



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

**Septembre 2015 - Juin 2017**



Parution : octobre 2017  
Rédacteur : S. FALGUIÈRE  
Ref : 10/17/SARGASSES2015-2017




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

Juillet 2016 – juin 2017

Madinair : 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. FALGUIERE	C. BOULLANGER	S. GANDAR
Qualité	Chargé d'études	Responsable études	Directeur
Visa			

## Sommaire

<b>I. Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>II. Contexte de l'étude .....</b>	<b>4</b>
II.1 Les algues brunes : Sargassum fluitans .....	4
II.1.1 Description .....	4
II.1.2 Sources et causes de leur apparition dans la Caraïbes .....	4
II.1.3 Historique des évènements et des actions de Madinair en Martinique.....	5
II.2 Polluant étudié : le sulfure d'hydrogène.....	9
II.2.1 Origine et sources.....	9
II.2.2 Effets sur la santé .....	10
<b>III. Le réseau de mesure.....</b>	<b>11</b>
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).....	14
III.3 Traitement et communication des données .....	14
<b>IV. Résultats.....</b>	<b>16</b>
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 moyennes sur la période, maxima horaires, maxima journaliers .....	17
IV.2.2 Nombre de dépassement du seuil d'alerte horaire et des seuils journaliers .....	18
<b>V. Conclusion .....</b>	<b>21</b>
<b>VI. Bibliographie .....</b>	<b>22</b>
<b>VII. Annexes .....</b>	<b>23</b>
VII.1 Annexe 1 : Exemple de communiqué journalier transmit à l'ARS .....	23
VII.2 Annexe 2 : Liste des dépassements du seuil d'alerte horaire (1 ppm).....	25
VII.3 Synthèse des résultats par année de fonctionnement du réseau.....	28
VII.4 Annexe 3 : Photos des sites de mesure .....	29

## 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 ( $H_2S$ ) et l'ammoniac ( $NH_3$ ). 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 Madinainair ont proposé un protocole de mesure permettant la surveillance en continu des concentrations en  $H_2S$  et  $NH_3$  à proximité des zones d'échouage de ces algues. En 2015, ce réseau soutenu par le Préfet de Région a recueilli des financements de l'Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie ADEME, de la Collectivité Territoriale de Martinique et de l'Agence Régionale de Santé. A partir de 2016, les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) de la Communauté d'Agglomération de l'Espace Sud de la Martinique (CAESM) et la Communauté d'Agglomération du Pays Nord de la Martinique (CAPNord) ont intégré ce réseau de surveillance.

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' $H_2S$  mesurées dans l'environnement proche des zones d'échouage et une aide à la gestion, notamment de ramassage et de prise de décision, 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  $H_2S$  et  $NH_3$  en continu et en temps réel par un rapatriement des données sur le poste central de Madinainair. 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.

Les données de ces capteurs sont d'une part, communiquées quotidiennement à destination d'une liste de diffusion composée des partenaires financiers (ARS Martinique, ADEME, CTM, CAESM et Cap Nord) sous la forme d'un bulletin qui précise les concentrations en  $H_2S$  mesurées ainsi que les recommandations

sanitaires associées. D'autre part, l'ensemble des communiqués produits depuis la validation du réseau de mesure par la Préfecture de Martinique en Janvier 2016 sont accessibles par le public sur le site de Madinair et relayé sur le site de l'ARS Martinique.

**Ce rapport présente les données des concentrations en hydrogène sulfuré, réalisées depuis le début des mesures en septembre 2015 jusqu'au 30 juin 2017.**

**Remarque : Les données concernant l'ammoniac  $\text{NH}_3$  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<sup>1</sup>. 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 m<sup>2</sup>). 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 précédent 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'Afrique<sup>2</sup>.

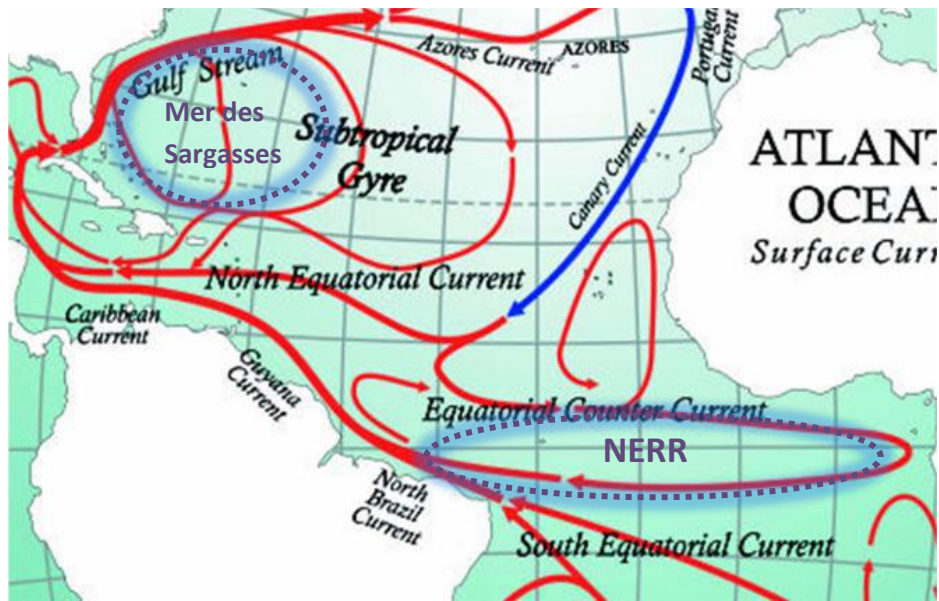


Figure 1: Localisation des courants Nord-Atlantiques, de la NERR et de la mer des Sargasses (source : <http://www.bigmarinefish.com/currents.html>).

Les facteurs qui contribuent à produire de telles quantités de Sargasses dans cette région seraient liés 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 H<sub>2</sub>S – 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 H<sub>2</sub>S, 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 H<sub>2</sub>S afin d'être comparée aux valeurs toxicologique de référence.

Résultats de l'étude : Les figures 2 et 3 représentent respectivement les dépassements des valeurs toxicologiques de référence (VTR) en H<sub>2</sub>S en intérieur et extérieur.

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

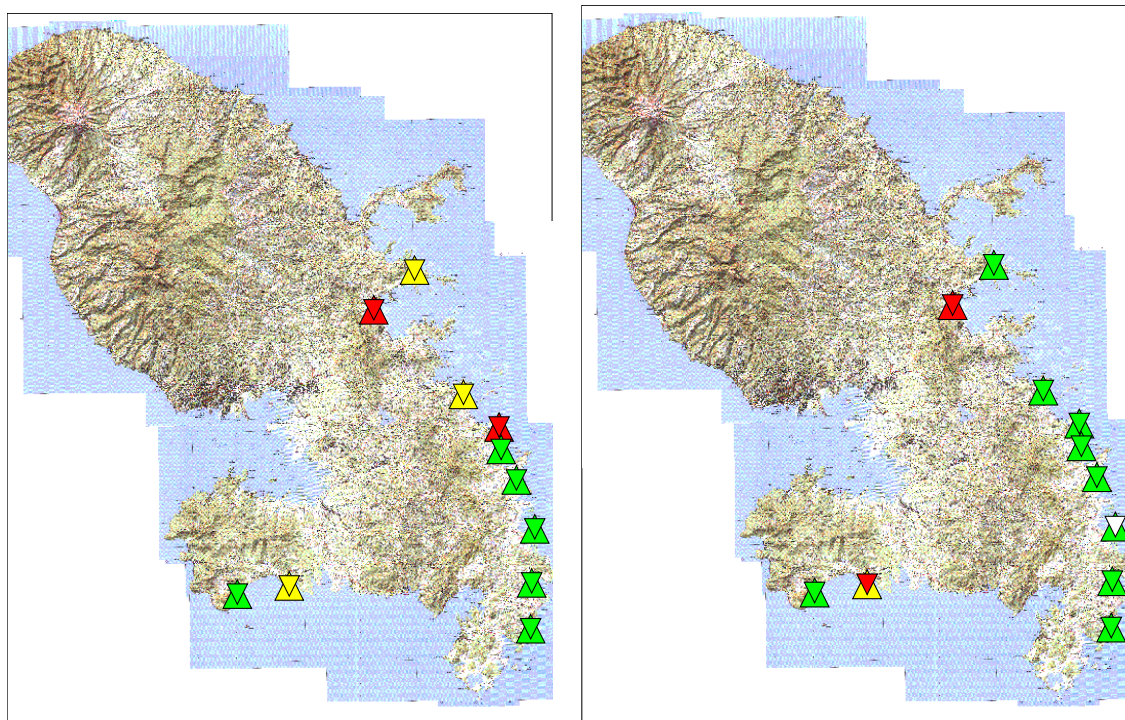


Figure 2: Concentrations en H<sub>2</sub>S dans les chambres (triangle vers le bas) et dans les salons (triangle vers le haut) sur les sites de mesure. A gauche, campagne 1 (29/08/11 au 05/09/11). A droite, campagne 2 (07/09/11 au 13/09/11 et 14/09/11 pour les sites du Cap-Est)<sup>3</sup>.



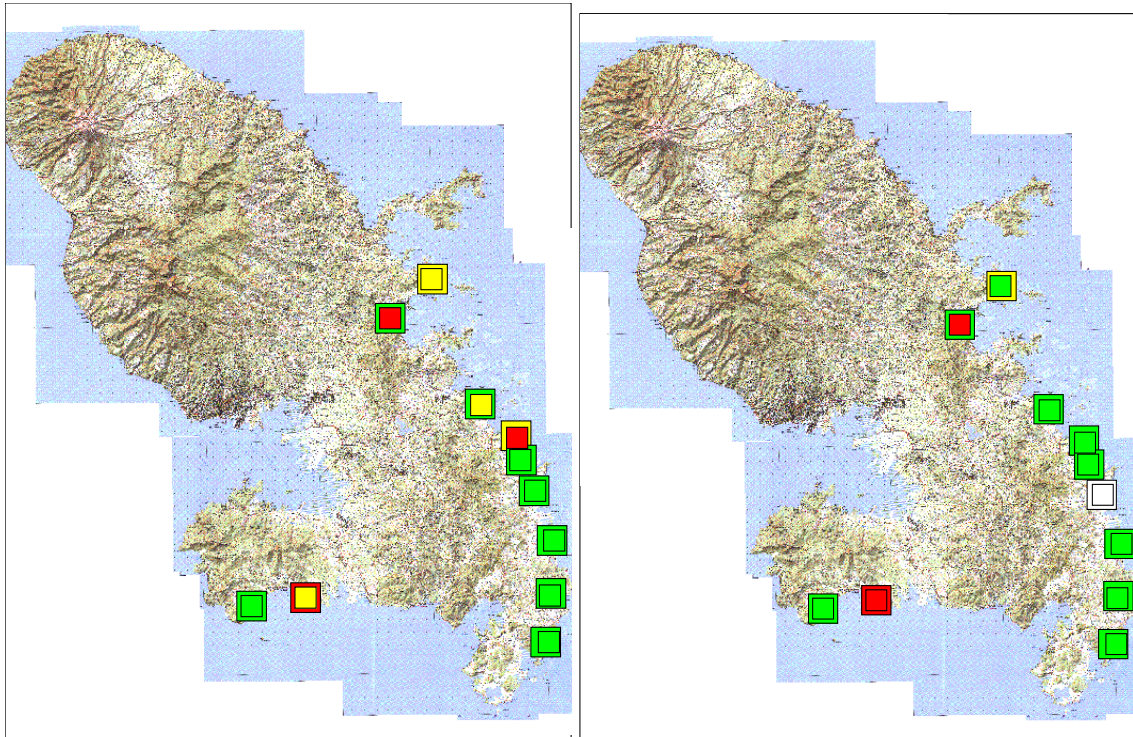


Figure 3: Concentrations en H<sub>2</sub>S en air ambiant extérieur sur les terrasses (carré intérieur) et dans les quartiers (carré externe) sur les sites de mesure. A gauche, campagne 1 (29/08/11 au 05/09/11). A droite, campagne 2 (07/09/11 au 13/09/11 et 14/09/11 pour les sites du Cap-Est).

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, H<sub>2</sub>S, 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 H<sub>2</sub>S avec une résolution de 0.3 ppb.

Les résultats de l'évaluation des concentrations en gaz H<sub>2</sub>S 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 H<sub>2</sub>S 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 H<sub>2</sub>S et NH<sub>3</sub> 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 H<sub>2</sub>S et NH<sub>3</sub>. 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.

- **2016 – 2017 : Exploitation et suivi du réseau de mesure.**

Suite à la validation du réseau de mesure par le Préfecture de Martinique en janvier 2016, la transmission des premiers communiqués à destination de l'ARS Martinique, l'ADEME et la CTM a été initiée. Cette liste de diffusion a été complétée par la suite avec l'intégration de deux nouveaux partenaires financeurs : CAESM Espace Sud et CAP Nord.

Actuellement, les données du réseau sont disponibles sur le site internet de Madinair et relayées sur le site de l'ARS Martinique. L'historique des données est disponible depuis janvier 2016 et les communiqués sont remis à jour quotidiennement.

## 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 H<sub>2</sub>S. 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 tas<sup>4</sup>. L'anaérobiose commence lorsque le taux d'oxygène du tas est inférieur à 10 % ; elle prédomine au-dessous de 5 % d'oxygène-O<sub>2</sub> (air = 21 % O<sub>2</sub>). 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-NH<sub>3</sub>, azote-N<sub>2</sub>, hydrogène sulfuré-H<sub>2</sub>S).

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 (H<sub>2</sub>S) est un gaz dangereux. Classé comme gaz asphyxiant chimique, 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 ppm<sup>4</sup>) 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 HCSP<sup>4</sup>.

### III. Le réseau de mesure

#### III.1 Les sites de mesure

Début juillet 2016, lors du premier bilan annuel du réseau de mesure (composé de 15 appareils Cairpol dont 3 appareils de réserve et 1 analyseur automatique), ce dernier a initialement été déployé sur un total de 14 sites (Figure 4) dans 6 communes qui sont toutes localisées sur la côte Atlantique. 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 test (Figure 5). 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 complet. 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.

Au 30 juin 2017, pour ce deuxième bilan annuel, le réseau est implanté sur un total de 12 sites de mesure qui sont tous équipés des dispositifs de mesure Cairpol. Les particuliers qui ont accueilli les appareils de mesure sur les deux sites du Bourg au Vauclin et de Frégate EST 2 au François ont souhaité l'enlèvement des dispositifs de mesure. Un site de mesure a été implanté à proximité de la plage de l'Anse Cafard dans la commune du Diamant. Il s'agit de la première implantation d'un site situé sur la côte Caraïbes.



Figure 4: Localisation des sites 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 5: A gauche un dispositif Cairpol installé sur le site du front de mer dans la commune du Robert. A droite un Cairsens dédié à la mesure de l'H<sub>2</sub>S.

Ce dispositif se compose donc :

- De deux capteurs de gaz, Cairsens : Chaque Cairsens mesure un polluant dont les gammes sont 0-20 ppm<sup>5</sup> (limite de détection 0.03 ppm) pour l'H<sub>2</sub>S et 0-1000 ppm (limite de détection 0.1 ppm) pour le NH<sub>3</sub>. 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).

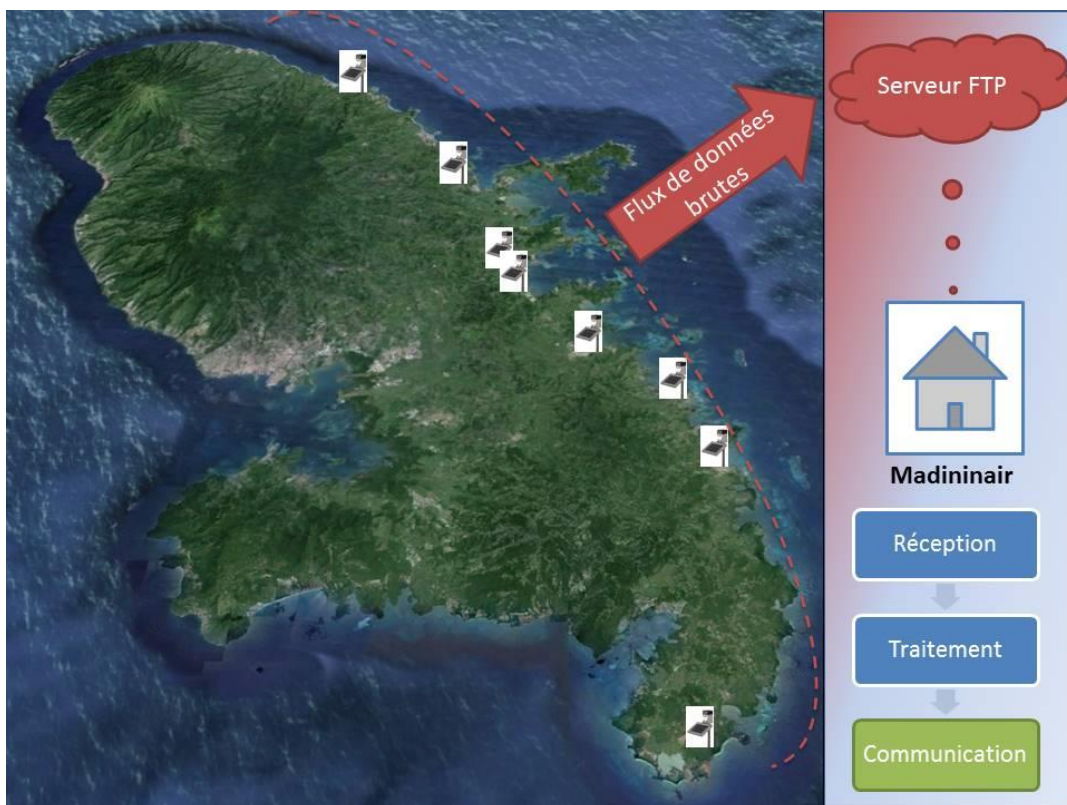


Figure 6: Principe de transmission des données issue du réseau de mesure H<sub>2</sub>S.

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 Madininair. A la réception, ces dernières sont

stockées localement dans une base de données propre au même logiciel qui dispose également de multiples fonctionnalités en termes 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 Madininair n'est pas faite.

### III.2.2 L'analyseur automatique (station fixe de Madininair)

Suite à l'intégration de la station du Bourg du Robert au réseau de mesure, les mesures de concentration en H<sub>2</sub>S 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 SO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>S qui, suite à un prélèvement de l'air extérieur au-travers d'une tête de prélèvement, va déterminer la concentration en H<sub>2</sub>S et SO<sub>2</sub> présente dans l'échantillon (Figure 8).



Figure 7: Dispositif permettant l'analyse automatique de l'H<sub>2</sub>S 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 Madininair.

Cet analyseur est placé dans une station fixe de mesure de Madininair. En effet, il doit être placé dans une enceinte protégée et climatisée.

### 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 SO<sub>2</sub> 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.

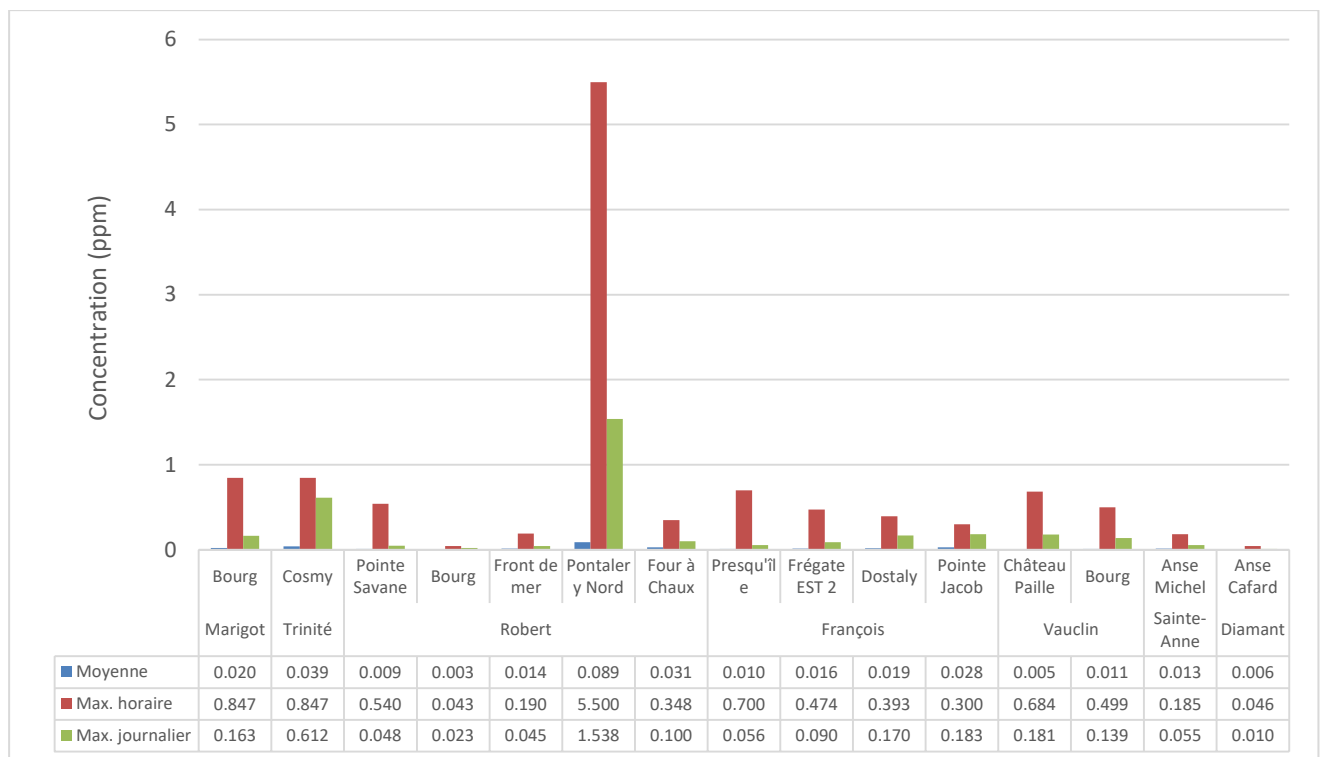
Toutefois, la gamme de mesure et la limite de détection pour le gaz H<sub>2</sub>S étant différente, leur utilisation est restreinte à des épisodes d'arrivées d'algues sargasses relativement importants. Suite aux échouages qui ont eu lieu en quantité relativement importante sur le site de Pontalery Nord au Robert, un volume de données correspondant à deux semaines de mesure comparative a été récupéré. 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 moyennes sur la période, maxima horaires, maxima journaliers

La figure suivante illustre les concentrations moyennes sur la période (en bleu), maximales horaires (rouge) et maximales journalières (en vert) spécifiques à chaque site de mesure depuis la première implantation en septembre 2015 jusqu'au 30 juin 2017.

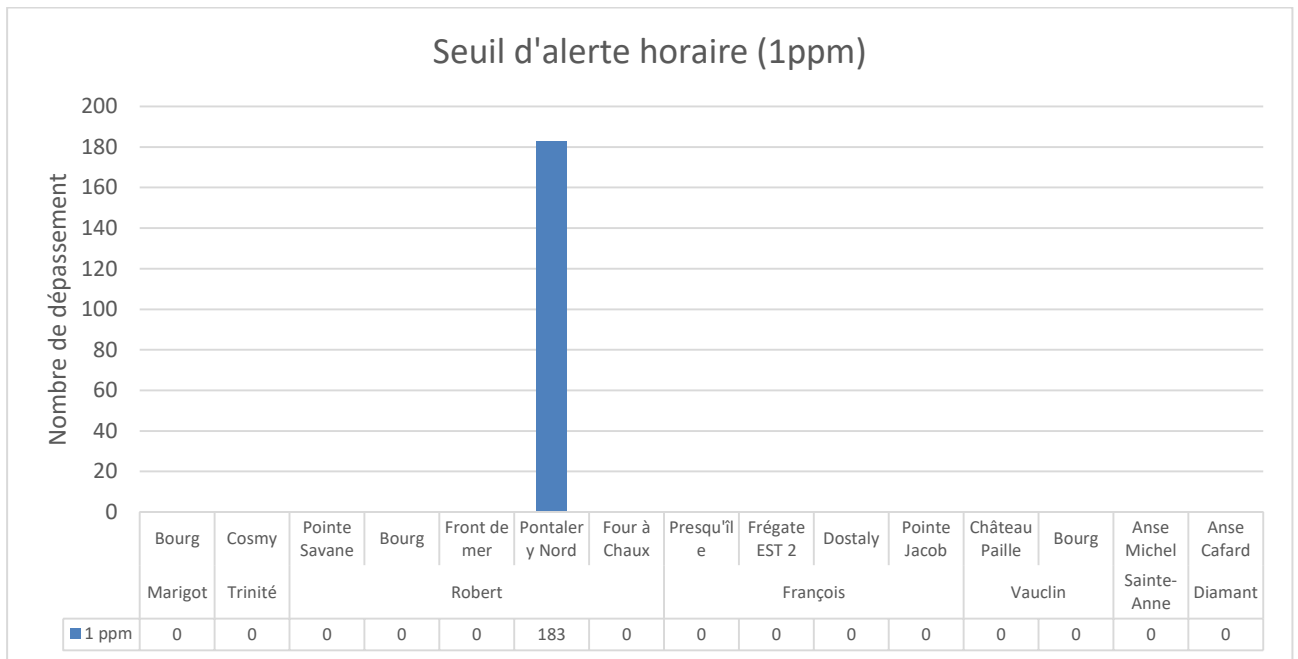


**Figure 8: Synthèse des mesures de concentration en hydrogène sulfuré réalisées depuis septembre 2015 par le réseau de mesure de l'hydrogène sulfuré.**

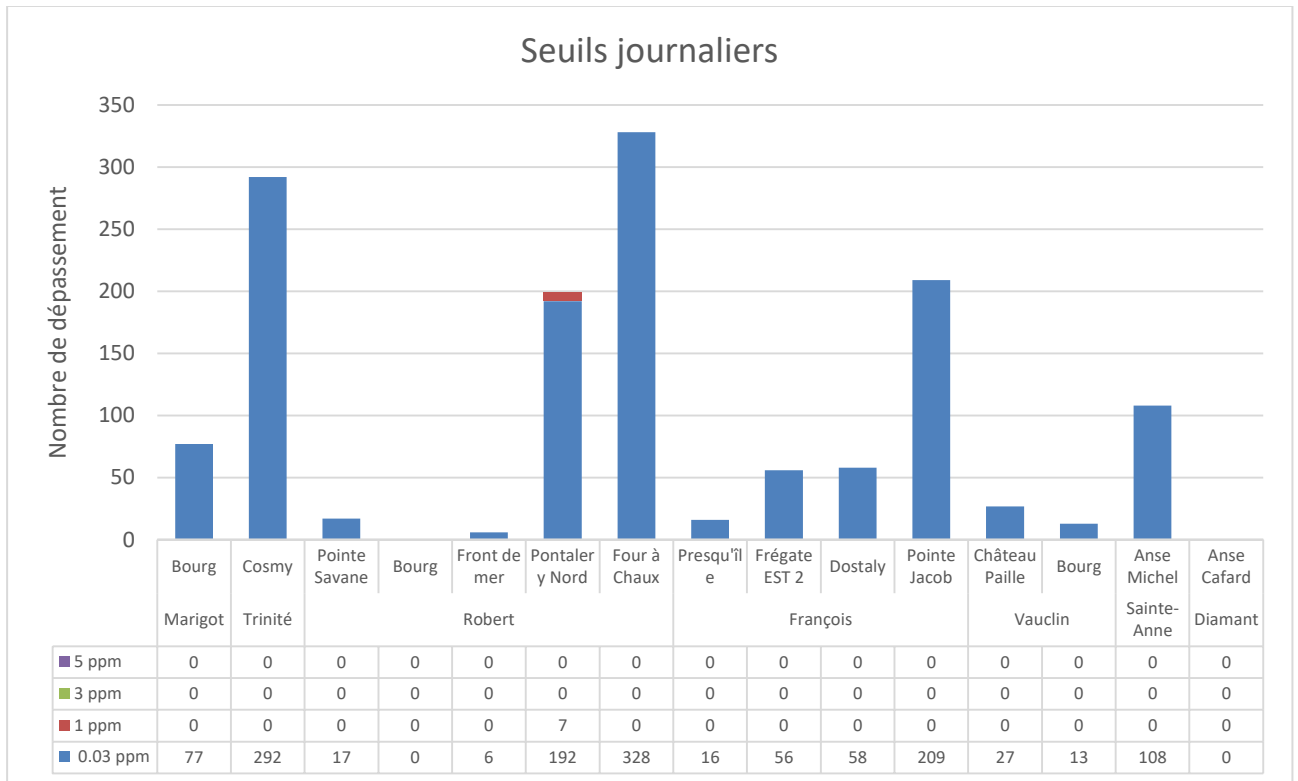
Au vu des concentrations moyennes sur la période (illustrées en bleu ; Figure 8), les valeurs sont faibles et reflètent le caractère épisodique des échouages d'algues Sargasses sur les côtes de la Martinique. Cependant, les concentrations horaires maximales (illustrées en rouge ; Figure 8) montrent que les niveaux enregistrés peuvent être importants par endroit. C'est le cas du site de Pontalery Nord qui est localisé dans la commune du Robert. Ce dernier montre une concentration maximale horaire de 5,5 ppm atteinte le 14/09/2015 entre 3h et 4h du matin. On remarque que les autres sites n'ont pas présenté de maxima horaires supérieurs à 1ppm (seuil d'alerte : 1ppm), mais les sites « Bourg-Marigot », « Cosmy-Trinité », « Presqu'île-François » et « Château Paille-Vauclin » s'en sont rapprochés. Ces observations montrent bien que les échouages sont présents sur l'ensemble de la façade Atlantique de la Martinique, mais que certains sites sont plus exposés que d'autre.

Concernant la période qui s'étale du 1<sup>er</sup> juillet 2016 au 30 juin 2017, les concentrations les plus importantes ont été enregistrées entre le 21 et le 26 juin 2017. Le maximum horaire enregistré sur le même site de Pontalery Nord est de 2,7ppm le 23/06/17 à 1h.

IV.2.2 Nombre de dépassement du seuil d'alerte horaire et des seuils journaliers



**Figure 9: Nombre de dépassement du seuil horaire d'alerte (1ppm) comptabilisé sur chaque site depuis la mise en place du réseau de mesure en septembre 2015.**



**Figure 10: Nombre de dépassement des seuils journaliers comptabilisé sur chaque site depuis la mise en place du réseau de mesure en septembre 2015.**

Les figures 9 et 10 représentent respectivement le nombre de dépassement des seuils horaires et journaliers fixés par l'ARS, sur chacun des sites de mesure.

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 183 dépassements qui ont été totalisés depuis le 10 septembre 2015, date d'implantation sur ce site. Ce sont donc 152 dépassements qui ont été comptabilisés entre septembre 2015 et le 30 juin 2016 (voir Annexe 3), contre 31 dépassements durant la deuxième année de fonctionnement du réseau (1er juillet 2016 au 30 juin 2017). Ces derniers dépassements ont tous été enregistrés lors de l'épisode qui a eu lieu en juin 2017 sur le même site de Pontalery Nord. Comme indiqué dans la convention définie conjointement avec l'ARS, la communication de ces alertes a permis d'initier prioritairement des ramassages mécanisés sur ce site en 2017.

On constate également que le premier seuil journalier de 0.03ppm a été dépassé sur la plupart des sites de mesure sur la totalité de la période (2015-2017). Ce dernier correspond à la limite de détection du capteur H<sub>2</sub>S du dispositif Cairpol. Son dépassement témoigne de la présence d'H<sub>2</sub>S en faible concentration et c'est pourquoi il n'est pas interprété comme un signal d'alerte. L'observation des résultats montre que les sites de « Cosmy – Trinité », « Four à Chaux – Robert » et « Pointe Jacob – François » comptabilisent plus de dépassement du premier seuil journalier (0.03ppm) que le site « Pontalery Nord – Robert ». Cependant, les concentrations horaires et journalières spécifiques à ces sites sont inférieures à 1ppm (Figure 8). On

peut donc en déduire que ces trois sites sont caractérisés par des concentrations en H<sub>2</sub>S à la fois plus faibles, mais temporellement plus présentes que sur le site « Pontalery Nord – Robert ». Ce dernier comptabilisant moins de dépassement du premier seuil journalier de 0.03ppm (Figure 10), mais dont les concentrations atteintes sont plus élevées (Figure 8).

Enfin, on constate également que seul le site de Pontalery Nord a comptabilisé 7 dépassements du seuil journalier de 1 ppm dont le maximum journalier de 1.54 ppm a été atteint le 14/09/2015. Ce sont donc 6 dépassements qui ont été comptabilisés entre septembre 2015 et le 30 juin 2016 (voir Annexe 3), contre 1 dépassement durant la deuxième année de fonctionnement du réseau (1er juillet 2016 au 30 juin 2017).

## V. 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 H<sub>2</sub>S en temps réel depuis son installation en septembre 2015. 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 leur sont spécifiques.

Au terme de ces deux années d'exploitation du réseau de mesure, il a été mis en évidence sur le site de Pontalery Nord de la commune du Robert 183 dépassements du seuil d'alerte horaire entre les mois de septembre 2015 et juin 2017. De même, 7 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 2015.

De juin 2016 à juin 2017, un total de 31 dépassements de ce seuil a été comptabilisé sur le site de Pontalery Nord au Robert. Le fonctionnement du réseau durant les arrivages importants et successifs du mois de juin 2017 a montré la réponse rapide apportée par ce dispositif concernant l'exposition sanitaire de la population pendant une période de crise. Suite à la transmission des alertes à l'ARS et du suivi de l'évolution des concentrations, des ramassages mécanisés ont été programmés puis initiés sur ce site. Les effets bénéfiques de cette intervention ont été mesurés dès le lendemain, les concentrations mesurées ayant diminué fortement.

L'intégration des collectivités d'agglomération de Cap Nord et de l'Espace Sud au groupe de partenaires financiers permettra à l'avenir de moduler le réseau de mesure afin de répondre aux besoins spécifiques de chaque territoire concerné. Cela passe notamment par la formation d'un comité de suivi du réseau qui se réunira fin 2017, d'un avis concerté pour le choix des sites d'implantation et une production possible d'un communiqué spécifique à chaque territoire.

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.



## VI. Bibliographie

<sup>1</sup> Notes Sargasses, DEAL Guadeloupe 2011-2014.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Etude des concentrations en H<sub>2</sub>S sur le littoral atlantique et au Diamant – MADININAIR 09/2011

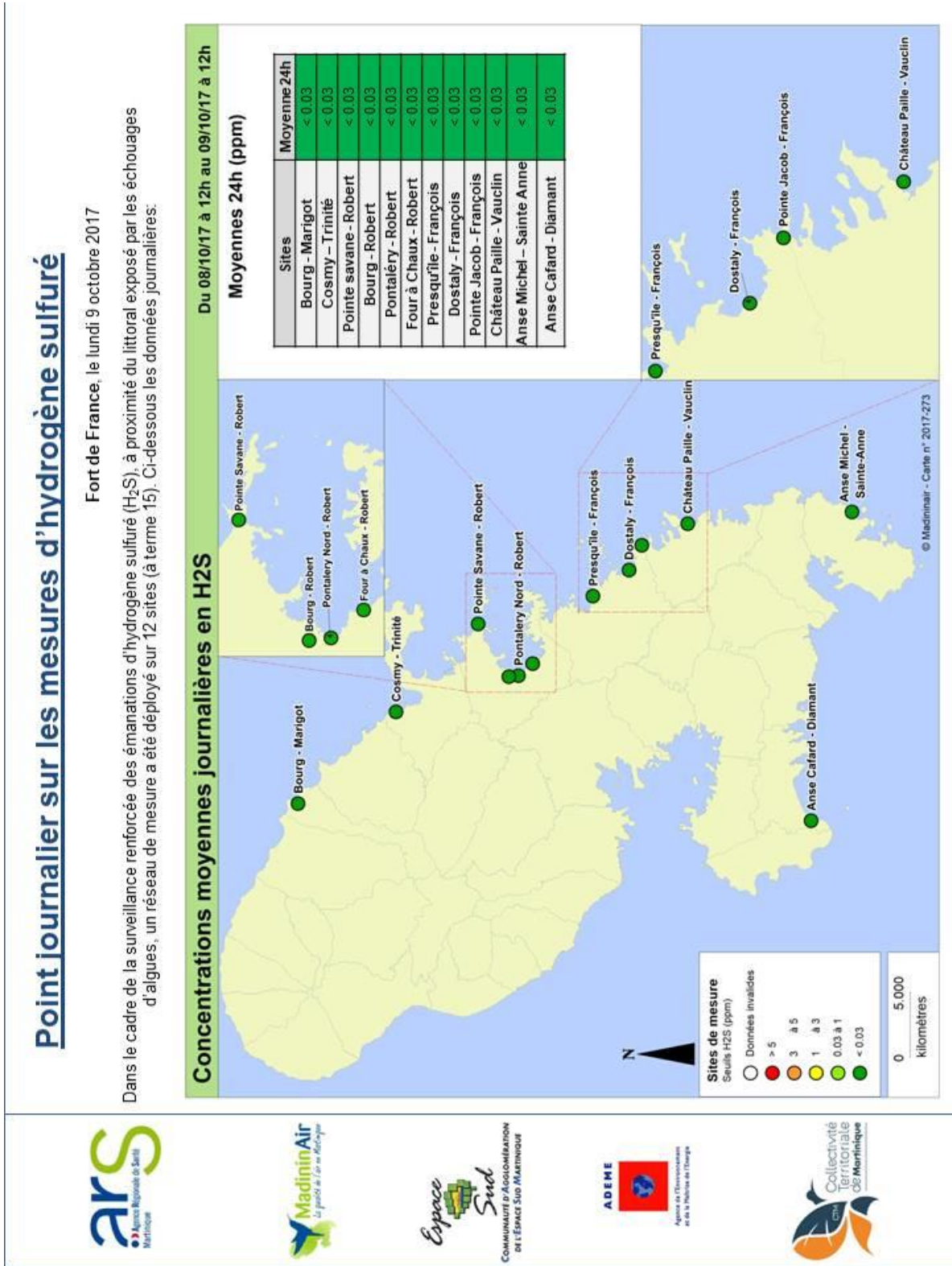
<sup>4</sup> Avis relatif à la gestion du risque sanitaire lié aux émissions toxiques provenant d'algues brunes échouées sur les côtes de La Martinique et La Guadeloupe – HCSP, 22 mars 2012.

<sup>5</sup> P056D.MLL.Notice Technique H<sub>2</sub>S-CH<sub>4</sub>S 20 ppm.160812.

<sup>6</sup> Etude de la production de Sulfure d'Hydrogène H<sub>2</sub>S – Réseaux et Installation d'Assainissement – SUEZ Environnement.

VII. Annexes

VII.1 Annexe 1 : Exemple de communiqué journalier transmit à l'ARS



## Seuils H<sub>2</sub>S - effets sanitaires et mesures de gestion associées

Interprétation des mesures de H <sub>2</sub> S et recommandations			
Code couleur	H <sub>2</sub> S mesuré (24h)	Interprétation sanitaire	Recommandations à la population
Vert	< 0,03 ppm	Le H <sub>2</sub> S n'a pas été mis en évidence avec les moyens de mesure	
Vert	0,03 à 1 ppm	Les niveaux de H <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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.



VII.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 - 2017

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	1.1	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	1.5
16/11/2015 21:00	1.03	26/11/2015 19:00	1.91
16/11/2015 22:00	1.4	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	1.6
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	1.3
19/11/2015 12:00	1.58	03/02/2016 17:00	1.02
19/11/2015 13:00	1.94	21/06/2017 15:00	1.00
19/11/2015 14:00	2.3	21/06/2017 19:00	1.08
19/11/2015 15:00	2.87	21/06/2017 21:00	1.04
19/11/2015 16:00	2.62	21/06/2017 22:00	1.47
19/11/2015 17:00	1.46	21/06/2017 23:00	1.19
20/11/2015 13:00	1.07	22/06/2017 00:00	1.84
20/11/2015 14:00	1.17	22/06/2017 01:00	2.10
20/11/2015 15:00	1.07	22/06/2017 02:00	2.00
20/11/2015 16:00	1.06	22/06/2017 03:00	1.90
22/11/2015 18:00	1.09	22/06/2017 04:00	1.58
22/11/2015 19:00	1.01	22/06/2017 05:00	1.37
23/11/2015 07:00	1.04	22/06/2017 06:00	1.16
23/11/2015 17:00	1.16	22/06/2017 08:00	1.12
23/11/2015 18:00	1.54	22/06/2017 13:00	1.08
23/11/2015 19:00	1.47	22/06/2017 14:00	1.34
23/11/2015 20:00	1.26	22/06/2017 17:00	1.07

BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2017

<b>Pontalery Nord - Robert</b>			
<b>Date</b>	<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Date</b>	<b>Concentration (ppm)</b>
22/06/2017 20:00	1.29		
22/06/2017 21:00	1.77		
22/06/2017 22:00	1.82		
22/06/2017 23:00	2.17		
23/06/2017 00:00	2.55		
23/06/2017 01:00	2.68		
23/06/2017 02:00	2.55		
23/06/2017 03:00	1.83		
23/06/2017 04:00	1.25		
23/06/2017 05:00	1.35		
25/06/2017 20:00	1.01		
26/06/2017 06:00	1.21		
26/06/2017 07:00	1.44		
26/06/2017 08:00	1.21		
26/06/2017 09:00	1.22		



BILAN D'ACTIVITE DU RESEAU DE MESURE H2S - 2017

VII.3 Synthèse des résultats par année de fonctionnement du réseau

Période	Base	Intitulé		Marigot	Trinité	Robert				François				Vauclin		Sainte-Anne	Diamant		
				Bourg	Cosmy	Pointe Savane	Bourg	Front de mer	Pontalery Nord	Four à Chaux	Presqu'île	Frégate EST 2	Dostaly	Pointe Jacob	Château Paille	Bourg	Anse Michel	Anse Cafard	
2015-2016	Horaire	Concentrations moyennes (ppm)	Moy.	0.027	0.054	0.013	0.002	0.014	0.149	0.044	0.012	0.021	0.028	0.037	0.001	0.019	0.011	Site non-existant	
			Max.	0.620	0.230	0.540	0.009	0.190	5.500	0.270	0.700	0.290	0.240	0.190	0.160	0.280	0.150		
		Nb. dépassement	Seuil d'alerte horaire (1 ppm)	0	0	0	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0		0
			Concentrations moyennes (ppm)	Moy.	0.027	0.054	0.013	0.002	0.014	0.149	0.044	0.012	0.021	0.028	0.037	0.001	0.019		0.011
	Journalier	Concentrations moyennes (ppm)	Max.	0.163	0.097	0.048	0.006	0.045	1.538	0.095	0.056	0.045	0.063	0.183	0.022	0.058	0.020		
			Nb Dép. des seuils	0.03 ppm	53	186	16	0	6	148	190	12	18	43	68	8	7		2
		1 ppm		0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0		
		3 ppm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		5 ppm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		2016-2017	Horaire	Concentrations moyennes (ppm)	Moy.	0.014	0.025	0.006	0.004	Site retiré pour vol	0.030	0.018	0.009	0.010	0.011	0.020	0.008		0.004
Max.	0.847				0.847	0.285	0.043	2.684	0.348		0.288	0.474	0.393	0.300	0.684	0.499	0.185	0.046	
Nb. dépassement	Seuil d'alerte horaire (1 ppm)			0	0	0	0	31	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Concentrations moyennes (ppm)			Moy.	0.012	0.026	0.006	0.004	0.026		0.019	0.009	0.013	0.011	0.019	0.009	0.004	0.016	0.006
Journalier	Concentrations moyennes (ppm)		Max.	0.072	0.612	0.032	0.023	1.230	0.100		0.051	0.090	0.170	0.075	0.181	0.139	0.055	0.010	
			Nb Dép. des seuils	0.03 ppm	24	106	1	0	44		138	4	38	15	141	19	6	106	0
	1 ppm			0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	3 ppm			0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	5 ppm			0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	

### VII.4 Annexe 3 : Photos des sites de mesure

- Le bourg – Marigot :



- Cosmy – Trinité :





- Pointe Savane – Robert :



- Le bourg – Robert :





- Le front de mer – Robert :





- Pontalery Nord – Robert :



- Four à Chaux – Robert :





- Presqu'île – François :





- Frégates EST 2 – François :





- Dostaly – François :





- Pointe Jacob – François :





- Château Paille – Vauclin :





- Le bourg – Vauclin :





- Anse Michel – Sainte-Anne :

