



SUIVI DES CONCENTRATIONS EN HYDROGÈNE SULFURÉ À PROXIMITÉ DES ZONES D'ÉCHOUAGES DES ALGUES SARGASSES

MARTINIQUE

Septembre 2015 à Juin 2016



Parution : oct 2016
Rédacteur : S.FALGUIERE
Ref : 10/16/H2SSept2015-Juin2016



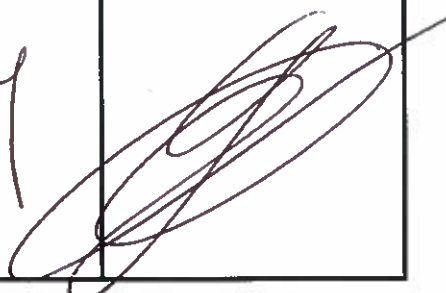
Suivi des concentrations en hydrogène sulfuré à proximité des zones d'échouage des algues sargasses

Septembre 2015 – juillet 2016

Madininair : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air



Rapport édité sous système de management de la
qualité certifié AFAQ ISO 9001 : 2008

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	S. Falguière	C. BOULLANGER	S. GANDAR
Qualité	Chargé d'études	Responsable études	Directeur
Visa			

Sommaire

I. Introduction.....	3
II. Contexte de l'étude	5
II.1 Les algues brunes : Sargassum fluitans	5
II.1.1 Description	5
II.1.2 Sources et causes de leur apparition dans la Caraïbes	5
II.1.3 Historique des évènements et des actions de Madinair en Martinique.....	6
II.2 Polluant étudié : le sulfure d'hydrogène.....	10
II.2.1 Origine et sources.....	10
II.2.2 Effets sur la santé	10
III. Le réseau de mesure.....	11
III.1 Les sites de mesure	11
III.2 Le matériel de mesure.....	12
III.2.1 Le dispositif Cairpol :	12
III.2.2 L'analyseur automatique (station fixe de Madinair) :	15
III.3 Traitement et communication des données	15
IV. Résultats.....	16
IV.1. Fiabilité de la mesure automatique	16
IV.1.1 Mesure en station fixe par analyseur automatique.....	16
IV.1.2 Mesure réalisée par appareil Cairpol	16
IV.2 Présentation des résultats.....	17
IV.2.1 Concentrations horaires maximales.....	17
IV.2.2 Concentrations journalières maximales.....	18
IV.2.3 Conclusion :	19
V. Discussion élargie aux applications possibles dans le cadre éventuel d'un projet de recherche	20
V.1 Zoom sur l'épisode du mois de septembre 2015 sur le site de Pontalery au Robert. 20	
V.1.1 Première partie de l'épisode (du 12 au 18 septembre 2015)	22
V.1.2 Deuxième partie de l'épisode (du 19 au 28 septembre 2015).....	24
V.2 Influence des conditions météorologiques sur la concentration d'H ₂ S en air ambiant sur le site de Pontaléry du 19 au 28 septembre 2015.....	25
VI. Conclusion	31

VII. Bibliographie	32
VIII. Annexes.....	33
VIII.1 Annexe 1 : Exemple de communiqué journalier transmit à l'ARS	33
VIII.2 Annexe 2 : Liste des dépassements du seuil d'alerte horaire (1 ppm).....	35
VIII.3 Annexe 3 : Photos des sites de mesure	37

I. Introduction

En 2011, 2014 puis 2015, des échouages massifs d'algues dites Sargasses ont impacté les côtes de la Martinique. Quand elles pourrissent, ces algues sont responsables de dégagements de divers gaz aux propriétés irritantes dont principalement l'hydrogène sulfuré (H₂S) et l'ammoniac (NH₃). Si le phénomène d'échouages survenait jusqu'alors selon un mode cyclique, les observations faites en 2015 ont mis en évidence des arrivages d'algues quasi ininterrompus de la deuxième moitié de l'année 2014 au milieu de l'année 2015.

Face à ce phénomène, l'Agence Régionale de Santé et Madinair ont proposé un protocole de mesure permettant la surveillance en continu des concentrations en H₂S et NH₃ à proximité des zones d'échouage de ces algues. Soutenu par le Préfet de Région et avec des financements de l'Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie ADEME, du Conseil Régional et du Conseil Général de la Martinique, ce projet a pour objectif premier une communication à destination des acteurs de la santé, des décideurs, des institutions et de la population, des quantités d'H₂S mesurées dans l'environnement proche des zones d'échouage et une aide à la gestion, notamment de ramassage, lors des échouages massifs d'algues similaires à ceux qui ont eu lieu en 2011 et 2014.

Pour réaliser ces mesures, des capteurs sont installés sur les sites les plus exposés des communes du Marigot, Trinité, Robert, François, Vauclin et Sainte-Anne. Ces sites ont été définis par l'ARS suivant les plaintes recueillies et les zones urbanisées les plus impactées par les émanations des algues en putréfaction.

Ces capteurs de type « Cairpol » permettent un suivi des concentrations en H₂S et NH₃ en continu et en temps réel par un rapatriement des données sur le poste central de Madinair. Toutefois, ces capteurs ont l'inconvénient technique de ne pouvoir être étalonnés, c'est-à-dire qu'une vérification de la mesure durant le temps de vie des capteurs de 1 an ne peut être réalisée. Ainsi, des mesures en parallèle sont réalisées par des capteurs étalonnés de type Dräger permettant de suivre l'évolution et le vieillissement dans le temps des Cairpol et ainsi de valider la fiabilité de la mesure réalisée.

En parallèle à ces mesures, un analyseur automatique permettant la mesure des concentrations en H₂S a été placé dans la station urbaine dans le bourg du Robert, permettant une mesure en continu et en temps réel de ces concentrations.

Les données de ces capteurs sont communiquées quotidiennement à l'ARS Martinique, par un bulletin qui précise les concentrations en H₂S mesurées ainsi que les recommandations sanitaires associées.

Ce rapport présente les données des concentrations en hydrogène sulfuré, réalisées depuis le début des mesures en septembre 2015.

Remarque 1 : Le protocole de communication des résultats proposés est en cours de validation par la Préfecture.

Remarque 2 : Les données concernant l'ammoniac NH₃ ne sont pas présentées dans ce rapport. En effet, ces données sont en cours d'exploitation par l'ARS et seront donc présentées ultérieurement.

II. Contexte de l'étude

II.1 Les algues brunes : *Sargassum fluitans*

II.1.1 Description

Les sargasses sont des algues pélagiques, c'est à dire qu'elles vivent en pleine mer, et ne sont donc pas accrochées à un quelconque substrat comme la plupart des algues que nous connaissons en mer caraïbes. Ces sargasses en question sont représentées par 2 espèces : *Sargassum fluitans* et *Sargassum natans*¹. Elles flottent en surface grâce à de petits flotteurs. Elles sont connues depuis longtemps, notamment par les pêcheurs des Antilles, et pouvaient être observées en mer au large depuis de nombreuses années formant de petits patchs (quelques m²). Elles vivent dans les eaux tropicales et présentent de fortes zones d'accumulation notamment dans la mer des sargasses au large des côtes Est des Etats-Unis, zone bien connue des navigateurs pour être une zone présentant des débris divers liée à la présence d'une situation courantologique particulière appelée « Gyre océanique »; ce Gyre correspond à une zone très calme où la conjonction des courants en cercle limite la dispersion des immenses radeaux d'algues et débris qui s'accumulent. Toutefois des amas d'algues sont régulièrement emportés par les systèmes de courants alentours et sont dispersés dans l'océan Atlantique.

II.1.2 Sources et causes de leur apparition dans la Caraïbes

Les causes exactes des récents flux sans précédents d'algues Sargasses sont à l'heure actuelle toujours débattues. Cependant, la localisation de la source de ce phénomène semble avoir été établie. En effet, on a longtemps pensé que ces importantes quantités provenaient de la mer des Sargasses située au Sud de la Floride (Figure 1). Les algues auraient été transportées directement dans la Caraïbe par des courants océaniques se déplaçant en direction du Sud-Ouest.

Toutefois, le traçage du mouvement des algues depuis leurs points d'échouages à l'aide de méthodes de suivi par satellite, des modèles océaniques et l'exploitation de photographies aériennes à haute résolution a permis aux scientifiques d'identifier la source potentielle des récents arrivages massifs. Cette dernière est localisée dans la Région de Recirculation Nord Equatoriale (NERR) qui est située entre le Brésil et l'Afrique².

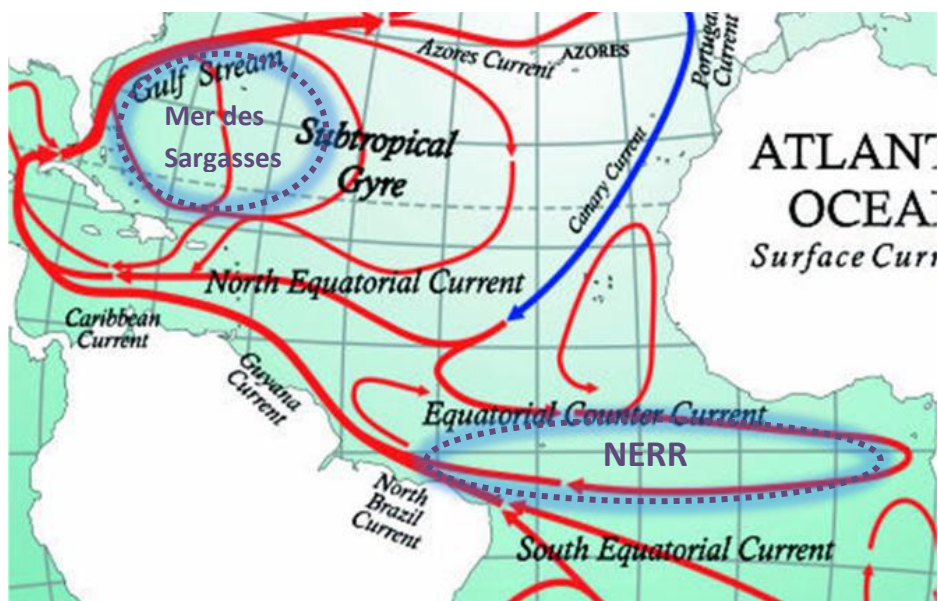


Figure 1: Localisation des courants Nord-Atlantiques, de la NERR et de la mer des Sargasses (source : <http://www.bigmarinefish.com/currents.html>).

Les facteurs qui contribuent à produire de telles quantités de Sargasses dans cette région seraient liées à un réchauffement de la température des océans causé par les changements climatiques et une augmentation des rejets de nutriments (nitrogène et phosphore) dans l'environnement marin à partir de sources continentales. De plus, les fluctuations dans l'intensité des courants marins situés dans la NERR entraînées par des variations croissantes des indices climatiques majeurs ont permis la mise en place de « phases » successives d'accumulation, puis de libération de grandes quantités d'algues dans cette région. Ces dernières sont ensuite entraînées vers le Nord-Ouest en direction de la mer des Caraïbes par des courants de surface variables suivant les saisons (courants Nord Brésilien et Guyanais).

II.1.3 Historique des évènements et des actions de Madinair en Martinique

- **2011 : Etude des concentrations en H₂S – Tubes passifs**

Depuis 2011, des algues brunes de type sargasses s'échouent en masse sur la côte Atlantique de la Martinique. D'abord observé au large de la Guyane en Mai-Juin, le phénomène, en Martinique, a débuté en juillet 2011 et s'est fini en Octobre de la même année. Durant cette phase d'échouage, l'Agence Régionale de Santé (ARS) enregistre des plaintes de la population à proximité du littoral Atlantique et Sud concernant des dégâts matériels mais également et surtout des nuisances olfactives et l'interrogation de l'impact sanitaire (gènes respiratoire et symptôme d'irritation).

Afin d'apporter des éléments de réponse à cette problématique, Madinair a été sollicité par l'ARS afin de réaliser une étude de la qualité de l'air en intérieur et

extérieur en ciblant des sites prioritaires (logements et établissements scolaires) définis à la suite des plaintes enregistrées. 11 logements et 8 écoles et crèches, répartis dans 6 communes : Robert, François, Vauclin, Marin, Sainte-Anne et Diamant ont été investigués. Ces 11 habitations comprennent 9 maisons de particuliers et 2 hôtels. Sur chacun de ces sites, 4 tubes, mesurant les concentrations en H₂S, ont été disposés : deux tubes à l'intérieur des habitations et hôtels et 2 tubes à l'extérieur. Ces tubes ont été placés sur site pendant une semaine et cela deux fois de suite lors de deux campagnes de mesure. L'objectif final de cette étude étant la mesure des concentrations en H₂S afin d'être comparée aux valeurs toxicologiques de référence.

Résultats de l'étude : Les figures 2 et 3 représentent respectivement les dépassements des valeurs toxicologiques de référence (VTR) en H₂S en intérieur et extérieur.

VTR pour une exposition aiguë (inférieure à 14 jours)	0,07 ppm	98 µg/m ³
VTR pour une exposition intermédiaire (14 à 365 jours)	0,02 ppm	28 µg/m ³

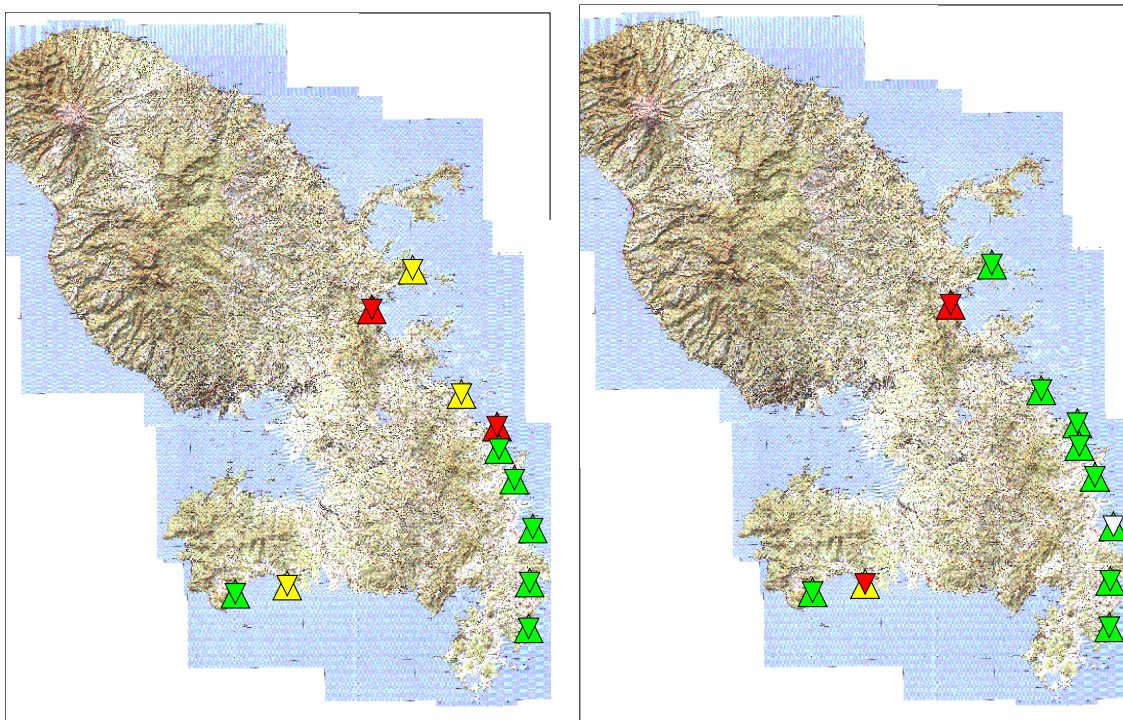


Figure 2: Concentrations en H₂S dans les chambres (triangle vers le bas) et dans les salons (triangle vers le haut) sur les sites de mesure. A gauche, campagne 1 (29/08/11 au 05/09/11). A droite, campagne 2 (07/09/11 au 13/09/11 et 14/09/11 pour les sites du Cap-Est)³.

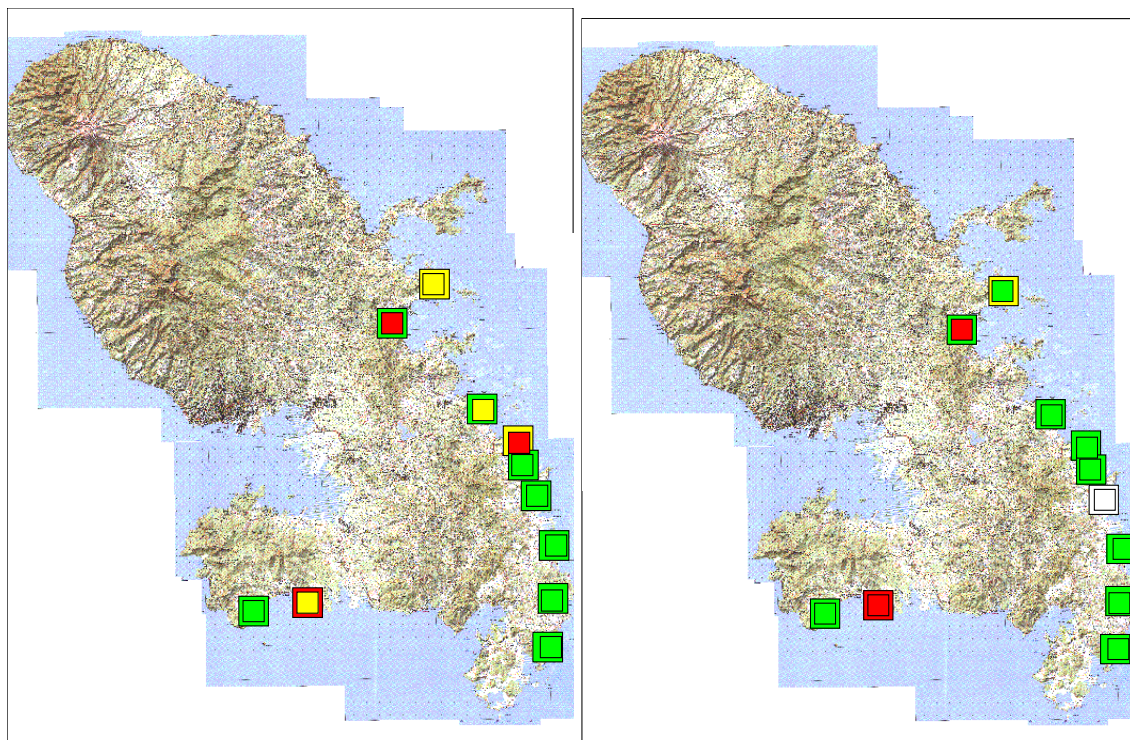


Figure 3: Concentrations en H₂S en air ambiant extérieur sur les terrasses (carré intérieur) et dans les quartiers (carré externe) sur les sites de mesure. A gauche, campagne 1 (29/08/11 au 05/09/11). A droite, campagne 2 (07/09/11 au 13/09/11 et 14/09/11 pour les sites du Cap-Est).

Les mesures réalisées dans les établissements scolaires du Robert et du François n'ont montré aucun dépassement des VTR sur la campagne qui s'est déroulée du 05/09/11 au 12/09/11.

- **2014 : Evaluation des concentrations en sulfure d'hydrogène**

L'épisode de 2011 n'a pas été un épisode isolé. En 2014, de nouveaux échouages massifs ont été enregistrés sur le littoral atlantique et le sud de l'île. Madininaire a été sollicité par l'Agence Régionale de Santé, pour réaliser une mesure des concentrations en sulfure d'hydrogène, H₂S, en air intérieur dans les écoles de la côte atlantique et chez un riverain du quartier de Pontalery au Robert, qui sont principalement touchés par les nuisances engendrées par la décomposition de ces algues. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un analyseur automatique qui permet un enregistrement continu et en temps réel du gaz H₂S avec une résolution de 0.3 ppb.

Les résultats de l'évaluation des concentrations en gaz H₂S sont présentés dans le tableau suivant :

	Période de mesure	Concentration moyenne en H2S (ppm)	Concentration maximale horaire en H2S (ppm)	Concentration minimale horaire en H2S (ppm)
Collège Robert III	01 - 03/10/14	0.5	1.1	0.1
Ecole Four à Chaux	03 - 06/10/14	0.05	0.23	0.01
Chez un riverain Quartier Pontalery	06 - 07/10/14	8	12.6	0.1

Tableau 1: Récapitulatif des résultats obtenus de l'évaluation des concentrations en H2S.

Face à ce phénomène, qui semble cyclique, une convention a été signée entre l'ARS et Madinainair dont les objectifs sont les suivants :

- Disposer de mesures en continu et en temps réel des concentrations en hydrogène sulfuré, aux abords d'habitations situées à proximité de zones touchées par les algues afin d'évaluer l'exposition chronique et aigue des riverains à proximité d'amas d'algues
- Améliorer les connaissances sur l'émission H₂S par ce type d'algues et caractériser le risque sanitaire

La stratégie de métrologie retenue par les participants suit les étapes suivantes :

1. Identifier les sites prioritaires susceptibles d'être impactés
2. Mettre en place un réseau de mesure composé d'appareils permettant :
 - La mesure en temps réel
 - Une mobilité sur le territoire
 - Implantation rapide

Pour répondre à cette demande, Madinainair a proposé un réseau de mesure de capteurs pouvant enregistrer en continu et transmettre en temps réel les concentrations en hydrogène sulfuré en plusieurs points de mesure.

- **2015 : Mise en place d'un réseau de mesure en continu et temps réel des émissions en H₂S et NH₃ liées aux échouages de Sargasses.**

Suite à la convention qui a vu le jour en 2014, la mise en place d'un réseau de mesure en continu dont la transmission des données se fait en temps réel a été initiée à la demande de l'ARS. Afin de répondre aux besoins métrologiques explicités dans la convention, le choix des appareils qui vont composer le réseau de mesure a été arrêté sur le dispositif Cairpol. Le rôle de ce réseau sera donc de mesurer sur des sites définis comme prioritaires par l'ARS, les concentrations en H₂S et NH₃. L'objectif étant d'avoir à terme un outil de surveillance en temps réel opérationnel et fiable qui permettra d'assurer une réactivité accrue face aux futurs échouages de sargasses.

II.2 Polluant étudié : le sulfure d'hydrogène

II.2.1 Origine et sources

Le sulfure d'hydrogène est produit par la dégradation des protéines contenant du soufre et est responsable d'une odeur désagréable d'œuf pourri. Il est naturellement présent dans le pétrole, le gaz naturel, les gaz volcaniques et les sources chaudes. Il peut résulter de décomposition bactérienne de la matière organique dans des environnements pauvres en oxygène. Il est également produit par les déchets humains et animaux. Le sulfure d'hydrogène peut également provenir des activités industrielles, telles que la transformation des produits alimentaires, du traitement des eaux usées, des hauts-fourneaux, des papeteries, des tanneries et des raffineries de pétrole.

Dans le cadre de cette étude, l'émission de ce gaz est liée à la décomposition anaérobie de la matière organique qui compose les sargasses. Il est important de distinguer une décomposition en milieu anaérobie d'un milieu aérobie. En effet, la décomposition aérobie nécessite de l'air dans son procédé. La matière fermentescible va se transformer essentiellement en gaz carbonique, sans réduction des composés soufrés et production de H₂S. En dehors du gaz carbonique et de la vapeur d'eau, il y a aussi libération de petites quantités d'ammoniac. L'oxygène est le facteur essentiel. On estime que l'air devrait occuper au moins 50 % du volume du tas⁴. L'anaérobiose commence lorsque le taux d'oxygène du tas est inférieur à 10 % ; elle prédomine au-dessous de 5 % d'oxygène-O₂ (air = 21 % O₂). Lorsque ces conditions sont atteintes, la décomposition anaérobie prend le relais et aboutit à la production :

- D'un produit humide riche en matière organique partiellement stabilisée appelé digestat.
- De biogaz, mélange gazeux composé d'environ 50-70 % de méthane, de 20-50% de gaz carbonique et de quelques gaz sous forme de traces (ammoniac-NH₃, azote-N₂, hydrogène sulfuré-H₂S).

Pour les algues brunes (sargasses), le mécanisme anaérobie naturel est très restreint du fait de sa structure mécanique. En effet, comparée aux algues vertes, cette dernière est relativement aérée et entrainera des conditions anaérobies seulement si l'algue est compressée, broyée et disposée en tas compacts, étanches à l'air et humides. Ces conditions particulières se mettent en place lors des arrivées en masse des algues qui s'accumulent, puis se compactent sur le littoral.

II.2.2 Effets sur la santé

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) est un gaz dangereux. Classé comme gaz asphyxiants chimiques, il entre immédiatement en réaction chimique avec l'hémoglobine du sang, empêchant le transport de l'oxygène jusqu'aux tissus et aux organes vitaux du corps. À faible concentration, c'est un gaz facile à détecter du fait de son odeur caractéristique d'œuf pourri, mais à des concentrations élevées (100 ppm⁴) il

provoque la paralysie du nerf olfactif et donc la perte d'odorat. À ces fortes concentrations, le sulfure d'hydrogène cause instantanément la paralysie et la mort. L'inhalation du gaz, même en quantité relativement faible, peut entraîner une perte de connaissance. Comme le montre le tableau suivant, l'exposition à des concentrations inférieures peut avoir comme conséquence fatigue, perte d'appétit, maux de tête, irritabilité, pertes de mémoire et vertiges.

Concentration moyenne sur 24h (ppm)	Interprétations sanitaires
0.03 à 1	Des gênes olfactives et des irritations légères chez les personnes exposées et notamment les personnes sensibles et vulnérables peuvent apparaître.
1 à 3	Des gênes respiratoires chez les personnes sensibles et vulnérables peuvent être observées.
3 à 5	L'apparition de symptômes type maux de tête, irritations oculaires, irritations de la gorge est probable dans la population générale. Les personnes sensibles et vulnérables peuvent présenter une gêne et des signes plus importants à ces niveaux.
> 5	L'apparition de symptômes type maux de tête, d'irritations oculaires, d'irritations de la gorge est probable au sein de l'ensemble de la population. Les personnes sensibles et vulnérables peuvent présenter une gêne et des signes plus importants à ces niveaux.

Tableau 2: Interprétations sanitaires relatives aux niveaux d'expositions sur 24 h définies par l'ARS, sur la base de la saisine du HCSP⁴.

III. Le réseau de mesure

III.1 Les sites de mesure

Début juillet 2016, le réseau de mesure (composé de 15 appareils Cairpol dont 3 appareils de réserve et 1 analyseur automatique) a été déployé sur un total de 14 sites (visibles en annexe 3) dans 6 communes qui sont toutes localisées sur la côte Atlantique (Figure 4). Ces derniers sont choisis par l'ARS Martinique en fonction des plaintes recueillies et des zones urbanisées impactées par les échouages.

Initié début septembre 2015, le déploiement du réseau s'est déroulé en plusieurs étapes. Dans un premier temps, le site de Pontalery Nord au Robert a été équipé du premier appareil à des fins de



Figure 4: Localisation des sites de mesure.

test (Figure 5).

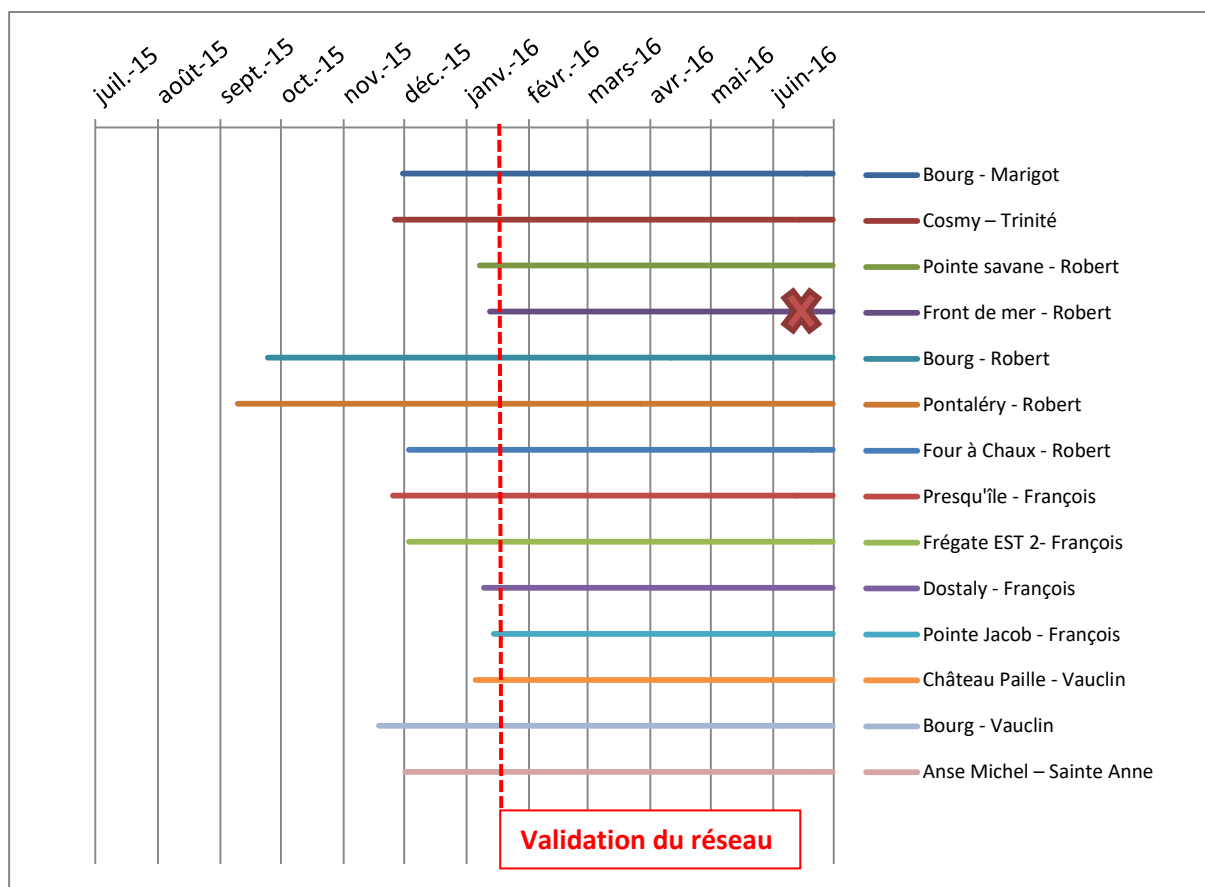


Figure 5: Calendrier du déploiement du réseau de mesure sur l'année 2015 - 2016.

L'installation a ensuite été poursuivie à partir de novembre 2015 avec le déploiement de 12 autres appareils. Suite à des problèmes de communication liés à la qualité du réseau GPRS des opérateurs téléphoniques, ce n'est qu'à la mi-janvier 2016 que la mise en service du réseau a pu être complète. En septembre 2015, les données remontées par un analyseur installé dans une station fixe Madininaise localisée dans le bourg du Robert ont été intégrées au réseau de mesure. A la mi-Juin 2016, le site de mesure du front de mer situé dans la commune du Robert a fait l'objet d'un acte de vandalisme par le vol du capteur servant à la mesure du sulfure d'hydrogène. La décision a été prise d'enlever le dispositif de ce site, peu sécurisé, qui ne fait donc plus partie du réseau de mesure.

III.2 Le matériel de mesure

III.2.1 Le dispositif Cairpol :

Afin de répondre aux exigences d'un réseau de surveillance (disponibilité des données immédiate, mesure en temps réel, fonctionnement autonome du réseau), le choix de l'appareil a été arrêté sur le dispositif développé par la société Cairpol.

Description du dispositif

Il s'agit d'un module GPRS, Cairnet, couplé à un binôme de capteurs, Cairsens (localisé à l'intérieur du Cairnet). Il permet la mesure en continu et en temps réel des concentrations en polluants tels que l'hydrogène sulfuré et l'ammoniac.



Figure 6: A gauche un dispositif Cairnet installé sur le site du front de mer dans la commune du Robert. A droite un Cairsens dédié à la mesure de l'H₂S.

Ce dispositif se compose donc :

- De deux capteurs de gaz, Cairsens : Chaque Cairsens mesure un polluant dont les gammes sont 0-20 ppm⁵ (limite de détection 0.03 ppm) pour l'H₂S et 0-1000 ppm (limite de détection 0.1 ppm) pour le NH₃. Ce dispositif ne dispose pas de système d'étalonnage, ainsi la durée de vie du capteur est estimée à 1 an par le constructeur.
- D'un module GPRS, Cairnet : Ce module est composé d'un boîtier de protection pouvant accueillir 1 à 3 Cairsens, d'une batterie et d'un ensemble antenne / boîtier de communication GPRS. Ce dernier utilise le signal GPRS du réseau d'un opérateur mobile pour envoyer les données vers un serveur ftp. Le rapatriement de l'ensemble des données vers les locaux de Madinair se fait ensuite à l'aide du logiciel XR de la société Iseo.
- D'une alimentation : Elle se compose d'un panneau solaire pour un fonctionnement autonome en extérieur et d'un chargeur secteur pour une installation en intérieur.
- D'un support fixe : qui est constitué d'un tube en inox de 1,5 m de hauteur et de 28 mm de diamètre.

Configuration du site d'accueil

SECURITE : Le dispositif doit être implanté dans une enceinte sécurisée.

COMMUNICATION : Ce site d'accueil doit être couvert par un signal GPRS.

CONFIGURATION DU SOL : Pas nécessairement plat, il est préférable d'implanter le support de l'appareil dans un sol en terre argileuse. Les sites dont la surface est artificielle (béton, terrasse) nécessitent l'utilisation d'une base lestée.

PROTEGE DES INTEMPERIES : Ce site doit être relativement protégé des vents soutenus du fait de la prise au vent du panneau solaire.

Principe de fonctionnement

Chaque appareil étant autonome, les données minutes sont transmises toutes les dix minutes vers un serveur FTP qui sert à centraliser l'ensemble des données issues du réseau de mesure (Figure 7).

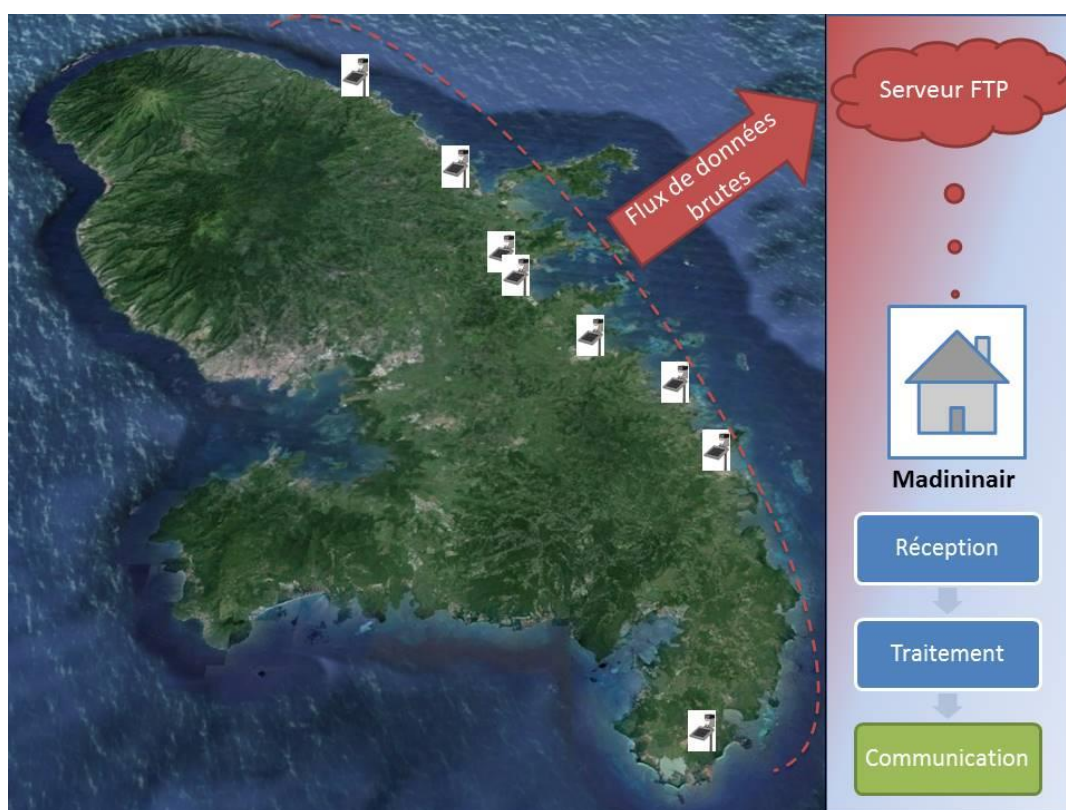


Figure 7: Principe de transmission des données issue du réseau de mesure H₂S.

Par la suite, les données sont rapatriées vers le poste central grâce à un module adapté au logiciel XR, communément utilisé pour traiter le rapatriement des données des stations de mesure fixe de Madinainair. A la réception, ces dernières sont stockées localement dans une base de données propre au même logiciel qui dispose également de multiples fonctionnalités en terme de traitement et d'analyse des données.

Cette configuration possède l'avantage d'éliminer la perte des données. En effet, les données étant transmises par l'intermédiaire d'un serveur FTP dont l'espace de

stockage n'est pas limité, ces dernières sont stockées sur le serveur tant que la liaison avec les locaux de Madinainair n'est pas faite.

III.2.2 L'analyseur automatique (station fixe de Madinainair) :

Suite à l'intégration de la station du Bourg du Robert au réseau de mesure, les mesures de concentration en H₂S qui en sont issues sont traitées et communiquées au même titre que les données issues des appareils Cairpol.

La mesure s'effectue à l'aide d'un analyseur SO₂ – H₂S qui, suite à un prélèvement de l'air extérieur au-travers d'une tête de prélèvement, va déterminer la concentration en H₂S et SO₂ présente dans l'échantillon (Figure 8).



Figure 8: Dispositif permettant l'analyse automatique de l'H₂S à la station fixe du Bourg au Robert. A gauche l'analyseur automatique et à droite la tête de prélèvement.

Suivant le même principe que les appareils Cairpol, la transmission des données se fait à distance et en temps réel à destination du serveur interne de Madinainair.

Cet analyseur est placé dans une station fixe de mesure de Madinainair. En effet, il doit être placé dans une enceinte protégée et climatisée. L'analyseur, par son intégration à la chaîne nationale d'étalonnage, dispose d'une meilleure fiabilité de la mesure qu'un capteur.

III.3 Traitement et communication des données

Une fois les données transmises sur le serveur ftp, ces dernières sont récupérées en local à l'aide d'un ordinateur portable sur lequel est installé le logiciel XR. Cette solution de la société ISEO offre diverses fonctionnalités de traitement des données et a été configurée de manière à générer un rapport journalier.

Les données issues de ce rapport sont ensuite utilisées pour la réalisation de la carte qui est intégrée au communiqué. Ce dernier (présenté en annexe 1) est composé de deux pages dans lesquelles apparaissent les deux éléments suivants :

- En première page : Une carte des concentrations moyennes sur 24 h

A terme, l'objectif étant la communication à destination de la population, le choix a donc été porté sur ce support du fait de la facilité de compréhension des informations affichées. En effet, un code couleur est associé à 5 gammes de concentrations moyennes sur 24 heures définies par l'ARS et dont les interprétations sanitaires et recommandations à la population sont présentées en page 2 du communiqué.

Toutefois, un niveau de détails supérieur dans la présentation des données est proposé dans le tableau situé à droite de la carte dans lequel la valeur exacte est affichée.

- En deuxième page : Un tableau des interprétations sanitaires et recommandations à la population établi par l'ARS :

Les données traitées sont jointes au communiqué sous la forme de deux tableaux récapitulatifs.

Aussi, un seuil d'alerte a été défini et a pour objectif de prévenir l'ARS lorsqu'une moyenne horaire dépasse une certaine concentration. D'abord défini à 5 ppm sur une heure lors de la validation du réseau de mesure en janvier 2016, cette dernière a été abaissée à 1 ppm sur demande de l'ARS en mai 2016.

IV. Résultats

IV.1. Fiabilité de la mesure automatique

IV.1.1 Mesure en station fixe par analyseur automatique

Pour permettre de valider les mesures réalisées par les stations fixes et les moyens mobiles, les analyseurs sont étalonnés bimensuellement, suivant les normes en vigueur et conformément aux recommandations du laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air.

Actuellement, le système en vigueur est basé sur un raccordement à trois niveaux :

- Le niveau 1 : le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) : raccordement 2 fois par an, de deux diluteurs générant des mélanges gazeux de CO, NO/NOx et SO₂ ainsi qu'un générateur d'ozone.
- Le niveau 2 : Madinair : chargé de raccorder les bouteilles de gaz étalon sur un système de référence
- Le niveau 3 : l'étalonnage des stations de mesure fixe et des moyens mobiles de Madinair

IV.1.2 Mesure réalisée par appareil Cairpol

En complément du réseau de mesure assuré par les dispositifs Cairpol, des appareils Dräger X-am 5000 sont utilisés afin d'assurer un suivi de la fiabilité de la mesure. En effet, ces capteurs ont l'avantage de pouvoir être calibrés, ainsi il est possible de vérifier le cas échéant, les mesures réalisées par les Cairpol.

Toutefois, la gamme de mesure et la limite de détection pour le gaz H₂S étant différente, leur utilisation est restreinte à des épisodes d'arrivées d'algues sargasses

relativement importants. Ce travail faisant l'objet d'une étude à part entière, les résultats obtenus seront présentés dans un rapport séparé disponible ultérieurement.

IV.2 Présentation des résultats

IV.2.1 Concentrations horaires maximales

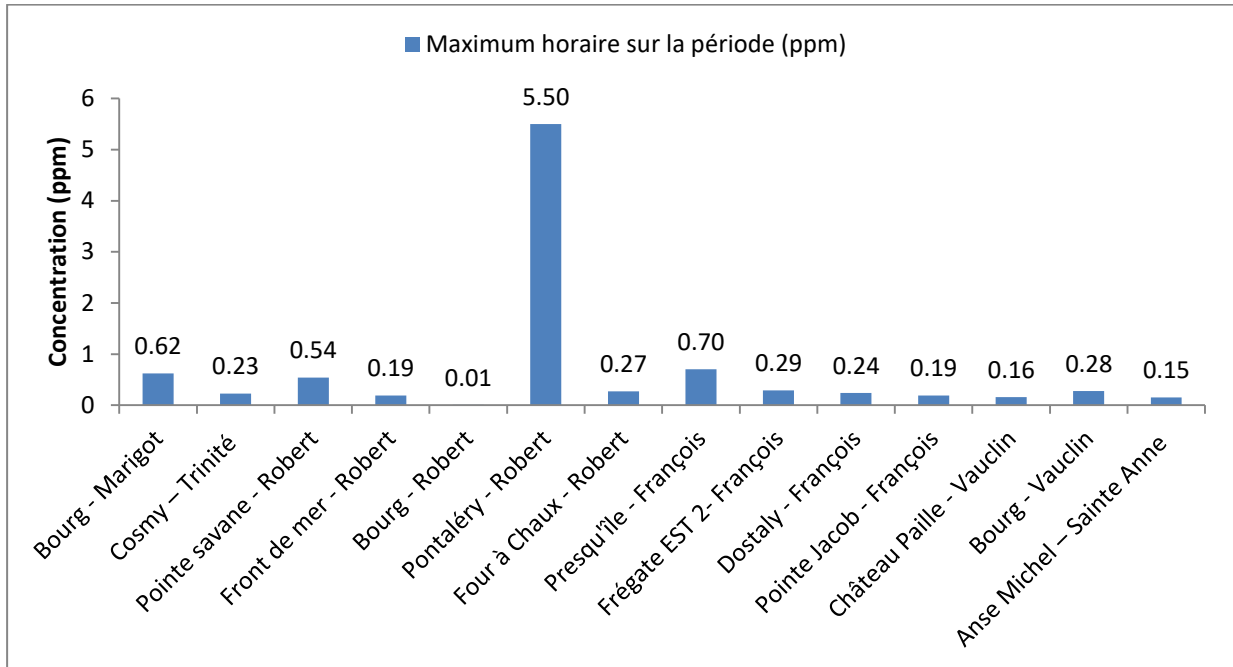


Figure 9: Concentrations moyennes horaires maximales atteintes en chaque site sur leurs périodes de mesure respectives de septembre 2015 au 30 juin 2016.

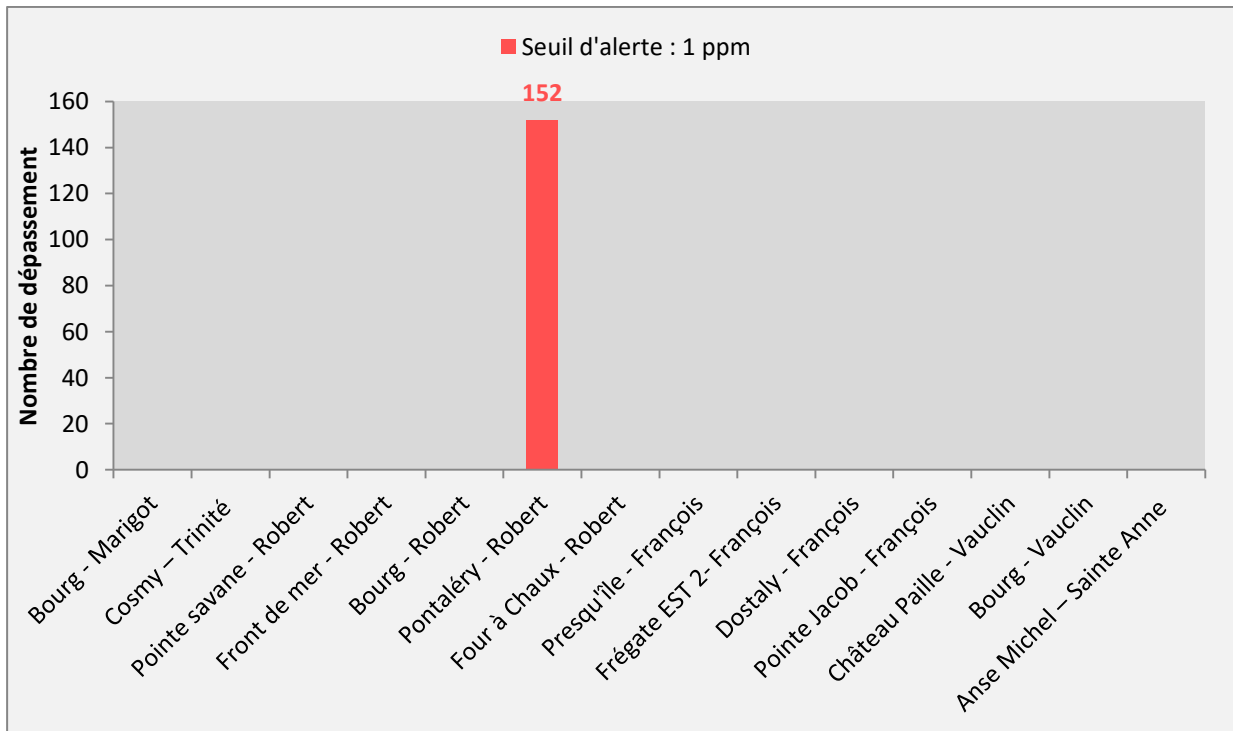


Figure 10 : Nombres de dépassements du seuil horaire d'alerte comptabilisés en chaque site sur la période de fonctionnement du réseau de mesure.

Les figures 9 et 10 représentent respectivement les concentrations moyennes horaires maximales et le nombre de dépassement du seuil d'alerte de 1ppm atteint en chaque site. On remarque que seul le site de Pontalery Nord situé dans la commune du Robert a enregistré des dépassements du seuil horaire d'alerte. Ce sont donc 152 dépassements qui ont été totalisés sur la période entre le 10 Septembre 2015 et le 3 Février 2016. Le maximum horaire enregistré sur le site est de 5.5 ppm et a été atteint le 14/09/2015 entre 3h et 4h du matin.

IV.2.2 Concentrations journalières maximales

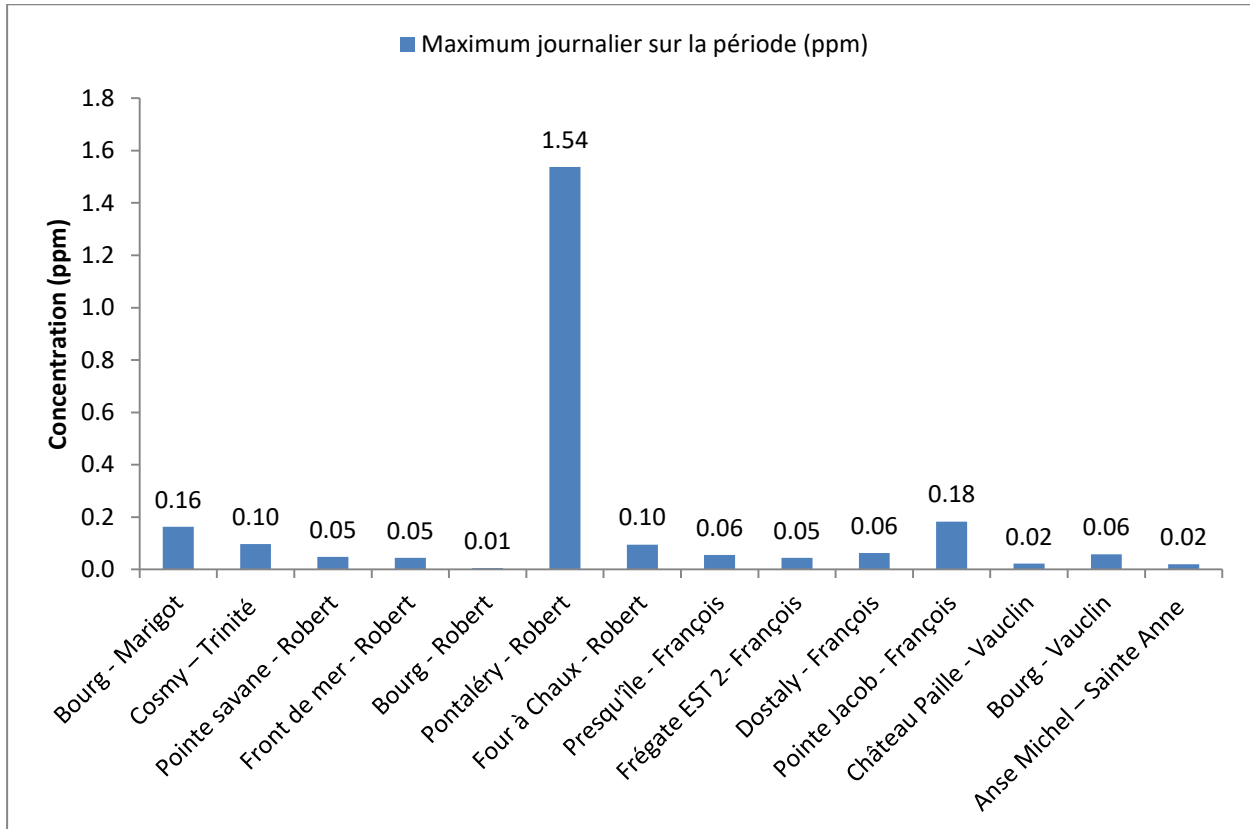


Figure 11: Concentrations journalières maximales atteintes en chaque site sur leurs périodes de mesure respectives de septembre 2015 au 30 juin 2016.

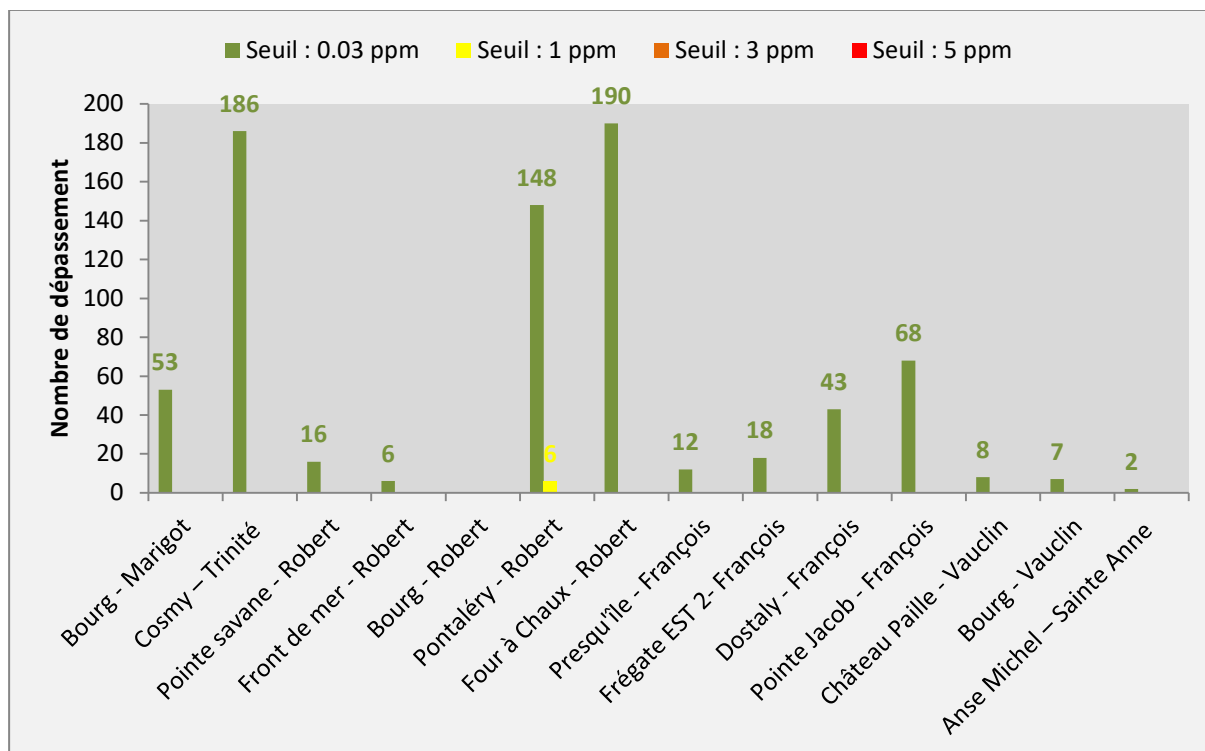


Figure 12: Nombres de dépassements des seuils journaliers comptabilisés en chaque site sur la période de fonctionnement du réseau de mesure.

Les figures 11 et 12 représentent respectivement les concentrations moyennes journalières maximales et le nombre de dépassement des seuils fixés par l'ARS, sur chacun des sites. On remarque que le premier seuil journalier de 0.03 ppm a été dépassé sur la plupart des sites de mesure. Ce dernier correspond à la limite de détection du capteur H₂S du dispositif Cairpol. Son dépassement témoigne de la présence d'H₂S en faible concentration et c'est pourquoi il n'est pas interprété comme un signal d'alerte. Par ailleurs, on constate également que seul le site de Pontalery Nord a comptabilisé 6 dépassements de seuil journalier de 1 ppm dont le maximum journalier de 1.54 ppm a été atteint le 14/09/2015.

IV.2.3 Conclusion :

Entre septembre 2015 et le 30 juin 2016, le réseau de mesure a enregistré 152 dépassements du seuil horaire et 6 dépassements du seuil journalier de 1 ppm sur le site de Pontalery-Nord au Robert. Depuis sa validation en janvier 2016, 3 dépassements du seuil horaire de 1 ppm ont été enregistrés le 3 février 2016 entre 14h et 17h (voir annexe 2). Ces dépassements ont été enregistrés lors de l'observation d'échouage massif d'algues sargasses sur le site de Pontalery. Ainsi, la mesure du H₂S s'est révélé être un bon traceur du phénomène.

V. Discussion élargie aux applications possibles dans le cadre éventuel d'un projet de recherche

Afin d'aller plus loin dans l'exploitation des données issues du réseau de mesure, Madinair a réalisé explication simplifiée des causes de fluctuation des concentrations en H₂S dans l'air ambiant. Pour ce faire, une comparaison entre les concentrations et divers paramètres (météorologiques et hydrodynamique) sur un épisode caractérisé par des niveaux en H₂S relativement élevés a été faite. L'objectif est d'observer l'influence directe ou indirecte que ces paramètres peuvent avoir sur l'évolution des concentrations de ce polluant dans l'air ambiant lorsqu'il est issu de la dégradation des algues Sargasses. Il ne s'agit donc pas d'expliquer le phénomène, mais plutôt de mettre en avant l'utilisation des données issues du réseau de mesure qui peut être faite dans le domaine de la recherche.

V.1 Zoom sur l'épisode du mois de septembre 2015 sur le site de Pontalery au Robert

Suites aux observations faites précédemment, le site de Pontalery Nord a permis de mettre en évidence un épisode de concentration en H₂S relativement élevé durant le mois de septembre 2015. Ce dernier est de par sa localisation dans le fond de la baie du Robert particulièrement exposé. En effet, les concentrations mesurées à la même période par la station fixe du Robert sont beaucoup plus faibles. On notera également la présence d'algues et de gaz H₂S sur divers sites (Marigot, Trinité, Robert, François et Vauclin) réparties sur le littoral Atlantique Martiniquais durant le mois de septembre 2015. Toutefois, seuls les sites de Pontalery et de la station du Bourg étaient opérationnels à cette période. Ces observations témoignent d'une part du caractère généralisé du phénomène à l'échelle de la Martinique (présence d'algues sur le littoral atlantique), et d'une autre part, du caractère ciblé des échouages de Sargasses à l'échelle de la commune du Robert (concentrations en H₂S plus élevées sur le site de Pontalery qu'au bourg du Robert).

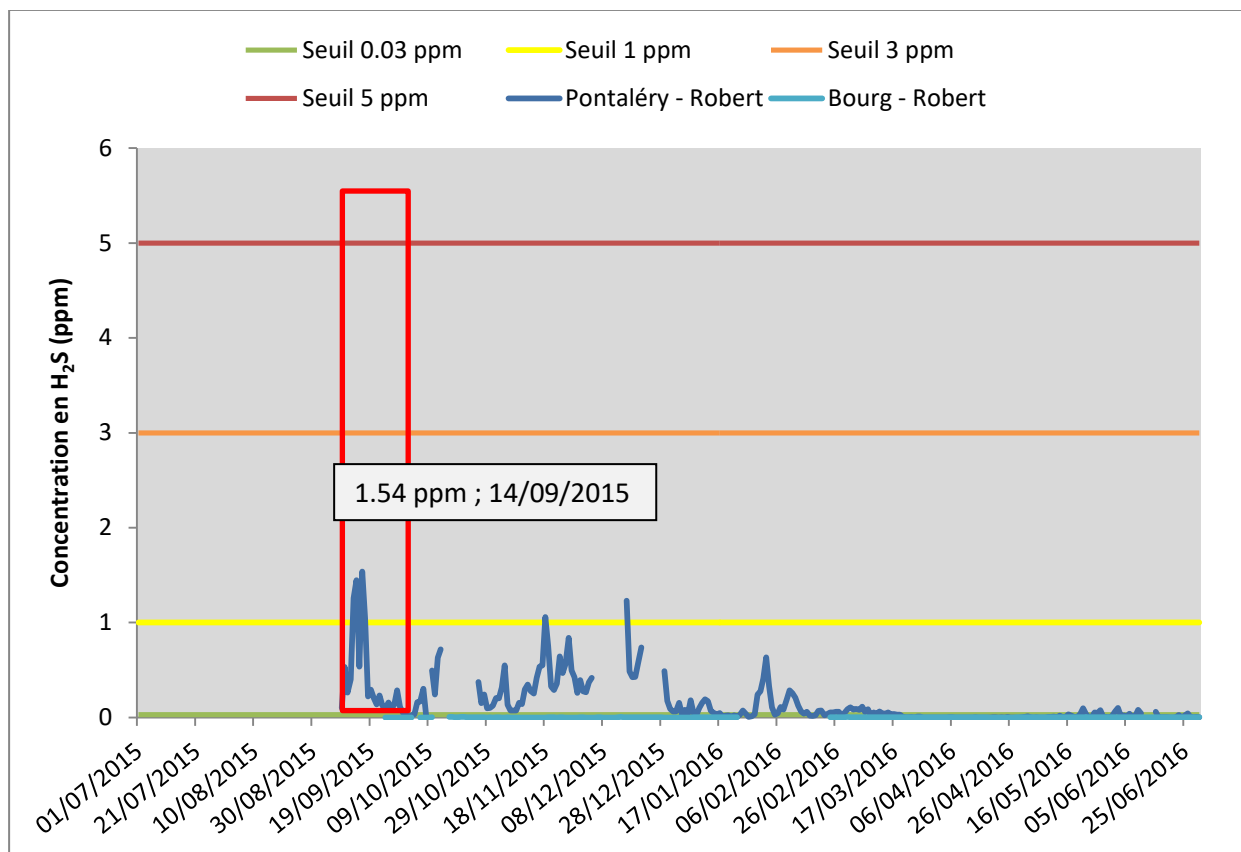


Figure 13: Evolution des concentrations moyennes journalières en H₂S sur le site de Pontalery Nord et du Bourg au Robert sur l'année 2015 - 2016.

Concernant cet épisode du mois de septembre 2015 (voir encadré rouge sur la figure 13). La figure 14 illustre l'évolution des concentrations moyennes journalières en H₂S à Pontalery. Si l'on considère que l'arrivage d'algue a affecté le site durant tout le mois de septembre, il est possible de le découper en 2 sous épisodes. La première partie s'étend du 12 au 18 septembre 2015 et est caractérisée par des concentrations plus élevées alors que la deuxième s'étend du 19 au 28 septembre 2015 et correspond à des concentrations qui oscillent autour d'un niveau plus faible (0.2 ppm) (Figure 14).

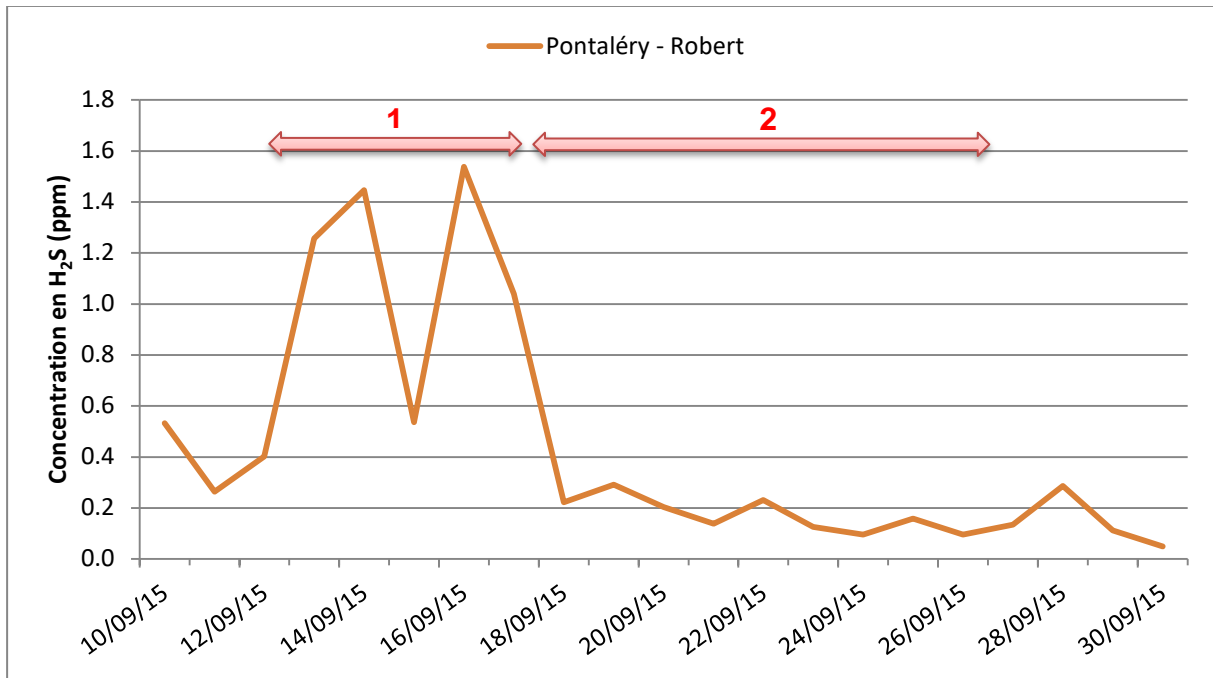


Figure 14: Comparaison des concentrations moyennes journalières en H₂S sur le site de Pontalery Nord.

V.1.1 Première partie de l'épisode (du 12 au 18 septembre 2015)

Les figures 15 et 16 présentent respectivement l'évolution des concentrations moyennes horaires en H₂S et son profil journalier sur le site de Pontalery Nord.

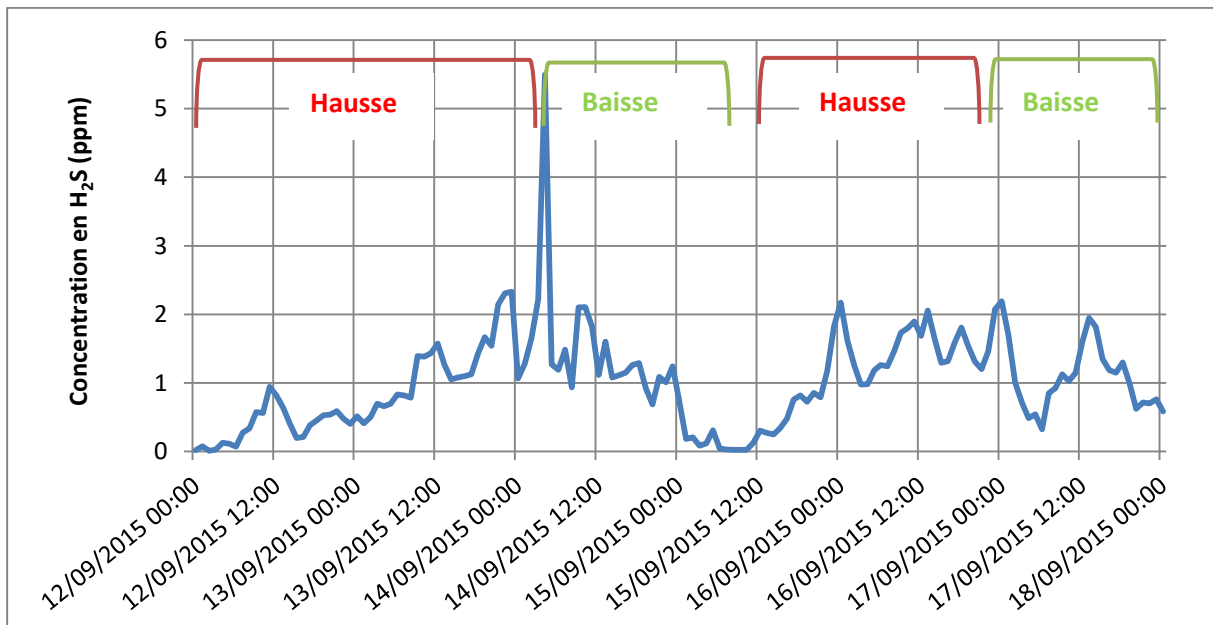


Figure 15: Evolution des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery Nord entre le 12 et 18 septembre 2015.

La figure 15 illustre les concentrations moyennes horaires en H₂S pour la période qui s'étend du 12 au 18 septembre 2015. On remarque qu'à l'échelle de la semaine il est

possible de relever des tendances à la hausse ou à la baisse. Les faibles concentrations visibles lors de la journée du 15 septembre nous amènent à nous questionner sur la cause de cette baisse qui survient au milieu d'un épisode relativement important.

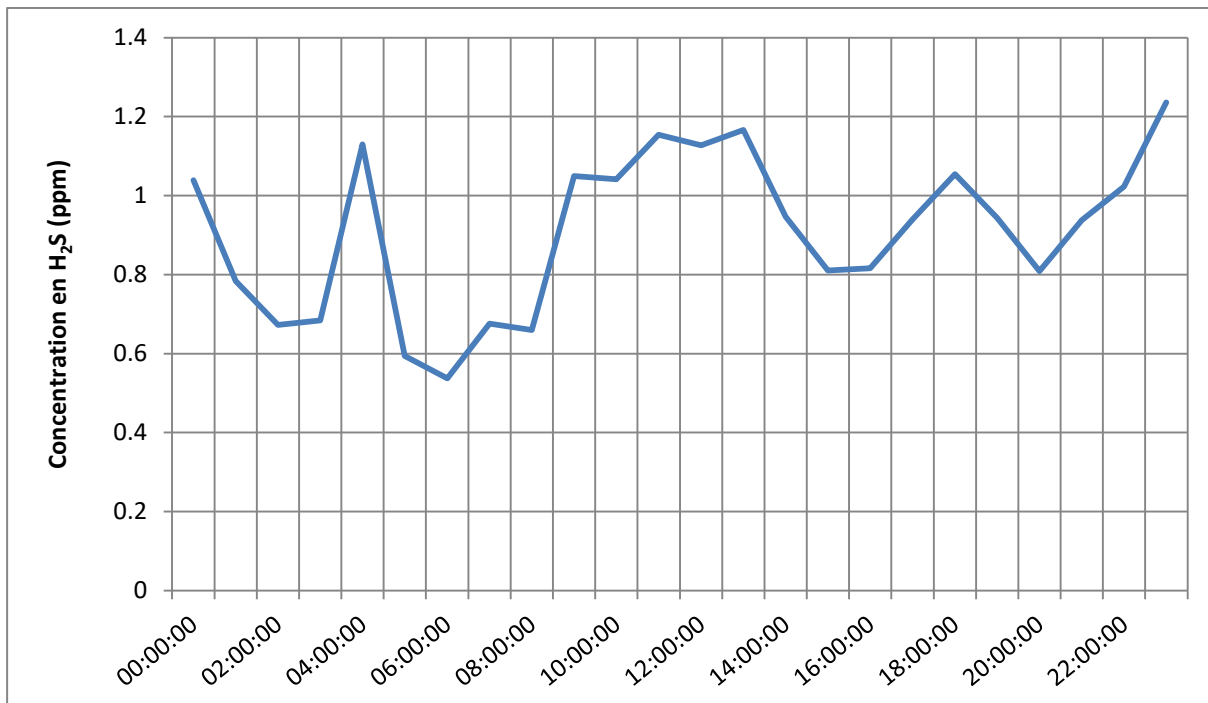


Figure 16: Profil journalier des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery Nord entre le 12 et 18 septembre 2015.

Au regard de la journée (Figure 16), le profil journalier ne révèle pas un profil particulier, notons, toutefois, une hausse des concentrations entre 8h et 14h.

V.1.2 Deuxième partie de l'épisode (du 19 au 28 septembre 2015)

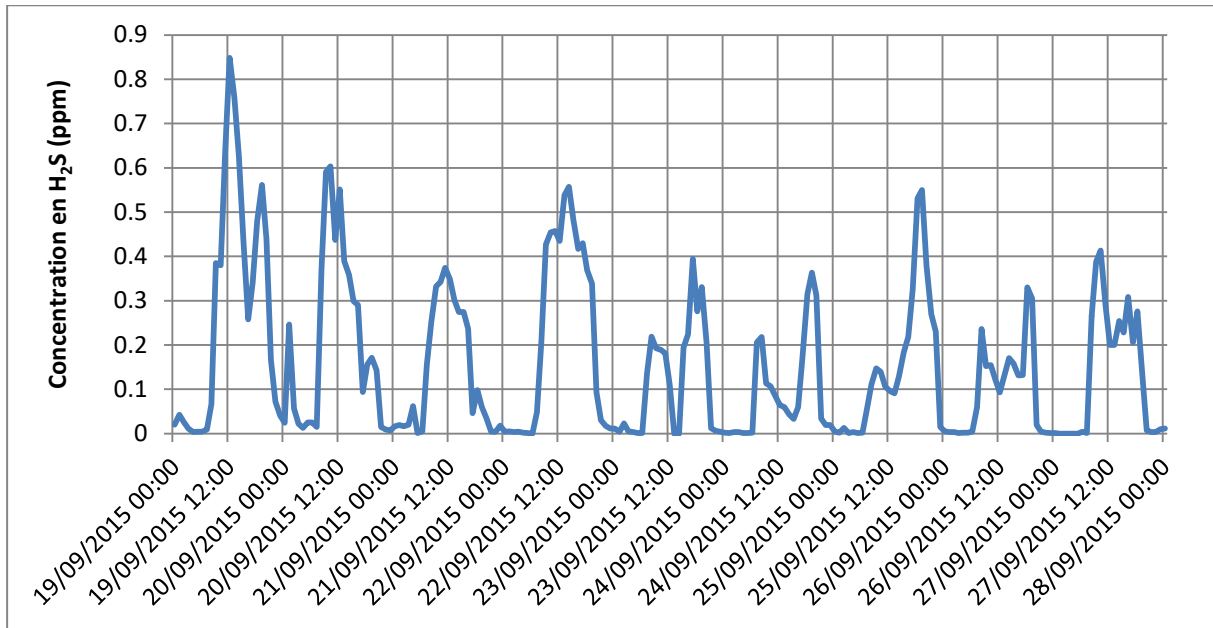


Figure 17: Evolution des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery Nord entre le 19 et 28 septembre 2015.

La figure 17 illustre les concentrations moyennes horaires en H₂S pour la période qui s'étend du 19 au 28 septembre 2015. On remarque qu'à l'échelle de la semaine des cycles journaliers sont visibles avec une hausse des concentrations le jour et une baisse la nuit.

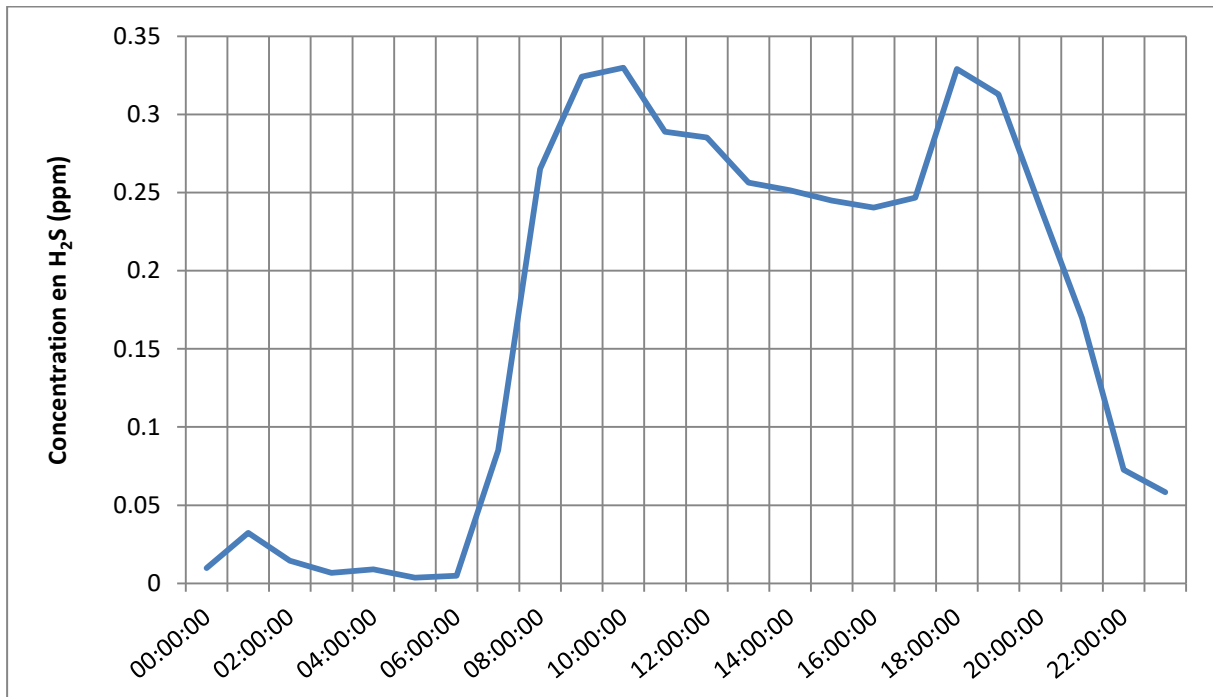


Figure 18: Profil journalier des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery Nord entre le 19 et 28 septembre 2015.

Cette observation est confirmée par le graphique de la figure 18 (profil journalier) sur lequel on peut voir une hausse des concentrations qui débute à partir de 6h jusqu'à atteindre un maximum aux alentours de 10h. Puis, les concentrations diminuent légèrement jusqu'à 16h pour ensuite augmenter à nouveau jusqu'à un maximum atteint à 18h. Enfin, elles finissent par chuter à la tombée de la nuit.

V.2 Influence des conditions météorologiques sur la concentration d'H₂S en air ambiant sur le site de Pontaléry du 19 au 28 septembre 2015

Remarque : Pour des raisons de disponibilité des données durant le mois de septembre 2015, le travail de croisement des données a été restreint à la deuxième partie de l'épisode étudié.

Ces observations réalisées à l'échelle d'une journée suggèrent que l'évolution des concentrations en H₂S, est contrôlée par des paramètres qui varient sur la même échelle de temps. La mesure étant réalisée dans l'air ambiant, les causes de la variation des concentrations mesurées peuvent d'une part s'expliquer par une fluctuation dans l'émission d'H₂S et donc dans sa production, d'une autre part, cette variation peut également s'expliquer par l'influence de la dispersion de ce polluant. On va donc s'intéresser aux paramètres qui sont susceptibles d'influencer à la fois la production de l'H₂S lors de la dégradation des Sargasses, et la dispersion de ce dernier dans l'air ambiant.

Dans la littérature, la production d'H₂S dans les canalisations d'une station de traitement des eaux usées est contrôlée par un ensemble de paramètres dont la température, le pH et le potentiel redox font partie⁶. Identifier la cause de leur variation reviendra donc à identifier la cause de variation de la production d'hydrogène sulfuré. Aussi, il convient de tenir compte des facteurs de dispersion des polluants qui sont également susceptibles d'influencer la mesure et l'évolution des concentrations. Bien entendu, les variations qui ont pu être relevées résultent des effets conjugués de l'ensemble des paramètres. Il ne s'agit donc pas de quantifier la part de chacun dans les variations des concentrations.

On s'intéressera donc aux paramètres météorologiques suivants dont l'influence sur la production d'hydrogène sulfuré et sa dispersion est connue :

- La température
- Le vent
- La pluie
- La marée

La localisation des stations de mesure respectives à chaque paramètre est présentée sur la carte ci-dessous.

Remarque : La période sur laquelle les observations suivantes ont été réalisées étant courte, cette discussion aura pour seul objectif d'observer l'influence de chaque paramètre sur les variations qui affectent l'évolution des concentrations.

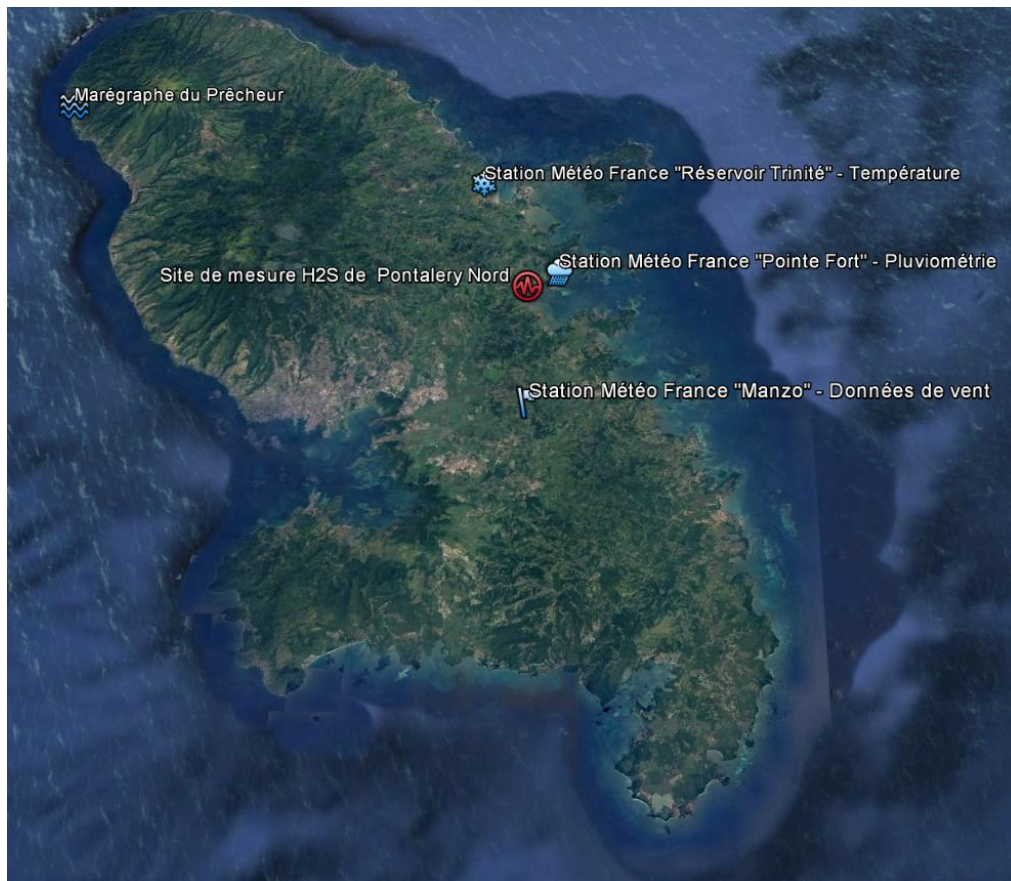


Figure 19: Localisation des stations de mesure des paramètres météorologiques et du site de mesure de Pontalery Nord (Image satellite Google Earth).

- Influence de la température :

Les figures 20 et 21 illustrent respectivement la mise en relation des concentrations moyennes horaires en H₂S avec les températures moyennes horaires sur la période étudiée.

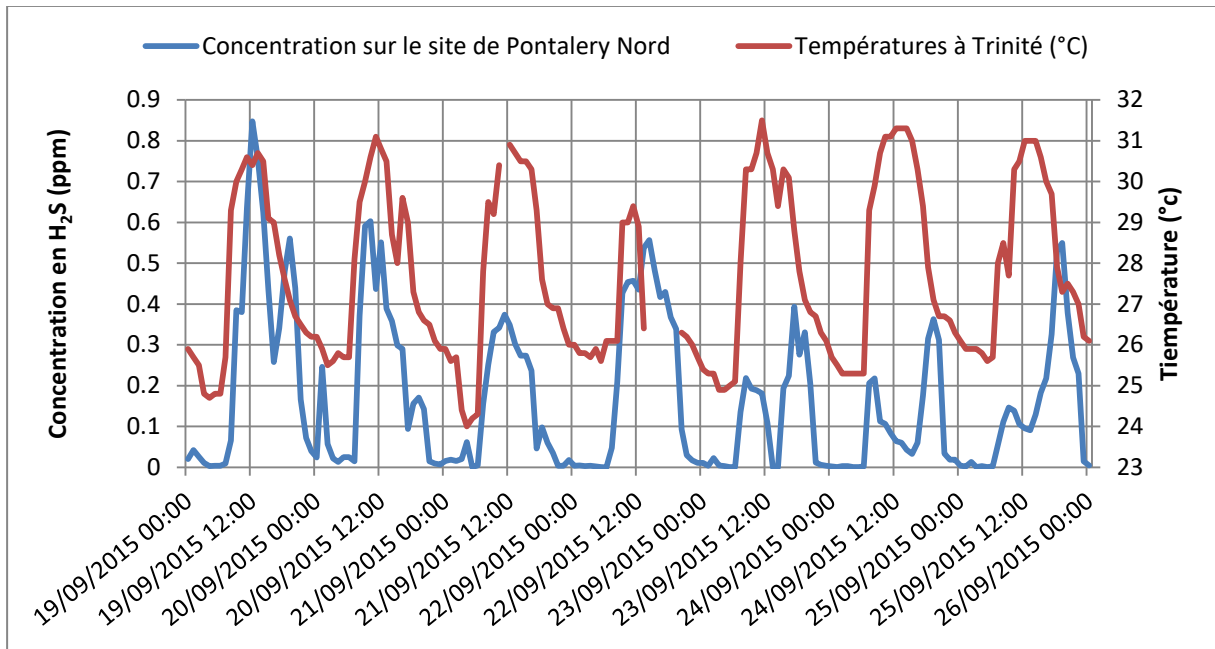


Figure 20: Mise en relation des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery avec l'évolution des températures moyennes horaires à Trinité (source: Météo France).

On remarque sur la figure 20 que l'évolution des concentrations semble correspondre avec celle des températures. Si les maximums ne sont pas toujours atteints exactement aux mêmes heures (aux alentours de 12h), les tendances à la hausse et à la baisse correspondent. Ainsi, c'est lors des températures les plus élevées, au cours de la journée que les concentrations enregistrées lors de cet épisode, augmentent.

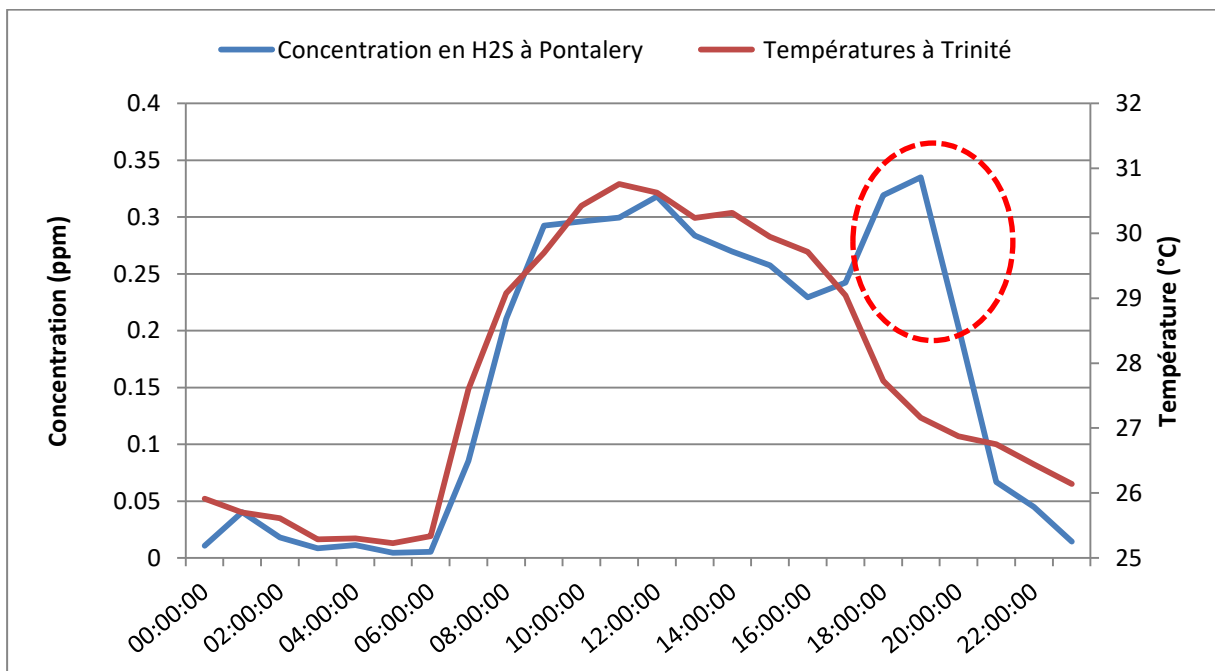


Figure 21: Profils journaliers de l'évolution de la température en fonction des concentrations en H₂S sur le site de Pontalery Nord.

Les profils journaliers de la figure 21 témoignent de l'évolution similaire des concentrations et des températures à l'échelle de la journée. Cependant, on peut voir qu'à 16h les concentrations remontent pour atteindre leur maximum alors que les températures continuent de chuter (voir encerclé rouge). Si l'influence de la température semble être avérée, cette dernière observation suggère qu'un autre paramètre joue également un rôle dans la variation des concentrations en H₂S.

- Influence du vent :

La vitesse et la direction du vent sont connues pour être des paramètres majeurs dans la dispersion des polluants. On peut donc s'attendre à une fluctuation plus importante des concentrations lors des épisodes venteux et une variation des concentrations en fonction de la direction des vents.

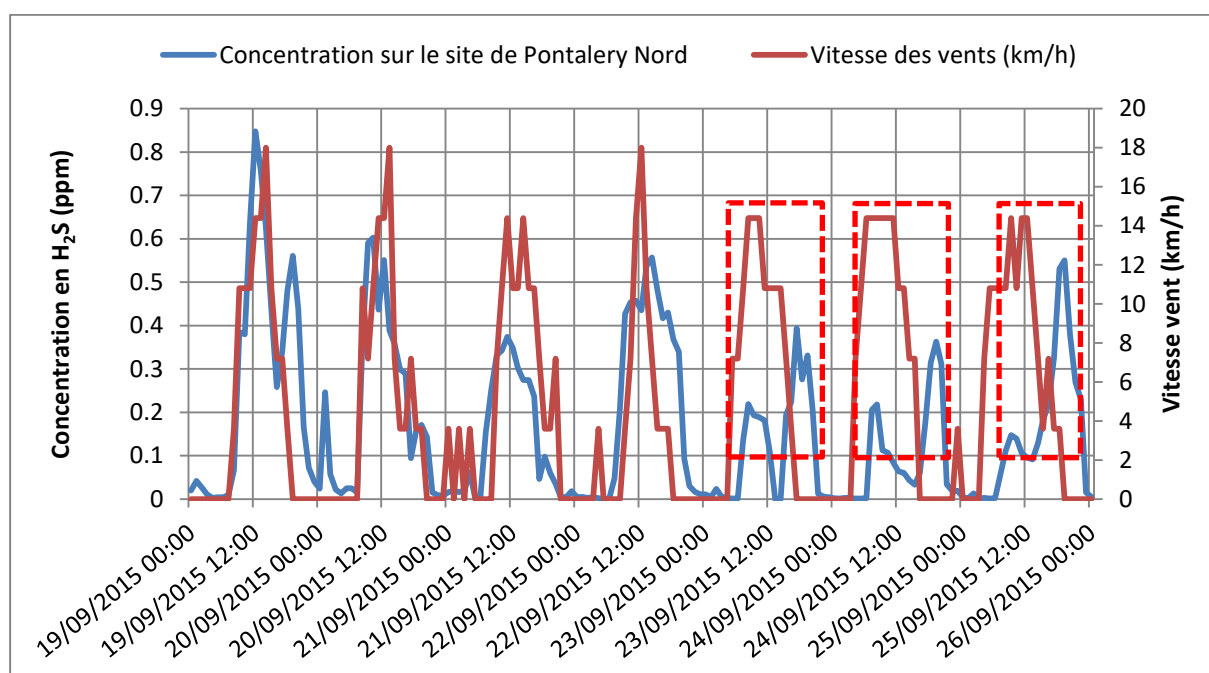


Figure 22: Mise en relation des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery avec l'évolution des vitesses moyennes horaires des vents à la station Météo France « Manzo » (source: Météo France).

Lors de cet épisode, les vents étaient principalement de secteur Sud-Est. On remarque sur la figure ci-dessus que les vents sont principalement actifs le matin et chutent en début d'après-midi. Le phénomène de dispersion est particulièrement visible lors des trois derniers jours (voir encadrés rouges – Figure 22) durant lesquels on peut voir que les concentrations sont faibles dans la matinée et remontent à partir de 16h lorsque les vents ont chuté. Ces observations nous ramènent à celle qui a été faite à la figure 21, concernant la hausse des concentrations pendant la chute de la température (voir encerclé rouge – Figure 21). On peut donc faire l'hypothèse que ce rebondissement des concentrations en début de soirée est dû à l'affaiblissement des vents.

- Influence de la pluie :

La pluie est connue pour jouer un rôle de lixiviation de l'atmosphère. On peut donc s'attendre à des concentrations en H₂S dans l'air ambiant moindres les jours de fortes pluies.

De plus, lors d'épisodes pluvieux, l'action mécanique de la pluie sur les algues peut libérer des poches de gaz contenues dans les amas. Ainsi, après les épisodes pluvieux, il peut être observé une augmentation des concentrations en H₂S et des odeurs ressenties par les riverains.

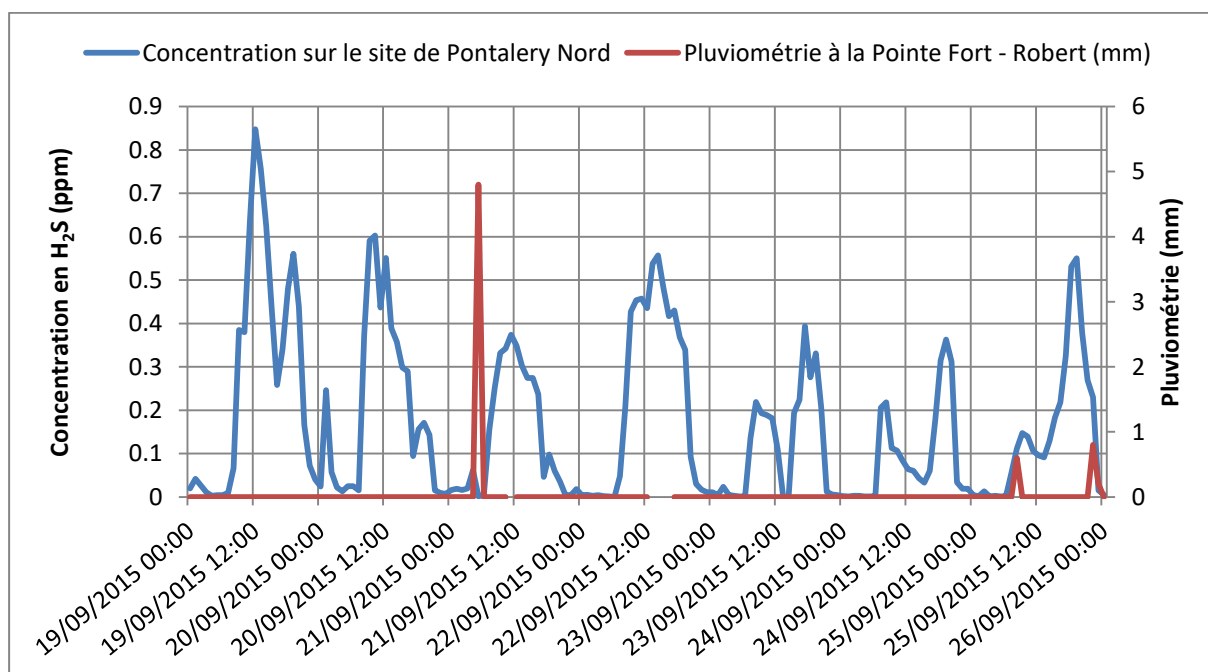


Figure 23: Mise en relation des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery avec l'évolution des précipitations moyennes horaires à la station Météo France « Pointe Fort » (source: Météo France).

Comme on peut l'observer sur la figure ci-dessus, le seul épisode pluvieux relativement important qui a été mis en évidence est survenu le 21/09/2016 entre 4h et 5h. On remarque ce jour-là que les concentrations ont commencé à augmenter à partir de 3h pour atteindre 62 ppb. Ces dernières ont ensuite chuté entre 4h et 6h pour finalement retomber à 5 ppb. Les concentrations ont ensuite augmenté à nouveau de manière continue pour atteindre un maximum de 374 ppb à 11h. Ces observations viennent donc démontrer le rôle de lixiviation de l'air que joue le rôle de la pluie.

D'autre part, la pluie peut également avoir un impact sur le pH du milieu si ces dernières sont suffisamment importantes. En effet, il existe un lien naturel entre la qualité de l'eau de pluie et la qualité de l'air. Le pH des précipitations est amené à varier suivant la présence d'activités industrielles (pluies acides) et sa proximité avec la mer (pluies au pH neutre). Aussi, on sait que le pH croissant des eaux présentes

dans les canalisations des stations de traitement des eaux entraine une baisse dans la production d'H₂S.

Compte tenu de la localisation du site de mesure, proche de la mer, on peut donc s'attendre à ce que l'influence d'un pH neutre des eaux de pluie soit défavorable à la production en H₂S. Ainsi, il serait intéressant de suivre ce paramètre pour expliquer l'influence du pH sur ce site.

- Influence de la marée :

La fluctuation du niveau de l'eau est susceptible d'influencer directement sur divers paramètres. A marée basse, les algues immergées se retrouvent à l'air libre ou dans une mer de plus faible profondeur. Cela aura pour conséquence de modifier les conditions du milieu dont le caractère anaérobie est nécessaire à la production d'hydrogène sulfuré.

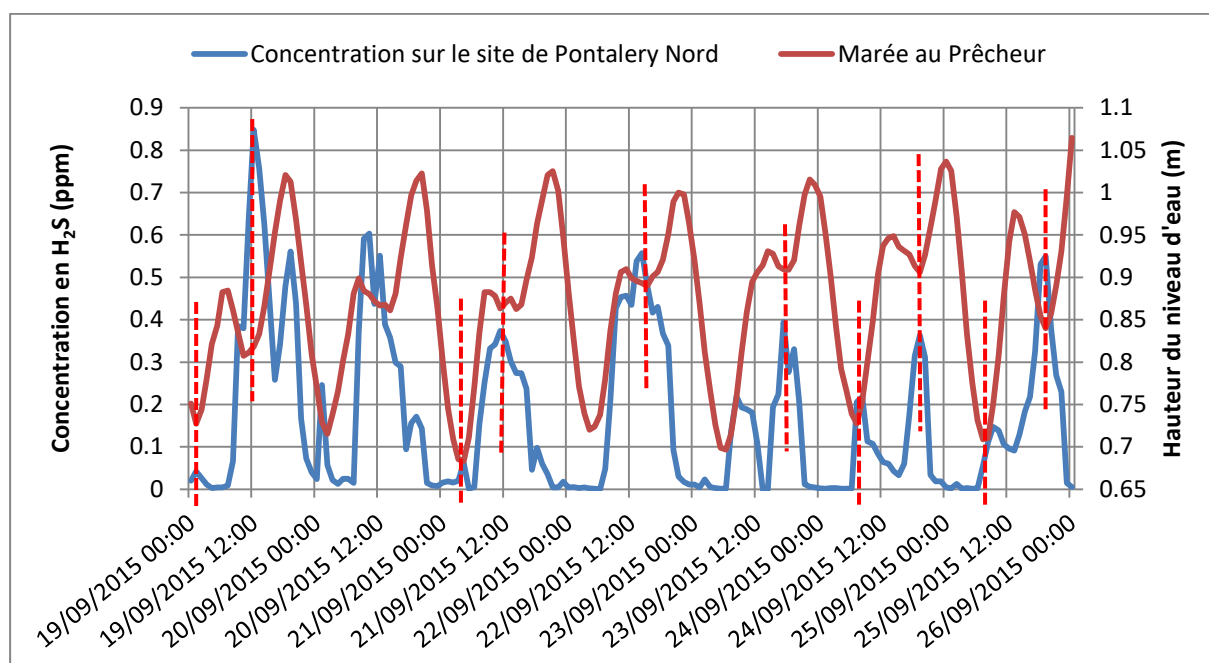


Figure 24: Mise en relation des concentrations moyennes horaires en H₂S sur le site de Pontalery avec l'évolution de la marée au Prêchœur (source: Météo France).

On remarque sur la figure ci-dessus que les épisodes de marée basse coïncident avec des pics hauts de concentration (voir pointillés rouges). Cette observation vient donc vérifier l'hypothèse concernant l'influence de la marée sur la production d'hydrogène.

Conclusion :

En conclusion, les paramètres météorologiques et hydrodynamiques auxquels nous nous sommes intéressés ont montré qu'ils influent de manière directe ou indirecte sur l'évolution des concentrations en sulfure d'hydrogène mesurées dans l'air ambiant et à proximité de la source d'émission. Si la température et l'intensité du

vent semblent jouer un rôle majeur à la fois sur la production et sur la dispersion de ce polluant, les observations relevées montrent que d'autres paramètres interviennent également dans les fluctuations des concentrations qui peuvent être mesurées. Cependant, le phénomène étudié est trop complexe pour que le rôle de chacun soit mis en évidence, voir même quantifié à l'aide de simples observations réalisées sur une aussi courte durée.

VI. Conclusion

Suites aux échouages massifs d'algues Sargasses qui ont eu lieu sur le littoral Atlantique de la Martinique en 2011, 2014, puis 2015, la mise en place de ce réseau de mesure a permis de suivre l'évolution des concentrations en H₂S en temps réel de septembre 2015 à juillet 2016. Les données sont transmises de manière journalière à destination de l'ARS sous la forme d'un communiqué composé d'une carte et d'un tableau qui présente les seuils et interprétations sanitaires qui leurs sont spécifiques. Depuis la décision de fixer le seuil d'alerte horaire à 1 ppm, aucune alerte n'a été communiquée à l'ARS.

Au terme de cette année 2015 – 2016, il a été mis en évidence sur le site de Pontalery Nord de la commune du Robert 152 dépassements de seuil d'alerte horaire entre les mois de septembre 2015 et février 2016. De même, 6 dépassements journaliers du seuil de 1 ppm ont été enregistrés sur ce même site dont le maximum a été atteint durant le mois de septembre.

Ce premier travail d'analyse qui a porté sur l'épisode relativement important du mois de septembre a permis de mettre en évidence l'influence que la température, le vent, la pluie et la marée peuvent avoir sur l'évolution des concentrations à l'échelle d'une journée.

Au vu des résultats obtenus et de la périodicité cyclique de ce phénomène, il convient de maintenir le fonctionnement de ce réseau de surveillance en prévention des prochains épisodes d'échouages qui peuvent se révéler particulièrement importants. Il est certain que ce réseau joue un rôle majeur dans l'aide à la décision en période de crise, notamment par la communication à destination de la population, mais également pour la priorisation des sites nécessitant un ramassage.

VII. Bibliographie

¹ Notes Sargasses, DEAL Guadeloupe 2011-2014.

² Hinds, C., Oxenford, H., Cumberbatch, J., Fardin, F., Doyle, E. & Cashman, A. (2016). Golden Tides: Management Best Practices for Influxes of Sargassum in the Caribbean with a Focus on Clean-up. Centre for Resource Management and Environmental Studies (CERMES), The University of the West Indies, Cave Hill Campus, Barbados. 17 pp.

³ Etude des concentrations en H₂S sur le littoral atlantique et au Diamant – MADININAIR 09/2011

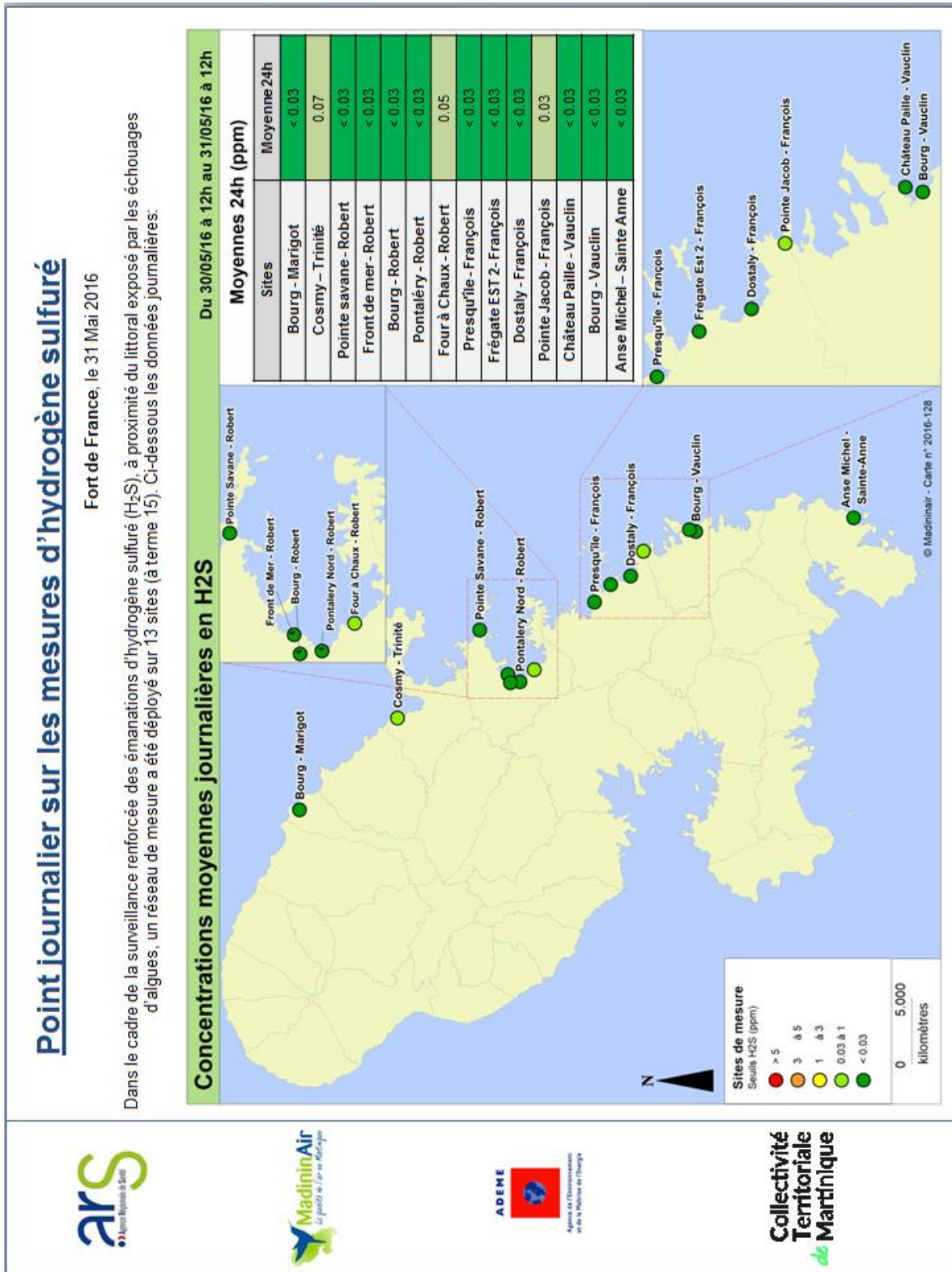
⁴ Avis relatif à la gestion du risque sanitaire lié aux émissions toxiques provenant d'algues brunes échouées sur les côtes de La Martinique et La Guadeloupe – HCSP, 22 mars 2012.

⁵ P056D.MLL.Notice Technique H₂S-CH₄S 20 ppm.160812.

⁶ Etude de la production de Sulfure d'Hydrogène H₂S – Réseaux et Installation d'Assainissement – SUEZ Environnement.

VIII. Annexes

VIII.1 Annexe 1 : Exemple de communiqué journalier transmis à l'ARS



Seuils H₂S - effets sanitaires et mesures de gestion associées

Interprétation des mesures de H ₂ S et recommandations			
Code couleur	H ₂ S mesuré (24h)	Interprétation sanitaire	Recommandations à la population
Vert	< 0,03 ppm	Le H ₂ S n'a pas été mis en évidence avec les moyens de mesure	
Vert	0,03 à 1 ppm	Les niveaux de H ₂ S relevés peuvent entraîner des gênes olfactives et des irritations légères chez les personnes exposées et notamment les personnes sensibles et vulnérables.	En cas de symptômes consultez votre médecin en lui signalant le lieu d'exposition aux algues sargasses. Il est conseillé aux personnes sensibles et vulnérables de se tenir éloignées des algues en décomposition.
Jaune	1 à 3 ppm	Les niveaux de H ₂ S relevés peuvent entraîner des gênes respiratoires chez les personnes sensibles et vulnérables.	En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple : essoufflement, sifflements, palpitations), prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez le centre 15. Il est conseillé aux personnes sensibles et vulnérables de se tenir éloignées des algues en décomposition.
Orange	3 à 5 ppm	L'apparition de symptômes type maux de tête, irritations oculaires, irritations de la gorge est probable dans la population générale. Les personnes sensibles et vulnérables peuvent présenter une gêne et des signes plus importants à ces niveaux	En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple : essoufflement, sifflements, palpitations), prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez le centre 15. Il est conseillé aux personnes sensibles et vulnérables de se tenir éloignées des algues en décomposition et d'envisager un déplacement temporaire.
Rouge	> 5ppm	L'apparition de symptômes type maux de tête, d'irritations oculaires, d'irritations de la gorge est probable au sein de l'ensemble de la population. Les personnes sensibles et vulnérables peuvent présenter une gêne et des signes plus importants à ces niveaux.	En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple : essoufflement, sifflements, palpitations), prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez le centre 15. Il est conseillé à l'ensemble de la population de se tenir éloigné des algues en décomposition et d'envisager un déplacement temporaire jusqu'à la décroissance des niveaux d'H ₂ S.

⚠ Attention: les valeurs de ce tableau ne doivent être utilisées que pour l'interprétation des mesures en continu enregistrées à partir du réseau de mesure MadininAir. Pour plus d'informations, veuillez contacter l'ARS.



BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2016

VIII.2 Annexe 2 : Liste des dépassements du seuil d'alerte horaire (1 ppm)

Pontalery Nord - Robert			
Date	Concentration (ppm)	Date	Concentration (ppm)
10/09/2015 11:00	1.02	15/09/2015 23:00	1.82
10/09/2015 14:00	1.00	16/09/2015 00:00	2.17
10/09/2015 15:00	1.10	16/09/2015 01:00	1.62
10/09/2015 16:00	1.09	16/09/2015 02:00	1.26
10/09/2015 17:00	1.26	16/09/2015 05:00	1.19
13/09/2015 09:00	1.39	16/09/2015 06:00	1.26
13/09/2015 10:00	1.39	16/09/2015 07:00	1.24
13/09/2015 11:00	1.44	16/09/2015 08:00	1.47
13/09/2015 12:00	1.58	16/09/2015 09:00	1.73
13/09/2015 13:00	1.27	16/09/2015 10:00	1.80
13/09/2015 14:00	1.05	16/09/2015 11:00	1.90
13/09/2015 15:00	1.08	16/09/2015 12:00	1.69
13/09/2015 16:00	1.10	16/09/2015 13:00	2.06
13/09/2015 17:00	1.13	16/09/2015 14:00	1.65
13/09/2015 18:00	1.43	16/09/2015 15:00	1.30
13/09/2015 19:00	1.67	16/09/2015 16:00	1.32
13/09/2015 20:00	1.54	16/09/2015 17:00	1.59
13/09/2015 21:00	2.15	16/09/2015 18:00	1.81
13/09/2015 22:00	2.31	16/09/2015 19:00	1.54
13/09/2015 23:00	2.33	16/09/2015 20:00	1.31
14/09/2015 00:00	1.07	16/09/2015 21:00	1.20
14/09/2015 01:00	1.28	16/09/2015 22:00	1.46
14/09/2015 02:00	1.65	16/09/2015 23:00	2.07
14/09/2015 03:00	2.22	17/09/2015 00:00	2.19
14/09/2015 04:00	5.49	17/09/2015 01:00	1.70
14/09/2015 05:00	1.27	17/09/2015 02:00	1.00
14/09/2015 06:00	1.19	17/09/2015 09:00	1.13
14/09/2015 07:00	1.49	17/09/2015 10:00	1.03
14/09/2015 09:00	2.10	17/09/2015 11:00	1.15
14/09/2015 10:00	2.11	17/09/2015 12:00	1.60
14/09/2015 11:00	1.82	17/09/2015 13:00	1.95
14/09/2015 12:00	1.12	17/09/2015 15:00	1.35
14/09/2015 13:00	1.60	17/09/2015 16:00	1.19
14/09/2015 14:00	1.08	17/09/2015 17:00	1.15
14/09/2015 15:00	1.11	17/09/2015 18:00	1.30
14/09/2015 16:00	1.15	17/09/2015 19:00	1.00
14/09/2015 17:00	1.26	28/09/2015 21:00	1.16
14/09/2015 18:00	1.29	07/10/2015 05:00	1.13
14/09/2015 21:00	1.09	07/10/2015 06:00	1.07
14/09/2015 22:00	1.01	11/10/2015 20:00	1.05
14/09/2015 23:00	1.24	12/10/2015 19:00	1.14
15/09/2015 22:00	1.18	12/10/2015 20:00	1.65

BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2016

Pontalery Nord - Robert			
Date	Concentration (ppm)	Date	Concentration (ppm)
12/10/2015 21:00	1.34	23/11/2015 21:00	1.06
12/10/2015 22:00	1.37	24/11/2015 18:00	1.16
12/10/2015 23:00	1.19	24/11/2015 19:00	1.69
13/10/2015 03:00	1.02	24/11/2015 20:00	1.24
13/10/2015 06:00	1.09	24/11/2015 21:00	1.17
13/10/2015 07:00	1.27	25/11/2015 19:00	1.55
04/11/2015 02:00	1.10	25/11/2015 20:00	1.68
15/11/2015 22:00	1.28	26/11/2015 17:00	1.04
15/11/2015 23:00	1.19	26/11/2015 18:00	1.50
16/11/2015 21:00	1.03	26/11/2015 19:00	1.91
16/11/2015 22:00	1.40	26/11/2015 20:00	2.48
16/11/2015 23:00	1.26	26/11/2015 21:00	2.07
17/11/2015 00:00	1.15	26/11/2015 22:00	1.28
18/11/2015 11:00	1.04	27/11/2015 19:00	1.01
18/11/2015 12:00	1.23	02/12/2015 00:00	1.49
18/11/2015 13:00	1.54	03/12/2015 14:00	1.01
18/11/2015 14:00	1.52	16/12/2015 21:00	1.29
18/11/2015 15:00	1.88	16/12/2015 23:00	1.02
18/11/2015 16:00	2.14	17/12/2015 00:00	2.33
18/11/2015 17:00	1.18	17/12/2015 01:00	1.60
18/11/2015 20:00	1.07	19/12/2015 14:00	1.08
18/11/2015 21:00	1.25	20/12/2015 13:00	1.08
18/11/2015 22:00	1.86	20/12/2015 14:00	1.14
18/11/2015 23:00	1.72	03/02/2016 15:00	1.12
19/11/2015 00:00	1.19	03/02/2016 16:00	1.30
19/11/2015 12:00	1.58	03/02/2016 17:00	1.02
19/11/2015 13:00	1.94		
19/11/2015 14:00	2.30		
19/11/2015 15:00	2.87		
19/11/2015 16:00	2.62		
19/11/2015 17:00	1.46		
20/11/2015 13:00	1.07		
20/11/2015 14:00	1.17		
20/11/2015 15:00	1.07		
20/11/2015 16:00	1.06		
22/11/2015 18:00	1.09		
22/11/2015 19:00	1.01		
23/11/2015 07:00	1.04		
23/11/2015 17:00	1.16		
23/11/2015 18:00	1.54		
23/11/2015 19:00	1.47		
23/11/2015 20:00	1.26		

VIII.3 Annexe 3 : Photos des sites de mesure

- Le bourg – Marigot :



- Cosmy – Trinité :



BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2016

- Pointe Savane – Robert :



- Le bourg – Robert :



- Le front de mer – Robert :



BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2016

- Pontalery Nord – Robert :



- Four à Chaux – Robert :



- Presqu'île – François :



- Frégates EST 2 – François :



- Dostaly – François :



BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2016

- Pointe Jacob – François :



- Château Paille – Vauclin :



- Le bourg – Vauclin :



- Anse Michel – Sainte-Anne :

