

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

ETUDE

Campagne de mesures de la qualité de l’air- Port du Légué – Saint Briec (22)

Campagnes de mesures 2017

Rapport – version 1 du 05/12/2017



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



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

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh

A la demande
de l'Agence Régionale de Santé

Avertissement

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

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

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} aout 2016 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Breizh est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats de mesures et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet www.airbreizh.asso.fr, résumé dans ses publications, ...

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.
Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

Organisation interne – contrôle qualité

| Service Etudes (rédacteurs) | Service Technique | Validation | Version/date |
|---|---------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Mohamed HASSAN AHMED et Olivier CESBRON (Chargés d'études) | Joël GRALL (Responsable technique) | Gaël LEFEUVRE (Directeur) | V1 du 05/12/17 |

Relecture externe

| Relecteur | Version/dates |
|--|-----------------------------|
| Cécile ROBERT (Ingénieur d'études sanitaires ARS) | V0 transmise le 10/11/17 |

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| I. Contexte et objectifs de l'étude | 6 |
| II. Présentation d'Air Breizh | 7 |
| II.1. Missions d'Air Breizh..... | 7 |
| II.2. Réseau de surveillance en continu | 7 |
| II.3. Moyens..... | 8 |
| III. Configuration de la zone d'étude..... | 9 |
| IV. Le dispositif mis en œuvre..... | 12 |
| IV.1. Polluants étudiés | 12 |
| IV.1.1 Le sulfure d'hydrogène | 12 |
| IV.1.2 L'ammoniac | 12 |
| IV.2. Les valeurs de références | 13 |
| IV.2.1 Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) | 13 |
| IV.2.2 Les autres valeurs de références | 15 |
| IV.2.3 Effet sur la santé..... | 15 |
| IV.3. Matériels et méthode de mesures..... | 15 |
| IV.3.1 Les mesures en continu | 15 |
| IV.3.2 Les mesures ponctuelles..... | 17 |
| IV.3.3 Choix des sites de mesures | 18 |
| IV.3.4 Dates des campagnes de mesures | 21 |
| IV.3.5 Limites de l'étude..... | 21 |
| IV.3.6 Les conditions météorologiques..... | 21 |
| IV.3.7 Episode de pollution régionale | 25 |
| V. Etat de prolifération des algues vertes | 26 |
| VI. Résultats et interprétations..... | 27 |
| VI.1. Les mesures en continu H₂S-SO₂-NH₃..... | 27 |
| VI.1.1 Contrôle de la qualité des mesures et bilan du fonctionnement des appareils | 27 |
| VI.1.2 Résultats des mesures en continu d'hydrogène sulfuré | 28 |
| VI.1.3 Résultats des mesures en continu de dioxyde de soufre au point 1 | 37 |
| VI.1.4 Résultats des mesures en continu d'ammoniac au point 2 | 37 |
| VI.2. Les prélèvements ponctuels..... | 39 |
| VII. Conclusions..... | 45 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Implantation des stations de mesures d'Air Breizh (au 26/09/17) | 8 |
| Figure 2 : Localisation de la zone d'étude [source Géoportail] | 9 |
| Figure 3: carte topographique de la zone d'étude..... | 10 |
| Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude | 10 |
| Figure 5 : Vue du port du Légué et de la baie de St Briec en arrière-plan | 11 |
| Figure 6 : Ecluse du Légué (rive droite) | 11 |
| Figure 7 : Barrage déversoir (rive gauche) | 11 |
| Figure 8 : Lit de la rivière du Gouët à marée basse | 11 |
| Figure 9 : Lit de la rivière du Gouët (à marée basse) | 11 |
| Figure 10 : Vue vers l'embouchure (à marée haute) | 11 |
| Figure 11: Cabine contenant l'analyseur H ₂ S et SO ₂ | 16 |
| Figure 12 : Capteurs installés au niveau de la place de la Résistance (Légué) | 16 |
| Figure 13 : Montage des prélèvements par canister et par barbotage | 17 |
| Figure 14 : Prélèvements par tubes passifs au niveau du chantier naval | 18 |
| Figure 15 : Localisation des points de prélèvements [fond de carte Google Earth] | 19 |
| Figure 16: Rose des vents de la période de mesures - Vue sur l'ensemble de la zone d'étude (Source : Google Earth) | 22 |
| Figure 17: Normales des roses des vents relevées à Saint Briec pour un mois d'Août entre 1986 et 2010. (Source : Météo France) | 22 |
| Figure 18: Température et précipitations durant la campagne de mesure [Station Météo France Saint-Briec (22)] | 23 |
| Figure 19: Précipitations journalières à Saint Briec sur toute la période de la campagne (mm) (Source : données Météo France de la station St Briec) | 24 |
| Figure 20 : Evolution des températures moyennes journalières en °C (station Météo France de St Briec) | 24 |
| Figure 21 : Evolution interannuelle 2002-2017 par saison des surfaces colonisées par les algues vertes [Bulletin d'information CEVA octobre 2017] | 26 |
| Figure 22 : Localisation des points 1 et 2..... | 29 |
| Figure 23 : Evolution des mesures d'hydrogène sulfuré (1/2h) sur les points 1 - chantier naval embouchure Gouët et 2 - Centre Technique Départemental (en µg/m ³)..... | 31 |
| Figure 24 : Evolution des mesures d'hydrogène sulfuré (1/2h – en µg/m ³) sur le point 1 (chantier naval embouchure Gouët) du 21 au 30/08/17 | 32 |
| Figure 25 (ci-contre) : Localisation du point le Légué sur la base de données du SHOM | 32 |
| Figure 26 : Variations des concentrations en hydrogène sulfuré au niveau du point 1 (en µg/m ³) par rapport aux hauteurs d'eau (en m)..... | 33 |
| Figure 27 : Variations des concentrations en hydrogène sulfuré au niveau du point 1 (en µg/m ³) par rapport aux températures ambiantes (en °C)..... | 34 |
| Figure 28 (ci-contre) : origine des vents sur le point 1 | 35 |
| Figure 29: Evolution des concentrations en hydrogène sulfuré (en µg/m ³) en fonction des directions des vents (°/N) symbolisées par les losanges..... | 35 |
| Figure 30 : Rose des pollutions sur toute la période en Hydrogène sulfuré (en µg/m ³) au niveau du point 1- chantier naval..... | 36 |
| Figure 31 : Localisation du point de mesure en continu d'ammoniac (pt 2) et de la station d'épuration..... | 38 |
| Figure 32 : Résultats des mesures en continu d'hydrogène sulfuré sur la période de pose des tubes passifs (points 1 et 2) | 40 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Liste des 23 substances d'intérêt (ANSES) – Rapport juin 2011 | 12 |
| Tableau 2: Valeurs toxicologiques de références | 14 |
| Tableau 3: Autres valeurs de références | 15 |
| Tableau 4: Relation dose/effet de l'Hydrogène sulfuré (OMS, 2000) (OMS, 1981)..... | 15 |
| Tableau 5: Relation dose/effet de l'Ammoniac (INERIS, 2003) (OMS, 1986) | 15 |
| Tableau 6 : Caractéristiques principales de l'analyseur H ₂ S/SO ₂ | 16 |

| | |
|--|----|
| Tableau 7 : Caractéristiques principales des capteurs | 17 |
| Tableau 8: Présentation et localisation des sites de mesures | 20 |
| Tableau 9: Planning des mesures et prélèvements | 21 |
| Tableau 10 : Date des certificats de calibration des appareils e-capteurs | 27 |
| Tableau 11 : Synthèse des interventions métrologiques menées par Air Breizh sur les sites de mesures..... | 27 |
| Tableau 12 : Bilan de fonctionnement des appareils de mesures en continu | 28 |
| Tableau 13 : Résultats des mesures en Hydrogène sulfuré sur les points 1 et 2 | 29 |
| Tableau 14 : Comparaison des résultats des mesures d'hydrogène sulfuré avec les résultats des précédentes études menées par Air Breizh de 2005 à 2013..... | 30 |
| Tableau 15: Synthèse des résultats des prélèvements ponctuels sur les 5 points de mesures | 39 |
| Tableau 16: Comparaison des résultats des mesures ponctuelles avec les résultats des précédentes études menées par Air Breizh de 2005 à 2013..... | 43 |

I. Contexte et objectifs de l'étude

Au printemps 2017, des nuisances olfactives ont été perçues à Saint Briec et dans les communes périphériques. D'après la DDTM, ces mauvaises odeurs auraient été ressenties ponctuellement le 23/05 et 15/06. Cependant les riverains du port du Légué se sont plaints de leur persistance.

Par conséquent, le Préfet des Côtes d'Armor a demandé que des mesures soient réalisées pour caractériser ces nuisances et en déterminer l'origine.

D'après le demandeur, 3 origines possibles seraient identifiées à ce stade :

- Les émissions liées aux dépôts d'algues dans les vasières du port du Légué (plus précisément au voisinage du lit de la rivière du Gouët entre le Légué et l'embouchure) ;
- Les émissions liées aux dépôts d'algues dans la baie de Saint Briec ;
- Les émissions liées au fonctionnement de la station d'épuration du Port du Légué.

Air Breizh a été sollicité par l'Agence Régionale de Santé pour répondre à cette demande. **Les objectifs de cette étude sont les suivants :**

- **Réaliser des mesures de qualité de l'air en différents points dans l'embouchure du port du Légué afin de spatialiser les niveaux de concentrations et ainsi obtenir des 1^{ers} éléments sur le ou les origine(s) possible(s) des odeurs dans le port du légué ;**
- **Mener des investigations complémentaires sur une liste étendue de paramètres, dans la continuité des campagnes menées en 2012/2013 dans les zones de vasière de Lannion Trégor (22) et de Locmiquélic (56).**

NOTA : il s'agit d'une première caractérisation des niveaux de polluants répondant à l'urgence de la demande qui n'est pas exhaustive en termes de composés odorants recherchés mais qui permettra, via notamment les mesures en continu de certains composés traceurs, d'avancer sur la recherche des sources.

Ce rapport présente le protocole et les résultats de la campagne de mesure réalisée durant l'été 2017.

II. Présentation d'Air Breizh

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

Ces organismes, agréés par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, 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 des seuils d'alerte.

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

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose en 2017, de 18 stations de mesure, réparties sur le territoire breton, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure 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.

II.1. Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, 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 mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant extérieur et intérieur.

II.2. Réseau de surveillance en continu

La surveillance de la qualité de l'air pour les polluants réglementés est assurée via des d'analyseurs répartis au niveau des grandes agglomérations bretonnes. Ce dispositif est complété par d'autres outils comme l'inventaire et la modélisation, qui permettent d'assurer une meilleure couverture de notre région.

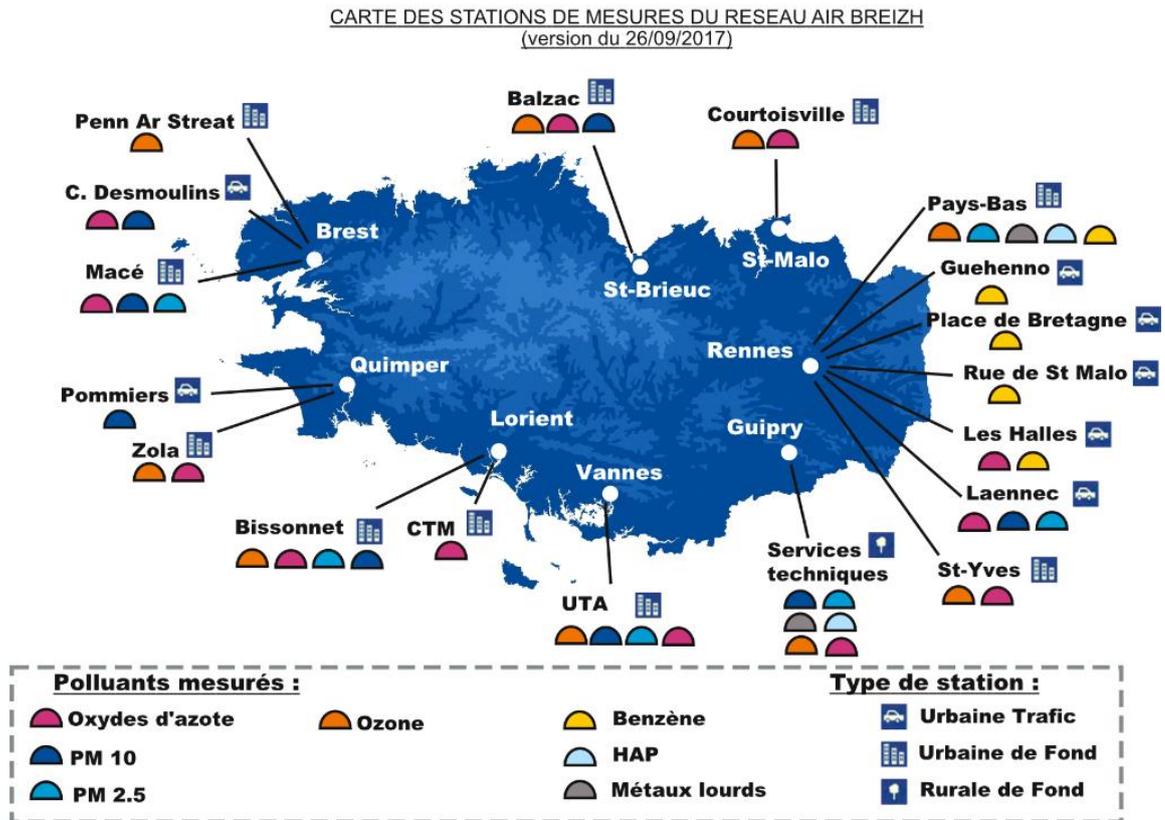


Figure 1: Implantation des stations de mesures d'Air Breizh (au 26/09/17)

II.3. Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte onze salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'1,4 million d'euros, financé par l'Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d'intérêt général et produits divers.

III. Configuration de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve au Nord-Est de St Briec (22), au niveau du port du Légué situé au bord de la rivière du Gouët, qui sépare les communes de Saint-Briec et de Plérin.



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude [source Géoportail]

Classé 5^{ème} port breton en termes d'activité, le port du Légué héberge des activités de commerce maritime (exportation de ferraille, de sables, kaolin et autres produits de carrière, importation de produits agroalimentaires et de bois de construction), de pêche côtière, de réparation navale et de navigation loisirs.

Le Gouët se jette dans la baie de Saint Briec à moins de 3 kilomètres du port du Légué.

Dans ces derniers kilomètres avant l'embouchure, la différence topographique est marquée entre le lit de la rivière 'le Gouët' et les communes voisines de St Laurent sur Mer (au Nord de la zone d'étude) ou Cesson située (au Sud). La différence est comprise entre 50 et 60 mètres d'altitude par endroit. La figure ci-après illustre ce point.

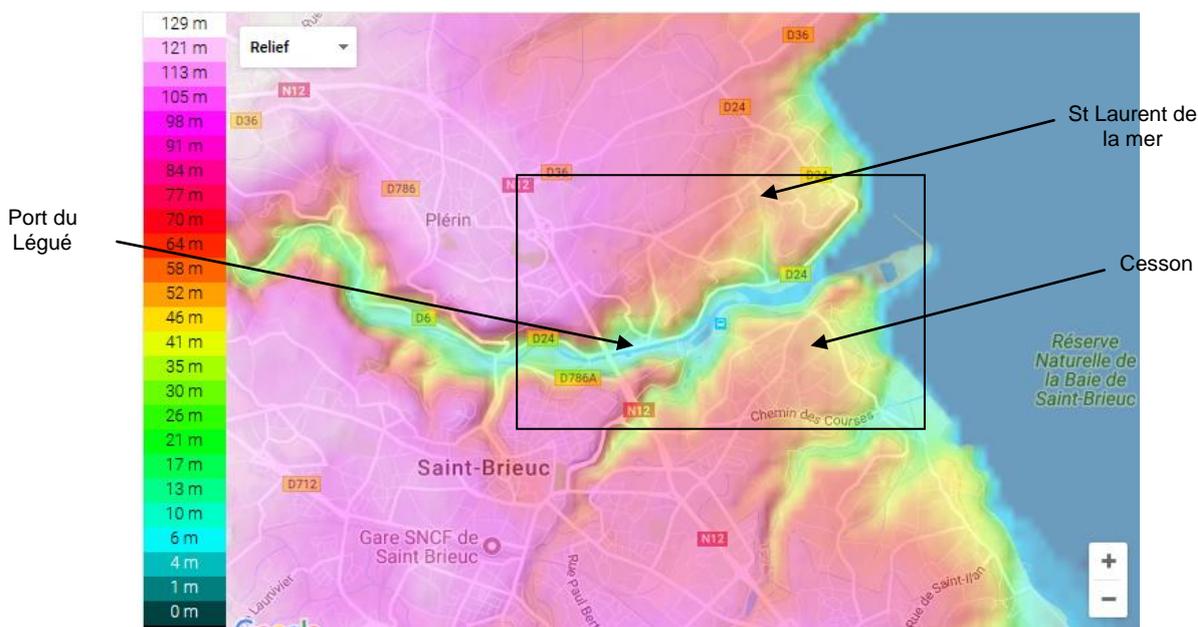


Figure 3: carte topographique de la zone d'étude

Cette topographie particulière de la zone d'étude a été prise en compte dans la mise en œuvre du protocole de mesure détaillé dans le chapitre suivant puisque cette dernière peut influencer localement la dispersion des masses d'air.

La vue aérienne ci-après permet de compléter la visualisation de la zone d'étude et notamment les surfaces du lit de la rivière, maintenues en eau via l'écluse et le barrage, ou au contraire découvertes en fonction des marées.

Cette figure permet également de localiser la station d'épuration de St Briec ciblée dans cette étude comme potentiellement émettrice d'odeurs. Notons qu'elle se trouve à une altitude de 25 mètres environ soit au-dessus du niveau du lit de la rivière du Gouët.

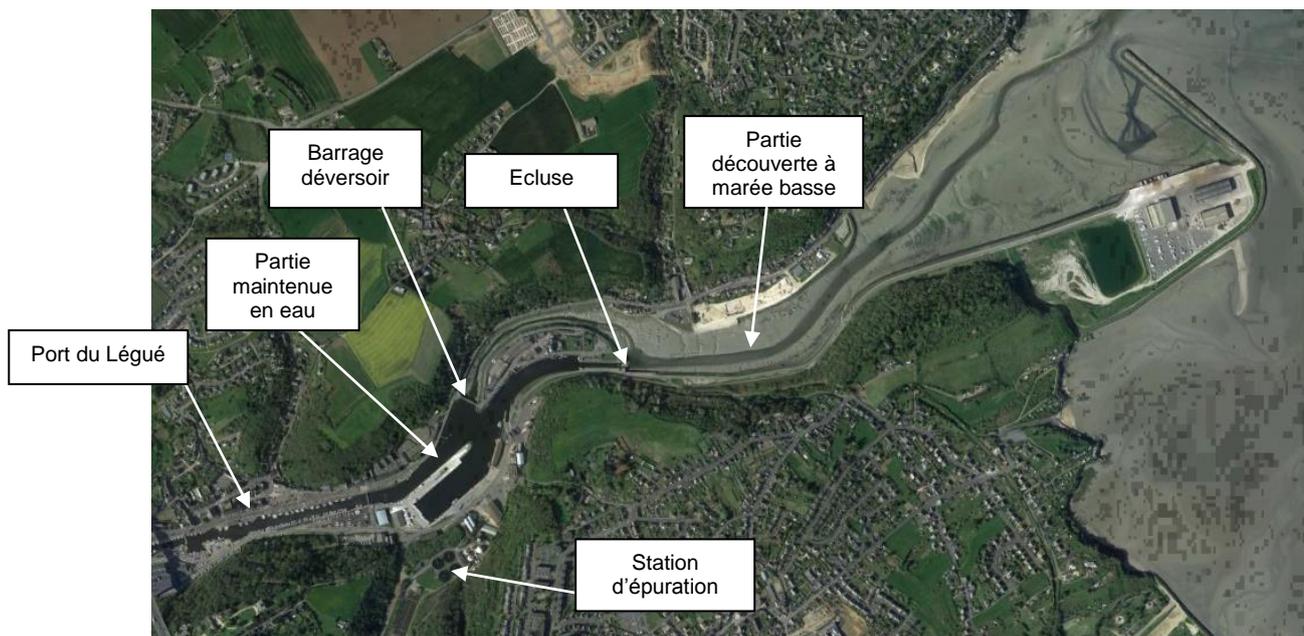


Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude

Les photographies ci-après (du Port du Légué à l'embouchure) permettent de compléter ce chapitre relatif à la description de la zone d'étude.



Figure 5 : Vue du port du Légué et de la baie de St Briec en arrière-plan



Figure 6 : Ecluse du Légué (rive droite)

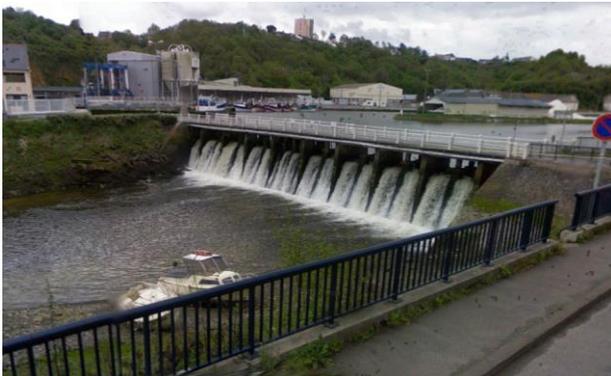


Figure 7 : Barrage déversoir (rive gauche)



Figure 8 : Lit de la rivière du Gouët à marée basse



Figure 9 : Lit de la rivière du Gouët (à marée basse)



Figure 10 : Vue vers l'embouchure (à marée haute)

IV. Le dispositif mis en œuvre

IV.1. Polluants étudiés

La liste des polluants recherchés a été définie de manière à répondre aux deux objectifs de l'étude à savoir la spatialisation des niveaux de concentrations pour les substances susceptibles de générer des odeurs et la réalisation d'investigations complémentaires pour les substances recherchées dans le cadre des précédentes études menées par Air Breizh à la demande de l'ARS en 2012-2013.

La liste des substances recherchées est indiquée dans le tableau ci-après. Cette liste de 16 substances a été définie sur la base des 23 substances d'intérêt (car émises ou suspectées de l'être, lors du processus de dégradation des algues, et toxiques par inhalation) identifiées par l'ANSES, dans le cadre d'une démarche d'évaluation de risques en 2011. Lors de la campagne 2012-2013 (basée sur cette même liste), certains composés n'avaient pas été retenus (en rouge) en raison de contraintes techniques de prélèvement et/ou d'analyse.

Tableau 1: Liste des 23 substances d'intérêt (ANSES) – Rapport juin 2011

| LISTE DES SUBSTANCES D'INTERET | | |
|--|---|--------------------------|
| Sulfure d'hydrogène (H ₂ S) | Disulfure de carbone (CS ₂) | Acide acétique |
| Diméthylsulfure (DMS) | <i>Acétylmercaptan</i> | Acide lactique |
| Méthylmercaptan (CH ₃ CH) | <i>Diméthylsulfoxyde (DMSO)</i> | Acide sulfurique |
| Diméthyldisulfure (DMDS) | <i>Chlorométhylsulfone</i> | <i>Acide sulfureux</i> |
| Ammoniac (NH ₃) | Dithiapentane | <i>Endotoxines</i> |
| Acétaldéhyde | 1,2,4-Trithiolane | <i>Protoxyde d'azote</i> |
| Formaldéhyde | Dioxyde de soufre (SO ₂) | <i>Ethanol</i> |
| Propionaldéhyde | Acide acrylique | |

XXX : non mesuré du fait de contraintes techniques

Une description de certaines de ces substances est réalisée ci-après, suivie des valeurs de références.

IV.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 viscosse...

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 (bruit de fond) est estimée en moyenne à 0,3 µg/m³.

IV.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.

La concentration de fond en NH₃ (bruit de fond) est estimée entre 0,4 et 2,1 µg/m³ [source : Fiche de données toxicologiques et environnementales INERIS].

IV.2. Les valeurs de références

Les substances mesurées ne disposent pas de valeurs limites réglementaires dans l'air ambiant au même titre que les particules fines ou le dioxyde d'azote par exemple (article R-221-1 du Code de l'Environnement).

A noter que l'ANSES a été saisie pour lancer une expertise sur les normes de qualité de l'air ambiant pour les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}), le NO₂, le SO₂ et l'O₃. L'objet de cette saisine était de réaliser un état des lieux des valeurs utilisées dans les Etats membres et de faire des recommandations. Un rapport a été publié en avril 2017.

A défaut, nous présentons dans ce chapitre des valeurs de références afin de faciliter les interprétations des résultats.

IV.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 aiguës correspondant à des expositions de courte durée (quelques heures),
- Les VTR subchroniques correspondant à des expositions de moyenne durée (quelques semaines),
- 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 16 substances mesurées ainsi que les organes cibles et les effets sanitaires associés à ces VTR.

Tableau 2: Valeurs toxicologiques de références

| Substances | VTR aiguë | VTR sub-chronique | VTR chronique | Organes cibles effet chronique [source INERIS] | Effets sanitaires associés à la VTR chronique |
|--|---|---------------------------------------|---|--|---|
| Sulfure d'hydrogène (H₂S) | 100 µg/m ³ sur 1h ATSDR (nov.2016) | 30 µg/m ³ ATSDR (nov.2016) | 2 µg/m ³ 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 (NH₃) | 1,2 mg/m ³ sur 1h ATSDR (2004) | - | 100 µg/m ³ 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. |
| Acétaldéhyde | 470 µg/m ³ sur 1h OEHHA* | -- | 9 µg/m ³ 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/m ³ sur 1h ATSDR (1999) | 37.5 µg/m ³ ATSDR (1999) | 10 µg/m ³ ATSDR (1999) | Voies aériennes supérieures | Valeur établie à partir d'un NOAEC déterminé lors d'une étude épidémiologique réalisée chez des travailleurs exposés par inhalation Effets observés : irritations oculaire et nasales, lésions histologiques de l'épithélium nasal |
| Propionaldéhyde | - | - | 8 µg/m ³ US EPA (2008) | Epithélium olfactif | Valeur établie lors d'une étude réalisée chez des rats exposés par inhalation |
| Disulfure de carbone (CS₂) | 6,2 mg/m ³ sur 1h OEHHA (1999) | - | 700 µg/m ³ 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 (SO₂) | 500 µg/m ³ sur 10 min OMS (2005) | - | 20 µg/m ³ sur 24h OMS (2005) | - | |
| Acide acrylique | 6 mg/m ³ sur 1h OEHHA (199) | - | 1 µg/m ³ US EPA (1995) | Epithélium olfactif | Valeur établie lors d'une étude réalisée chez des rats et des souris exposées par inhalation Effets observées : dégénérescence de l'épithélium olfactif |
| Acide acétique | - | - | - | - | |
| Acide lactique | - | - | - | - | |
| Acide sulfurique | 120 µg/m ³ sur 1h OEHHA (1999) | - | 1 µg/m ³ OEHHA (2001) | Système respiratoire | Valeur établie lors d'une étude réalisée chez des singes exposés par inhalation. Effets observés : épaissement des parois bronchiolaires |

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment
 US-EPA : U.S. Environmental Protection Agency
 ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
 OMS : Organisation Mondiale de la Santé

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 où 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.

IV.2.2 Les autres valeurs de références

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. Le tableau suivant présente les valeurs disponibles pour l'hydrogène sulfuré.

Tableau 3: Autres valeurs de références

| Valeurs de référence pour le H₂S | | source |
|--|--|------------|
| Valeurs guide | 7 µg/m ³ sur une demi-heure (nuisance olfactive) 150 µg/m ³ sur 24 heures (impact sur la santé) | OMS (2000) |

IV.2.3 Effet sur la santé

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

Tableau 4: Relation dose/effet de l'Hydrogène sulfuré (OMS, 2000) (OMS, 1981)

| Concentrations (µg/m ³) | Durée d'exposition | Effets |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| 0,7-200 | < 1 minute | Seuil olfactif |
| 16 000-32 000 | Plusieurs heures | Irritation des yeux |
| 75 000-150 000 | > 1 heure | Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires |
| 225 000-300 000 | 2-15 minutes | Perte de l'odorat |
| 750 000-1 050 000 | < 1 heure Plusieurs heures | Atteinte du système nerveux central 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 |

Tableau 5: Relation dose/effet de l'Ammoniac (INERIS, 2003) (OMS, 1986)

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

IV.3. Matériels et méthode de mesures

En fonction des possibilités techniques, certains polluants ont pu être mesurés en continu au cours de cette campagne de mesure. Les autres substances ont fait l'objet de prélèvements ponctuels sur site, suivi d'analyses en laboratoire accrédité COFRAC.

IV.3.1 Les mesures en continu

Afin d'être en mesure de quantifier de manière plus fine les pics d'émissions et les relier aux gênes olfactives, nous avons réalisé des mesures en continu de l'hydrogène sulfuré notamment, jugé traceur de la décomposition des algues.

Ces mesures ont été réalisées sur 4 points différents dans l'embouchure du port du Légué (cf. IV.3). Deux dispositifs différents de mesures en continu ont été mis en place.

- **Mesures à l'aide d'analyseurs : hydrogène sulfuré et dioxyde de soufre**

L'hydrogène sulfuré et le dioxyde de soufre ont été mesurés en continu à l'aide d'un analyseur installé dans une cabine. Les données brutes sont des données quart-horaires.

Ces mesures ont été réalisées avec des dispositifs conformes aux normes en vigueur.

Cette unité est dotée d'une station d'acquisition reliée au serveur d'Air Breizh par connexion GSM, permettant de suivre régulièrement l'évolution des mesures.

La limite de détection de cet analyseur est de 0,8 µg/m³ pour l'Hydrogène sulfuré et 1,4 µg/m³ pour le dioxyde de soufre.



Figure 11: Cabine contenant l'analyseur H₂S et SO₂

Les caractéristiques de cet analyseur permettant d'assurer la mesure du dioxyde de soufre et de l'hydrogène sulfuré sont les suivantes :

Tableau 6 : Caractéristiques principales de l'analyseur H₂S/SO₂

| | SO ₂ | H ₂ S |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Modèle | APSA 370 | APSA 370 |
| Gamme de mesure | 0-3000 µg/m ³ | 0-1500 µg/m ³ |
| Limite de détection | 1,4 µg/m ³ | 0,8 µg/m ³ |

Le dispositif de mesures en continu à l'aide d'analyseur conforme aux normes en vigueur est conséquent en termes d'encombrement et nécessite un investissement important. Pour ces raisons, nous ne pouvons multiplier le nombre de point de mesures avec ce dispositif et avons fait le choix d'utiliser de capteurs électrochimiques présentés ci-après.

- **Mesures indicatives à l'aide de capteur électrochimique : hydrogène sulfuré et ammoniac**

Proposé par notre laboratoire sous-traitant, ces dispositifs permettent de mesurer en temps réel les concentrations en hydrogène sulfuré ou ammoniac.

Les données sont stockées dans la mémoire de l'appareil, mais elles peuvent également être accessibles sur un intranet dans le cas où le récepteur est relié à une connexion internet (à voir en fonction du choix des lieux de prélèvements).

Les limites de détection de ces appareils sont les suivantes : hydrogène sulfuré : 14 µg/m³, ammoniac : 350 µg/m³.

Une mesure est réalisée toutes les 10 minutes.



Figure 12 : Capteurs installés au niveau de la place de la Résistance (Légué)

Les caractéristiques de ces capteurs sont les suivantes :

Tableau 7 : Caractéristiques principales des capteurs

| | H ₂ S | NH ₃ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Modèle | e-H ₂ S | e-NH ₃ |
| Gamme de mesure | 0 – 1400 µg/m ³ | 0 – 17.6 mg/m ³ |
| Limite de détection | 14 µg/m ³ | 350 µg/m ³ |

IV.3.2 Les mesures ponctuelles

Afin d'élargir le panel des paramètres mesurés en continu, ce dispositif a été complété par la réalisation de prélèvements ponctuels pour la mesure des autres substances d'intérêt. Certains ont été réalisés sur une durée de quelques heures et d'autres pendant une semaine.

Le matériel qui a été déployé est le suivant :

1) Prélèvements d'une durée de quelques heures :

Ces prélèvements d'une durée restreinte ont pour objet de mesurer les concentrations les plus élevées en les réalisant dans la mesure du possible lors de conditions défavorables à savoir notamment la mise hors d'eau de la vasière à marée basse et des vents de Nord-Est (sous les vents de la baie).

Trois points de mesures ont été proposés pour ces prélèvements qui ont été réalisés simultanément.

- ❖ **Prélèvement canister** – screening de 1 à 5 composés parmi les COV.

Un canister est un récipient étanche de 6 litres, placé en dépression, dans lequel on prélève, pendant 3 heures, un échantillon d'air qui est, ensuite, analysé 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.



Figure 13 : Montage des prélèvements par canister et par barbotage

- ❖ **Prélèvement par barbotage** - Acides acrylique, acétique, lactique, 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.

- ❖ **Prélèvement par pompage sur tubes actifs** - Acétaldéhyde, Formaldéhyde, Propionaldéhyde,

Les prélèvements en mode actif consistent à faire passer l'air au travers d'une cartouche contenant l'adsorbant qui fixe les molécules recherchées.

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, fluorosil...), avec les composés carbonyles

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. La durée du prélèvement est fixée à 1 heure.

2) Prélèvements d'une durée d'une semaine : l'échantillonnage passif

L'échantillonnage passif est une technique de mesure courante dans la surveillance de la qualité de l'air et largement éprouvée par les associations de surveillance de la qualité de l'air.

Cette technique est basée sur le transfert de matière d'une zone à une autre (diffusion moléculaire, sans mouvement actif de l'air), sous l'effet d'un gradient de concentration. Les polluants étudiés sont piégés à l'aide de tubes à diffusion passive qui sont exposés dans l'air ambiant sur une période de 7 jours, puis envoyés dans un laboratoire pour analyse.

Cette technique de prélèvement par tube passif permet de prélever, à moindre coût, sur plusieurs points simultanément.

L'inconvénient notamment au regard des mesures en continu, est lié au fait que la mesure correspond à une concentration moyenne sur la période de prélèvement ne révélant pas la survenue de pic de concentration à l'origine possible de gênes olfactives.



Figure 14 : Prélèvements par tubes passifs au niveau du chantier naval

Les composés suivants ont été recherchés via cette méthode :

- Ammoniac,
- Acétaldéhyde,
- Formaldéhyde,
- Propionaldéhyde,
- Disulfure de carbone,
- Sulfure d'hydrogène.

Cinq points de prélèvements ont été retenus pour les prélèvements passifs.

IV.3.3 Choix des sites de mesures

Le plan d'échantillonnage a été proposé par Air Breizh et validé par l'ARS. Cinq points de mesures ont été déterminés au total en suivant la démarche suivante.

Pour répondre à la problématique à savoir de spatialiser les niveaux de concentrations et tenter d'identifier des origines possibles en cas de valeurs élevées, nous avons fait le choix de disposer trois points de mesures selon un transect Ouest-Est le long de la rivière du Gouët, du port du Légué à l'embouchure avec la baie de St Brieuc.

Par ailleurs, nous avons disposé un point de prélèvement au niveau de la station d'épuration afin de mettre en évidence d'éventuels composés à l'origine d'odeurs, et un autre plus en retrait dans le Légué afin de mesurer les niveaux de concentrations dans une zone plus densément habitée.

Les références des sites de mesures et leurs localisations sont reprises sur la page suivante.

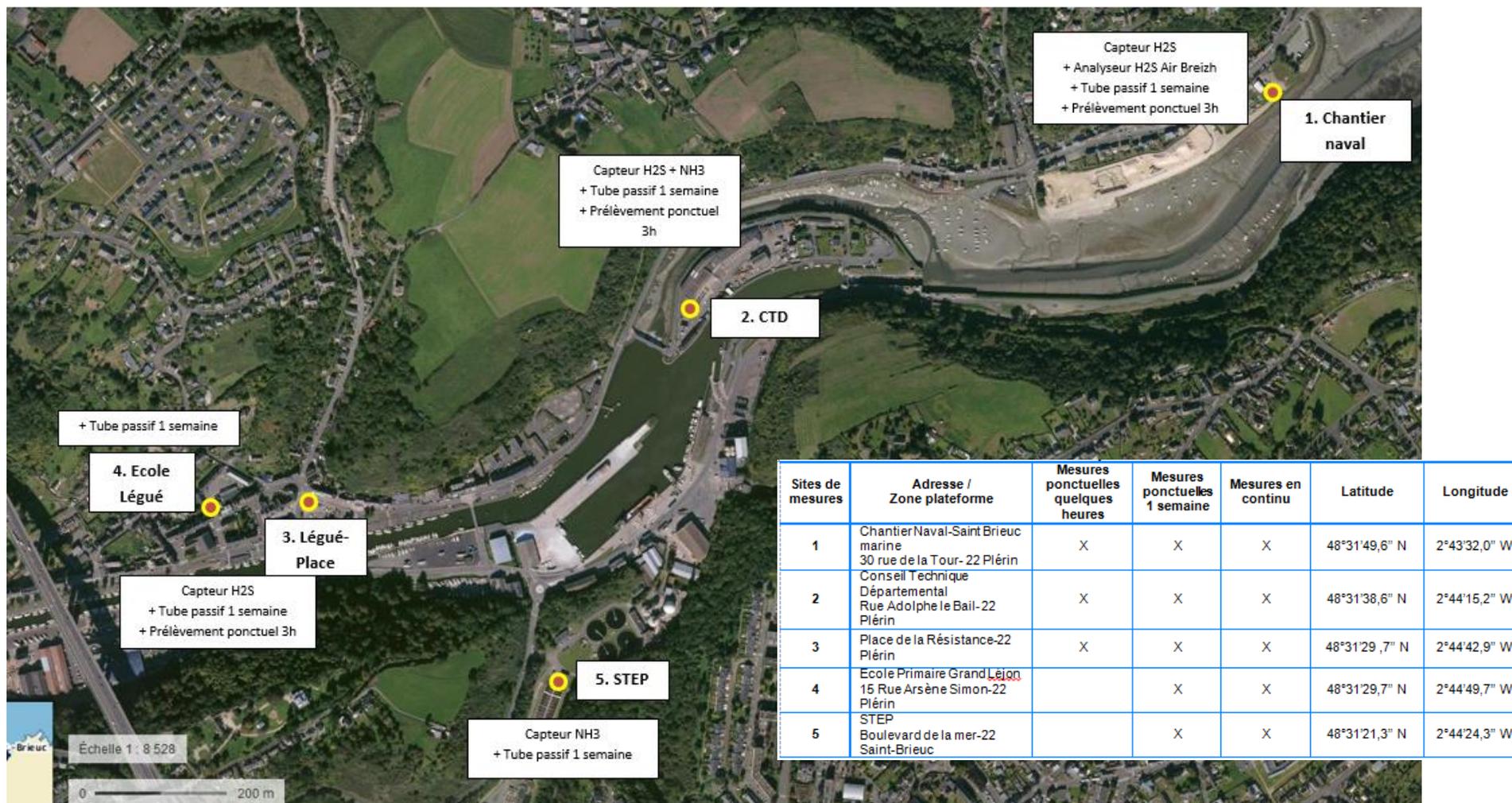
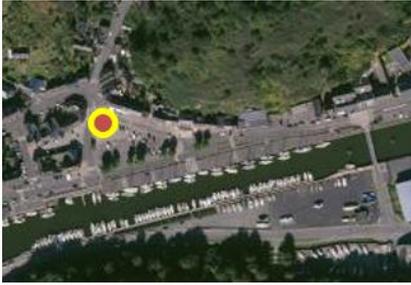
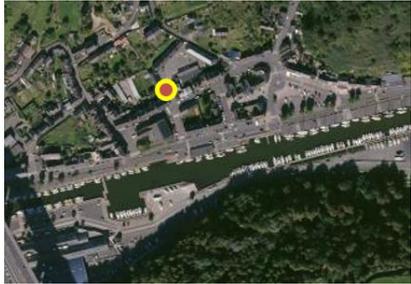


Figure 15 : Localisation des points de prélèvements [fond de carte Google Earth]

Tableau 8: Présentation et localisation des sites de mesures

| Sites | Localisation | | |
|-------|--|--|---|
| 1 | Chantier Naval (proximité embouchure avec baie de St Briec) |  |  |
| 2 | Conseil Technique Départemental (CTD) (au niveau du barrage déversoir) |  |  |
| 3 | Place de la Résistance (port de plaisance du Légué) |  |  |
| 4 | Ecole Primaire Grand Léjon (zone habitée du Légué) |  |  |
| 5 | STEP (station d'épuration au Sud de la zone d'étude – mesures à proximité immédiate des bassins de traitement) |  |  |

IV.3.4 Dates des campagnes de mesures

❖ Les mesures en continu :

La cabine de mesure H₂S/SO₂ située au niveau du chantier naval et les capteurs NH₃/H₂S ont été installés le 19 juillet 2017 et retirés le 30 août 2017, soit une durée de 42 jours de mesures en continu. Au vu des conditions météorologiques en fin de période (IV.3.6), nous avons prolongé les mesures d'une semaine supplémentaire par rapport au planning initial.

❖ Les prélèvements ponctuels :

- Les prélèvements sur tubes passifs :

Les tubes passifs placés sur les 5 points de mesures ont été installés le jeudi 27 juillet 2017 et retirés le jeudi 3 août 2017.

- Les prélèvements de quelques heures :

Les prélèvements canisters, les prélèvements par barbotage et enfin les prélèvements par pompage sur tubes actifs se sont opérés sur 3 sites (Chantier naval, Conseil Technique Départemental (CTD) et Place de la Résistance) et ont eu lieu le jeudi 27 juillet 2017.

Cette date a été retenue en fonction de la disponibilité du matériel, des conditions météorologiques (absence de précipitation) et des horaires des marées. Les prélèvements ont effectivement été réalisés l'après-midi de cette journée en période de marée basse.

Le planning des investigations est le suivant.

Tableau 9: Planning des mesures et prélèvements

| Paramètres | Matériels | Points | Sem 29 | Sem 30 | Sem 31 | Sem 32 | Sem 33 | Sem 34 | Sem 35 | | |
|--------------------------|---|---|---|--|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| | | | 17-juil 18-juil 19-juil 20-juil 21-juil 22-juil 23-juil 24-juil 25-juil 26-juil 27-juil 28-juil 29-juil 30-juil 31-juil | 01-août 02-août 03-août 04-août 05-août 06-août 07-août 08-août 09-août 10-août 11-août 12-août 13-août 14-août 15-août 16-août 17-août 18-août 19-août 20-août 21-août 22-août 23-août 24-août 25-août 26-août 27-août 28-août 29-août 30-août | | | | | | | |
| H2S | Analyseur H2S (cabine) | Chantier naval | Mesures en continu | | | | | | | | |
| NH3/H2S | Capteurs électrochimiques | Conseil technique Départemental (CTD) | Mesures en continu | | | | | | | | |
| NH3 | Capteur électrochimique | STEP | Mesures en continu | | | | | | | | |
| H2S | Capteur électrochimique | Chantier naval | | Mesures en continu | | | | | | | |
| H2S | Pose capteur H2S Légué place résistance | Place de la Résistance | | Mesures en continu | | | | | | | |
| Aldéhydes, NH3, H2S, CS2 | 5 tubes passifs sur 5 pts | Sur les 5 points de mesure | | | Prélèvements sur tubes passifs | | | | | | |
| Aldéhydes, acides, COV | Tubes actifs, barbotage, canister | Chantier naval, CTD, Place de la Résistance | | | * | | | | | | |

* Journée de prélèvements ponctuels

IV.3.5 Limites de l'étude

Les campagnes de mesures réalisées ne sont représentatives que des périodes étudiées. En effet, les résultats sont tributaires des conditions météorologiques. Par conséquent, en aucun cas, ils ne peuvent être assimilés à une autre période ou à tout autre point de mesure autre que ceux en étude.

IV.3.6 Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques, en particulier les vents, jouent un rôle important dans la dispersion ou l'accumulation des polluants.

Les conditions météorologiques durant les périodes de mesures sont présentées dans les chapitres suivants.

Les données météorologiques sont tirées des mesures de la station Météo France la plus proche à savoir celle de l'aéroport de St Briec (code 22372001) située à moins de 10 kilomètres de la zone d'étude.

a) Direction et vitesses des vents durant les périodes de mesure

Les roses des vents de la station Météo France de Saint-Briec (22) réalisées à partir des mesures sur toute la campagne de l'étude d'une part, et d'autre part d'après les mesures réalisées entre 1986 et 2010 (dites normales de rose des vents) sont présentées ci-après.

Une rose des vents représente la répartition directionnelle des vents sur une période donnée : chaque pale de la rose des vents indique le pourcentage des vents provenant de cette direction avec un code couleur en fonction de la vitesse des vents.

La rose des vents réalisée sur la période de la campagne est superposée à la vue aérienne de la zone d'étude.



Figure 16: Rose des vents de la période de mesures - Vue sur l'ensemble de la zone d'étude (Source : Google Earth)

Cette rose des vents met en évidence des vents majoritairement en provenance de l'Ouest soit de l'intérieur des terres. Bien que minoritaire, on note toutefois la présence de vents de Nord-Est, soit de la baie de St Briec.

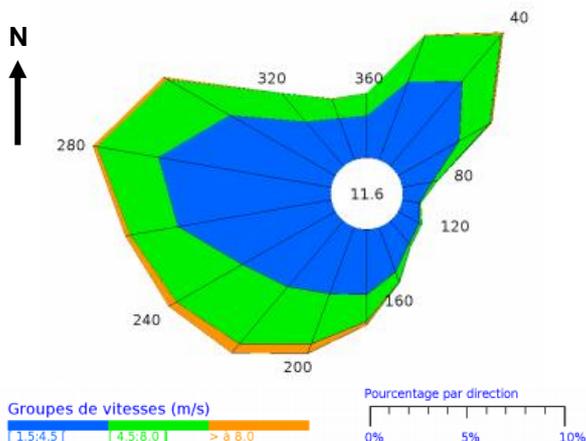


Figure 17: Normales des roses des vents relevées à Saint Briec pour un mois d'août entre 1986 et 2010. (Source : Météo France)

La normale des roses des vents ci-contre pour un mois d'août (calculé de 1986 à 2010) présente également des vents majoritaires en provenance de l'Ouest.

Ainsi, cette analyse des roses des vents révèle que les conditions des vents rencontrées durant la période des mesures sont similaires aux conditions normales de Météo France sur la même période.

Une interprétation détaillée des conditions de vents avec les résultats des mesures en continu et des prélèvements ponctuels, sera réalisée dans les chapitres suivants (chapitre V).

b) La pluviométrie et les précipitations durant les périodes de mesure

La température est un paramètre influent sur les teneurs en polluants atmosphériques. De plus, la température élevée de l'eau de mer en sortie du printemps favorise la prolifération d'algues vertes sur les côtes bretonnes.

Quant aux précipitations, celles-ci sont favorables à un lessivage de l'atmosphère, permettant ainsi une diminution des concentrations en polluants.

❖ **Sur l'ensemble de la campagne (du 19/07 au 31/07/17) :**

Le cumul des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles sur l'ensemble de la période de mesures sont comparés ci-dessous aux normales de la station Météo France de Saint-Briec (22).

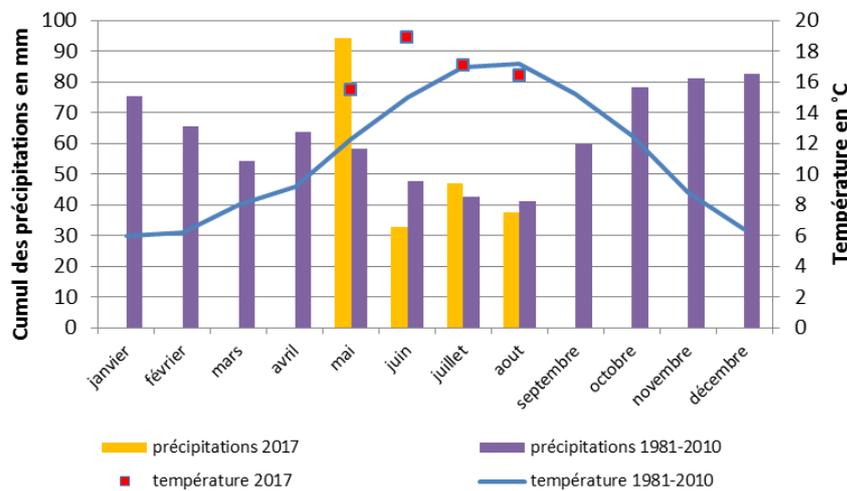


Figure 18: Température et précipitations durant la campagne de mesure [Station Météo France Saint-Briec (22)]

Les températures moyennes des mois de juillet et Août sont globalement très proches des températures normales de la station Météo France de Saint-Briec. A noter des températures moyennes mensuelles beaucoup plus élevées que la normales sur les mois d'avril et mai 2017 (qui ont pu contribuer au développement important des algues).

En ce qui concerne les précipitations, pour le mois de juillet celles-ci ont été légèrement plus abondantes que les normales de Météo France.

La répartition des cumuls journaliers présentés à la page suivante révèle que 94% des précipitations du mois de juillet ont eu lieu entre le 19/07 et le 31/07 (période comprise dans notre campagne de mesure).

En revanche pour le mois d'Août celles-ci sont inférieures aux valeurs normales. Seuls deux jours de pluie enregistrent près de 90% des précipitations mensuelles à savoir le 2/08 et le 9/08.

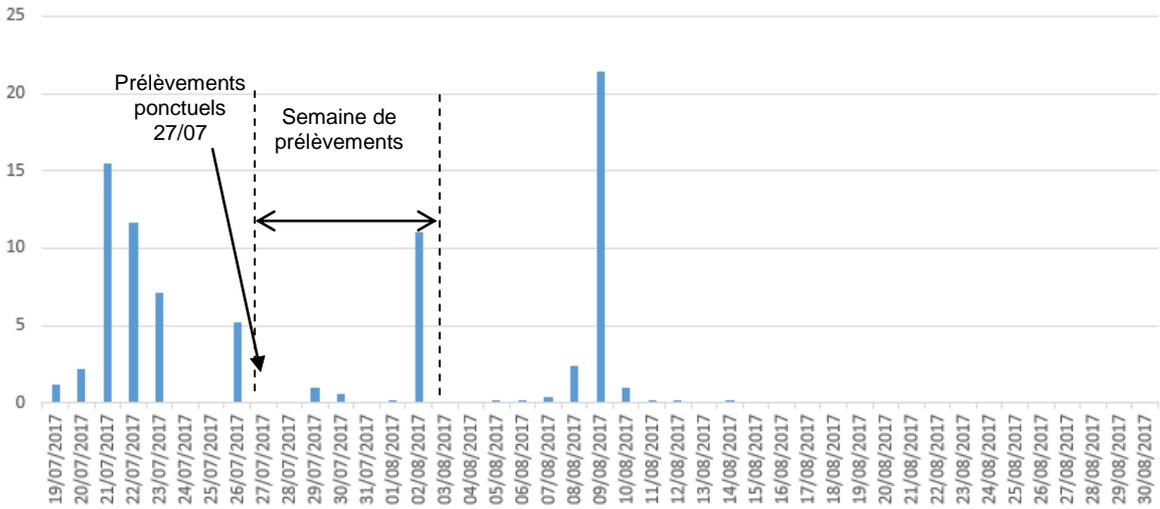


Figure 19: Précipitations journalières à Saint Briec sur toute la période de la campagne (mm) (Source : données Météo France de la station St Briec)

Pour les températures, les moyennes journalières sur la période sont présentées sur le graphique suivant.

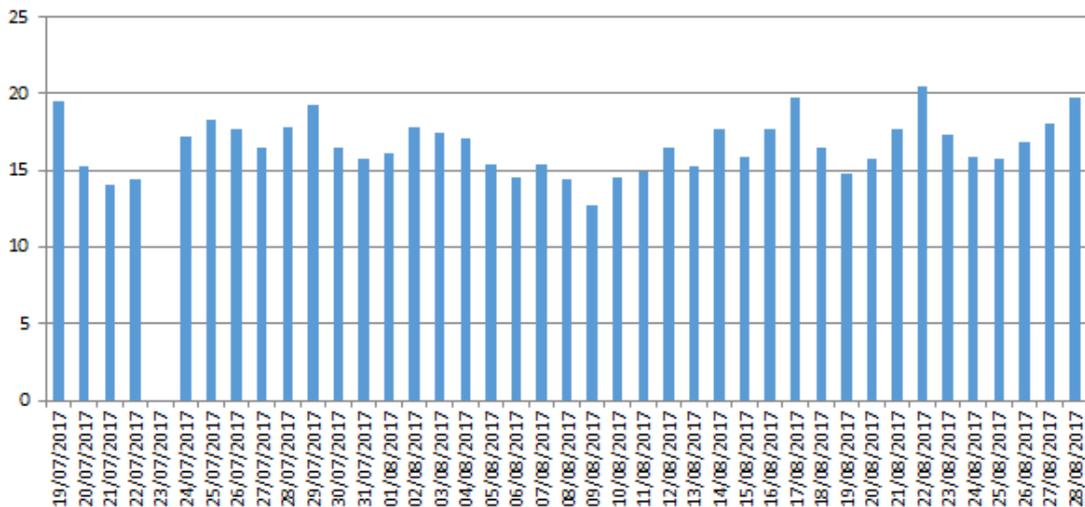


Figure 20 : Evolution des températures moyennes journalières en °C (station Météo France de St Briec)

La température moyenne sur l'ensemble de la période de mesure est de **16,5°C**, deux journées présentent des températures horaires supérieures à 25°C (le 22 et le 28 Août). C'est logiquement les journées avec les températures moyennes journalières les plus élevées.

Excepté une période en milieu de campagne avec des températures moyennes journalières inférieures à 15°C, le reste de la période présente des températures assez proches comprises entre 15 et 18 °C.

❖ **Journée de prélèvements ponctuels (le 27/07/17)**

Lors des prélèvements ponctuels de durée restreinte qui ont lieu le 27/07 après-midi, aucune précipitation n'a été mesurée. La température moyenne sur la journée était de 16.5°C, avec un maximum de 20.2 °C en milieu d'après-midi.

❖ Semaine de prélèvements du 27/07 au 3/08

Concernant la semaine de prélèvements avec les tubes passifs, le cumul de précipitations journalières sur cette semaine est de 12.9 mm, dont 11.1 mm le 2/08. Excepté cette journée du 2/08, le reste de la période de prélèvement a été plutôt sec.

Les températures moyennes journalières étaient comprises entre 15.8 et 19.3°C avec une température maximale de 22.3°C le 29/07.

Cette analyse des données de précipitation et température permet de mettre en évidence des conditions assez sèches durant la campagne, seules 4 journées sur les 42 jours de mesures, enregistrent des précipitations journalières significatives (supérieures à 10 mm).

Pour ce qui est des températures, elles ont été caractéristiques des normales saisonnières, sans pic de températures enregistré. Malgré cela, les températures enregistrées sont semblables voire plus défavorables pour certaines journées par rapport aux 23/05 (max 19.9°C) et 15/06 (21°C) pour lesquelles les nuisances avaient été observées par la DDTM (cf. contexte étude).

IV.3.7 Episode de pollution régionale

Les polluants mesurés durant cette campagne ne font pas l'objet d'une surveillance réglementaire (conformément aux Directives Européennes) contrairement aux polluants tels que : les particules PM10, le dioxyde d'azote et l'ozone.

Toutefois, il n'y a pas eu d'épisodes de pollution régionale pour les polluants réglementés.

V. Etat de prolifération des algues vertes

En préalable du chapitre relatif à l'interprétation des résultats des mesures et prélèvements, un comparatif des proliférations d'algues vertes de l'année 2017 par rapport aux années antérieures est réalisé dans ce chapitre.

L'objectif de ce chapitre est de situer la saison 2017 en termes de prolifération d'algues par rapport aux années précédentes et en déduire la représentativité ou non de notre période de mesures toujours par rapport aux autres années.

Pour ce faire, nous avons retenu comme indicateur l'évaluation des surfaces couvertes d'ulves réalisée par le CEVA, via les analyses visuelles de photos aériennes.

Le graphique ci-après présente l'évolution interannuelle et par saison des surfaces colonisées par les ulves en Bretagne.

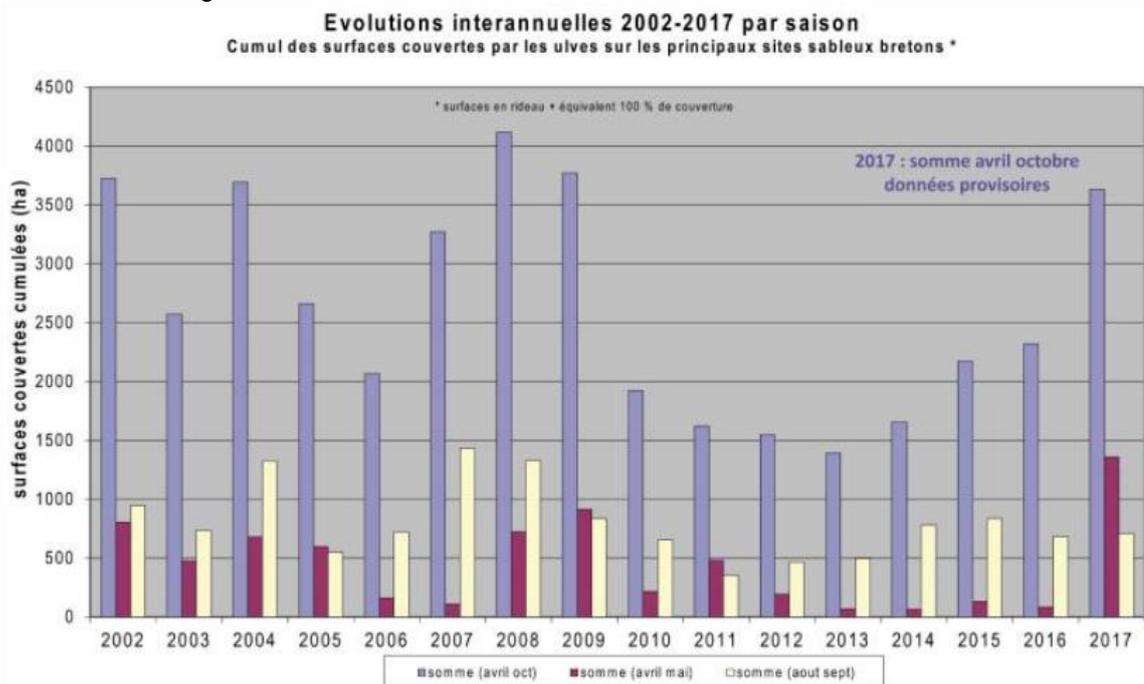


Figure 21 : Evolution interannuelle 2002-2017 par saison des surfaces colonisées par les algues vertes [Bulletin d'information CEVA octobre 2017]

Ce graphique permet de mettre en évidence un développement extrêmement précoce des ulves ; le développement des surfaces couvertes en avril et mai a été 3.5 fois plus élevé que la moyenne des années 2002 à 2016.

Après ce démarrage, les surfaces ont fortement diminué à partir de juillet et jusqu'en septembre atteignant pour ces mois les niveaux moyens rencontrés durant les 7 dernières années.

Ainsi au total d'avril à octobre 2017, **le développement des ulves en 2017 a été nettement supérieur à celui des 7 années précédentes (2010-2016) et même au-dessus de la moyenne 2002-2016 de 40% environ.** D'après le CEVA, cela est avant tout lié à la situation très exceptionnelle en termes de précocité qui aurait eu une incidence marquée sur l'ensemble de prolifération.

En termes de représentativité des développements et échouages d'algues, on peut déduire de ce chapitre que sur l'ensemble de l'année 2017, la situation a été plutôt pénalisante au regard des années précédentes.

Pour ce qui est de la période estivale pendant les mesures, les développements ont été globalement identiques aux années précédentes.

VI. Résultats et interprétations

Les résultats des mesures et prélèvements sont présentés dans ce chapitre.

VI.1. Les mesures en continu H₂S-SO₂-NH₃

VI.1.1 Contrôle de la qualité des mesures et bilan du fonctionnement des appareils

Les appareils de mesure ont subi des contrôles qualité avant/pendant/après la campagne de mesures.

L'analyseur normalisé appartenant à Air Breizh a été calibré par nos équipes avant la campagne de mesures.

Pour ce qui est des capteurs, nous avons demandé à notre laboratoire sous-traitant de nous communiquer leurs certifications de calibration par rapport à un appareil de référence.

Les dates de ces certificats sont présentées dans le tableau ci-après. Il s'agit d'appareils très récents.

Tableau 10 : Date des certificats de calibration des appareils e-capteurs

| Appareils | Paramètre | Dates certificat calibration |
|-----------|-----------|------------------------------|
| 615A | H2S | Le 10/05/2017 |
| 60 CE | NH3 | Le 28/04/2017 |
| 60 D6 | H2S | Le 10/05/2017 |
| 60 EB | H2S | Le 10/05/2017 |
| 60 CD | NH3 | Le 28/04/2017 |

Différentes interventions ont été réalisées durant la campagne par notre équipe technique. Elles sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 11 : Synthèse des interventions métrologiques menées par Air Breizh sur les sites de mesures

| Dates | Nature des interventions |
|----------|---|
| 19/07/17 | Pose de l'analyseur pt 1 + capteurs pt 2 et pt 5 |
| 27/07/17 | Pose capteurs pt 1 et pt 3 + vérification paramètres analyseur |
| 03/08/17 | Vérification paramètres analyseur |
| 30/08/17 | Retrait des appareils + raccordement interne (étalonnage analyseur) |

A l'issue de la campagne de mesures, le taux de fonctionnement de chaque appareil de mesures a été calculé afin de vérifier la représentativité de la période couverte par les mesures en fonction de la durée totale de la campagne.

A titre de comparaison, dans le cadre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air ambiant un taux de couverture temporelle minimale de 85% est requis pour assurer une bonne représentativité des données sur la période de mesure (selon les Directives 2004 et 2008).

Les taux de fonctionnement des appareils de mesures en continu sont présentés ci-après.

Tableau 12 : Bilan de fonctionnement des appareils de mesures en continu

| Sites de mesures | Type et référence analyseur/capteur | Paramètre | Taux fonctionnement | Observations |
|------------------|--------------------------------------|------------|---------------------|--|
| 1 | Analyseur conforme méthode référence | H2S SO2 | 100% 100% | RAS |
| | E-capteur 60 D6 | H2S | 0% | Dysfonctionnement acquisition de données |
| 2 | E-capteur 615A E-capteur 60 CD | H2S NH3 | 98% 98% | RAS |
| 3 | E-capteur 60 EB | H2S | 0% | Dysfonctionnement acquisition de données |
| 4 | X | x | x | x |
| 5 | 60 CE | NH3 | 0% | Dysfonctionnement acquisition de données |

Deux points dotés d'analyseurs et/ou de capteurs présentent des taux de fonctionnement satisfaisants. Il s'agit du point 1 (Chantier naval) situé à l'extrémité Est de notre transect, côté baie de St Brieuc et du point 2 (CTD) identifié comme point central de notre transect, entre la partie du lit de la rivière le Gouët maintenue en eau en permanence et l'autre partie dont le recouvrement dépend des marées.

Malgré nos interventions régulières, les autres appareils n'ont pas fonctionné du fait d'un problème de transferts des données.

Il s'agit des points 2 et 5 qui ont toutefois fait l'objet de prélèvements ponctuels sur une semaine sur les mêmes paramètres.

L'analyse des mesures en continu est réalisée dans les chapitres suivants comme suit :

1. Evolution des teneurs en hydrogène sulfuré pour les deux points de mesures en continu (pt 1 et pt 2) situés sur le transect longeant le Gouët ;
2. Evolution des teneurs en dioxyde de soufre au niveau du point 1 ;
3. Evolution des teneurs en ammoniac au niveau du point 2.

VI.1.2 Résultats des mesures en continu d'hydrogène sulfuré

a) Synthèse statistique des mesures en hydrogène sulfuré sur les points 1 et 2

Le tableau de la page suivante présente une synthèse de la distribution statistique des mesures sur les points 1 et 2 avec une comparaison aux valeurs de références en fonction des différents pas de temps.

Sur le point 1, chantier naval, situé près de l'embouchure du Gouët avec la baie de St Brieuc (900 m), la concentration maximale horaire a été de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit 50% de la VTR aigüe de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La moyenne horaire sur la période est de $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui est peu significatif. L'autre seuil sanitaire calculé sur une période d'une journée est également largement respecté. Rappelons que ce point se trouve à moins de 40 mètres du bord de la vasière.

En terme de nuisance olfactive, le seuil de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calculé sur une demi-heure a été dépassé 11% du temps sur la période de mesure ce qui reste significatif. Une analyse détaillée de la répartition de ces dépassements sur la période sera réalisée par la suite.

Pour le point 2, situé à proximité du Centre Technique Départemental, les résultats des mesures sont bien inférieurs à la fois aux valeurs de références sanitaires, mais également aux mesures du

point 1. Ainsi la moyenne horaire sur la période est de $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un maximum horaire de $12.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le seuil olfactif de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé moins d'1% du temps de la période de mesures ce qui est insignifiant.

Ce point se trouve entre les bassins (côté Légué) maintenus en eau et la partie aval de la rivière dont le niveau de l'eau dépend des horaires des marées.

Tableau 13 : Résultats des mesures en Hydrogène sulfuré sur les points 1 et 2

| Concentration H ₂ S (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Valeurs de références toxicologiques | 2017 Saint-Briec-Légué POINT 1 | 2017 Saint-Briec-Légué POINT 2 |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | du 19/07 au 30/08 2017 | du 19/07 au 30/08 2017 |
| moyenne horaire | $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2,7 | 0,7 |
| maximum horaire | (VTR aigüe) | 46,8 | 12,4 |
| moyenne journalière | $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2,7 | 0,7 |
| maximum journalier | (valeur recommandée OMS) | 10,9 | 1,6 |
| % dépassement gêne olfactif OMS sur 1/2 h | $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 11,3% | 0,2% |
| % dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h | $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0% | 0% |
| mini | | 0,0 | 0,0 |
| P25 (1er quartile) | | 0,0 | 0,2 |
| P50 (médiane) | (données horaires) | 1,0 | 0,6 |
| P75 (3ème quartile) | | 2,0 | 1,2 |
| maxi | | 46,8 | 12,4 |

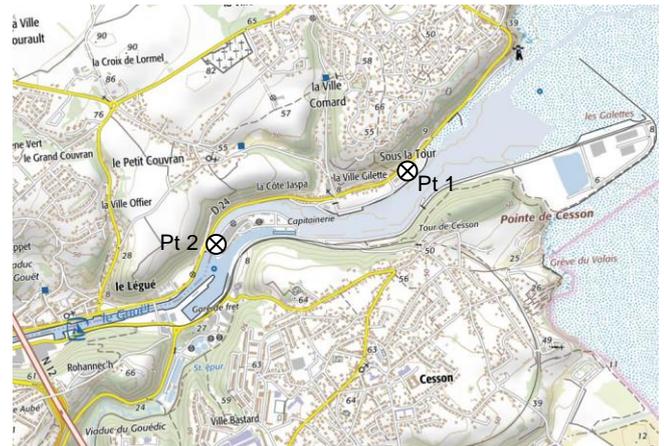


Figure 22 : Localisation des points 1 et 2

Cette première interprétation pour l'hydrogène sulfuré révèle les points suivants :

- Les concentrations mesurées sur les 2 points sont inférieures aux seuils sanitaires (chronique et aigüe) ;
- Des dépassements du seuil olfactif ont été observés sur le point 1, situé proche de l'embouchure du Gouët avec la baie de St Briec, pour 11% de la période de mesures et concernant 29 jours sur les 42 jours de mesures au total **soit 70% des journées de mesures** ;
- L'autre point de mesures (pt 2), situé 950 mètres en amont du point 1, présente des niveaux bien inférieurs à ce dernier. Le seuil olfactif a été très rarement dépassé sur ce point (0.2% de la période de mesures ce qui reste insignifiant).

Une analyse approfondie de l'évolution des niveaux d'hydrogène sulfuré est réalisée dans le chapitre suivant.

b) Comparaison des mesures d'hydrogène sulfuré aux résultats des campagnes précédentes

Air Breizh mène depuis 2005 des campagnes de mesures d'hydrogène sulfuré notamment à proximité des plages touchées par des échouages d'algues vertes.

Le tableau de la page suivante présente les résultats de cette campagne, comparés à ceux des campagnes des années précédentes.

Tableau 14 : Comparaison des résultats des mesures d'hydrogène sulfuré avec les résultats des précédentes études menées par Air Breizh de 2005 à 2013

| Concentration H ₂ S (en µg/m ³) | Valeurs de références toxicologiques | 2005 | 2006 | 2009 | 2012 | 2012 | 2012 | 2012 | 2012 | 2013 | 2013 | 2017 | 2017 | |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--|---------------------------|---------------------------|
| | | Echouage St Michel en Grève | Echouage St Michel en Grève | Echouage St Michel en Grève | Etat zéro Toul Ar Vilin | Etat zéro Toul Ar Vilin (recalculé) | Pendant travaux Toul Ar Vilin | Sans échouages Tréguier | Echouages Toul Ar Vilin | Etat zero Toul Ar Vilin | Echouages Toul Ar Vilin (avec ramassage) | Echouages Locmiquélic (sans ramassage) | Saint-Briec-Légué POINT 1 | Saint-Briec-Légué POINT 2 |
| | | 21/07 au 02/09/2005 | 20/07 au 13/09/2006 | 03/09 au 14/09/2009 | 5 au 30/04/12 | 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 | du 19/07 au 30/08 2017 | du 19/07 au 30/08 2017 |
| moyenne horaire | 100 µg/m ³ | 19,6 | 32,7 | 0,06 | 1,0 | 0,6 | 3,0 | 0,9 | 2,0 | 0,1 | 1,1 | 1,3 | 2,7 | 0,7 |
| maximum horaire | (VTR aigüe) | 939 | 1492 | 4,5 | 64 | 17 | 87 | 7,0 | 38 | 2 | 19 | 54 | 46,8 | 12,4 |
| moyenne journalière | 150 µg/m ³ | 19,9 | 33,6 | 0,06 | 0,9 | 0,6 | 2,6 | 0,9 | 2,3 | 0,1 | 1,1 | 1,3 | 2,7 | 0,7 |
| maximum journalier | (valeur recommandée OMS) | 190 | 218 | 0,3 | 6,0 | 3,2 | 9,6 | 2,9 | 8,4 | 0,4 | 5,1 | 5,2 | 10,9 | 1,6 |
| % dépassement gêne olfactif OMS sur 1/2 h | 7 µg/m ³ | 29,3% | 36,0% | 0,0% | 1,6% | 1,3% | 11,2% | 0,0% | 9,7% | 0,0% | 1,2% | 3,4% | 11,3% | 0,2% |
| % dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h | 150 µg/m ³ | 1,5% | 3,4% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0% | 0% |

Les niveaux mesurés en hydrogène sulfuré lors de cette campagne sont inférieurs à ceux mesurés à proximité des plages touchées par les échouages massifs de 2005 et 2006. Les moyennes horaires pour ces campagnes étaient alors 10 à 15 fois supérieures à celles des présentes campagnes 2017.

Les concentrations mesurées sur le point 1 (proche embouchure) sont assimilables à celles mesurées lors de la période de travaux à Toul Ar Vilin en 2012 avec un dépassement du seuil olfactif un peu plus de 10% du temps de la période de mesures. Pour rappel, il s'agissait des travaux de dévasage/réensablage de la vasière.

Pour le point 2 (Centre technique départemental), les niveaux sont faibles et assimilables à ceux mesurés lors des états initiaux des campagnes 2012-2013.

Une analyse plus fine des évolutions des concentrations en hydrogène sulfuré est réalisée par la suite.

c) Evolution des mesures en hydrogène sulfuré sur les 2 points sur toute la période de mesures

Le graphique suivant présente l'évolution des mesures demi-heure sur l'ensemble de la période et pour les 2 points de mesures.

Les résultats sont comparés aux seuils olfactifs de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ défini par l'OMS.

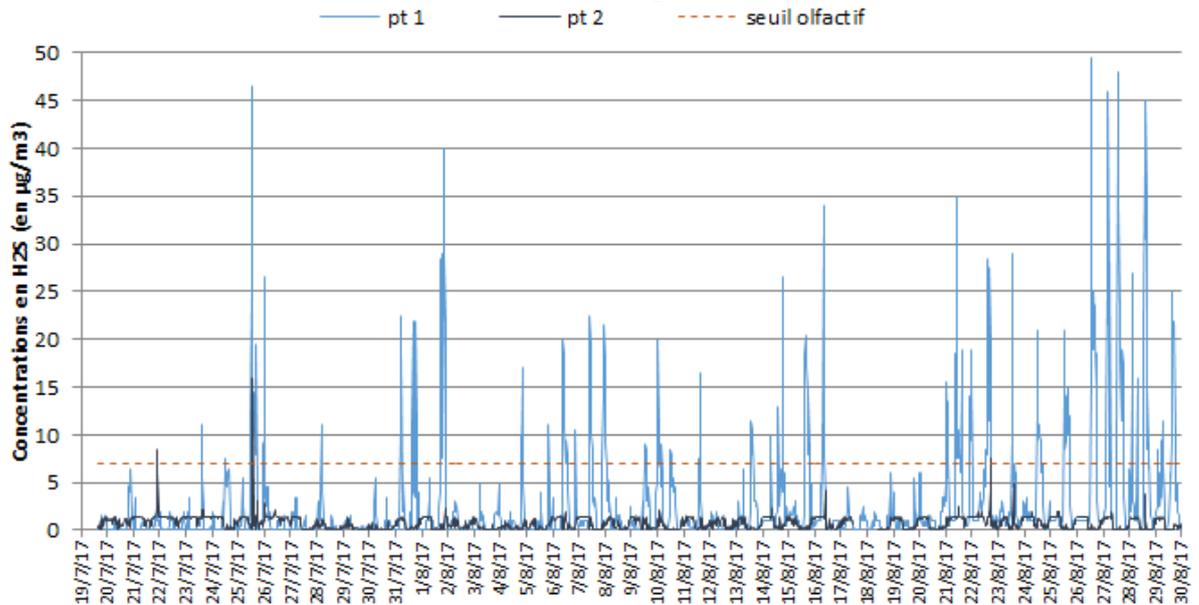


Figure 23 : Evolution des mesures d'hydrogène sulfuré (1/2h) sur les points 1 - chantier naval embouchure Gouët et 2 - Centre Technique Départemental (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Le point 1, situé au niveau du chantier naval, à proximité de l'embouchure du Gouët avec la Baie de St Brieuc, présente des pics ponctuels et récurrents en hydrogène sulfuré (quasi journaliers) d'amplitudes souvent supérieures aux seuils olfactifs de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le point 2, situé 950 mètres en amont vers le port du Légué, présente de légères variations des niveaux d'hydrogène sulfuré, selon une fréquence journalière, mais qui restent bien en dessous du seuil olfactif.

La réalisation de mesures selon un transect longeant le Gouët permet de constater que les niveaux mesurés entre le point 1 situé à l'embouchure et le point 2, plus en amont vers le Légué sont significativement différents.

L'un présentant des dépassements réguliers du seuil olfactif dont l'origine reste à déterminer, et l'autre plus en amont, présente des niveaux faibles sans dépassement du seuil olfactif.

La recherche de (ou des) source(s) à l'origine de ces dépassements du seuil olfactif sur le point 1 permettra d'expliquer cette différence sur le transect étudié.

d) Evolution des mesures en hydrogène sulfuré sur le point 1 du 21 au 30/08

Afin de mieux appréhender les évolutions des concentrations sur le point 1, un zoom est réalisé ci-après sur une période de 9 jours présentant successivement le nombre de jours avec les niveaux les plus élevés (rappelons que sur cette période il n'y a pas eu de précipitations et que quelques journées ont présenté des températures supérieures à 25°C – le 22 et 28/08).

Le graphique ci-après présente l'évolution des mesures demi-heure sur cette période.

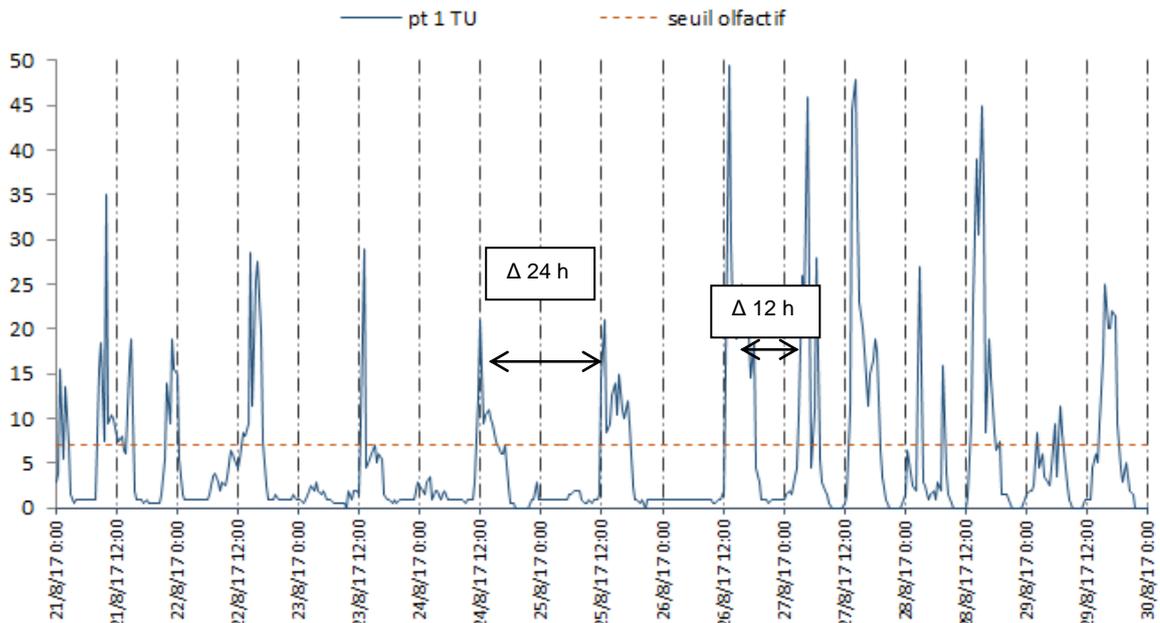


Figure 24 : Evolution des mesures d'hydrogène sulfuré (1/2h – en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le point 1 (chantier naval embouchure Gouët) du 21 au 30/08/17

Cette évolution du 21 au 30/08 permet de mettre en évidence une cyclicité marquée des concentrations en hydrogène sulfuré avec toutefois des différences observées selon deux périodes :

- la 1^{ère} du 22 au 25/08 présente des pics marqués mais modérés de l'ordre de 20 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en valeur $\frac{1}{2}$ h) selon une fréquence de 24 heures avec des pics interposés bien inférieurs ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- la 2^{nde} du 21 au 22/08 puis du 26 au 30/08, présentant des pics marqués et significatifs (compris entre 25 à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ excepté le 29/08) selon une fréquence de 12 heures.

Cette constatation révèle que les concentrations en hydrogène sulfuré, pouvant être à l'origine d'odeurs, sont influencées par un ou des facteurs combinés qu'il s'agit d'identifier dans le chapitre suivant.

Pour ce faire, les concentrations en hydrogène sulfuré du point 1 pour la période du 21 au 30/08 sont comparées aux indices suivants :

- coefficient et hauteur d'eau (en m) en fonction des horaires des marées ;
- températures ambiantes ;
- direction du vent.

e) [Corrélation des concentrations en hydrogène sulfuré avec les hauteurs d'eaux et horaires des marées](#)

Les hauteurs d'eau heure par heure ont été collectées sur le site du SHOM (Service hydrographique et océanographique de la Marine).

Les données sont issues des prédictions au niveau du point dit 'Le Légué' se trouvant au centre de la Baie de St Briec (cf. figure ci-contre).



Figure 25 (ci-contre) : Localisation du point le Légué sur la base de données du SHOM

Le graphique suivant présente les évolutions des concentrations en hydrogène sulfuré (données horaires) corrélées aux variations des hauteurs d'eau dans la baie de St Briec.

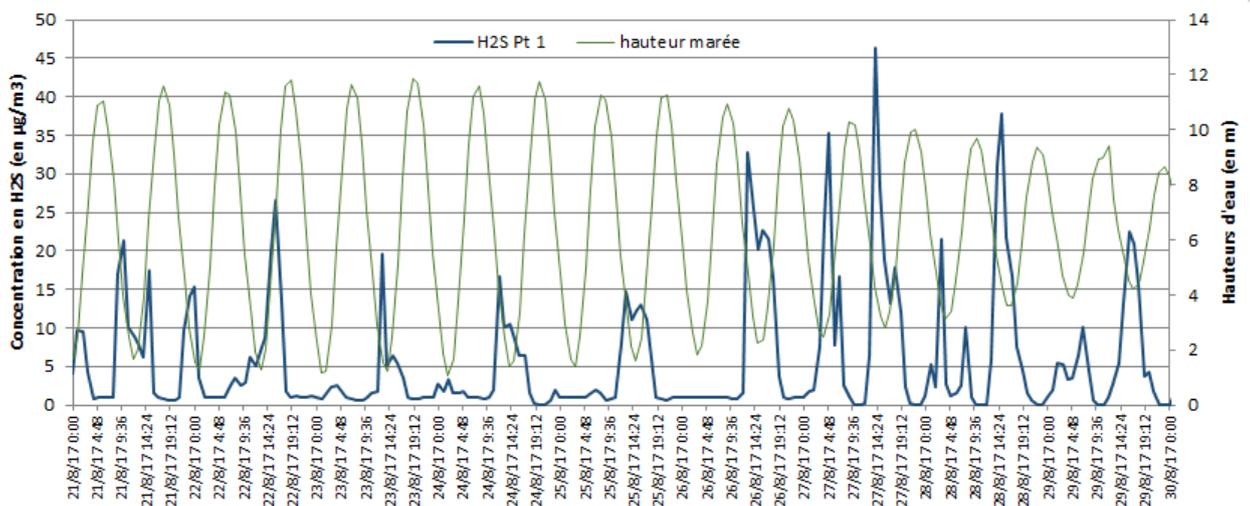


Figure 26 : Variations des concentrations en hydrogène sulfuré au niveau du point 1 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux hauteurs d'eau (en m)

Sur cette période retenue du 21 au 30/08, on constate des amplitudes différentes des hauteurs d'eau suivants les jours avec des coefficients de marée plus importants en début de période (max 101 le 23/08) puis décroissant à l'approche du 30/08 (coefficient de 33).

Plus le coefficient de marée est important, plus l'amplitude entre le niveau de l'eau à marée haute et le niveau de l'eau à marée basse est important et donc plus l'estran est susceptible d'être découvert (à marée basse) et recouvert (à marée haute).

Un fort coefficient de marée conduit ainsi à recouvrir des zones rarement affectées (dite zone supra littorale) et à découvrir des zones rarement mise à nues (infra littorale). Pour des marées dites moyennes (avec un coefficient moyen compris entre 35 et 50), il s'agit des zones régulièrement mise à nues.

Ce graphique permet de constater que les pics sont mesurés systématiquement lorsque les niveaux des eaux sont les plus faibles à la fois dans la baie de St Briec et donc dans l'embouchure du Gouët. La corrélation avec les horaires des marées est évidente.

Toutefois, on remarque que des pics significatifs ne sont pas mesurés pour toutes les marées basses et ce notamment en milieu de période. Par exemple, un pic atteignant $19.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été mesuré le 23/08 à 13h (TU) de manière simultanée au niveau le plus bas de la marée (1.55 m) alors que la marée basse suivante à 4 h TU (niveau de 1.06 m), la concentration en hydrogène sulfuré n'est que très légèrement plus élevée ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pour ce qui est de la relation avec les amplitudes des marées (coefficient), il semblerait que les pics des concentrations soient plus récurrents et plus forts lors des faibles coefficients. Ce point pourrait se justifier par le fait que lors des grands coefficients, les zones découvertes le sont très rarement et donc la décomposition de la matière organique pourrait être moins présente, contrairement aux zones intermédiaires (à marée moyenne) qui font régulièrement l'objet de dépôt d'algues.

Par ailleurs, en période de décroissance des coefficients des marées (comme c'est le cas à partir du 23/08), les algues déposées à marée haute ne sont pas récupérées par la marée haute suivante (12 heures après). Dans ce cas, les algues en décomposition peuvent entrer en décomposition expliquant les pics mesurés 48 heures à 72 heures plus tard.

Cette comparaison révèle une relation évidente entre les concentrations en hydrogène sulfuré et les hauteurs d'eau dans l'estran qui font varier la surface des zones découvertes et donc les émissions de composés soufrés issus de la décomposition de la matière

organique. En outre, une période de décroissance des coefficients de marées serait pénalisante.

Cette analyse montre toutefois que ce facteur n'est pas le seul responsable des variations d'hydrogène sulfuré puisque qu'un pic n'est pas associé à toutes les marées basses ; en effet, pour certaines d'entre-elles, seule une légère augmentation des niveaux est constatée.

Par ailleurs, cette comparaison ne nous permet pas à ce stade de déterminer l'origine possible de ces émissions à savoir la baie de St Briec et/ou la vasière du lit de la rivière du Gouët.

Enfin le décalage de certains pics de concentrations avec les niveaux les plus faibles des hauteurs d'eau pourrait s'expliquer par l'influence d'autres facteurs combinés comme la température étudiée ci-après.

f) [Corrélation des concentrations en hydrogène sulfuré avec les températures ambiantes](#)

Le graphique ci-après permet de comparer l'évolution des concentrations en hydrogène sulfuré par rapport aux mesures de températures ambiantes sur la période du 21 au 30/08.

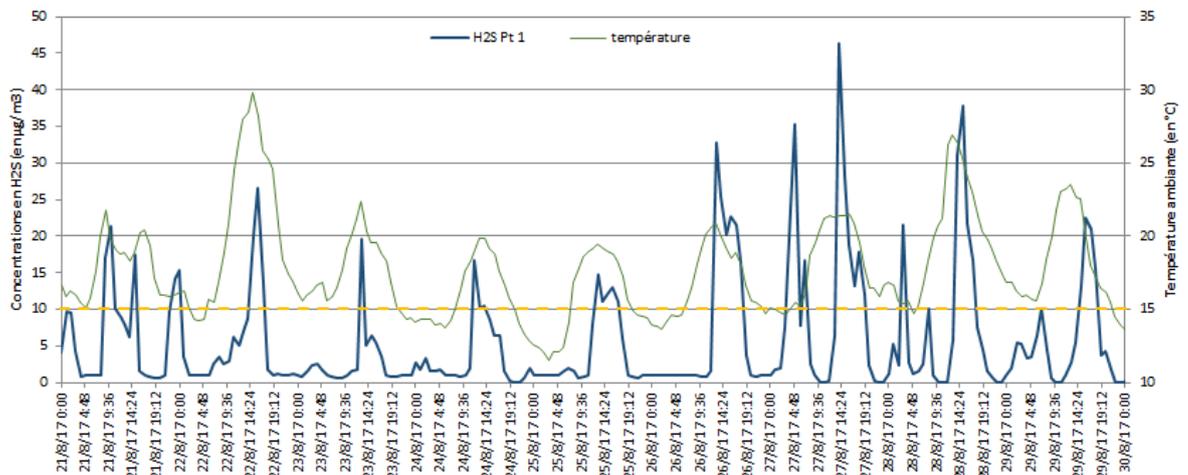


Figure 27 : Variations des concentrations en hydrogène sulfuré au niveau du point 1 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux températures ambiantes (en $^{\circ}\text{C}$)

Ce graphique permet de mettre en évidence la relation forte entre la température ambiante et les niveaux de concentrations en hydrogène sulfuré.

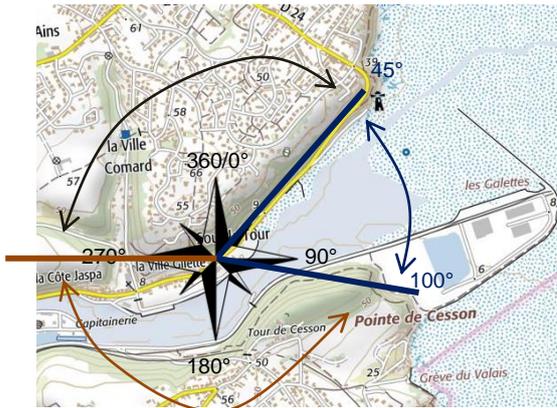
Sur la période étudiée, les pics de concentrations sont mesurés lors des températures ambiantes les plus élevées dans la journée.

Les niveaux d'hydrogène sulfuré mesurés en période nocturne sont également bien corrélés aux températures ambiantes faibles. On constate alors une température 'seuil' aux alentours de 15°C en dessous de laquelle les niveaux d'hydrogène restent faibles bien que les hauteurs d'eau soient les plus faibles (période marée basse figure page précédente).

Cette comparaison aux températures permet donc de comprendre l'une des raisons pour laquelle chaque marée basse n'est pas associée à un pic de concentration en hydrogène sulfuré. En effet, la température ambiante influence le niveau d'activité des processus de décomposition de la matière organique et la volatilisation des composés émis.

g) [Corrélation des concentrations en hydrogène sulfuré avec les conditions de vents](#)

Les deux graphiques de la page suivante présentent les évolutions des concentrations en hydrogène sulfuré en fonction des mesures de direction des vents sur la station Météo France.



Exposition du point de mesures selon les vents :
 45°-100° → vents en provenance de la Baie (et vasière à l'embouchure)
 100°-270° → vents en provenance de la vasière du lit du Gouët
 270°-45° → vents en provenance des terres.

Figure 28 (ci-contre) : origine des vents sur le point 1

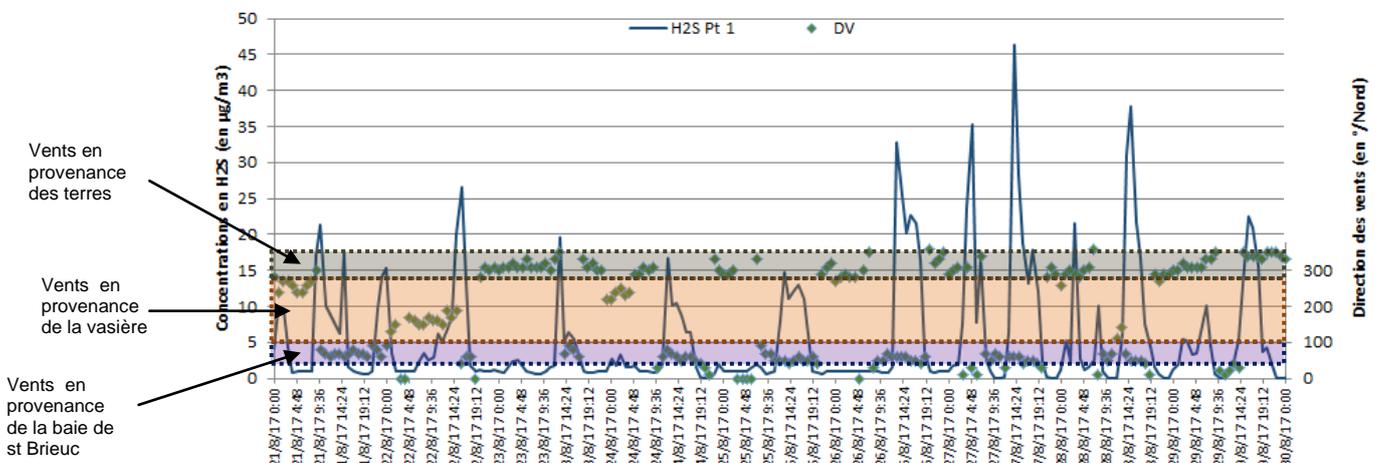


Figure 29 : Evolution des concentrations en hydrogène sulfuré (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction des directions des vents ($^\circ/\text{N}$) symbolisées par les losanges

Cette représentation graphique permet d'associer les concentrations mesurées aux directions des vents.

Ainsi on constate que la majorité des pics sont mesurés lors de vents en provenance de la Baie de St Briec (et de l'entrée de l'embouchure) compris entre 45 et 100°.

A contrario, peu de pics sont mesurés par vent en provenance de la vasière (partie amont du point 1) et encore moins par vent en provenance des terres (Ouest à Nord-Est).

Cette association des concentrations en fonction des conditions de vents peut être illustrée par des roses des pollutions. A l'image des roses des vents, chacune de leurs pales indique les niveaux de concentrations mesurées et leur fréquence par direction de vent.

La rose des pollution présentée à la page suivante a été réalisée à partir des données sur l'ensemble de la période en considérant les concentrations supérieures à un « bruit de fond » estimées à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figure 30 : Rose des pollutions sur toute la période en Hydrogène sulfuré (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) au niveau du point 1- chantier naval

Cette illustration conforte les propos précédents à savoir que les concentrations supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont majoritairement mesurées par vent de Nord-Est soit en provenance de l'entrée de l'embouchure et de la baie de St Briec.

Ces vents sont également porteurs des concentrations les plus fortes mesurées durant la totalité de la campagne de mesures.

Ce chapitre relatif aux directions des vents permet d'identifier l'origine principale des concentrations moyennes à élevées d'hydrogène sulfuré mesurées à savoir l'entrée de l'embouchure et la baie de St Briec. La localisation du point de mesures ne permet pas de dissocier ces deux sources.

La configuration topographique de l'embouchure* associée à des vents de Nord-Est contribue à l'augmentation des concentrations mesurées en hydrogène sulfuré.

*Comme précisé dans le chapitre III, la différence d'altitude marquée entre le lit de la rivière et les alentours limite la dispersion des masses d'air ce qui rend particulièrement sensible ce secteur.

[h\) Synthèse des interprétations des mesures en continu hydrogène sulfuré](#)

A l'issue de ce chapitre relatif aux mesures en continu d'hydrogène sulfuré, nos conclusions sont les suivantes :

- Les résultats des mesures à l'entrée de l'embouchure, à proximité du chantier naval, ont souvent été supérieurs au seuil olfactif (représentant 70% des journées de mesures). Le seuil sanitaire n'a pas été dépassé.
- Pour le 2nd point situé 950 m en amont, à proximité du CTD, les mesures sont bien plus faibles, et le seuil olfactif a été très rarement dépassé.
- Ces deux points situés sur un même transect d'Ouest en Est marquent donc une décroissance des concentrations en hydrogène sulfuré de l'aval vers l'amont.

- Les concentrations mesurées sont corrélées à plusieurs facteurs que sont les horaires des marées, les amplitudes des marées (coefficient) et la température ambiante. Le 1^{er} facteur contribue à la mise à nue des zones de décomposition au sein des vasières, le 2nd accentue le phénomène de décomposition notamment en période de coefficient de marées décroissant et enfin le 3^{ème} est un paramètre essentiel dans le processus de décomposition.
- Enfin, l'illustration sous forme de rose des pollutions au niveau du point 1 a permis de mettre en évidence l'origine des concentrations moyennes à élevées mesurées à savoir en provenance de l'entrée de l'embouchure et de la baie de St Briec. Ce point justifie la raison pour laquelle les concentrations au niveau du point 2, plus en amont, sont bien plus faibles.

Cette interprétation a porté sur 2 points de mesures en continu. Elle sera complétée par l'interprétation des prélèvements ponctuels réalisés par tube passif sur les 5 points (cf. Chapitre VI.2).

VI.1.3 Résultats des mesures en continu de dioxyde de soufre au point 1

Un analyseur de dioxyde de soufre a été installé sur le point 1, à proximité du chantier naval situé sur le bord du Gouët, côté embouchure.

Les résultats des mesures sur l'ensemble de la période ont révélé des teneurs de l'ordre de la limite de détection de l'appareil avec un maximum de 8 µg/m³ qui reste insignifiant au regard des valeurs seuils réglementaires et sanitaires.

VI.1.4 Résultats des mesures en continu d'ammoniac au point 2

L'objectif de ces mesures en continu était dans un premier temps de vérifier la conformité des niveaux d'ammoniac dans l'air au regard de seuils sanitaires et de déterminer, en cas de valeurs élevées, la source possible par corrélation aux données météorologiques.

Rappelons que la station d'épuration avait été identifiée par notre demandeur comme source possible des odeurs ressenties. La figure ci-après permet de localiser le point de mesure n°2 ainsi que la station d'épuration.

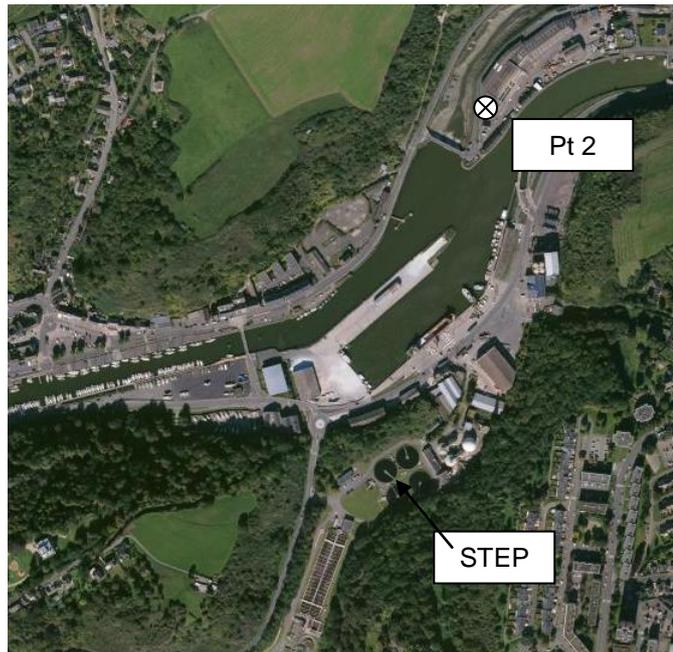


Figure 31 : Localisation du point de mesure en continu d'ammoniac (pt 2) et de la station d'épuration

Le capteur de mesure NH_3 a été posé sur le point 2 pendant 42 jours soit du 19/07 au 30/08 avec une mesure toute les 10 minutes.

Sur l'ensemble de cette période de mesures, les résultats des mesures ont été inférieurs à la limite de détection de l'appareil à savoir $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cette limite est largement inférieure au seuil olfactif de l'ammoniac estimé entre 2700 et 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sur ce point de mesures, les mesures d'ammoniac sont inférieures au seuil olfactif et ne sont donc pas à l'origine des odeurs ressenties par les riverains.

Ces mesures en continu ont été complétées par la pose de tubes passifs sur une semaine et sur les 5 points de prélèvements de la zone d'étude permettant ainsi d'améliorer la couverture spatiale (cf. Chapitre VI.2).

VI.2. Les prélèvements ponctuels

En complément des mesures en continu, des prélèvements ponctuels ont été réalisés afin d'améliorer la couverture spatiale des mesures mais aussi d'élargir le panel des substances analysées dans la continuité des précédentes études 2012-2013.

a) Synthèse des résultats

Les résultats des prélèvements ponctuels réalisés sur cette campagne sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Tableau 15: Synthèse des résultats des prélèvements ponctuels sur les 5 points de mesures

| | | | | | Saint-Briec - Légué | | | | | |
|---------------|----------------------------|---|---------|------------------|---------------------|---------|----------------|----------------|---------|------|
| Paramètres | Durée privt | Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) | | Unité | SITE 1 | SITE 2 | SITE 3 | SITE 4 | SITE 5 | |
| | | Valeurs | Nature* | | Chantier naval | CTD | Place Légué | Ecole Légué | STEP | |
| | | | | | juil-17 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | |
| Tubes passifs | Hydrogène sulfuré | 7j | 30 | VTR subchronique | μg/m ³ | 1,8 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,7 |
| | Disulfure de carbone | 7j | 700 | VTR chronique | μg/m ³ | 0,29 | 0,13 | < 0,01 | < 0,01 | 0,03 |
| | Ammoniac | 7j | 100 | VTR chronique | μg/m ³ | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 2,2 | 2,1 |
| | Formaldéhyde | 7j | 37,5 | VTR subchronique | μg/m ³ | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| | Acétaldéhyde | 7j | 9 | VTR chronique | μg/m ³ | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 0,7 |
| | Propionaldéhyde | 7j | 8 | x | μg/m ³ | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Barbotage | Acide acrylique | 1h | 6000 | VTR aigüe | μg/m ³ | < 3,0 | < 211 | < 50 | x | x |
| | Acide acétique | 1h | x | x | μg/m ³ | 15 | < 211 | < 50 | x | x |
| | Acide lactique | 1h | x | x | μg/m ³ | 21 | 1264 | 354 | x | x |
| | Acide sulfurique (1) | 1h | 120 | VTR aigüe | μg/m ³ | (1) | (1) | (1) | x | x |
| Canister | Toluène | 3h | x | x | μg/m ³ | 3 | < 1 | < 1,0 | x | x |
| | Octaméthylcyclotrisiloxane | 3h | x | x | μg/m ³ | 13 | 8 | 4,8 | x | x |
| Tubes actifs | Formaldéhyde | 1h | 50 | VTR aigüe | μg/m ³ | 2,9 | 2,7 | 3,3 | x | x |
| | Acétaldéhyde | 1h | 470 | VTR aigüe | μg/m ³ | 1,6 | 1,7 | 1,9 | x | x |
| | Propionaldéhyde | 1h | x | x | μg/m ³ | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | x | x |

* la nature de la VTR retenue a été adaptée (si disponible) à la période d'échantillonnage à savoir : VTR subchronique pour les prélèvements sur 1 semaine, VTR aigüe pour les prélèvements de quelques heures.

(1) Doute analytique sur les résultats : Site 1 : 49 μg/m³ - Site 2 : 763 μg/m³ - Site 3 : 492 μg/m³ - cf. explication p.41

→ Prélèvements par tube passif pendant 1 semaine du 27/07 au 3/08/17

Les résultats sont très faibles au regard des valeurs de références et les écarts des niveaux entre les différents points sont non significatifs.

Pour l'ammoniac (NH₃) dont l'objectif était notamment d'étudier les variations spatiales et le potentiel impact des émissions de la station d'épuration, les concentrations sur l'ensemble des points sont faibles et semblables. Les émissions de la station d'épuration pour ce composé sont donc jugées non significatives sur la semaine de mesures.

Pour l'hydrogène sulfuré, les prélèvements par tube passif complètent les mesures en continu réalisées sur 2 points. Les résultats des prélèvements ponctuels sur les 5 points de mesures sont peu différents et insignifiants au vu du seuil sanitaire.

Conformément à ce qui a été mis en évidence dans le chapitre précédent relatif aux mesures en continu, le point 1 situé proche de l'embouchure, présente une concentration très légèrement supérieure aux autres points dont les résultats sont voisins des limites de quantification.

Par comparaison aux mesures en continu, la moyenne des mesures avec l'analyseur sur le point 1 pour la même période est de $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec le tube passif et sur le point 2 de $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec le tube passif.

Ce point permet de valider la qualité du prélèvement et de l'analyse par tube passif.

Ce type de prélèvement sur une semaine est adapté pour une comparaison au seuil sanitaire sur une période similaire. Ce dernier est largement respecté sur tous les points.

Toutefois, ce type de prélèvement ne permet pas d'exclure sur les 3 autres points dépourvues de mesures en continu, que le seuil olfactif n'a pas été dépassé.

Pour répondre à ce point, les graphiques ci-après présentent les résultats des mesures en continu (demi-heure) pour les points 1 et 2, comparés à la moyenne sur la période calculée à partir de ces mesures et au seuil olfactif de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

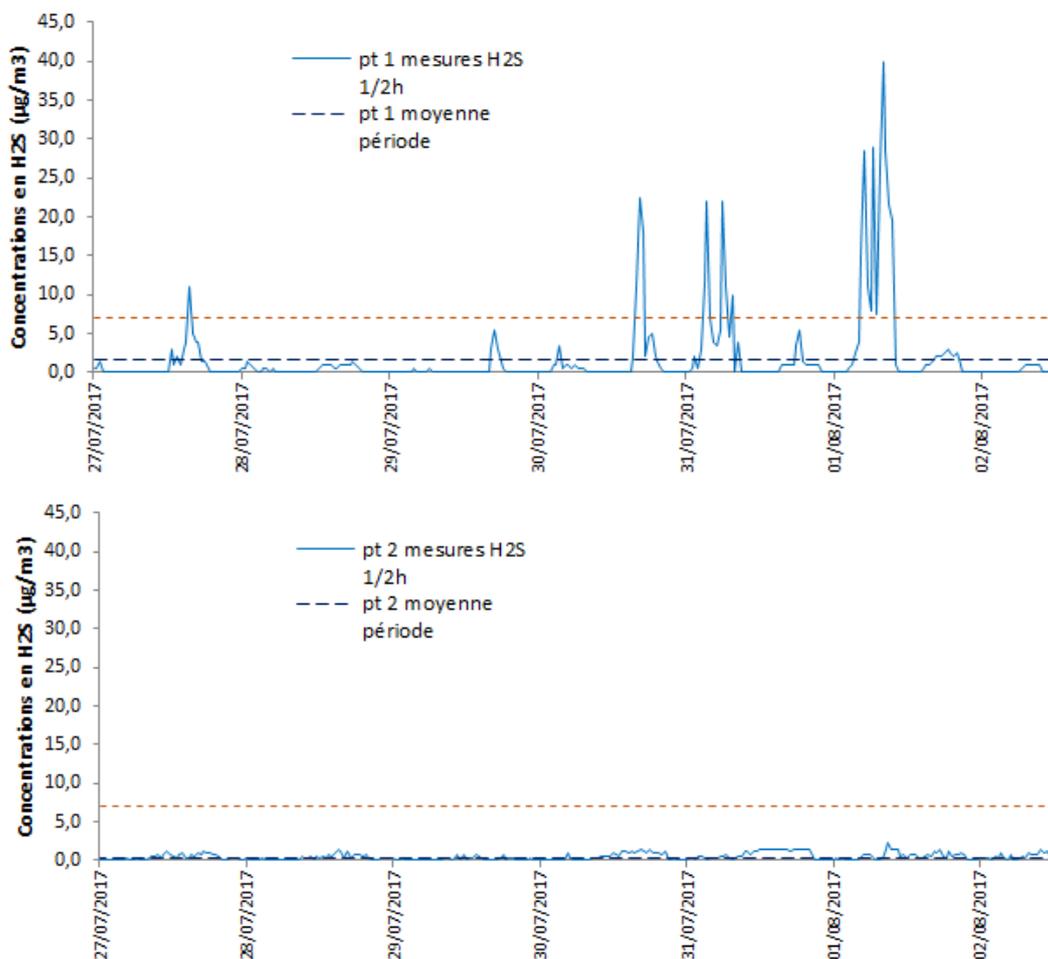


Figure 32 : Résultats des mesures en continu d'hydrogène sulfuré sur la période de pose des tubes passifs (points 1 et 2)

Sur le point 1, la moyenne de $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ masque les pics mesurés atteignant des valeurs supérieures au seuil olfactif à 3 reprises sur la période de prélèvements par tube passif.

Sur le point 2, bien que de légères variations soient observées, aucun dépassement du seuil olfactif n'a été observé ; la valeur maximale atteignant $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seulement.

Ainsi le fait de constater des dépassements du seuil olfactif sur le point 1 permet de valider la représentativité de la période de prélèvement ponctuel.

Ensuite, bien que des mesures en continu n'aient pas été effectuées sur l'ensemble des points, les prélèvements ponctuels révèlent des concentrations faibles sur les autres points alors que le point

1 révèle une concentration moyenne légèrement plus élevée et des dépassements ponctuels du seuil olfactif.

Ces résultats de prélèvements passifs en hydrogène sulfuré complètent donc les mesures en continu en mettant en évidence une absence de dépassement des seuils sanitaires sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces résultats semblent également confirmer que les impacts olfactifs concernent préférentiellement la zone de l'embouchure puisque les concentrations diminuent vers l'amont de la rivière.

→ Mesures sur quelques heures le 27/07/17 :

Pour les mesures des Composés Organiques Volatils (COV) qui ont été effectuées par prélèvement sur canister, **les résultats de la majorité des composés recherchés tels que le diméthylsulfure, le méthylmercaptan etc. sont inférieurs à la limite de quantification du laboratoire.**

Cependant, ces prélèvements ont mis en évidence la présence de traces d'autres composés qui ont selon nos recherches, une origine non liée à la problématique. Il s'agit du Toluène et de l'Octaméthylcyclotrisiloxane essentiellement mesurés sur le point 1, qui sont des composés chimiques employés respectivement comme solvant pour les peintures, les vernis, le caoutchouc, les graisses etc. ; et comme matière première, intermédiaire ou sous-produit de la fabrication des détergents et d'agents de nettoyage, de colorants, de colles etc.

Leur présence au point 1 pourrait s'expliquer notamment par l'activité exercée au chantier naval où des entretiens des bateaux sont effectués.

Les prélèvements sur tubes actifs qui avaient pour objectif de quantifier les aldéhydes montrent que les concentrations mesurées sont de **l'ordre de la limite de quantification** du laboratoire et que celles-ci sont **très proches sur l'ensemble des sites**. De plus, par comparaison aux VTR aigües, au vu de la durée d'échantillonnage, **les résultats sont peu significatifs**.

Concernant les acides, trois d'entre eux ont été mesurés en concentrations supérieures aux limites de quantification du laboratoire.

L'acide acétique a été mesuré en concentration supérieure à la limite de quantification sur le point 1 (chantier naval). C'est un composé ubiquitaire dans l'environnement (métabolite normal des plantes et animaux), et il est émis au cours de la combustion de la biomasse, des différents carburants, des déchets ménagers, ... Ce composé ne dispose pas de seuil sanitaire par inhalation et son odeur est perçue à partir de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée sur le point 1 est donc jugée peu inquiétante.

L'acide acrylique n'a pas été détecté sur les 3 points de prélèvements.

En revanche, deux autres acides présentent des niveaux de concentrations relativement élevés :

L'acide lactique a été mesuré sur les trois points de prélèvements à des concentrations comprises entre 21 et $1264 \mu\text{g}/\text{m}^3$; le maximum ayant été mesuré sur le site du CTD (point 2).

C'est un composé naturellement présent dans certains produits de la consommation courante mais il est également utilisé comme acidifiant dans la fabrication de produits laitiers, de produits chimiques, ...

L'acide acétique et l'acide lactique sont des composés qui peuvent être produits aux cours des réactions de fermentation de la matière organique, l'émission de ces molécules étant fonction des conditions d'oxydation du milieu et du type de micro-organismes présents.

La répartition spatiale des résultats (maximum des concentrations sur le point 2 contrairement aux mesures d'hydrogène sulfuré) rend difficile la compréhension des sources. Toutefois l'absence de seuils sanitaires pour ce composé dans le cadre d'expositions aiguë ou chronique, justifie le fait de ne pas approfondir davantage l'interprétation de ces résultats.

Un autre composé de cette même famille présente des teneurs plus élevées à savoir l'acide sulfurique et ce surtout au niveau des points 2 (CTD) et 3 (Place de la Résistance) avec notamment des dépassements de 4 à 7 fois la VTR aigüe.

Cependant, ces valeurs sont toutefois à prendre avec prudence puisqu'après concertation avec notre laboratoire sous-traitant qui est en charge des analyses, la technique analytique utilisée qui est en l'occurrence la chromatographie ionique prendrait en compte sans distinction dans la quantification, les poussières contenant des sulfates qui ont pu être piégées lors du prélèvement par barbotage sur site. **Par conséquent, les mesures de ce composé sont à prendre avec réserve du fait de ces possibles interférences d'autant que ces résultats sont nettement supérieurs à ceux des campagnes 2012-2013 (cf. chapitre suivant).**

Un comparatif de ces résultats avec ceux des campagnes 2012/2013 est réalisé dans le chapitre suivant.

b) Comparaison des mesures ponctuelles aux résultats des campagnes précédentes 2012-2013

Le tableau ci-après permet de comparer les résultats de cette campagne à celles réalisées en 2012/2013 sur les mêmes paramètres.

Tableau 16: Comparaison des résultats des mesures ponctuelles avec les résultats des précédentes études menées par Air Breizh de 2005 à 2013

| Paramètres | | | | TOUL AR VILIN (22) | | | | | TREGUIER (22) | | TOUL AR VILIN (56) | | | | | LOCMIQUELIC (56) | | Saint-Briec - Légué (22) 2017 | | | | | |
|--|----------------------------|-----------|-------------------|--------------------|--------|---------------------------------|--------|---------|------------------|--------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|------------------|---------|-------------------------------|------------|--------------------|--------------------|-------------|------|
| | | | | Etat zéro | | Pendant les travaux de dévasage | | | Vasière épargnée | | Etat zéro | | Echouage | | | Echouage | | SITE 1 Chantier naval | SITE 2 CTD | SITE 3 Place Légué | SITE 4 Ecole Légué | SITE 5 STEP | |
| | | | | 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 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | |
| Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) | | Unité | avr-12 | avr-12 | mai-12 | mai-12 | mai-12 | juil-12 | juil-12 | mai-13 | mai-13 | juin/sep t 2013 | juin/sep t 2013 | juin/sep t 2013 | oct-13 | oct-13 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | juil-17 | | |
| Valeurs | Nature* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tubes passifs | Hydrogène sulfuré | 30 | VTR subchronique | µg/m ³ | 2,5 | < 0,6 | 2,2 | < 0,3 | x | 0,6 | 0,7 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,6 | < 0,6 | x | 2,9 | 1,1 | 1,8 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,7 |
| | Disulfure de carbone | 700 | VTR chronique | µg/m ³ | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | x | 0,05 | 0,02 | < 0,01 | 0,39 | < 0,004 | < 0,004 | x | < 0,10 | < 0,10 | 0,29 | 0,13 | < 0,01 | < 0,01 | 0,03 |
| | Ammoniac | 100 | VTR chronique | µg/m ³ | 1,4 | 1,0 | 1,1 | 0,8 | x | 2,5 | 2,6 | 1,1 | 0,9 | 1,3 | 1,5 | x | 1,8 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 2,2 | 2,1 |
| | Formaldéhyde | 37,5 | VTR subchronique | µg/m ³ | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | x | 1,3 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | x | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| | Acétaldéhyde | 9 | VTR chronique | µg/m ³ | 0,8 | 0,9 | 0,5 | 0,6 | x | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,1 | x | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 0,7 |
| | Propionaldéhyde | 8 | x | µg/m ³ | < 0,05 | 0,15 | < 0,05 | < 0,1 | x | < 0,1 | < 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | x | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Barbotage | Acide acrylique | 6000 | VTR aigüe | µg/m ³ | x | < 11 | < 56 | < 56 | < 56 | < 11 | < 11 | < 3,4 | < 3,1 | < 3,3 | < 3,3 | < 3,3 | 125 | 67 | < 3,0 | < 211 | < 50 | x | x |
| | Acide acétique | x | x | µg/m ³ | x | < 3,4 | < 3,0 | < 3,0 | 12 | < 3,3 | < 3,3 | 28,6 | 20 | 132 | 82 | 138 | < 3,2 | < 3,2 | 15 | < 211 | < 50 | x | x |
| | Acide lactique | x | x | µg/m ³ | x | < 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 | 21 | 1264 | 354 | x | x |
| | Acide sulfurique | 120 | VTR aigüe | µg/m ³ | x | 8,2 | 14 | 13 | 6,4 | 102 | 8 | 8 | 3 | 4,6 | 8 | 4 | 8 | 6 | (1) | (1) | (1) | x | x |
| Canister | Diméthylsulfure | x | x | µg/m ³ | < 1 | < 1 | 3,3 | < 2,3 | x | < 1,3 | < 1,4 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | x | < 1 | < 1 | x | x | x | x | x |
| | Méthylmercaptan | x | x | µg/m ³ | < 1 | < 1 | < 2,3 | < 2,3 | x | < 1,3 | < 1,4 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | x | < 1 | < 1 | x | x | x | x | x |
| | Diméthyldisulfure | x | x | µg/m ³ | < 1 | < 1 | < 2,3 | < 2,3 | x | < 1,3 | < 1,4 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | x | < 1 | < 1 | x | x | x | x | x |
| | Dithiapentane | x | x | µg/m ³ | < 1 | < 1 | < 2,3 | < 2,3 | x | < 1,3 | < 1,4 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | x | < 1 | < 1 | x | x | x | x | x |
| | 1,2,4 Triolane | x | x | µg/m ³ | < 1 | < 1 | < 2,3 | < 2,3 | x | < 1,3 | < 1,4 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | x | < 1 | < 1 | x | x | x | x | x |
| | Toluène | x | x | µg/m ³ | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 3 | < 1 | < 1,0 | x | x |
| | Octaméthylcyclotrisiloxane | x | x | µg/m ³ | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 13 | 8 | 4,8 | x | x |
| | Formaldéhyde | 50 | VTR aigüe | µg/m ³ | x | x | 0,7 | < 0,5 | < 0,5 | 1,5 | 1,7 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,4 | < LQ | 1,3 | 2,9 | 2,7 | 3,3 | x | x |
| Acétaldéhyde | 470 | VTR aigüe | µg/m ³ | x | x | 0,8 | < 0,5 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,7 | 0,7 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | x | x | |
| Propionaldéhyde | x | x | µg/m ³ | x | x | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 5,8 | 8,2 | 0,3 | < 0,3 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | < LQ | < LQ | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | x | x | |

* la nature de la VTR retenue a été adaptée (si disponible) à la période d'échantillonnage à savoir : VTR subchronique pour les prélèvements sur 1 semaines, VTR aigüe pour les prélèvements de quelques heures.

 valeur maximale par paramètre

(1) *Doute analytique sur les résultats : Site 1 : 49 µg/m³ - Site 2 : 763 µg/m³ - Site 3 : 492 µg/m³*

Les résultats des mesures ponctuelles réalisées sur tubes passifs, par canister et sur tubes actifs sont globalement assimilables aux résultats des précédentes études menées par Air Breizh en 2012 et 2013, au vu des incertitudes des mesures. En effet, ces résultats sont globalement faibles et proches.

Pour rappel, lors des précédentes campagnes les résultats étaient également peu significatifs et proches entre eux quelles que soient les conditions de prélèvements à savoir en l'absence ou en présence d'échouages et lors des vents favorables ou non.

Les valeurs maximales mesurées par paramètre en 2017 n'ont pas dépassé (ou très légèrement) celles des campagnes 2012/2013 excepté pour l'acide lactique qui ne présente toutefois pas de toxicité avérée.

Si ces résultats sont encore difficiles à interpréter, les campagnes permettent néanmoins d'acquérir des connaissances sur la mesure de ces substances et des références des concentrations rencontrées dans l'environnement.

VII. Conclusions

Suite à des mauvaises odeurs ressenties par les riverains du Légué en début d'été 2017, l'Agence Régionale de Santé a sollicité Air Breizh dans l'urgence afin que des mesures soient réalisées et ainsi permettre de caractériser ces nuisances et tenter d'en déterminer l'origine.

Trois origines possibles avaient été identifiées avant l'étude :

- Les émissions liées aux dépôts d'algues dans les vasières de la rivière du Gouët ;
- Les émissions liées aux dépôts d'algues dans la baie de Saint Briec ;
- Les émissions liées au fonctionnement de la station d'épuration du Port du Légué.

Air Breizh a proposé un protocole comprenant différents points de mesures en continu placés selon un transect d'Ouest en Est le long de la rivière, complétés par des mesures ponctuelles sur d'autres points et d'autres polluants afin d'élargir le panel de polluants analysés.

La campagne de mesures a été réalisée du 19/07 au 30/08/17.

En termes de **représentativité de cette campagne**, l'analyse des données de surfaces colonisées par les ulves en 2017 fournies par le CEVA révèle une année exceptionnelle de par la précocité des développements en début de saison. L'année 2017 est donc jugée particulièrement pénalisante en termes d'échouages d'algues vertes par rapport à l'historique.

Concernant les paramètres météorologiques, les températures moyennes et les cumuls des précipitations ont été conformes aux normales. Il y a eu peu de pics de température excepté quelques jours en fin de campagne et c'est pour cette raison que la période des mesures a été allongée d'une semaine supplémentaire.

Les résultats et interprétation à l'issue de cette campagne sont les suivants.

Les mesures en continu d'hydrogène sulfuré ont été réalisées simultanément sur 2 points à savoir au niveau de l'embouchure (point 1) et au niveau du Centre technique départemental (point 2) situé à 950 mètres en amont vers le Légué.

Les résultats des mesures au niveau de l'embouchure ont été supérieurs à ceux du point situé plus en amont mais restent dans les deux cas bien inférieurs aux seuils sanitaires (exposition aigüe et chronique).

Toutefois, ces mesures en continu ont permis de mettre en évidence des dépassements récurrents du seuil olfactif ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une demi-heure) seulement sur le point 1 proche de l'embouchure. Au total, 70% des jours de mesures ont été concernés par un dépassement (29 jours sur les 42 au total).

Le point 2, plus en amont, présente un pourcentage de dépassement négligeable (0.2%) ce qui témoigne d'un éloignement de la source à l'origine de ces concentrations.

Un travail de corrélation a donc été mené afin de déterminer l'origine de ces teneurs sur le point 1 situé à l'embouchure. Plusieurs indicateurs ont été utilisés à savoir les horaires et coefficients de marée, la température ambiante et les conditions de vents.

Cette analyse a permis de révéler une corrélation logiquement étroite des concentrations en hydrogène sulfuré avec les horaires des marées ; les pics de concentrations étant mesurés lors des périodes de basse-mer du fait de la mise à nue des zones de vase.

Par ailleurs, il semblerait que d'autres facteurs comme la température ambiante, les périodes de décroissance des coefficients de marée (contribuant au dépôt d'algues non récupérées par la marée haute suivante) favorisent la survenue de pic de concentrations en hydrogène sulfuré.

Enfin, la corrélation aux directions des vents a montré de manière claire que les concentrations en hydrogène sulfuré augmentent significativement lorsque les vents proviennent du Nord-Est soit de l'embouchure et de la baie de St Briec.

D'autres paramètres ont été mesurés en continu à savoir l'ammoniac et le dioxyde de soufre. Les résultats de ces mesures ont révélé des teneurs au voisinage des limites de détection des appareils.

En complément de ces mesures, des prélèvements ponctuels ont été réalisés sur un panel étendu de substances sur une journée choisie, dans la mesure du possible, en associant des conditions les plus défavorables. Cette journée de prélèvement a été réalisée le 27/07/17.

Suite à cela, des prélèvements sur une semaine ont été réalisés à savoir du 27/07 au 03/08/17.

Les résultats des prélèvements en hydrogène sulfuré sur une semaine ont permis de conforter les mesures en continu à savoir des résultats inférieurs au seuil sanitaire (subchronique) sur les 5 points de prélèvements placés du Légué à l'embouchure. Bien que ce type de prélèvement sur une semaine ne soit pas adapté pour mettre en évidence un dépassement du seuil olfactif défini sur 30 minutes, au vu des résultats inférieurs ou au voisinage de la limite de quantification sur 4 des 5 points, il est peu probable que ce seuil olfactif ait été dépassé sur ces points.

Les résultats des autres paramètres (acides, aldéhydes, composés organiques volatils) sont globalement semblables à ceux des campagnes 2012-2013.

En conclusion de cette campagne, au vu des résultats des mesures en hydrogène sulfuré, il ressort que des nuisances olfactives peuvent être ponctuellement ressenties et ce particulièrement sur la partie Est de notre zone d'étude à savoir du côté de l'embouchure du Gouët avec la baie de St Brieuc. Les mesures d'hydrogène sulfuré réalisées plus en amont vers le Légué n'ont pas mis en évidence de dépassement du seuil olfactif ce qui traduit une décroissance des niveaux vers l'amont de la rivière.

Pour tous les points de mesures en hydrogène sulfuré, les seuils sanitaires n'ont pas été dépassés.

Les conjonctions ponctuelles de différents facteurs comme les horaires et coefficients de marée, la température ambiante et les directions des vents associées à une topographie particulière des lieux, contribuent à ces élévations ponctuelles et récurrentes des teneurs en hydrogène sulfuré.

D'autres mesures ont été réalisées comme l'ammoniac afin d'étudier l'impact des émissions de la station d'épuration. Les résultats sont inférieurs aux limites de détection ce qui permet d'écarter l'impact cette source pour ce paramètre.

La corrélation des concentrations d'hydrogène sulfuré avec les conditions de vents a permis de déterminer de manière assez claire l'origine de ces teneurs à savoir en provenance de l'entrée de l'embouchure en direction de la baie de St Brieuc.

L'augmentation du nombre de nuisances cette année dans ce secteur géographique pourrait s'expliquer par un développement exceptionnel des algues en début de saison comparativement aux années antérieures.

Concernant la période de mesures, bien que des nuisances olfactives ont été clairement mises en évidence, la période n'a probablement pas été la plus critique de l'année au regard des échouages, plus importants au printemps. Les nuisances, moins ressenties par les riverains pendant la période de mesures contrairement au printemps, pourraient s'expliquer par des conditions météorologiques moins favorables aux émissions de composés odorants (températures moins élevées notamment).

Il serait intéressant de mettre en place au printemps 2018 un dispositif de mesures en continu d'hydrogène sulfuré dès le début de la période d'échouage potentiel d'algues, afin d'assurer des mesures sur l'ensemble d'une saison, et également de relier ces mesures aux observations des riverains sous la forme d'un réseau de 'nez' afin de mieux évaluer les niveaux de nuisances du voisinage et en confirmer la ou les source(s) possible(s).