

Nuisances olfactives à la base nautique du Roucas Blanc à Marseille

Evaluation des teneurs en hydrogène sulfuré (H₂S) dans l'air du 19 juillet au 29 août 2019

Septembre 2019

Contexte

Des échanges entre différentes délégations de la Ville de Marseille, direction de la mer, service de la santé et de la médecine du travail, ont identifié de fortes odeurs sur la base nautique du Roucas Blanc. Ces odeurs s'apparentent à de l'hydrogène sulfuré (H₂S) et sont en provenance de stocks de feuilles de posidonies en décomposition dans les bassins. Elles sont à l'origine de nuisances importantes et perturbent l'activité des personnels sur la base.

Suite au signalement de ces nuisances, AtmoSud a réalisé des mesures sur la base nautique du 19 juillet au 29 août 2019.

AtmoSud a mené des investigations, afin d'établir un premier diagnostic des niveaux de H₂S présent et de les évaluer en regard des référentiels dans l'air ambiant : seuils olfactifs, indicateurs sanitaires (VTR¹ aigue et valeur guide OMS).

Les investigations d'AtmoSud ont été réalisées moyennant l'installation, sur la base nautique, d'une station de surveillance, équipée de moyens de mesure du H₂S.

¹ VTR : Valeur Toxicologique de Référence

D'autre part, une intervention des marins pompiers de Marseille (numéro d'intervention 73667) le 23 juillet 2019, qui avait pour but de réaliser une « évaluation des risques présentés par des algues en décomposition au Centre municipal de voile de Marseille » a abouti aux conclusions suivantes :

- Il a été mis en évidence une forte concentration d'hydrogène sulfuré dissous dans l'eau au niveau du dépôt d'algues. Il existe donc un risque certain lié au dégagement de ce gaz toxique lors de l'agitation des algues.
- Sur ces bases, un périmètre de sécurité a donc été mis en place par le commandant des opérations de secours, et des mesures ont été prises afin d'éviter aux personnes concernées d'être exposées à cette substance :
 - Déplacement de la zone de travail d'un employé de la base nautique et contrôle du personnel de l'atelier par la médecine du travail
 - Accueil des enfants en un lieu plus éloigné de la zone concernée
 - Avitaillement des moyens nautiques à la station-service qu'avec moteur éteint
 - Action curative entreprise dès que possible par le responsable du site

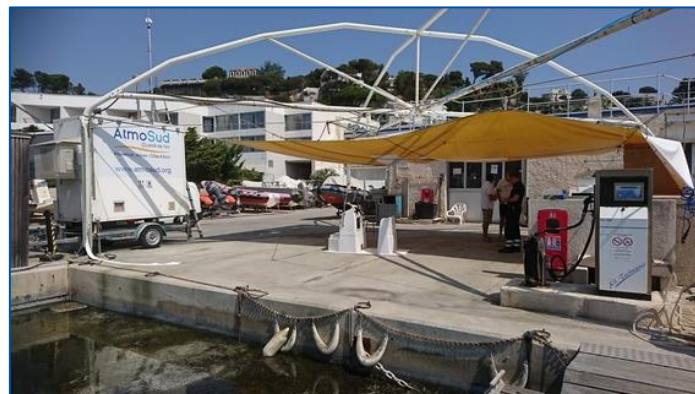
Base nautique et station de surveillance – Localisation

Les illustrations ci-dessous présentent la localisation et les aménagements de la base nautique et de la station de surveillance mise en place par AtmoSud.

Base nautique



Station de surveillance



Posidonies dans les bassins



Analyse documentaire et réglementaire

Le sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène, ou hydrogène sulfuré (H_2S) est un composé constitué de soufre et d'hydrogène ⁽²⁾. C'est un gaz inflammable, incolore, à l'odeur caractéristique d'œuf pourri, très toxique, faiblement soluble dans l'eau. Ses principales sources sont les procédés industriels utilisés dans les secteurs du pétrole, les usines de pâtes et papiers, l'industrie du soufre, les aciéries et les installations d'épuration des eaux usées ⁽³⁾. Les sources naturelles peuvent être les marais, les tourbières et les marécages. D'autre part, les « marées vertes » qui sont des échouages massifs d'algues vertes entrant en putréfaction génèrent la production d'hydrogène sulfuré, et touchent des segments du littoral français. C'est également le cas dans l'étang de Berre.

Réglementation et concentrations ubiquitaires

Le sulfure d'hydrogène est un irritant des muqueuses oculaires et respiratoires. L'exposition à ce gaz provoque des irritations des yeux, de la gorge, un souffle court et affecte les poumons. Cependant, en cas de fortes concentrations, le sulfure d'hydrogène est considéré comme un poison et peut provoquer des pertes de connaissance ou la mort. Le sulfure d'hydrogène est réglementé par les textes concernant les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ce gaz n'est pas réglementé dans l'air ambiant. Les concentrations ubiquitaires du sulfure d'hydrogène dans l'air seraient inférieures à $1 \mu g/m^3$ ⁽²⁾. Un rapport bibliographique de l'INERIS ⁽⁴⁾ présente des niveaux mesurés dans l'environnement :

- Sur une plateforme de compostage de boues et de déchets verts : valeurs variant de 4 à $20 \mu g/m^3$,
- Sur un estuaire breton dans un contexte de caractérisation des émissions d' H_2S par les algues vertes : valeurs allant de 16 à $210 \mu g/m^3$ en moyenne hebdomadaire.

Le niveau de concentration de ce polluant dans l'air provoquant une nuisance olfactive est fixé par l'OMS à $7 \mu g/m^3$ sur une demi-heure ⁽⁵⁾. Cependant, le H_2S est très odorant et peut être détecté dès $0.7 \mu g/m^3$ par certaines personnes ⁽²⁾.

Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Les valeurs toxicologiques de référence pour les effets « à seuil » indiquées dans le rapport de l'INERIS sont les suivantes :

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) :
 - Exposition subchronique : $30 \mu g/m^3$
 - Exposition aiguë : $100 \mu g/m^3$ évaluée sur 1 à 14 jours (Recommandée par l'INERIS pour les évaluations en France)
- US EPA (United States Environmental Protection Agency | US EPA) :
 - Exposition chronique : $2 \mu g/m^3$
- OEHHA (The Office of Environmental Health Hazard Assessment) :
 - Exposition chronique : $10 \mu g/m^3$
 - Exposition aiguë : $42 \mu g/m^3$ sur 1 h

Autres valeurs de référence

En France, la valeur moyenne d'exposition professionnelle (VME) et la valeur limite d'exposition professionnelle (VLE) sont respectivement de 7 000 et $14\,000 \mu g/m^3$.

De plus, l'OMS propose une valeur guide de $150 \mu g/m^3$ sur une durée de 24 heures.

² Fiche toxicologique H_2S FT 32, INRS, mise à jour 2014

³ Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS, mise à jour 2011

⁴ Techniques de mesure de l'ammoniac et de l'hydrogène sulfuré dans l'air ambiant - Bilan bibliographique. Déc. 2012

⁵ Air quality guideline for Europe, second edition, chapter 6.6 Hydrogen Sulfide, 2000

Seuils olfactifs

Bien que l'hydrogène sulfuré puisse être senti dès le seuil de $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'OMS considère comme une nuisance olfactive réelle une concentration de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une demi-heure.

Mesures de gestion

Il n'a pas été identifié de mesure de gestion spécifique à la présence de posidonies sur les côtes méditerranéennes.

Cependant, à titre informatif, il existe des mesures spécifiques dans le cadre de la surveillance renforcée des émanations d'hydrogène sulfuré à proximité du littoral des Caraïbes exposé par les échouages d'algues sargasses, présentés ci-dessous pour comparaison :

Code couleur	Concentration en H ₂ S (24h)	Interprétation sanitaire	Recommandations à la population
Vert	< 0,03 ppm Soit < $42.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Le H ₂ S n'a pas été mis en évidence avec les moyens de mesure.	
Vert	0,03 à 0,07 ppm Soit 42.9 à $100.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Les niveaux de H ₂ S relevés peuvent entraîner des gênes olfactives mais il n'est pas attendu d'effet sanitaire (irritations respiratoires et oculaires).	
Jaune	0,07 à 1 ppm Soit 100.1 à $1430.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Les niveaux de H ₂ S relevés peuvent entraîner des gênes respiratoires chez les personnes sensibles et vulnérables.	[...] Dès la perception d'odeurs, les personnes vulnérables sont invitées à se tenir éloignées des zones de décomposition des algues et à éviter d'être sous le vent des émissions des gaz.
Orange	1 à 5 ppm Soit 1430.0 à $7150.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	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.	La population est invitée à se tenir éloignée des zones de décomposition des algues. Adressez-vous à votre médecin ou à votre pharmacien si vous présentez les symptômes suivants : les yeux ou la gorge qui piquent, des larmoiements, des maux de tête, une difficulté respiratoire, de la toux, des démangeaisons des vomissements des vertiges. Il est conseillé aux personnes vulnérables de ne pas séjourner sous le vent des émissions de gaz et d'éviter l'exposition aux autres substances irritantes ou allergisantes en air intérieur (fumée de tabac, ...).
Rouge	> 5ppm Soit > $7150.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	L'apparition de symptômes type maux de tête, irritations oculaires, 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.	Il est conseillé à l'ensemble de la population de se tenir éloigné des zones à risque et de ne pas se placer sous le vent des émissions de gaz. Adressez-vous à votre médecin ou à votre pharmacien si vous présentez les symptômes suivants: les yeux ou la gorge qui piquent, des larmoiements, des maux de tête, une difficulté respiratoire, de la toux, des démangeaisons des vomissements des vertiges. Eventuellement, contactez le Centre 15. Les personnes vulnérables sont invitées à consulter leur médecin pour adapter ces recommandations à leur cas particulier.

En ce qui concerne la Bretagne, l'ANSES a émis en 2011 des recommandations pour limiter l'exposition du public avec un ramassage des algues vertes échouées dès que possible (< 48h), le balisage des chantiers de ramassage et des zones de stockage intermédiaire, l'information au moyen d'une signalétique permanente, l'utilisation de procédés de ramassage et de traitement qui limitent la production et la diffusion des gaz, le renforcement de la surveillance environnementale autour des sites de traitement. Des gestes à adopter sur la plage ont été identifiés afin de prévenir l'exposition des populations :

- Eviter tout contact avec les amas d'algues ;
- Ne pas laisser divaguer les animaux au niveau des zones d'échouage ;
- Ne pas s'approcher des chantiers de ramassage des algues ;
- Ne pas pénétrer dans les zones signalées ou balisées avec dépôts d'algues, de lits de cours d'eau ou de zones présentant un risque d'enlèvement.

Niveaux d'H₂S constatés par d'autres AASQA⁶ sur les problématiques d'algues échouées

► Bretagne (Air Breizh)

Air Breizh réalise des mesures d'H₂S sur le port du Légué (Saint Briec (22)) afin de caractériser les nuisances olfactives et l'exposition des populations en lien avec l'échouage d'algues. De plus, il est fourni une comparaison des résultats obtenus sur cette campagne avec des précédentes études menées par Air Breizh en lien avec des échouages d'algues vertes. Ces résultats sont synthétisés ci-dessous⁷ :

Comparaison des mesures d'hydrogène sulfuré avec les précédentes études menées par Air Breizh de 2005 à 2017

Concentration H ₂ S (en µg/m ³)	Valeurs guides	2005	2006	2009	2012	2012	2012	2012	2013	2013	2013	2017	2017	2018
		Echouage St Michel en Grève	Echouage St Michel en Grève	Echouage St Michel en Grève	Etat zéro Toul Ar Vilin	Pendant travaux Toul Ar Vilin	Sans échouages Tréguier	Echouages Toul Ar Vilin	Etat zéro Toul Ar Vilin	Echouages Toul Ar Vilin (avec ramassage)	Echouages Locmiquélic (sans ramassage)	Saint-Briec- Légué POINT 1	Saint-Briec- Légué POINT 2	St briec Légué POINT 1
moyenne horaire		19,7	33,4	0,06	0,6	3,0	0,9	2,0	0,08	1,1	1,3	2,7	0,7	6,9
maximum horaire		791	1249	4,25	16	80	7,0	38	1,5	18	38	46	9	272
moyenne journalière		19,8	32	0,06	0,6	2,5	0,9	2,3	0,07	1,1	1,3	2,7	0,7	6,8
maximum journalier	150 µg/m ³ (valeur guide sanitaire)	134	155	0,3	3,4	7,9	2,9	8,4	0,3	4,0	5,2	10,2	1,6	28
nb dépassement valeur guide santé sur 24h		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dépassement valeur guide nuisances olfactives sur 1/2h	7 µg/m ³ (valeur guide nuisances olfactives)	30%	37%	0%	1,5%	13%	0%	9,7%	0%	1,2%	3,4%	11%	0,2%	21%
P25 (1er quartile)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	2,3
P50 (médiane)	(données horaires non glissantes)	0,5	1	0	0	0,5	0	1	0	1	0	1	0,6	3,6
P75 (3ème quartile)		13,5	33	0	0,3	2,5	1,5	3,0	0,0	1,3	1,0	2,0	1,2	6,4
maxi		791	1249	5	16	80	7	38	1,5	18	54	46	9	272

Ainsi, il apparaît que :

- Les années 2005 et 2006 présentent des résultats bien plus importants que les années suivantes
- Hormis les années 2005 et 2006 :
 - La concentration moyenne horaire mesurée en H₂S est généralement inférieure à 10 µg/m³,
 - La concentration maximale horaire mesurée en H₂S est généralement inférieure à 50 µg/m³, à l'exception de l'année 2018 atteignant plus de 270 µg/m³,
 - La concentration maximale journalière non glissante est généralement inférieure à 30 µg/m³.

⁶ AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

⁷ Source : Campagne de mesures de la qualité de l'air- Port du Légué – Saint Briec (22) / Campagnes de mesures 2018 / Rapport – version du 04/03/2019

Résultats des mesures réalisées par AtmoSud sur le site du Roucas Blanc à Marseille

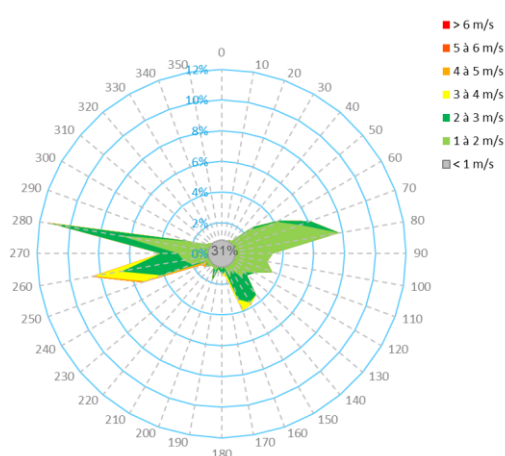
La campagne de mesure a eu lieu du 19 juillet au 29 août 2019. Pour compléter les informations relatives aux concentrations en H₂S, l'anémo-girouette de la station a été mis en service le 23/07/2019.

Situation météorologique

Du 23 juillet au 29 août 2019 inclus, les données météorologiques locales de la station sont utilisées. Il apparaît, au vu de la rose des vents ci-dessous, que les vents majoritaires sont :

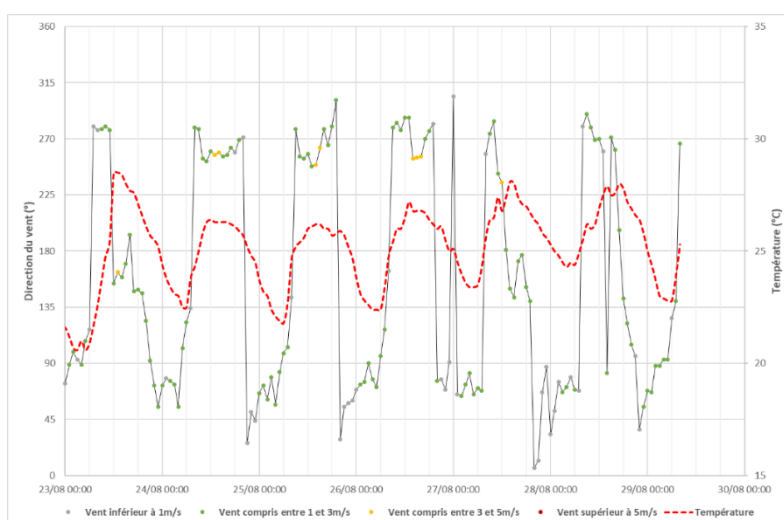
- Les vents très faibles (inférieurs à 1 m/s), présents 31 % du temps ;
- Les vents faibles à modérés (entre 1 et 3 m/s) de secteur est-nord-est (60°-80°) et ouest (260°-280°), respectivement présents 16 et 19 % du temps.

Rose des vents sur la station mobile du Roucas Blanc à Marseille du 23/07/2019 au 29/08/2019 inclus



Il a également été observé la plupart du temps le phénomène des brises thermiques (vent créée par la différence de température entre la terre et la mer, dont la direction s'inverse entre le jour et la nuit) sur cette période, comme le montre par exemple le graphique ci-dessous. Quant aux températures, elles sont comprises entre 18 et 30°C au cours de cette période. Enfin, les précipitations ont été très faibles (15 mm au total sur l'intégralité de la campagne mesurée au niveau de la station Météo France de Marseille Vaudrans).

Evolution temporelle des conditions météorologiques du 23/08/2019 au 29/08/2019 inclus

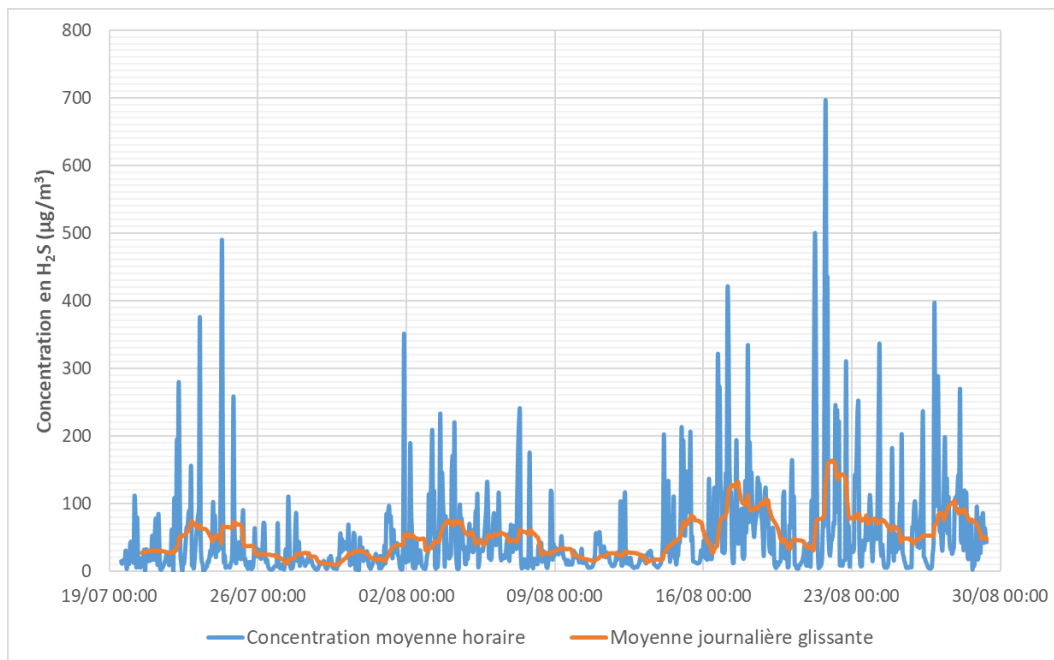


Evolution des niveaux de H₂S sur le site du Roucas Blanc à Marseille

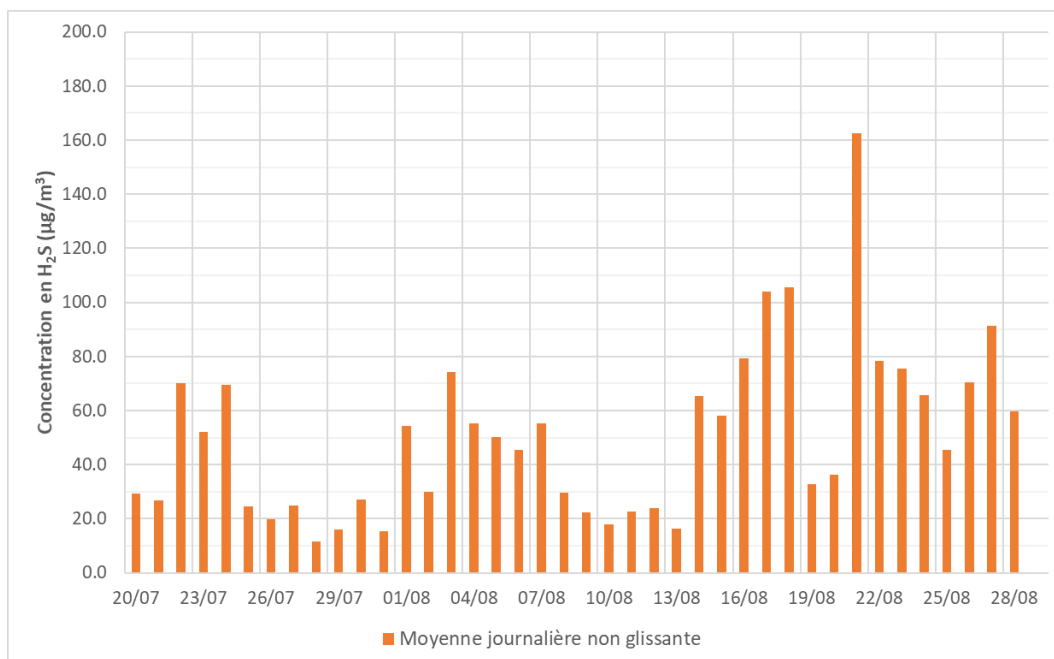
Niveaux de concentration

La concentration moyenne en H₂S sur la totalité de la campagne de mesures (19 juillet – 29 août) est de **50.5 µg/m³**. La concentration maximale horaire de **692.6 µg/m³** a été obtenue le 21 août à 18 heures. Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser les concentrations horaires et journalières sur l'intégralité de la période de mesures :

Concentrations moyennes horaires et journalières glissantes en H₂S calculé du 19 juillet au 29 août 2019



Concentrations moyennes journalières non glissante en H₂S calculé du 19 juillet au 29 août 2019



Remarque : les journées du 19/07 et du 29/08 n'étant pas complètes, elles n'ont pas été présentées dans le graphique ci-dessus.

Les concentrations journalières sont très variables d'un jour à l'autre. Depuis le début de la campagne, les niveaux observés semblent indiquer une hausse sur les deux dernières semaines.

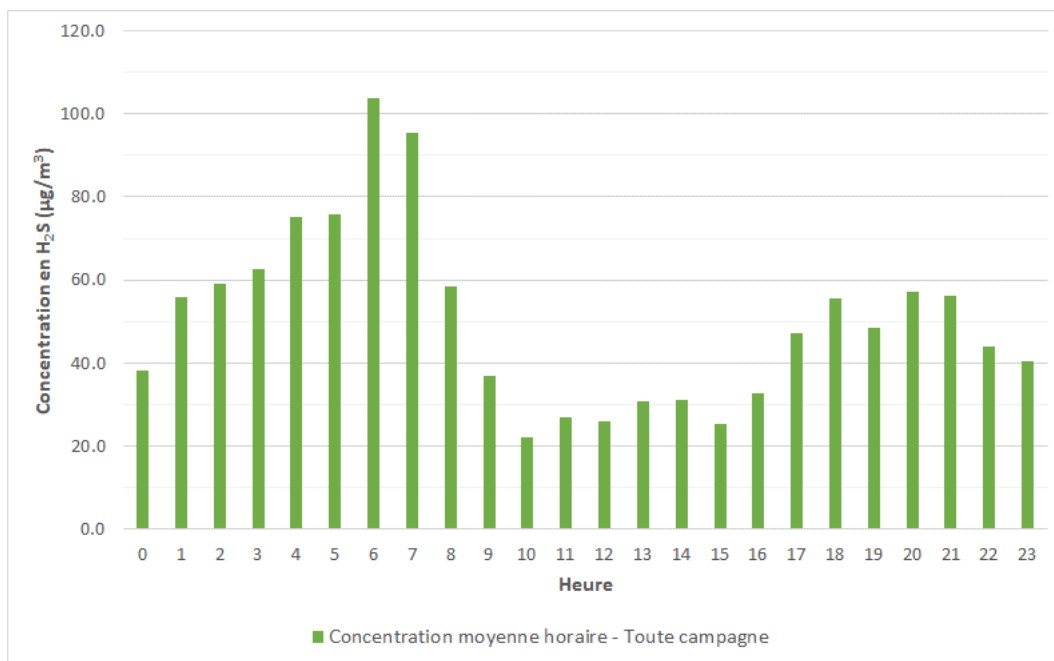
Dynamique (profils journaliers)

Comme le montre le graphique ci-dessous, les niveaux moyens sont, sur la totalité de la campagne :

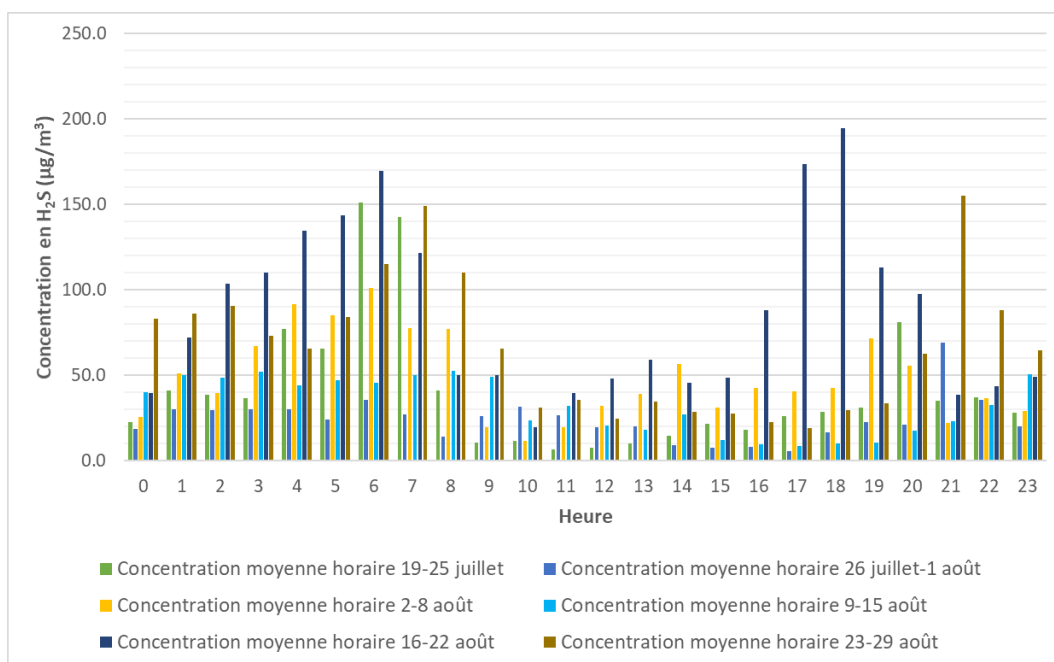
- Généralement en hausse entre minuit et 6 heures du matin,
- Puis en forte baisse entre 6 heures et 10 heures, pour atteindre un niveau minimal compris entre 10 et 15 heures,
- En légère augmentation entre 15 et 20 heures, pour décroître de nouveau entre 21 heures et minuit.

Ce type de profil journalier a été généralement observé sur chacune des semaines de mesures, comme le montre les graphiques ci-dessous :

Profil journalier des concentrations horaires moyennes en H₂S calculé du 19 juillet au 29 août 2019



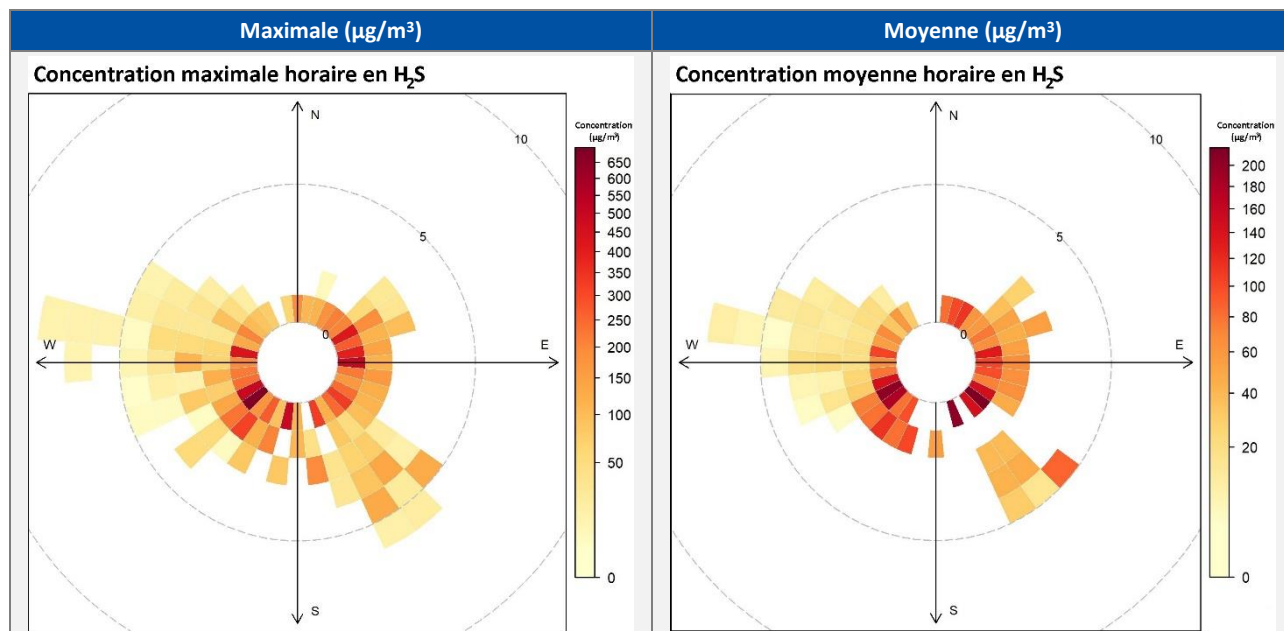
Profil journalier des concentrations en H₂S par semaine de mesures



Relation entre conditions météorologiques et concentration en H₂S

Les graphiques ci-dessous permettent de représenter les concentrations moyennes (calculées à partir d'au moins 3 données disponibles) et maximales horaires en H₂S en fonction des conditions météorologiques observées :

Représentation de la concentration quart-horaire en H₂S en fonction des conditions météorologiques



Ainsi, il apparaît à la lecture de ces graphiques que les concentrations les plus importantes mesurées sont liées à des vents faibles, et principalement d'un large secteur sud, soit liées à une source potentielle présente à faible distance et située au sud de la station. Il semble donc visible que l'origine des fortes concentrations en H₂S soit bien la zone des bassins de la base nautique où sont présentes les posidonies.



Comparaison des résultats obtenus

Comparaison avec les valeurs sanitaires de référence

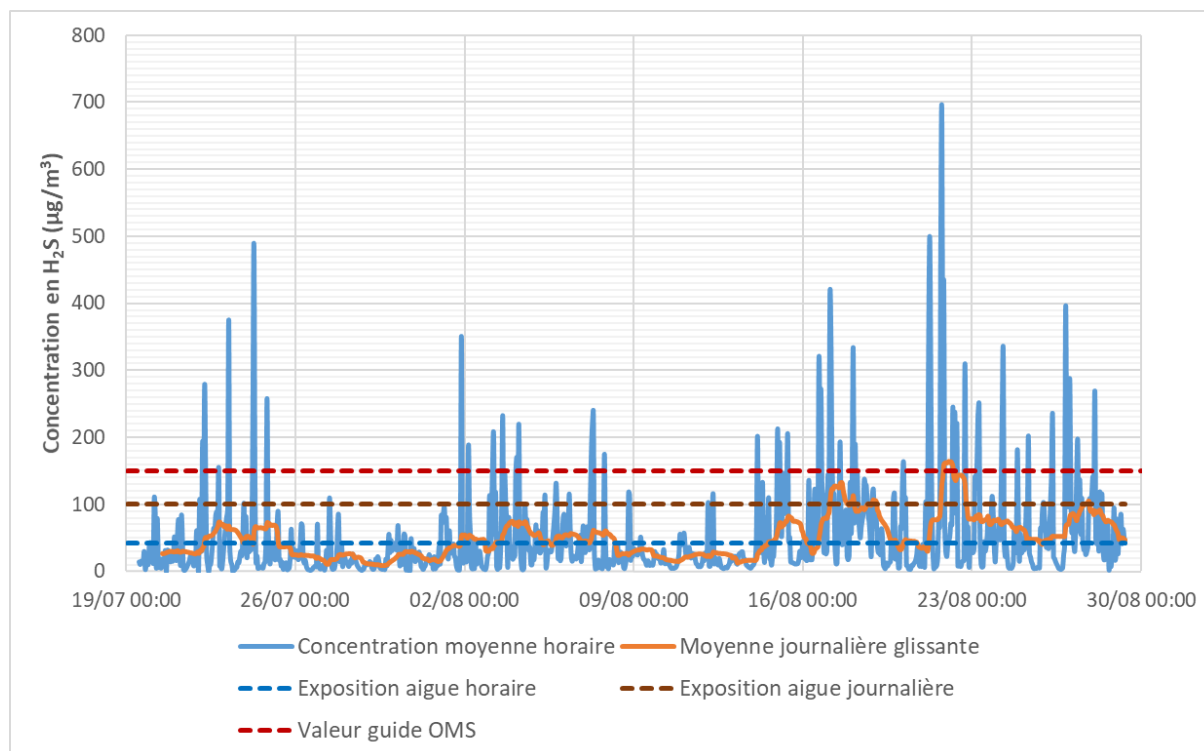
Le tableau ci-dessous permet de mettre en relation les niveaux d'H₂S obtenus lors de cette campagne avec les valeurs sanitaires de référence retenues :

Comparaison des niveaux mesurés avec les valeurs sanitaires de référence retenues

Valeur sanitaire de référence			Valeur maximale mesurée	Nombre de dépassements
Seuil d'exposition aiguë OEHHA	1 heure	42 µg/m ³	692.6 µg/m ³	337 dépassements (35% du temps)
Seuil d'exposition aiguë ATSDR	24 heures	100 µg/m ³	162.4 µg/m ³	3 dépassements (17, 18 et 21 août)
Seuil d'exposition subchronique ATSDR	15 jours	30 µg/m ³	75.4 µg/m ³	100 % du temps
Valeur guide OMS	24 heures	150 µg/m ³	162.4 µg/m ³	1 dépassement (21 août)

Il apparaît ainsi que les valeurs sanitaires de référence prises en compte (valeurs toxicologiques de référence aiguë et subchroniques ; valeur guide de l'OMS) sont toutes systématiquement dépassées au moins une fois sur la totalité de la période de mesures.

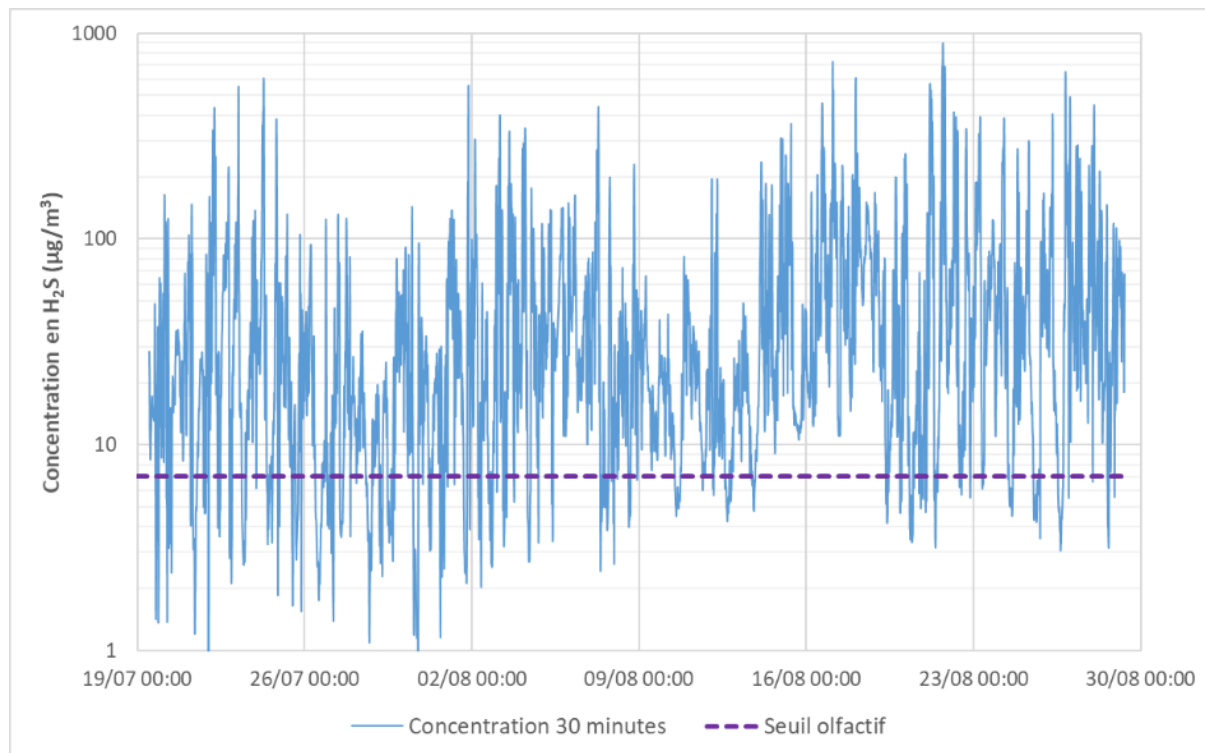
Comparaison des concentrations moyennes horaires et journalières du 19/07/2019 au 29/08/2019 inclus avec les valeurs de référence retenues



Comparaison avec la valeur du seuil olfactif

Le seuil olfactif du H₂S s'évalue sur 30 min. Il est de 7 µg/m³ sur une demi-heure. Ce **seuil olfactif pour le H₂S est dépassé la plupart du temps de la période (85%)**, ce qui explique les nuisances odorantes ressenties à proximité du bassin. De plus, ce dépassement quasi permanent du seuil olfactif justifie la mise en place du périmètre de sécurité par les pompiers, même si les valeurs les plus importantes sont généralement observées en tout début de matinée et en fin de soirée (soit hors des horaires en travail).

Evolution des concentrations moyennes en H₂S sur 30 minutes du 19/07/2019 au 29/08/2019 inclus



Comparaison avec les niveaux mesurés par Air Breizh et Madinair

Le tableau ci-dessous permet de mettre en relation les niveaux d'H₂S mesurés sur les différentes campagnes menées par AtmoSud (dans le cadre de cette étude sur le Roucas Blanc à Marseille), Air Breizh et Madinair :

Evolution des concentrations moyennes en H₂S sur 30 minutes du 19/07/2019 au 29/08/2019 inclus

Paramètre		AtmoSud	Air Breizh		Madinair	
			2005-2006	Depuis 2009	2017	2018
Moyenne (µg/m ³)		50.5	20-30	< 10	< 10 – 180	-
Valeur horaire	Maximale (µg/m ³)	692.6	800-1200	2018 : 272 Sinon < 50	Max : 6 000 Généralement compris entre 100 et 2 000	Max : 16 000 Généralement compris entre 3 000 et 15 000
Valeur journalière	Maximale (µg/m ³)	164.1	130-150	2018 : 28 Sinon 0.3-10	Max : 2300 Généralement compris entre 20 et 400	Max : 8 200 Généralement compris entre 1 000 et 7 000
	Moyenne (µg/m ³)	50.5	20-30	2018 : 6.8 Sinon 0.1-3	<i>Non disponible</i>	<i>Non disponible</i>
Nombre de dépassements de la valeur guide OMS (150 µg/m ³ sur 24h non glissante)		1	1	0	<i>Non disponible</i>	<i>Non disponible</i>
Pourcentage de dépassements de la valeur guide « nuisance olfactive (7 µg/m ³ sur 30mn) (%)		85	30-37	2018 : 21 Sinon 0-13	<i>Non disponible</i>	<i>Non disponible</i>

Il apparaît que les niveaux mesurés sur le Roucas Blanc à Marseille sont :

- **Supérieurs** à ceux mesurés par Air Breizh depuis 2009, et se rapprochent de ceux obtenus en 2005-2006. Cependant, le rapport d'Air Breizh ne fournit pas d'informations sur la différence des niveaux obtenus entre ces deux périodes, à l'exception toutefois d'une « réserve concernant des périodes de mesures non identiques » ;
- **Comparables** à ceux obtenus sur la majorité des points de mesures de Madinair en 2017 en ce qui concerne les concentrations maximales horaires et journalières, mais bien inférieures à ceux de 2018.

Ainsi, les niveaux obtenus lors de cette campagne apparaissent importants en comparaison de ceux relevés par d'autres AASQA pour une problématique comparable (surveillance des émanations d'algues).

Comparaison avec les mesures de gestion mises en place dans les Caraïbes

Pour rappel, il s'agit uniquement d'une comparaison à titre informatif avec des mesures de gestion prises pour une problématique **spécifique**.

Code couleur	Concentration en H ₂ S (24h)	Interprétation sanitaire	Nombre de jours concernés du 19 juillet au 29 août	Recommandations à la population
Vert	< 0,03 ppm Soit < 42.9 µg/m ³	Le H ₂ S n'a pas été mis en évidence avec les moyens de mesure	18 jours	-
Vert	0,03 à 0,07 ppm Soit 42.9 à 100.1 µg/m ³	Les niveaux de H ₂ S relevés peuvent entraîner des gênes olfactives mais il n'est pas attendu d'effet sanitaire (irritations respiratoires et oculaires)	19 jours	-
Jaune	0,07 à 1 ppm Soit 100.1 à 1430.0 µg/m ³	Les niveaux de H ₂ S relevés peuvent entraîner des gênes respiratoires chez les personnes sensibles et vulnérables.	3 jours	[...] Dès la perception d'odeurs, les personnes vulnérables sont invitées à se tenir éloignées des zones de décomposition des algues et à éviter d'être sous le vent des émissions des gaz.
Orange	1 à 5 ppm Soit 1430.0 à 7150.0 µg/m ³	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	0 jour	La population est invitée à se tenir éloignée des zones de décomposition des algues. Adressez-vous à votre médecin ou à votre pharmacien si vous présentez les symptômes suivants: les yeux ou la gorge qui piquent, des larmolements, des maux de tête, une difficulté respiratoire, de la toux, des démangeaisons des vomissements des vertiges. Il est conseillé aux personnes vulnérables de ne pas séjourner sous le vent des émissions de gaz et d'éviter l'exposition aux autres substances irritantes ou allergisantes en air intérieur (fumée du tabac, ...)
Rouge	> 5ppm Soit > 7150.0 µg/m ³	L'apparition de symptômes type maux de tête, irritations oculaires, 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.	0 jour	Il est conseillé à l'ensemble de la population de se tenir éloigné des zones à risque et de ne pas se placer sous le vent des émissions de gaz. Adressez-vous à votre médecin ou à votre pharmacien si vous présentez les symptômes suivants: les yeux ou la gorge qui piquent, des larmolements, des maux de tête, une difficulté respiratoire, de la toux, des démangeaisons des vomissements des vertiges. Eventuellement, contactez le Centre 15. Les personnes vulnérables sont invitées à consulter leur médecin pour adapter ces recommandations à leur cas particulier.

A partir des résultats obtenus, entre le 20 juillet et le 28 août, la moyenne journalière non glissante a dépassé **3 fois** le seuil de 0.07 ppm (soit 100.1 µg/m³), sur les journées du 17, 18 et 21 août. Il aurait ainsi par conséquent été conseillé **« aux populations vulnérables de se tenir éloigné des zones de décomposition des algues et d'éviter de se tenir sous les vents des émissions des gaz »**.

Conclusions

De fortes odeurs apparentées à de l'hydrogène sulfuré (H₂S) ont été signalées sur la base nautique du Roucas Blanc à Marseille. L'origine probable est le stock de feuilles de posidonies en décomposition dans les bassins. AtmoSud a mené des investigations pour établir un premier diagnostic sur les niveaux atteints par ce gaz polluant en regard des référentiels en air ambiant : seuils olfactifs ou de santé (VTR aigue et valeur guide OMS).

AtmoSud a mis en place une station de mesure sur le site du 19 juillet au 29 août 2019.

En parallèle, une intervention des marins pompiers de Marseille (numéro d'intervention 73667) le 23 juillet 2019, qui avait pour but de réaliser une « évaluation des risques présentés par des algues en décomposition au Centre municipal de voile de Marseille » a abouti aux conclusions suivantes :

- Il a été mis en évidence une forte concentration d'hydrogène sulfuré dissous dans l'eau au niveau du dépôt d'algues. Il existe donc un risque certain lié au dégagement de ce toxique lors de l'agitation des algues.
- Sur ces bases, un périmètre de sécurité a donc été mis en place par le commandant des opérations de secours.

► Des concentrations variables influencées par les vents faibles

Lors de cette campagne de mesures, les niveaux d'H₂S observés au niveau de la base nautique du Roucas Blanc à Marseille montrent :

- Des niveaux très variables d'un jour à l'autre,
- Mais des profils journaliers moyens comparables,
 - Généralement en hausse entre minuit et 6 heures du matin,
 - Puis en forte baisse entre 6 heures et 10 heures, pour atteindre un niveau minimal compris entre 10 et 15 heures,
 - En légère augmentation entre 15 et 20 heures, pour décroître de nouveau entre 21 heures et minuit,
- Des concentrations les plus importantes mesurées liées à des vents faibles, et principalement d'un large secteur sud, soit liées à une source potentielle présente à faible distance et située au sud de la station.

► Des niveaux qui dépassent les valeurs de référence d'exposition aigüe

Lors de cette campagne de mesures, les niveaux d'H₂S observés sont globalement **importants** au niveau de la base nautique du Roucas Blanc, avec notamment :

- Un dépassement de la valeur guide journalière proposée par l'OMS (150 µg/m³ sur 24 heures),
- Plusieurs dépassements de la valeur toxicologique de référence aigue proposée par l'ATSDR (100 µg/m³ sur 24 heures),
- Un dépassement de la valeur guide de seuil olfactif proposé par l'OMS (7 µg/m³ sur 30 minutes) quasi continu (environ 85 % de la période de mesures).

De plus, l'évolution des niveaux observés depuis le début de la campagne semble indiquer une **hausse sur les deux dernières semaines de mesures**.

► Des niveaux plus importants qu'en Bretagne et comparables à ceux relevés dans les Caraïbes

Enfin, ces niveaux sont **plus importants** que ceux mesurés par Air Breizh dans le cadre de la surveillance des nuisances olfactives liées à l'échouage des algues sur Saint Briec (22), et du **même ordre de grandeur** que ceux observés en Martinique pour cette même problématique. Ces observations ne semblent pas en accord avec les quantités d'algues concernées sur les problématiques de Bretagne/Martinique et celle du Roucas Blanc à Marseille. Conformément aux mesures de gestion mises en place dans les Caraïbes françaises, il aurait été conseillé « **aux populations vulnérables de se tenir éloigné des zones de décomposition des algues et d'éviter de se tenir sous les vents des émissions des gaz** » sur 3 jours (17, 18 et 21 août).

► **Maintenir le périmètre de sécurité**

AtmoSud conseille de maintenir le **périmètre de sécurité mis en place par les marins pompiers de Marseille** afin d'éviter aux populations d'être exposées aux niveaux d'H₂S observés, et ce **jusqu'aux travaux de nettoyage**. Il est également nécessaire de disposer d'informations plus précises concernant l'activité maritime autour de la zone (circulation de bateaux, ...) afin de mieux expliquer l'évolution des niveaux observés.

ANNEXES

ANNEXE 1 Rapport d'analyse du bataillon des marins pompiers de Marseille

Affaire suivie par : LV® Alexandre LACOSTE
Tél. : 04 95 05 40 93
alexandre.lacoste@bmpm.gouv.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Evaluation des risques liés à la présence d'algues en décomposition – Centre municipal de voile – Marseille (13 008)
VDIP de la Zone Sud

- **Numéro d'intervention BMPM : 73667**
- **Début d'intervention : 11h45**
- **Fin d'intervention : 14h30**
- **Adresse : Centre municipal de voile de Marseille, 2, promenade Georges Pompidou, 13008 Marseille**
- **Equipage VDIP: LT TIBARBACHE Hamza (IUSC7) / MT BERGES Franck / MT ANNESSI Alexandre**

1) Objet

Evaluation des risques présentés par des algues en décomposition au Centre municipal de voile de Marseille le mardi 23 juillet 2019.

Cette intervention a été effectuée par l'équipe du VDIP (Véhicule de Détection d'Identification et de Prélèvement NRBC-E) du BMPM.

2) Eléments contextuels

Une odeur d'œuf pourri est ressentie sur l'ère de mise à l'eau du Centre municipal de voile de Marseille suite à la présence d'algues mortes dans l'eau à proximité depuis 24 mois (voir photo ci-dessous).



Aire de mise à l'eau de l'Ecole municipale de voile de Marseille située à 30 m des algues

Algues en décomposition

Ces algues sont de la matière organique, siège d'une fermentation par des bactéries anaérobies. Ces dernières produisent pour se développer de l'hydrogène sulfuré (H₂S) et du méthane. Il s'agit donc d'un phénomène de biodégradation par méthanogénèse **pouvant induire des risques toxiques pour l'homme par émission d'hydrogène sulfuré (H₂S)**.

Il a été demandé ce jour, le mardi 23 juillet 2019, de lever le doute sur les risques potentiels toxiques pour les usagers à proximité notamment sur l'aire de mise à l'eau du Centre municipal de voile.

3) Actions entreprises

Matériels et méthodes

Les investigations ont été menées de la façon suivante :

- Une détection par détecteur par photo-ionisation (PID) a été effectuée au moyen d'un PID ppb RAE 300 équipé d'une lampe UV de 10.6 eV. Le facteur de réponse choisi est de 1. Le seuil de détection pour tout produit organique est alors de l'ordre de 10 ppb.
- Une détection par spectrométrie à émission de flamme (Appareil Portatif de Contrôle de Contamination (AP4C)) qui permet la mise en évidence des atomes de phosphore, d'azote, d'arsenic et de soufre à de très faibles concentrations dans l'air.
- Ont également été menées des détections par cellules électrochimiques visant spécifiquement des composés d'intérêt : monoxyde de carbone (CO), hydrogène sulfuré (H₂S) ...etc.
- Un prélèvement de 30 L d'air sur tube tenax TA (60/80 mesh, 30 mg) au moyen d'une pompe de prélèvement gros volume afin de permettre une analyse par spectrométrie de masse. Cette méthode d'analyse permet d'identifier tout composé organique présent dans l'air avec une sensibilité de l'ordre du ppb.
- Un prélèvement de 2250 ml d'air dans les mêmes conditions au moyen d'un **canister sous vide (10 torr)** pour analyse par **IR-TF**.

Les méthodes **d'analyse par IRTF** et **spectrométrie de masse** sont décrites dans **l'annexe 1** de ce rapport.

Ces détections ont été menées de façon fine :

- au niveau de l'aire de mise à l'eau du centre municipal de voile,
- sur le quai au niveau du dépôt d'algues,
- à la surface de l'eau au niveau du dépôt d'algues,
- à la surface de l'eau au niveau du dépôt d'algue après un brassage mécanique.

Enfin, sur deux échantillons d'eau, une extraction des composés dissous par micro bullage d'un gaz de purge a été effectuée à des fins de détection et d'analyse par spectrométrie de masse. (Méthode Purge and Trap / TD-GC-MS).

Le premier échantillon a été prélevé sur l'aire de mise à l'eau. Le second au niveau du dépôt d'algues.

Résultats

Les résultats de cette reconnaissance ont permis d'écarter la présence de tout produit toxique à une concentration supérieure au ppm au niveau de l'aire de mise à l'eau.

Il est à noter que bien qu'une odeur désagréable pouvait être ressentie les concentrations **en hydrogène sulfuré dans l'air étaient inférieures à 80 ppb.**

Enfin, l'analyse de l'échantillon d'eau permet d'écarter la présence d'hydrogène sulfuré dissous dans l'eau de baignade de l'aire de mise à l'eau du Centre municipal de voile.

En revanche, au niveau du dépôt d'algues situé à 30 m :

- Des concentrations de l'ordre de 2 ppm en hydrogène sulfuré et 5 ppm en méthane ont été mises en évidence à 10 cm de la surface de l'eau sans agitation.
- Une agitation des algues engendre des concentrations de 90 ppm en hydrogène sulfuré et 200 ppm en méthane dans les mêmes conditions de prélèvement.
- L'analyse de l'échantillon d'eau met en évidence une concentration de 8 mg/L d'eau.

Sur le quai au niveau de la zone du dépôt d'algues, les concentrations en hydrogène sulfuré sont inférieures à 80 ppb pour un éloignement de 3 m du bord et n'ont jamais excédé 2 ppm même lors des manœuvres d'agitation des algues (VME à 5 ppm).

Enfin, le méthane aux concentrations retrouvées ne présente aucun risque sa LIE étant de 5,5% gaz soit 55 000 ppm pour une concentration maximum mise en évidence de 200 ppm.

4) Conclusions

L'intervention du VDIP a permis de lever le doute sur l'exposition au sulfure d'hydrogène des usagers de la mise à l'eau de l'école municipale de voile de Marseille que ce soit au niveau de l'air ou de l'eau.

En revanche, il a été mis en évidence une forte concentration d'hydrogène sulfuré dissous dans l'eau au niveau du dépôt d'algues. Il existe donc un risque certain lié au dégagement de ce toxique lors de l'agitation des algues.

Sur ces bases, un périmètre de sécurité a donc été mis en place par le commandant des opérations de secours.

Le chef de cellule VDIP,



LV® Alexandre Lacoste

Destinataires :

- OPS1
- BMPM OGEM
- COS du jour

ANNEXE 1 : Protocole d'analyse des gaz

Protocoles d'analyse des gaz.

Analyse par IR-TF

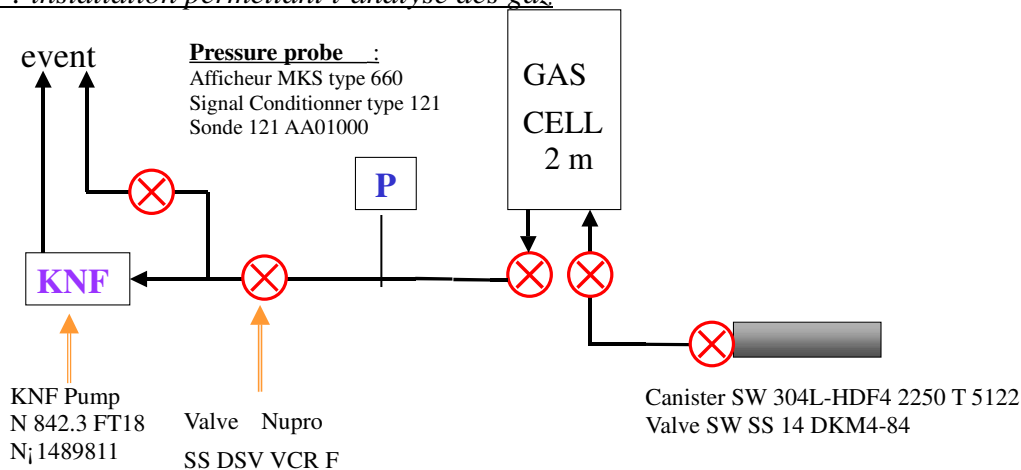
L'IRTF du Bataillon est destiné en priorité à l'identification de composés gazeux toxiques suite à un accident ou un attentat chimique.

Il s'agit d'un spectromètre Nicolet IS10 (Thermo Electron, Courtaboeuf, France) présentant les caractéristiques suivantes :

- Séparatrice en KBr/Ge
- Linéarité de 0 à 3 unités d'absorbance
- Résolution minimale $0,5 \text{ cm}^{-1}$,
- Vitesse de balayage allant de $0,15$ à $3,7 \text{ cm.s}^{-1}$

Ce spectromètre est équipé d'une installation permettant l'analyse et le prélèvement de gaz ou de vapeur décrite ci-dessous :

Figure n°1 : installation permettant l'analyse des gaz



La cellule à gaz présente les caractéristiques suivantes :

- Le volume de la cellule est de 200 mL,
- Le trajet optique est de 2 m, à réflexions multiples
- Le domaine de transmission s'étend de 740 cm^{-1} à 50000 cm^{-1} ,
- Elle présente une bonne résistance à l'humidité et aux acides.

Protocole de l'analyse d'un gaz :

L'ensemble de l'installation reliée au canister est soumis à un vide de 10 Torr. Le canister permet d'effectuer le prélèvement rapide de la vapeur dans l'air sur les lieux du sinistre. Après ce prélèvement, la pression étant revenue à la pression atmosphérique, l'échantillon est aspiré dans la cellule à gaz par différence de pression. Après stabilisation de la pression, l'analyse de l'échantillon se fait dans les conditions suivantes :

- Nombre de balayage : 16
- Temps d'acquisition : 25,7 secondes
- Résolution : $0,5 \text{ cm}^{-1}$
- Soustraction automatique du blanc à 10 Torr

Analyse par GC-MS

L'appareil d'analyse est un couplage TD-GC-MS Brücker E2M.

L'analyse par TD-GC-MS est réalisée dans les conditions suivantes :

- Gaz vecteur : Air
- La thermo désorption du tube de prélèvement se fait pendant 60 s à 240 °C.
- La séparation est effectuée sur colonne capillaire phase apolaire MXT5 de longueur 12 m, diamètre interne 0,32 mm et 1 μm d'épaisseur de phase.

Le programme de température de la colonne est notre programme routinier utilisé en intervention afin de réellement évaluer notre protocole en nous rapprochant le plus des conditions réelles :

- 25°C /min de 45 à 100°C,
- 35 C/ min de 100 à 240°C,
- Palier de 15 minutes à 240°C.

L'analyse se fait au niveau du détecteur de masse E2M par balayage des masses de 45 à 350 uma. (EI = 70 eV, analyseur quadripolaire et source à 120°C).

Les spectrothèques utilisées pour l'identification sont la NIST et la CWAlib fournis par Brücker.

