



AIR BREIZH



Algues Vertes et Qualité de l'air

**Campagne de mesure
d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène
à Saint-Michel-en-Grèves (Côtes d'Armor)
du 21 juillet au 2 septembre 2005.**

AIR BREIZH 28 rue des Veyettes 25000 RENNES

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation
de la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bretagne
et la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Côtes d'Armor

Nous remercions :

Madame Robert du service Santé-Environnement de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Côtes d'Armor pour sa participation.

Monsieur le Maire de la ville de la ville de Saint-Michel en Grèves pour son accueil.

Atmo Poitou-Charentes, pour le prêt de l'analyseur d'H₂S.

Diffusion

Air Breizh, en tant qu'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, a pour obligation de fournir un droit d'accès au public aux rapports et résultats issus de toutes les études qu'elle réalise. Toutes ses publications sont ainsi accessibles sur :

www.airbreizh.asso.fr

Contributions

Pôle Etudes	Pôle Technique	Validation
Bénédicte GUIRIEC Cyril BESSEYRE	Vincent ESNAULT Guillaume de BEAUREPAIRE	Magali CORRON

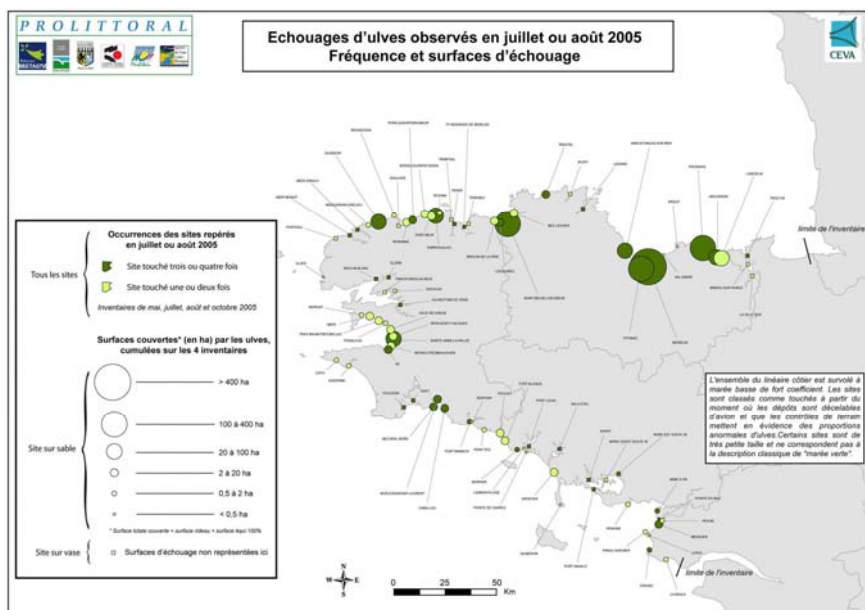
SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I. PRESENTATION D' AIR BREIZH	4
II. POLLUANTS ETUDIES	5
II.1. L'AMMONIAC	5
II.1.1. Sources d'ammoniac	5
II.1.2. Devenir de l'ammoniac dans l'environnement	5
II.1.3. Teneurs rencontrées	5
II.1.4. Effets sur la santé	6
II.1.5. Effets sur l'environnement	6
II.2. LE SULFURE D'HYDROGENE	7
II.2.1. Sources de sulfure d'hydrogène	7
II.2.2. Devenir du sulfure d'hydrogène dans l'environnement	7
II.2.3. Teneurs rencontrées	7
II.2.4. Effets sur la santé	7
II.2.5. Effets sur l'environnement	7
III. PRESENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURE	8
III.1. PERIODE DE MESURE	8
III.2. SITE DE MESURE	8
III.3. PRINCIPES DE MESURE	9
IV. CONDITIONS METEOROLOGIQUES	10
V. RESULTATS	11
V.1. L'AMMONIAC	11
V.2. LE SULFURE D'HYDROGENE	14
CONCLUSION	17
BIBLIOGRAPHIE	18
GLOSSAIRE	19

INTRODUCTION

La prolifération d'algues vertes (Ulves) apparaît chaque année, de mi-avril à mi-septembre, sur les côtes bretonnes.

Cartographie des sites bretons touchés par le phénomène de marée verte



Les Côtes d'Armor sont le département le plus touché par cette pollution, suivi du Finistère. Le Morbihan est très peu concerné, l'Ille et Vilaine pratiquement pas.

Le nombre de sites bretons touchés par des échouages d'ulves varie en fonction des caractéristiques climatiques annuelles. En 2005, 82 sites ont été répertoriés. Ils étaient 75 en 2004, 60 en 2003, 71 en 2002, 63 en 2001, 68 en 2000, 45 en 1997.

Les baies semi-ouvertes, pourvues de cours d'eau, sont particulièrement touchées par cette pollution. Les sites les plus affectés sont la baie de Lannion, la baie de Saint-Brieuc, la baie de Fresnaye, l'Anse de Binic, la baie de Locquirec, la baie de Guisseny, la baie de Douarnenez et la baie de la Forêt-Fouesnant...

Les nuisances visuelles et olfactives occasionnées par les « marées vertes » ont des conséquences économiques considérables pour les communes concernées, notamment sur la fréquentation touristique. Des interrogations se posent également sur les risques potentiels liés à la décomposition de ces algues, à l'origine d'émission de sulfure d'hydrogène (H₂S) et d'ammoniac (NH₃).

Dans ce cadre, La Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Côtes d'Armor, qui s'est lancée dans un programme d'études visant à améliorer les connaissances sur l'exposition des populations à certains polluants atmosphériques ciblés, a sollicité Air Breizh, pour mener une campagne de mesure de ces polluants dans une zone particulièrement touchée par cette pollution. Le laboratoire mobile de l'association a donc été implanté du 21 juillet au 2 septembre 2005 à Saint-Michel-en-Grèves, commune située dans la baie de Lannion.

Exemple de zone envahie par les ulves : Estuaire du Gouessant – Baie de Saint- Brieuc (Campagne Air Breizh 2003)



I. PRESENTATION D'AIR BREIZH

La surveillance de la qualité de l'air breton a débuté à Rennes en 1986. L'ASQAR, l'association alors chargée de cette surveillance, s'est régionalisée en décembre 1996, devenant AIR BREIZH. Depuis vingt ans, le réseau de surveillance s'est régulièrement développé, et dispose aujourd'hui de stations de mesures sur une dizaine de villes bretonnes.

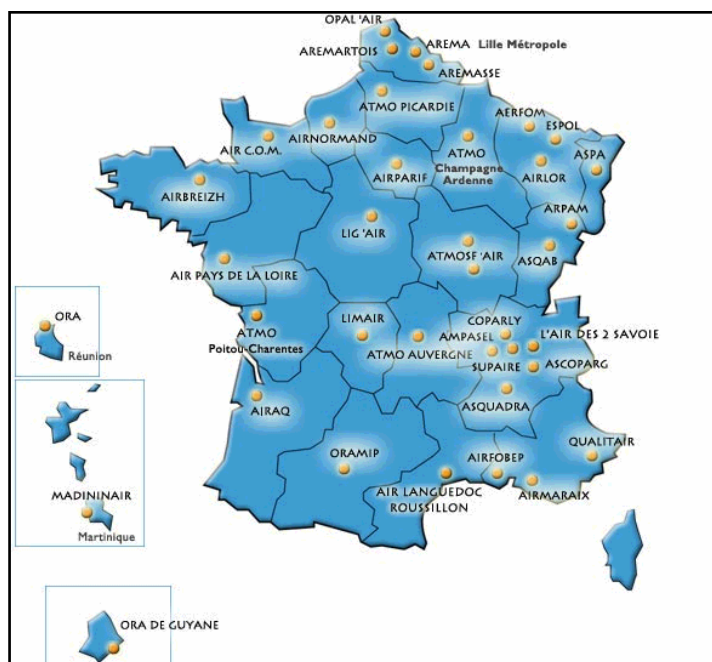
Air Breizh est l'une des 37 associations françaises de surveillance de la qualité de l'air, constituant le dispositif national ATMO. Ces associations loi 1901, agréées par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), sont aujourd'hui implantées dans toutes les villes de plus de 100 000 habitants.

Les missions d'Air Breizh sont de :

- ✓ **Mesurer** en continu les polluants urbains nocifs (SO₂, NO_x, CO, O₃ et Poussières) dans l'air ambiant
- ✓ **Informer** les services de l'Etat, les élus, les industriels et le public, notamment en cas de pic de pollution
- ✓ **Etudier** l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte 9 salariés et présente un budget annuel de l'ordre de 900 000 euros, financé à hauteur de 40% par l'Etat (via des subventions directes ou la réaffectation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes payée par les industriels en fonction de la quantité de leurs rejets dans l'atmosphère), 25% par les collectivités locales, 25% par les industriels, et 10% via des prestations et produits financiers.

Carte des AASQA du réseau Atmo (ADEME, 2003)



II. POLLUANTS ETUDIÉS

La putréfaction des algues vertes engendre principalement l'émission de méthane, d'ammoniac, de diméthyle sulfure, de disulfure de carbone et d'hydrogène sulfuré.

L'ammoniac et l'hydrogène sulfureux peuvent être dangereux pour l'homme à certaines concentrations.

L'intérêt s'est donc porté sur ces deux polluants, qui ont été mesurés en continu pendant la campagne.

II.1. L'AMMONIAC

II.1.1. Sources d'ammoniac

Le CITEPA évalue à 742 Kilotonnes les émissions atmosphériques d'ammoniac en France en 2004, l'agriculture et la sylviculture y contribuant à hauteur de 97%, l'industrie manufacturière 2% et le transport routier 1% (CITEPA, 2006).

L'élevage et la culture sont les principaux sous-secteurs émetteurs (respectivement 76 et 20%)

La Bretagne représente environ 19 % des émissions nationales, en raison de sa forte concentration d'élevages, avec en 2005, plus de 2 millions de bovins, 8 millions de porcs (représentant 56% du cheptel français), et 70 millions de volailles (AGRESTE 2006).

Une conséquence locale de l'agriculture intensive et de l'apport d'azote est la prolifération d'algues vertes. Ces algues, nitrophiles, émettent de l'ammoniac en se décomposant. Ce phénomène est encore peu étudié. Aucune estimation des émissions n'a été déterminée.

II.1.2. Devenir de l'ammoniac dans l'environnement

L'ammoniac émis vers l'atmosphère retombe en partie à proximité du lieu d'émission. L'autre partie peut parcourir de longues distances, selon les conditions climatiques, avant de retourner à la biosphère sous forme de précipitations (Portejoie et al., 2002).

L'ammoniac gazeux a un temps de résidence relativement court dans l'atmosphère (de l'ordre de 4 à 5 jours) alors qu'il est établi que les particules contenant des sels d'ammonium ont un temps de résidence plus long et une dispersion plus grande.

II.1.3. Concentrations rencontrées

Pour les sites éloignés des infrastructures de transport et des zones d'activité agricole, un niveau de concentration de l'ordre de 0,3 – 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est usuellement observé. Ces valeurs représentent la concentration en ammoniac **d'écosystèmes non perturbés**. L'ammoniac y est produit par des sources naturelles, comme la végétation (Portejoie et al. 2002).

En **zone urbaine**, une concentration horaire maximale de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été relevée dans une ville de Bavière. (Löflund et al., 2002).

A Rennes, en **zone périurbaine**, des concentrations moyennes comprises entre 2,4 et 9,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et une concentration horaire maximale de 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées en 2002 (Levilly, 2003).

Des concentrations horaires comprises entre 164 et 248 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été relevées dans **un tunnel d'autoroute** en Suisse. (Thöni et al., 2003)

Les concentrations mesurées à proximité **d'activités agricoles** présentent une large gamme. Dans les régions d'agriculture extensive, la concentration en NH_3 est de l'ordre du microgramme par mètre cube (Thöni et al., 2003). Elle atteint fréquemment 30 à 60 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ en zone d'agriculture intensive (Roadman et al., 2003) et peut atteindre 1 000 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ à 50 mètres sous le vent d'un épandage de lisier (Glorennec et al., 2000). Des concentrations moyennes allant de 37 à 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans **les zones d'élevages les plus intensifs** ont été observées en été 2003 par Air Breizh dans le canton de Lamballe.

Enfin, les mesures effectuées à **l'intérieur des exploitations** révèlent des niveaux d'exposition bien supérieurs à ceux dans l'air ambiant, pouvant atteindre 20 mg/m^3 dans certains bâtiments hébergeant des volailles.

AIR BREIZH	Campagne de mesure à proximité de la plage de Saint Michel en Grèves du 21 juillet au 2 septembre 2005.	6/19 juillet 06 V3
-------------------	--	--------------------------

II.1.4. Effets sur la santé

Les principales parties de l'organisme exposées à l'ammoniac gazeux sont les voies respiratoires via l'inhalation, car la majeure partie de l'ammoniac est arrêtée au niveau des voies aériennes supérieures en raison de sa forte solubilité (Gloennec, 1998). Les autres modes d'exposition sont le derme et la muqueuse oculaire par contact direct. Avec l'humidité, l'ammoniac gazeux va se dissocier pour former l'hydroxyde d'ammoniaque NH_4OH , responsable de l'attaque caustique de la peau et des muqueuses.

Toxicité aiguë

L'exposition à de fortes concentrations d'ammoniac produit chez l'homme une irritation puis des lésions caustiques des muqueuses oculaires, des voies respiratoires et de la peau. Il est également connu pour être un neurotoxique, perturbant la transmission de l'influx nerveux.

Toxicité chronique

L'exposition répétée ou prolongée à l'ammoniac peut favoriser l'apparition d'infections broncho-pulmonaires et est incriminée dans l'apparition de certaines maladies (asthme, bronchites chroniques) aussi bien chez l'homme que chez l'animal.

Relation entre le niveau d'exposition à l'ammoniac et les effets toxiques sur l'homme (INERIS, 1999)

Concentrations		Effets	Durée d'exposition	Sources
mg.m ⁻³	Ppm			
0,1	0,15	Concentration de référence (pas de risque)	Toute la vie	US EPA
0,36	0,5	MRL	< 14 j	ATSDR
0,22	0,3	Minimal Risk Level	> 14 j	
3,5	5	Odeur perceptible par certains individus		EFMA-IFA 90
18	25	Odeur perceptible par la plupart des individus V.M.E	Valeur moyenne d'exposition 8 h	INRS 92
36	50		Valeur Limite d'exposition 15 min.	INRS 92
35 - 70		Irritation perceptible par la plupart des individus, au niveau des yeux.	Tolérable jusqu'à 2 h pour les personnes non habituées.	
87 - 100	125 - 142	Irritation nasale et des voies respiratoires	1 h	EFMA-IFA 90
140	200	Maux de tête, nausée		EFMA-IFA 90
3500 - 8400	5000 - 12000	Spasme respiratoire, Asphyxie, mortel	Quelques minutes	OMS

II.1.5. Effets sur l'environnement

L'ammoniac, de par le caractère acido-basique du couple ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$) peut, soit neutraliser en partie l'acidité créée par d'autres espèces chimiques, soit contribuer à l'acidification des retombées (« pluies acides »). L'un des impacts principaux de l'ammoniac atmosphérique est l'acidification des sols et des eaux.

AIR BREIZH	Campagne de mesure à proximité de la plage de Saint Michel en Grèves du 21 juillet au 2 septembre 2005.	7/19 juillet 06 V3
-------------------	--	-----------------------------------

II.2. LE SULFURE D'HYDROGENE

Le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore d'odeur fétide caractéristique de l'œuf pourri.

II.2.1. Sources de sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) est un biogaz issu de la dégradation anaérobie de la matière organique (réduction des sulfates). Il est produit naturellement par certaines bactéries (*Desulfovibrio*, *Desulfomonas*) dans des sols humides et marécageux.

Le H₂S est surtout produit par les usines de production de pâte à papier (procédé Kraft) et le raffinage et cracking de pétroles riches en soufre, vulcanisation du caoutchouc, fabrication de la viscosse...

Les algues vertes en pourrissant émettent elles aussi du sulfure d'hydrogène, à des quantités encore inconnues.

II.2.2. Devenir du sulfure d'hydrogène dans l'environnement

Le sulfure d'hydrogène est un gaz relativement stable dans l'air qui va être éliminé de l'atmosphère au bout de quelques jours soit par dépôt sec, soit par dépôt humide en se solubilisant dans les gouttes d'eau de pluie. Il peut ensuite être oxydé en sulfate (SO₄²⁻) grâce à l'intervention de bactéries du genre *Thiobacillus*.

II.2.3. Concentrations rencontrées

Selon l'Organisation Mondiale pour la Santé, la concentration moyenne en H₂S dans l'air ambiant à la surface du globe peut être estimée à 0,3 µg/m³. Une étude menée à Londres sur 2,5 ans a montré que les niveaux observés étaient généralement inférieurs à 0,15 µg/m³ (OMS, 1981).

En 2004, les niveaux moyens d'H₂S mesurés par l'ORAMIP (Observatoire Régional de l'Air en Midi-Pyrénées) à proximité de l'usine de papier Kraft Tembec à Saint-Gaudens (31) sont de 2 µg/m³ (valeur maximale de 225 µg/m³ sur un quart d'heure).

II.2.4. Effets sur la santé

Les effets observés sont essentiellement liés aux propriétés irritantes et asphyxiantes de ce gaz. Le tableau ci-dessous reprend les principales relations dose-effets rapportées dans la littérature. Les données sont issues de la fiche toxicologique de H₂S publiée par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles) et du rapport de l'OMS sur les valeurs de référence de certains composés dans l'air ambiant.

Le sulfure d'hydrogène peut être particulièrement dangereux en espace clos. Plus lourd que l'air, sa concentration peut être élevée en présence de cavité, trou ou dénivellement. Plusieurs décès ont ainsi été observés chez les égoutiers, suite à une exposition au sulfure d'hydrogène.

Relation entre le niveau d'exposition à H₂S et les effets toxiques sur l'homme (OMS, 2000)

Concentrations mg.m ⁻³	Effets
15-30	Irritation des yeux
70-140	Atteinte oculaire sérieuse
210-350	Perte de l'odorat
450-750	Œdème pulmonaire avec risque de décès
700-1400	Forte stimulation du système nerveux central perte de conscience, convulsion, décès
1400	Décès immédiat (asphyxie)

Par ailleurs, l'OMS recommande que l'exposition à la population n'excède pas 7 µg/m³ sur une demi-heure, pour des raisons de nuisances olfactives et 0,15 mg/m³ sur 24 heures pour des raisons de santé publique.

II.2.5. Effets sur l'environnement

Mises à part les odeurs, le sulfure d'hydrogène n'a pas d'effet comme tel sur l'environnement. Il pourrait avoir un effet corrosif à des concentrations beaucoup plus élevées que celle mesurées habituellement dans l'air ambiant.

III. PRESENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURE

III.1. PERIODE DE MESURE

La campagne de mesure a été menée du 21 juillet au 2 septembre 2005, pendant la période de développement des algues (de mi-avril à mi-septembre), les températures élevées et l'ensoleillement favorisant l'activité photosynthétique.

III.2. SITE DE MESURE

La baie de Lannion (côtes d'Armor) fait partie des zones les plus touchées par les algues vertes. Située au cœur de la baie de Lannion, la baie de la Lieue de Grève s'étend sur trois communes : Saint-Michel-en-Grèves, Treduder et Plestin-les-Grèves (plage de Saint-Efflam).

Le laboratoire mobile a été installé sur la commune de Saint-Michel-en-Grèves, sur le parking de Roscoat, à une dizaine de mètres de la plage (à l'est de la baie de Lannion). Le cumul des surfaces couvertes par les ulves a dépassé 400 hectares à Saint-Michel-en-Grèves en 2005 (surface d'algues échouées et flottant en bas de plage), comme en 2004.



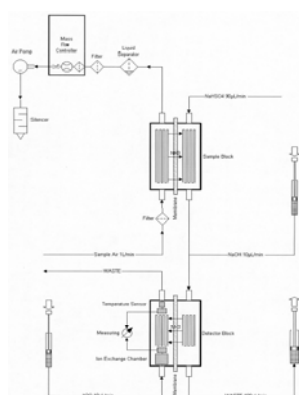
III.3. PRINCIPES DE MESURES

Mesure de l'ammoniac (NH_3)

L'AiRRmonia est un appareil développé depuis octobre 2001 par la société hollandaise Mechatronics.

Principe : l'ammoniac est récupéré par l'intermédiaire d'une membrane spécifique à ce gaz. Dans un premier temps, toutes les molécules gazeuses à échantillonner sont solubilisées dans une solution absorbante acide ($NaHSO_4$ à $0,002 \text{ mol.L}^{-1}$). L'ammoniac est capturé sous forme d'ions ammonium. La solution absorbante est ensuite basifiée par une solution de soude à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$, puis mise en contact avec une seconde membrane spécifique à l'ammoniac. L'ammoniac, reformé par basification, traverse cette membrane et est collecté dans une solution d'eau ultrapure. Cette solution va alimenter une cellule de mesure conductimétrique qui va permettre la quantification des ions ammonium et par conséquent de l'ammoniac.

AiRRmonia



Mesure du sulfure d'hydrogène (H_2S)

L'appareil utilisé pour la mesure de H_2S est un analyseur classique de dioxyde de soufre (SO_2), modèle AF21M, utilisé traditionnellement dans les réseaux de mesure de la qualité de l'air, auquel est ajouté un module spécifique. Le rôle de ce module (CH2S) est d'éliminer le SO_2 contenu dans l'air prélevé. L'échantillon passe ensuite dans un convertisseur haute température (340°C) afin d'oxyder le H_2S en SO_2 . Le SO_2 ainsi produit est mesuré par fluorescence-UV au sein de la cellule de mesure de l'AF21M.



Principe : Les molécules de SO_2 sont excitées sous l'action d'un rayonnement UV intense et constant ($\lambda = 214 \text{ nm}$). Le dioxyde de soufre revient très rapidement à son état initial en émettant un rayonnement UV de longueur d'onde supérieure (entre 320 et 380 nm) à celle du rayonnement d'excitation. Un photomultiplicateur permet de calculer la concentration en SO_2 . La mesure à 90° par rapport au rayonnement envoyé est proportionnelle à la concentration de SO_2 présente dans la chambre de réaction.

Durant la période de mesure, les analyseurs d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène ont été calibrés à deux reprises.

Les données brutes sont des données quart horaire, agrégées à partir de mesures réalisées toutes les trente secondes.

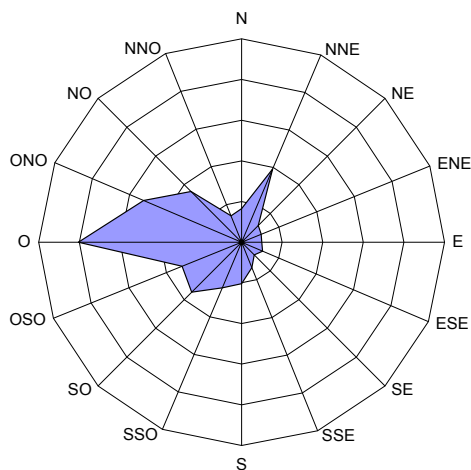
L'exploitation des résultats est basée sur des données horaires.

IV. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

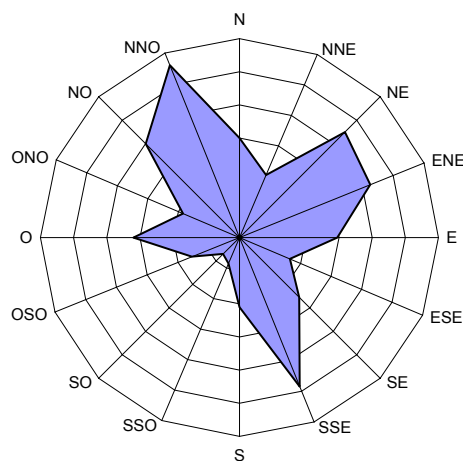
D'après les données départementales de Météo France, la dernière décade du mois de juillet est caractérisée par des températures douces conformes aux normales saisonnières, et de fortes précipitations sur l'ouest des Côtes d'Armor. Dès le début du mois d'août, la tendance climatique s'inverse, un régime anticyclonique s'établit durablement favorisant une forte insolation et peu de précipitation. Les températures restent néanmoins fraîches pour la saison.

La campagne s'est déroulée sous des vents dominants de secteurs Sud-Ouest à Nord-Ouest. Le secteur Nord-Nord-Est est également bien représenté avec près de 10% des observations. La vitesse des vents est majoritairement comprise entre 2 et 6 m/s.

*Rose des vents du 21/07/05 au 02/09/05
réalisée par Air Breizh à partir des données
de la station de Lannion de Météo France*



*Rose des vents du 21/07/05 au 02/09/05
réalisée par à partir des données
du laboratoire mobile d'Air Breizh*



Pendant la campagne de mesure, les vents dominants sont de secteur ouest à la station Météo France de Lannion. Au niveau du laboratoire mobile, l'orientation est tout autre, avec des vents majoritairement de nord-nord-ouest, nord-est, est-nord-est et sud-sud-est. Cette variation peut être due au phénomène de brise de mer et de terre, mais aussi à une topologie d'installation différente, une exposition limitée du laboratoire mobile par rapport à la station de Météo France (présence d'écrans, relief, végétation, bâtiments, courants d'air.....).

V. RESULTATS

V.1 L'AMMONIAC

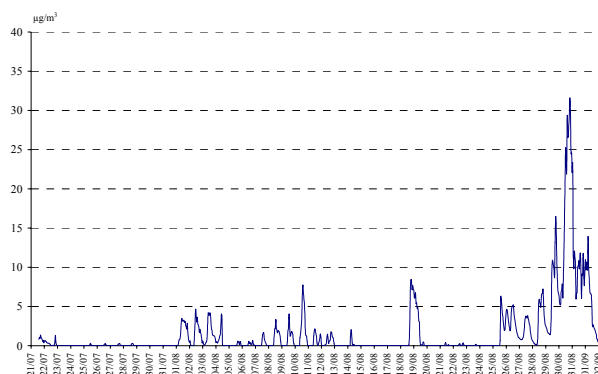
Moyenne	1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Médiane	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum horaire	31,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 30 août à 20h
Maximum journalier	18,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 30 août 2005

Intervalle de concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fréquence	
	Nombre de données (horaires)	%
[0;2]	826	80,4
]2;4]	75	7,3
]4;6]	39	3,8
]6;8]	32	3,1
]8;10]	20	1,9
]10;12]	14	1,4
]12;14]	4	0,4
]14;16]	2	0,2
]16;18]	1	0,1
]18;20]	0	0,0
]20;22]	1	0,1
]22;24]	3	0,3
]24;26]	4	0,4
]26;28]	2	0,2
]28;30]	4	0,4
]30;32]	1	0,1

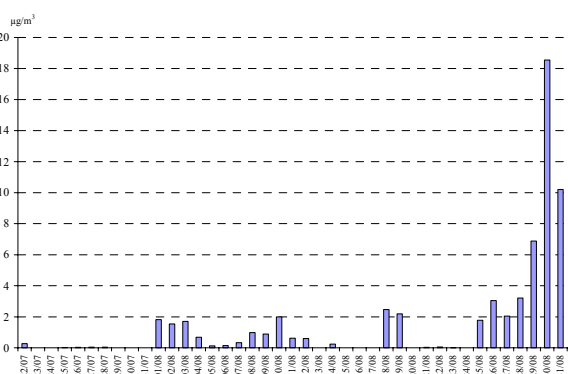
La concentration moyenne en ammoniac est égale à 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la campagne.

80% des données horaires sont inférieurs à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concentrations horaires en NH_3

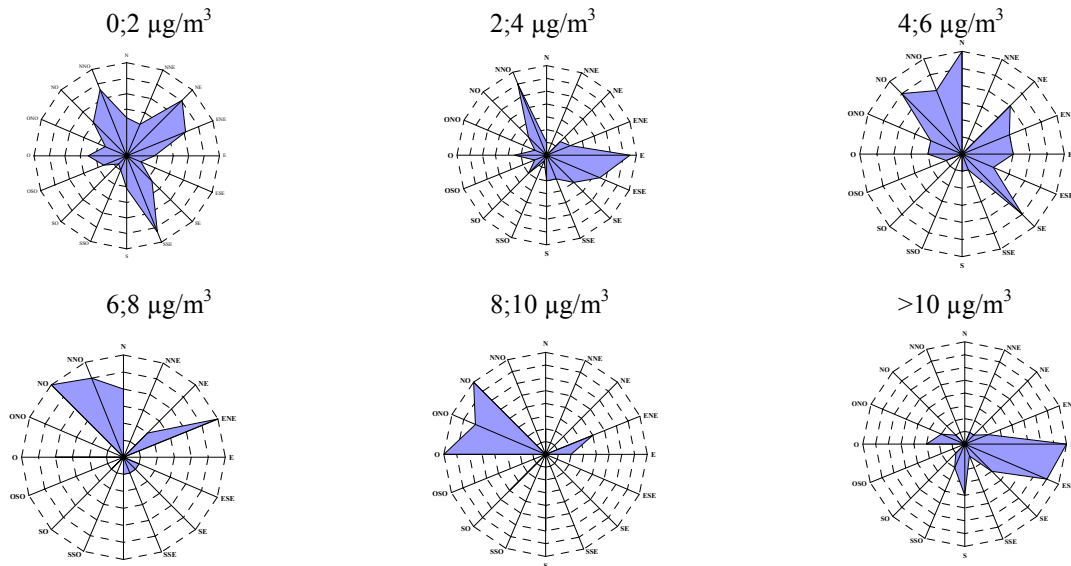


Concentrations journalières en NH_3



Les concentrations les plus élevées (>10 µg/m³) sont relevées sur la période allant du 28 août au 1^{er} septembre, majoritairement sous des vents de secteurs est et est-sud-est.

Orientation du vent en fonction des intervalles de concentrations (données Air Breizh)



La fin du mois d'août est caractérisée par une élévation des températures.

Les concentrations maximales sont mesurées le mardi 30 août (moyenne journalière de 18,5 µg/m³ et concentration horaire maximale de 31,6 µg/m³).

Le 30 août correspond à la journée la plus chaude de la campagne (température horaire maximale de 27,5°C, vents de secteurs nord-est à sud-est).

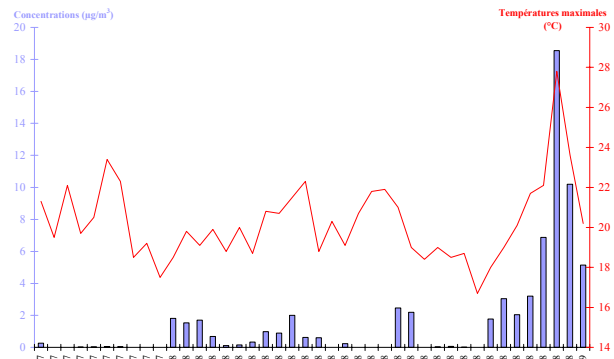
Bien que cette journée corresponde également au plus gros ramassage d'algues (135 m³), aucune corrélation n'a pu être conclue entre les concentrations en NH₃ et les ramassages.

Les concentrations en ammoniac sont encore relativement élevées le 31 et le 1^{er}, alors que les algues ont été ramassées le 30.

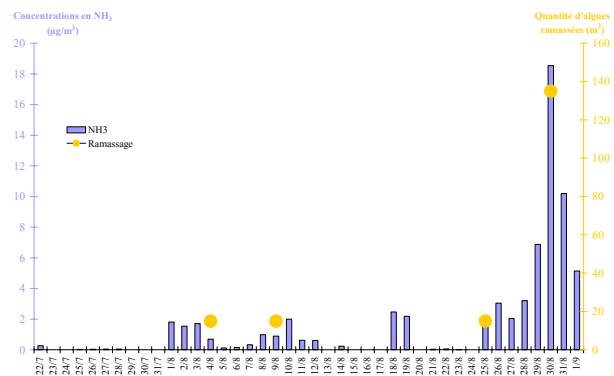
Le laboratoire mobile n'était pas forcément sous le vent lors de ces opérations, la majorité des ramassages ayant été effectuée sous vent d'est.

Remarque : Les coefficients de marées, faibles du 26 au 30 août, sont en baisse sur cette période (passant de 65 à 28 cm). Les algues se sont donc déposées à chaque marée. Non rejointes par la marée suivante, elles sont mortes en séchant en surface et en se décomposant en dessous, évolution accentuée par les fortes chaleurs.

Concentrations journalières en NH₃ et températures maximales journalières (données Météo France)



Concentrations journalières en NH₃ Et ramassages d'algues (dates et quantités)



Profil moyen journalier en ammoniac pendant la campagne

Les concentrations atmosphériques, minimales durant la nuit, augmentent au cours de la matinée pour être maximales tout au long de l'après-midi. Elles se mettent à baisser à partir de 20 heures TU.

*Comparaison des résultats avec des valeurs de référence*

• Les concentrations en ammoniac observées en 2005 sont faibles, du même ordre de grandeur que les niveaux mesurés à Rennes en 2002, en zone périurbaine. Elles sont bien inférieures aux concentrations enregistrées sur le canton de Lamballe en 2002 et 2003 (zone d'élevages intensifs).

Tableau récapitulatif des campagnes de mesure d'ammoniac en Bretagne depuis 2002

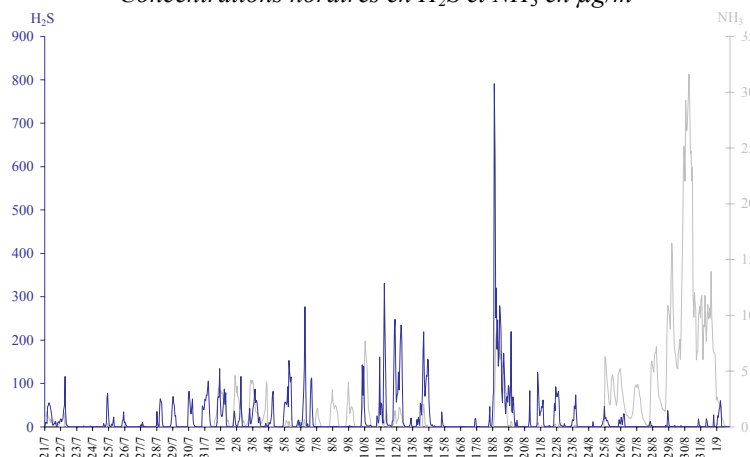
Site de mesure	Concentration NH ₃ (µg/m ³)			Période	Type de site
	Moyenne	Max	Min		
ENSC Rennes	2,4	8,9	0,4	13/04/02 21/05/02	Site périurbain
Clos Courtel	9,4	39,2	0,7	18/06/02 01/07/02	Site périurbain
Lamballe (parc)	11,9	103,7	0,4	03/06/02 10/06/02	Site périurbain
Lamballe (piscine)	13,2	123,9	2,1	10/06/02 17/06/02	Site périurbain
Maroué	76,2	327,7	4,3	27/05/02 03/06/02	Site rural
Maroué	77	327,7	17	19/08/03 02/09/03	Site rural
Lamballe (haras)	58,1	155,3	5,7	23/07/03 02/08/03	Site périurbain
Morieux	36,6	223,9	1,07	02/07/03 23/07/03	Site rural
Saint Michel en Grèves	1,6	31,6	0,0	21/07/05 02/09/05	Site Littoral

• Pour information, les concentrations mesurées en 2005 sur le site de Saint-Michel en Grèves sont **inférieures à la valeur toxicologique de référence de l'US-EPA** (agence de protection de l'environnement aux Etats-Unis) fixée à 100 µg/m³ (valable pour une durée d'exposition de toute une vie).

V.2. LE SULFURE D'HYDROGENE

L'ammoniac et le sulfure d'hydrogène présentent des profils de concentrations différents.

Alors que les concentrations les plus élevées en ammoniac sont observées sur la période du 28 août au 1^{er} septembre, les concentrations les plus élevées en H₂S sont relevées le 12, 18 et 19 août (avec des concentrations maximales le 18 : 134,4 µg/m³ en moyenne sur la journée et 790,8 µg/m³ en donnée horaire à 16 heures TU).

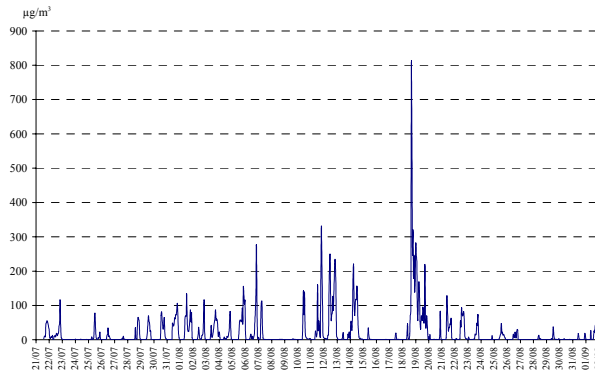
Concentrations horaires en H₂S et NH₃ en µg/m³

Moyenne	19,7 µg/m ³
Médiane	0,5 µg/m ³
Maximum horaire	790,8 µg/m ³ le 18 août à 16 heures
Maximum journalier	134,4 µg/m ³ le 18 août 2005

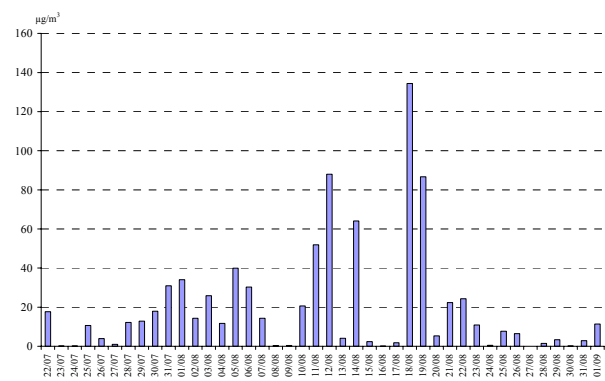
La valeur moyenne est nettement supérieure à la médiane. Cet écart révèle la présence de quelques données beaucoup plus élevées.

Intervalle de concentrations (µg/m ³)	Fréquences	
	Nombre de données (horaires)	%
[0;1]	581	56,5
]1;10]	167	16,2
]10;20]	61	5,9
]20;30]	33	3,2
]30;40]	21	2,0
]40;50]	27	2,6
]50;60]	28	2,7
]60;70]	24	2,3
]70;80]	15	1,5
]80;90]	12	1,2
]90;100]	7	0,7
]100;110]	3	0,3
]110;120]	9	0,9
]120;130]	4	0,4
]130;140]	7	0,7
]140;150]	2	0,2
]150;160]	3	0,3
]160;170]	4	0,4
]170;180]	2	0,2
]180;190]	0	0,0
]190;200]	1	0,1
> 200	17	1,7

Concentrations horaires en H₂S

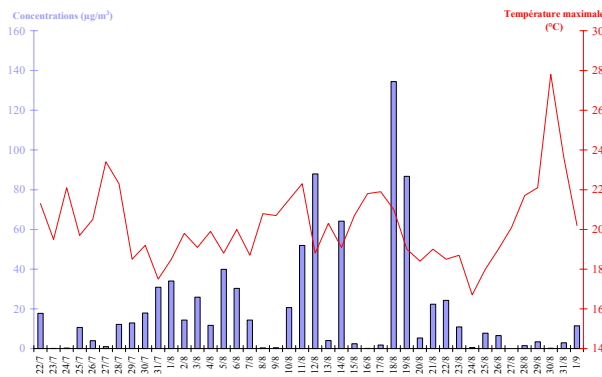


Concentrations journalières en H₂S



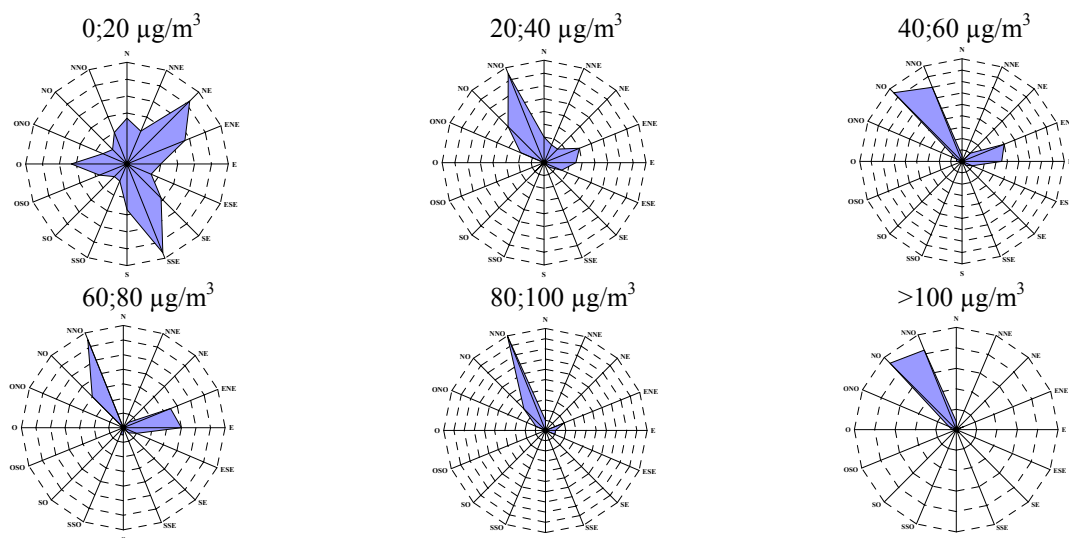
Contrairement à l'ammoniac, la hausse des niveaux de sulfure d'hydrogène dans l'air ne semble pas liée aux températures.

Concentrations journalières en H₂S et températures maximales journalières (Météo France - station de Lannion)



Les concentrations les plus élevées en ammoniac ont été observées sous des vents d'est et d'est-sud-est. Les niveaux les plus élevés en sulfure d'hydrogène sont quant à eux mesurés sous vent de nord-ouest, alors que le laboratoire mobile est sous le vent de la plage.

Orientation du vent en fonction des intervalles de concentrations mesurées (données Air Breizh)

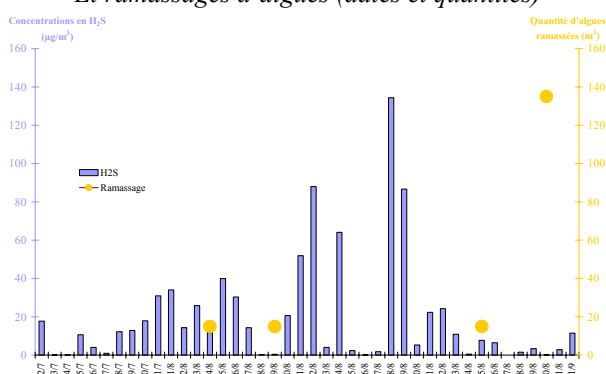


En effet, les concentrations élevées relevées le 12, 14, 18 et 19 août correspondent généralement à des vents forts de secteurs nord-ouest (supérieurs à 4 m/s)

Alors que les concentrations en ammoniac étaient en hausse du 28 au 30 août (période correspondant à une accumulation d'algues sur la plage et à des températures élevées), les concentrations en H₂S sont restées faibles sur cette période.

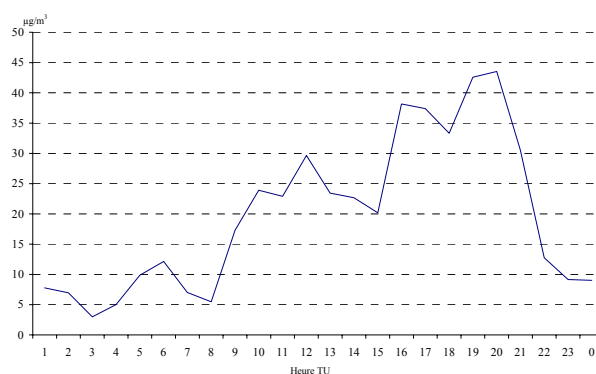
Aucune corrélation n'est observée entre les concentrations en H₂S observées au niveau du laboratoire mobile et les ramassages d'algues, le laboratoire mobile n'étant pas forcément sous le vent lors de ces opérations. La majorité des ramassages a été effectuée sous vent d'est pendant la campagne.

Concentrations journalières en H₂S Et ramassages d'algues (dates et quantités)



Profil moyen journalier en ammoniac pendant la campagne

Les concentrations atmosphériques, minimales durant la nuit, augmentent à partir de 8 heures, jusqu'à 12 heures TU. Après une légère baisse jusqu'à 15 heures, elles sont de nouveau en hausse jusqu'en soirée, maximales à 20 heures TU, puis chutent rapidement pour la nuit.



Comparaison des résultats avec des valeurs de référence

- La concentration moyenne en sulfure d'hydrogène est de 19,7 µg/m³. Cette valeur est particulièrement élevée par rapport à la concentration moyenne mesurée par l'ORAMIP sur le site fixe de Saint-Gaudens en Haute Garonne, à proximité d'une papeterie (2 µg/m³ en 2004).
- **Plus de 30% des données horaires** en H₂S sont **supérieures à 7 µg/m³**, valeur recommandée par l'OMS sur une demi-heure pour ne pas susciter de **gêne olfactive** (représentant un total de plus de 300 heures pendant la campagne). Ces dépassements peuvent être observés tout au long de la journée.
- Les concentrations journalières sont inférieures aux recommandations de l'OMS (150 µg/m³ sur 24 heures). Cependant, en moyenne glissante sur 24 heures, cette valeur de référence est dépassée le **19 août** avec une concentration sur 24 heures atteignant 191 µg/m³.

CONCLUSION

Le phénomène des « marées vertes » sur le littoral breton n'est pas récent. En effet, depuis une trentaine d'année, certaines plages bretonnes connaissent à partir du mois d'avril une prolifération d'algues vertes (ulves) qui viennent s'échouer sur l'estran.

Dans le cadre d'un programme d'étude de la pollution atmosphérique générée par la décomposition de ces algues, la DDASS des Côtes d'Armor a sollicité Air Breizh afin de réaliser des mesures d'ammoniac (NH_3) et de sulfure d'hydrogène (H_2S), deux gaz potentiellement émis lors de la putréfaction des ulves. Une campagne de mesure a été réalisée du 21 juillet au 2 septembre 2005 aux abords de la plage de Saint-Michel en Grèves (Côtes d'Armor), sur le parking de Roscoat, à l'est de la baie de Lannion.

- Les concentrations en ammoniac relevées durant la campagne de mesure sont faibles ($1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne). Les niveaux mesurés à Saint-Michel-en-Grèves sont du même ordre de grandeur que ceux observés à Rennes, en zone péri-urbaine.

Les niveaux les plus élevés sont observés à la fin du mois d'août, sur une période correspondant à des températures élevées et des vents de secteur est à est-sud-est. L'ammoniac mesuré ne proviendrait alors pas directement de la plage.

- Les concentrations en sulfure d'hydrogène sont élevées, $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne et $790 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration horaire maximale (relevée le 18 août à 16h TU). Ces valeurs sont nettement plus élevées que celles enregistrées par l'ORAMIP à proximité d'une usine de papier Kraft à Saint-Gaudens ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 2004).

Les concentrations les plus élevées sont observées sous des vents forts de secteurs nord-ouest, venant directement de la plage.

La valeur guide recommandée pour la gêne olfactive par l'OMS ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une demi-heure) a été dépassée plus de 300 heures pendant la campagne (représentant plus de 30% des mesures).

La valeur guide de l'OMS ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures) a été dépassée le 19 août ($191 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures).

- L'impact des opérations de ramassage sur les concentrations atmosphériques en polluants n'a pu être démontré, le laboratoire mobile n'étant généralement pas sous le vent de la plage pendant les manipulations d'algues qui ont généralement eu lieu sous vents d'est.

De même, les concentrations maximales en polluants sur la plage n'ont probablement pas été relevées, le laboratoire mobile n'étant pas forcément sous le vent de la plage lors des conditions optimales d'émissions de polluants.

Des mesures complémentaires pourraient être réalisées, simultanément à l'est et à l'ouest de la baie (entre la plage de Saint Efflam et la pointe de Plestin), pour être plus fréquemment sous le vent de la plage et étudier la qualité de l'air provenant de la plage sous vent d'est.

- Les données fournies dans ce rapport ont pour objectif d'améliorer les connaissances sur l'émission de certains polluants lors de la décomposition des algues vertes sur les plages. Bien que certaines valeurs toxicologiques de références soient mentionnées dans ce rapport, ce dernier ne constitue en aucun cas une évaluation de l'exposition des populations riveraines de la baie de Saint Michel en Grèves à l'ammoniac et au sulfure d'hydrogène. Les concentrations relevées ne peuvent donc pas être utilisées de manière brute pour une évaluation des risques sanitaires.

BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE, *Statistique Agricole Annuelle 2005*, N° 21, juin 2006.

CEVA, Rapport Prolittoral 2004, Centre d'Etudes et de Valorisation des Algues, Pleubian, 2004.

CITEPA, CORALIE format SECTEN mise à jour 23 février 2006

GLORENNEC P., Ammoniac atmosphérique en zone rurale et santé publique : éléments bibliographiques, 1998. CIRE Ouest.

GLORENNEC P., SAUVAGET G, JOUAN M., LE GOASTER C., CELLIER P., MORVAN T., GENERMONT S., LOUBET B., Bulletin épidémiologique hebdomadaire n° 32/2000, Evaluation du risque sanitaire lié aux expositions environnementales des populations à l'ammoniac atmosphérique en zone rurale.

INERIS, AMMONIAC, Essais de dispersion atmosphérique à grande échelle, 1999.

INRS, Fiche toxicologique n°32, Sulfure d'hydrogène, 1997.

LEVELLY, R., Contribution au développement d'un analyseur continu d'ammoniac atmosphérique. Mesures de concentrations en région Bretagne, thèse Université de Rennes 1, 136 p., 2003.

LOFLUND M., KASPER-GIEBL A., STOPPER S., URBAN H., BIEBL P., KIRCHNER M., BRAEUTIGAM S., PUXBAUM H., *Monitoring ammonia in urban, inner alpine and pre-alpine ambient air*. Institute of Analytical Chemistry, Vienna University of Technology, Wien, Austria J Environ Monit (2002 Apr), 4(2), 205-9.

OMS, Hydrogen Sulfide. Environmental Health Criteria n°19, Geneva, 1981.

ORAMIP, Rapport d'activité 2004, Toulouse, 2004.

OMS, Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, Copenhagen, 2000.

PORTEJOIE S., MARTINEZ J., LANDMANN G., *L'ammoniac d'origine agricole : impacts sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel*, 2002. INRA Prod. Anim., 15, 151-160.

ROADMAN, M. J., SCUDLARK, J. R., MEISINGER, J. J., ULLMAN, W. J., *Validation of Ogawa passive samplers for the determination of gaseous ammonia concentrations in agricultural settings*. 2003. Atmos. Environ. 37, 2317-2325.

THÖNI, L., SEITLER, E., BLATTER, A., NEFTEL, A., A passive sampling method to determine ammonia in ambient air, 2003. J. Environ. Monit., 5, 96-99.

Glossaire

AASQA	Association Agrée pour la Surveillance de la Qualité de l'air
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ATSDR	Agency for toxic substances and Disease Registry
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CO	Monoxyde de carbone
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
NaHSO ₄	hydrogénosulfate de sodium
NH ₃	Ammoniac
NO _x	Oxydes d'azote
O ₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
ORAMIP	Observatoire Régional de l'Air en Midi-Pyrénées
SO ₂	Dioxyde de soufre
US-EPA	Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis