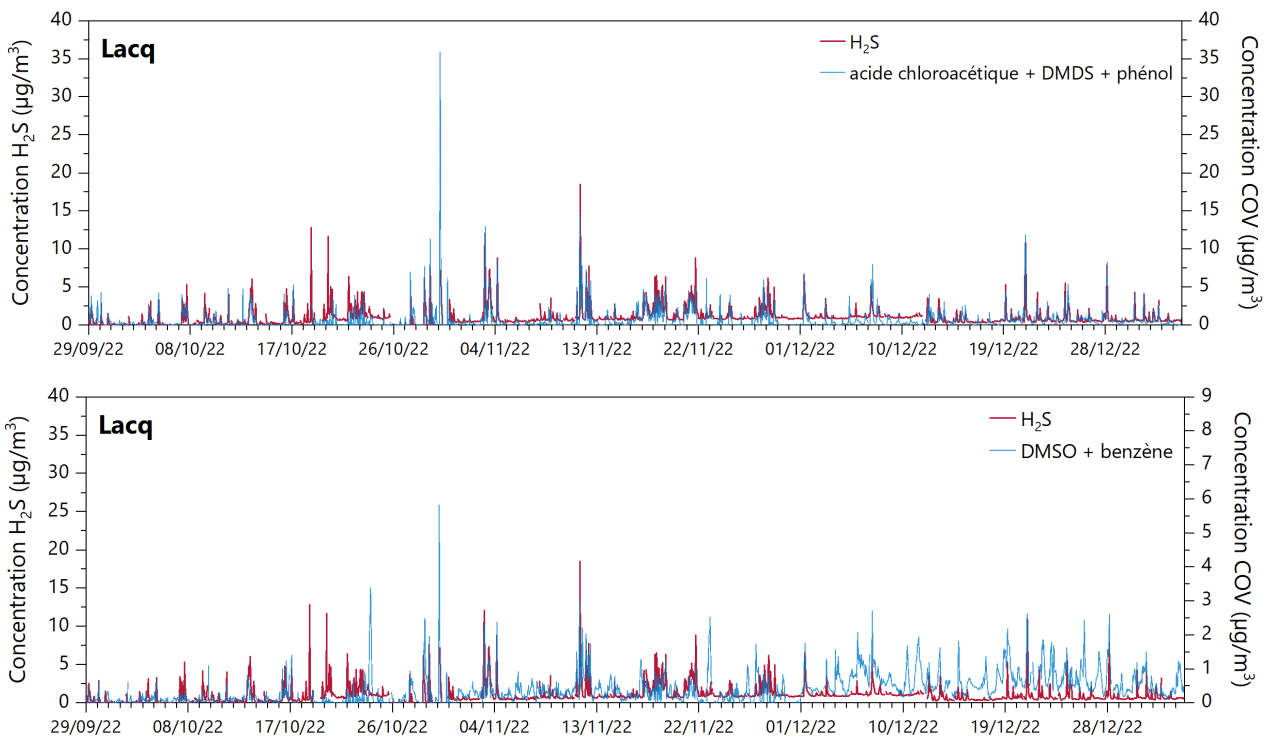


Figure 15 : Évolution temporelle des concentrations en H₂S et en COV présentant les plus fortes corrélations avec l'H₂S sur le site de Lacq entre le 29/09/2022 et le 04/01/2023 (données horaires)

Sur le site de Maslacq, entre le 17 février et le 4 mai 2021 (analyseur Envea AF22e jusqu'au 24 février puis analyseur Teledyne API T101), les plus fortes corrélations sont observées pour le DMS / éthylmercaptan, le méthylmercaptan et le groupe isopropylmercaptan / propylmercaptan + 2-méthoxyéthanol (Figure 16). De la même manière que cela a été vu sur le site de Lacq, des coévolutions sont marquées lors des plus fortes augmentations des concentrations en H₂S (Figure 17). En outre, lors de cette phase de mesure, les différents COV étudiés semblent interférer de manière différente sur les concentrations mesurées en H₂S et notamment lors de dates différentes.

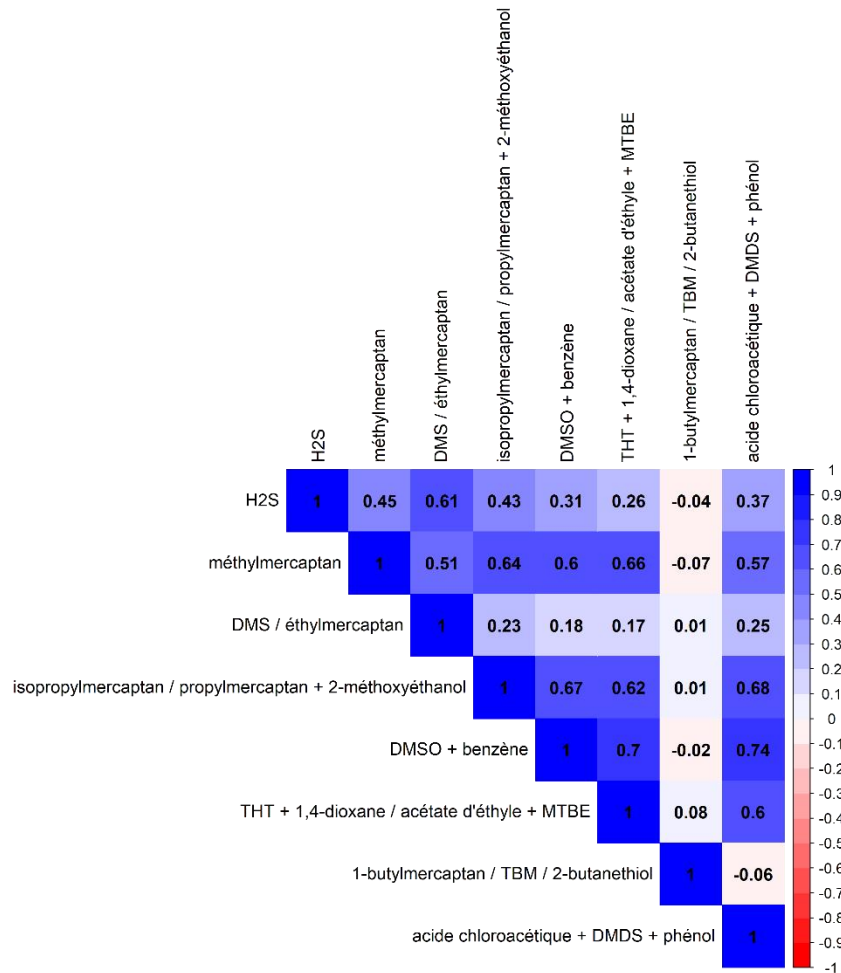


Figure 16 : Corrélogramme des mesures réalisées avec le PTR-MS et l'H₂S sur le site de Maslacq entre le 17/02/2021 et le 04/05/2021

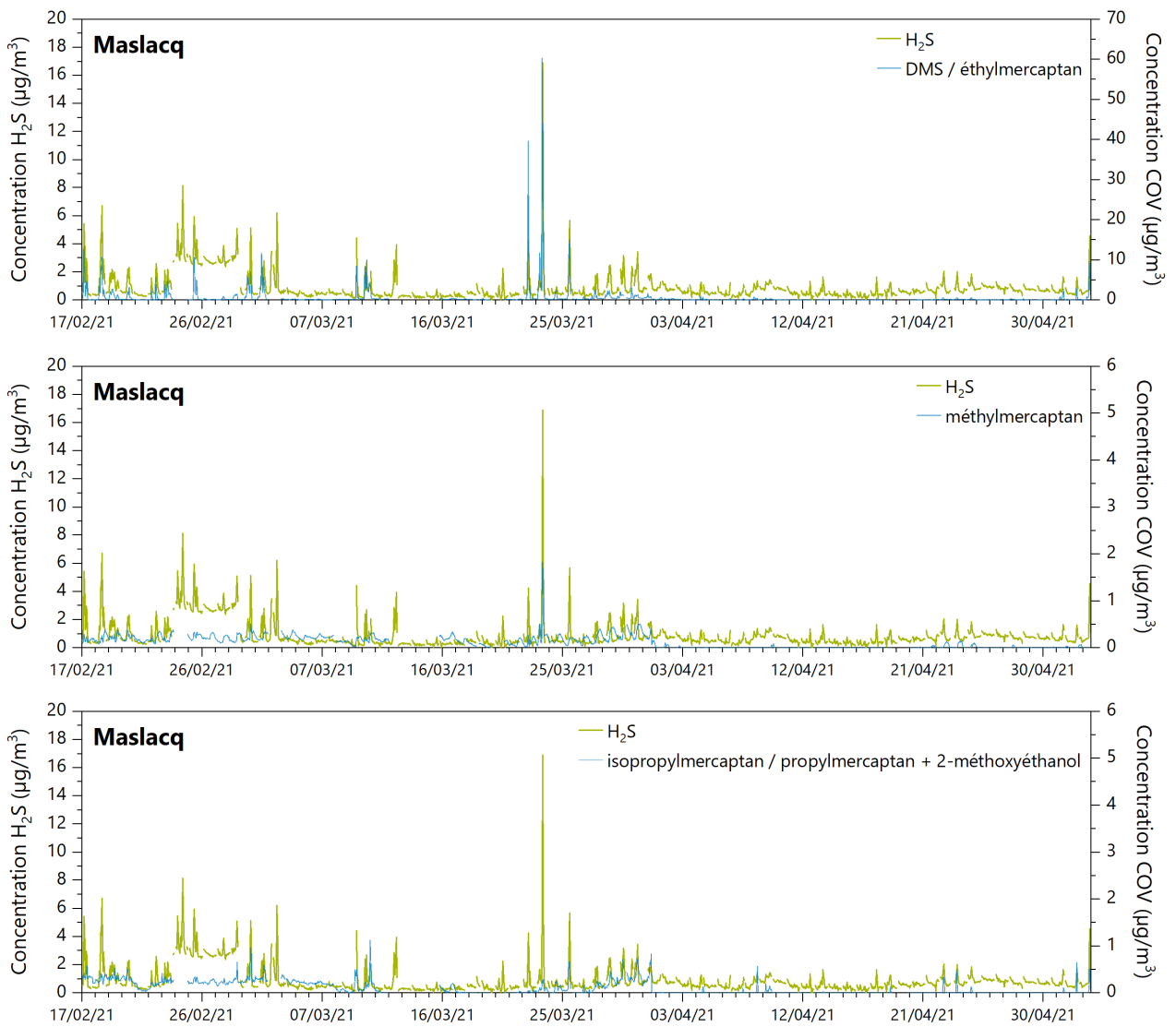


Figure 17 : Évolution temporelle des concentrations en H_2S et en COV présentant les plus fortes corrélations avec l' H_2S sur le site de Maslacq entre le 17/02/2021 et le 04/05/2021 (données horaires)

6. Conclusion

Depuis fin 2018, des mesures par analyseur de sulfure d'hydrogène (H₂S) sont effectués en continu sur deux stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine dans le bassin de Lacq : Lacq et Maslacq. Ce composé gazeux fait notamment régulièrement l'objet de signalements odorants dans ce bassin industriel et a fait l'objet de plusieurs campagnes de mesure depuis 2016.



En parallèle de ces mesures, un spectromètre de masse par réaction de transfert de proton (PTR-MS), permettant la mesure en temps réel d'une large gamme de COV simultanément avec une haute précision, a été déployé dans le bassin de Lacq entre 2020 et 2023 et ponctuellement sur les stations de Lacq et Maslacq. Les confrontations entre les mesures d'H₂S et de ces composés gazeux ont montré que les concentrations en H₂S pouvaient être dépendantes de la présence de COV soufrés. **Ainsi, dans le bassin de Lacq, les concentrations mesurées par l'analyseur d'H₂S, et présentées dans l'ensemble du bilan, peuvent refléter les concentrations d'H₂S et de divers COV soufrés d'origine industrielle.** À ce jour, il n'est pas possible de quantifier avec exactitude les proportions dans lesquelles ces composés interférents peuvent impacter les mesures d'H₂S.

Entre 2020 et 2023, **les concentrations annuelles obtenues via les analyseurs d'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq ont été inférieures à la valeur toxicologique de référence (VTR) données pour l'H₂S pour une inhalation chronique** (exposition répétée ou continue d'une ou de quelques années voire sur une vie entière) (2 µg/m³). Il en a été de même pour **les concentrations maximales qui n'ont pas dépassées la VTR pour une inhalation aiguë** (exposition ponctuelle de quelques minutes à quelques jours) (97 µg/m³). De plus, les concentrations moyennes en H₂S observées sur les deux sites sont du même ordre de grandeur que ses concentrations ubiquitaires.

Globalement, lors de ces quatre dernières années, des différences entre les sites peuvent être soulignées : en 2020, le site de Maslacq présente des niveaux plus importants tandis qu'en 2022, les concentrations en H₂S sur le site de Lacq sont dominantes. L'année 2023 a, quant à elle, été marquée par de plus faibles concentrations sur les deux sites, notamment du fait d'une pluviométrie très largement supérieure à celle des années 2020, 2021 et 2022.

L'étude des sources de sulfure d'hydrogène à partir des informations de vents a permis d'identifier une **origine qui semble majoritairement industrielle** et notamment la plateforme Induslacq. Cependant cette plateforme ne semble pas être l'unique source car de fortes concentrations en H₂S ont également été enregistrées lors de vents ne provenant pas de cette source industrielle.



À la suite des conclusions de cette étude concernant les problématiques d'interférents mises en évidence sur les mesures réalisées via les analyseurs d'H₂S dans le bassin de Lacq, la terminologie « H₂S » a été modifiée sur nos différents outils de communication à la demande de différents acteurs présents sur le territoire de ce bassin industriel. Les concentrations mesurées pouvant refléter à la fois les concentrations en H₂S et en COV soufrés, **les données issues des analyseurs d'H₂S, dans le bassin de Lacq, sont exprimées sous la forme de COV_{soufrés} + H₂S (exprimés en H₂S).**

Table des figures

Figure 1 : Localisation des sites de mesure du H ₂ S.....	9
Figure 2 : Roses des vents saisonnières des années 2020 à 2023 à Lacq (données quart-horaires)	11
Figure 3 : Roses des vents saisonnières des années 2020 à 2023 à Lendresse (données quart-horaires)	12
Figure 4 : Pluviométrie et température sur le site de Lendresse entre 2020 et 2023 (données journalières) ...	13
Figure 5 : Représentation en boxplot des données quart-horaires sur les sites de Lacq et Maslacq des concentrations en H ₂ S (explication de la représentation en « boxplot » en Annexe 3).....	14
Figure 6 : Évolutions temporelles des concentrations en H ₂ S sur les sites de Lacq et Maslacq entre 2020 et 2023 (données horaires)	16
Figure 7 : Roses de pollution de l'H ₂ S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2020 (données quart-horaires).....	17
Figure 8 : Roses de pollution de l'H ₂ S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2021 (données quart-horaires).....	18
Figure 9 : Roses de pollution de l'H ₂ S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2022 (données quart-horaires).....	18
Figure 10 : Roses de pollution de l'H ₂ S sur les sites de Lacq et Maslacq en 2023 (données quart-horaires)	19
Figure 11 : Corrélogramme des mesures réalisées sur les sites de Lacq et Maslacq	20
Figure 12 : Corrélogramme des mesures réalisées avec le PTR-MS et l'H ₂ S sur le site de Lacq entre le 14/08/2020 et le 01/12/2020.....	21
Figure 13 : Évolution temporelle des concentrations en H ₂ S et en COV présentant les plus fortes corrélations avec l'H ₂ S sur le site de Lacq entre le 14/08/2020 et le 01/12/2020 (données horaires)	22
Figure 14 : Corrélogramme des mesures réalisées avec le PTR-MS et l'H ₂ S sur le site de Lacq entre le 29/09/2022 et le 04/01/2023.....	23
Figure 15 : Évolution temporelle des concentrations en H ₂ S et en COV présentant les plus fortes corrélations avec l'H ₂ S sur le site de Lacq entre le 29/09/2022 et le 04/01/2023 (données horaires)	23
Figure 16 : Corrélogramme des mesures réalisées avec le PTR-MS et l'H ₂ S sur le site de Maslacq entre le 17/02/2021 et le 04/05/2021	24
Figure 17 : Évolution temporelle des concentrations en H ₂ S et en COV présentant les plus fortes corrélations avec l'H ₂ S sur le site de Maslacq entre le 17/02/2021 et le 04/05/2021 (données horaires).....	25
Figure 18 : Schéma explicatif du diagramme en boîte	31
Figure 19 : Roses de pollution saisonnières de l'H ₂ S sur le site de Lacq entre 2020 et 2023 (données quart-horaires)	32
Figure 20 : Roses de pollution saisonnières de l'H ₂ S sur le site de Maslacq entre 2020 et 2023 (données quart-horaires)	33

Tables des tableaux

Tableau 1 : Matériel et méthodes de mesure.....	6
Tableau 2 : Taux de fonctionnement de l'analyseur d'H ₂ S pour chaque site et chaque année	10
Tableau 3 : Proportion de vents faibles et de vents sous influence industrielle pour chaque site et chaque année	12
Tableau 4 : Moyennes annuelles et maxima quart-horaires, horaires et journaliers des concentrations en H ₂ S	14

Annexes

Annexe 1 : Bibliographie

Annexe 2 : Lecture des roses des vents et roses de pollution

Annexe 3 : Représentation statistique des données à l'aide de « boxplot »

Annexe 4 : Roses de pollution saisonnières des mesures réalisées par analyseur d'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq

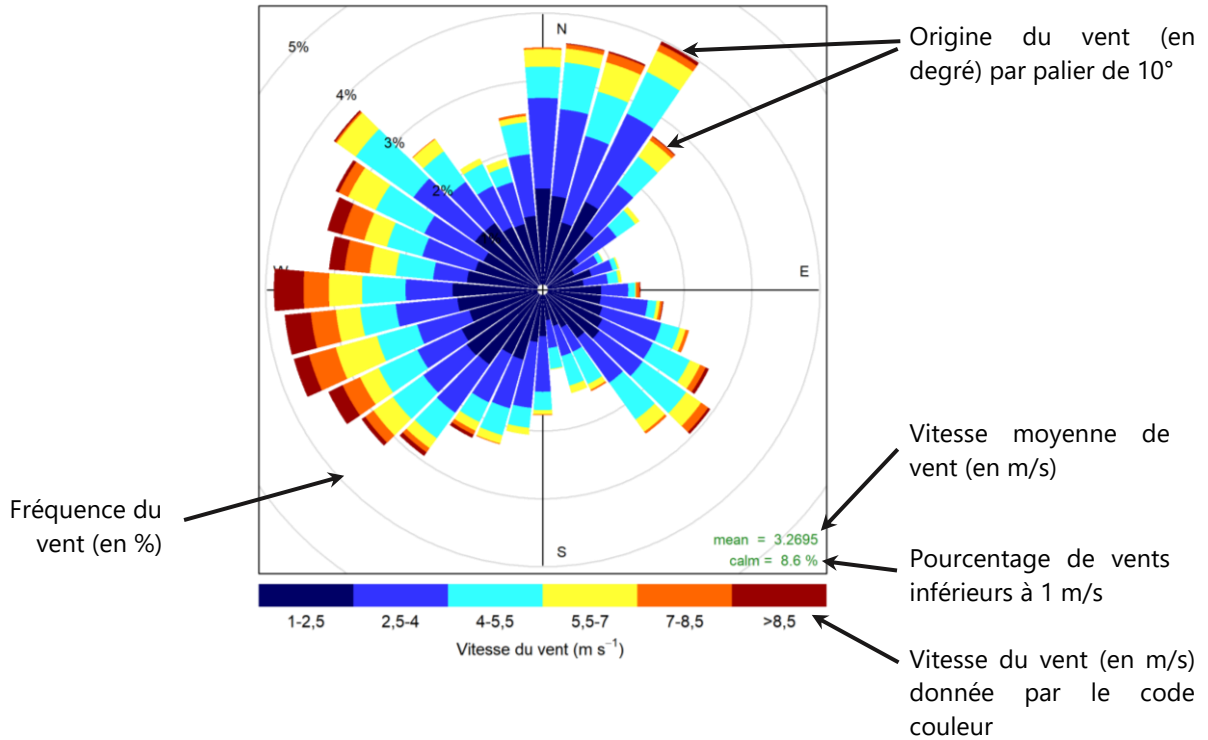
Annexe 1 : Bibliographie

- Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2023a. Mesure des COV et autres molécules gazeuses à l'aide d'un PTR-MS dans le bassin de Lacq (étude 2022).
- Atmo Nouvelle-Aquitaine, 2023b. Mesure exploratoire des COV et autres molécules gazeuses à l'aide d'un PTR-MS dans le bassin de Lacq.
- INERIS, 2011. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques: Sulfure d'hydrogène.
- INERIS, 2000. Seuils de Toxicité Aiguë - Hydrogène Sulfuré (H₂S). INERIS.
- Lindinger, W., Hansel, A., Jordan, A., 1998. On-line monitoring of volatile organic compounds at pptv levels by means of proton-transfer-reaction mass spectrometry (PTR-MS) medical applications, food control and environmental research. *International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes* 173, 191–241.

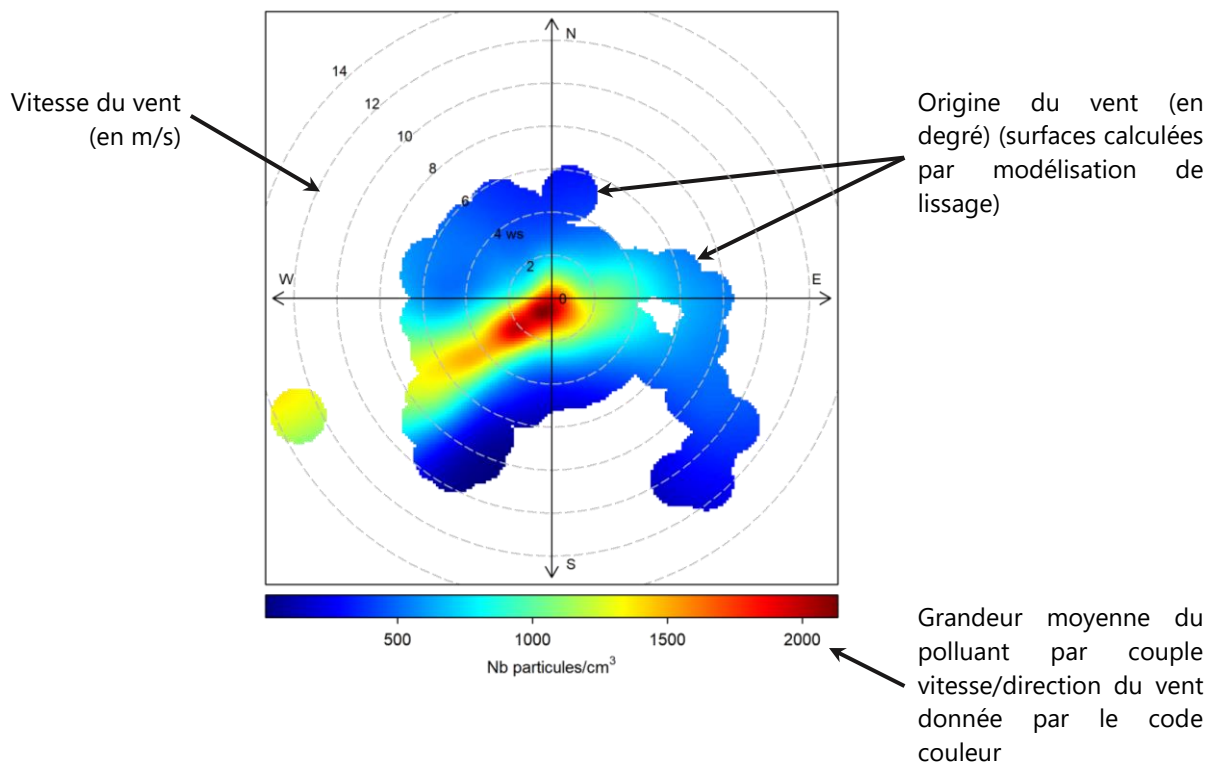
Annexe 2 : Lecture des roses des vents et roses de pollution

Les roses des vents et de pollution sont réalisées grâce au package Openair du logiciel R.

➤ Rose des vents :



➤ Rose de pollution :



Annexe 3 : Représentation statistique des données à l'aide de « boxplot »

Le diagramme en boîte, ou « boxplot » en anglais, est la représentation statistique d'une série de données d'observation. Cet outil graphique permet la représentation des informations de dispersion de la série de données étudiée : moyenne, médiane, valeurs extrêmes, premier et troisième quartile.

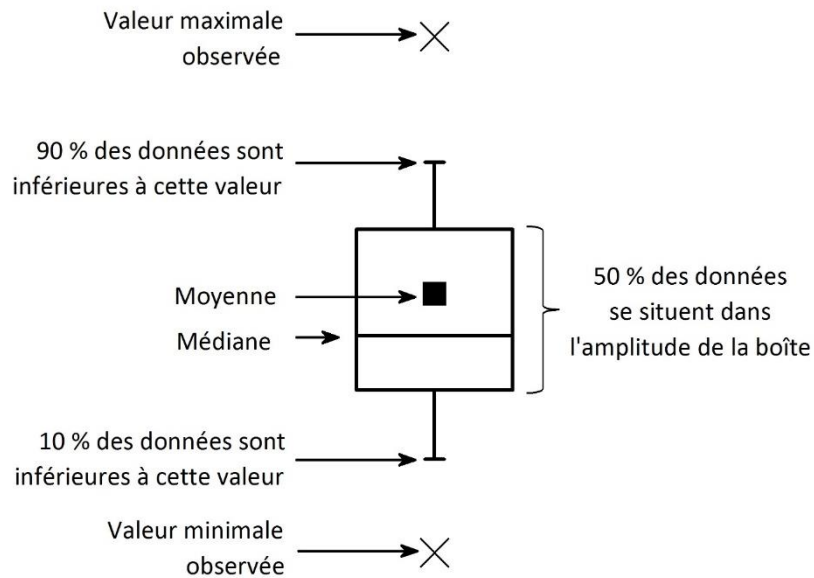


Figure 18 : Schéma explicatif du diagramme en boîte

Annexe 4 : Roses de pollution saisonnières des mesures réalisées par analyseur d'H₂S sur les sites de Lacq et Maslacq

➤ **Lacq :**

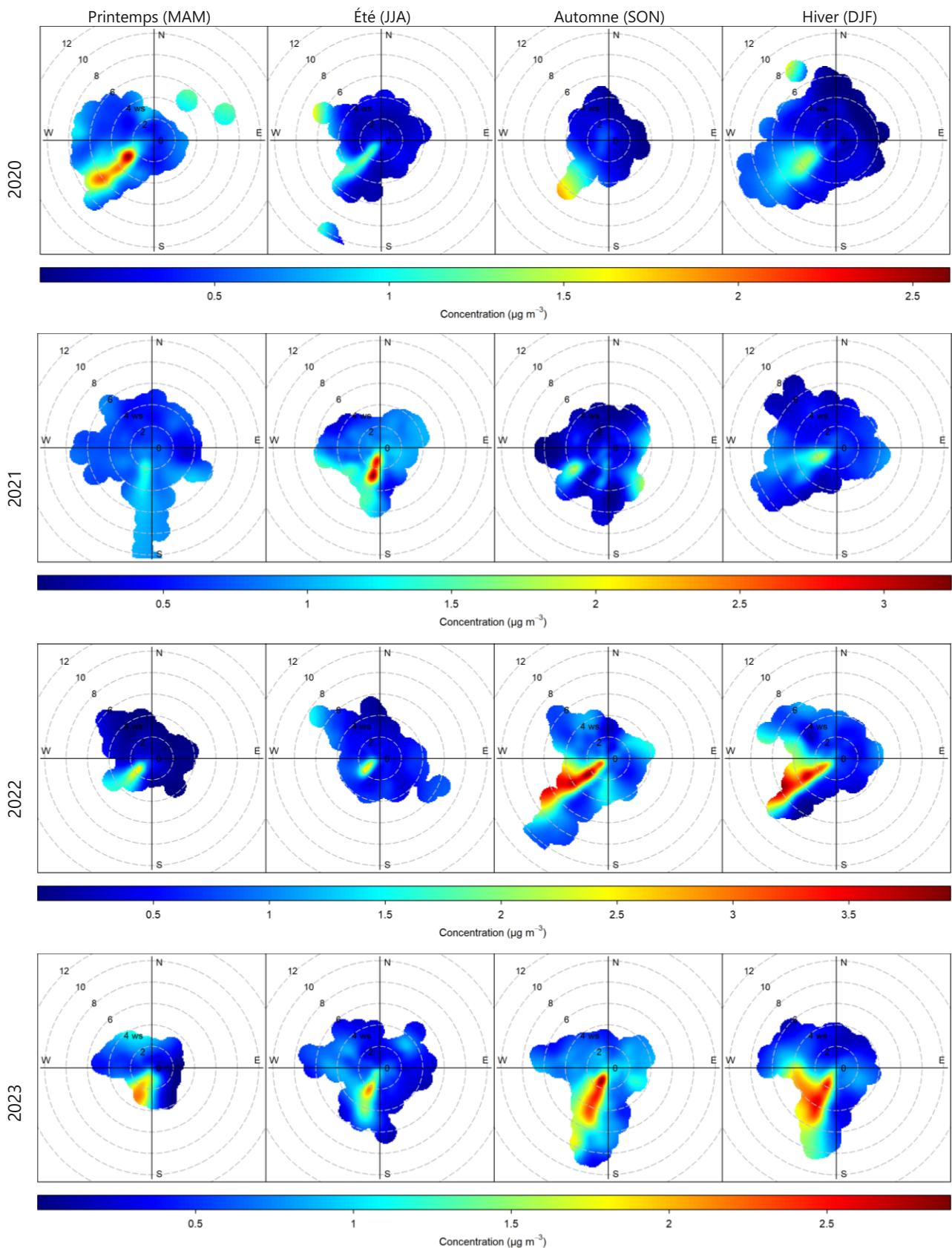


Figure 19 : Roses de pollution saisonnières de l'H₂S sur le site de Lacq entre 2020 et 2023 (données quart-heures)

➤ Maslacq :

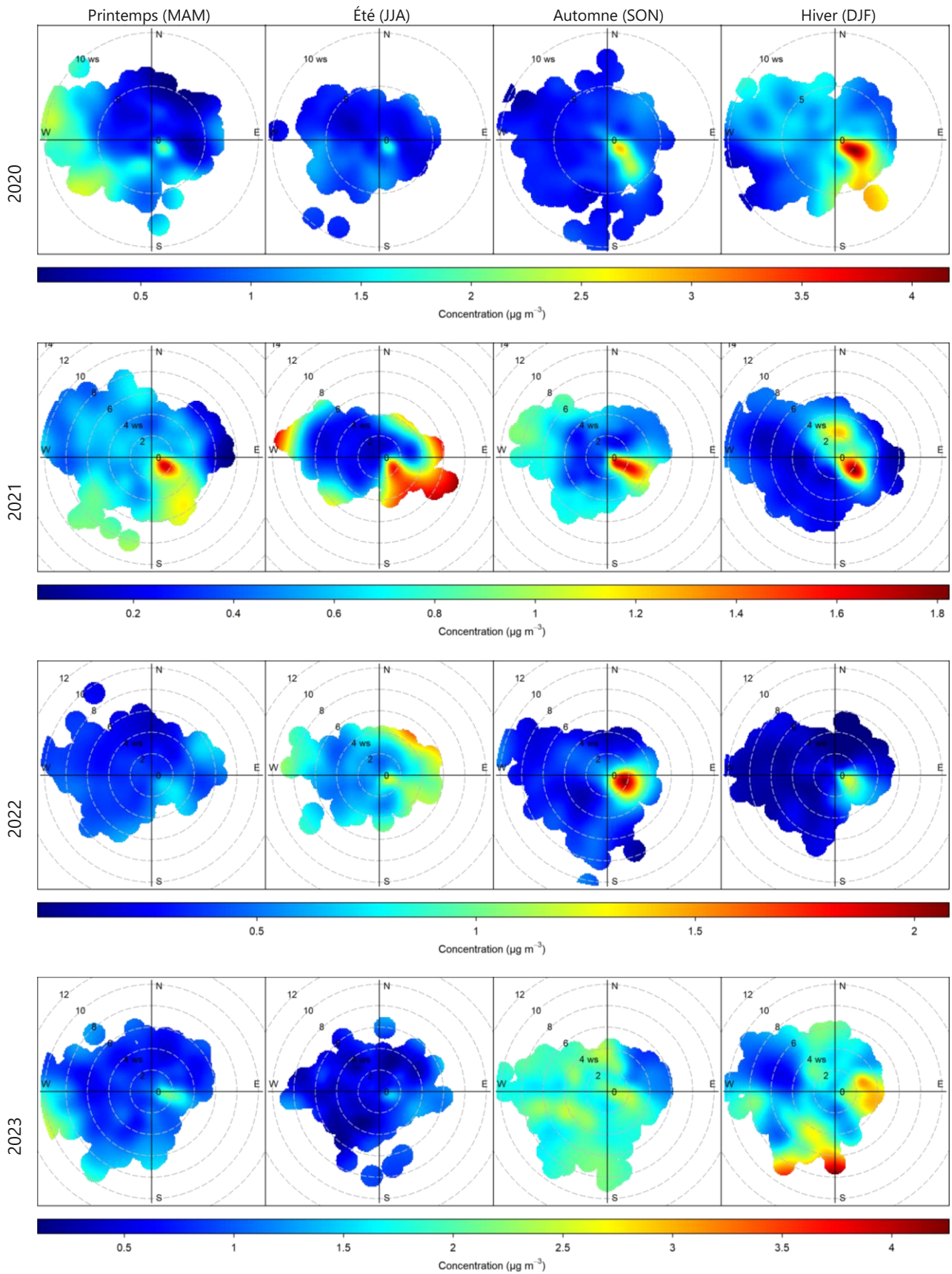


Figure 20 : Roses de pollution saisonnières de l'H₂S sur le site de Maslacq entre 2020 et 2023 (données quart-horaires)



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

