

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

ETUDE

Algues vertes et qualité de l'air : Campagne de mesures sur la plage de la Grandville à Hillion

Du 3 juillet au 10 septembre 2008 - V1



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



Air Breizh
28 rue des Veyettes - 35000 Rennes
Tél. 02 23 20 90 90 - Fax 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation de l'ADEME, du Conseil Régional, et du Conseil Général des Côtes d'Armor

Diffusion

Air Breizh, en tant qu'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air, a pour obligation de communiquer ses résultats. Toutes ses publications sont accessibles sur www.airbreizh.asso.fr, dans la rubrique téléchargement.

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné t, caractérisé par des conditions climatiques propres.

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

Ce rapport d'étude est la propriété d'Air Breizh. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans son autorisation écrite. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.

Contribution

| Service Etudes | Service Technique | Validation |
|-------------------|--------------------------------|---------------|
| Bénédicte GUIRIEC | Joël GRALL Vincent ESNEAULT | Magali CORRON |

Sommaire

| | |
|--|----|
| Sommaire | 3 |
| Glossaire | 4 |
| I. Introduction..... | 6 |
| II. Présentation d'Air Breizh..... | 7 |
| II.1. Missions d'Air Breizh | |
| II.2. Réseau de surveillance en continu | |
| II.3. Moyens | |
| III. Polluants étudiés | 8 |
| III.1. Le sulfure d'hydrogène | |
| III.2. L'ammoniac | |
| IV. Présentation de la campagne de mesures | 10 |
| IV.1. Description du site de mesure | |
| IV.2. Dates de campagne | |
| IV.3. Techniques de mesures | |
| V. Résultats | 13 |
| V.1. Le sulfure d'hydrogène | |
| V.2. L'ammoniac | |
| VI. Conclusions | 20 |
| Références bibliographiques..... | 21 |
| Annexes : Orientation du vent en fonction des intervalles de concentrations horaires | 22 |

Glossaire

| | |
|-------------------------|---|
| AASQA | Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'air |
| ATSDR | Agency for toxic substances and Disease Registry |
| BTEX | Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes |
| CITEPA | Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique |
| CO | Monoxyde de carbone |
| Effets létaux | Effets correspondant à la survenue de décès chez la plupart des individus. |
| Effets réversibles | Effets correspondant à un retour à l'état de santé antérieur à l'accident. |
| Effets irréversibles | Effets correspondant à la persistance dans le temps d'une atteinte lésionnelle ou fonctionnelle, directement consécutive à une exposition en situation accidentelle (exposition unique et de courte durée ayant pour conséquence des séquelles invalidantes). |
| HAP | Hydrocarbures aromatiques polycycliques |
| 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 |
| INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques |
| MRLs | Minimal Risk Levels (ATSDR) : Estimation de la concentration d'exposition journalière à une substance chimique qui est probablement sans risque appréciable d'effets néfastes non cancérogènes sur la santé pour une durée spécifique d'exposition : aiguë (1 à 14 jours), subchronique (15 à 364 jours) et chronique (365 jours et plus). Les MRLs sont définis pour les effets non cancérogènes sur la base de données pertinentes permettant d'identifier l'organe cible et/ou les effets les plus sensibles pour la santé (définition INERIS) |
| 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 |
| Percentile x | Valeur respectée par x% des données de la série statistique considérée |
| PM10 | Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm |
| Quart-horaire | 15 minutes |
| RfC | Inhalation reference concentration (Concentration de référence de l'US-EPA) : Estimation (avec une certaine incertitude qui peut atteindre un ordre de grandeur) de l'exposition par l'inhalation continue d'une population humaine (y compris les sous-groupes sensibles) sans risque appréciable d'effets néfastes durant une vie entière. Exprimée en masse de substance par m ³ d'air inhalé (définition INERIS) |
| Seuil des effets létaux | Seuil correspondant à la concentration maximale de polluant dans l'air pour un temps d'exposition donné en dessous de laquelle, chez la plupart des individus, on n'observe pas de décès. |

| | |
|--------------------------------|--|
| Seuil des effets irréversibles | Seuil correspondant à la concentration maximale de polluant dans l'air pour un temps d'exposition donné en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets irréversibles. |
| SO ₂ | Dioxyde de soufre |
| TU | Temps universel |
| US-EPA | Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis |
| Valeur guide | Valeur minimale à partir de laquelle des effets sur la santé sont observés (OMS) |
| VLE | Valeur Limite d'Exposition : Concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant une durée maximale de 15 minutes, sans risque d'altération pour sa santé. Exprimé en mg/m ³ . (Ministère du Travail) |
| VME | Valeur Moyenne d'Exposition : Concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant une durée maximale de 8 heures, sans risque d'altération pour sa santé. Exprimé en mg/m ³ . (Ministère du Travail) |

I. Introduction

Chaque année, au printemps et en été, certaines côtes du littoral breton sont envahies par les algues vertes. Cette prolifération est favorisée par les apports excessifs en phosphore et en azote. Ces algues échouées se décomposent ensuite, entraînant de fortes nuisances visuelles et olfactives.

Les algues, en pourrissant, émettraient principalement du dioxyde de carbone, du sulfure d'hydrogène, du méthane et de l'ammoniac [1].

Afin de mieux appréhender l'exposition de la population à ces émanations, Air Breizh a réalisé des campagnes de mesures à Saint-Michel-en-Grève en 2005 et 2006, à proximité d'une plage envahie par les algues vertes, en partenariat avec la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Côtes d'Armor. Le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac, en raison de leur caractère toxique, ont fait l'objet de mesures en continu sur plusieurs mois d'été.

Ces deux campagnes ont révélé des niveaux particulièrement élevés en sulfure d'hydrogène (19,8 µg/m³ en moyenne en 2005 et 33,3 µg/m³ en 2006, avec une concentration horaire maximale de 1 492 µg/m³ et une concentration quart-horaire maximale de 3 408 µg/m³ en 2006). Des dépassements réguliers de la valeur guide de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive (fixée à 7 µg/m³ sur une demi-heure) ont été observés 30% du temps, ainsi que des dépassements ponctuels de la valeur guide relative à la santé humaine (fixée à 150 µg/m³ sur 24 heures) [2].

Les concentrations en ammoniac se sont avérées moins problématiques que celles du sulfure d'hydrogène pendant ces deux campagnes (égales à 1,6 µg/m³ en 2005 et 4,4 µg/m³ en 2006), malgré une hausse des niveaux et un impact accru des dépôts d'algues en 2006.

Les concentrations mesurées au niveau du camion laboratoire dépendent, non seulement du lieu d'implantation du laboratoire de mesure, des quantités d'algues échouées et de gaz émis, mais aussi de la topologie du site, de la fréquence de ramassage, ainsi que des conditions météorologiques, favorables ou non à la volatilisation et à la dispersion des polluants. Les niveaux relevés par Air Breizh à Saint-Michel-en-Grève ne peuvent donc pas être attribués à d'autres sites.

C'est pourquoi Air Breizh a souhaité poursuivre ses mesures sur d'autres plages. En été 2008, une campagne de mesure a été réalisée sur l'une des plages bretonnes les plus touchée par les marées vertes, la plage de la Grandville, à Hillion, dans les Côtes d'Armor.

Le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac ont été suivis en continu, du 3 juillet au 10 septembre 2008.

Ce rapport présente les résultats de la campagne de mesure.

II. Présentation d'Air Breizh

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

Ces organismes, agréés par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, ont pour missions de base la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils d'alerte et de recommandations.

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

Le réseau s'est régulièrement développé et dispose aujourd'hui de stations de mesure fixes dans douze villes bretonnes, ainsi que d'un camion laboratoire et de plusieurs cabines mobiles pour la réalisation de campagnes de mesures ponctuelles.

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

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

II.1. Missions

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

II.2. Réseau de surveillance en continu



II.3. Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte une dizaine de salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'un million d'euros, financé par l'Etat (via des subventions directes ou la réaffectation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes), les collectivités locales, les industriels, ainsi que par des prestations d'intérêt général et produits divers.

III. Polluants étudiés

Il existe très peu de données sur la nature et la quantité de gaz émis lors de la décomposition des algues vertes. Selon une synthèse bibliographique réalisée par l'Ecole Nationale de Santé Publique pour la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Côtes d'Armor [1], les algues, en pourrissant, émettraient principalement du dioxyde de carbone, du sulfure d'hydrogène, du méthane et de l'ammoniac. Seraient également émis dans une moindre mesure, des mercaptans, des aldéhydes, des cétones, et des substances intermédiaires comme le disulfure de carbone. Seul le sulfure d'hydrogène serait potentiellement dangereux pour la santé humaine. Air Breizh s'est intéressé à deux des principaux gaz émis, le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac, en raison de leur caractère toxique.

III.1. Le sulfure d'hydrogène (H₂S)

Le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur fétide caractéristique d'œufs pourris.

III.1.1. Sources d'émission

Ce gaz est un sous-produit naturel de la décomposition organique. Il peut également être émis par les usines de production de pâte à papier (procédé Kraft), raffinage et cracking de pétroles riches en soufre, vulcanisation du caoutchouc, fabrication de viscosse...

III.1.2. Devenir du sulfure d'hydrogène dans l'atmosphère

Le sulfure d'hydrogène, relativement stable dans l'air, est éliminé de l'atmosphère au bout de quelques jours, par dépôts secs ou par dépôts humides en se solubilisant dans les gouttes de pluie. Il peut ensuite être oxydé en sulfate (SO₄²⁻) sous l'intervention de bactéries.

III.1.3. Concentrations atmosphériques observées

La concentration en H₂S à la surface du globe est estimée en moyenne à 0,3 µg/m³ [3]. Les concentrations observées à proximité d'une usine de papier Kraft par l'ORAMIP sont de l'ordre de 2 à 3 µg/m³ en moyenne (maximum quart-horaire : 270 µg/m³ en 2006) [4]. Des concentrations moyennes de 19,8 et 33,3 µg/m³ ont été mesurées par Air Breizh à proximité d'une plage envahie par les algues vertes à Saint-Michel-en-Grève, en 2005 et 2006. Une concentration maximale de 1 492 µg/m³ sur 1 heure et 3 408 µg/m³ sur 15 minutes ont été relevées en 2006 [2].

III.1.4. Effets sur la santé, valeurs de référence

Exemples de relations dose/effet [4][5]

| Concentrations (µg/m ³) | Durée d'exposition | Effets |
|-------------------------------------|--------------------|---|
| 0,7-200 | < 1 minute | Seuil olfactif |
| 16 000-32 000 | Plusieurs heures | Irritation des yeux |
| 75 000-150 000 | > 1 heure | Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires |
| 225 000-300 000 | 2-15 minutes | Perte de l'odorat |
| 112 000 | 1 heure | Seuils d'effets irréversibles |
| 210 000 | 10 minutes | |
| 448 000 | 1 minute | |
| 521 000 | 1 heure | Seuils d'effets létaux |
| 963 000 | 10 minutes | |
| 2 129 000 | 1 minute | |

Valeurs de référence

| Valeurs de référence (définitions : voir glossaire, page 4) | | source |
|---|--|------------|
| RfC | 2 µg/m ³ | US-EPA |
| MRL | MRL aiguë : 98 µg/m ³ - MRL subchronique : 28 µg/m ³ | ATSDR |
| Valeurs guide | 7 µg/m ³ sur une demi-heure (nuisance olfactive) 150 µg/m ³ sur 24 heures (impact sur la santé) | OMS (2000) |
| VLCT | 14 000 µg/m ³ sur 15 minutes | INRS [6] |
| VME | 7 000 µg/m ³ sur 8 heures | |

III.2. L'ammoniac (NH₃)

III.2.1. Sources d'émission

La Bretagne représente environ 19% des émissions nationales d'ammoniac [7]. 98% de ces émissions proviennent du secteur de l'agriculture et de la sylviculture, les élevages (déjections animales) y contribuant à hauteur de 77% et les cultures (épandages de fertilisants minéraux) à hauteur de 20% [8]. Une des conséquences de l'agriculture intensive est la prolifération d'algues vertes, qui vont, elles aussi, émettre de l'ammoniac en se décomposant.

III.2.2. Devenir de l'ammoniac dans l'atmosphère

L'ammoniac, dont le temps de résidence dans l'atmosphère peut être de 4 à 5 jours, retombe en partie à proximité du lieu d'émission, mais peut aussi parcourir de longues distances [9].

III.2.3. Concentrations atmosphériques observées

Les niveaux observés dans **les écosystèmes non perturbés** (éloignés des activités humaines), sont de l'ordre de 0,3 à 3 µg/m³ [9].

En zone urbaine, des concentrations moyennes entre 2,4 et 9,4 µg/m³ ont été mesurées à Rennes en 2002, avec une concentration horaire maximale de 37 µg/m³ [10].

Les concentrations mesurées à proximité **d'activités agricoles** présentent une large gamme. De l'ordre du microgramme par mètre cube dans les régions d'agriculture extensive [11], elles s'élèvent à 30 ou 60 µg/m³ en zone d'agriculture intensive [12], atteignant jusqu'à 1 000 µg/m³ à 50 mètres sous le vent d'un épandage de lisier [13]. Des concentrations moyennes comprises entre 37 et 77 µg/m³ ont été mesurées dans le canton de Lamballe (zone d'élevages intensifs), en 2003 par Air Breizh [14].

Les niveaux moyens mesurés en étés 2005 et 2006 à **proximité d'une plage envahie par les algues vertes**, à Saint-Michel-en-Grève, sont respectivement de 1,6 et de 4,4 µg/m³, la concentration maximale horaire s'élevant à 33,5 µg/m³ en 2006 [2].

Les concentrations peuvent être beaucoup plus élevées dans certains bâtiments d'élevage, atteignant jusqu'à 20 000 µg/m³, dans des bâtiments hébergeant de la volaille.

Une étude réalisée **dans un tunnel d'autoroute** en Suisse a révélé des concentrations horaires comprises entre 164 et 248 µg/m³ [11].

III.2.4. Effets sur la santé, valeurs de référence

Exemples de relations dose/effet [15] [16]

| Concentrations (µg/m ³) | Durée d'exposition | Effets |
|-------------------------------------|--------------------|---|
| 2 700 – 35 000 | 10 minutes | Seuil olfactif |
| 115 000 | 30 minutes | Nuisance olfactive |
| 192 000 | 5 minutes | Larmolement, irritation oculaire, nasale, de la gorge |
| 248 000 | 1 heure | Effets irréversibles |
| 280 000 | Immédiat | Irritation de la gorge |
| 1 050 000 | 1 minute | Effets irréversibles |
| 2 380 000 | 1 heure | Mort |
| 3 337 000 | 30 minutes | Mort |

Valeurs de référence

| Valeurs de référence (définitions : voir glossaire, page 4) | source |
|---|---|
| RfC | 100 µg/m ³ US-EPA |
| MRL | MRL aiguë : 1 190 µg/m ³ ATSDR |
| VLCT | 14 000 µg/m ³ sur 15 minutes INRS [6] |
| VME | 7 000 µg/m ³ sur 8 heures |

IV. Présentation de la campagne de mesure

IV.1. Description du site de mesure

La campagne de mesure s'est déroulée dans la réserve naturelle de la Baie de Saint-Brieuc, à Hillion, dans les Côtes d'Armor.

Les mesures ont été réalisées au bord de la plage de la Grandville, vaste étendue de sable (avec un estran de plus de 5 kilomètres de long) traversée par la rivière du Gouessant.



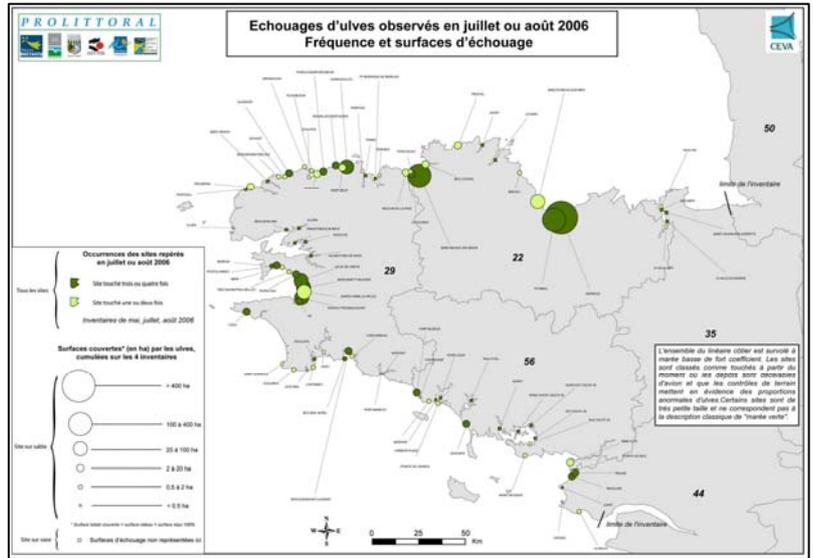
Le camion laboratoire a été installé au bord du parking situé à l'entrée de la plage, afin d'être au plus près et au plus bas par rapport à la plage, critère essentiel dans le choix du site, le sulfure d'hydrogène étant un gaz lourd. Le reste de la plage est bordée par des falaises.



La baie de Saint-Brieuc est l'un des sites les plus affectés par les échouages d'algues vertes en Bretagne [17].

Entre 3000 et 5000 tonnes d'algues sont ramassées chaque année à Hillion. A noter que 2008 a été une année remarquable en termes de quantité d'algues collectées (12 000 tonnes).

Les dépôts atteignent plusieurs dizaines de centimètres de hauteur par endroit, la zone la plus touchée se situant à l'ouest de la plage de la Grandville, à 200 mètres du laboratoire mobile.



1. Vue du camion laboratoire, plage traversée par le Gouessant.
2. Dépôts d'algues.
3. Extrémité Ouest de la plage.

IV.2. Dates de campagne

La campagne de mesure s'est déroulée du 3 juillet au 10 septembre 2008.

IV.3. Techniques de mesure

IV.3.1. Mesure du sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène est mesuré avec un analyseur classique de dioxyde de soufre (SO₂), modèle AF21M d'Environnement SA, auquel est ajouté un module spécifique (CH2S) qui élimine le SO₂ contenu dans l'air.

L'échantillon passe ensuite dans un convertisseur haute température (340°C) pour oxyder H₂S en SO₂.

Le SO₂ est ensuite mesuré par fluorescence-UV au sein de la cellule de mesure de l'AF21M. On en déduit ainsi la concentration en H₂S.



IV.3.2. Mesure de l'ammoniac

L'ammoniac est mesuré avec l'analyseur AiRRmonia de Mechatronics.

L'ammoniac contenu dans l'air diffuse à travers une membrane et est capté par une solution acide sous forme d'ions ammonium. Cette solution absorbante est ensuite basifiée et mise en contact avec une membrane spécifique à NH₃. NH₃ traverse cette membrane et est collecté dans une solution d'eau ultrapure.

Les ions ammonium sont ensuite quantifiés par conductimétrie. On en déduit ainsi la concentration en NH₃.



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

Les données brutes sont des données quart-horaires, agrégées à partir de mesures réalisées toutes les trente secondes pour l'analyseur d'H₂S et toutes les minutes pour l'AiRRmonia.

VII. Résultats

VII.1. Le sulfure d'hydrogène

VII.1.1. Résultats statistiques

Le taux de fonctionnement de l'analyseur de sulfure d'hydrogène est supérieur à 85% pendant la campagne de mesure.

La concentration moyenne en sulfure d'hydrogène est de 42,2 µg/m³ au niveau du camion laboratoire, teneur nettement plus élevée que celles mesurées à Saint-Michel-en-Grève lors des campagnes précédentes.

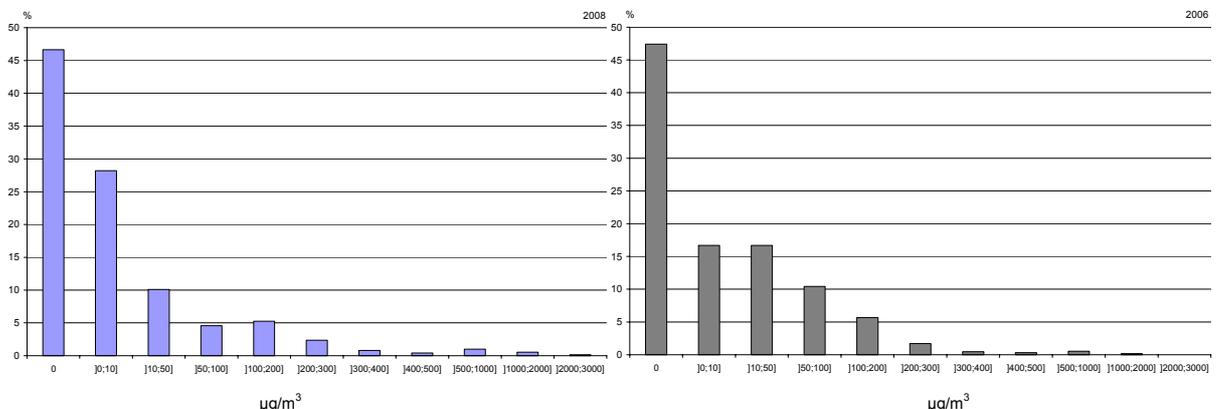
Cette hausse concerne principalement les données extrêmes, comme le montre l'évolution du percentile 98, qui est passé de 256 µg/m³ en 2006 à 408 µg/m³ en 2008 (Le percentile 98, qui caractérise les niveaux de pointe, correspond à la valeur dépassée par 2 % des données horaires).

La concentration quart-horaire maximale est, quant à elle, 1,1 fois plus élevée qu'en 2006, la concentration horaire maximale deux fois plus élevée, et la concentration moyenne sur 24 heures 3,8 fois plus élevées.

| | Eté 2005 | Eté 2006 | Eté 2008 |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Site | St-Michel-en-Grève | St-Michel-en-Grève | Hillion |
| Moyenne | 19,8 µg/m ³ | 33,3 µg/m ³ | 42,2 µg/m ³ |
| P50 ¹ (Médiane) | 1 µg/m ³ | 1 µg/m ³ | 1 µg/m ³ |
| P98 ¹ | 166 µg/m ³ | 256 µg/m ³ | 408 µg/m ³ |
| Maximum quart horaire | 1136 µg/m ³ | 3408 µg/m ³ | 3787 µg/m ³ |
| Maximum horaire glissant | 939,3 µg/m ³ | 1492,3 µg/m ³ | 2854 µg/m ³ |
| Maximum horaire non glissant | 790,8 µg/m ³ | 1249,0 µg/m ³ | 2554 µg/m ³ |
| Maximum journalier | 134,4 µg/m ³ | 155,0 µg/m ³ | 595 µg/m ³ |
| Maximum sur 24 h glissant | 190,3 µg/m ³ | 181,2 µg/m ³ | 684 µg/m ³ |

VII.1.2. Répartition des données par intervalles de concentrations

La comparaison de la répartition des données horaires par classe de concentrations en 2006 et 2008 corrobore le fait que la hausse de la concentration moyenne n'est pas due à une élévation générale des concentrations, mais essentiellement à une augmentation du nombre de données élevées.



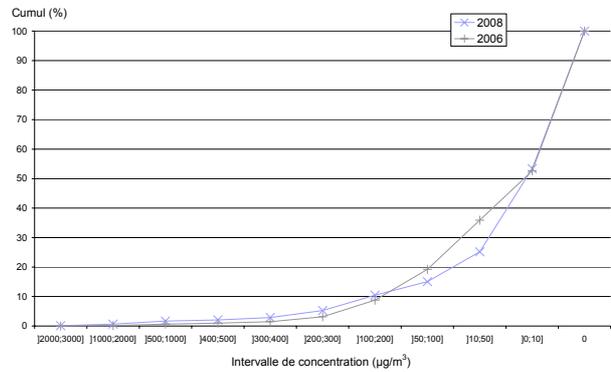
¹ Percentiles calculées sur la base des données horaires

En effet, à Hillion, 75% des données sont inférieures à 10 µg/m³, contre 64% en 2006. Le pourcentage de données supérieures à 1000 µg/m³ est trois fois plus élevé à Hillion qu'à Saint-Michel-en-Grève.

Fréquence par classe de concentration

| | % | |
|-------------|------|------|
| | 2008 | 2006 |
| 0 | 46,6 | 47,4 |
|]0;10] | 28,2 | 16,7 |
|]10;50] | 10,1 | 16,7 |
|]50;100] | 4,6 | 10,4 |
|]100;200] | 5,2 | 5,7 |
|]200;300] | 2,4 | 1,7 |
|]300;400] | 0,8 | 0,5 |
|]400;500] | 0,4 | 0,3 |
|]500;1000] | 1,0 | 0,5 |
|]1000;2000] | 0,5 | 0,2 |
|]2000;3000] | 0,1 | 0,0 |

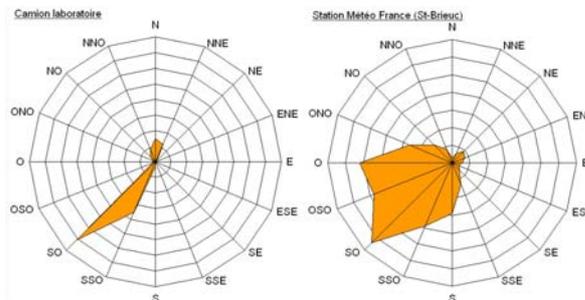
Fréquence cumulée



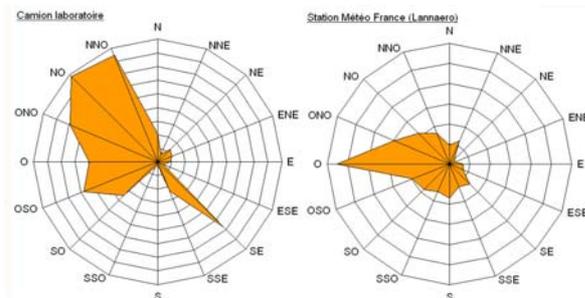
VII.1.3. Concentrations et orientation des vents

Contrairement à Saint-Michel-en-Grève où l'orientation du vent était marquée par les phénomènes de brises de mer [2], l'effet de brise n'a pas été ressenti au niveau du camion laboratoire, à Hillion. La rose des vents déterminée par Air Breizh se caractérise par des vents dominants de sud-ouest, à l'instar de la station la plus proche de Météo France (station de Saint-Brieuc) sur la même période.

Campagne 2008 à Hillion : Roses des vents du 3 juillet au 10 septembre 2008



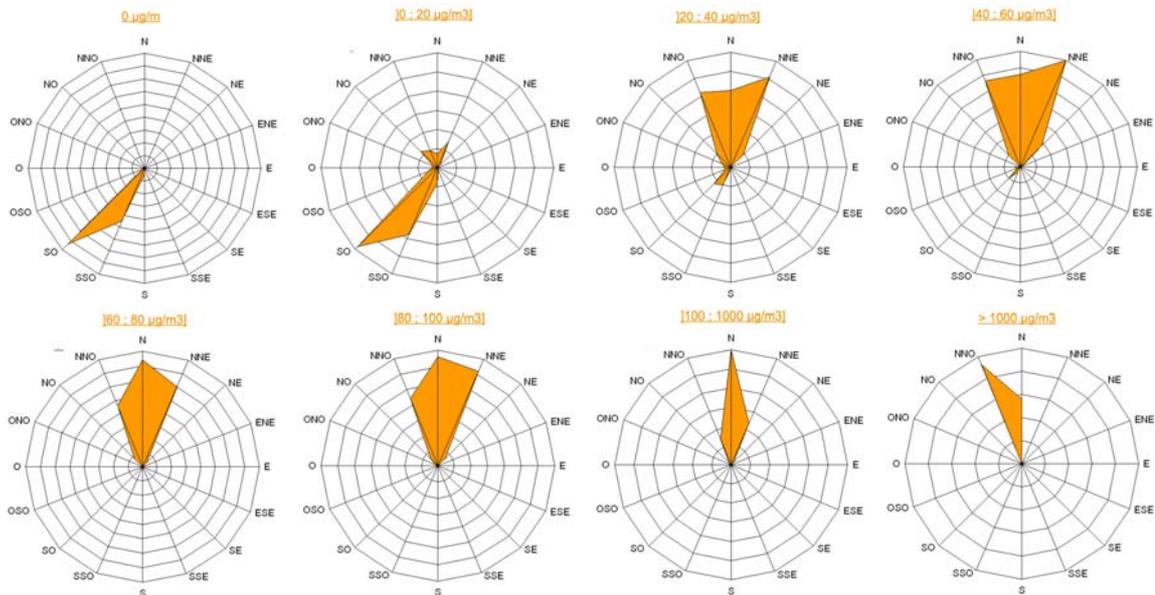
Campagne 2006 à Saint-Michel-en-Grève : Roses des vents du 20 juillet au 13 septembre 2006



Le camion laboratoire a été moins exposé aux vents de la plage à Hillion qu'il ne l'était à Saint-Michel-en-Grève. Celui-ci a été soumis à des vents de sud-ouest et de sud-sud-ouest, vents de terre, pendant 67% de la campagne. Ces vents correspondent essentiellement à des mesures de concentrations inférieures à 20 µg/m³, comme le montrent les roses des vents par classe de concentrations, présentées page suivante.

Or les concentrations les plus élevées ne sont observées, en toute logique, que sous vents de secteurs nord-nord-ouest à nord-nord-est, lorsque le camion est exposé aux vents de la plage.

Roses des vents par classe de concentrations en sulfure d'hydrogène
(données horaires Air Breizh)



(La répartition des concentrations en fonction de l'orientation des vents est détaillée en annexe).

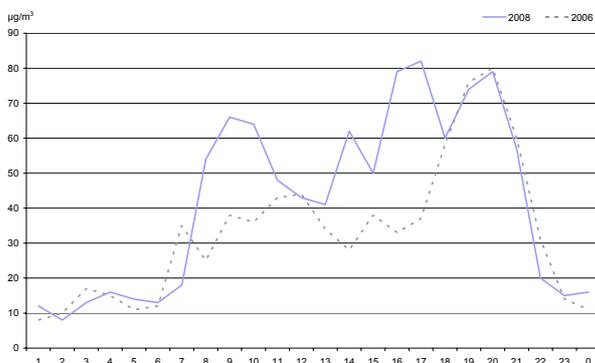
Lors de la campagne de mesure, la sous-estimation des concentrations atmosphériques en sulfure d'hydrogène sur la plage est plus importante à Hillion qu'elle ne l'était à Saint-Michel-en-Grève, en raison de l'orientation des vents. On peut supposer que les concentrations sur la plage de la Grandville sont nettement supérieures à celles de la plage de Saint-Michel-en-Grève.

VII.1.4. Profil moyen journalier pendant la campagne

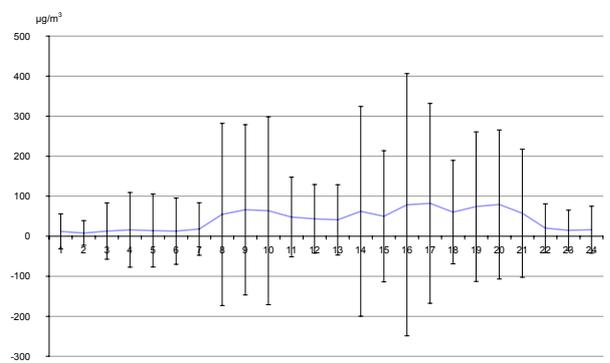
Les concentrations en H₂S sont minimales la nuit, voisines de celles relevées à Saint-Michel-en-Grève en 2006. Elles sont plus élevées en journée, avec une première hausse à 7h TU (9 heures, heure locale), puis à 16h TU (18 heures, heure locale). En soirée, elles sont de nouveau en hausse, équivalentes à celles mesurées à Saint-Michel-en-Grève à la même heure.

Cependant, ces hausses, qui sont principalement dues à la présence de quelques données extrêmes, sont à relativiser, comme le montre la prise en compte des écarts types.

Profil moyen journalier



Profil journalier : moyenne et écarts types



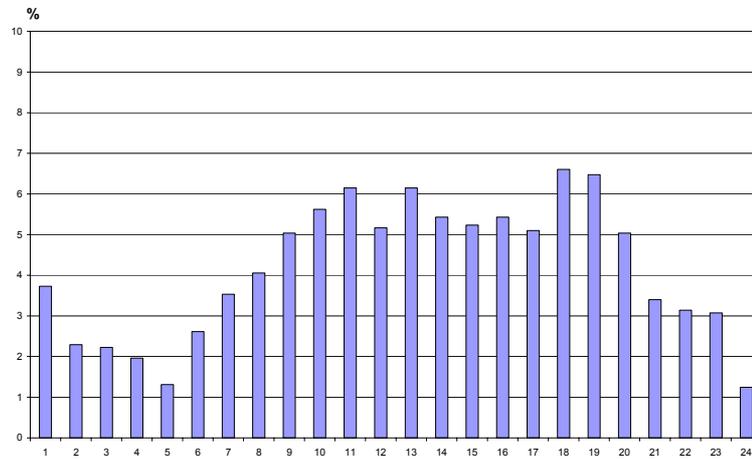
VII.1.5. Dépassement des valeurs guide de l'OMS

Bien que le camion laboratoire soit moins exposé aux vents de la plage à Hillion qu'à Saint-Michel-en-Grève, des dépassements réguliers des valeurs guide de l'OMS sont observés.

La valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive (7 µg/m³ sur une demi-heure) est dépassée 27% du temps. Les dépassements, observés quelle que soit l'heure de

la journée, sont néanmoins plus nombreux entre 9 h et 20 h TU (calcul basé sur les données quart-horaires). A noter que lorsque le camion laboratoire est exposé aux vents de la plage (vents de nord-ouest à nord-est), 77% des données quart-horaires sont supérieures à 7 µg/m³.

Répartition des dépassements selon l'heure de la journée



Des dépassements de la valeur de recommandation de l'OMS (150 µg/m³ sur 24 heures), sont également observés :

- en juillet : le 20, 21, 22, 26 et 27 juillet (durées des dépassements de 7 à 23 heures, avec une valeur maximale sur 24 heures de 248 µg/m³),
- en août, pendant 43 heures, du 21 au 23 août, avec une concentration moyenne sur 24 heures atteignant 684 µg/m³, principalement due à quelques données extrêmes, alors que le camion était exposé à des vents de la plage de plus de 4 m/s.

VII.2. L'ammoniac

VII.2.1. Résultats statistiques

Le taux de fonctionnement de l'analyseur d'ammoniac est supérieur à 85% pendant la campagne de mesure.

La concentration moyenne en ammoniac est de 9,5 µg/m³, au niveau du camion laboratoire, teneur nettement plus élevée que celles observées à Saint-Michel-en-Grève lors des campagnes précédentes.

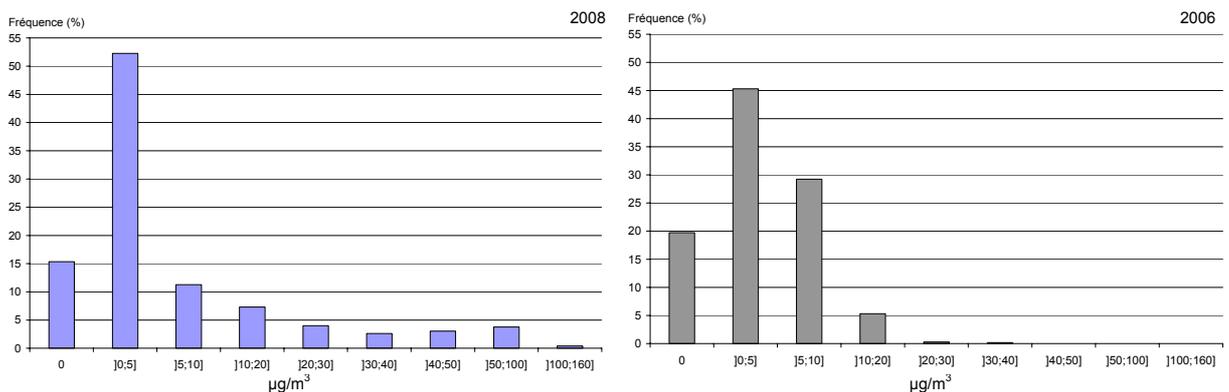
Cette hausse concerne principalement les niveaux de pointe, comme le montre la valeur du percentile 98 (valeur dépassée par 2% des données horaires), passant de 15 µg/m³ en 2006 à 68 µg/m³ en 2008, alors que la médiane est passée de 4 à 3 µg/m³.

La concentration quart-horaire maximale est 4,2 fois plus élevée qu'en 2006, la concentration horaire 4,8 fois plus élevée et la concentration moyenne sur 24 heures 3,6 fois plus élevée.

| | 2005 | 2006 | 2008 |
|------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Site | St-Michel-en-Grève | St-Michel-en-Grève | Hillion |
| Moyenne | 1,6 µg/m ³ | 4,4 µg/m ³ | 9,5 µg/m ³ |
| P50 ² (Médiane) | 0 µg/m ³ | 4 µg/m ³ | 3 µg/m ³ |
| P98 ² | 12 µg/m ³ | 15 µg/m ³ | 68 µg/m ³ |
| Maximum quart horaire | 34 µg/m ³ | 44 µg/m ³ | 186 µg/m ³ |
| Maximum horaire glissant | 31,6 µg/m ³ | 33,5 µg/m ³ | 160 µg/m ³ |
| Maximum horaire non glissant | 31,6 µg/m ³ | 33 µg/m ³ | 160 µg/m ³ |
| Maximum journalier | 18,5 µg/m ³ | 16 µg/m ³ | 57 µg/m ³ |
| Maximum sur 24 h glissant | 20,3 µg/m ³ | 16,5 µg/m ³ | 60 µg/m ³ |

VII.2.2. Répartition des données par intervalles de concentrations

La comparaison de la répartition des données horaires par classe de concentrations en 2006 et 2008 confirme le fait que la hausse de la concentration moyenne est principalement due au nombre plus important de données élevées. Ainsi, plus de 7% des données sont supérieures à 40 µg/m³ en 2008, alors que cette concentration n'avait pas été atteinte à Saint-Michel-en-Grève.

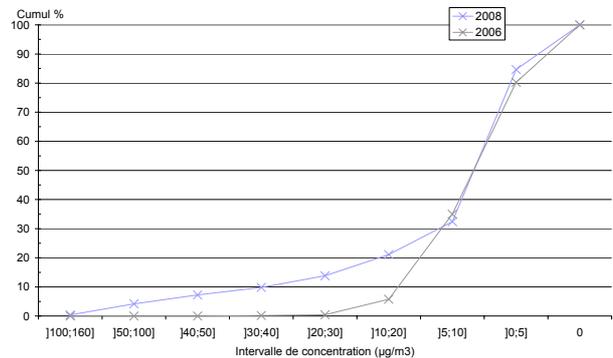


² Percentiles calculées sur la base des données horaires

Fréquence par classe de concentration

| | % | |
|-----------|------|------|
| | 2008 | 2006 |
| 0 | 15,3 | 19,7 |
|]0;5] | 52,3 | 45,3 |
|]5;10] | 11,3 | 29,2 |
|]10;20] | 7,3 | 5,3 |
|]20;30] | 4,0 | 0,3 |
|]30;40] | 2,6 | 0,2 |
|]40;50] | 3,0 | 0,0 |
|]50;100] | 3,8 | 0,0 |
|]100;160] | 0,4 | 0,0 |

Fréquence cumulée



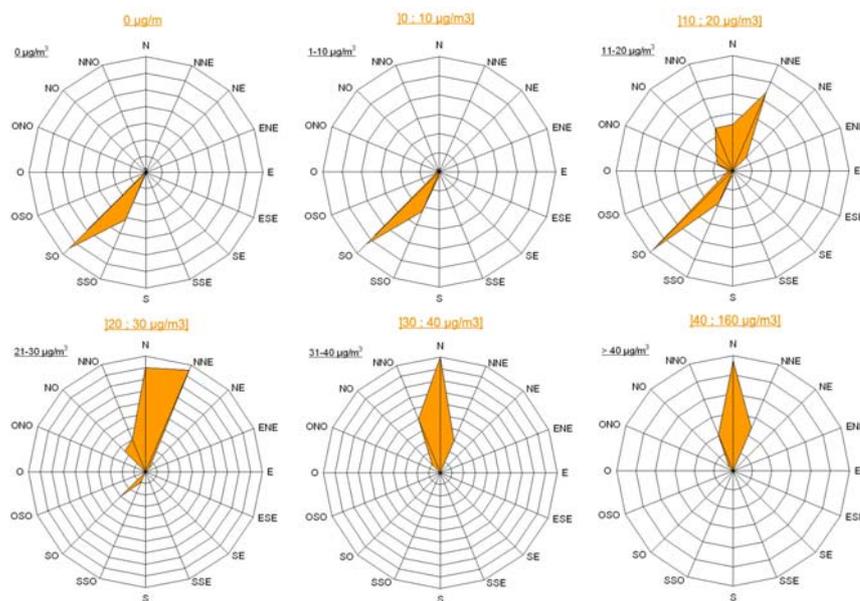
VII.2.3. Concentrations et orientation des vents

Le camion laboratoire a été moins exposé aux vents de la plage à Hillion qu'il ne l'était à Saint-Michel-en-Grève (voir page 14). Celui-ci a été soumis à des vents de sud-ouest et de sud-sud-ouest, vents de terre, 67% du temps. Ces vents correspondent essentiellement à des mesures de concentrations inférieures à 20 µg/m³, comme le montrent les roses des vents par classe de concentrations présentées page suivante.

Or les concentrations les plus élevées ne sont observées que sous les vents de secteurs nord-nord-ouest à nord-nord-est, lorsque le camion est exposé aux vents de la plage, comme pour le sulfure d'hydrogène.

A noter que les concentrations les plus élevées (supérieures à 100 µg/m³) sont observées le 16 et 17 juillet, sous vent de nord-nord-ouest à nord.

Roses des vents par classe de concentrations en ammoniac (données horaires Air Breizh)

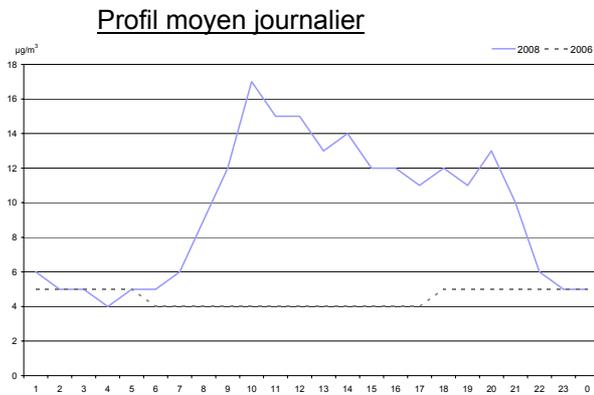


(La répartition des concentrations en fonction de l'orientation des vents est détaillée en annexe).

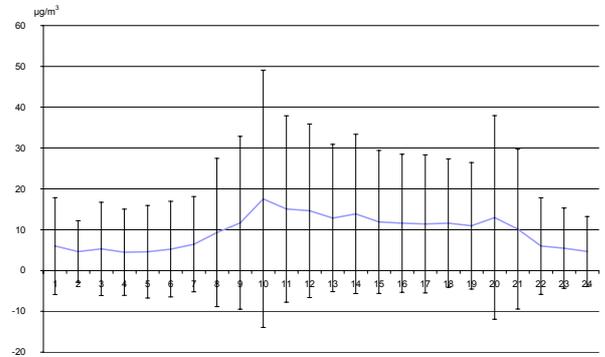
Comme pour le sulfure d'hydrogène, la sous-estimation des concentrations atmosphériques en ammoniac sur la plage est plus importante à Hillion qu'elle ne l'était à Saint-Michel-en-Grève, en raison de la différence d'orientation des vents. On peut donc supposer que les concentrations sur la plage de la Grandville sont nettement supérieures à celles de la plage de Saint-Michel-en-Grève.

VIII.2.4. Profil moyen journalier pendant la campagne

Les concentrations en ammoniac sont minimales la nuit, et plus élevées pendant la journée.



Profil journalier : moyenne et écarts types



VII.2.5. Comparaison des résultats avec les valeurs de référence

Les valeurs de référence relatives à l'ammoniac (voir tableau page 9) sont largement respectées pendant la campagne de mesure.

La concentration moyenne en ammoniac mesurée à Hillion est du même ordre de grandeur que les niveaux observés à Rennes en 2002. Cependant, la concentration horaire maximale avoisine celle relevée sur un site périurbain de Lamballe (zone d'élevages intensifs) cette même année.

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 | Maximum horaire | Minimum horaire | | |
| Rennes (ENSCR) | 2,4 | 8,9 | 0,4 | 13/04/02 21/05/02 | Site urbain |
| Rennes (Clos Courtel) | 9,4 | 39,2 | 0,7 | 18/06/02 01/07/02 | Site urbain |
| 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 (bord de l'estuaire) | 36,6 | 223,9 | 1,07 | 02/07/03 23/07/03 | Site rural/littoral |
| Saint Michel en Grèves (plage) | 1,6 | 31,6 | 0 | 21/07/05 02/09/05 | Site Littoral |
| Saint Michel en Grèves (plage) | 4,4 | 34 | 0 | 20/07/06 13/09/06 | Site littoral |
| Hillion (plage) | 9,5 | 160 | 0 | 03/07/08 10/09/08 | Site littoral |

VIII. Conclusions

Air Breizh réalise des campagnes de mesures de sulfure d'hydrogène et d'ammoniac à proximité de dépôts d'algues vertes depuis 2005. Après deux campagnes menées près de la plage de Saint-Michel-en-Grève en 2005 et 2006, des mesures ont été réalisées à Hillion pendant l'été 2008, au bord de la plage de la Grandville, l'un des sites les plus touchés par les algues vertes en Bretagne.

Cette étude a révélé des concentrations en sulfure d'hydrogène et en ammoniac nettement plus élevées à Hillion, malgré le fait que le camion laboratoire ait été minoritairement exposé aux vents de la plage (moins de 30% du temps), contrairement au site de Saint-Michel-en-Grève soumis au phénomène de brise, et de ce fait exposé au vent de la plage plus de 50% du temps.

L'élévation constatée des concentrations moyennes en sulfure d'hydrogène et en ammoniac s'explique par la mesure d'un nombre plus élevé de données extrêmes qui ont pu être observées alors que le camion laboratoire se trouvait exposé aux vents de la plage.

Ces résultats laissent supposer une sous-estimation plus importante des concentrations en sulfure d'hydrogène et en ammoniac lors de la campagne à Hillion qu'à Saint-Michel-en-Grève, ainsi que des concentrations nettement plus élevées sur la plage de la Grandville que sur celle de Saint-Michel-en-Grève.

Malgré le fait que le camion laboratoire ne soit pas majoritairement exposé aux vents de la plage, des dépassements des valeurs guide de l'OMS sont régulièrement observés pour le sulfure d'hydrogène. Ainsi, la valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive (7 µg/m³ sur une demi-heure) est dépassée **27% du temps, et des dépassements de la valeur guide de l'OMS** (150 µg/m³ sur 24 heures) sont observés en juillet et en août.

Les concentrations en ammoniac sont bien plus faibles (la concentration moyenne est du même ordre de grandeur que celle mesurée à Rennes en 2002). Les valeurs de référence sont respectées. Néanmoins, les concentrations horaires peuvent atteindre les concentrations maximales relevées en 2002 en zone d'élevages intensives, sur un site périurbain de Lamballe.

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-Brieuc à l'ammoniac et au sulfure d'hydrogène, qui nécessiterait notamment la prise en compte du budget espace-temps. Les concentrations relevées ne peuvent donc pas être utilisées de manière brute pour une évaluation des risques sanitaires. Par ailleurs, les mesures réalisées sur le parking **sous estiment** les teneurs que l'on peut rencontrer directement sur la plage. Elles ne sont de surcroît en aucun cas représentatives des concentrations en polluant au dessus des tas d'algues, notamment lorsque la croûte se brise, entraînant alors un dégagement gazeux très concentré, susceptible de présenter un risque pour la santé.

Air Breizh poursuivra ses campagnes de mesures sur d'autres sites, les années à venir.

Références bibliographiques

- [1] ENSP, Evaluation et gestion des risques liés à la décomposition des algues vertes. Application dans les Côtes d'Armor, Formation d'ingénieur du génie sanitaire, 2004, 58 p.
- [2] AIR BREIZH, Algues vertes et qualité de l'air, Campagne de mesure à Saint-Michel-en-Grève (22) V2 du 20 juillet au 13 septembre 2006, 2007, 22 p.
- [3] ORAMIP, Rapport d'activité 2006, Surveillance de la qualité de l'air en région Midi-Pyrénées.
- [4] OMS IPCS. Environmental Health Criteria n°19 : Hydrogen Sulfide, World Health Organisation, International Programme on chemical Safety, Geneva, 1981
- [5] OMS, Air quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, N° 91, Copenhagen, 2000, 273 p.
- [6] INRS, Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, Aide-mémoire technique, 2007, 23 p.
- [7] CITEPA, Inventaire départemental France 2000, dernière mise à jour février 2005.
- [8] CITEPA, CORALIE format SECTEN, dernière mise à jour février 2008.
- [9] PORTEJOIE S., MARTINEZ J., LANDMANN G., L'ammoniac d'origine agricole : impacts sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel, INRA Prod. Anim., 2002, 15, 151-160.
- [10] LEVELLY, R. Contribution au développement d'un analyseur continu d'ammoniac atmosphérique. Mesures de concentrations en région Bretagne .Thèse Université de Rennes 1, 2003, 136 p.
- [11] Thöni L., SEITLER E., BLATTER A., NEFTEL A. A passive sampling method to determine ammonia in ambient air, J. Environ. Monit., 2003, 5, 96-99.
- [12] 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, Atmos. Environ., 2003, 37, 2317-2325.
- [13] GLORENNEC P., SAUVAGET G., JOUAN M., LE COASTER C., CELLIER P., MORVAN T., GENERMONT S., LOUBET B. Evaluation du risque sanitaire lié aux expositions environnementales des populations à l'ammoniac atmosphérique en zone rurale, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, 2000, n° 32/2000, 40 p.
- [14] AIR BREIZH. Etude des teneurs en ammoniac atmosphérique sur le canton de Lamballe, campagne 2003, 33 p.
- [15] INERIS. Seuils de toxicité aiguë, ammoniac, 2003, 40 p.
- [16] OMS IPCS Environmental Health Criteria n°54 : Ammonia, World Health Organisation, International Programme on chemical Safety, Geneva, 1986.
- [17] CEVA. PROLITTORAL, Programme Régional et Interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne, Année 2006.

Annexes

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

Sulfure d'hydrogène

| Direction des vents | Répartition des vents selon leur direction (%) | Répartition des concentrations selon l'orientation du vent | | | | | | Somme des données |
|---------------------|--|--|---------|---------|---------|----------|------------|-------------------|
| | | [0;20[| [20;40[| [40;60[| [60;80[| [80;100[| [100-2554] | |
| N | 12 | 4 | 21 | 26 | 41 | 45 | 57 | 179 |
| NNE | 8 | 4 | 21 | 26 | 22 | 23 | 24 | 116 |
| NE | 1 | 1 | 5 | 8 | 0 | 5 | 1 | 16 |
| ENE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ESE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SSE | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| S | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| SSO | 23 | 29 | 2 | 8 | 0 | 0 | 1 | 348 |
| SO | 40 | 50 | 12 | 5 | 0 | 0 | 0 | 598 |
| OSO | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| O | 1 | 1 | 3 | 3 | 6 | 5 | 1 | 20 |
| ONO | 1 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 14 |
| NO | 3 | 3 | 14 | 3 | 3 | 0 | 2 | 50 |
| NNO | 6 | 3 | 19 | 21 | 22 | 23 | 14 | 84 |
| Total vent | 100 | 79 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 | 1486 |

Ammoniac

| Direction des vents | Répartition des vents selon leur direction (%) | Répartition des concentrations selon l'orientation du vent | | | | | | Somme des données |
|---------------------|--|--|------------|---------|---------|---------|-----------|-------------------|
| | | 0 |]0;10] |]10;20] |]20;30] |]30;40] | > 40 | |
| N | 10 | 10 | 26 | 12 | 18 | 20 | 57 | 143 |
| NNE | 7 | 5 | 21 | 22 | 19 | 6 | 24 | 97 |
| NE | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| ENE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ESE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SSE | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| S | 2 | 1 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| SSO | 20 | 64 | 229 | 11 | 2 | 0 | 0 | 306 |
| SO | 49 | 130 | 537 | 29 | 6 | 0 | 0 | 702 |
| OSO | 2 | 2 | 17 | 3 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| O | 1 | 2 | 15 | 1 | 0 | 0 | 1 | 19 |
| ONO | 1 | 0 | 12 | 4 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| NO | 3 | 1 | 22 | 6 | 6 | 2 | 3 | 40 |
| NNO | 5 | 7 | 16 | 12 | 6 | 10 | 20 | 71 |
| Total vent | 100 | 15 | 64 | 7 | 4 | 3 | 7 | 1453 |