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

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

RAPPORT D'ÉTUDE

Evaluation de l'impact du séchage des algues vertes sur la qualité de l'air à Planguenoual (22)

Campagne 2011

Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

Tél. 02 23 20 90 90 - Fax 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh

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 Publications.

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

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

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.

Contribution

Service Etudes	Service Technique	Validation
Cyprien LECLAIR	Joël GRALL Vincent ESNEAULT	Magali CORRON

Sommaire

Glossaire **4**

Introduction **5**

I. Présentation d'Air Breizh **6**

Missions d'Air Breizh 6

II. Polluants étudiés **7**

II.1. Le sulfure d'hydrogène (H_2S) 7
II.2. L'ammoniac (NH_3) 8

III. Présentation de la plateforme d'essais des sécheurs **9**

III.1. Localisation géographique 9
III.2. Principe du séchage des algues vertes 10

IV. Matériels et méthodes **11**

IV.1. Techniques de mesure 11
IV.2. Présentation des sites de mesure 12
IV.3. Les campagnes de mesures 13
IV.4. Contrôle de la qualité des mesures 13
IV.5. Limites de l'étude 13

V. Résultats **14**

V.1. Conditions météorologiques 14
V.2. Suivi en continu des concentrations en H_2S 15
V.3. Les campagnes par tubes à diffusion 19

VI. Conclusions **23**

Annexe **24**

Glossaire

ASTDR	Agency for Toxic Substances and Deases Registery : agence du Département américain des Services sociaux et de santé en charge de l'évaluation des risques pour la santé des dépôts de déchets dangereux.
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
COV	Composé organique volatil
H_2S	Sulfure d'hydrogène
INRS	Institut Nationale de Recherche et de Sécurité
MRL	Niveau de risque minimal chronique (ASTDR) : Concentration d'exposition au dessous de laquelle aucun effet néfaste, non cancérogène, sur la santé humaine n'est susceptible d'apparaître pour une exposition chronique
NH_3	Ammoniac
NO_2	Dioxyde d'azote
OMS	Organisation Mondiale de la santé
PM2,5	Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 µm
PM10	Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm
Rfc	Concentration de référence (US-EPA):, concentration estimée à laquelle aucun effet néfaste sur la santé, non cancérogène, n'est susceptible d'apparaître pour une exposition continue des populations, y compris les plus sensibles, par inhalation, pendant toute la durée de la vie.
SO_2	Dioxyde de soufre
US-EPA	United States Environnemental Protection Agency
VLCT	Valeurs Limites d'exposition à Court Terme (INRS) : ce sont des valeurs mesurées sur une durée maximale de 15 minutes. Leur respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme
VLEP	Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle : concentrations d'agents chimiques dans l'atmosphère des lieux de travail. Elles peuvent être réglementaires contraignantes, donc soumises à une obligation réglementaire de non-dépassement, ou bien réglementaires indicatives et constituent des objectifs de prévention et d'aide à l'évaluation des risques
VME	Valeurs limites de Moyenne d'Exposition (INRS) : mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures, elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à moyen ou long terme
$\mu g/m^3$	Microgramme (10^{-6} g) par mètre cube

Introduction

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

Les algues, en se décomposant, émettent principalement du dioxyde de carbone, du sulfure d'hydrogène, du méthane et de l'ammoniac. Les campagnes de mesures réalisées par Air Breizh depuis 2005 à proximité des plages touchées par ce phénomène ont dévoilé des concentrations en H_2S particulièrement élevées, dépassant les seuils définis par l'OMS.

L'un des principaux moyens de lutte contre ces nuisances est le ramassage régulier des algues. Cette collecte contribue de surcroît à limiter ce phénomène, en diminuant les stocks résiduels à partir desquels la marée verte redémarre la saison suivante.

Près de 70 000 tonnes d'algues sont ainsi ramassées en moyenne chaque année en Bretagne depuis dix ans. La majeure partie est épandue sur des terres agricoles, un quart environ est co-composté avec des sources carbonées (déchets verts, composts urbains…), le reste est stocké.

En 2011, le SMICTOM du Penthièvre-Mené a réalisé des essais de séchage d'algues vertes, sur le site de l'UOIM (usine d'incinération des ordures ménagères) de Planguenoual. Ces essais ont consisté en la mise en place successive de 2 prototypes de sécheur, avec un apport régulier d'algues fraiches.

A la demande du SMICTOM du Penthièvre-Mené, un système de surveillance des concentrations en H_2S et en NH_3 dans l'environnement a été installé au niveau de la plateforme, équipée des sécheurs. Ce système associe des mesures par tubes à diffusion passive, sur plusieurs sites de prélèvements, ainsi que des mesures en continu à l'aide d'un analyseur.

Ce rapport présente les résultats des campagnes de mesure.

I. Présentation d'Air Breizh

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

Ces organismes, agréés par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 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 de recommandation et d'information du public et d'alerte.

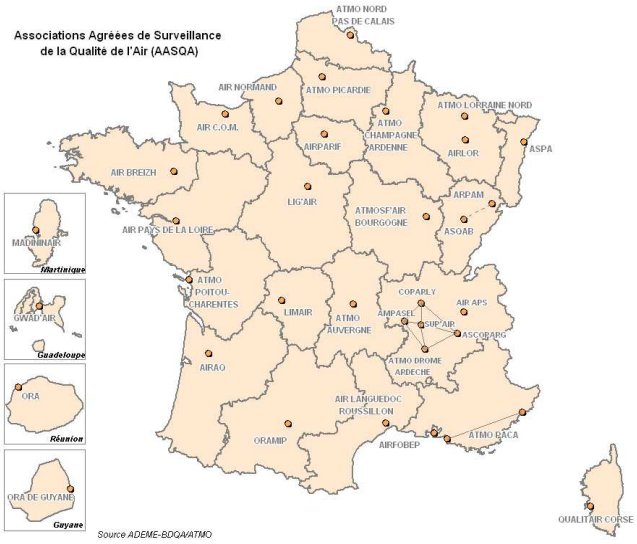


Fig.1 : Carte des AASQA

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 neuf villes bretonnes, ainsi que d'un camion laboratoire et de plusieurs cabines mobiles pour la réalisation de campagnes de mesures ponctuelles.

L'impartialité de ses 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.

Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO_2, NO_2, CO, O_3, 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 et réaliser des campagnes de mesures à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN…).

II. 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 les résultats de l'étude menée par l'INERIS le 13 août 2009, sur la plage de Saint-Michel-en-Grève[1], les composés détectés dans l'air sont principalement le sulfure d'hydrogène, l'ammoniac, le diméthylsulfure, le méthane et certains composés organiques volatils (COV).

Dans cette étude, Air Breizh s'intéresse à 2 composés : le sulfure d'hydrogène (H_2S) et l'ammoniac (NH_3).

II.1. Le sulfure d'hydrogène (H_2S)

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

II.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 viscose…

II.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 (SO_4^{2-}) sous l'intervention de bactéries.

II.1.3. Concentrations atmosphériques observées

La concentration en H_2S **à la surface du globe** est estimée[2] en moyenne à 0,3 µg/m^3. Les concentrations observées **à proximité d'une usine de papier Kraft** par l'ORAMIP sont de l'ordre de 2 à 3 µg/m^3 en moyenne (maximum quart-horaire : 270 µg/m^3 en 2006)[3]. Des concentrations moyennes de 19,8 et 33,3 µg/m^3 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/m^3 sur 1 heure et 3 408 µg/m^3 sur 15 minutes ont été relevées, en 2006[4].

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

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 VME	14 000 µg/m^3 sur 15 minutes 7 000 µg/m^3 sur 8 heures	INRS

[1] INERIS 2009, Résultats de mesures ponctuelles des émissions d'hydrogène sulfuré et autres composés gazeux potentiellement toxiques issues de la fermentation d'algues vertes (ulves), rapport d'étude,15p
[2] OMS IPCS. Environmental Health Criteria n°19 : Hydrogen Sulfide, World Health Organisation, International Programme on chemical Safety, Geneva, 1981
[3] ORAMIP, Rapport d'activité 2006, Surveillance de la qualité de l'air en région Midi-Pyrénées
[4] 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.

Exemples de relations dose/effet [1 2]

Concentrations (µg/m^3)	Durée d'exposition	Effets
0,7-200	< 1 minute	Seuil olfactif
16 000-32 000	Plusieurs heures	Irritation des yeux
70 000-140 000	> 1 heure	Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires
225 000-300 000	2-15 minutes	Perte de l'odorat
112 000 210 000 448 000	1 heure 10 minutes 1 minute	Seuils d'effets irréversibles
521 000 963 000 2 129 000	1 heure 10 minutes 1 minute	Seuils d'effets létaux

II.2. L'ammoniac (NH_3)

II.2.1. Sources d'émission

La Bretagne représente environ 19% des émissions nationales d'ammoniac[5]. 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%[6]. Une des conséquences de l'agriculture intensive est la prolifération d'algues vertes, qui vont, elles aussi, émettre de l'ammoniac en se décomposant.

II.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.

II.2.3. Concentrations atmosphériques observées

Les niveaux observés dans **les écosystèmes non perturbés** (éloignés des activités humaines), sont de l'ordre[7] de 0,3 à 3 µg/m^3

En zone urbaine, des concentrations moyennes entre 2,4 et 9,4 µg/m^3 ont été mesurées à Rennes en 2002[8], avec une concentration horaire maximale de 37 µg/m^3.

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, elles s'élèvent à 30 ou 60 µg/m^3 en zone d'agriculture intensive[9], atteignant jusqu'à 1 000 µg/m^3 à 50 mètres sous le vent d'un épandage de lisier[10]. Des concentrations moyennes comprises entre 37 et 77 µg/m^3 ont été mesurées dans le canton de Lamballe (zone d'élevages intensifs, la concentration horaire maximale pouvant atteindre 328 µg/m^3), en 2003 par Air Breizh[11].

Les niveaux moyens mesurés, en été 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/m^3, la concentration maximale horaire s'élevant à 33,5 µg/m^3 en 2006.

---

[5] CITEPA, Inventaire départemental France 2000, dernière mise à jour février 2005.
[6] CITEPA, CORALIE format SECTEN, dernière mise à jour février 2008.
[7] 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.
[8] 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.
[9] 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.
[10] GLORENNEC P et al. 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.
[11] AIR BREIZH. Etude des teneurs en ammoniac atmosphérique sur le canton de Lamballe, campagne 2003, 33 p.

Les concentrations peuvent être beaucoup plus élevées dans certains bâtiments d'élevage, atteignant jusqu'à 20 000 µg/m^3, 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/m^3.

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

Exemples de relations dose/effet [12][13]

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	Larmoiement, 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 VME	14 000 µg/m^3 sur 15 minutes 7 000 µg/m^3 sur 8 heures	INRS[14]

III. Présentation de la plateforme d'essais des sécheurs

III.1. Localisation géographique

La plateforme d'essais des sécheurs a été installée en toute proximité de l'usine d'incinération des ordures ménagères du SMICTOM du Penthièvre-Mené. L'UIOM est située dans les Côtes d'Armor, sur la commune de Planguenoual.

[12] INERIS. Seuils de toxicité aiguë, ammoniac, 2003, 40 p.
[13] OMS IPCS Environmental Health Criteria n°54 : Ammonia, World Health Organisation, International Programme on chemical Safety, Geneva, 1986.
[14] INRS, Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, Aide-mémoire technique, 2007, 23 p.

L'emplacement retenu pour l'implantation de la plateforme d'essais de séchage des algues vertes se situe en limite de propriété du site de l'UIOM, sur un terrain inoccupé jusqu'à présent. Le terrain a, donc, été spécialement réaménagé afin de pouvoir recevoir les prototypes de sécheur.

Site de l'UIOM de Planguenoual

Plateforme d'essais avant arrivée des sécheurs

III.2. Principe du séchage des algues vertes

Cette opération vise à diminuer, par évaporation, la quantité d'eau présente dans les algues en mettant en contact les algues vertes avec un débit continu d'air chaud. Ce séchage artificiel permet ainsi de diminuer le volume (donc le poids) d'algues à transporter et manipuler, et surtout de limiter les phénomènes de biodégradation, favorisés par un milieu humide, et donc les émissions de gaz (dont l'hydrogène sulfuré) et les odeurs. Le séchage peut également permettre de séparer une fraction du sable présent avec les algues.

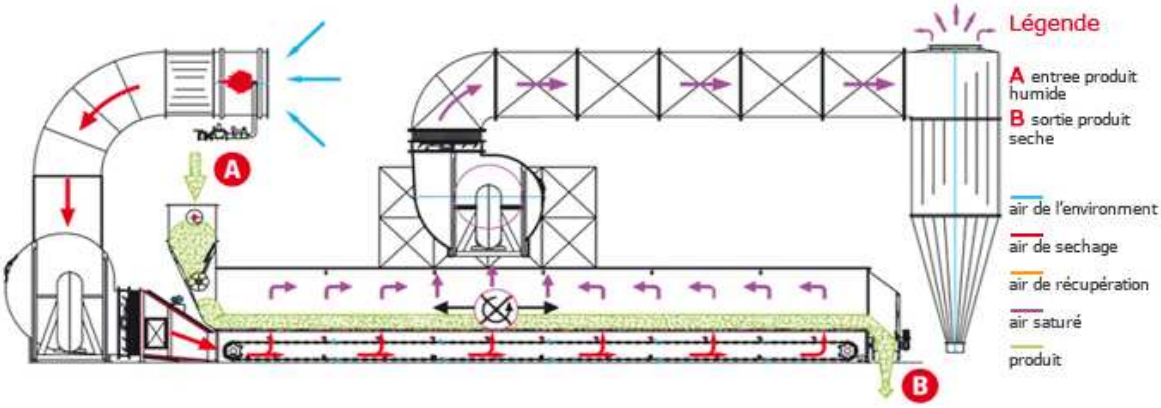


Schéma général d'un sécheur de type Scolari

IV. Matériels et méthodes

Dans le cadre des essais de séchage d'algues vertes fraiches, le SMICTOM du Penthièvre-Mené a sollicité Air Breizh pour la mise en place de mesure, afin d'évaluer la qualité de l'air autour de la plateforme d'essai de séchage d'algues vertes.

Au cours des campagnes, 2 types de mesure ont, donc, été effectuées :

- la mesure du H_2S en continu, à l'aide d'un analyseur automatique implanté dans le camion laboratoire d'Air Breizh,
- la mesure par échantillonnage passif du H_2S et du NH_3

IV.1. Techniques de mesure

IV.1.1. Le site de mesure en continu

Le sulfure d'hydrogène est mesuré avec un analyseur de dioxyde de soufre, auquel est ajouté un module spécifique qui élimine le SO_2 contenu dans l'air. L'échantillon passe ensuite dans un convertisseur haute température (340°C) pour oxyder H_2S en SO_2. Le SO_2 est ensuite mesuré par fluorescence-UV au sein de la cellule de mesure. On en déduit ainsi la concentration en H_2S.

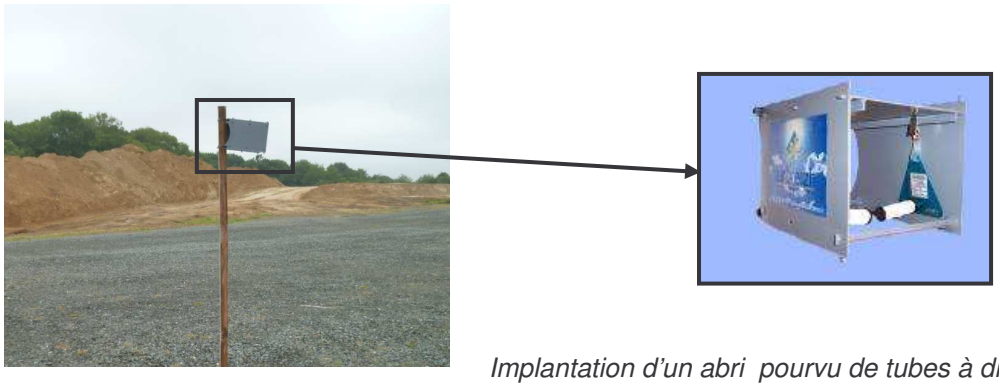
Les données brutes sont des données quart-horaires, agrégées à partir de mesures réalisées toutes les trente secondes pour l'analyseur d'H_2S.

IV.1.2. Les tubes à diffusion passive

Les polluants étudiés sont piégés à l'aide de tubes à diffusion passive, technique de mesure courante dans la surveillance de la qualité de l'air. En pratique, les échantillonneurs passifs sont exposés dans l'air ambiant sur une période de 7 jours, puis envoyés dans un laboratoire pour analyse. Les principes de piégeage et de mesure sont propres à chaque composé :

- Le sulfure d'hydrogène est piégé sur un tube en polypropylène microporeux imprégné d'acétate de zinc où il est chimiabsorbé sous forme de sulfure de zinc. Au laboratoire, le polluant est récupéré avec de l'eau, pour réagir avec l'ion N,N-diméthyl-p-phénylènediammomium et produire du bleu de méthylène en présence d'un oxydant, comme le chlorure ferrique, dans un milieu très acide. La masse piégée est déterminée par spectrométrie visible.

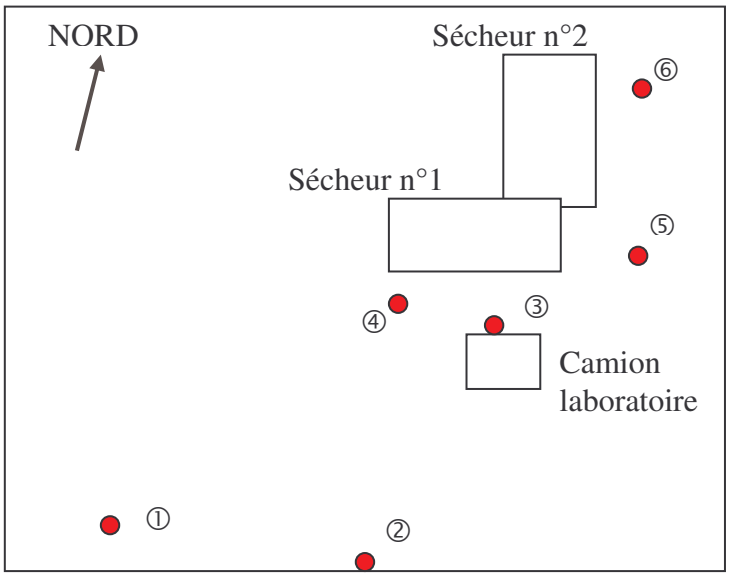
- L'ammoniac est piégé sur un tube en polyéthylène microporeux imprégné d'acide phosphorique. Par réaction, les molécules d'ammoniac sont transformées en ion ammonium. En milieu alcalin, ces derniers réagissent avec le phénol et l'hypochlorite de sodium sous l'effet catalytique du pentacyanonitrosylferrate (cyanoferrate), en produisant de l'indophénol, de couleur bleue. La masse piégée est déterminée par spectrométrie visible (à 635 nm).



Implantation d'un abri pourvu de tubes à diffusion

IV.2. Présentation des sites de mesure

La plateforme d'essais du séchage des algues vertes a fait l'objet de mesures sur 6 sites, répartis autour des sécheurs d'algues vertes :



Plan des sites de mesures

Les sites de mesure ont été choisis, en accord avec le SMICTOM du Penthièvre-Mené, de manière à obtenir un échantillonnage autour des sécheurs. Chacun des sites a été équipé de tubes à diffusion passive pour la mesure du H_2S et du NH_3.

Le camion laboratoire, qui permet, à la fois, la mesure en continu du H_2S et des paramètres météorologiques, a été implanté sur le site n°3, situé en toute proximité (une dizaine de mètres) de chaque sécheur.

Sécheur n° 2

Tubes à diffusion passive, site n°6

Camion laboratoire

IV.3. Les campagnes de mesures

Afin de répondre aux exigences du cahier des charges, Air Breizh a réalisé des mesures en continu du H_2S, à l'aide du camion laboratoire, lors de la présence et du fonctionnement de chaque prototype de sécheur. Le camion laboratoire a, donc, été implanté avant la phase d'installation de chaque sécheur, puis retiré quelque jours après la désinstallation de chaque sécheur. En conséquence, **2 campagnes** de mesures en continu du H_2S ont été effectuées : une campagne de mesure par sécheur.
La première campagne de mesure a eu lieu du 29 juin au 11 août 2011 (environ 6 semaines), et correspond à la période d'essais du premier prototype de sécheur (sécheur n° 1).
La seconde campagne de mesure a eu lieu du 20 septembre au 13 octobre 2011 (environ 1 mois) et correspond à la période d'essais du second prototype de sécheur (sécheur n° 2).

Au cours de ces campagnes de mesures et lors de la présence d'algues vertes sur la plateforme, Air Breizh a aussi mené des campagnes de mesures par tubes pour le H_2S et le NH_3.
Pour le sécheur n° 1, **3 campagnes** de mesures ont été effectuées en juillet et aout 2011 :
- Série 1 : du 05/07/11 au 12/07/11 : H_2S et NH_3
- Série 2 : du 19/07/11 au 25/07/11 : H_2S et NH_3
- Série 3 : du 25/07/11 au 02/08/11 : H_2S et NH_3

Les séries 2 et 3 ont été menées lors des essais de séchage d'algues vertes sur la plateforme (présence d'algues vertes). En effet, sur cette période, les arrivages d'algues vertes ont tous eu lieu entre le 19 et le 29 juillet 2011.
La série 1 correspond à un état zéro, c'est-a-dire à une caractérisation de la qualité de l'air avant l'arrivée et le séchage d'algues vertes.
Pour le sécheur n° 2, **1 seule campagne** de mesures a été réalisée en octobre 2011 :
- Série 4 : du 5/10/11 au 13/10/11 : H_2S

IV.4. Contrôle de la qualité des mesures

Concernant les analyseurs automatiques, Air Breizh intègre la chaîne de mesure nationale et est soumis à des objectifs très stricts en matière de métrologie. Ainsi, les analyseurs sont régulièrement étalonnés et vérifiés à l'aide d'une source d'H_2S. L'appareil réalise automatiquement un calibrage toutes les 24 heures, afin de s'assurer qu'il n'y a pas de dérive. Ce travail régulier permet de garantir la qualité de la mesure.

Afin d'assurer la qualité des mesures par tubes à diffusion passive, des « blancs terrains» et des doublons ont permis de vérifier l'absence de contamination durant la manipulation des tubes, ainsi que la répétabilité et la reproductibilité des mesures.

IV.5. Limites de l'étude

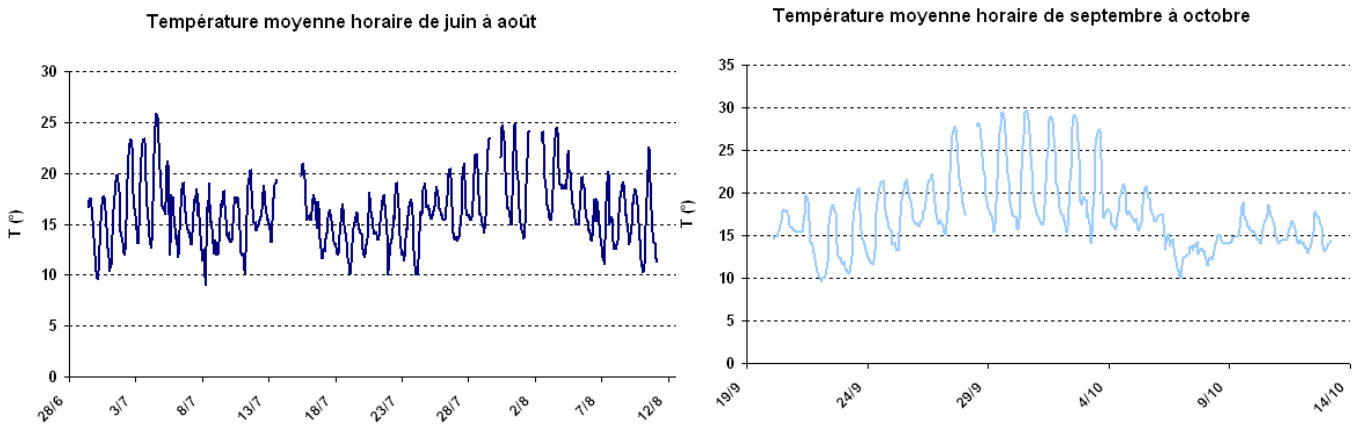
Ces campagnes de mesure ne sont représentatives que de la période étudiée. Les résultats sont tributaires des conditions météorologiques. En aucun cas, ils ne peuvent être assimilés à une autre période ou un autre site.

L'étude se limite aux sites de prélèvement, ce qui n'exclut pas des concentrations plus élevées dans des zones non étudiées.

V. Résultats

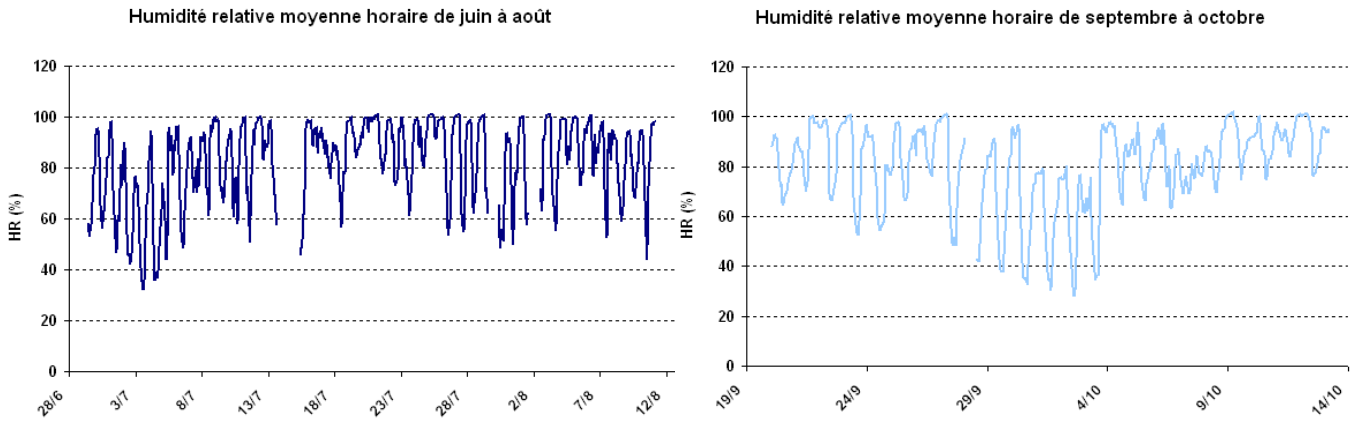
V.1. Conditions météorologiques

La station météorologique, installée au niveau de la plateforme de séchage des algues vertes a été opérationnelle du 29 juin au 11 août 2011, pour la première campagne de mesure, puis du 20 septembre au 13 octobre 2011, pour la seconde campagne de mesure. Les paramètres suivis sont la température, l'humidité relative, la vitesse et la direction du vent.



Evolution de la température au niveau de la plateforme de séchage des algues vertes

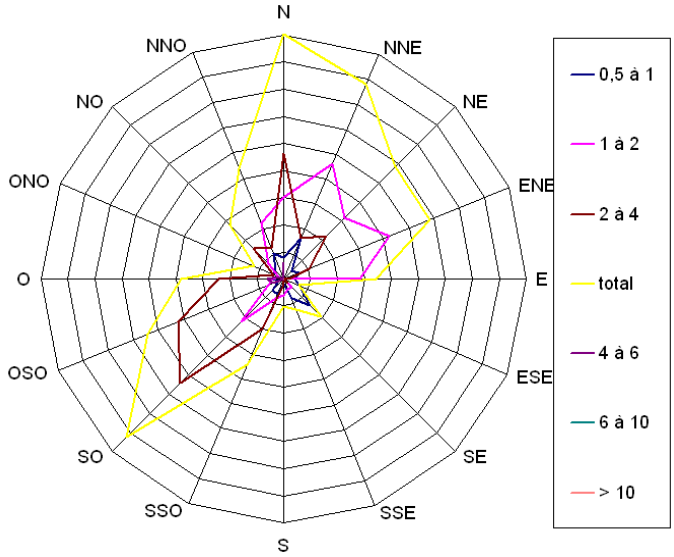
Les températures se sont échelonnées de 9 °C (8/07/11) à 25,9 °C (4/07/11), avec une température moyenne de 16,2 °C, durant la première campagne de mesure et de 9,6 °C (22/09/11) à 29,7 °C (30/09/11), avec une température moyenne de 17,3 °C, durant la période de mesure.



Evolution de l'Humidité Relative au niveau de la plateforme de séchage des algues vertes

L'humidité relative a été particulièrement élevée durant l'été, avec de nombreux pics jusqu'à 100%. L'humidité relative moyenne a été de 82,6 %. Durant la deuxième campagne, l'humidité relative moyenne a été quasiment équivalente à celle de la première campagne (80,1 %), mais avec moins de précipitations.

Lors de la première campagne de mesures, la rose des vents, ci-dessous, montre que les vents dominants ont été orientés selon les secteurs Nord à Est-Nord-Est (44% des observations) et, dans une moindre mesure, Sud-Ouest (21% des observations). La vitesse du vent a été relativement faible durant la période de mesure, avec 97 % de vents ayant une vitesse inférieure à 4 m/s.



Rose des vents du 29/06/11 au 11/08/11 au niveau de la plateforme de séchage des algues vertes

Suite à un problème technique (panne d'un anémomètre), la vitesse et la direction du vent n'ont pas été mesurées durant la seconde campagne de mesure.

V.2. Suivi en continu des concentrations en H_2S

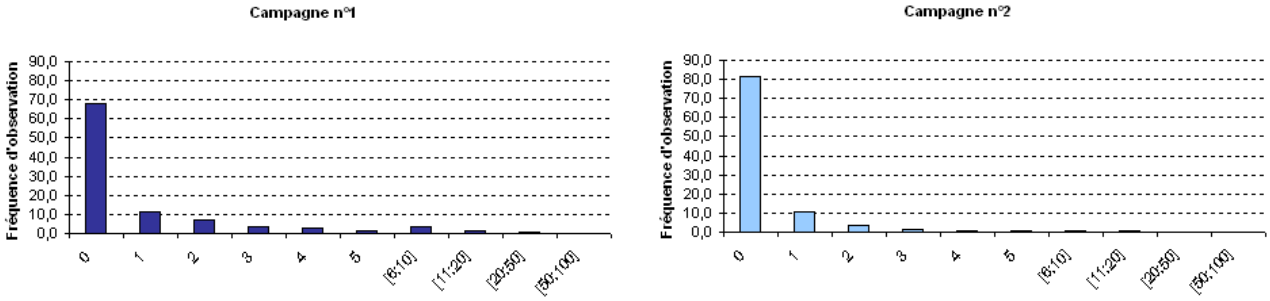
V.2.1. Statistiques descriptives

Le tableau ci-dessous reprend les concentrations en H_2S relevées, lors des deux campagnes de mesures.

Concentration en H_2S µg/m^3	Planguenoual	
Campagne	n° 1 29/06/11 au 11/08/11	n° 2 20/09/11 au 13/10/11
Taux de fonctionnement	88,4 %	98,0 %
Moyenne	1,7	0,4
Minimale horaire	0	0
Maximale horaire (date)	80 04/08 15h	13 03/10 6h
Maximale ¼ horaire (date)	152 28/07 15h15	23 03/10 5h30
Médiane	0	0

Les concentrations en H_2S sont plus élevées lors de la première campagne de mesures, tant pour la moyenne (1,7 µg/m^3) que pour les valeurs fortes (Max horaire = 80 µg/m^3 et Max quart-horaire = 152 µg/m^3).

L'examen des fréquences d'observation suggère que la distribution des concentrations en H_2S est proche pour les deux campagnes, comme le confirme l'étude des histogrammes ci-dessous.



Distribution des concentrations en H_2S au niveau de la plateforme des Châtelets, campagnes n°1 et 2

La majorité des concentrations sont comprises entre 0 et 1 µg/m^3 (68,3 % pour la première campagne et 81,3 % pour la seconde campagne). Les différences constatées sur la moyenne résultent de phénomènes de « pics » qui sont de plus grandes ampleurs lors de la première campagne. Les hausses de niveaux sont donc des phénomènes très ponctuels.

V.2.2. Comparaison avec les valeurs de référence OMS

La valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive (7 µg/m^3 sur une demi-heure) est dépassée **3,9% du temps lors de la première campagne** et **0,6% du temps lors de la seconde**. Les dépassements de cette valeur réglementaire ont, donc, été assez peu fréquents, lors des campagnes. A titre d'information, cette valeur a été dépassée respectivement 30% et 31% du temps à Saint-Michel-en-Grèves en 2005 et 2006, 27% du temps à Hillion en 2008 et 7% du temps sur la plateforme de compostage à Ploufragan en 2010.

Aucun dépassement de la valeur de recommandation de l'OMS pour la santé, fixée à 150 µg/m^3 sur 24 heures, n'a été observé, sur la plateforme de séchage des algues vertes. La valeur maximale sur 24 h a atteint 22 µg/m^3 le 29/07/11. Cette valeur de recommandation a été atteinte 7 fois aux abords de la plage d'Hillion en 2008 et 3 fois à Saint-Michel en Grèves en 2006.

V.2.3. Comparaison avec les niveaux relevés sur les plages et sur une plateforme de compostage d'algues vertes

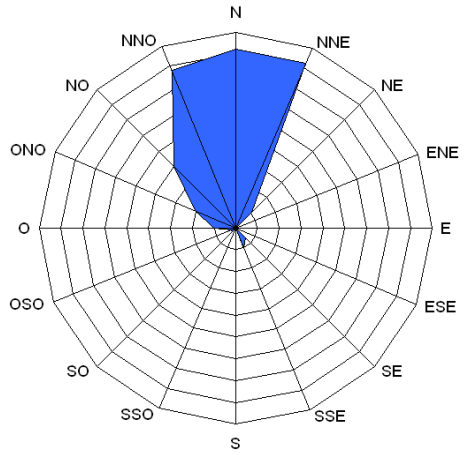
En comparaison avec les valeurs enregistrées par le laboratoire mobile d'Air Breizh au niveau des plages de Saint-Michel en Grèves et de Hillion, les concentrations moyennes et les valeurs maximales relevées sur la plateforme de séchage sont nettement plus faibles.

Elles sont, en revanche, du même ordre de grandeur que celles mesurées au niveau de la plateforme de compostage du SMICTOM des châtelets, en 2010.

Concentration en H_2S µg/m^3	Campagne n° 1	Campagne n° 2	Ploufragan 2010		Saint-Michel en Grèves		Hillion
			Site Sud	Site Nord			
Dates	29/06/11 11/08/11	20/09/11 13/10/11	07/09/10 31/12/10		21/07/05 02/09/05	20/07/06 13/09/06	03/07/08 10/09/08
Moyenne	1,7	0,4	0,9	3,9	19,8	33,3	42,2
Maximale horaire	80	13	35	275	939	1492	2854
Maximale ¼ horaire	152	23	152	465	1136	3408	3787
Médiane	0	0	0	0	1	1	1
Centile 98	14,7	4	7	74	166	256	408

V.2.4. Etude de l'influence de l'activité du sécheur, lors de la première campagne de mesure

La rose des vents, ci-contre, présente la répartition des vents pour des concentrations quart-horaires en H_2S supérieures à 7 µg/m^3 (susceptibles d'engendrer un dépassement du seuil de gêne olfactif). Le nombre d'observation est reporté en fonction de la direction du vent. Cette rose des vents concerne uniquement la première campagne de mesures.



Rose des vents pour des concentrations en H_2S supérieures à 7 µg/m^3

Les concentrations en H_2S les plus importantes (supérieures à 7 µg/m3) sont mesurées lorsque le vent est orienté selon les secteurs Nord-Ouest à Nord-Nord-Est (de 315° à 23°). Par rapport au sécheur n° 1, le camion laboratoire est implanté au Sud, Sud-Est. Le camion laboratoire se trouve, donc, majoritairement sous les vents en provenance du sécheur, lorsque les concentrations mesurées sont élevées.

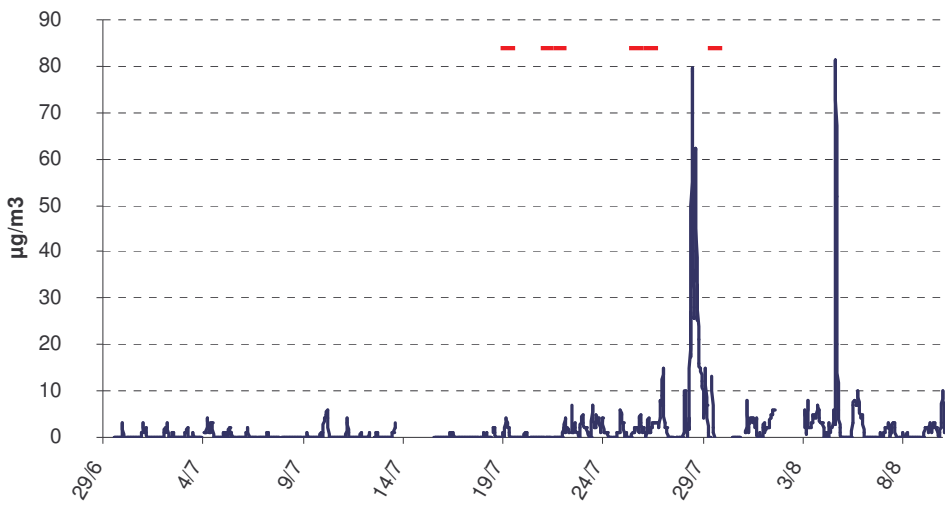
Le sécheur d'algues vertes est probablement à l'origine des niveaux de sulfure d'hydrogène supérieurs à 7 µg/m^3, rencontrés dans l'air ambiant.

V.2.5. Influence des arrivages d'algues vertes

V.2.5.1. Influence des arrivages durant la première campagne de mesure (29 juin – 11 août)

Durant la première campagne de mesures, 6 arrivages d'algues vertes ont été effectués sur la plateforme de séchage, entre le 19 et le 29 juillet 2011, voir annexe.

Evolution des concentrations en H_2S du 29 juin au 10 Aout

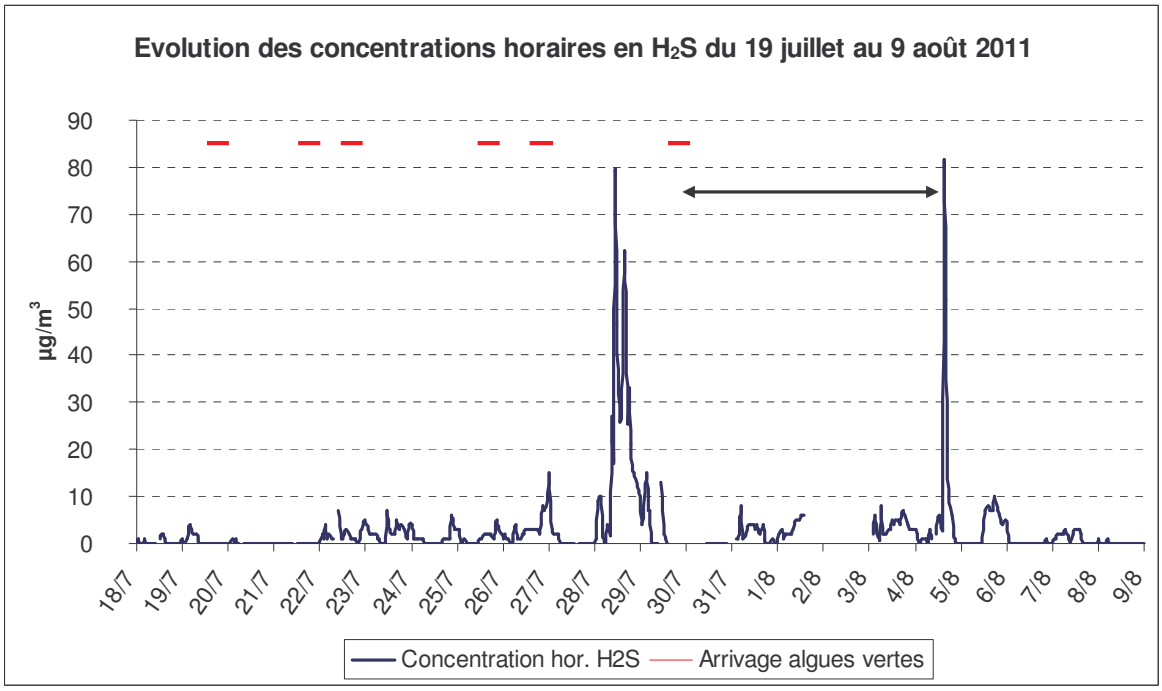


Evolution des concentrations en H_2S du 29 juin au 10 aout et arrivages d'algues vertes

Avant l'arrivée des premières algues vertes (du 29 juin au 18 juillet), les concentrations en H_2S mesurées ont été très faibles, avec une concentration moyenne de 0,3 µg/m^3 et un maximum horaire de 6 µg/m^3. Lors de la période de traitement des algues vertes (du 19 juillet jusqu'à début août), les concentrations en H_2S ont été plus élevées avec notamment des pics jusqu'à 80 µg/m^3 en moyenne horaire, les 28 juillet et 4 août 2011. La concentration moyenne sur cette période est de 2,9 µg/m^3.

On observe donc un impact sur la qualité de l'air de l'activité du sécheur, mais l'ensemble des valeurs réglementaires, pour le H_2S, est largement respecté.

En 2010, l'ANSES a mené plusieurs études dans le but d'évaluer la cinétique des émissions gazeuses issues du processus de dégradation des algues vertes (Algues vertes - rapport d'expertise collective – Juin 2011). Les conclusions de ces études tendent à montrer que les premières émissions significatives de H_2S n'apparaissent qu'environ 48 h après l'échouage d'algues, puis qu'elles augmentent assez fortement jusqu'à atteindre un maximum situé entre le 5ème et le 7ème jour, après échouage. Toutefois, la cinétique de décomposition peut dépendre de nombreux facteurs tels que les conditions climatiques (ensoleillement, pluie, température, …), la quantité et la qualité des algues vertes …



Evolution des concentrations en H_2S et arrivages des algues vertes du 18 juillet au 9 aout

Dans le cas présent, on constate que des hausses importantes de concentrations en H_2S peuvent être mesurées environ 5 à 7 jours après des arrivages d'algues vertes sur la plateforme.

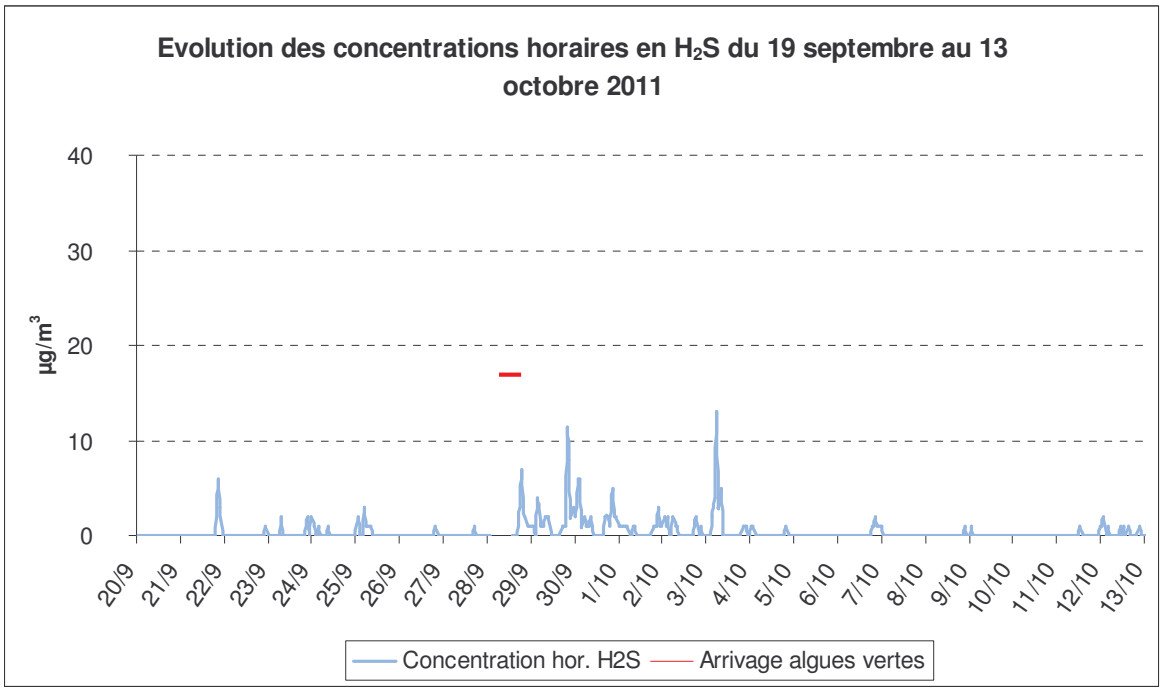
Le pic du 4 août intervient 6 jours après le dernier arrivage d'algues vertes, le 29 juillet.

A l'inverse, les concentrations en H_2S sont restées très faibles pendant plusieurs jours après le premier arrivage d'algues, le 19 juillet. La première concentration supérieure à 7 µg/m^3 a été mesurée le 22 juillet, soit 3 jours après le premier arrivage.

La mise en évidence d'une corrélation entre les pics de H_2S, observés au cours de la première campagne, et les arrivages d'algues vertes semblent établir un impact de l'activité de séchage d'algues vertes, sur les concentrations en H_2S.

V.2.5.2. Influence des arrivages durant la seconde campagne de mesure (20 septembre – 13 octobre)

Durant la seconde campagne de mesure, seul 1 arrivage d'algues vertes a été effectué sur la plateforme de séchage, le 28 septembre, voir annexe.



Evolution des concentrations en H_2S et arrivage d'algues vertes du 19 septembre au 13 octobre

Les concentrations sont restées faibles sur l'ensemble de la période de mesure. On observe deux légers pics de H_2S, avec des concentrations maximales respectives de 11 et 13 µg/m^3 en moyenne horaire, mesurés environ 1 et 4 jours après l'arrivage d'algues.

V.3. Les campagnes par tubes à diffusion

Afin de vérifier la qualité des mesures par tubes à diffusion, des doublons ont été implantés sur le site de prélèvement n°3 pour validation métrologique (répétabilité).

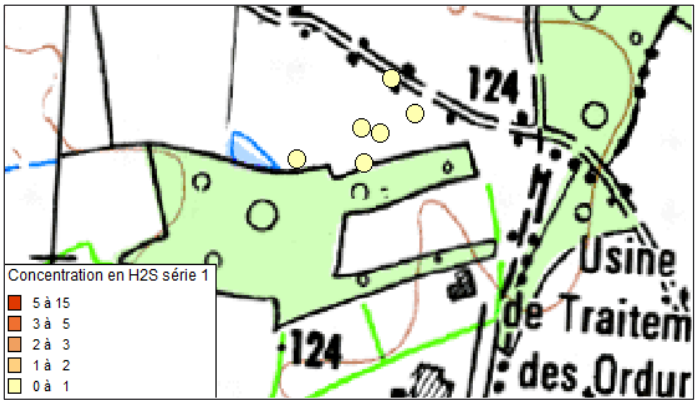
Les écarts de concentrations rencontrés pour les doublons sont faibles et témoignent de la qualité de la mesure :

- maximum de 0,1 µg/m^3 pour le H_2S,
- maximum de 0,6 µg/m^3 pour le NH_3.

V.3.1. Etat zéro

Une première série de mesure (série 1) s'est déroulée du 5 au 12 juillet, avant l'arrivée d'algues vertes, afin de réaliser un état de zéro. Ces mesures ont portées sur le H_2S et le NH_3.

V.3.1.1 Les résultats pour le H_2S



Les concentrations moyennes en H_2S relevées lors de l'état zéro sont très faibles. Elles sont toutes inférieures à 1 µg/m^3 (comprises entre 0,6 et 0,8 µg/m^3).

Cartographie thématique des concentrations en H_2S de la série 1

V.3.1.2 Les résultats pour le NH_3

Les concentrations en NH_3 relevées lors de l'état zéro sont, aussi, très faibles (comprises entre 2 et 3 µg/m^3), sur l'ensemble des sites de mesure.

N° site	Mesures NH_3 en µg/m^3 Etat Zéro du 05/07 au 12/07
1	2,2
2	2,7
3	2,7
4	2,9
5	3,0
6	2,8

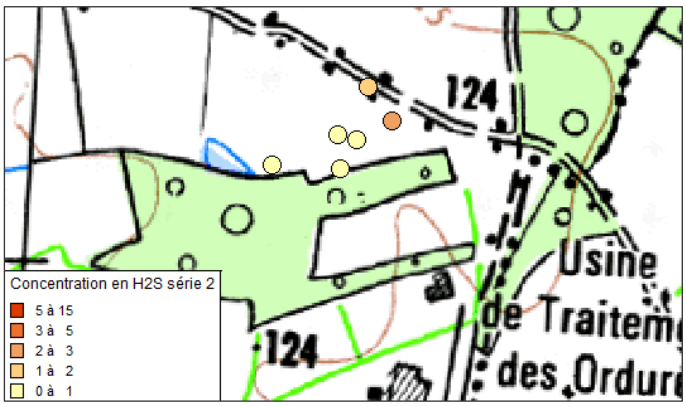
V.3.2. Les campagnes lors du fonctionnement du premier sécheur

Lors de la période d'essai du sécheur n°1, 2 autres séries de mesures par tubes à diffusion passive ont eu lieu.

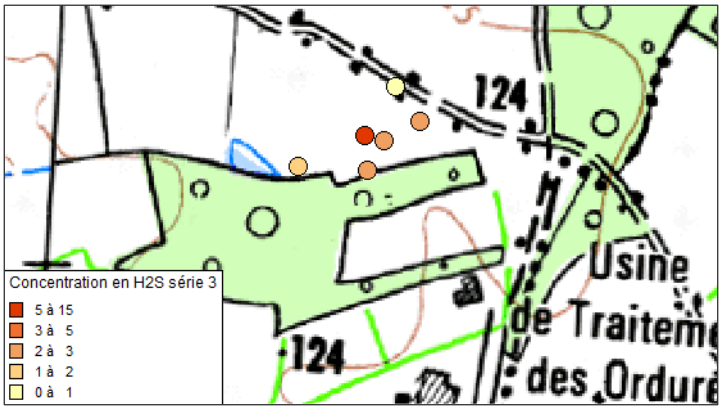
La série n° 2 s'est déroulée du 19 au 25 juillet, dès le premier arrivage d'algues vertes sur la plateforme. La série n° 3 a été réalisée à la suite de la précédente, du 25 juillet au 2 août. Ces séries ont porté sur la mesure du H_2S et du NH_3.

V.3.2.1 Les résultats pour le H_2S

Pour la série 2, les concentrations sont restées faibles et proches de celles mesurées lors de l'état zéro (entre 0,6 et 1 µg/m^3), sauf sur le site de mesure n° 5, qui a une concentration moyenne un peu plus élevée à 2,2 µg/m^3.



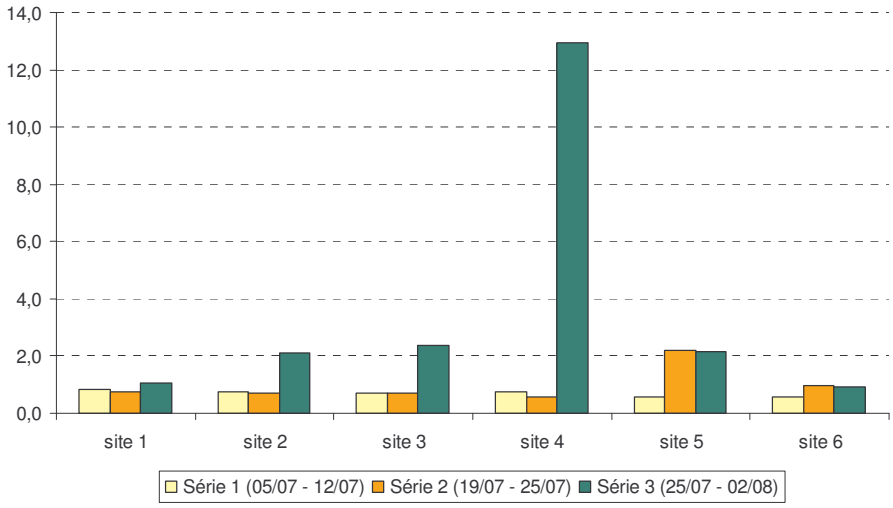
Cartographie thématique des concentrations en H_2S de la série 2



Lors de la troisième série, les sites n° 2, 3, 4 et 5 ont eu des concentrations plus importantes avec une concentration maximale relevée de 12,9 µg/m^3 sur le site 4. Les concentrations des sites 1 et 6 sont restées faibles.

Cartographie thématique des concentrations en H_2S de la série 3

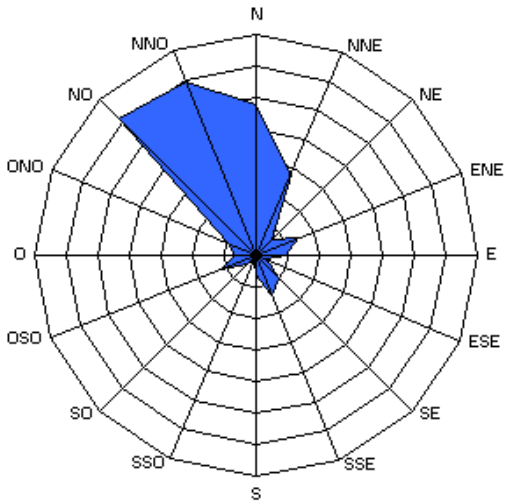
Le MRL aigu (98 µg/m^3 pour une durée d'exposition de 1 et 14 jours) et le MRL subchronique (28 µg/m^3 pour une exposition de 15 à 365 jours) n'ont pas été dépassés.



Récapitulatif des concentrations en H_2S lors des 3 campagnes de mesures par tube

V.3.2.2 Impact du sécheur sur les concentrations en H_2S

Lors de la troisième série de mesures, des concentrations plus importantes ont été mesurées sur 4 sites de mesures situés sous les vents dominants du sécheur, les sites n° 2, 3, 4 et 5. Par contre, les sites n° 1 et 6, qui n'ont pas été sous les vents dominants, ont enregistré des concentrations faibles (autour de 1 µg/m^3). La concentration en H_2S a été plus élevée sur le site n°4, qui est situé en toute proximité du sécheur. Cette troisième série de mesure de l'H_2S identifie clairement un impact de l'activité de séchage des algues vertes sur les concentrations mesurées, mais les valeurs réglementaires sont toutes respectées.



Rose des vents du 25/07 au 02/08

V.3.2.3. Les résultats pour le NH_3

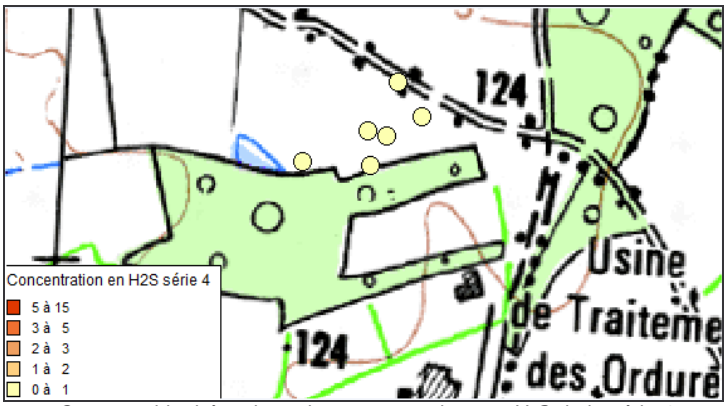
N° site	Mesures NH_3 en µg/m^3	
	Série 2 Du 19/07 au 25/07	Série 3 Du 25/07 au 02/08
1	2,0	3,9
2	2,6	3,6
3	3,6	3,5
4	2,5	3,6
5	2,3	4,0
6	2,5	3,9

Les concentrations en NH_3 relevées lors de la deuxième série sont proches de celles de l'état zéro. Lors de la troisième série, les concentrations mesurées sont légèrement supérieures aux deux campagnes précédentes, mais restent faibles (environ 4 µg/m^3).

Les concentrations mesurées, durant les 3 campagnes, sont très inférieures aux valeurs de référence pour le NH_3.

V.3.3. La campagne de mesure du H_2S lors du fonctionnement du second sécheur

Lors de la période d'essais du sécheur n° 2, 1 série de mesures par tubes à diffusion passive a été effectuée du 5 au 13 octobre 2011.



Cartographie thématique des concentrations en H_2S de la série 4

Les concentrations en H_2S, relevées lors de cette campagne, ont été faibles, comprises entre 0,7 et 0,9 µg/m^3. Elles sont du même ordre de grandeur que celles mesurées durant l'état zéro.

Il n'y a pas eu d'arrivage d'algues vertes durant la période de mesure. L'arrivage d'algues vertes le plus proche date du 28 septembre, soit 7 jours avant le début des mesures. Cette campagne n'a donc pas (ou très peu) été impactée par des algues vertes, d'où les concentrations faibles mesurées.

VI. Conclusions

Dans le cadre d'essais de séchage d'algues vertes (mise en place de deux types de sécheur d'algues), Air Breizh a été sollicité par le SMICTOM du Penthièvre-Mené afin de réaliser une surveillance des concentrations en H_2S et en NH_3 lors du fonctionnement de chaque sécheur d'algues vertes. La surveillance a associé des mesures par tubes à diffusion passive (4 campagnes pour le H_2S et 3 campagnes pour le NH_3), sur plusieurs sites de prélèvements, ainsi que des mesures en continu à l'aide d'un analyseur (2 campagnes pour le H_2S).

Sur les deux campagnes de mesures en continu, aucun dépassement de la valeur de recommandation de l'OMS pour la santé, fixé à 150 µg/m^3 sur 24 heures, n'a été observé, pour le H_2S. Le niveau de risque minimal aigu et le niveau de risque minimal subchronique n'ont pas été dépassés, lors des 4 campagnes de mesures par tubes à diffusion passive.

La valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive (7 µg/m^3 sur une demi-heure) a été dépassée 3,9% du temps lors de la campagne de mesures pendant la présence du premier sécheur et 0,6% du temps lors de la campagne de mesures pendant la présence du second sécheur. Cependant, les dépassements de cette valeur réglementaire ont été relativement peu fréquents, notamment en comparaison avec d'autres campagnes de mesures effectuées par Air Breizh (dépassements 30% et 31% du temps à Saint-Michel-en-Grèves en 2005 et 2006, 27% du temps à Hillion en 2008 et 7% du temps sur la plateforme de compostage à Ploufragan en 2010).

Globalement, les concentrations en H_2S sont restées assez faibles durant ces deux campagnes, avec, pour chaque campagne, une majorité de mesures comprises entre 0 et 1 µg/m^3 (respectivement 68,3% et 81,3%). On constate, aussi, que les concentrations en H_2S ont été plus élevées lors de la première campagne de mesure, tant pour la moyenne (1,7 µg/m^3) que pour les valeurs fortes.

Pour la première campagne de mesure, l'étude de la rose des vents montre que le sécheur d'algues vertes pourrait être à l'origine des niveaux plus élevés de sulfure d'hydrogène rencontrés. Les concentrations mesurées sont supérieures à 7 µg/m^3 lorsque le camion laboratoire se trouve majoritairement sous les vents en provenance du sécheur. De plus, on observe une corrélation entre les quelques pics de H_2S mesurés et les différents arrivages d'algues vertes, ce qui tend à confirmer l'existence d'un impact de l'activité de séchage sur les concentrations en H_2S dans l'air ambiant.

Pour le NH_3, aucun dépassement des valeurs de référence n'a été constaté, lors des 3 campagnes de mesures par tubes à diffusion passive.

Annexe

Les caractéristiques des différents arrivages d'algues vertes effectués durant les campagnes de mesures en continu :

Date de réception	Provenance	Tonnage	Date de ramassage	% sable, galets	Fraicheur
19/07/11	Morieux	1,3	19/07/11	10 %	Moyenne
21/07/11	Les Valais Cesson	2,2	21/07/11	20 %	Bonne
22/07/11	Hillion	1,4	22/07/11	-	Moyenne
25/07/11	Morieux	1,2	25/07/11	-	-
26/07/11	Pointe des guettes	1,5	26/07/11	25 %	Très moyenne
29/07/11	Morieux	1,5	29/07/11	15%	bonne

Arrivages d'algues vertes durant la première campagne

Date de réception	Provenance	Tonnage	Date de ramassage	% sable, galet	Fraicheur
28/09/11	Grandville	0,3	-	-	-

Arrivages d'algues vertes durant la seconde campagne