



Campagnes 2012 /2013





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 Karine LE MEHAUTE Olivier CESBRON	Joël GRALL Vincent ESNEAULT Yves GUILLOCHON	Magali CORRON

Sommaire

RAPPORT D'ÉTUDE	1
Sommaire	3
Figures	5
Tableaux	6
Introduction	7
Présentation d'Air Breizh	8
Missions d'Air Breizh	8
PARTIE I : GENERALITES ET CADRAGE DE L'ETUDE	9
I. Généralités sur les algues vertes	9
I.1. Les marées vertesI.2. La putréfaction des algues vertesI.3. La cinétique des émissions	9
II. Présentation de l'étude	10
II.1. Les campagnes de mesures prévues initialement II.2. Les campagnes de mesures réalisées II.3. Les campagnes de mesures menées en 2012	10 11
II.4. Les campagnes de mesures reportées en 2013	
III.1. Liste des polluants étudiés	
III.2. Les valeurs de références	
IV. Matériels et méthodes de mesures	16
IV.1. Les polluants chimiques	16
IV.2. Les polluants biologiques (prélèvements sur 2*20 min)	
·	
PARTIE II: CAMPAGNES DE MESURES 2012	19
I. Les vasières et sites de mesures investigués en 2012	19
I.1. La vasière de Toul Ar VilinI.2. La vasière de Tréguier	
II. Etat zéro – avril 2012	25
II.1. Le bilan des échouages au cours de l'état zéro II.2. Les mesures en continu (H ₂ S, SO ₂ , NH ₃) II.3. Les mesures par prélèvements ponctuels	26
III. Campagne de mesures pendant les travaux – mai 2012	
III.1. Présentation des travaux sur la vasière	
III.2. Le bilan des échouages pendant la campagneIII.3. Les mesures en continu (H ₂ S, SO ₂ , NH ₃)	33 33
III.4. Les mesures par prélèvements ponctuels	
IV. Campagne de mesures sur une vasière épargnée par les algues vertes : la vasière de T – juillet/août 2012	

IV.1. Bilan des échouages	43
V. Campagne de mesures supplémentaires : vasière de Toul Ar Vilin – septembre 2012	47
V.1. Bilan des échouages V.2. Les mesures en continu (H ₂ S)	
VI. Synthèse des campagnes de mesures réalisées en 2012	49
PARTIE III : CAMPAGNES DE MESURES 2013	51
I. Les vasières et sites de mesures investigués en 2013	51
I.1. La vasière de Toul Ar Vilin	51
II. Etat zéro – mai 2013	56
II.1. Le bilan des échouages au cours de l'état zéro II.2. Les mesures en continu (H₂S) II.3. Les mesures par prélèvements ponctuels	56
III. Campagne de mesures en présence d'échouages – juin/septembre 2013	60
III.1. Le bilan des échouages pendant la campagne estivale	60 61
IV. Campagne de mesures sur une autre vasière impactée par les algues vertes : la vasiè Locmiquélic (56)	67
IV.1. Bilan des échouages d'algues vertes sur cette vasière	67 68
V. Synthèse des campagnes de mesures réalisées en 2013	72
PARTIE IV : SYNTHESE DES RESULTATS ET INTERPRETATION DES CAMPAGNES DE MESURES 2012/2013	
I. Synthèse des résultats des mesures en continu d'hydrogène sulfuré (H2S)	73
I.1. Niveaux de concentrations mesurées	73 83
PARTIE V : CONCLUSION GENERALE	86
Annexe I - Synthèse des résultats des mesures ponctuelles – campagnes 2012 et 2013	88
Glossaire	
Bibliographie : liste des documents consultés	90

Figures

Figure 1 : Situation géographique de la vasière de Toul Ar Vilin – 22	19
Figure 2 : Vasière de Toul Ar Vilin avant travaux (avril 2012)	
Figure 3 : Vasière de Toul Ar Vilin pendant les travaux (mai 2012)	
Figure 4 : Ecoulement principal d'eau douce sur la vasière de Toul Ar Vilin	
Figure 5 : Ecoulements occasionnels d'eau douce sur la vasière de Toul Ar Vilin	
Figure 6 : Localisation des différentes zones au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin	
Figure 7 : Emplacement des sites de mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin	
Figure 8 : Situation géographique des mesures effectuées sur la vasière de Tréguier [carte IG	
vue aérienne – Source Géoportail]	
Figure 9 : Emplacement des sites de mesures sur la vasière de Tréguier	24
Figure 10 : Cartographie des zones surveillées	25
Figure 11 : Evolution des concentrations en H ₂ S et en SO ₂ au cours de l'état zéro	
Figure 12 : Evolution des résultats des mesures en NH ₃ (journée du 11/04/12) (en μg/m³)	
Figure 13 : Concentrations mesurées en H2S le 29 avril 2012(en µg/m³)	27
Figure 14 : Provenance des vents du pic du 29 avril 2012	
Figure 15 : Zone de la vasière concernée par les travaux	
Figure 16 : Les périodes et zones concernées par les travaux de dévasage	
Figure 17 : Résultats des mesures en H ₂ S et SO ₂ lors des travaux (en μg/m ³)	
Figure 18: Résultats des mesures en NH3 (en µg/m³)	
Figure 19 : Résultats des mesures en H ₂ S lors des travaux du 2 mai 2012 (en μg/m³)	35
Figure 20 : Evolution des concentrations en H2S le 3 mai 2012 (en µg/m³)	36
Figure 21 : Provenance du vent, lors du pic du 3 mai entre 11h45 et 13h	
Figure 22 : Evolution des concentrations en H_2S du 4 au 10 Mai 2012 (en μ g/m³)	
Figure 23 : Provenance des vents lorsque les concentrations en H ₂ S sont supérieures à 7 µg/m	
Figure 24: Evolution des concentrations en SO_2 et H_2S (en $\mu g/m^3$)	
Figure 25 : Evolution des concentrations en H ₂ S (en µg/m³)	
Figure 26 : Rose des vents lors de mesures de concentrations supérieures à 7 μg/m³	47 48
Figure 27 : Rose des vents lors de mesures de concentrations inférieures à 5 µg/m ³	40 48
Figure 28 : Localisation de la vasière de Toul Ar Vilin [Source géoportail]	
Figure 29 : Emplacement des sites de mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin	
Figure 30 : Localisation de la vasière de Locmiquélic (56) [Source : Géoportail]	
Figure 31 : Dépôts d'algues vertes constatés régulièrement sur la vasière de Locmiquélic	
Figure 32 : Localisation des points de prélèvements	
Figure 33 : Evolution des mesures en H2S du 18/06 au 11/09/13 (en µg/m³)	60
Figure 34 : Evolution des concentrations lors de la journée du 16/08/13 (en µg/m³)	
Figure 35 : Provenance des vents lors des mesures de concentrations élevées le 16/08/13	
Figure 36 : Provenance des vents lors des mesares de concentrations elevées le 10/00/10 Figure 36 : Provenance des vents durant les prélèvements par canister (10h30 à 14h le 05/07	
[données Air Breizh][données Air Breizh]	_ 1
Figure 37 : Planning des prélèvements par barbotage	_
Figure 38 : Evolution des concentrations en H2S du 26/09 au 16/10/13 à Locmiquélic (en µg/m ³	
Figure 39 : Provenance des vents durant les prélèvements par canister à Locmiquélic	
Figure 40 : Représentation graphique (Box Plot) des résultats statistiques (en μg/m³)	
Figure 40 : Representation graphique (box Flot) des resultats statistiques (en μg/m) Figure 41 : P98 calculés par campagne (sur la base des données horaires) (en μg/m³)	
Figure 41 : P96 calcules par campagne (sur la base des données noralies) (en µg/m) Figure 42 : Comparaisons statistiques des mesures (en µg/m³)	13 29
Figure 43 : Comparaison des P98 (concentrations en µg/m³)	
Figure 44 : Localisation des campagnes de mesures dans la Grève de Saint Michel (22)	
Figure 45 : Evolution des surface colonisées estimées et des quantités d'algues ramass	
[source données : CEVA][source données : CEVA]	
Figure 46: Comparaison des concentrations moyennes d'H2S et des quantités d'algues ve	00 2012
ramassées	82

Tableaux

Tableau 1 : Campagnes réalisées en 2012 et 2013	11
Tableau 2 : Liste des substances d'intérêt de l'ANSES (23 substances)	
Tableau 3 : valeurs toxicologiques de références	
Tableau 4 : Autres valeurs de référence	14
Tableau 5 : Relation dose/effet de l'Hydrogène sulfuré (OMS, 2000) (OMS, 1981)	15
Tableau 6: relation dose/effet de l'Ammoniac (source: INERIS, 2003) (OMS, 1986)	15
Tableau 7 : Substances mesurées, durées de mesure et VTR	
Tableau 8 : Récapitulatif des mesures H ₂ S en continu	26
Tableau 9 : Résultats des mesures en continu	
Tableau 10 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive	30
Tableau 11 : Concentrations mesurées par canister	30
Tableau 12 : Concentrations mesurées par barbotage	31
Tableau 13 : Récapitulatif des mesures H ₂ S en continu	34
Tableau 14 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive	39
Tableau 15 : Concentrations mesurées par canister	39
Tableau 15 : Concentrations mesurées par canister	40
Tableau 17 : Concentrations mesurées par tubes actifs(en µg/m³)	41
Tableau 18 : Résultats des prélèvements d'endotoxines	
Tableau 19 : récapitulatif des mesures H ₂ S en continu	44
Tableau 20 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive	44
Tableau 21 : Concentrations mesurées par canister	45
Tableau 22 : Concentrations mesurées par barbotage	46
Tableau 23 : Résultats des mesures d'endotoxines	46
Tableau 24 : Récapitulatif des mesures H ₂ S en continu	48
Tableau 25 : récapitulatif des mesures H ₂ S en continu lors de l'état zéro 2012 et 2013	56
Tableau 26 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive	57
Tableau 27 : Concentrations mesurées par canister	
Tableau 28 : Concentrations mesurées par barbotage	58
Tableau 29 : Concentrations mesurées par tubes actifs	59
Tableau 30 : Résultats des prélèvements d'endotoxines	59
Tableau 31 : Récapitulatif des mesures d'H ₂ S en continu	61
Tableau 32 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive	63
Tableau 33 : Concentrations mesurées par canister	63
Tableau 34 : concentrations mesurées par carrister	64
Tableau 35 : Concentrations mesurées par tubes actif (en µg/m³)	65
Tableau 36 : Résultats des mesures d'endotoxines	66
Tableau 37 : Résultats des mesures en continu	68
Tableau 38 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive	68
Tableau 39 : Concentrations mesurées par canister	69
Tableau 40 : Concentrations mesurées par barbotage	70
Tableau 41 : Concentrations mesurées par barbotage	70
Tableau 42 : Résultats des prélèvements d'endotoxines	71
Tableau 43 : Synthèse des résultats des concentrations en H ₂ S	73
Tableau 44 : Interprétation statistique des concentrations horaires 2012/2013	
Tableau 45 : Comparaison des mesures aux valeurs de références toxicologiques	76
Tableau 46 : Résultats des mesures depuis 2005	
Tableau 47 : Historique des études menées par Air Breizh à proximité des plages	

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 H₂S particulièrement élevées, dépassant les valeurs guides définis par l'OMS¹.

L'un des principaux moyens de lutte contre ces nuisances est le ramassage régulier des algues. Cette collecte contribue 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.

Le long du littoral breton, certaines zones sont majoritairement constituées de matières sédimentaires appelées communément « vase ». La composition et la typologie de ces sites les rendent extrêmement difficiles d'accès, ce qui gêne considérablement le ramassage des algues vertes échouées. A proximité de ces zones, l'accumulation et la décomposition des algues vertes sont particulièrement susceptibles de générer des nuisances olfactives.

L'objectif de cette étude est donc d'approfondir l'état des connaissances sur l'exposition des riverains ou passants aux émissions dues à la décomposition des algues vertes en zones de vasière, pour lesquelles il n'existe que peu d'études scientifiques.

Ce rapport présente les résultats des campagnes de mesure réalisées successivement en 2012 et 2013 sur les communes de :

- St Trédrez-Locquémeau (22) au niveau du lieu-dit Toul ar Vilin,
- Tréguier (22),
- Locmiquélic (56).

V3 – Mars 2015 - 7/90

¹ Valeurs guides définis par l'OMS : 7μg/m³ sur une demi-heure et 150 μg/m³ sur 24 heures

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 MEDDE, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 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 (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, BTEX, PM₁₀ et PM_{2.5}) 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...).

PARTIE I : GENERALITES ET CADRAGE DE L'ETUDE

I. Généralités sur les algues vertes

I.1. Les marées vertes

Les marées vertes, qui sont des échouages massifs d'algues vertes, envahissent, chaque année, certaines côtes du littoral breton, au printemps et en été. Cette prolifération d'algues est favorisée par les apports excessifs en phosphore et en azote mais est aussi fonction de différents paramètres tels que la température de l'eau en sortie d'hiver, les conditions météorologiques en hiver et au début du printemps (vent et présence de houle auront un impact plus ou moins dispersif, la pluviométrie printanière), la lumière solaire (présence et intensité), la morphologie des fonds marins, le transport par les courants marins, En Bretagne, 2 espèces d'algues sont particulièrement impliquées dans la constitution des marées vertes : l'Ulva armoricana (côtes Nord de la Bretagne) et l'Ulva rotundata (côtes Sud de la Bretagne). Ces ulves, contrairement à d'autres algues, ont la capacité d'extraire du milieu et de stocker des réserves d'azote importantes, de s'adapter à des éclairements d'intensités variables et de supporter des températures basses (jusqu'à -5 °C). Ces algues vertes sont donc particulièrement résistantes, ce qui leur permet de passer l'hiver et de constituer dans certains cas, l'inoculum de la prolifération suivante.

I.2. La putréfaction des algues vertes

La biodégradation fermentaire, ou putréfaction, est la décomposition de matières organiques par des micro-organismes, comme les bactéries ou les champignons. Ce phénomène a pour conséquence la libération dans l'environnement de molécules dont la nature est caractéristique des souches de micro-organismes intervenants.

Dans le cas de la dégradation d'algues vertes, on distingue généralement 2 phases :

- une phase aérobie (en présence d'oxygène) avec principalement émissions de CO₂,
- une <u>phase anaérobie</u> (en l'absence d'oxygène) qui correspond à des amas d'algues ayant de très faibles échanges avec l'atmosphère du fait de la dessiccation (formation d'une croûte) de la surface de l'amas.

Dans la phase anaérobie de la décomposition, des micro-organismes sulfato-réducteurs présents dans l'eau de mer et dans les vases du littoral vont utiliser les radicaux soufrés présents dans les algues vertes comme source d'oxygène, ce qui va entraîner la formation de sulfure d'hydrogène. Un mécanisme parallèle aboutit à la formation d'ammoniac, à partir des nitrates des algues vertes. De nombreuses autres réactions physico-chimiques peuvent conduire à la formation et à l'émission d'autres molécules telles que des aldéhydes, des produits soufrés, des acides,

On peut noter que les algues rouges ou brunes, faiblement pourvues en radicaux soufrés, dégagent assez peu $d'H_2S$, au cours de leur décomposition.

I.3. La cinétique des émissions

L'exploitation des résultats de la campagne de mesure, réalisée par l'INERIS en 2009², a permis d'estimer la cinétique des émissions gazeuses issues de la putréfaction des algues vertes. Durant les premières heures suivant l'échouage des algues vertes sur une plage, les émissions de composés gazeux produits par la décomposition des algues sont très faibles. A ce stade, l'ammoniac (NH₃) semble être le seul polluant gazeux issu de la réaction de dégradation. Dans les heures suivantes, les émissions de DMS (diméthylsulfure) deviennent importantes. Puis, avec l'intensification du processus de dégradation des algues vertes, d'autres composés soufrés

² Cf. liste des documents consultés à la fin de rapport

apparaissent dont le sulfure d'hydrogène (H₂S) ainsi que des aldéhydes. Ces différentes phases d'émissions sont variables dans le temps selon de nombreux paramètres : température, pluviométrie, volume des échouages, épaisseur des dépôts, caractéristiques du milieu...

Retenons que le début des émissions significatives en H₂S se situe entre 12 et 48 heures après des échouages.

II. Présentation de l'étude

II.1. Les campagnes de mesures prévues initialement

Sur une année, cette étude prévoyait de réaliser des mesures au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin, située sur la Communauté d'Agglomération de Lannion-Trégor, à plusieurs périodes à savoir :

- avant l'arrivée d'algues vertes afin de réaliser un état zéro,
- au cours de travaux de désenvasage de la vasière dont l'objectif était de faciliter l'accès des engins pour le ramassage régulier des algues. Ces travaux se sont déroulés sur deux demi-journées (cf. chapitre partie II - Chapitre III.1 présentation des travaux).
- pendant un épisode d'échouage d'algues vertes.

Afin d'appréhender la problématique dans sa globalité, il avait aussi été prévu d'investiguer deux autres vasières : une vasière fortement impactée par les échouages d'algues vertes, et l'autre, au contraire, épargnée par les échouages.

Cette étude devait donc comporter 5 campagnes de mesure comme suit qui devaient être réalisées en 2012 :

- 1) un <u>état zéro</u> avec des mesures au niveau de la vasière Toul Ar Vilin (Lannion-Trégor), avant le début des travaux,
- 2) une campagne de mesure <u>pendant les travaux</u>, au niveau de la vasière Toul Ar Vilin (Lannion-Trégor),
- 3) une campagne de mesure en été, à la suite des travaux, <u>pendant un épisode d'échouage</u> d'algues vertes au niveau de la vasière Toul Ar Vilin (Lannion-Trégor),
- 4) une seconde campagne de mesure en été, au niveau d'une vasière <u>épargnée par les</u> <u>échouages</u> d'algues vertes (choix du site déterminé en lien avec l'ARS 22),
- 5) une troisième campagne de mesure en été, au niveau d'une vasière <u>impactée par des</u> <u>échouages abondants</u> (choix du site déterminé en lien avec l'ARS 56).

II.2. Les campagnes de mesures réalisées

En raison des faibles volumes d'échouage en 2012, l'ensemble des campagnes initialement prévues n'a pas pu être réalisé. Certaines ont alors été repoussées en 2013 précédées d'un nouvel état zéro.

Le tableau ci-après présente les détails des campagnes réalisées.

Tableau 1 : Campagnes réalisées en 2012 et 2013

Année	Contexte de la campagne	Lieu	Période
	Etat zéro	Vasière de Lannion- Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 5 au 30/04/12
2012	Pendant travaux de dévasage	Vasière de Lannion- Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 1 au 10/05/12
77	Après travaux lors d'un épisode d'échouage	Vasière de Lannion- Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 18/09 au 3/10/12
	Vasière épargnée par les échouages	Vasières de Tréguier (22)	du 18/07 au 9/08/12
	Etat zéro	Vasière de Lannion- Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 10/04 au 14/05/13
2013	Pendant un épisode d'échouage	Vasière de Lannion- Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 18/06 au 11/09/13
	Pendant un épisode d'échouage sur une autre vasière	Vasière de Locmiquélic (56)	du 26/09 au 16/10/13

II.3. Les campagnes de mesures menées en 2012

En 2012, Air Breizh a pu réaliser trois campagnes de mesures. Les moyens de mesures ont été implantés au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin à deux reprises : avant l'arrivée d'algues vertes afin de réaliser l'état zéro (campagne n° 1) et au cours de travaux réalisés sur la vasière au début du mois de mai (campagne n° 2).

Une troisième campagne a été menée par Air Breizh au cours de l'été sur une vasière non impactée par des échouages d'alques vertes (campagne n° 4).

Notons également qu'une campagne complémentaire (campagne n°3) de mesures a été réalisée tardivement sur la vasière de Toul Ar Vilin suite au constat de quelques échouages épars à la fin de l'été. Cette campagne additionnelle ne répond pas au protocole initialement prévu en raison du faible volume d'échouage.

Ces campagnes se sont déroulées du :

- 5 au 30 avril 2012, pour l'état zéro (vasière Toul Ar Vilin),
- 1^{er} au 10 mai 2012, pour la campagne pendant travaux (vasière Toul Ar Vilin),
- 18 juillet au 9 août 2012, pour la vasière épargnée par les algues vertes (vasières de Tréguier) ;
- 18 septembre au 3 octobre 2012 lors d'échouages épars (vasière Toul Ar Vilin).

II.4. Les campagnes de mesures reportées en 2013

En raison d'échouages d'algues vertes particulièrement faibles au cours du printemps et de l'été 2012, deux campagnes de mesures prévues n'ont pas pu être menées :

- Mesure lors d'un épisode d'échouage important sur la vasière de Toul Ar Vilin ;
- Mesure sur une autre vasière impactée par des échouages importants.

Ces deux campagnes précédées d'un nouvel état zéro ont, par conséquent, été reportées durant l'été 2013 comme suit :

- 10 avril au 14 mai 2013, pour l'état zéro* (vasière Toul Ar Vilin) ;
- 18 juin au 11 septembre 2013 au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin lors d'échouage*;
- 26 septembre au 16 octobre 2013 au niveau de la vasière de Locmiquélic (56) lors d'échouage.

^{*} Ces deux campagnes n'ont pas été réalisées en période de travaux sur la vasière.

III. Les polluants étudiés

III.1. Liste des polluants étudiés

A partir des résultats de campagnes de mesures, des réactions chimiques lors de la putréfaction des algues vertes et des connaissances sur la toxicité des molécules, une liste des substances d'intérêt (car émises ou suspectées de l'être, lors du processus de dégradation des algues, et toxiques par inhalation) a été constituée par l'ANSES (cf. tableau ci-après), dans le cadre d'une démarche d'évaluation de risques [Rapport d'expertise collective – Risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs – ANSES Juin 2011].

A partir de cette liste ANSES, Air Breizh, en accord avec l'ARS et la Cire Ouest, a étudié et mesuré 17 substances (sur 23*), dont notamment le H₂S, le NH₃ et le SO₂.

*Ne pouvant pas être analysés par le laboratoire sous-traitant, certains polluants de la liste de l'ANSES (l'acétylmercaptan, le diméthylsulfoxyde, le chlorométhylsulfone, l'acide sulfureux, l'éthanol et le protoxyde d'azote) n'ont pas été mesurés, lors des campagnes de mesures.

Tableau 2 : Liste des substances d'intérêt de l'ANSES (23 substances)

Liste des substances d'intérêt			
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S) Disulfure de carbone (CS ₂) Acide acétique			
Diméthylsulfure (DMS)	<u>Acétylmercaptan</u>	Acide lactique	
Méthylmercaptan (CH₃CH)	<u>Diméthylsulfoxyde (DMSO)</u>	Acide sulfurique	
Diméthyldisulfure (DMDS)	<u>Chlorométhylsulfone</u>	Acide sulfureux	
Ammoniac (NH₃)	Dithiapentane	Endotoxines	
Acétaldéhyde	1,2,4-Trithiolane	Protoxyde d'azote	
Formaldéhyde	Dioxyde de soufre (SO ₂)	<u>Ethanol</u>	
Propionaldéhyde	Propionaldéhyde Acide acrylique		

xxx: non mesuré lors de ces campagnes (x6)

III.1.1. Le sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur fétide caractéristique d'œufs pourris. 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... Relativement stable dans l'air, il 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. La concentration de fond en H₂S à la surface du globe (bruit de fond) est estimée en moyenne à 0,3 μg/m³.

III.1.2. L'ammoniac

L'ammoniac est présent naturellement dans l'environnement du fait de son rôle dans le cycle de l'azote entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. Cependant, la majorité des émissions a pour origine l'activité humaine. La Bretagne représente environ 19% des émissions nationales et 98% des émissions bretonnes 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%. Une des conséquences de l'agriculture intensive est la prolifération d'algues vertes, qui vont, elles aussi, émettre de l'ammoniac en se décomposant. 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.

III.2. Les valeurs de références

III.2.1. Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont des indices toxicologiques. Elles permettent de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Elles sont déterminées en fonction d'une durée d'exposition. Il existe donc deux types de VTR :

- les VTR aigües correspondant à des expositions de courte durée (quelques heures),
- les VTR chroniques correspondant à des expositions de longue durée (> 1 an).

Des VTR subchroniques sont parfois disponibles. Elles sont déterminées pour des durées comprises entre 14 et 365 jours.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des VTR existantes, pour les 23 substances de la liste de l'ANSES ainsi que les organes cibles et les effets sanitaires associés à ces VTR.

Les substances en vert ont été mesurées au cours des campagnes de mesures. Les autres substances ne sont pas analysables par le laboratoire sous-traitant et n'ont pas été mesurées au cours des campagnes.

Le choix des valeurs toxicologiques de référence a été réalisé selon les recommandations de la circulaire du 30/05/06 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact.

Ainsi, dans le cas ou plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les bases de données (US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Health Canada, RIVM ou OEHHA) pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition, il est recommandé de sélectionner la VTR en respectant la hiérarchisation suivante :

- pour les substances à effets à seuil successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA;
- pour les substances à effets sans seuil successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHA.

Tableau 3 : valeurs toxicologiques de références

	Tubi			,
Substances	VTR aigue	VTR chronique	Organes cibles effet chronique [source : INERIS]	Effets sanitaires associés à la VTR chronique
Sulfure d'hydrogène (H₂S)	100 μg/m³ sur 1h ATSDR (2006)	2 μg/m³ US EPA (2003)	Appareil respiratoire	Valeur établie à partir d'un NOAEC déterminé lors d'une étude réalisée chez des rats exposés par inhalation Effets observés : lésions nasales de la muqueuse olfactive
Diméthylsulfure (DMS)	-	-	-	
Méthylmercaptan (CH₃CH)	-	-	-	
Diméthyldisulfure (DMDS)	-	-	-	
Ammoniac (NH ₃)	1,2 mg/m³ sur 1h ATSDR (2004)	100 μg/m³ US-EPA (1991)	Poumons, œil	Valeur établie à partir d'un NOAEL déterminé en l'absence d'effet pulmonaire observé lors d'une étude épidémiologique chez des ouvriers exposés professionnement.
Acétaldéhyde	470 μg/m³ sur 1h ΟΕΗΗΑ*	9 μg/m³ US-EPA (1991)	Tractus respiratoire	Valeur établie à partir d'un NOAEL déterminé lors d'une étude réalisée chez des rats exposés par inhalation Effets observés : dégénérescence de l'épithélium olfactif
Formaldéhyde	50 μg/m³ sur 1h ATSDR (1999)	10 μg/m³ ATSDR (1999)	Voies aériennes supérieures	Valeur établie à partir d'un NOAEC déterminé lors d'une étude épidémiologique réalisé chez des travailleurs exposés par inhalation Effets observés : irritations occulaires et nasales et lésions histologiques de l'épithélium nasal
Propionaldéhyde	-	8 μg/m³ US EPA (2008)	Epithélium olfactif	Valeur établie lors d'une étude réalisée chez des rats exposés par inhalation
Disulfure de carbone (CS ₂)	6,2 mg/m³ sur 1h OEHHA (1999)	700 μg/m³ US-EPA (1995)	système nerveux périphérique	Valeur établie lors d'une étude chez des travailleurs exposés par inhalation
Dithiapentane	-	-	-	
1,2,4-Trithiolane	-	-	-	
Dioxyde de soufre (SO ₂)	500 μg/m³ sur 10min OMS (2005)	20 μg/m³ sur 24h OMS (2005)	-	
Acide acrylique	6 mg/m³ sur 1h OEHHA (1999)	1 μg/m³ US-EPA (1995)	Epithélium olfactif	Valeur établie lors d'une étude réalisée chez des rats et les souris exposés par inhalation Effets observés : dégénérescence de l'épithélium olfactif
Acide acétique	-	-	-	
Acide lactique	-	-	-	
Acide sulfurique	120 μg/m³ sur 1h ΟΕΗΗΑ (1999)	1 μg/m³ ΟΕΗΗΑ (2001)	système respiratoire	Valeur établie lors d'une étude réalisée chez des singes exposés par inhalation Effets observés : épaississement des parois bronchiolaires
Endotoxines	-	-	-	
Acétylmercaptan	-	-		
Diméthylsulfoxyde (DMSO)	-			
Chlorométhylsulfone	-	-		
Acide sulfureux	-	-		
Protoxyde d'azote	-	-		
Ethanol	-	-		

OEHHA: Office of Environmental Health Hazard Assessment - US-EPA: U.S. Environmental Protection Agency

On remarque que toutes les substances ayant une VTR ont pu être mesurées au cours de ces campagnes.

III.2.2. Les autres valeurs de référence

Pour certains polluants, en plus des VTR, d'autres valeurs de référence peuvent permettre d'appréhender les gênes ou impacts sanitaires en fonction des niveaux rencontrés. Les tableaux suivants présentent, de manière non-exhaustive, certaines de ces valeurs pour le H₂S, le NH₃ et les endotoxines :

Tableau 4 : Autres valeurs de référence

Valeurs de référence pour le <u>H2</u> S source				
Valeurs guide 7 μg/m³ sur une demi-heure (nuisance olfactive) 150 μg/m³ sur 24 heures (impact sur la santé)		OMS (2000)		
Valeurs de référence pour le <u>NH</u> ₃ source		source		
VLCT 14 000 μg/m³ sur 15 minutes VME 7 000 μg/m³ sur 8 heures		INRS		

Valeurs de référence	pour les <u>endotoxines</u>	source
NOAEL	90 UE/m ³	Heederick (1997)

III.2.3. Effet sur la santé

Les relations dose/effet des deux principaux paramètres sont reprises ci-après.

Tableau 5 : Relation dose/effet de l'Hydrogène sulfuré (OMS, 2000) (OMS, 1981)

Concentrations (µg/m³)	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
750 000-1 050 000	< 1 heure	Atteinte du système nerveux central
	Plusieurs heures	Mort possible
1 350 000	< 30 minutes	Effets systémiques sévères - mort en moins d'1 heure
2 250 000	15-30 minutes	Mort
2 700 000	immédiat	Mort

A titre indicatif, la concentration maximale mesurée depuis 2005 est de 1136 μg/m³ (valeur maximale des données quart horaires mesurées en 2005 à St Michel en Grève).

Les premiers effets (irritation des yeux) sont constatés à partir de 16 mg/m³ soit 15 fois supérieures à cette valeur maximale mesurée.

Il se peut toutefois que sur un pas de temps inférieur à 15 minutes, des concentrations supérieures à ce maximum aient été émises sans pour autant atteindre ce niveau de concentrations.

Tableau 6 : relation dose/effet de l'Ammoniac (source : INERIS, 2003) (OMS, 1986)

Concentration (µg/m³)	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

A titre indicatif, la concentration maximale mesurée depuis 2005 est de 44 μg/m³ (valeur maximale des données quart horaires mesurées en 2006 à St Michel en Grève) à savoir bien inférieure au premier effet constaté à des concentrations soixante fois supérieures.

De même que pour l'hydrogène sulfuré, il se peut toutefois que sur un pas de temps inférieur à 15 minutes, des concentrations supérieures à ce maximum aient été émises sans pour autant atteindre ce niveau de concentrations.

IV. Matériels et méthodes de mesures

IV.1. Les polluants chimiques

En fonction des possibilités techniques, certains polluants ont pu être mesurés en continu, au cours des campagnes de mesures. Les autres substances ont fait l'objet de prélèvements ponctuels sur site. L'analyse de ces prélèvements a été assurée par un laboratoire sous-traitant, spécialisé dans l'analyse de la contamination moléculaire aéroportée (AMC).

IV.1.1. Les mesures en continu (mesures quart-horaires sur 3 à 10 semaines d'enregistrement selon les campagnes)

Les polluants concernés : H₂S et SO₂

Le sulfure d'hydrogène et le dioxyde de soufre ont été mesurés en continu, au cours des différentes campagnes de mesures, à l'aide d'analyseurs installés dans le camion laboratoire d'Air Breizh. Le sulfure d'hydrogène est mesuré avec un analyseur de dioxyde de soufre, auquel est ajouté un module spécifique qui élimine le SO₂ contenu dans l'air. L'échantillon passe ensuite dans un convertisseur haute température (340°C) pour oxyder le H₂S en SO₂. Le SO₂ est ensuite mesuré par fluorescence-UV au sein de la cellule de mesure. On en déduit ainsi la concentration en H₂S.

Les données brutes sont des données quart-horaires.



IV.1.2. La mesure par canister (prélèvements sur 3 heures)

<u>Les polluants concernés : Diméthylsulfure, Méthylmercaptan, Diméthyldisulfure, Dithiapentane, 1,2,4-Trithiolane</u>

Un canister est un récipient étanche de 6 litres, placé en dépression, dans lequel on prélève, pendant 3 heures, des échantillons d'air qui sont, ensuite, analysés en laboratoire. Pendant le prélèvement d'air, le débit est maintenu constant grâce à un régulateur de débit, placé en amont du canister. L'air échantillonné est ensuite analysé en laboratoire par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse.



IV.1.3. La mesure par barbotage (prélèvements sur 1 heure)

Les polluants concernés : Acides acrylique, acétique, lactique et sulfurique

L'air échantillonné passe à travers une solution de barbotage permettant le piégeage des acides (acide acrylique, acide acétique, acide lactique, acide sulfurique). La durée du prélèvement est fixée à 1 heure.



IV.1.4. La mesure par tubes actifs (prélèvements sur 1 heure)

Les polluants concernés : Acétaldéhyde, Formaldéhyde, Propionaldéhyde

Les prélèvements en mode actif consistent à faire passer l'air au travers d'une cartouche contenant l'adsorbant, à l'aide d'une pompe. Le piégeage des aldéhydes est basé sur le principe de la chimisorption et passe par la réaction de la DNPH, dont on imprègne un support solide (silice, fluorisil...), avec les composés carbonylés pour former des hydrazones. Les hydrazones, fixées sur les cartouches exposées, sont extraites à l'acétonitrile. L'éluat est alors analysé par chromatographie liquide haute performance (HPLC) et détection par spectrométrie UV à une longueur d'onde de 365 nm.



IV.1.5. La mesure par tubes à diffusion passive (prélèvements sur 7 jours)

Les polluants concernés : Ammoniac, Acétaldéhyde, Formaldéhyde, Propionaldéhyde, Disulfure de carbone et sulfure d'hydrogène

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.



IV.2. Les polluants biologiques (prélèvements sur 2*20 min)

Les endotoxines sont des substances toxiques biologiques libérées, lors de la lyse ou de la multiplication des bactéries à Gram négatif. Les effets sur la santé sont principalement des syndromes respiratoires allant de la fièvre d'inhalation pour une exposition aigüe, à la diminution de la fonction pulmonaire pour une exposition chronique. Les aérosols contenant les endotoxines ont des spectres larges de distribution, en taille de particules.

Il n'existe pas, actuellement, de procédure généralisée et stabilisée de mesurage des endotoxines environnementales. Cependant, nous proposons de nous appuyer sur les recommandations de la norme NF EN 14 031 relative à l'évaluation de l'exposition dans les lieux de travail. Le prélèvement a été réalisé à l'aide d'un biocollecteur Coriolis, qui permet de concentrer dans un échantillon liquide des particules biologiques de l'air. Après filtration, le dosage des endotoxines est effectué par une analyse chromogénique de type cinétique à l'aide d'un spectrophotomètre, selon la méthode Lysat d'Amoebocyte de Limule (LAL).



Les endotoxines sont également analysées par un laboratoire sous-traitant. Accrédité COFRAC (numéro 1-1850), ce laboratoire est spécialisé pour les analyses physico-chimiques, microbiologiques et biologiques sur tous les types de produits liés à l'environnement (eaux, air, terres et sols pollués...).

IV.3. Durée des prélèvements et comparaison avec les VTR

Les techniques de mesures utilisées pour les polluants ayant une VTR aigüe (prélèvements par barbotage, par tubes actifs et par biocollecteur, mesures en continu) ont permis d'obtenir des résultats moyennés sur 1 heure et donc comparables à ces VTR.

Les VTR chroniques (exposition supérieure à 1 an) sont approchées par les mesures en continu et les prélèvements passifs.

Le tableau suivant récapitule les VTR, les méthodes et durées des mesures pour chacune des substances étudiées :

Tableau 7 : Substances mesurées, durées de mesure et VTR

Substance	VTR aigue	VTR chronique	Autres valeurs de références	Méthode de mesure	Concentration moyennée sur :
Sulfure d'hydrogène	100 µg/m³ 1h ATSDR	2 μg/m³ (US EPA)	7 μg/m³ sur ½ heure 150 μg/m³ sur 24h	Mesures en continu	de 1h à 14 j
Diméthylsulfure	-	-	-	Canister	3h
Méthylmercaptan	=	-	-	Canister	3h
Diméthyldisulfure	-	-	-	Canister	3h
Ammoniac	1,2 mg/m ³ 1h ATSDR	100 μg/m³ US-EPA	-	Analyseur Tubes passifs	1h 7 j
Acétaldéhyde	470 μg/m³ 1h ΟΕΗΗΑ	9 μg/m³ US-EPA	-	Tubes actifs Tubes passifs	1h 7j.
Formaldéhyde	50 μg/m³ 1h ATSDR	10 μg/m³ ATSDR	-	Tubes actifs Tubes passifs	1h 7j.
Propionaldéhyde	-	8 μg/m³ US-EPA	-	Tubes actifs Tubes passifs	1h 7j.
Disulfure de carbone	6,2 mg/m ³ 1h OEHHA	700 μg/m³ US-EPA	-	Tubes passifs	7j.
Dithiapentane	-	1	-	Canister	3h
1,2,4-Trithiolane	-	•	-	Canister	3h
Dioxyde de soufre	500 µg/m³ 10 min OMS	20 μg/m³ sur 24 h OMS	-	Mesures en continu	de 1h à 14 j
Acide acrylique	6 mg/m³ 1h OEHHA	1 μg/m³ US-EPA	-	Barbotage	1h
Acide acétique	-	-	-	Barbotage	1h
Acide lactique	-	-	-	Barbotage	1h
Acide sulfurique	120 µg/m³1h OEHHA	1 μg/m³ ΟΕΗΗΑ	-	Barbotage	1h
Endotoxines	-	-	90 UE/m ³	analyse LAL	20 min

Les VTR indiquées en gras sont celles utilisées pour l'interprétation des résultats.

PARTIE II : Campagnes de mesures 2012

I. Les vasières et sites de mesures investigués en 2012

En 2012, deux vasières, situées dans les Côtes-d'Armor, ont fait l'objet de mesures :

- la vasière de Toul Ar Vilin (pour l'état zéro, la campagne de mesure pendant travaux et après les travaux),
- une vasière à Tréguier.

I.1. La vasière de Toul Ar Vilin

I.1.1. Localisation géographique

La vasière de Toul Ar Vilin est localisée sur la Communauté d'Agglomération de Lannion-Trégor et se situe à proximité de la commune de Saint-Michel-en-Grève (22), au fond de la baie de Lannion, au Nord-Ouest du département des Côtes d'Armor.

Cette baie de sable fin, fermée et en faible pente, est un lieu récurrent de marées vertes, au printemps et en été. La vasière de Toul Ar Vilin a fait l'objet de travaux de dévasage entre le 2 et le 10 mai 2012.





Figure 1 : Situation géographique de la vasière de Toul Ar Vilin – 22

[Source : carte IGN et vue Aérienne – Géoportail]





Figure 2 : Vasière de Toul Ar Vilin avant travaux (avril 2012)

Figure 3 : Vasière de Toul Ar Vilin pendant les travaux (mai 2012)

I.1.2. Description de la vasière

I.1.2.1 Les écoulements d'eau au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin

La vasière de Toul Ar Vilin est impactée par des écoulements importants d'eau douce. En effet, un exutoire au niveau de la grève de Toul Ar Vilin génère un écoulement d'eau douce issue du bassin versant avoisinant. Le débit d'eau à la sortie de l'exutoire peut être élevé avec un flux régulier. Cet écoulement d'eau principal s'écoule vers la mer en contournant un platier rocheux, situé à l'ouest de la vasière.

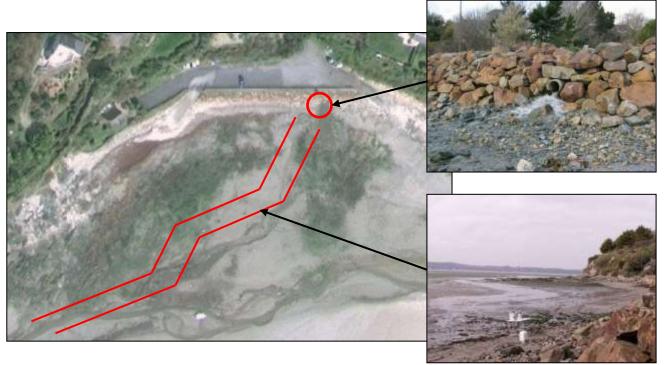


Figure 4 : Ecoulement principal d'eau douce sur la vasière de Toul Ar Vilin

Outre cet écoulement d'eau principal, des écoulements d'eau douce plus occasionnels peuvent être observés le long de la berge, générant des flux modérés et irréguliers, dépendant, notamment, des conditions météorologiques.

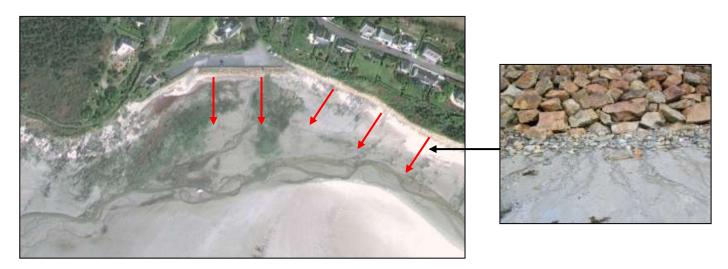


Figure 5 : Ecoulements occasionnels d'eau douce sur la vasière de Toul Ar Vilin

I.1.2.2. Les différentes zones de la vasière de Toul Ar Vilin

Les différents écoulements d'eau présents sur la vasière ainsi que la géologie naturelle du site permettent de distinguer trois zones au niveau de cette vasière (cf. figure ci-après) :

- le platier rocheux, légèrement surélevé,
- la vasière principale, extrêmement difficile d'accès, située sur la zone de l'écoulement principal d'eau douce,
- la vasière secondaire, difficile d'accès, située sur la zone concernée par les écoulements occasionnels d'eau douce.

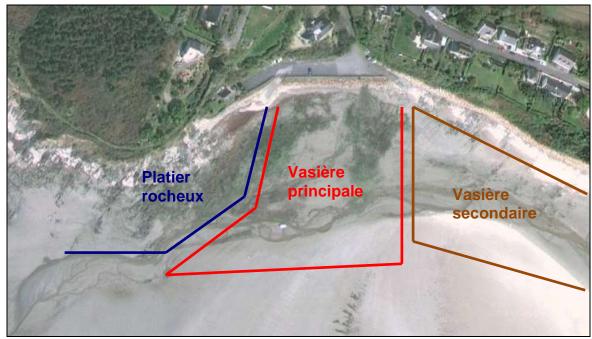


Figure 6 : Localisation des différentes zones au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin

I.1.3. Les sites de mesures

Au cours des trois campagnes de mesures réalisées sur cette vasière, le camion laboratoire a été implanté sur le parking à environ une dizaine de mètres de la zone de vasière principale.

Pour les prélèvements ponctuels, un premier site de mesures a été retenu sur la plage, afin de réaliser des prélèvements, en toute proximité de la vasière. Ce site est néanmoins proche du remblai afin de s'assurer de la stabilité du sol (non vaseux) pour garantir la qualité des prélèvements.

Le second site de prélèvements se situe à une centaine de mètres de la vasière, dans les premières zones habitées. Ce site a permis d'évaluer l'exposition des riverains aux éventuelles émanations de gaz issus de la décomposition des algues vertes.

Les travaux réalisés sur la vasière étant susceptibles d'être émissifs en polluants, un troisième site de mesures, situé sur la plage, a fait l'objet de prélèvements ponctuels, au cours de la campagne pendant les travaux.



Figure 7 : Emplacement des sites de mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin

I.2. La vasière de Tréguier

I.2.1. Localisation géographique

La campagne de mesures, au niveau d'une vasière épargnée par les échouages d'algues vertes, s'est déroulée sur une vasière située à proximité de l'antenne départementale routière de la commune de Tréguier (22). La vasière, qui longe la rivière Jaudy, se situe à 6 kilomètres environ de la mer et semble être épargnée par les échouages d'algues vertes. Cette vasière a été choisie en collaboration avec l'ARS.







Figure 8 : Situation géographique des mesures effectuées sur la vasière de Tréguier [carte IGN et vue aérienne – Source Géoportail]

I.2.2. Les sites de mesures

Le camion laboratoire et un premier site de prélèvement (n°1) ont été implantés sur le site de l'antenne routière départementale de Tréguier, en toute proximité de la vasière étudiée.

Le second site de prélèvements se situe au niveau des premières habitations.

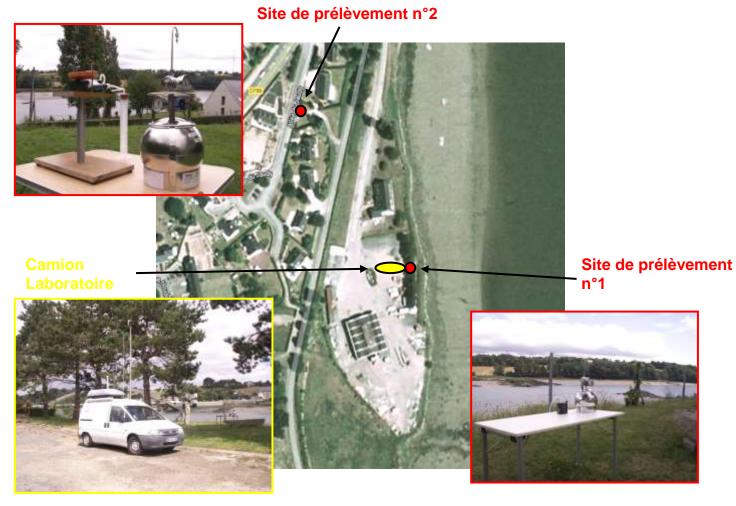


Figure 9 : Emplacement des sites de mesures sur la vasière de Tréguier

II. Etat zéro – avril 2012

L'état zéro s'est déroulé sur la vasière de Toul Ar Vilin, du 5 au 30 avril 2012.

II.1. Le bilan des échouages au cours de l'état zéro

Jusqu'au 24 avril, aucun échouage important d'algues vertes n'a été signalé sur la baie de Lannion. A partir du 24 avril, Lannion-Trégor Agglomération a effectué une surveillance quotidienne de la baie et a édité des bulletins faisant état des échouages et des éventuels ramassages d'algues vertes pour chaque zone de la baie. Les différentes zones surveillées sont présentées dans la cartographie suivante :



Figure 10 : Cartographie des zones surveillées

Le bilan des bulletins de surveillance du 24 au 30 avril ont fait état de <u>2 arrivages importants</u> d'algues vertes :

- échouages importants le **25 avril** sur la zone de Toul Ar Vilin (dépôts jusqu'à 80 centimètres d'épaisseur par endroit),
- échouages importants le **29 avril** sur la plage de Saint-Michel-en-Grève, située au sud de la vasière (dépôts de plusieurs centimètres d'épaisseur).

Des dépôts d'algues vertes ont par ailleurs été observés entre Traou Bigot et Kerdu, ainsi que de part et d'autre du cours d'eau (*le Kerdu*) du 24 au 27 avril, donnant lieu à des dépôts fins et épars d'algues vertes, le long de la baie.

II.2. Les mesures en continu (H₂S, SO₂, NH₃)

Les mesures en continu ont été enregistrées par le camion laboratoire situé sur le parking surplombant la zone de vasière, à une dizaine de mètres de celle-ci environ.

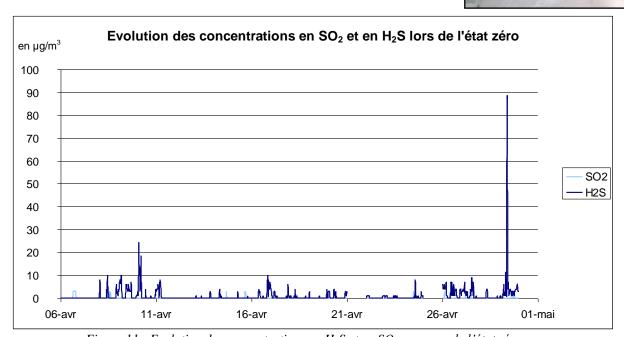


Figure 11 : Evolution des concentrations en H₂S et en SO₂ au cours de l'état zéro (données quart horaires en µg/m³)

Lors de cette campagne, les concentrations en Tableau 8 : Récapitulatif des mesures H₂S en continu H₂S sont restées relativement faibles.

La concentration moyenne horaire³ en H₂S s'établit à 1 µg/m³ sur toute la période et la valeur maximale des moyennes horaires en hydrogène sulfuré s'élève à 64 µg/m³.

On observe toutefois un pic le 29 avril (64 µg/m³ en moyenne horaire), qui reste toutefois inférieur à <u>la VTR aigüe</u> pour l'hydrogène sulfuré, fixée à 100 µg/m³ sur une heure.

La valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive, fixée à 7 µg/m³ sur une demi-heure, a été dépassée moins de 2% du temps.

Enfin, aucun dépassement de la valeur de recommandation de l'OMS pour la santé, à savoir 150 µg/m³ sur 24 heures, n'a été observée, la valeur maximale sur 24 heures n'atteignant que près de 8 µg/m³.

Concentration H ₂ S (en μg/m³)	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin
	5 au 30/04/12
maximum quart horaire	87
moyenne horaire	1
maximum horaire	64
moyenne journalière	0,9
maximum journalier	6
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	1,6%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%
mini	0
P25 (1er quartile)	0
P50 (médiane)	0
P75 (3ème quartile)	0,8
P98	6,8
maxi	64,0

³ Moyenne horaire = moyenne des moyennes horaires glissantes, calculées à partir de données quart horaires Moyenne journalière = moyenne des moyennes journalières glissantes, calculées à partir de données quart horaires

75% des mesures sont inférieures à 0.8 μg/m³ (P75) et 98% des données sont inférieures à 6.8 μg/m³ (sur la base des données quart horaires).

En ce qui concerne le SO_2 , les concentrations mesurées ont été très faibles, tout au long de cette campagne. La concentration moyenne horaire est de 0,1 μ g/m³ et la valeur maximale des moyennes horaires relevées sur la période n'atteint que 3 μ g/m³. A titre d'information, la valeur toxicologique de référence aigüe est de 500 μ g/m³ sur une heure.

Enfin, le NH₃, n'a été mesuré en continu que sur une seule journée, le 11 avril 2012. Les concentrations obtenues lors de ces mesures ont été très faibles avec un maximum horaire de 0,2 $\mu g/m^3$.

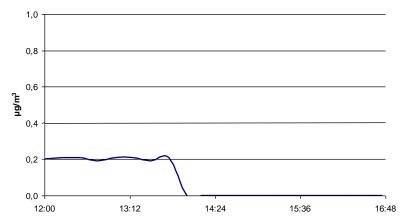


Figure 12 : Evolution des résultats des mesures en NH_3 (journée du 11/04/12) (en $\mu g/m^3$)

II.2.1. le pic d'H2S du 29 avril

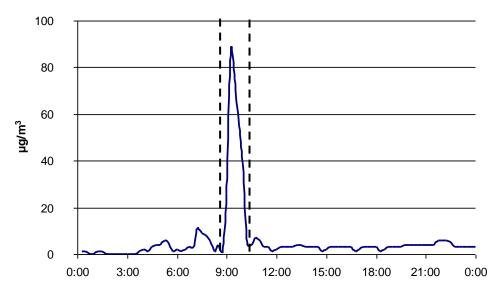
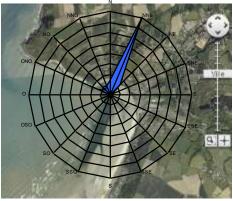


Figure 13 : Concentrations mesurées en H2S le 29 avril 2012(en μg/m³)

Les concentrations en H_2S , enregistrées le 29 avril 2012, ont été marquées par une augmentation soudaine et brutale à partir de 8h45 jusqu'à un pic de concentration atteint à 9h15, avec une valeur quart-horaire de 87 $\mu g/m^3$, et enfin une décroissance suivie d'un retour à des niveaux peu élevés, dès 10h15.

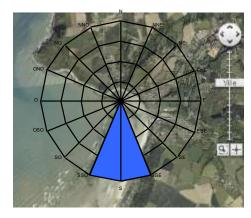
II.2.2. Les conditions météorologiques lors du pic du 29 avril 2012

L'analyse des données météorologiques permet de constater que les conditions météorologiques ont été différentes avant, pendant et après le pic, notamment en ce qui concerne la direction et la force du vent.



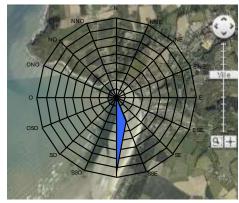
Rose des vents avant 8h45

- Vent de Nord/Nord-Est,
- vitesse très faible (< à 4 m/s)



Rose des vents de 8h45 à 10h15

- Vent de Sud en provenance de la plage de Saint-Michel-en-grève,
- vitesse faible (entre 1 et 6 m/s)



Rose des vents après 10h15

- · Vent de Sud,
- vitesse élevée (> à 6 et jusqu'à 13 m/s)

Le début du pic d' H_2 S coïncide avec un changement brutal de la direction du vent qui passe de NNE à Sud. Pendant le pic, les conditions météorologiques restent stables avec des vents ayant une vitesse peu élevée (entre 1 et 6 m/s) et toujours en provenance du Sud, donc en provenance de la plage de Saint-Michel-en-Grève. La fin du pic, établie vers 10h15, est marquée par une augmentation importante de la vitesse du vent jusqu'à 13 m/s et donc une dispersion importante des polluants.

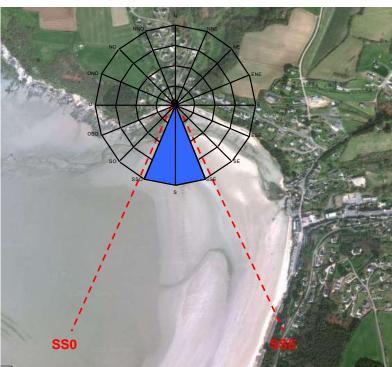


Figure 14: Provenance des vents du pic du 29 avril 2012

II.2.3. Les conclusions sur le pic du 29 avril 2012

La surveillance de la baie de Lannion fait état d'échouages importants d'algues vertes les 28 et 29 avril sur la plage de Saint-Michel-en-Grève (cf. VII.1). L'observation des conditions météorologiques au cours du 29 avril montre que le pic d'H₂S est enregistré lorsque les vents sont en provenance de la plage de Saint-Michel-en-Grève et se termine lorsque la vitesse du vent devient particulièrement élevée (cf. VII.2.2).

Il semblerait donc que les algues vertes échouées sur la plage de Saint-Michel-en-Grève les 28 et 29 avril soient à l'origine des concentrations élevées mesurées par le camion laboratoire dans la matinée du 29 avril.

Suite à des opérations de maintenance, le H₂S n'a pas été mesuré au cours de la journée du 25 avril. Cette absence de mesure ne nous permet pas de statuer sur l'impact éventuel des importants échouages d'algues vertes constatés sur cette période au niveau de Toul Ar Vilin (cf. VII.1).

II.2.4. Concentrations en H2S sur une période exempte d'échouage – du 05 au 24/04/12

Afin d'être plus représentatif d'un état zéro exempt d'échouage d'algues vertes, les concentrations moyennes et maximales ont été recalculées sur la période du 5 au 24/04/12, soit en l'absence de tout épisode d'échouage.

En comparant les résultats de l'état zéro avec et sans échouage d'algues, on constate une diminution sensible des concentrations.

Ainsi la concentration maximale horaire passe de 64 à 17 μg/m³ et reste donc bien inférieure au seuil de 100 μg/m³ correspondant au risque de toxicité aigüe sur 1 heure.

Les résultats de cet état zéro sur la période du 5 au 24/04 seront donc considérés comme représentatifs pour l'interprétation future des résultats.

Tableau 9 : Résultats des mesures en continu

Concentration H ₂ S (en μg/m³)	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin (recalculé)	
	5 au 30/04/12	<u>5 au 24/04/12</u>	
maximum quart horaire	87	24	
moyenne horaire	1	0,6	
maximum horaire	64	17	
moyenne journalière	0,9	0,6	
maximum journalier	6	3,2	
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	1,6%	1,3%	
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%	0%	
mini	0	0	
P25 (1er quartile)	0	0	
P50 (médiane)	0	0	
P75 (3ème quartile)	0,8	0,3	
P98	6,8	5,8	
maxi	64,0	16,8	

II.3. Les mesures par prélèvements ponctuels

Les prélèvements ponctuels ont été réalisés sur deux sites de mesures, un site sur la plage en toute proximité de la vasière (site 1 – plage) et un site à proximité des premières zones habitées (site 2 - habitations).

Cependant, des problèmes techniques (dysfonctionnements de matériel) n'ont pas permis de réaliser les mesures d'endotoxines et les mesures par tubes actifs. De même, les mesures par barbotage n'ont pu être menées que sur le site 2.



Ces mesures ponctuelles ont été réalisées sur une période comprise entre le 5 au le 11 avril soit en l'absence d'échouages significatifs.

Ces résultats sont donc bien représentatifs d'un état zéro en l'absence d'échouage (sous réserve toutefois des conditions météorologiques favorables durant les mesures).

II.3.1. Les mesures par tubes passifs (échantillonnage sur 7 jours : du 5 au 11 avril 2012)

Sur cette période de mesure, aucun échouage d'algues vertes n'a été signalé à proximité de la vasière (cf. VII.1).

Tableau 10 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive

en µg/m³	H₂S	CS₂	NH₃	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
Site n°1 (plage)	2,5	< Lq* (0,01)	1,3	1,02	0,82	< Lq [*] (0, 05)
Site n°2 (habitations)	< Lq [*] (0,6)	< Lq* (0,01)*	1,04	1,08	0,89	0,15

^{*}Lg : Limite de quantification

Pour le H₂S, la concentration rencontrée est plus élevée au bord de la vasière qu'au niveau des habitations. Il semblerait donc que, malgré l'absence d'algues vertes, la vasière soit à l'origine des concentrations rencontrées sur le site n°1.

Pour les autres composés, au vu des incertitudes sur la mesure, on peut considérer que les niveaux relevés sont identiques sur les deux sites de mesures. Dans ces conditions précises, on n'observe donc pas d'impact significatif de la vasière sur les concentrations de ces polluants.

II.3.2. Les mesures par canister (échantillonnage sur 3 heures, le 5 avril 2012)

Tableau 11 : Concentrations mesurées par canister

en μg/m³	Diméthylsulfure	Méthylmercaptan	Diméthyldisulfure	Dithiapentane	1,2,4- Trithiolane
Site n°1 (plage)	< Lq* (1,00)	< Lg* (1,00)	<lg*< th=""><th>< Lq* (1,00)</th><th>< Lq* (1,00)</th></lg*<>	< Lq* (1,00)	< Lq* (1,00)
Site n°2 (habitations)	< Lq* (1,00)	<lq* (1,00)</lq* 	<lg* (1,00)</lg* 	< Lq* (1,00)	< Lq* (1,00)

^{*}Lq : Limite de quantification

Pour l'ensemble des composés étudiés, les concentrations mesurées par canister sont inférieures à la limite de quantification de 1 µg/m³.

On n'observe donc pas d'impact significatif de la vasière sur les concentrations de ces polluants, lors de ces prélèvements ponctuels.

II.3.3. Les mesures par barbotage (échantillonnage sur 1 heure, le 5 avril 2012)

Tableau 12 : Concentrations mesurées par barbotage

en µg/m³	Acide acrylique	Acide acétique	Acide lactique	Acide sulfurique	
Site n°1 (plage)	х	х	х	х	
Site n°2 (habitations)	< Lq [*] (11,3)	< Lq* (3,4)	< Lq*	8,2	

*Lq : Limite de quantification

Les résultats de la mesure par barbotage, effectuée sur une heure au niveau des habitations, sont inférieurs aux limites de quantification pour les acides acrylique, acétique et lactique. Seule la concentration en acide sulfurique est supérieure à la limite de quantification et s'élève à 8,2 µg/m³. Cette concentration respecte largement la VTR, fixée à 120 µg/m³ sur une heure.

Au regard des conditions météorologiques au cours du prélèvement (vent en provenance des terres), la vasière ne semble pas être à l'origine de la concentration en acide sulfurique relevée. L'analyse de l'occupation des sols à proximité de la vasière montre une prédominance importante de zones cultivées. Les épandages d'engrais tels que les superphosphates, fabriqués à partir d'acide sulfurique, sont une source éventuelle d'émission, en mesure d'expliquer le niveau d'acide sulfurique rencontré.

III. Campagne de mesures pendant les travaux – mai 2012

La campagne de mesures pendant travaux s'est déroulée sur la vasière de Toul Ar Vilin, du 1 au 10 mai 2012.

III.1. Présentation des travaux sur la vasière

Les zones de vasière sont des secteurs où l'accumulation de vase empêche un ramassage efficace des algues vertes. L'objectif principal des travaux est donc de faciliter l'accès aux zones d'échouages afin de permettre un ramassage régulier.

Les travaux, réalisés en mai 2012, ont consisté en un dévasage puis un réensablage des différentes zones de vasière.



Figure 15 : Zone de la vasière concernée par les travaux

III.1.1. Les travaux de dévasage

Le dévasage de la vasière s'est déroulé sur deux demi-journées :

- l'après-midi du 2 mai sur la zone Est de la vasière (vasière secondaire),
- le matin du 3 mai sur la zone Sud (vasière principale).

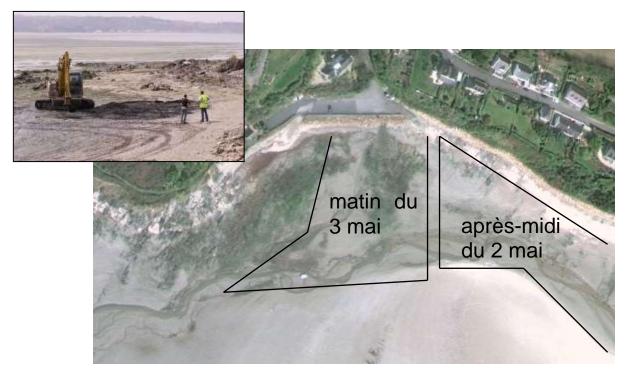


Figure 16 : Les périodes et zones concernées par les travaux de dévasage

La zone de la vasière la plus proche des sites de mesures (camion laboratoire et sites n° 1 et 3) a été purgée dans la matinée du 3 mai 2012. Les prélèvements ponctuels ont donc été réalisés au cours de cette matinée.

III.1.2. Les travaux de réensablage

Le réensablage de la vasière a principalement eu lieu la semaine suivante, notamment les 7, 9 et 10 mai 2012.

III.2. Le bilan des échouages pendant la campagne

Du 1^{er} au 7 mai, les bulletins de surveillance et de ramassage ne font état que de dépôts fins et épars d'algues vertes, voire de dépôts de faibles épaisseurs mélangés à des algues brunes, de Toul Ar Vilin jusqu'à la plage de St-Michel-en-Grève.

Des échouages importants ont été constatés, le **7 mai 2012**, au niveau de la plage de Saint-Michel-en-Grève, située au sud de la vasière, avec des dépôts d'algues vertes d'épaisseurs supérieurs à 5 centimètres.

Les échouages, survenus les autres jours ou sur les autres zones de la baie de Lannion, sont restés globalement peu nombreux et faibles, en termes de quantité d'algues vertes.

III.3. Les mesures en continu (H₂S, SO₂, NH₃)

Comme lors de l'état zéro, les mesures en continu ont été enregistrées par le camion mobile du 1^{er} au 10 mai 2012.



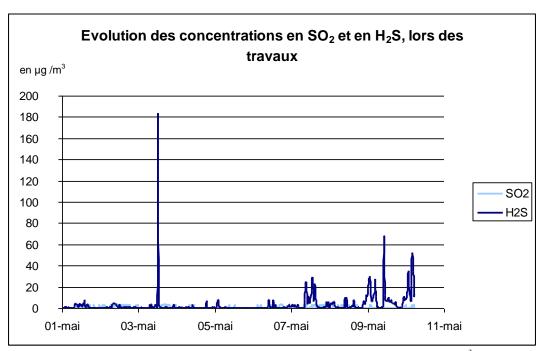


Figure 17 : Résultats des mesures en H_2S et SO_2 lors des travaux (en $\mu g/m^3$)

Un pic de concentration en H_2S a été enregistré le 3 mai vers 12h, avec une concentration horaire maximale de 87 $\mu g/m^3$ et une valeur quart-horaire maximale de 180 $\mu g/m^3$ relevée à 12h15.

Hormis ce pic, les concentrations en H₂S sont restées relativement faibles entre le 1^{er} et le 6 mai.

A partir du 7 mai et jusqu'à la fin des mesures, les concentrations ont été un peu plus élevées, avec des concentrations dépassant régulièrement les 20 µg/m³.

La <u>VTR aiguë</u> (de 100 μg/m³) n'a toutefois pas été dépassée.

La valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive, fixée à 7 μg/m³ sur une demi-heure, a été dépassée 11 % du temps.

La valeur de recommandation de l'OMS pour la santé (150 µg/m³ sur 24 heures) n'a pas été dépassée, la valeur maximale atteinte sur 24 heures étant de 10 µg/m³.

Tableau 13 : Récapitulatif des mesures H₂S en continu

Concentration Η ₂ S (en μg/m³)	Pendant travaux Toul Ar Vilin
maximum quart horaire	180
moyenne horaire	3
maximum horaire	87
moyenne journalière	2,6
maximum journalier	9,6
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	11%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%
mini	0
P25 (1er quartile)	0
P50 (médiane)	0,5
P75 (3ème quartile)	2,5
P98	25,8
maxi	86,5

Comme lors de l'état zéro, les concentrations en SO₂ sont restées très faibles tout au long de cette campagne, avec une concentration moyenne de 0,6 µg/m³ et un maxima horaire de 3 µg/m³.

Le NH_3 a été mesuré en continu au cours de la journée du 3 mai. Les concentrations sont restées relativement faibles. On observe, toutefois, un léger pic de concentration en NH_3 vers 11h45 - 12h avec un maximum à $2,1~\mu g/m^3$. Ce léger pic intervient au même moment que celui observé pour le H_2S .

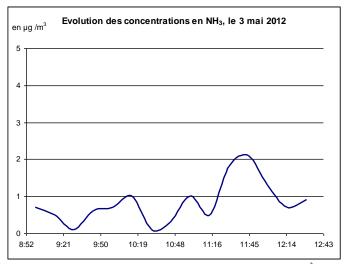


Figure 18 : Résultats des mesures en NH3 (en μg/m³)

III.3.1. Interprétation des concentrations en H_2S au cours des travaux de dévasage du 2 mai 2012

Les concentrations en H₂S sont restées faibles tout au long de cette journée malgré les travaux de dévasage menés à proximité.

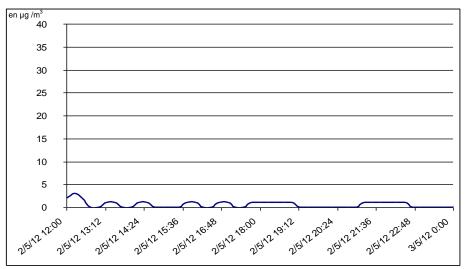


Figure 19 : Résultats des mesures en H_2S lors des travaux du 2 mai 2012 (en $\mu g/m^3$)

D'après la rose des vents élaborée à partir des données météorologiques du 2 mai, le camion laboratoire ne s'est pas retrouvé sous les vents en provenance des travaux mais sous des vents de Nord-Est/Est, provenant des terres. Il est donc cohérent que les niveaux soient restés très faibles.

III.3.2. Interprétation des concentrations en H_2S au cours des travaux de dévasage du 3 mai 2012

Dans la matinée du 3 mai, un pic de concentration en H_2S a été enregistré entre 11h45 et 13h. La concentration maximale a été particulièrement élevée et a atteint, en moyenne quart-horaire, 180 $\mu g/m^3$ à 12h15.

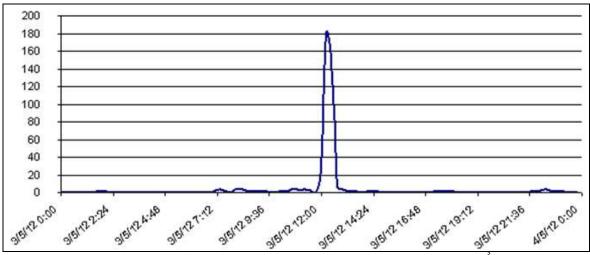
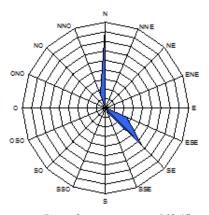


Figure 20: Evolution des concentrations en H2S le 3 mai 2012 (en $\mu g/m^3$)

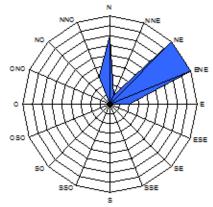
Comme lors du pic du 29 avril, on observe une corrélation entre l'évolution des conditions météorologiques et l'évolution des concentrations en H₂S. En effet, l'analyse des données météorologiques montre que la direction du vent change de manière brutale au moment précis de l'apparition du pic.



Rose des vents avant 11h45

ONO SEE SEE

Rose des vents de 11h45 à 13h



Rose des vents après 13h

Vent de N et SE

Vent de SSO

Vent de N et NE

Avant le pic, les vents sont majoritairement en provenance des terres, voire de Traou Bigot à Kerdu (Sud-Est et Nord).

Le camion laboratoire ne se retrouve donc pas sous des vents en provenance des travaux sur la vasière. Le début du pic coïncide avec un changement brutal de la direction du vent passant de Sud-Est à Sud/Sud-Ouest.

Pendant le pic, le camion laboratoire se retrouve donc sous les vents en provenance des travaux de dévasage réalisés sur la vasière. Le pic de concentration se termine avec un nouveau changement de direction du vent qui oscillera le reste de la journée entre l'Est/Nord-Est et le Nord.

Les travaux de dévasage de la vasière sont donc certainement à l'origine du pic de concentrations élevées en H_2S , enregistré le 3 mai.

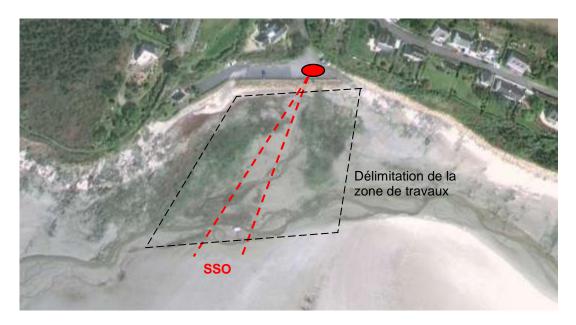


Figure 21: Provenance du vent, lors du pic du 3 mai entre 11h45 et 13h

III.3.3. Interprétation des concentrations en H_2S au cours des travaux de réensablage les 7, 9 et 10 mai 2012

Entre le 7 et le 10 mai, plusieurs augmentations des niveaux d' H_2 S ont été observées, avec des concentrations dépassant fréquemment les 20 $\mu g/m^3$. La concentration quart-horaire maximale a atteint 67 $\mu g/m^3$, le 10 mai.

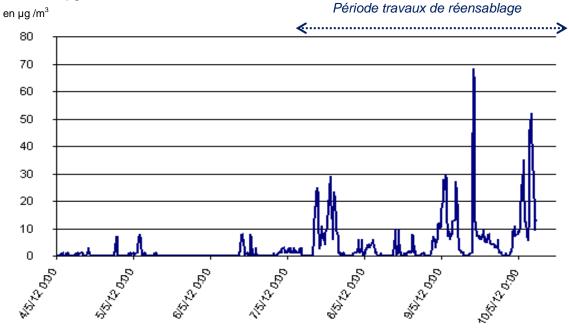
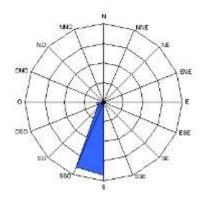


Figure 22: Evolution des concentrations en H_2S du 4 au 10 Mai 2012 (en $\mu g/m^3$)

Au cours de cette période, la vasière a fait l'objet de travaux de réensablage en particulier les 7, 9 et 10 mai. Un arrivage d'algues vertes a aussi été observé, le 7 mai, sur la plage de Saint-Michelen-Grève.

On constate, d'après la rose des vents présentant la répartition de la direction des vents lorsque les concentrations en H_2S sont supérieures à 7 $\mu g/m^3$, que les différentes augmentations de concentration sont toutes intervenues lorsque les vents étaient de secteur Sud à Sud/Sud-Ouest.





Rose des vents pour des concentrations supérieures à 7 µg/m³sur la période du 7 au 10 mai.

Figure 23 : Provenance des vents lorsque les concentrations en H_2S sont supérieures à 7 $\mu g/m^3$

On remarque qu'il y a une corrélation forte entre des concentrations élevées en H_2S et la provenance du vent. En effet, lors de l'augmentation des concentrations, le camion laboratoire s'est retrouvé sous des vents en provenance des travaux de réensablage de la vasière. Tout comme les travaux de dévasage, il semblerait que les travaux de réensablage soient aussi à l'origine d'émissions d' H_2S , notamment lors du brassage de la matière constitutive de la vasière.

Cependant, l'impact des travaux de réensablage sur la qualité de l'air semble être moins important que celui du dévasage. En effet, les pics observés entre le 7 et le 10 mai (max : 67 μ g/m³) sont moins élevés que celui du 3 mai (max : 180 μ g/m³).

Lors des pics d'H₂S, le camion laboratoire s'est également retrouvé sous des vents en provenance de la plage de Saint-Michel-en-Grève. Les échouages d'algues vertes constatés le 7 mai (cf. VIII.2) sont probablement aussi, en partie, à l'origine des augmentations d'H₂S.

Ces deux sources potentielles (travaux de réensablage et échouages d'algues sur la plage de Saint-Michel-en-Grève) étant situées sur la même trajectoire par rapport au camion laboratoire, il est difficile de distinguer l'apport respectif de chacune de ces sources.

III.3.4. Les conclusions sur les mesures d'H₂S

Au cours de cette seconde campagne de mesures, un impact des travaux de dévasage de la vasière, sur les concentrations en H_2S , a pu être mis en évidence en particulier lors de la matinée du 3 mai. En effet, un pic important d' H_2S a été observé avec une concentration quart horaire maximale de 180 μ g/m³.

Les travaux de réensablage, menés quelques jours plus tard (7-10 mai), ont aussi pu impacter les concentrations en H₂S, avec notamment l'observation de plusieurs pics. Cependant, les niveaux en H₂S atteints lors de cette deuxième phase de travaux ont été moins importants que lors du dévasage. Par ailleurs, les échouages d'algues vertes survenus sur la plage de Saint-Michel-en-

Grève le 7 mai peuvent également être à l'origine de l'augmentation des concentrations en H₂S sur cette période.

Les travaux de réensablage et les échouages d'algues vertes ayant eu lieu simultanément et provenant d'une même direction par rapport au camion laboratoire, il est difficile de distinguer l'apport de chacune de ces deux sources.

III.4. Les mesures par prélèvements ponctuels

Comme lors de l'état zéro, les prélèvements ponctuels ont été réalisés sur un site de mesures au niveau de la vasière (site 1 - plage) et sur un site à proximité des premières zones habitées (site 2 - habitations).

Afin de caractériser au mieux les émissions lors des travaux, un troisième site de mesures (site 3 - vasière), situé à l'ouest de la vasière, a également fait l'objet de prélèvements notamment par barbotage et par tubes actifs.



III.4.1. Les mesures par tubes passifs (échantillonnage sur 7 jours, du 3 au 10 mai 2012)

Tableau 14 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive

en µg/m³	H₂S	CS ₂	NH ₃	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
Site n°1 (plage)	2,2	0,01	1,10	0,99	0,54	< Lq (0,05)
Site n°2 (habitations)	< Lq*	< Lq* (0,01)	0,83	1,05	0,55	< Lq (0,05)

^{*} Lg : Limite de quantification

Les concentrations mesurées par tubes à diffusion passive, au cours de cette campagne, sont très proches de celles de l'état zéro (cf. VII.3.1). On n'observe donc pas d'impact significatif des travaux, pour ces mesures, ceci s'expliquant notamment par la durée du prélèvement qui moyenne les concentrations. L'ensemble des VTR existantes a été respecté.

III.4.2. Les mesures par canister (échantillonnage sur 3 heures, le 3 mai 2012)

Tableau 15 : Concentrations mesurées par canister

en μg/m³	Diméthylsulfure	Méthylmercaptan	Diméthyldisulfure	Dithiapentane	1,2,4-Trithiolane
Site n°1 (plage) 9h31-12h16	3,34	< Lq* (1,61)	< Lq (1,61)	< Lq* (1,61)	< Lq (1,61)
Site n°2 (habitations) 9h04-11h35	< Lq [*] (2,29)	< Lq [*] (2,29)	< Lq (2,29)	< Lq [*] (2,29)	< Lq (2,29)

^{*} Lq : Limite de quantification

Pour le Méthylmercaptan, le Diméthyldisulfure, le Dithiapentane et le 1,2,4-Trithiolane, les concentrations relevées sont restées inférieures à la limite de quantification, comme lors de l'état zéro (cf. VII.3.2).

Durant les travaux, la concentration en Diméthylsulfure sur le site n°1, à proximité de la vasière, a été de 3,34 µg/m³, alors qu'elle était inférieure à la limite de quantification lors de l'état zéro. Sur la fin de ce prélèvement (entre 11h45 et 12h16), le site de mesures était sous des vents en provenance des travaux de dévasage de la vasière (cf. VIII.3.2). Les travaux sont donc potentiellement à l'origine de l'augmentation de la concentration en Diméthylsulfure constatée. Il n'existe pas de valeur toxicologique de référence pour ce composé.

Par contre, la concentration sur le site de mesures n°2, situé à proximité des habitations, est toujours inférieure à la limite de quantification. Le prélèvement sur ce site s'est achevé à 11h35, c'est-à-dire avant que la direction du vent ne passe de Sud-Est à Sud/Sud-Ouest (cf. VIII.3.2).

Ce prélèvement ne s'est donc retrouvé à aucun moment sous les vents en provenance de la vasière. Il n'est donc pas possible de statuer sur l'absence d'impact des travaux de dévasage sur la concentration en Diméthylsulfure, au niveau des habitations.

III.4.3. Les mesures par barbotage (échantillonnage sur 1 heure, le 3 mai 2012)

Le matériel à notre disposition au cours de cette campagne, nous a permis de réaliser deux prélèvements simultanément. Les 5 prélèvements ont donc été effectués en 3 fois : 2 prélèvements en parallèle sur les sites 1 et 2 ; puis 2 prélèvements en parallèle sur les sites 1 et 3 et enfin un dernier prélèvement sur le site 3.

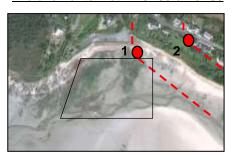
Prélèvement n°	Site de mesure	Horaire du prélèvement	Acide acrylique	Acide acétique	Acide lactique	Acide sulfurique
1	Site n°1 (plage)	9h30 – 10h30	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*]	13,6
2	Site n°2 (habitations)	9h30 – 10h30	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*]	13,0
3	Site n°1 (plage)	11h00 – 12h00	< Lq [*]	3,3	< Lq [*]	< Lq [*]
4	Site n°3 (vasière)	11h00 – 12h00	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*]	6,4
5	Site n°3 (vasière)	13h15 – 14h15	< Lq [*]	12,4	< Lq [*]	4,8

* Lg : Limite de guantification

Les limites de quantification sont respectivement de 56 μg/m³ en ce qui concerne l'acide acrylique et de 3 μg/m³ pour les acides acétique, lactique et sulfurique.

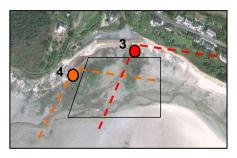
Les cartographies suivantes présentent la provenance du vent lors des différents prélèvements :

Prélèvements 1 et 2 : 9h30 à 10h30



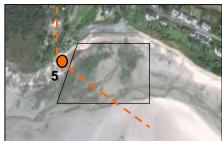
Les prélèvements 1 et 2 se sont principalement retrouvés, sous les vents en provenance des terres.

Prélèvements 3 et 4 : 11h à 12h



Les prélèvements 3 et 4 se sont, en partie, retrouvés sous des vents en provenance des travaux de dévasage (encadré noir).

Prélèvement 5 : 13h15 à 14h15



Le prélèvement 5 s'est retrouvé à la fois sous des vents en provenance des terres et des travaux de dévasage.

Comme lors de l'état zéro (cf. VII.3.3), les concentrations mesurées en acide acrylique et en acide lactique sont toutes inférieures aux limites de quantification. La VTR pour l'acide acrylique a donc été respectée sur l'ensemble des prélèvements, au cours de cette campagne.

Pour l'acide acétique, la concentration a pu être quantifiée sur les prélèvements n° 3 et 5, au cours de cette campagne, alors qu'elle était inférieure à la limite de quantification lors de l'état zéro. Ces prélèvements se sont retrouvés en partie sous des vents en provenance des travaux de dévasage. A l'inverse, les concentrations mesurées sur les prélèvements n° 1 et 2, réalisés lorsque les vents étaient en provenance des terres, sont inférieures aux limites de quantification. Il semblerait donc que les travaux de dévasage soient une source d'émission d'acide acétique et soient à l'origine des concentrations rencontrées sur certains prélèvements.

Enfin, des concentrations en acide sulfurique supérieures à la limite de quantification ont été relevées sur 4 des 5 prélèvements. Les concentrations ont été particulièrement élevées, pour les prélèvements n° 1 et 2, lorsque les vents étaient en provenance des terres. Ces résultats tendent à confirmer l'hypothèse, émise lors de l'état zéro (cf. VII.3.3), selon laquelle les épandages agricoles seraient une source possible d'émissions d'acide sulfurique. Les concentrations restent toutefois dix fois inférieures à la VTR relative à une exposition aigüe, de 120 μg/m³.

III.4.4. Les mesures par tubes actifs (échantillonnage sur 1 heure, le 3 mai 2012)

Les prélèvements par tubes actif ont été réalisés en parallèle aux prélèvements par barbotage.

Prélèvement n°	Site de mesure	Horaire du prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
1	Site n°1 (plage)	9h30 – 10h30	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*]
2	Site n°2 (habitation)	9h30 – 10h30	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*]
3	Site n°1 (plage)	11h00 – 12h00	0,69	0,84	< Lq [*]
4	Site n°3 (vasière)	11h00 – 12h00	< Lq [*]	0,65	< Lq [*]
5	Site n°3 (vasière)	13h15 – 14h15	< Lq [*]	0,87	< Lq [*]

Tableau 17: Concentrations mesurées par tubes actifs(en µg/m³)

Lq : Limite de quantification, qui est établie à 0,52 μg/m³ pour ces 3 aldéhydes

L'ensemble des concentrations rencontrées en aldéhydes sont <u>très faibles</u>. Elles sont toutes inférieures à 1 μ g/m³. Les VTR existantes pour ces polluants ont toutes été respectées. Ces prélèvements n'ayant pas pu être effectués durant la première campagne de mesures, les résultats obtenus ne peuvent pas être comparés à ceux de l'état zéro.

Pour l'acétaldéhyde, on remarque que les concentrations supérieures à la limite de quantification ont été mesurées sur les prélèvements n° 3, 4 et 5, c'est-à-dire lorsque les prélèvements étaient sous les vents des travaux (cf. VIII.4.3). De même, la concentration de 0,69 µg/m³ en formaldéhyde a été enregistrée sur le prélèvement n°3. Il semblerait donc que les travaux de dévasage soient à l'origine des concentrations très légèrement supérieures aux limites de quantification rencontrées.

III.4.5. Les mesures d'endotoxines (échantillonnage sur 20 min, le 3 mai 2012)

Comme pour les prélèvements par tubes actifs, ces résultats ne peuvent être comparés à ceux de l'état zéro.

Tableau 18 : Résultats des prélèvements d'endotoxines

en UE/m³	Endotoxines
Site n°1 (plage)	903
Site n°2 (habitations)	338

A proximité de la vasière, la concentration mesurée en endotoxines est nettement supérieure à celle rencontrée à proximité des habitations. Il est donc possible que la vasière ou les travaux sur la vasière soient à l'origine de la <u>concentration importante</u> rencontrée sur le site n°1. Par ailleurs, les concentrations obtenues au niveau des 2 sites, dépassent largement la NOAEL fixée à 90 UE/m³.

En l'absence d'autres données comparatives pour ce paramètre, des mesures complémentaires ont été réalisées en 2013 afin d'étudier la variabilité spatio-temporelle des concentrations en milieu littoral et afin de pouvoir interpréter plus précisément les résultats relevés lors des travaux sur la vasière.

IV. Campagne de mesures sur une vasière épargnée par les algues vertes : la vasière de Tréguier – juillet/août 2012

Cette campagne de mesures s'est déroulée sur la vasière de Tréguier (22), du 18 juillet au 9 août 2012.

IV.1. Bilan des échouages

Cette vasière, non impactée par les algues vertes, n'a pas fait l'objet d'une surveillance quotidienne, au cours de cette campagne. Aucun relevé régulier n'a donc été édité. Cependant, les témoignages des techniciens d'Air Breizh, présents sur le site lors des prélèvements ainsi que des salariés de l'antenne routière de Tréguier, présents sur place, ont pu confirmer l'absence d'échouage d'algues vertes, au cours cette campagne de mesures.

IV.2. Les mesures en continu (H₂S, SO₂, NH₃)

Les mesures en continu ont été enregistrées par le camion laboratoire situé sur le parking de l'antenne routière, à une dizaine de mètres de la vasière.



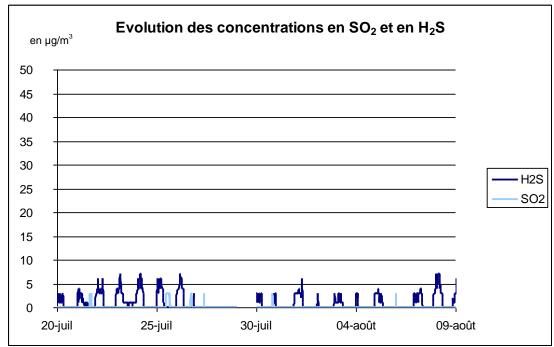


Figure 24: Evolution des concentrations en SO_2 et H_2S (en $\mu g/m^3$)

Au cours de cette campagne, les concentrations en H₂S enregistrées ont été très faibles.

Le maximum horaire observé est de 7 μg/m³.

Les différentes valeurs de référence ont toutes été respectées.

Tableau 19 : récapitulatif des mesures H₂S en continu

<u>Concentration H₂S</u> (<u>en μg/m³)</u>	2012 Sans échouages Tréguier 18/07 au 9/08/12	
maximum quart horaire	7	
moyenne horaire	0,9	
maximum horaire	7	
moyenne journalière	0,9	
maximum journalier	2,9	
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	0%	
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%	
mini	0	
P25 (1er quartile)	0	
P50 (médiane)	0	
P75 (3ème quartile)	1,5	
P98	5,5	
maxi	7,0	

Les concentrations en NH₃ et en SO₂ ont également été très faibles. Aucun impact de la vasière n'a donc été mis en évidence lors de ces mesures en continu.

IV.3. Les mesures par prélèvements ponctuels

Les prélèvements ponctuels ont été réalisés sur deux sites de mesures, un site sur le parking de l'antenne routière à quelques mètres de la vasière (site 1 – proche vasière) et un site au niveau des premières zones habitées (site 2 - habitations).



IV.3.1. Les mesures par tubes passifs (échantillonnage du 1 au 9 août 2012)

Tableau 20 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive

en µg/m³	H₂S	CS₂	NH₃	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
Site n°1 (proche vasière)	0,58	0,05	2,5	1,3	0,6	< Lq* (0,1)*
Site n°2 (habitations)	0,74	0,02	2,6	0,9	0,4	< Lq* (0,1)*

*Lq : Limite de quantification

Les concentrations en H₂S des deux sites de mesures sont très proches et respectent largement la VTR. Contrairement à la vasière de Toul Ar Vilin (cf. VII.3.1 et VIII.4.1), la vasière de Tréguier, exempte d'algues vertes, ne semble pas avoir d'impact sur les concentrations en H₂S.

Pour l'ensemble des autres polluants, les concentrations sont proches sur les deux sites de mesures, et sont du même ordre de grandeur que celles de l'état zéro. L'ensemble des VTR existantes a été respecté.

IV.3.2. Les mesures par canister (échantillonnage sur 3 heures, le 1^{er}août 2012)

Tableau 21 : Concentrations mesurées par canister

en µg/m³	Diméthylsulfure	Méthylmercaptan	Diméthyldisulfure	Dithiapentane	1,2,4- Trithiolane
Site n°1	< Lq*	< Lq*	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq*
(proche vasière)	(1,28)	(1,28)	(1,28)	(1,28)	(1,28)
Site n°2	< Lq*	< Lq*	< Lq [*] (1,43)	< Lq*	< Lq [*]
(habitations)	(1,43)	(1,43)		(1,43)	(1,43)

**Lq : Limite de quantification

De même que lors de l'état zéro (cf. VII.3.2), l'ensemble des concentrations sont inférieures aux limites de quantification. La vasière de Tréguier ne semble donc pas avoir d'impact sur les concentrations en ces polluants.

IV.3.3. Les mesures par barbotage (échantillonnage sur 1 heure, le 1^{er} Août 2012)

en μg/m³	Acide acrylique	Acide acétique	Acide lactique	Acide sulfurique
Site n°1 (proche vasière)	< Lq* (11,1)	< Lq [*]	< Lq* (3,3)	102
Site n°2 (habitations)	< Lq* (11,1)	< Lq [*]	< Lq [*] (3,3)	8

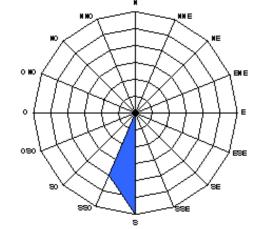
*Lq : Limite de quantification

Comme lors de l'état zéro (cf. VII.3.3), les concentrations mesurées en acide acrylique, en acide acétique et en acide lactique sont toutes inférieures aux limites de quantification. La VTR pour l'acide acrylique a donc été respectée, au cours de cette

campagne.

La concentration mesurée en acide sulfurique sur le site n°2, situé à proximité des habitations, est dans l'ordre de grandeur de ce qui avait été mesuré lors des campagnes précédentes. Cependant, la concentration du site n°1 (102 µg/m³) est nettement plus importante. Elle reste inférieure mais du même ordre de grandeur que la VTR fixée à 120 µg/m³ en exposition aigüe sur 1 heure.

Lors de ce prélèvement, les vents étaient majoritairement en provenance du Sud. La vasière étudiée n'est donc probablement pas à l'origine de cette concentration élevée en acide sulfurique.



Il semble difficile d'identifier formellement la (ou les) source(s) responsable(s) de cette concentration élevée en acide sulfurique relevée au niveau du site n°1.

Après consultation du personnel de l'antenne routière de Tréguier présent sur place au moment des mesures par barbotage, il semblerait qu'un atelier de soudure de métaux galvanisés, équipé d'un extracteur de fumées, soit localisé sur le site, au niveau du parking et situé dans le panache des vents de sud.

Il est possible que des émanations aient eu lieu, en provenance de cet atelier. Elles seraient alors en mesure d'expliquer la valeur élevée de la concentration en H_2SO_4 enregistrée sur le site n°1.



IV.3.4 Les mesures par tubes actif (échantillonnage sur 1 heure, le 1^{er} Août 2012)

en μg/m³ Formaldéhyde Acétaldéhyde Propionaldéhyde

Site n°1
(proche vasière) 1,4 1,2 5,8

Site n°2
(habitations) 1,7 1,4 8,2

Tableau 22 : Concentrations mesurées par barbotage

Pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, les concentrations sont proches sur les deux sites de mesures. Les VTR existantes pour ces polluants ont toutes été respectées.

En ce qui concerne le propionaldéhyde, les concentrations rencontrées sont comprises entre 6 et 8 $\mu g/m^3$, alors qu'elles étaient inférieures à la limite de quantification lors des campagnes précédentes. On observe que la concentration sur le site n° 2 est supérieure à celle du site n° 1. La vasière ne semble donc pas être une source majeure d'émission de propionaldéhyde.

IV.3.5 Les mesures des endotoxines (échantillonnage sur 20 min, le 1^{er} Août)

en UE/m³	Endotoxines
Site n°1 (proche vasière)	506
Site n°2 (habitations)	382

Tableau 23 : Résultats des mesures d'endotoxines

Les deux concentrations observées dépassent la NOAEL de 90 UE/m³, pour les endotoxines.

Comme observé lors de la campagne pendant les travaux (cf. VIII.4.5), la concentration en endotoxines, mesurée à proximité de la vasière, est supérieure à celle rencontrée à proximité des habitations.

Bien que cette vasière ne soit pas impactée par des échouages d'algues vertes, il est possible qu'elle soit à l'origine de la concentration plus importante rencontrée sur le site n° 1. De même que pour la campagne précédente, ces résultats méritent d'être approfondis par de nouvelles mesures d'endotoxines qui permettront de mieux caractériser les concentrations ubiquitaires de ce polluant, à proximité du milieu marin. Ces mesures complémentaires ont été réalisées en 2013.

V. Campagne de mesures supplémentaires : vasière de Toul Ar Vilin – septembre 2012

Malgré une saison globalement peu marquée par les échouages d'algues vertes au niveau de la baie de Lannion et de la Bretagne en générale, la vasière de Toul Ar Vilin a subitement fait l'objet de quelques arrivages d'algues vertes en toute fin d'été (fin septembre / début octobre).

En accord avec l'ARS et sur demande de Lannion-Trégor Agglomération, Air Breizh a donc réalisé une campagne supplémentaire de mesures au cours de cette période afin d'appréhender les éventuelles émissions issues des quelques échouages d'algues.

Le camion laboratoire a pu être implanté sur site du 18 septembre au 3 octobre 2012, permettant la mesure en continu du H₂S, au cours de cette période. Cependant, au vue de la rapidité nécessaire de l'intervention et du manque de financement pour cette campagne supplémentaire, les moyens de mesures ponctuels n'ont pas pu être déployés.

V.1. Bilan des échouages

Les bulletins de surveillance ont fait état de dépôts fins et étalés d'algues vertes, au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin, entre le 24 et le 29 septembre. Quelques échouages ont également été constatés début octobre. D'autres sites ont également été légèrement impactés par des échouages d'algues vertes au cours de cette période, notamment le Kerdu et la plage de Saint-Michel-en-Grève. Cependant, dans la majorité des cas, les quantités d'algues observées étaient suffisamment faibles pour ne pas nécessiter de ramassage.

V.2. Les mesures en continu (H₂S)

Comme lors des campagnes précédentes à Toul Ar Vilin, les mesures en continu ont été enregistrées par le camion mobile du 18 septembre au 3 octobre 2012 à proximité de la vasière.

Les concentrations et dates des pics mesurés sont représentées ci-après.

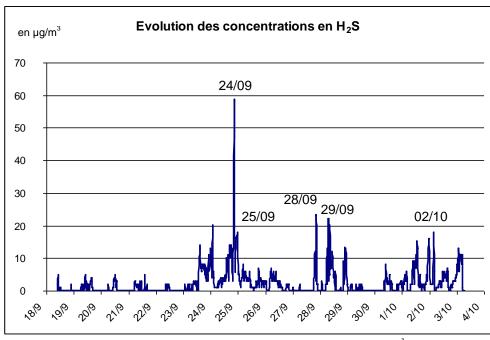


Figure 25: Evolution des concentrations en H_2S (en $\mu g/m^3$)

Au cours de cette campagne, plusieurs pics $d'H_2S$ ont été enregistrés, notamment le 24 septembre avec une concentration maximale quart-horaire de 58 $\mu g/m^3$.

La <u>VTR aiguë</u>, fixée à 100 μ g/m³ sur une heure, <u>n'a pas été dépassée</u> au cours de la campagne, la valeur maximale sur 1 heure n'étant que de 37 μ g/m³.

La valeur de recommandation de l'OMS pour ne pas susciter de gêne olfactive, fixée à 7 µg/m³ sur une demi-heure, a été dépassée 9,7 % du temps.

La valeur de recommandation de l'OMS pour la santé (150 µg/m³ sur 24 heures) n'a pas été dépassée, la valeur maximale atteinte sur 24 heures étant de 8 µg/m³.

Les principaux pics ont été observés les 24, 25, 28 et 29 septembre ainsi que le 2 octobre. Ces pics semblent corrélés avec les quelques échouages intervenus au cours de cette période.

Tableau 24 : Récapitulatif des mesures H₂S en continu

Concentration H ₂ S (en μg/m³)	2012 Echouages Toul Ar Vilin
	3/10/12
maximum quart horaire	58
moyenne horaire	2
maximum horaire	38
moyenne journalière	2,3
maximum journalier	8,4
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	10%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%
mini	0
P25 (1er quartile)	0
P50 (médiane)	1
P75 (3ème quartile)	3
P98	12,5
maxi	37,5

De plus, on constate que les concentrations légèrement élevées ont toutes été observées lorsque les vents étaient de secteurs Ouest-Sud-Ouest à Sud-Sud-Est, c'est-à-dire en provenance des différentes zones d'échouages (cf. figure 26).

A l'inverse, lorsque les concentrations ont été faibles, le camion laboratoire était principalement sous des vents en provenance des terres (vents de secteurs Nord-Nord-Est).

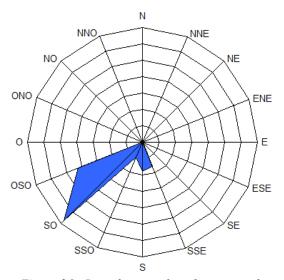


Figure 26 : Rose des vents lors de mesures de concentrations supérieures à 7 µg/m³

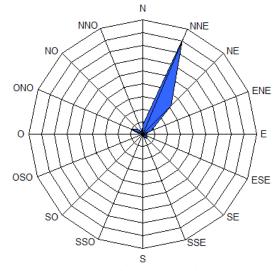


Figure 27 : Rose des vents lors de mesures de concentrations inférieures à 5 µg/m³

En conclusion, les quelques pics d'H₂S, observés au cours de cette campagne de mesures supplémentaire, ont probablement pour origine les légers échouages d'algues vertes intervenus dans les environs du site de prélèvement (Toul ar vilin, plage de st Michel en Grève, etc.). Cependant, les concentrations sont restées globalement <u>peu</u> <u>élevées</u> et la VTR aigue n'a pas été dépassée.

VI. Synthèse des campagnes de mesures réalisées en 2012

Afin d'approfondir l'état des connaissances sur l'exposition des riverains aux émissions issues de la décomposition des algues vertes en zone de vasière, trois campagnes de mesures ont été réalisées par Air Breizh en 2012 sur le littoral costarmoricain.

Faute d'échouages d'algues vertes suffisamment importants, deux autres campagnes ont dû être reportées et ont été réalisées en 2013. Les résultats sont présentés dans le chapitre suivant.

Mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin : Etat zéro (avant travaux) et pendant les travaux de dévasage

Pour les deux premières campagnes, les moyens de mesure ont été implantés au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin : en avril, avant l'arrivée d'algues vertes afin de réaliser un état zéro, puis début mai, au cours de travaux (dévasage/réensablage) menés sur cette vasière.

Lors de <u>l'état zéro</u>, les concentrations en différents polluants sont restées faibles tout au long de la campagne. Seul un pic d'hydrogène sulfuré a pu être observé le 29 avril, sans pour autant avoir dépassé la VTR aigüe sur une heure (concentration max horaire de 64 µg/m³ et VTR aigue de 100 µg/m³).

Ce pic a pu être corrélé à une modification soudaine des conditions météorologiques, mettant en évidence l'impact probable d'échouages d'algues vertes survenus au niveau de la plage de St-Michel, au sud de la vasière.

Au cours de la <u>seconde campagne</u>, réalisée lors des travaux sur la vasière, les prélèvements ont mis en évidence un pic important d'hydrogène sulfuré ainsi que de légères augmentations de concentrations en diméthylsulfure et en acide acétique, dans la matinée du 3 mai.

L'étude des conditions météorologiques a permis d'associer ces élévations de concentrations aux travaux de dévasage conduits sur la vasière, d'autant qu'aucun échouage important d'algues vertes n'a été notifié à cette période.

Les travaux de réensablage, menés quelques jours plus tard, du 7 au 10 mai ont également impacté les concentrations en H_2S , bien que les niveaux atteints aient été moins importants que lors du dévasage. Les échouages d'algues vertes survenus simultanément sur la plage de St-Michel-en-Grève, à partir du 7 mai, peuvent aussi être associés à ces augmentations notables des concentrations en H_2S , et il semble difficile de caractériser plus précisément l'apport de chacune de ces deux sources.

Mesures sur une vasière non impactée : Tréguier

Une <u>troisième campagne</u> a été menée au cours de l'été sur une vasière non impactée par les algues vertes, à Tréguier. Les résultats de cette campagne ont mis en évidence l'impact minime de cette vasière sur l'environnement immédiat puisque les niveaux des concentrations des différents polluants sont restés très faibles, tout au long de la période de mesure.

> Mesures des niveaux d'endotoxines

Concernant les endotoxines, les prélèvements réalisés ont montré des niveaux élevés en toute proximité de vasière ayant tendance à diminuer avec l'éloignement. Ces niveaux en endotoxines restent cependant difficilement interprétables au regard du manque de données concernant leurs concentrations ubiquitaires en milieu littoral ainsi que des controverses scientifiques dont elles font l'objet.

Des prélèvements complémentaires ont été réalisés en 2013 visant à caractériser à la fois spatialement et temporellement les niveaux rencontrés en toute proximité du littoral breton. Ils permettront d'interpréter plus précisément les valeurs enregistrées lors de ces campagnes.

Mesures complémentaires : vasière de Toul Al Vilin lors d'échouage épars

Enfin, suite à quelques échouages survenus sur la vasière de Toul Ar Vilin en toute fin d'été, <u>une campagne supplémentaire</u> de mesures du H₂S a pu être réalisée. Cette campagne a permis de mettre en évidence quelques élévations des niveaux d'H₂S en lien avec les échouages constatés. Cependant, les concentrations sont restées globalement assez faibles et l'ensemble des valeurs réglementaires a été respecté.

<u>Les résultats</u> de ces différentes campagnes de mesures en zone de vasières ne sont <u>ni</u> <u>extrapolables ni transposables</u>. En effet, les concentrations en polluants dépendent fortement de nombreux paramètres tels que : les conditions météorologiques locales, les caractéristiques physiques particulières des sites concernés (degré d'encaissement, étendue de l'estran, coefficient des marées, présence de cours d'eau), les échouages ou non d'algues vertes, etc.

D'autres mesures ont été réalisées en 2013 afin d'affiner et consolider ces interprétations et conclusions. Les résultats sont présentés dans le chapitre suivant.

PARTIE III : Campagnes de mesures 2013

I. Les vasières et sites de mesures investigués en 2013

En 2013, trois campagnes de mesures ont permis de compléter les données présentées précédemment bien qu'une fois encore, le printemps ayant été particulièrement frais et pluvieux, les échouages n'ont été ni précoces, ni conséquents.

Les campagnes reportées de 2012 ont donc ainsi été réalisées durant l'été 2013 mais notons toutefois le peu d'échouages constaté sur l'ensemble de la Bretagne qui n'a pu permettre de réaliser des campagnes sur des vasières fortement impactées, comme prévu initialement, mais seulement en présence de faibles échouages.

La présente partie de ce rapport prévoit donc de présenter les 2 campagnes de mesures n'ayant pu avoir lieu sur l'année 2012, faute d'échouages suffisants, mais également un état zéro 2013, sur la vasière de Toul Ar Vilin, afin de disposer d'un état initial de comparaison des résultats sur une même année.

Au final, la synthèse des campagnes 2013 se compose donc de 3 campagnes de mesures, réalisées sur 2 vasières différentes :

- un <u>état zéro</u> avec des mesures au niveau de la vasière de Toul Ar Vilin, avant le début des échouages d'algues vertes (avril 2013),
- une campagne de mesures en été, <u>en présence d'algues vertes</u> au niveau de la vasière de de Toul Ar Vilin,
- une campagne de mesures en été, au niveau d'une <u>autre vasière impactée</u> par des échouages : la vasière de Locmiquélic (rade de Lorient 56).

I.1. La vasière de Toul Ar Vilin

I.1.1. Localisation géographique

Rappelons que la vasière de Toul Ar Vilin est localisée sur la Communauté d'Agglomération de Lannion-Trégor et se situe à proximité de la commune de Saint-Michel-en-Grève (22), au fond de la baie de Lannion, au Nord-Ouest du département des Côtes d'Armor.

Cette baie de sable fin, fermée et en faible pente, est un lieu récurrent de « marées vertes », au printemps et en été.

La vasière de Toul Ar Vilin a fait l'objet de travaux de dévasage et de réensablage en mai 2012 comme expliqué précédemment, de manière à permettre le ramassage régulier des dépôts d'alques vertes.



Figure 28 : Localisation de la vasière de Toul Ar Vilin [Source géoportail]

I.1.2. Les sites de mesures

Au cours des deux campagnes de mesures réalisées en 2013 sur cette vasière, le camion laboratoire a été implanté sur le parking à environ une dizaine de mètres de la zone de vasière principale, point de prélèvement identique à 2012.

Rappelons que pour les prélèvements ponctuels, comme en 2012, un premier site de mesures a été retenu sur la plage, afin de réaliser des prélèvements, en toute proximité de la vasière.

Le second site de prélèvements se situe à une centaine de mètres de la vasière, dans les premières zones habitées. Ce site a permis d'évaluer l'exposition des riverains aux éventuelles émanations de gaz issus de la décomposition des algues vertes.

Un troisième site de mesures, situé sur la plage, a fait l'objet de prélèvements ponctuels, au niveau de l'ex zone de travaux effectués en 2012.

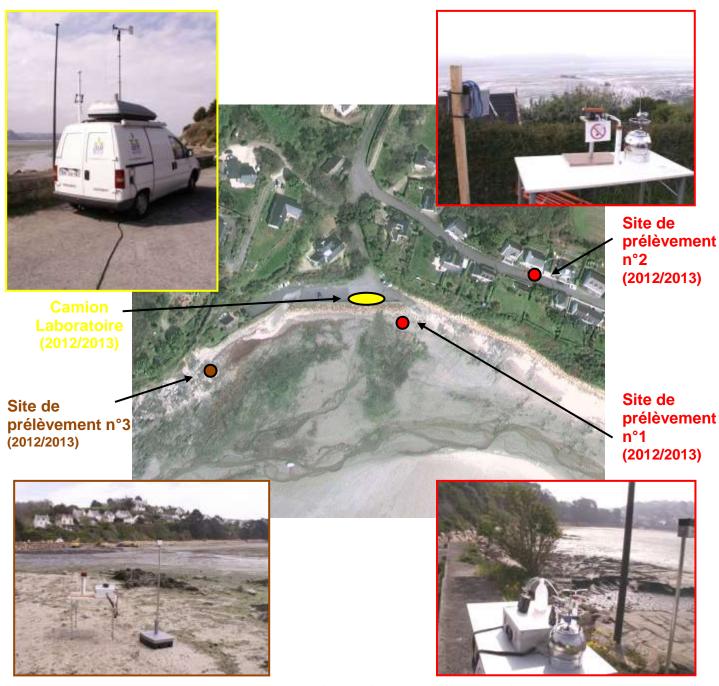


Figure 29 : Emplacement des sites de mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin

I.2. La vasière de Locmiquélic

I.2.1. Localisation géographique

La campagne de mesure, au niveau d'une seconde vasière impactée par les échouages d'algues vertes, s'est déroulée sur la vasière de Locmiquélic (56), en toute proximité du port de Sainte-Catherine. Cette vasière est située à l'embouchure du Blavet, dans la rade de Lorient.

Cette vasière ne fait pas l'objet de ramassage d'algues vertes échouées.



Figure 30 : Localisation de la vasière de Locmiquélic (56) [Source : Géoportail]







Figure 31 : Dépôts d'algues vertes constatés régulièrement sur la vasière de Locmiquélic

I.2.2. Les sites de mesures

Le camion laboratoire a été implanté sur le parking face à la promenade. Pour des raisons de sécurité, il n'a pas pu être placé plus proche de la vasière.

Le premier site de prélèvement (n°1) a été placé au plus près de la vasière.

Le second site de prélèvements se situe à 100 m au droit de la vasière au niveau des habitations (Rue du Gelin).

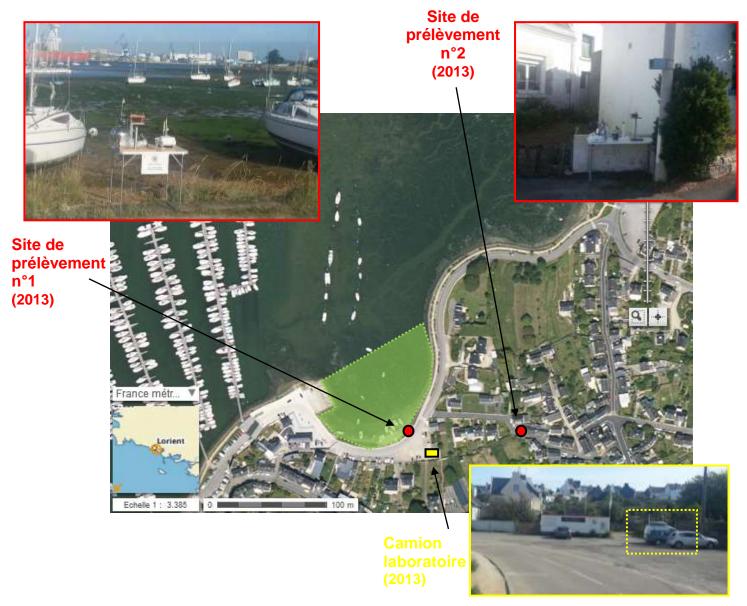


Figure 32 : Localisation des points de prélèvements

II. Etat zéro – mai 2013

L'état zéro 2013 s'est déroulé sur la vasière de Toul Ar Vilin, du 10 avril au 14 mai 2013.

Au cours de cette campagne, des mesures en continu d' H_2S ont eu lieu au niveau du camion laboratoire situé en toute proximité de vasière. Des prélèvements ponctuels de 18 autres paramètres (composés soufrés, acides, aldéhydes, endotoxines, ...) ont été réalisés afin de compléter ces données.

Les résultats sont présentés dans ce chapitre et sont comparés à ceux de l'état zéro réalisé en 2012.

II.1. Le bilan des échouages au cours de l'état zéro

Aucun échouage important d'algues vertes n'a été signalé sur la baie de Lannion avant la fin du printemps 2013 et donc durant cette campagne de mesures.

II.2. Les mesures en continu (H₂S)

Les mesures en continu ont été réalisées au niveau du camion laboratoire situé sur le parking surplombant la zone de vasière, à une dizaine de mètres de celle-ci environ, conformément aux mesures effectuées en 2012.

Lors de cette campagne, les concentrations en H₂S sont restées extrêmement faibles.



Etat zéro 2013:

Les moyennes horaires et journalières sont identiques (0,1 µg/m³) et proches de la limite de détection de l'appareil.

La valeur maximale enregistrée sur toute la période de mesure a été de 2 μ g/m³.

98% (P98) des valeurs sont inférieures à 1 µg/m³.

Comparaison à l'état zéro 2012 :

Les concentrations moyennes mesurées en 2012 étaient légèrement supérieures du fait notamment de valeurs ponctuellement plus élevées (maximum quart horaire en 2012 : 87 µg/m³ contre 2 µg/m³ en 2013).

Tableau 25 : récapitulatif des mesures H₂S en continu lors de l'état

zéro 2012 et Concentration Η ₂ S (en μg/m³)	2013 Etat zero Toul Ar Vilin	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin
	10/04 au 14/05/13	5 au 30/04/12
maximum quart horaire	2	87
moyenne horaire	0,1	1
maximum horaire	1,8	64
moyenne journalière	0,1	0,9
maximum journalier	0,4	6
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	0%	1,6%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%	0%
mini	0	0
P25 (1er quartile)	0	0
P50 (médiane)	0	0
P75 (3ème quartile)	0	0,8
P98	1,0	6,8
maxi	1,8	64,0

II.3. Les mesures par prélèvements ponctuels

Les prélèvements ponctuels ont été réalisés sur deux sites de mesures, un site sur la plage en toute proximité de la vasière (site 1) et un site à proximité des premières zones habitées (site 2).



II.3.1. Les mesures par tubes passifs (sur 7 jours : du 10/04/14 au 17/04/13)

Sur cette période de mesure, aucun échouage d'algues vertes n'a été signalé à proximité de la vasière, reflétant donc l'état initial avant échouage.

Tableau 26 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive

en μg/m³		H₂S	CS ₂	NH ₃	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
Site n°1	2013	< Lq*	0,01	1,1	0,9	0,6	0,2
(plage)	2012	2,5	< Lq* (0,01)	1,35	1,02	0,82	< Lq* (0,05)
Site n°2	2013	< Lq* (0,5)	0,39	0,9	0,8	0,7	0,2
(habitations)	2012	< Lq*	< Lq*	1,04	1,08	0,89	0,15

^{*}Lq : Limite de quantification

En 2013, pour l'hydrogène sulfuré (H_2S) , les concentrations rencontrées sur les 2 sites sont inférieures à la limite de quantification, corroborant les résultats issus de l'enregistrement en continu.

Pour les autres composés, au vu des incertitudes sur la mesure, on peut considérer que les niveaux relevés sont identiques sur les deux sites de mesures.

Dans ces conditions précises, on n'observe donc pas d'impact significatif de la vasière sur les concentrations de ces polluants.

Les résultats sont semblables à ceux mesurés lors de l'état zéro, en 2012.

II.3.2. Les mesures par canister (échantillonnage sur 3 heures, le 17 avril 2013)

en µg/m³ 1,2,4-Diméthylsulfure Méthylmercaptan Diméthyldisulfure Dithiapentane **Trithiolane** < Lq* (1,00) < Lq* < Lq* < Lq* < Lq* 2013 Site n°1 (plage) < Lq* $< Lq^*$ < Lq* $< Lq^*$ < Lq* 2012 < Lq* < Lq* < Lq* < Lq* 2013 Site n°2 (habitations) < Lq* < Lq* < Lq* < Lq* < Lq* 2012

Tableau 27 : Concentrations mesurées par canister

^{**}Lq : Limite de quantification

En 2013, pour l'ensemble des composés soufrés étudiés, les concentrations mesurées par canister sont inférieures à la limite de quantification qui est de 1 µg/m³, tout comme en 2012.

On n'observe donc pas d'impact significatif de la vasière sur les concentrations en ces polluants, lors l'état zéro.

II.3.3. Les mesures par barbotage (échantillonnage sur 1 heure, le 17 avril 2013)

Acide en µg/m³ Acide acétique **Acide lactique** Acide sulfurique acrylique < Lq* 2013 28,6 12,2 7,5 Site n°1 (plage) 2012 х х х х 20 2013 3,3 Site n°2 (habitations) < Lq* < Lg* < Lq'

Tableau 28 : Concentrations mesurées par barbotage

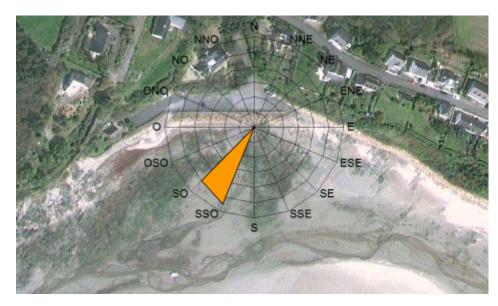
2012

En 2013, les résultats des mesures par barbotage, effectuées sur une heure sont inférieurs aux limites de quantification pour l'acide acrylique. Seule la concentration en acide acétique semble notable, sur les 2 sites.

En 2012, lors de l'état zéro, seuls des prélèvements avaient été réalisés sur le site 2. Les résultats étaient identiques à ceux de 2013 sauf pour l'acide acétique présentant une concentration inférieure à la limite de quantification en 2012.

Lors de ces prélèvements effectués de 10h à 15h le 17/04/13, le vent provenait de la direction Sud-Ouest à Sud/Sud-Ouest soit en provenance de la vasière. Les vitesses de ces vents étaient élevées (supérieures à 6 m/s, pendant toute la période).

Dans ces conditions, les prélèvements réalisés durant cette période sont bien représentatifs de l'influence de la vasière en l'absence d'échouages.



8.2

^{*}Lq : Limite de quantification

II.3.4. Les mesures par tubes actifs (échantillonnage sur 1 heure, le 17 avril 2013)

Les prélèvements par tubes actifs ont été réalisés en parallèle aux prélèvements par barbotage.

De la même manière que pour les prélèvements précédents, au vu de la direction des vents lors de cette période, les prélèvements réalisés sont bien représentatifs de l'influence de la vasière en l'absence d'échouage.

Tableau 29 : Concentrations mesurées par tubes actifs

en μg/m³		Formaldéhyde Acétaldéhyde		Propionaldéhyde
Site n°1			1,8	0,3
(plage)	2012	х	х	х
Site n°2 2013		1,1	1	< Lq [*]
(habitations)	2012	Х	x	х

Lq: Limite de quantification, qui est établie à 0,3 μg/m³ pour ces 3 aldéhydes

L'ensemble des concentrations rencontrées en aldéhydes est <u>faible</u> et proche de la limite de quantification du laboratoire.

Les VTR existantes pour ces polluants ont toutes été respectées.

II.3.5. Les mesures d'endotoxines (échantillonnage sur 20 min, le 17 avril 2013)

Tableau 30 : Résultats des prélèvements d'endotoxines

en UE/m³	Endotoxines
Site n°1 (plage)	238
Site n°2 (habitations)	248

Les concentrations en endotoxines à proximité et à 100 mètres de la vasière de Toul ar Vilin hors période d'échouage, sont globalement identiques.

<u>NB</u>: Un rapport spécifique a été réalisé pour la présentation et l'interprétation des résultats des mesures d'endotoxines réalisées en 2012 et 2013 [Etude de l'influence du milieu marin sur les concentrations en endotoxines – rapport d'étude 2013].

Lors de cette campagne reflétant l'état zéro sur l'année 2013, en dehors de toute période d'échouages, les concentrations des divers polluants mesurés sont restées majoritairement très faibles et du même ordre de grandeur sur les 2 sites de prélèvements (vasière et site habitation).

La comparaison avec les niveaux rencontrés en 2012 lors de l'état zéro permettent de corroborer le faible impact de la vasière, en l'absence d'échouages.

III. Campagne de mesures en présence d'échouages – juin/septembre 2013

La campagne de mesures lors d'échouages d'algues vertes s'est déroulée sur la vasière de Toul Ar Vilin, du 18 juin au 11 septembre 2013.

III.1. Le bilan des échouages pendant la campagne estivale

Le bilan des échouages constatés sur cette période est basé sur la synthèse des bulletins de surveillance de la baie de Lannion.

Ainsi, les premiers échouages ont été constatés à Toul Ar Vilin à partir de la fin du mois de juin seulement, le printemps ayant été particulièrement frais et pluvieux. Ces tous premiers dépôts d'algues vertes ont eu lieu principalement sur la plage de Saint-Michel-en-Grève, située au sud de la vasière, comme décrit lors des campagnes 2012.

Au cours de l'été, des dépôts fins et épars d'algues vertes ont pu contribuer ponctuellement au verdissement global de la baie, et quelques épisodes d'échouages plus soutenus contribuant à la formation d'andains de plusieurs centimètres d'épaisseurs ont été notifiés. Notons cependant que **les ramassages ont été réguliers** (journaliers) empêchant la fermentation des algues à l'origine des dégagements gazeux.

III.2. Les mesures en continu d'H2S

Lors de cette campagne estivale, les mesures d' H_2S en continu ont été enregistrées par le camion mobile du 18 juin au 11 septembre 2013.

Les résultats des mesures quart horaires sont présentés ci-après.

en µg/m³

16/08

16/08

15

10

5/6

Figure 33: Evolution des mesures en H2S du 18/06 au 11/09/13 (en µg/m³)

Les concentrations en H₂S sont restées majoritairement très faibles sur toute la période (plus de 2 mois), en raison notamment du ramassage régulier des algues vertes.

La concentration maximale enregistrée a été peu élevée, n'atteignant, en moyenne quart-horaire, que 38 µg/m³ le 16 août 2013.

La <u>VTR aigüe</u> pour l'hydrogène sulfuré, fixée à 100 μg/m³ sur une heure, n'a pas été atteinte en 2013 sur Toul Ar Vilin. La valeur maximale des moyennes horaires est de 19 μg/m³, alors qu'elle avait atteint 87 μg/m³ lors des travaux sur cette même vasière en 2012.

La <u>valeur de recommandation de l'OMS</u> pour ne pas susciter de <u>gêne olfactive</u>, fixée à 7 μg/m³ sur une demi-heure, n'a été dépassée que <u>1,2% du temps</u>.

Tableau 31 : Récapitulatif des mesures d'H₂S en continu

Concentration Η ₂ S (en μg/m³)	2013 Echouages Toul Ar Vilin
	18/06 au 11/09/13
maximum quart horaire	38
moyenne horaire	1,1
maximum horaire	18,8
moyenne journalière	1,1
maximum journalier	5,1
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	1,2%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%
mini	0
P25 (1er quartile)	0
P50 (médiane)	1
P75 (3ème quartile)	1,3
P98	5,8
maxi	18,8

Les niveaux relevés en continu au cours de cette campagne sont donc peu élevés et moindres que ceux de l'année précédente, effectués lors des travaux sur la vasière. Le ramassage régulier des algues vertes a également contribué à limiter voire empêcher leur fermentation.

Les faibles échouages rencontrés depuis ces 2 dernières années sur la vasière, les travaux ainsi que l'augmentation de la fréquence des ramassages organisés par la Communauté d'agglomération de Lannion, contribuent conjointement à la diminution des concentrations en H_2S enregistrées au cours des dernières campagnes de mesure.

III.3. Interprétation de l'augmentation des concentrations mesurées le 16 août 2013

Une augmentation des concentrations en H_2S a été constatée le 16 août à partir de 4h atteignant un maximum de 38 $\mu g/m^3$, suivie d'une diminution lente des teneurs jusqu'à environ 13h le même jour.

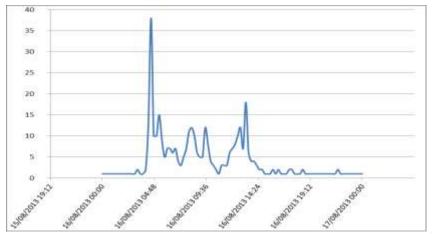
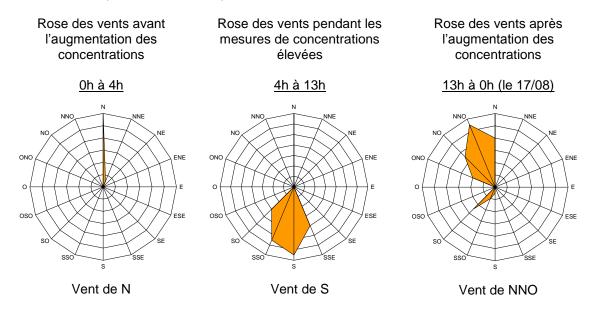


Figure 34 : Evolution des concentrations lors de la journée du 16/08/13 (en μg/m³)

Comme en 2012, on observe une corrélation entre l'évolution des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent) et l'évolution des teneurs en hydrogène sulfuré. Rose des vents (données Air Breizh)



Ainsi, l'augmentation momentanée des concentrations en H₂S coïncide avec un changement de la direction du vent passant de Nord (en provenance des terres) à Sud (en provenance de la vasière).

La diminution significative des concentrations observées à partir de 13 h, ce 16 août, est également bien corrélée à un nouveau changement de la direction du vent passant de Sud à Nord/Nord-Est, soit de nouveau en provenance des terres.

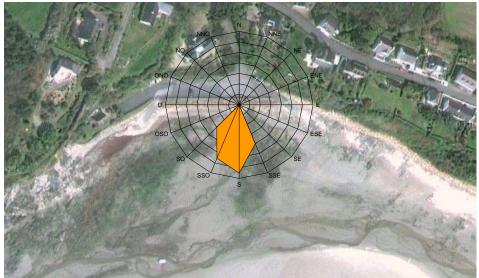


Figure 35 : Provenance des vents lors des mesures de concentrations élevées le 16/08/13

Ainsi, les concentrations modérément élevées du 16 août ont été mesurées lorsque le vent était issu du Sud, soit de la vasière, ce qui semble mettre en évidence la contribution des dépôts d'algues vertes.

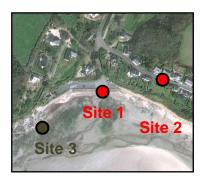
Notons toutefois que la moyenne horaire n'a pas excédé 18 µg/m³, ce qui reste bien inférieur à la valeur de référence pour la santé, sur 1 heure d'exposition (VTR aigüe), de 100 µg/m³.

A titre indicatif, la concentration maximale mesurée pour ce paramètre à proximité de zone de dépôts d'algues vertes, est de 1136 µg/m³ à St Michel en Grève en 2005.

III.4. Les mesures par prélèvements ponctuels

Comme en 2012, les prélèvements ponctuels ont été réalisés sur un site de mesures au niveau de la vasière (site 1) et sur un site à proximité des premières zones habitées (site 2).

Un troisième site de mesures (site 3), situé à l'ouest de la vasière (ex zone de travaux en 2012), a également fait l'objet de prélèvements notamment par barbotage et par tubes actifs, lors de la journée du 5 juillet 2013.



III.4.1. Les mesures par tubes passifs (échantillonnage sur 6 jours, du 5 au 11 juillet 2013)

Tableau 32 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive

en µg/m³	H₂S	CS ₂	NH ₃	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
311 µ g/	1.20		11113	. Community and	71001111101117110	. ropionala on y a o
Site n°1 (plage)	< Lq* (0,6)	< Lq* (0,004)	1,3	1,2	0,8	0,4
Site n°2 (habitations)	< Lq* (0,6)*	< Lq* (0,004)	1,5	1,4	1,1	0,5

^{*} Lq : Limite de quantification

Les concentrations mesurées par tubes à diffusion passive, au cours de cette semaine de prélèvements, sont faibles et très proches de celles de l'état zéro et semblables sur les 2 sites.

On n'observe donc pas d'impact significatif de la vasière, pour ces mesures, ceci s'expliquant notamment par la durée du prélèvement qui moyenne les concentrations. L'ensemble des VTR existantes a été respecté.

III.4.2. Les mesures par canister (échantillonnage sur 3 heures, le 5 juillet 2013)

Tableau 33 : Concentrations mesurées par canister

en µg/m³	Diméthylsulfure	Méthylmercaptan	Diméthyldisulfure	Dithiapentane	1,2,4-Trithiolane	
Site n°1 (plage)	< Lq (1,0)	< Lq (1,0)	< Lq (1,0)	< Lq [*] (1,0)	< Lq* (1,0)*	
Site n°2 (habitations)	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*]	< Lq [*] (1,0)	< Lq (1.0)	

^{*} Lq : Limite de quantification

Les concentrations relevées sont toutes restées inférieures à la limite de quantification, comme lors de l'état zéro réalisé en avril 2013.

Lors de ces prélèvements effectués de 10h30 à 14h le 5 juillet 2013, le vent provenait de la direction Ouest/Nord-Ouest, soit en provenance des terres comme présenté à la figure ci-après.

Dans ces conditions, les prélèvements réalisés durant cette période ne permettent pas de mesurer l'influence des dépôts d'algues vertes. Ces mesures ne sont donc pas représentatives de l'impact éventuel de dépôts d'algues sur la vasière.



Figure 36 : Provenance des vents durant les prélèvements par canister (10h30 à 14h le 05/07/13) [données Air Breizh]

III.4.3. Les mesures par barbotage (échantillonnage sur 1 heure, le 5 juillet 2013)

Le matériel à notre disposition au cours de cette campagne, nous a permis de réaliser cinq prélèvements comme suit.

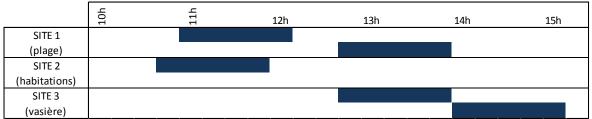


Figure 37 : Planning des prélèvements par barbotage

Tableau 34 : concentrations mesurées par barbotage (en μg/m³)

Prélèvement n°	Site de mesure	Horaire du prélèvement	Acide acrylique	Acide acétique	Acide lactique	Acide sulfurique
1	Site n°1 (plage)	11h07-12h07	< Lq [*]	124	< Lq [*]	4,6
2	Site n°2 (habitations)	10h40-11h40	< Lq [*]	82	< Lq [*]	7,5
3	Site n°1 (plage)	12h42-13h42	< Lq [*]	132	< Lq [*]	4,2
4	Site n°3 (Vasière)	12h41-13h41	< Lq [*]	138	< Lq [*]	6,2
5	Site n°3 (Vasière)	13h45-14h45	< Lq [*]	136	< Lq [*]	4,4

* Lq : Limite de quantification

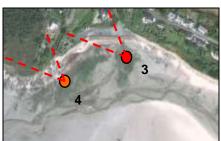
La limite de quantification concernant ces acides est de 3,3 μ g/m³.

Les cartographies suivantes présentent la localisation des prélèvements et la provenance du vent lors des trois phases de prélèvements :

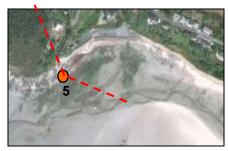
Prélèvements 1 et 2 : 10h40 - 12h07



Prélèvements 3 et 4 : 12h40-13h40



<u>Prélèvement 5 : 13h45-14h45</u>



Lors des prélèvements n°1 et 2, les vents provenaient de l'Ouest/Nord-Ouest soit des terres. Les concentrations mesurées sont faibles, excepté pour l'acide acétique.

Lors des prélèvements n° 3 et 4, les vents provenaient du Nord-Ouest soit des terres. Les concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur que les deux prélèvements précédents.

Lors du prélèvement n°5, les vents provenaient du Nord/Nord Est soit de la vasière du fait de la position de cette station. Les résultats sont identiques à ceux des prélèvements précédents.

Malgré les directions des vents durant les prélèvements, les concentrations sont identiques en acides sulfurique et acétique ce qui pourrait s'expliquer par la position des points de prélèvements à savoir dans la vasière ou à proximité.

Ces concentrations pourraient provenir de la décomposition de la matière organique dans la vasière notamment pour l'acide acétique (acidogénèse). La présence de source locale semble peu probable.

Ces concentrations restent toutefois faibles notamment pour l'acide sulfurique dont la concentration maximum mesurée représente 6% de la VTR. L'acide acétique ne dispose pas de valeur toxicologique de référence.

III.4.4. Les mesures par tubes actifs (échantillonnage sur 1 heure, le 5 juillet 2013)

Les prélèvements par tubes actifs ont été réalisés en parallèle aux prélèvements par barbotage.

Tableau 35 : Concentrations mesurées par tubes actif (en \mu g/m^3)

Prélèvement n°	Site de mesure	Horaire du prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
1	Site n°1 (plage)	11h03-12h03	0,9	1,3	< Lq [*]
2	Site n°2 (habitations)	10h46-11h46	1,2	1,1	< Lq [*]
3	Site n°1 (plage)	12h42-13h42	1,2	1,2	< Lq [*]
4	Site n°3 (vasière)	12h41-13h41	1,3	1,4	< Lq [*]
5	Site n°3 (vasière)	13h45-14h45	1,4	1,7	< Lq [*]

Lq : Limite de quantification, qui est établie à 0,5 μg/m³ pour ces 3 aldéhydes

Les conditions météorologiques sont identiques à celles mesurées durant les prélèvements par barbotage à savoir :

- prélèvements n°1 et 2 : vents en provenance de l'Ouest/Nord-Ouest soit des terres ;
- prélèvements n°3 et 4 : vents en provenance du Nord-Ouest soit des terres ;
- Prélèvement n°5 : vents en provenance du Nord/Nord Est soit de la vasière.

Les niveaux de concentrations mesurés sont faibles et semblables durant les trois séries de prélèvements et ce, quelles que soient les directions des vents.

III.4.5. Les mesures d'endotoxines (échantillonnage sur 20 min, le 5 juillet)

Tableau 36 : Résultats des mesures d'endotoxines

en UE/m³	Endotoxines
Site n°1 (plage)	< 2 UE/m ³
Site n°2 (habitations)	14,2 UE/m ³

Les concentrations en endotoxines relevées sur la vasière lors de cette campagne sont bien inférieures aux concentrations relevées lors des campagnes 2012 mais également à celles enregistrées lors de l'état zéro 2013.

Elles restent inférieures à la NOAEL fixée à 90 UE/m³ contrairement aux concentrations relevées lors des campagnes précédentes. Il est important de préciser que, lors de ces prélèvements, les vents provenaient d'Est/Sud-Est et non de la vasière.

IV. Campagne de mesures sur une autre vasière impactée par les algues vertes : la vasière de Locmiquélic (56)

Cette campagne de mesures s'est déroulée sur la vasière de Locmiquélic (56), dont la description a été effectuée précédemment.

IV.1. Bilan des échouages d'algues vertes sur cette vasière

La vasière de Locmiquélic, dans le Morbihan, est le lieu d'échouages récurrents d'algues vertes au printemps et en été. En effet, du fait de sa situation enclavée dans la rade de Lorient, et de sa spécificité en termes d'échanges eau de mer/eau douce, ce lieu est régulièrement impacté par les algues vertes, en période estivale.

Cette vasière a donc été retenue dans le cadre de cette étude.

IV.2. Les mesures en continu (H2S)

Les mesures en continu ont été enregistrées par le camion laboratoire situé sur le parking face à la vasière.

Les mesures d'H₂S ont été enregistrées en continu du 26 septembre au 16 octobre 2013, soit en tout début d'automne.

Cette vasière, contrairement à celle de Toul Ar Vilin, ne fait l'objet d'aucun ramassage régulier et d'aucune intervention particulière. Notons par ailleurs, que du fait des marées, les algues sont fréquemment recouvertes et humidifiées limitant la putréfaction de celles-ci.

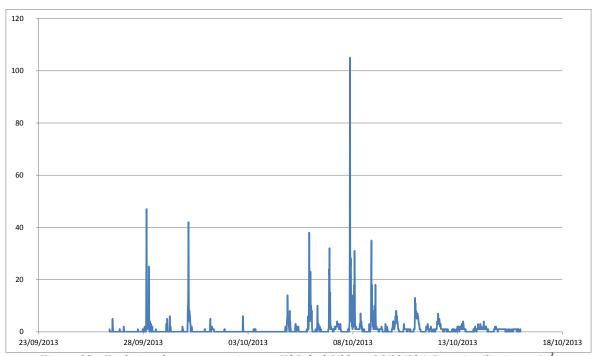


Figure 38 : Evolution des concentrations en H2S du 26/09 au 16/10/13 à Locmiquélic (en µg/m³)

Sur les 3 semaines de prélèvements effectués, les concentrations en H_2S sont restées majoritairement faibles, le plus souvent inférieures à $40 \mu g/m^3$, la moyenne horaire sur toute la période d'enregistrement étant de $1,3 \mu g/m^3$.

La concentration maximale en quart-horaire a atteint 105 μg/m³, le 7 octobre, à 20h45.

La VTR aigue de 100 μg/m³ n'a toutefois pas été dépassée.

Le seuil olfactif de 7 μ g/m³ sur une demiheure, a été dépassé moins de 4% du temps.

Tableau 37 : Résultats des mesures en continu

Concentration Η ₂ S (en μg/m³)	2013 Echouages Locmiquélic
	26/09 au 16/10/13
maximum quart horaire	105
moyenne horaire	1,3
maximum horaire	54,3
moyenne journalière	1,3
maximum journalier	5,2
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	3,4%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%
mini	0
P25 (1er quartile)	0
P50 (médiane)	0
P75 (3ème quartile)	1
P98	12,0
maxi	54,3

Les concentrations sont donc majoritairement faibles sur les 3 semaines de prélèvements avec toutefois des concentrations en H₂S, susceptibles de dépasser ponctuellement la VTR existante.

Les valeurs maximales quart-horaires (105 μg/m³) sont supérieures à celles constatées lors de la campagne estivale, en présence d'échouages, sur Toul Ar Vilin, en 2013 (max 38 μg/m³).

IV.3. Les mesures par prélèvements ponctuels

Les prélèvements ponctuels ont été réalisés sur deux sites de mesures, un site sur la vasière ellemême en contrebas de la route la séparant du parking et au plus près des échouages, l'autre à 100 mètres de la vasière, au niveau des zones habitées surplombant cette dernière.

IV.3.1. Les mesures par tubes passifs (échantillonnage du 2 au 10 octobre 2013)

Tableau 38 : Concentrations mesurées par tubes à diffusion passive

en μg/m³	H₂S	CS ₂	NH ₃	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde
Site n°1 (Vasière)	2,9	<lq*< td=""><td>1,8</td><td>1,5</td><td>0,8</td><td>0,4</td></lq*<>	1,8	1,5	0,8	0,4
Site n°2 (100m, habitations)	1,1	<lq*< td=""><td>1,8</td><td>1,5</td><td>0,9</td><td>0,5</td></lq*<>	1,8	1,5	0,9	0,5

*Lq : Limite de quantification de 0,1 μg/m³

Les concentrations en H₂S relevées sur les 2 sites sont du même ordre de grandeur, la concentration relevée en toute proximité de vasière étant supérieure à celle relevée à 100 mètres au niveau des habitations.

Pour l'ensemble des autres polluants, les concentrations sont proches sur les deux sites de mesures, et sont du même ordre de grandeur que celles de l'état zéro. L'ensemble des VTR existantes a été respecté.

IV.3.2. Les mesures par canister (échantillonnage sur 3 heures, le 2 octobre 2013)

Tableau 39 : Concentrations mesurées par canister

en µg/m³	Diméthylsulfure	Méthylmercaptan	Diméthyldisulfure	Dithiapentane	1,2,4- Trithiolane
Site n°1 (vasière)	< Lq [*]				
Site n°2 (100m, habitations)	< Lq [*]				

*Lq : Limite de quantification de 1 μg/m³



Figure 39 : Provenance des vents durant les prélèvements par canister à Locmiquélic

Les vents provenaient majoritairement de l'Est soit des terres durant les prélèvements. Les prélèvements réalisés ne sont donc pas représentatifs d'un éventuel impact des dépôts d'algues vertes sur la vasière.

L'ensemble des concentrations sont inférieures aux limites de quantification.

IV.3.3. Les mesures par barbotage (échantillonnage sur 1 heure, le 2 octobre 2013)

Tableau 40 : Concentrations mesurées par barbotage

en μg/m³	Acide acrylique	Acide acétique	Acide lactique	Acide sulfurique
Site n°1 (vasière)	125,1	< Lq [*]	< Lq [*]	7,6
Site n°2 (100m, habitations)	66,5	< Lq [*]	< Lq [*]	6

*Lg : Limite de quantification de 3,2 µg/m³

Les prélèvements par barbotage ont été effectués, en même temps, que les prélèvements par canister sur une durée toutefois plus courte.

La direction des vents durant ces prélèvements n'est donc pas favorable à la quantification de l'impact des dépôts d'algues sur la vasière.

Comme lors de l'état zéro, les concentrations mesurées en acide acétique et en acide lactique sont inférieures aux limites de quantification.

Les concentrations relevées en acide sulfurique restent faibles* et du même ordre de grandeur que celles relevées lors des autres campagnes de mesures et diffèrent peu des valeurs rencontrées lors de l'état zéro à Toul Ar Vilin, disculpant ainsi les échouages comme étant à l'origine des concentrations relevées en acide sulfurique.

Seules les concentrations en acide acrylique présentent des niveaux bien supérieurs aux valeurs rencontrées précédemment, lesquelles sont restées inférieures aux limites de quantification lors des campagnes sur Toul Ar Vilin en 2013. Notons cependant que ces valeurs respectent malgré tout très largement la VTR existante (la concentration maximum représente 2% de la VTR).

IV.3.4 Les mesures par tubes actifs (échantillonnage sur 1 heure, le 2 octobre)

Tableau 41 : Concentrations mesurées par barbotage

en µg/m³	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Propionaldéhyde		
Site n°1 (vasière)	<lq*< td=""><td>0,7</td><td><lq*< td=""></lq*<></td></lq*<>	0,7	<lq*< td=""></lq*<>		
Site n°2 (100m)	1,3	1,5	<lq*< td=""></lq*<>		

*Lq : Limite de quantification

Les prélèvements par barbotage ont été effectués en même temps que les prélèvements par canister sur une durée toutefois plus courte.

La direction des vents durant ces prélèvements n'est donc pas favorable à la quantification de l'impact des dépôts d'algues sur la vasière.

Pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, les concentrations sont proches sur les deux sites de mesures. Les VTR existantes pour ces polluants ont toutes été respectées.

^{*} La concentration maximale mesurée représente 6% de la VTR.

IV.3.5. Les mesures des endotoxines (échantillonnage sur 20 min, le 02 octobre)

Tableau 42 : Résultats des prélèvements d'endotoxines

en UE/m ³	Endotoxines	
Site n°1 (vasière)	< Limite de détection	
Site n°2 (100m)	< Limite de détection	

Aucun taux d'endotoxines n'a été révélé lors des prélèvements de cette campagne.

Rappelons la direction des vents, en provenance de l'Est et donc des terres, lors des mesures sur cette vasière.

Ces résultats semblent malgré tout étonnants, notamment au regard des niveaux précédemment rencontrés lors des campagnes réalisées en proximité de vasière, que ce soit en présence ou en l'absence d'échouages.

IV.4. Conclusion

La troisième et toute dernière campagne de mesures, réalisée sur une vasière impactée par les échouages d'algues vertes, dans le Morbihan, a mis en évidence des concentrations légèrement plus élevés en H₂S qu'à Toul Ar Vilin.

Notons par ailleurs que cette campagne s'est déroulée en toute fin d'été voire en début d'automne et donc pas forcément en période de plus forte chaleur, où les niveaux auraient été susceptibles d'être plus élevés.

Les valeurs des autres composés mesurés dans le cadre des prélèvements ponctuels sur une journée restent, par contre, faibles et semblables à ceux rencontrés sur Toul Ar Vilin.

V. Synthèse des campagnes de mesures réalisées en 2013

L'objectif de cette étude était de finaliser les campagnes de mesures initiées en 2012 afin d'approfondir l'état des connaissances sur l'exposition des riverains aux émissions issues de leur décomposition.

Trois campagnes de mesures avaient été réalisées par Air Breizh en 2012, sur le littoral breton, afin de réaliser un état initial sur Toul Ar Vilin en premier lieu, puis lors des travaux sur cette même vasière. Une troisième campagne avait également eu lieu, cette même année, à Tréguier sur une vasière exempte d'algues vertes.

Faute d'échouages d'algues vertes suffisamment importants en 2012, deux autres campagnes ont dû être reportées et ont donc été réalisées en 2013, bien que les échouages aient été tardifs et peu abondants.

Mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin : nouvel état zéro

L'état zéro sur Toul Ar Vilin a confirmé l'absence d'émissions d'H₂S en dehors de toute période d'échouages d'algues vertes, ainsi que des niveaux en polluants cohérents avec ceux rencontrés lors de l'état zéro 2012.

Mesures sur la vasière de Toul Ar Vilin : période d'échouage

La campagne estivale 2013, réalisée en présence des échouages arrivés très tardivement en baie de Lannion du fait d'un printemps frais et pluvieux, a montré des niveaux en H₂S, restés majoritairement très faibles tout au long de l'été 2013, et inférieurs aux niveaux ponctuellement rencontrés lors des travaux sur la vasière en 2012.

Notons que le ramassage systématique des algues dans le cadre de la surveillance quotidienne de la baie ces dernières années tend à réduire notablement voire supprimer les émissions d'H₂S.

Mesures sur la vasière de Locmiquélic : période d'échouage

La troisième campagne, réalisée en toute fin d'été dans un autre département, et sur une petite vasière régulièrement impactée par les algues vertes chaque année, a mis en évidence des niveaux d'H₂S majoritairement faibles mais néanmoins susceptibles de générer ponctuellement des pics supérieurs au seuil de nuisances olfactives (7 µg/m³ sur une demi-heure).

Une synthèse des résultats de ces campagnes 2012/2013 est réalisée dans le chapitre suivant. Pour l' H_2S , les résultats sont comparés aux précédentes mesures réalisées depuis 2005.

PARTIE IV : Synthèse des résultats et interprétations des campagnes de mesures 2012/2013

Les résultats des campagnes réalisées en 2012 puis 2013 sont synthétisés dans ce chapitre.

Les mesures d'hydrogène sulfuré sont comparées aux précédentes mesures réalisées depuis 2005 sur le littoral costarmoricain ainsi qu'aux valeurs toxicologiques existantes.

Les résultats des autres paramètres, n'ayant pas fait l'objet de mesures lors des années précédentes, sont comparés aux valeurs toxicologiques existantes.

I. Synthèse des résultats des mesures en continu d'hydrogène sulfuré (H2S)

Les concentrations mesurées durant les campagnes réalisées en 2012 et 2013 sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Tableau 43 : Synthèse des résultats des concentrations en H₂S

Concentration H ₂ S (en µg/m³)	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin (recalculé)	2012 Pendant travaux Toul Ar Vilin	2012 Sans échouages Tréguier	2012 Echouages Toul Ar Vilin	2013 Etat zero Toul Ar Vilin	2013 Echouages Toul Ar Vilin (avec ramassage)	2013 Echouages Locmiquélic (sans ramassage)
	<u>5 au 24/04/12</u>	1 au 10/05/12	18/07 au 9/08/12	18/09 au 3/10/12	10/04 au 14/05/13	18/06 au 11/09/13	26/09 au 16/10/13
moyenne quart horaire	0,6	3	0,4	2	0,1	1,1	1,3
maximum quart horaire	24	180	7	58	2	38	105
moyenne horaire	0,6	3	0,9	2	0,1	1,1	1,3
maximum horaire	17	87	7	38	1,8	18,8	54,3
moyenne journalière	0,6	2,6	0,9	2,3	0,1	1,1	1,3
maximum journalier	3,2	9,6	2,9	8,4	0,4	5,1	5,2
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	1,3%	11%	0%	10%	0%	1,2%	3,4%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Moyenne horaire = moyenne des moyennes horaires glissantes, calculées à partir de données quart horaires Moyenne journalière = moyenne des moyennes journalières glissantes, calculées à partir de données quart horaires

I.1. Niveaux de concentrations mesurées

Les concentrations moyennes horaires et journalières mesurées en l'absence d'échouages d'algues vertes (état zéro 2012 et 2013), pendant les travaux de dévasage et en période d'échouages modérés sont inférieures à 3 µg/m³ sur une heure et sur une journée.

I.1.2. Interprétation statistique des mesures

Une interprétation statistique a été réalisée ci-après sur la base des données moyennes horaires calculées à partir des mesures quart horaires.

Concentration H ₂ S (en µg/m³)	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin (recalculé)	2012 Pendant travaux Toul Ar Vilin	2012 Sans échouages Tréguier	2012 Echouages Toul Ar Vilin	2013 Etat zero Toul Ar Vilin	2013 Echouages Toul Ar Vilin (avec ramassage)	2013 Echouages Locmiquélic (sans ramassage)
	5 au 24/04/12	1 au 10/05/12	18/07 au 9/08/12	18/09 au 3/10/12	10/04 au 14/05/13	18/06 au 11/09/13	26/09 au 16/10/13
moyenne horaire	0,6	3	0,9	2	0,1	1,1	1,3
maximum horaire	17	87	7	38	1,8	18,8	54,3
mini	0	0	0	0	0	0	0
P25 (1er quartile)	0	0	0	0	0	0	0
P50 (médiane)	0	0,5	0	1	0	1	0
P75 (3ème quartile)	0,3	2,5	1,5	3	0	1,3	1
P98	5,8	25,8	5,5	12,5	1,0	5,8	12,0
maxi	16,8	86,5	7,0	37,5	1,8	18,8	54,3

Tableau 44 : Interprétation statistique des concentrations horaires 2012/2013

Les médianes calculées sont bien inférieures aux concentrations moyennes ce qui est liée à la présence de valeurs ponctuellement élevées. Exception toutefois pour l'état zéro 2013 durant lequel aucune valeur élevée n'a été mesurée ; dans ce cas, la moyenne est quasi identique à la médiane.

Pour l'ensemble des campagnes, les médianes sont globalement très proches de la limite de détection de l'appareil de mesures ($< 1 \mu g/m^3$).

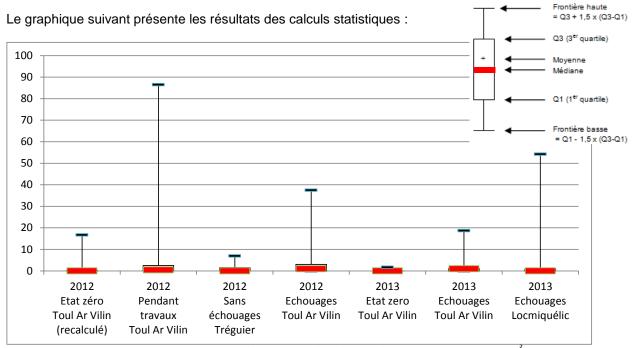


Figure 40 : Représentation graphique (Box Plot) des résultats statistiques (en µg/m³)

Cette représentation graphique permet de mettre en évidence des niveaux de concentrations globalement très faibles sur l'ensemble des périodes de mesures.

Ainsi, les 3^{ème} quartile (P75), représentant les concentrations au-dessous desquelles 75% des mesures ont été réalisées, sont souvent très proches de la limite de détection de l'appareil.

Les concentrations les plus élevées, représentées par les variations du 98^{ème} centile (sur la base des moyennes horaires glissantes), représentant la concentration au-dessus de laquelle 2% des mesures ont été réalisées, ont été mesurées logiquement lors des phases des travaux ou de dépôts d'algues, comme représenté sur la figure suivante.

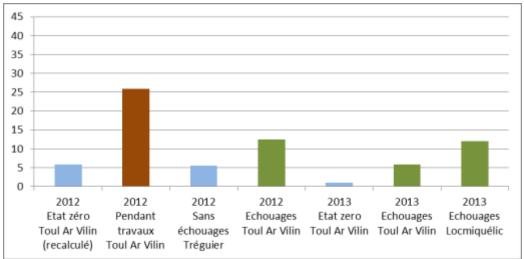


Figure 41 : P98 calculés par campagne (sur la base des données horaires) (en µg/m³)

- Lors des deux états zéro ainsi qu'en absence d'échouages sur la vasière de Tréguier (en bleu), les valeurs ponctuellement élevées sur une heure sont inférieures à 5 μg/m³.
- En période d'échouages modérés d'algues vertes (en vert), les valeurs ponctuellement élevées sur une heure sont plus importantes, de l'ordre de 10 μg/m³ (comprises entre 6 et 12 μg/m³).
- Enfin durant les périodes de travaux de dévasage de la vasière de Toul Ar Vilin, les concentrations horaires ponctuellement élevées sont nettement plus importantes, le P98 atteignant près de 25 μg/m³.

Ces valeurs de 98^{ème} centile sont globalement cohérentes avec le contexte des mesures réalisées même si toutefois en période d'échouages, des niveaux de P98 plus faibles ont été calculés à Toul Ar Vilin en 2013 par rapport à 2012 alors que les volumes d'échouages étaient supérieurs. La fréquence des ramassages limitant la fermentation des algues pourrait expliquer cette diminution des concentrations en H₂S dans l'air.

Notons toutefois que les concentrations maximales observées lors des périodes de travaux sont environ deux fois supérieures à celles mesurées en période d'échouage ce qui s'explique clairement par les opérations réalisées (brassage et émanations des poches de gaz).

I.1.3. Comparaison aux valeurs toxicologiques de références

Les valeurs de références toxicologiques suivantes sont disponibles pour l'hydrogène sulfuré en fonction de la période d'exposition considérée [source Etude ANSES⁴] :

Exposition aigüe	Exposition chronique
MRL = 100 μg/m³ (1 heure) ATSDR 2006	3
150 μg/m³ (24 heures) 7 μg/m³ (1/2 heure) OMS 2000	RfC = 2 μg/m ³ US EPA 2003

Ces valeurs toxicologiques ont été retenues pour l'interprétation des mesures.

⁴ Risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs » ANSES juin 2011

Tableau 45 : Comparaison des mesures aux valeurs de références toxicologiques

Concentration H ₂ S (en µg/m³)	Valeurs de références toxicologiques	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin (recalculé)	2012 Pendant travaux Toul Ar Vilin	2012 Sans échouages Tréguier	2012 Echouages Toul Ar Vilin	2013 Etat zero Toul Ar Vilin	2013 Echouages Toul Ar Vilin (avec ramassage)	2013 Echouages Locmiquélic (sans ramassage)
		5 au 30/04/12	<u>5 au 24/04/12</u>	1 au 10/05/12	18/07 au 9/08/12	18/09 au 3/10/12	10/04 au 14/05/13	18/06 au 11/09/13	26/09 au 16/10/13
moyenne quart horaire	x	1	0,6	3	0,4	2	0,1	1,1	1,3
maximum quart horaire	,	87	24	180	7	58	2	38	105
moyenne horaire	100 μg/m ³	1	0,6	3	0,9	2	0,1	1,1	1,3
maximum horaire	(VTR aigüe)	64	17	87	7	38	1,8	18,8	54,3
moyenne journalière	150 μg/m³	0,9	0,6	2,6	0,9	2,3	0,1	1,1	1,3
maximum journalier	(valeur recommandée OMS)	6	3,2	9,6	2,9	8,4	0,4	5,1	5,2
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	7 μg/m³	1,6%	1,3%	11%	0%	10%	0%	1,2%	3,4%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	150 μg/m³	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

La VTR aigue (sur 1 heure) n'a pas été dépassée durant les campagnes de mesures.

Concernant le seuil de nuisance olfactive de 7 $\mu g/m^3$ sur une demi-heure, les dépassements sont faibles et inférieurs à 10% des mesures en période d'échouages.

Enfin le seuil de 150 μg/m³ fixé par l'OMS sur 24 heures n'a jamais été dépassé durant ces campagnes.

I.1.4. Comparaison aux campagnes de mesures des années précédentes

Les résultats des mesures réalisées en 2012 puis 2013, en période d'échouages et de travaux de dévasage, sont comparés ci-après, aux précédentes mesures effectuées depuis 2005.

Tableau 46 : Résultats des mesures depuis 2005

<u>Concentration H₂S</u> (<u>en µg/m³)</u>	Valeurs de références toxicologiques	2005 Echouage St Michel en Grève 21/07 au 02/09/2005	2006 Echouage St Michel en Grève 20/07 au 13/09/2006	2009 Echouage St Michel en Grève 03/09 au 14/09/2009	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin 5 au 30/04/12	2012 Etat zéro Toul Ar Vilin (recalculé) 5 au 24/04/12	Pendant travaux Toul Ar Vilin	2012 Sans échouages Tréguier 18/07 au 9/08/12	2012 Echouages Toul Ar Vilin 18/09 au 3/10/12		2013 Echouages Toul Ar Vilin (avec ramassage) 18/06 au 11/09/13	2013 Echouages Locmiquélic (sans ramassage) 26/09 au 16/10/13
moyenne quart horaire	×	19,8	33,3	0,06	1	0,6	3	0,4	2	0,1	1,1	1,3
maximum quart horaire	^	1136	3408	6	87	24	180	7	58	2	38	105
moyenne horaire	100 μg/m ³	19,6	32,7	0,06	1	0,6	3	0,9	2	0,1	1,1	1,3
maximum horaire	(VTR aigüe)	939	1492	4,5	64	17	87	7	7 38 1,8		18,8	54,3
moyenne journalière	150 μg/m ³	19,9	33,6	0,06	0,9	0,6	2,6			0,1	1,1	1,3
maximum journalier	(valeur recommandée OMS)	190	218	0,3	6	3,2	9,6	2,9	8,4	0,4	5,1	5,2
% dépassement gène olfactif OMS sur 1/2 h	7 μg/m³	29,3%	36,0%	0,0%	1,6%	1,3%	11%	0%	10%	0%	1,2%	3,4%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	150 μg/m³	1,5%	3,4%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
mini		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P25 (1er quartile)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P50 (médiane)			0	0	0,5	0	1	0	1	0		
P75 (3ème quartile)		13,3	31,5	0	0,8	0,3	2,5	1,5	3	0	1,3	1
P98		179	245	1	6,8	5,8	25,8	5,5	12,5	1,0	5,8	12,0
maxi		939	1492	4,5	64,0	16,8	86,5	7,0	37,5	1,8	18,8	54,3

Les moyennes journalières mesurées lors des périodes d'échouages massifs en 2005 et 2006 sont plus de 10 fois supérieures à celles mesurées en 2012/2013.

De même, les concentrations maximales horaires mesurées étaient nettement supérieures lors des campagnes 2005 et 2006.

Le seuil olfactif de 7 µg/m³ était dépassé de l'ordre de 30% du temps lors des campagnes 2005 et 2006, contre 10% au maximum durant les campagnes 2012 et 2013.

Le graphique ci-après présente les résultats des calculs statistiques (sur la base des moyennes horaires) des campagnes 2005 à 2012.

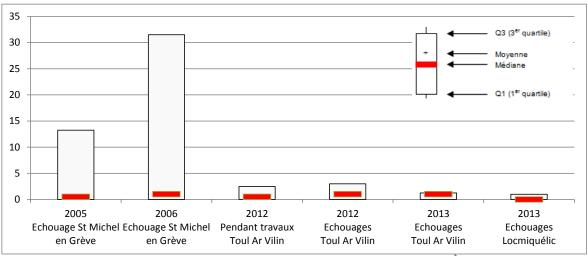


Figure 42 : Comparaisons statistiques des mesures (en $\mu g/m^3$)

Les valeurs médianes des mesures sur l'ensemble des campagnes sont quasi identiques à savoir inférieures à 1 µg/m³.

Au contraire, les valeurs du 3^{ème} quartile, étaient significativement plus élevées en 2005 et 2006 mettant en évidence une récurrence plus importante des mesures élevées durant les périodes d'échouages.

Le graphique ci-dessous permet de comparer les valeurs du 98 ème centile.

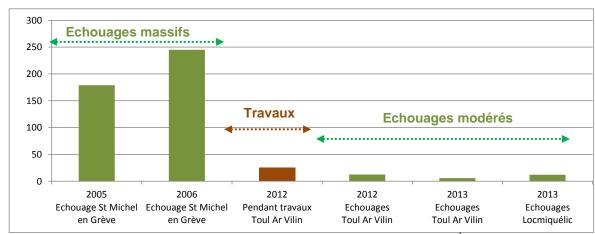


Figure 43: Comparaison des P98 (concentrations en $\mu g/m^3$)

La comparaison de ces valeurs de 98^{ème} centile permet de comparer les valeurs élevées mesurées en 2012/2013 par rapport à celles des campagnes 2005 et 2006.

Ainsi, 2% des mesures étaient supérieures à 179 puis 245 μg/m³ respectivement en 2005 puis 2006 alors que 2% étaient supérieures à 26 μg/m³ seulement, en 2012, pendant les travaux.

I.1.5. Corrélation des niveaux mesurés en hydrogène sulfuré et des données d'échouages d'algues vertes

Air Breizh réalise depuis 2005 des mesures d'hydrogène sulfuré (H₂S) au voisinage des plages touchées par les échouages d'algues vertes.

Tableau 47 : Historique des études menées par Air Breizh à proximité des plages

Année	Nom étude	Période échantillonnée	Lieu	Paramètres suivis
2005	Campagne de mesure d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène à St Michel en Grèves (Côtes d'Armor)	21/07 au 02/09/2005	St Michel (22)	H2S NH3
2006	Algues vertes et qualité de l'air Campagne de mesure à St Michel en Grève (22)	20/07 au 13/09/2006	St Michel (22)	H2S NH3
2008	Algues vertes et qualité de l'air Campagne de mesure sur la plage de Grandville à Hillion (22)	03/07 au 10/09/2008	Hillion (22)	H2S NH3
2009	Résultats de la campagne de mesure menée à Douarnenez, au bord de la Plage du Ris	02/07 au 25/08/2009	Douranenez (29)	H2S NH3
2009	Résultats de la campagne de mesure menée à St Michel en Grève	03/09 au 14/09/2009	St Michel (22)	H2S
2010	Algues vertes et qualité de l'air Campagne de mesure sur la plage de Grandville à Hillion (22)		Hillion (22)	H2S
2011	Mesure H2S à Morieux (22)	04/08 au 11/08/11	Morieux (22)	H2S
2012	Etude de l'exposition aux gaz issus de dépôts putréfiants en zone de vasières	Avril à août 2012	Vasière Toul Ar Vilin (Lannion)	H2S NH3 COV
2013	Etude de l'exposition aux gaz issus de dépôts putréfiants en zone de vasières (suite)	Avril à sept. 2012	Vasière Toul Ar Vilin (Lannion) + Locmiquélic (56)	endotoxines

Comme présenté dans le tableau ci-dessus, près de dix campagnes ont été menées au bord des plages dont cinq à l'Est de la Grève de Saint Michel Grève (Baie de Lannion).



Figure 44 : Localisation des campagnes de mesures dans la Grève de Saint Michel (22) [source : Géoportail]

De par la proximité géographique de ces cinq campagnes de mesures, l'objectif de ce chapitre est de mettre en évidence une corrélation entre les niveaux d'hydrogène sulfuré mesurés et les données relatives aux échouages d'algues vertes.

Deux types de données relatives aux échouages d'algues vertes sont disponibles auprès du centre d'Etude et de Valorisation des Algues (CEVA):

Les surfaces colonisées par les algues vertes :

Cet indicateur permet de quantifier l'ampleur de la prolifération par secteur. Les surfaces colonisées par les algues vertes sont évaluées mensuellement du mois d'avril à octobre. Les évaluations surfaciques sont réalisées à partir des photos aériennes acquises par le CEVA. Les dépôts sur plage et algues en rideau sont digitalisés sous SIG (Système d'Information Géographique) après intégration des photos puis géoréférencement de celles-ci.

Cette chaine de traitement permet de calculer les surfaces colonisées par les ulves pour chaque site et à chaque date d'inventaire. Afin de pouvoir les comparer entre sites et pour différentes dates, les surfaces sont toutes exprimées en équivalent 100 % de couverture (surface de chaque polygone x taux de couverture par les ulves).

- Les quantités d'algues vertes ramassées :

Le CEVA collecte ces informations auprès de chaque commune. Les ramassages d'algues dépendent des décisions communales, de leurs moyens mais aussi des périodes, typologies et lieux d'échouages des algues sur les plages.

Au vu de l'évolution des pratiques de ramassage, ces données ne peuvent être utilisées pour décrire l'ampleur du phénomène de prolifération des algues.

Le graphique ci-après présente l'évolution des surfaces colonisées par les algues comparée aux quantités d'algues vertes ramassées sur la partie Est de la Grève de Saint Michel en Grève (communes de St Michel et de Trédrez-Locquémeau).

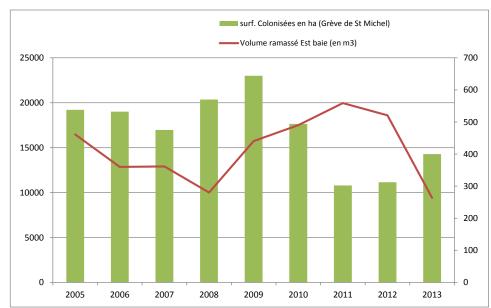


Figure 45 : Evolution des surface colonisées estimées et des quantités d'algues ramassées [source données : CEVA]

La plus importante <u>surface colonisée</u> par les algues est celle de l'année 2009 (soit 644 ha) ; les estimations ont ensuite peu à peu diminué jusqu'en 2012 du fait de facteurs variés et différents suivant les années, comme notamment : les conditions météorologiques défavorables à la croissance des algues, les variations des flux d'intrants dans la baie, etc.

En 2013, la surface colonisée estimée représentait seulement 60% de celle de 2009.

Les années 2012 et 2013, ayant fait l'objet de mesures de la qualité de l'air dont les résultats sont présentés dans ce rapport, présentaient donc des surfaces colonisées d'algues vertes peu élevées au regard des années précédentes notamment avant 2010.

Les <u>quantités d'algues vertes ramassées</u> annuellement présentent également des variations importantes depuis 2005.

De 2005 à 2008, pour des surfaces colonisées globalement identiques, les quantités d'algues vertes ramassées ont peu à peu diminué pour atteindre 10 000 m³ en 2008.

A partir de 2009, suite à des épisodes médiatiques marqués, les communes ont augmenté la fréquence de ramassage d'algues sur les plages ce qui explique l'augmentation du volume d'algues ramassé atteignant plus de 15 000 m³. Cette augmentation est également liée à une augmentation en 2009 de la surface colonisée par les algues.

De 2009 à 2012, malgré une diminution des surfaces colonisées estimées en raison notamment des conditions météorologiques, les communes ont souhaité maintenir l'intensification des ramassages des algues, ceux-ci atteignant près de 20 000 m³ en 2011, alors que la surface estimée était la plus faible depuis 2005.

En 2013, alors que la surface estimée est légèrement supérieure à celles des années 2011/2012, le volume ramassé est considérablement inférieur à savoir de l'ordre de 10 000 m³.

L'analyse des variations conjointes des surfaces colonisées par les algues et des volumes ramassés à l'Est de la Grève de Saint Michel permet de mettre en évidence l'absence de corrélation entre ces deux types de données, du fait principalement d'un changement marqué des pratiques de ramassage à partir de 2009 (augmentation des fréquence de ramassage, amélioration des moyens, etc.).

Concernant le choix de l'indicateur à corréler aux teneurs en hydrogène sulfuré mesurées, l'estimation de la surface colonisée par les algues ne peut être utilisée car elle n'est pas représentative de la quantité d'algues vertes échouées et potentiellement source de dégagement d'H₂S.

En effet, les algues en cours de développement dont la surface colonisée est estimée, ne sont pas directement proportionnelles à la quantité d'algues échouées du fait de facteurs diverses liés notamment à l'hydrodynamisme de la masse d'eau : houle, coefficient de marée, ...

Ainsi, les moyennes des concentrations d'hydrogène sulfuré mesurées par an depuis 2005 par Air Breizh sont donc comparées ci-après aux quantités d'algues vertes ramassées fournies par le CEVA pour les mêmes années.

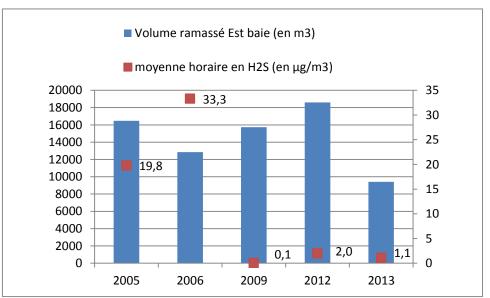


Figure 46: Comparaison des concentrations moyennes d'H2S et des quantités d'algues vertes ramassées

Sur les cinq années de mesures dans les environs de St Michel en Grève, les concentrations moyennes horaires les plus élevées en H_2S ont été mesurées en 2005 et 2006, atteignant plus de 30 μ g/m³ en 2006. Les quantités d'algues vertes ramassés durant ces deux années étaient comprises entre 12 000 et 16 000 m³.

Depuis 2009, contrairement aux quantités d'algues vertes ramassées qui ont augmenté (jusqu'en 2012) du fait d'un changement des pratiques comme présenté à la page précédente, les concentrations mesurées en H₂S ont diminué significativement (<2 µg/m³).

En 2013, la concentration moyenne est restée très faible et la quantité d'algues vertes ramassées a diminué significativement du fait d'échouages réduits, en raison notamment des conditions météorologiques.

Ainsi, ce graphique montre que l'intensification du ramassage des algues depuis 2009, a contribué à limiter leur accumulation sur les plages et donc à limiter le dégagement de gaz issus de leur putréfaction expliquant les niveaux très faibles mesurés en hydrogène sulfuré.

Ces propos doivent toutefois être nuancés pour 2012 et 2013 du fait des faibles échouages constatés, comme en témoigne les faibles surfaces colonisées estimées par le CEVA (cf. figure 45).

Ainsi, lors des années présentant de faibles flux d'intrants en lien avec une faible pluviométrie durant l'hiver et le printemps, et des conditions météorologiques peu favorables à la prolifération des algues, les pratiques et moyens mis en œuvre pour le ramassage des algues permettent de limiter l'accumulation des algues sur les plages et donc de limiter les dégagements d'hydrogène sulfuré. C'est le cas rencontré lors des années 2012 et 2013.

Ainsi, même si les concentrations mesurées en 2012 et 2013 en H₂S aux bords des plages sont faibles et peu significatives au regard des concentrations mesurées en 2005 et 2006, elles doivent être rapprochées à la fois des surfaces colonisées, faibles ces dernières années, et des quantités ramassées pour lesquelles les moyens mis en œuvre sont suffisamment importants au regard de l'ampleur des échouages.

Des concentrations plus importantes pourraient toutefois survenir lors d'échouages massifs, dans le cas où les moyens techniques ne seraient pas suffisants afin d'empêcher l'accumulation des algues sur les plages.

I.2. Synthèse des résultats des mesures ponctuelles

Les résultats des mesures ponctuelles des campagnes réalisées en 2012 et 2013 sont synthétisés dans un tableau en annexe I.

NOTA: Une synthèse des résultats des analyses endotoxines ainsi qu'une interprétation détaillée, figure dans un rapport distinct [Etude de l'influence du milieu marin sur les concentrations en endotoxines – rapport d'étude 2013].

Une interprétation synthétique des résultats d'analyses est présentée ci-après par typologie de prélèvement et pour chacun des paramètres.

Prélèvements par tubes passifs :

Principe:

Prélèvement sur badge par diffusion passive sur une période de l'ordre de 7 à 8 j. Le corps diffusif est ensuite analysé en laboratoire.

	Do no no Mara a	Durée		Foxicologiques de rences (VTR)	,			ЭС	ē		
	Paramètres	prlvt	Valeurs	Nature	Unité	min	max	moyenne	médiane	P75	86d
	Hydrogène sulfuré	7 à 8j	30	VTR subchronique	μg/m ³	0,3	2,9	1,1	0,6	1,1	2,8
sifs	Disulfure de carbone	7 à 8j	700	VTR chronique	μg/m ³	0,004	0,39	0,1	0,01	0,1	0,3
passifs	Ammoniac	7 à 8j	100	VTR chronique	μg/m ³	0,8	2,6	1,5	1,3	1,8	2,6
Tubes	Formaldéhyde	7 à 8j	10	VTR chronique	μg/m³	0,8	1,5	1,1	1,1	1,3	1,5
Ţ.	Acétaldéhyde	7 à 8j	- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		μg/m ³	0,4	1,1	0,7	0,8	0,8	1,1
	Propionaldéhyde 7 à 8j 8		х	μg/m ³	0,1	0,5	0,2	0,2	0,4	0,5	

→ Disulfure de carbone, Ammoniac, Formaldéhyde, Acétaldéhyde, Propionaldéhyde

Les résultats pour ces paramètres sont très faibles et identiques, quelles que soient les conditions de prélèvements, à savoir avec ou sans épisode d'échouages, sous les vents ou non, ... Les résultats sont également proches des seuils de détection du laboratoire et très peu significatifs au regard des valeurs toxicologiques de référence (VTR). La concentration mesurée la plus proche de la VTR concerne le formaldéhyde à savoir 1,5 µg/m³ [Locmiquélic, 2013] qui représente 16% de la VTR. Des concentrations proches de cette valeur maximale ont toutefois été mesurées lors de

Aux points de prélèvement retenus, les concentrations mesurées pour ces paramètres ne semblent donc pas significativement influencées par les dépôts d'algues sur les vasières.

→ Hydrogène sulfuré

l'état zéro pour ce paramètre.

Les résultats confirment les mesures en continu à savoir des concentrations relativement faibles et identiques quelles que soient les conditions de prélèvements.

Sur une période de l'ordre d'une semaine, les concentrations maximales mesurées sont de l'ordre de $2,2~\mu g/m^3$ [Toul Ar Vilin – Site 1 pendant les travaux, 2012] à $3~\mu g/m^3$ [Locmiquélic, 2013].

Toutefois, ces concentrations en période d'échouages ou de travaux restent peu différentes voire inférieures à celles mesurées en l'absence d'échouages, notamment à Toul ar Vilin en 2012.

La méthodologie et les points de prélèvements retenus, les conditions de prélèvement (vents), le peu d'échouages d'algues vertes, ne mettent pas en évidence l'influence des dépôts d'algues vertes sur les teneurs en hydrogène sulfuré. Des prélèvements en continu sont à privilégier pour le suivi des concentrations de ce paramètre.

Prélèvements par barbotage :

Principe:

Prélèvement à l'aide d'une pompe et d'un bulleur durant une heure. La solution est ensuite analysée en laboratoire.

	D		Toxicologiques de rences (VTR)				Je	ē
Paramètres		Valeurs	Nature	Unité	min	max	moyenne	médiane
şe	Acide acrylique	6000	VTR aigüe	μg/m³	<u>3,1</u>	125	31	11,0
otag	Acide acétique	х	х	μg/m ³	<u>3,0</u>	138	33	3,4
Barbotage	Acide lactique	х	х	μg/m ³	<u>3,0</u>	12	3,9	3,3
8	Acide sulfurique 120 VTR aigüe		VTR aigüe	$\mu g/m^3$	<u>3,3</u>	102	15	7,5

→ Acide sulfurique

Exceptée la mesure sur le site 1 de la vasière de Tréguier en 2012, les résultats des autres campagnes sont compris entre 3 et $14 \mu g/m^3$. Ces concentrations restent peu significatives, au regard des valeurs toxicologiques de référence, la valeur la plus élevée représentant 10% de la VTR.

Une concentration proche de la VTR a été mesurée à proximité de la vasière de Tréguier (site 1), en 2012, à savoir 102 µg/m³. Cette concentration représente 85% de la VTR.

Toutefois, au vu des conditions météorologiques lors des prélèvements à savoir des vents en provenance des terres (vent de Sud), une autre source locale est suspectée pour expliquer cette teneur notamment la présence d'un atelier de soudure.

→ Acide acrylique

85% des prélèvements réalisés présentent des résultats inférieurs aux limites de quantification du laboratoire.

Seuls les résultats des prélèvements effectués à Locmiquélic présentent des résultats supérieurs à la limite de quantification dont l'un très légèrement supérieur (site $2-67 \mu g/m^3$) et l'autre plus significativement (site $1-125 \mu g/m^3$).

Concernant cette valeur maximale mesurée à Locmiquélic en période d'échouages, elle reste très peu significative (2%), au vu de la VTR. En outre, elle a été mesurée lors de conditions de vents en provenance des terres ; elle n'est donc pas représentative de l'impact de dépôts d'algues verts sur la vasière.

→ Acide acétique

Exceptées les mesures effectuées à Toul Ar Vilin en période d'échouages, les concentrations sont relativement similaires et inférieures à 20 µg/m³.

Les trois mesures effectuées à Toul Ar Vilin en 2013 sur les sites en période d'échouages sont nettement plus importantes et comprises entre 80 et 140 µg/m³.

Au vu de la position des points de prélèvements, ces concentrations pourraient provenir de la décomposition de la matière organique (notamment en anaérobiose) au sein de la vasière. L'acide acétique ne dispose pas de valeur toxicologique de référence.

→ Acide lactique

Un seul prélèvement présente un résultat supérieur à la limite de quantification, à savoir, Toul Ar Vilin en 2013 lors de l'état zéro, soit en l'absence d'algues vertes.

Aux points de prélèvements retenus, les concentrations mesurées en acides acrylique, acétique, lactique et sulfurique ne semblent donc pas être significativement influencées par les dépôts d'algues sur les vasières.

Prélèvements par canister

Principe:

Prélèvement dans un réservoir pendant quelques heures et analyses en laboratoire.

	2		Foxicologiques de rences (VTR)				эе	ie
	Paramètres	Valeurs	Nature	Unité	min	max	moyenne	médiane
	Diméthylsulfure	х	х	μg/m³	<u>1,0</u>	3,34	1,4	1,0
ter	Méthylmercaptan	х	х	μg/m ³	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0
Canister	Diméthyldisulfure	х	х	μg/m ³	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0
ొ	Dithiapentane	х	х	μg/m ³	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0
	1,2,4 Triolane	х	х	μg/m³	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0

→ Méthylmercaptan, diméthyldisulfure, dithiapentane, 1.2.4 Triolane

Tous les résultats pour ces paramètres sont inférieurs aux seuils de quantification du laboratoire compris entre 1 et 3 µg/m³.

→ Diméthylsulfure

Un seul prélèvement présente une teneur légèrement supérieure au seuil de quantification du laboratoire à savoir 3,3 μ g/m³ à Toul Ar Vilin en 2012 pendant les travaux. Cette concentration est toutefois peu supérieure au seuil de quantification du laboratoire de l'ordre de 1 à 2 μ g/m³ pour ce paramètre.

En l'absence de valeur de toxicologique et à titre indicatif, le seuil de l'odorat pour ce paramètre est compris entre 25 et 50 µg/m³ soit bien supérieur à la valeur mesurée.

Aux points de prélèvements retenus, les concentrations mesurées pour ces paramètres ne sont donc pas significativement influencées par les dépôts d'algues sur les vasières.

Prélèvements par tubes actifs

Principe:

Prélèvement à l'aide d'une pompe et d'une cartouche remplie d'un adsorbant analysé en laboratoire (durée de prélèvement : une heure)

	Paramètres		Durée		Foxicologiques de rences (VTR)				ne	e e		
			prlvt	Valeurs	Nature	Unité	min	max	moyen	médiane	5 <i>7</i> 4	86d
Г	s s	Formaldéhyde	1h	50	VTR aigüe	$\mu g/m^3$	0,5	1,69	1,1	1,2	1,3	1,6
1	actifs	Acétaldéhyde	1h	470	VTR aigüe	μg/m ³	0,5	1,8	1,2	1,2	1,4	1,8
Ľ	- e	Propionaldéhyde	1h	х	x	$\mu g/m^3$	<u>0,3</u>	8,2	1,8	0,5	0,5	7,8

→ Formaldéhyde et Acétaldéhyde

Pour ces paramètres, les concentrations mesurées sur l'ensemble des sites sont très proches comme en témoigne les valeurs médianes et les moyennes calculées. Par comparaison aux VTR aigües au vu de la période d'échantillonnage, les résultats sont peu significatifs.

NOTA: Les résultats sont également similaires aux résultats des prélèvements sur une durée d'une semaine (cf. prélèvement par tubes passifs).

→ Propionaldéhyde

Les concentrations mesurées sont globalement de l'ordre de la limite de quantification excepté pour le site de Tréguier où les valeurs les plus élevées ont été mesurées. Cette vasière étant exempte d'algues vertes, la présence de celles-ci ne semble donc pas influencer nettement les concentrations pour ce paramètre. D'autres sources locales pourraient être à l'origine de ces concentrations.

Aux points de prélèvements retenus, les concentrations mesurées pour ces paramètres ne sont donc pas significativement influencées par les dépôts d'algues sur les vasières.

PARTIE V : Conclusion générale

> Rappel du contexte de l'étude :

Air Breizh réalise depuis 2005 des mesures de la qualité de l'air à proximité des plages du littoral breton touchées par les dépôts d'algues vertes.

Du fait des recommandations sanitaires faisant suite aux événements médiatiques importants survenus en 2009 puis 2010, les communes ont intensifié nettement le ramassage des algues sur les plages, dans le but d'empêcher la fermentation de celles-ci et donc de limiter le dégagement de gaz issus de leur décomposition.

Toutefois, certaines zones du littoral restent difficiles d'accès. C'est le cas notamment des vasières situées sur le territoire de Lannion Trégor Agglomération (LTA) pour lesquelles l'Agence Régionale de Santé a souhaité qu'une évaluation de la qualité de l'air soit réalisée.

Air Breizh a donc été sollicité afin de réaliser cette étude faisant l'objet de ce document.

L'objectif de cette étude était donc d'approfondir l'état des connaissances sur l'exposition des riverains ou promeneurs aux émissions dues à la décomposition des algues vertes en zones de vasière, pour lesquelles il n'existe que peu d'études scientifiques.

Rappel des campagnes réalisées :

En raison des faibles échouages durant l'année 2012, les campagnes initialement prévues sur une durée d'un an ont été réalisées en 2012 puis 2013 comme suit.

Année	Contexte de la campagne	Lieu	Période
	Etat zéro	Vasière de Lannion-Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 5 au 30/04/12
2012	Pendant travaux de dévasage	Vasière de Lannion-Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 1 au 10/05/12
"	Après travaux lors d'un épisode d'échouage	Vasière de Lannion-Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 18/09 au 3/10/12
	Vasière épargnée par les échouages	Vasières de Tréguier (22)	du 18/07 au 9/08/12
	Etat zéro	Vasière de Lannion-Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 10/04 au 14/05/13
2013	Pendant un épisode d'échouage	Vasière de Lannion-Trégor (Toul Ar Vilin - 22)	du 18/06 au 11/09/13
	Pendant un épisode d'échouage sur une autre vasière	Vasière de Locmiquélic (56)	du 26/09 au 16/10/13

Depuis 2005, les campagnes de mesures concernaient principalement l'hydrogène sulfuré et l'ammoniac, identifiés comme gaz majoritaires dans le cadre de la putréfaction des algues.

A la demande de l'ARS et faisant suite à un rapport d'expertise de l'ANSES en juin 2011, d'autres paramètres ont été recherchés à savoir notamment des acides, des aldéhydes et d'autres composés soufrés.

Ainsi, 17 composés ont été sélectionnés (d'après les moyens techniques de prélèvement et d'analyses disponibles) parmi la liste de 23 composés recommandés par l'ANSES.

> Résultats et interprétations

Les résultats des <u>mesures ponctuelles</u>, réalisées sur des durées comprises entre 1 heure et quelques jours, sont globalement faibles et proches, quelles que soient les conditions de prélèvements à savoir en l'absence ou en présence d'échouages, lors des vents issus de la vasière ou des terres.

Au vu de la direction des vents durant certaines phases de prélèvements, d'autres sources locales ont également été identifiées notamment pour l'acide sulfurique, expliquant des teneurs ponctuellement plus élevées.

Des mesures en continu en <u>hydrogène sulfuré et ammoniac</u> ont également été réalisées, sur des périodes de l'ordre de plusieurs semaines, à l'aide du camion mobile d'Air Breizh.

Bien que globalement très faibles durant l'ensemble des campagnes en raison d'échouages réduits, les résultats de ces mesures d'hydrogène sulfuré et d'ammoniac, corrélés aux conditions météorologiques, permettent de constater des teneurs légèrement plus élevées en période d'échouages et de travaux, par comparaison aux états initiaux réalisés.

Ces valeurs restent toutefois globalement inférieures aux valeurs toxicologiques de références.

La VTR aigüe de l'hydrogène sulfuré n'a jamais été dépassée. La concentration moyenne horaire maximale a atteint 87 μg/m³ lors de la campagne de travaux de dévasage à Toul Ar Vilin en 2012.

La valeur recommandée pour ce composé de 150 μg/m³ sur 24 heures n'a pas été dépassée durant ces campagnes.

Des prélèvements <u>d'endotoxines</u> ont également été réalisés durant ces campagnes 2012 et 2013. L'interprétation de ces résultats a fait l'objet d'un rapport distinct à la demande de l'ARS.

Bien que très variables, les niveaux mesurés en 2013 confirment les ordres de grandeurs observés en 2012, restant bien supérieurs à la seule valeur de référence disponible de 90 UE/m³ (NOAEL). Les mesures réalisées ne permettent toutefois pas de conclure formellement quant à l'impact des échouages d'algues vertes sur les niveaux rencontrés en endotoxines dans l'air.

> Discussion

Les faibles concentrations mesurées lors de ces campagnes sont probablement liées à la conjonction de plusieurs facteurs :

- un ramassage régulier des algues vertes conformément aux préconisations nationales qui limite considérablement la fermentation des algues et donc l'émission des gaz spécifiques,
- des années 2012 et 2013 marquées par des conditions non favorables à la prolifération massive des ulves,
- les conditions météorologiques durant les campagnes (direction du vent notamment).

Malgré ces conditions particulières contribuant au respect global des seuils de toxicité, la survenue de concentrations importantes au voisinage des zones de vasière ne peut être écarté lors d'échouages massifs d'algues vertes.

Par ailleurs, dans le cas où les conditions soient favorables à la croissance des ulves le ramassage des algues pourrait s'avérer insuffisant afin d'empêcher la décomposition des algues et l'émanation de composés issus de leur fermentation.

Dans ces conditions exceptionnelles d'échouages massifs, des mesures complémentaires pourraient toutefois être réalisées dans ces zones de vasières mais également aux bords des plages.

Annexe I - Synthèse des résultats des mesures ponctuelles – campagnes 2012 et 2013

							TOU	IL AR VILIN	(22)		TREGU	IER (22)		TOU	L AR VILIN	(56)		LOCMIQU	JELIC (56)						
						Etat	zéro	Penda	nt les trav dévasage	aux de	Vasière	épargnée	Etat	zéro		Echouage		Echo	ouage						
		Durée		Toxicologiques de rences (VTR)		SITE 1	SITE 2	SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 1	SITE 2	SITE 1	SITE 2	SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 1	SITE 2			ıe	e e		
	Pa ra mètre s	prlvt	Valeurs	Nature	Unité	avr-12	avr-12	mai-12	mai-12	mai-12	juil-12	juil-12	mai-13	mai-13	juin/sept 2013	juin/sept 2013	juin/sept 2013	oct-13	oct-13	min	max	moyenne	médiane	P75	86d
	Hydrogène sulfuré	7 à 8j	30	VTR subchronique	μg/m³	2,5	< 0,6	2,2	< 0,3	х	0,6	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,6	х	2,9	1,1	<u>0,3</u>	2,9	1,1	0,6	1,1	2,8
ssifs	Disulfure de carbone	7 à 8j	700	VTR chronique	μg/m ³	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	х	0,05	0,02	0,01	0,39	< 0,004	< 0,004	х	< 0,10	< 0,100	0,004	0,39	0,1	0,01	0,1	0,3
Б	Ammoniac	7 à 8j	100	VTR chronique	μg/m ³	1,4	1,0	1,1	0,8	х	2,5	2,6	1,1	0,9	1,3	1,5	х	1,8	1,8	0,8	2,6	1,5	1,3	1,8	2,6
Tubes	Formaldéhyde	7 à 8j	10	VTR chronique	μg/m³	1,0	1,1	1,0	1,1	х	1,3	0,9	0,9	0,8	1,2	1,4	Х	1,5	1,5	0,8	1,5	1,1	1,1	1,3	1,5
1	Acétaldéhyde	7 à 8j	9	VTR chronique	μg/m³	0,8	0,9	0,5	0,6	х	0,6	0,4	0,6	0,7	0,8	1,1	Х	0,8	0,9	0,4	1,1	0,7	0,8	0,8	1,1
	Propionaldéhyde	7 à 8j	8	X	μg/m³	< 0,05	0,15	< 0,05	< 0,1	х	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	Х	0,4	0,5	<u>0,1</u>	0,5	0,2	0,2	0,4	0,5
an an	Acide acrylique	1h	6000	VTR aigüe	μg/m³	х	< 11	< 56	< 56	< 56	< 11	< 11	< 3,4	< 3,1	< 3,3	< 3,3	< 3,3	125	67	<u>3,1</u>	125	31	11,0	56	111
Barbotage	Acide acétique	1h	х	X	μg/m³	х	< 3,4	< 3,0	< 3,0	12	< 3,3	< 3,3	28,6	20	132	82	138	< 3,2	< 3,2	<u>3,0</u>	138	33	3,4	26	137
ar dr	Acide lactique	1h	х	X	$\mu g/m^3$	х	< 3,4	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,3	< 3,3	12,2	< 3,1	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,2	< 3,2	<u>3,0</u>	12	3,9	3,3	3,3	10,1
8	Acide sulfurique	1h	120	VTR aigüe	μg/m³	Х	8,2	14	13	6,4	102	8	8	3	4,6	8	4	8	6	<u>3,3</u>	102	15	7,5	8	81
	Diméthylsulfure	3h	х	x	μg/m³	< 1	< 1	3,3	< 2,3	х	< 1,3	< 1,4	< 1	< 1	< 1	< 1	х	< 1	< 1	1,0	3,34	1,4	1,0	1,3	3,1
Ę	Méthylmercaptan	3h	х	х	μg/m³	< 1	< 1	< 2,3	< 2,3	х	< 1,3	< 1,4	< 1	< 1	< 1	< 1	х	< 1	< 1	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0	1,3	2,3
Canister	Diméthyldisulfure	3h	х	х	μg/m³	< 1	< 1	< 2,3	< 2,3	х	< 1,3	< 1,4	< 1	< 1	< 1	< 1	х	< 1	< 1	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0	1,3	2,3
ొ	Dithiapentane	3h	х	х	μg/m³	< 1	< 1	< 2,3	< 2,3	х	< 1,3	< 1,4	< 1	< 1	< 1	< 1	х	< 1	< 1	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0	1,3	2,3
	1,2,4 Triolane	3h	x	X	μg/m³	< 1	< 1	< 2,3	< 2,3	х	< 1,3	< 1,4	< 1	< 1	< 1	< 1	х	< 1	< 1	<u>1,0</u>	LQ	1,3	1,0	1,3	2,3
S. S	Formaldéhyde	1h	50	VTR aigüe	μg/m³	х	х	0,7	< 0,5	< 0,5	1,5	1,7	1,2	1,1	1,2	1,1	1,4	< LQ	1,3	<u>0,5</u>	1,69	1,1	1,2	1,3	1,6
Tubes	Acétaldéhyde	1h	470	VTR aigüe	μg/m³	Х	х	0,8	< 0,5	0,9	1,2	1,4	1,8	1,0	1,3	1,1	1,7	0,7	1,5	0,5	1,8	1,2	1,2	1,4	1,8
ь е	Propionaldéhyde	1h	х	х	μg/m ³	Х	х	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5,8	8,2	0,3	< 0,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< LQ	< LQ	<u>0,3</u>	8,2	1,8	0,5	0,5	7,8
	Endotoxines		90	NOAEL	UE/m³	х	х	903	338	х	506	382	238	248	2	14	х	< LQ	< LQ	2	903	329	293	382	847

Glossaire

AASQA Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air,

ANSES Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du

travail,

ARS Agence Régionale de Santé,

ATSDR Agency for Toxic Substances and Diseases Registery,

BTEX Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène,

CO Monoxyde de carbone, CO_2 Dioxyde de carbone, CS_2 Disulfure de carbone, DMDS Diméthyldisulfure, DMS Diméthylsulfure, DMSO Diméthylsulfoxyde,

DNPH 2,4-dinitrophénylhydrazine,

HPLC Chromatographie liquide haute performance,

H₂S Sulfure d'hydrogène,

INRS Institut National de Recherche et de Sécurité,

INERIS Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques,

LAL Lysat d'Amoebocyte de Limule,

MEDDE Ministère de l'Ecologie, du Developpement Durable et de l'Energie,

MRL Minimum Risk Level (Niveau de risque minimal chronique),

NH₃ Ammoniac, NO₂ Dioxyde d'azote,

NOAEL Dose sans effet toxique observable,

O₃ Ozone,

OEHHA Office of Environmental Health Hazard Assessment,

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 : concentration estimée à laquelle aucun effet néfaste

sur la santé n'est susceptible d'apparaître,

SO₂ Dioxyde de soufre,

SO₄²⁻ Sulfate,

US-EPA United States Environnemental Protection Agency,

VLCT Valeurs Limites d'exposition à Court Terme,
VME Valeurs limites de Moyenne d'Exposition.

VTR Valeur Toxicologique de Référence, µg/m³ Microgramme (10⁻⁶ g) par mètre cube.

Bibliographie : liste des documents consultés

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement. Bilan des connaissances scientifiques sur les causes de prolifération de macroalgues vertes – Application à la situation de la Bretagne – Mars 2012 – 147p.

IFREMER. Les Marées vertes en Bretagne, la responsabilité du nitrate – Juin 2003 – 12p.

ANSES. Algues vertes : Risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Juin 2011 – 253p.

INERIS. Résultats des mesures ponctuelles des émissions d'hydrogène sulfuré et autres composés gazeux potentiellement toxiques issues de la fermentation d'algues vertes (ulves). Aout 2009 – 15p.

INERIS. Fiche de données toxicologiques et environnementales : hydrogène sulfuré. Septembre 2011 – 106p.