
AVIS

relatif à la définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH_3) et du sulfure d'hydrogène (H_2S) issus de la décomposition d'algues Sargasses

8 juin 2018

Le Haut conseil de la santé publique (ci-après HCSP) a été saisi en urgence par la Direction générale de la santé (DGS) pour contribuer à la définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH_3) issu de la décomposition d'algues brunes (Sargasses). Etant donné la concomitance avec l'émission d'hydrogène sulfuré (H_2S), issu du même processus de fermentation anaérobie, le HCSP associe les mesures de gestion et les messages concernant ces deux gaz toxiques qui, en mélange, augmentent les risques sanitaires. Des saisines précédentes du HCSP (Avis HCSP 2012 et 2015) avaient considéré l'impact sanitaire du H_2S .

Comme le rappelle le texte de la saisine :

« des échouages massifs d'algues brunes (Sargasses) sur les côtes Antillaises et dans une moindre mesure Guyanaïses sont de plus en plus fréquents ces dernières années. Divers moyens de détection au large de ces algues et de leur ramassage avant leur arrivée sur la côte sont mis en œuvre, mais leurs capacités sont parfois mises en défaut compte-tenu notamment du très important volume en jeu.

La décomposition de ces algues provoque des dégagements de gaz divers : méthane (CH_4), gaz carbonique (CO_2), ammoniac (NH_3), azote (N_2), hydrogène sulfuré (H_2S), mercaptans, etc. »,

Ceci correspond aux gaz classiquement retrouvés dans le biogaz issu de fermentations anaérobies et du processus de méthanisation.

Après avoir rappelé *« la détection d'ammoniac dans l'air ainsi que les concentrations observées localement, qui peuvent atteindre selon l'ARS de Guadeloupe plus de 100 ppm en pic, pour des valeurs d'environ 40 ppm sur 15 minutes »,* la saisine sollicite le HCSP plus particulièrement pour:

« 1- Définir les seuils d'interprétation et d'intervention relatifs aux concentrations mesurées en ammoniac pour des expositions aiguës, sub-chroniques et chroniques ;

2- Proposer les mesures de gestion, en fonction de ces seuils, permettant de réduire, limiter ou prévenir les impacts sur la santé des populations concernées (population générale et populations particulièrement vulnérables) exposées aux émissions d'algues échouées ;

3- Définir les protocoles de mesures associés à ces seuils, à mettre en œuvre pour permettre l'interprétation des résultats en regard des seuils d'intervention (tenant compte des moyens métrologiques actuellement disponibles). »

Préambule et contexte de la saisine.

Avant de répondre spécifiquement à ces questions, le HCSP rappelle que dans ses réponses aux saisines qui lui ont été adressées en 2012 et 2015 (avis HCSP, 2012 et 2015) relatives à au H₂S, il affirmait que le meilleur moyen de lutte contre les risques sanitaires associés à l'inhalation de ce gaz toxique était l'enlèvement des algues avant leur décomposition. Cela est vrai également pour le NH₃ et tout autre produit de dégradation anaérobique de ces algues notamment H₂S, mercaptans et méthane. Ces divers gaz sont produits simultanément.

Beaucoup reste à faire pour comprendre les processus de production des Sargasses dans l'Océan Atlantique et le rôle des relargages en mer de quantités considérables de matières organiques azotées et phosphorées issue des grands fleuves du Brésil et d'Afrique - qui a dû évoluer au cours des dernières années car ces échouages en masse sur les côtes antillaises sont récents. Il est à prévoir que l'augmentation des températures des eaux de surface liée au changement climatique en cours conduise à l'augmentation de la quantité de cette production et à la fréquence des dérives vers les côtes, notamment vers les Antilles. Dans un tel contexte, ne se focaliser que sur les seuils toxiques des concentrations des gaz pour gérer les crises par une évacuation des populations affectées par des concentrations élevées, constitue une voie sans issue au long cours. Il est indispensable de définir une stratégie inscrite dans la durée et mobilisant toutes les ressources publiques et privées pour prévenir de telles situations afin d'éviter d'agir dans l'urgence, par exemple en évacuant un établissement scolaire trop proche d'une zone d'échouage et sous le vent des gaz toxiques (Exemple des écoles de Goyave en Guadeloupe¹). Des préconisations sont formulées plus avant à cet effet.

Pour instruire cette saisine, le HCSP a réalisé des auditions et consultations et a consulté de nombreux documents accessibles par internet, dans une situation d'urgence, afin de mieux connaître la situation technique, tant en France que dans les pays soumis aux mêmes échouages, mais aussi mieux connaître les éventuels blocages pouvant conduire les autorités locales à être dépassées par les situations actuelles.

Analyse toxicologique et effets sanitaires de l'ammoniac (NH₃) et de l'hydrogène sulfuré (H₂S)

1. Effets sanitaires de l'ammoniac (NH₃)

L'ammoniaque anhydre (NH₃) (CAS 7664-41-7) est un gaz volatile incolore à odeur piquante. Plus léger que l'air, il se liquéfie facilement. Son seuil de perception olfactif est très variable : quelques dixièmes de ppm à plus de 100 ppm (dans l'air à 20°C, 1 ppm = 0,707 mg/m³). Au contact de l'eau (et donc au contact des liquides biologiques en surface des muqueuses de l'arbre respiratoire) il se transforme rapidement en ammoniac (NH₄OH, CAS 1336-21-6), base qui provoque des effets caustiques principaux responsables des lésions cutanées et respiratoires.

¹ A signaler également des manifestations de lycéens inquiets des odeurs et des malaises ressentis et qui disent « en avoir assez des Sargasses » (Lycée de Petit Bourg en Guadeloupe).

Cinétique

Les voies d'exposition chez l'homme sont la voie respiratoire, la voie cutanée et les muqueuses, oculaires principalement (INRS, 2007 ; Alberta, 2004).

L'ammoniac est un irritant. Il agit localement. Peu d'études existent concernant son métabolisme. Selon des données anciennes, chez l'humain, l'exposition respiratoire aiguë à l'ammoniac ne conduit à aucun changement des concentrations urinaires ou sanguines de composés nitrés, indiquant que l'absorption systémique est insignifiante (ATSDR, 1990 ; IPCS, 1986), et dans le cas d'une exposition chronique des mécanismes d'adaptation et de métabolisme favorisent son élimination (Alberta, 2004 ; INERIS, 2012).

Toxicité aiguë

L'exposition aiguë à l'ammoniac provoque immédiatement des irritations, voire des brûlures oculaires et respiratoires. L'ammoniac agit localement et son absorption semble peu importante. Les effets couramment décrits, aussi bien chez l'homme que chez l'animal sont (INRS, 2007 ; INERIS, 2012) :

- des irritations oculaires : larmolements, ulcérations conjonctivales et cornéennes, cataracte ou glaucome (apparition jusqu'à 10 jours après exposition), iritis ;
- une irritation trachéobronchique : toux, dyspnée, avec un bronchospasme parfois intense entraînant une détresse respiratoire ;
- des ulcérations et un œdème des muqueuses des voies aériennes supérieures ;

Les irritations pulmonaires peuvent évoluer vers un œdème aigu pulmonaire lésionnel, associé à des obstructions bronchiques et une surinfection bactérienne (INRS, 2007). Des expositions importantes aiguës à l'ammoniac peuvent faire apparaître un syndrome de Brooks (dysfonctionnement réactionnel des voies respiratoires) ou un asthme non immunologique induit par l'irritation. Les symptômes associés sont de la toux, une dyspnée et des sifflements bronchiques.

Toxicité chronique

Très peu d'études existent concernant l'exposition humaine chronique à l'ammoniac. Une étude a été effectuée chez des enfants fréquentant une école proche d'une usine fabriquant des fertilisants, sur une période de 6 mois. Le maximum d'exposition à l'ammoniac mesuré était de 1,0 ppm (Gomzi Saric, 1997). L'étude n'a pas mis en évidence d'effet sur leurs capacités respiratoires, mais une augmentation de la déclaration de troubles respiratoires aigus. En milieu professionnel, une augmentation de la gravité des symptômes respiratoires a été décrite (INRS 2007, INERIS 2012).

L'ammoniac n'est pas considéré comme génotoxique, cancérigène ou reprotoxique (INRS, 2007 ; INERIS, 2012).

Valeurs limites

L'ANSES a proposé dans un rapport de janvier 2018 (Anses, 2018) des valeurs toxicologiques de références (VTR) par inhalation :

- VTR aiguë (ANSES): 5,9 mg/m³ (8,3 ppm), valable pour des expositions de 1 à 14j;
- VTR chronique (Anses qui reprend la valeur de l'US EPA 2016) : 0,5 mg/m³ (0,71 ppm), valable pour des expositions de plus d'un an. Cette même valeur est retenue pour des expositions « sub-chroniques » (de 15 j à 1 an).

Le HCSP endosse ces valeurs. En-deçà de ces concentrations, les effets survenant respectivement à court ou moyen/long termes sont considérés comme improbables. Si les valeurs indiquées sont dépassées, les effets décrits respectivement à court, moyen ou long termes peuvent se manifester. Le HCSP a déjà proposé des valeurs pour aider la gestion des situations rencontrées sur le littoral des Antilles pour le H₂S (HCSP, 2012 et 2015). Le H₂S et NH₃ étant associées le HCSP reprendra la même approche (cf infra : « Information de la population affectée par les émissions de H₂S et de NH₃ »).

Des analyseurs multiparamétriques de terrain (NH₃ + H₂S + éventuellement le méthane) présents sur le marché, semblent bien répondre aux exigences techniques liées aux rejets gazeux provenant des Sargasses. Les analyseurs de terrain reposent le plus souvent sur des capteurs électrochimiques. Ces capteurs présentent de grands avantages (pas de réactifs, sensibilité...) mais ils peuvent se saturer ou s'encrasser et selon la technologie employée ils peuvent donner un signal altéré en présence d'autres gaz.

Ainsi, il est indispensable de calibrer périodiquement l'analyseur de terrain avec les méthodes normalisées et de communiquer au fournisseur la composition probable du gaz analysé avant de faire l'acquisition d'un analyseur.

En général les analyseurs multi-paramétriques prennent en compte ces interférences.

Le Haut Conseil de la santé publique renvoie à ce sujet à l'étude menée par l'Ineris (2016).

La mobilité de ces équipements permettra de renforcer facilement la surveillance temporaire des sites potentiellement contaminés comme des chantiers.

2. Effets sanitaires du sulfure d'hydrogène (H₂S) inhalé

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) (CAS7783-06-4) est un gaz incolore. Plus lourd que l'air, il possède une odeur caractéristique d'œuf pourri. Le seuil de détection olfactif est de 0,5 10⁻³ à 10 10⁻³ ppm (dans l'air à 20 °C, 1ppm=1,4mg/m³), avec une anesthésie de l'odorat au-delà de 100 ppm (INERIS, 2011 ; INRS, 2014).

Cinétique

Chez l'homme, son absorption est essentiellement pulmonaire, la voie cutanée restant minimale, comme chez l'animal. Il est bien absorbé, puis rapidement distribué dans les principaux organes. Son métabolisme implique trois voies. La principale conduit à la formation de thiosulfates. Une autre voie consiste en la fixation sur des métalloprotéines ou des protéines disposant d'un

groupement thiol. La voie mineure conduit à la formation de méthanethiol et de diméthylsulfure. L'élimination est rénale et digestive (INERIS, 2011 ; INRS, 2014).

Toxicité aiguë (INERIS, 2011 ; INRS, 2014)

Chez l'homme, le principal mécanisme d'action toxique est une inhibition directe par liaison à l'enzyme cytochrome oxydase aa3. Cela provoque un blocage de la chaîne respiratoire mitochondriale, suivie d'une production d'acide lactique. Il n'y a pas de production de sulfhémoglobine. L'hypoxie consécutive affecte principalement le cerveau ou le cœur. L'H₂S est également un irritant pour les muqueuses.

Dès 100 ppm, il est possible de constater une irritation des muqueuses, avec une conjonctivite, une rhinite, une dyspnée, voire un œdème pulmonaire retardé. Des signes cérébraux (céphalée, nausée, sialorrhée et perte de connaissance brève) accompagnent ces symptômes d'irritation. Dans de nombreux cas des atteintes oculaires réversibles ont également été décrits. Les signes neurologiques (céphalées, vertiges, troubles de la coordination, nausées, vomissements, asthénie intense, désorientation, nystagmus, perte de connaissance et coma) se manifestent dès 200 ppm, et les conséquences de l'anoxie cellulaire (toux, douleurs thoraciques, dyspnée) apparaissent dès 250 ppm. A partir de 500 ppm la symptomatologie est essentiellement neurologique, avec pertes de conscience voire coma, accompagnée de troubles respiratoires (dyspnée et cyanose, œdème pulmonaire) et de perturbations du rythme cardiaque et tensionnelles. Sans intervention le décès survient rapidement. Des séquelles, principalement neurologiques ont été rapportées (amnésies, tremblements, ataxie, altération de la vision ou de l'audition, démence).

Toxicité chronique (INERIS 2011, INRS 2014)

Très peu de données sont disponibles pour une exposition chronique au sulfure d'hydrogène par inhalation.

Pour des expositions répétées à des concentrations entre 50 et 100 ppm, des troubles divers ont été décrits. Sont particulièrement affectés :

- Le système nerveux (céphalée, fatigue, insomnie, perte de la libido, troubles de la mémoire, ataxie etc) ;
- Le système oculaire (irritation oculaire, inconfort, photophobie, œdème cornéen), avec une régression des signes après éviction pendant 24 à 72h ;
- Le système digestif (nausées, anorexie, douleurs abdominales, diarrhée).
- Il a également été décrit des irritations, entraînant des bronchites irritatives, ou des érythèmes cutanés douloureux et prurigineux.

Valeurs limites

Des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes dans l'air des lieux de travail ont été établies en France pour le H₂S (art. R. 4412-149 du Code du travail) :

- VLCT (15 minutes) : 14 mg/m³ (10 ppm)
- VME (8h) : 7 mg/m³ (5 ppm)

Les Valeurs Toxicologiques de Référence retenues par l'INERIS sont (INERIS, 2014):

- VTR aiguë : 0,1 mg/m³ (0,07 ppm)
- VTR sub-chronique : 0,03 mg/m³ (0,02 ppm)
- VTR chronique : 0,002 mg/m³ (0,001 ppm)

Le HCSP avait proposé des valeurs pour aider la gestion des situations rencontrées sur le littoral des Antilles calculées à partir des valeurs limites professionnelles pour le H₂S, seules disponibles en 2012 (avis HCSP 2012) :

- entre 0,2 et 1 ppm: la mise en place du chantier d'enlèvement des algues et information du public ;
- entre 1 et 5 ppm : l'information du public (notamment accès déconseillé aux personnes sensibles et fragiles) ; l'enlèvement immédiat des algues.
- supérieures à 5 ppm : l'accès réservé aux professionnels équipés de moyens de mesure individuels avec alarmes ; les mesures d' H₂S au niveau des habitations riveraines.

La mise en lumière de l'exposition conjointe à plusieurs irritants (dont H₂S et NH₃) amène le HCSP à sévérer ces valeurs et les actions associées :

- entre 0,07 et 1 ppm de H₂S et pour des concentrations de NH₃ inférieures à 8,3 ppm : mise en place rapide (sous 48 h au maximum) du chantier d'enlèvement des algues et information des personnes vulnérables² afin qu'elles se tiennent éloignées des zones affectées ;
- entre 1 et 5 ppm de H₂S et pour des concentrations de NH₃ inférieures à 8,3 ppm : il est recommandé au public de se tenir éloigné des zones affectées ;
- valeurs supérieures à 5 ppm pour H₂S et supérieures à 8,3 ppm pour NH₃: l'accès doit être réservé aux professionnels équipés de moyens de mesure individuels avec alarmes ; mesures d' H₂S au niveau des habitations riveraines.

Ces seuils et les messages associés seront repris plus loin (cf infra : « Information de la population affectée par les émissions de H₂S et de NH₃ »). Les pas de temps correspondants pour leur mesure sont, respectivement, en valeur moyenne sur 24h pour le NH₃ ainsi que pour H₂S au-delà de 0,07 ppm, et en valeur moyenne sur 15j et plus pour H₂S en-deçà de 0,07 ppm.

Considérants :

- Le HCSP a pris note que le littoral de la Guadeloupe et de la Martinique différerait significativement d'autres littoraux exposés aux mêmes échouages. En effet, autant par exemple la côte texane est plate, autant la côte des deux îles françaises alterne le sable avec des rochers. Par ailleurs, l'urbanisation côtière y est importante, avec souvent la présence de ports (pêche, plaisance) et d'établissements hôteliers en bord de mer ; l'évacuation rapide des algues sur les sites d'accès difficile y est donc plus compliquée.
- Le HCSP a aussi pris note des budgets débloqués pour des études portant sur des techniques de collecte et de traitement. Toutefois, en raison d'un manque de lisibilité sur la stratégie au long cours retenue par les autorités quant à l'enlèvement puis au

² Sont définies comme vulnérables les personnes suivantes : nourrissons, jeunes enfants, femmes enceintes, personnes âgées, asthmatiques, personnes atteintes de maladies cardiovasculaires, d'insuffisance respiratoire ou de fortes allergies

traitement (incluant le séchage et le stockage) et à la valorisation des algues ³, le HCSP constate que les fournisseurs nationaux de technologies disponibles, tout comme le secteur industriel privé (dont plusieurs leaders mondiaux français, comme Veolia, Suez environnement, Saur, Séché), capables de développer ou d'adapter des technologies aux spécificités des Antilles françaises, se sont mis en retrait.

- Le HCSP a pris note de la mobilisation des professionnels de santé par les ARS : mise en place d'un groupe de médecins sentinelles qui sont interrogés sur les consultations de leur clientèle en lien avec l'exposition aux algues, consultation des médecins généralistes des zones impactées, suivi des appels SAMU sur ces questions, mise en place d'une plateforme téléphonique.
- Le HCSP a pris connaissance des différents documents fournis par les ARS, la DGS, les rapports de l'ANSES et le rapport des inspections générales CGAAER - IGA – CGEDD de 2016 concernant les échouages d'algues Sargasses aux Antilles françaises.

Recommandations sur la gestion des dérives et des échouages des Sargasses

1. Privilégier la collecte en pleine mer

Il ressort des diverses auditions et de la documentation analysée que compte tenu du littoral antillais, la collecte en pleine mer associée à la collecte en eaux peu profondes avec des bateaux à faible tirant d'eau est la technologie à privilégier.

Le ramassage sur les plages et les rochers ne peut venir qu'en complément. De fait, une partie des algues flottantes échappe à la collecte en mer et va finir par échouer ; cette partie est minoritaire lorsque les techniques et moyens appropriés sont mis en œuvre pour la collecte en mer.

Dans les endroits où le ramassage des algues échouées est possible (voir le Tableau 1), il convient d'associer aux machines de collecte sur sol, des bateaux faucardeurs destinés au ramassage des algues flottantes à proximité immédiate du rivage.

2. Organiser un passage journalier des équipes de ramassage sur les zones côtières régulièrement impactées

Les zones du littoral affectées par les échouages actuels sont globalement semblables à celles concernées par l'épisode également massif de 2015 en Martinique. Les travaux de cartographie par image satellitaire des radeaux de Sargasses et des relevés au sol effectués alors, conjugués à la typologie du littoral en termes d'accessibilité au ramassage manuel ou mécanique (voir cartes 1 et 2 en annexe) permet d'estimer à près de 50 % l'étendue de ces zones propices à la collecte rapide des algues échouées. La situation en Guadeloupe apparaît assez semblable (cartes 3-5).

³ Différentes voies de valorisation sont étudiées (et plusieurs pratiquées au plan international), la plus prometteuses dans le contexte Antillais paraissant actuellement le compostage, notamment en vue de la végétalisation de sols non agricoles (source : Ademe Martinique). Une alternative radicale est le broyage des algues, ou leur compression, après qu'elles aient été récupérées, en vue de les relarguer au large.

Ces données suggèrent donc qu'un dispositif organisé de collecte en mer associé au ramassage rapide, mécanique et manuel, des algues ayant échappé à cette collecte et échouées sur les sites accessibles, permettront à l'avenir d'éviter la grande majorité des situations à risques d'effets néfastes liés à la décomposition des algues, phénomène qui se produit au bout de 3-4 jours si elles sont laissées en place.

Un passage journalier des équipes de ramassage sur les zones côtières régulièrement impactées par ce phénomène y compris hors des périodes d'arrivée des échouages, afin d'assurer une régularité qui ne paraît pas exister actuellement, serait de nature à éviter des épisodes de crise.

3. Utiliser un procédé de stabilisation chimique des algues lorsque le ramassage rapide est difficile

Le HCSP attire l'attention sur le fait que le risque sanitaire n'est pas seulement associé aux échouages, lorsque les algues se décomposent. La manutention des algues (transfert dans les camions, transport en camions, manutention au niveau des aires de stockage temporaires ou permanentes) génère aussi un risque sanitaire pour les personnels qui en sont chargés.

Aussi, lorsque le ramassage rapide est difficile, le HCSP suggère d'associer aux procédés mécaniques un procédé de stabilisation chimique des algues, procédé destiné à bloquer la fermentation anaérobie.

Ces procédés sont surtout utilisés sur des déchets plus liquides ou pâteux (plus de 200 applications en Europe : égouts, stations d'épuration, industrie agro-alimentaire, protection des personnes) mais ils sont applicables aux déchets solides. Le plus souvent, il est procédé à une pulvérisation d'un mélange contenant une molécule qui agit comme donneur d'électrons, ce qui modifie le potentiel redox et bloque le mécanisme anaérobie responsable, entre autres, de la production de gaz soufrés. Le donneur d'électrons le plus couramment utilisé est le nitrate de calcium sous forme solide ou liquide. D'autres approches existent. Il est cependant important d'évaluer l'éventuel impact environnemental d'un tel traitement avant une prise de décision dans ce sens. Cet essai permettra à la fois de finaliser la mise au point des pulvérisations, leurs fréquences et les traitements spécifiques (stockages intermédiaires, transports en camion ...).

Ainsi, un retard de quelques jours dans la collecte peut ainsi être géré indirectement en retardant le dégagement de gaz toxiques. Il est ainsi possible d'optimiser les moyens humains et techniques et d'étaler certaines interventions. Ultérieurement, la meilleure stabilisation reste le séchage. Il existe pour cela de nombreuses technologies éprouvées.

Tableau 1 : Procédés et approches techniques relatifs au nettoyage, à la collecte et à la stabilisation des Sargasses pour différents littoraux.

	Procédés/approches techniques		
	Nettoyage mécanique du littoral	Collecte en mer ⁴⁵⁶	Stabilisation chimique des échouages ou séchage
Côte sableuse urbanisée accessible	A faire dans les 24 h suivant l'échouage et à renouveler autant que nécessaire Prévoir des bateaux faucardeurs ou équivalent pour la collecte en eau peu profonde. Ceci vient en complément de la collecte en mer afin de protéger les plages le plus possible	En pleine mer (quelques centaines de mètres du littoral), dans les baies, mobiliser des bateaux de collecte pour réduire l'échouage en associant les équipements complémentaires (barges flottantes, pompage, égouttage, transfert).	Sur stockages temporaires, transports et sur zones peu accessibles
Côte sableuse non urbanisée accessible			
Côte rocheuse urbanisée accessible incluant ports et autres activités maritimes	n/a	La seule solution pérenne reste la collecte en pleine mer et la collecte en eau peu profonde avec un matériel adapté	
Côte rocheuse urbanisée inaccessible	n/a		
Côte non urbanisée	n/a		

4. Mettre en place un pilotage centralisé avec un centre de crise opérationnel 7 j/7

Pour la mise en œuvre de cette stratégie, le HCSP recommande la mise en place, pour chaque département d'un pilotage centralisé avec un centre de crise opérationnel 7j/7, et prend note que cette gestion paraît engagée, d'après les informations à sa disposition.

Cette gestion centralisée doit être en mesure de :

- Rassembler les informations relatives aux alertes échouage en exploitant les informations satellitaires et de terrain. Il ne semble pas que les outils les plus récents de télédétection soient actuellement utilisés pour la surveillance des océans sur les deux départements.

⁴ <http://www.cdoinnov.fr/gamme/vehicules/page/2/>

⁵ <http://en.syrennis.com/information/45-cleaning-boats>

⁶ <http://www.cdoinnov.fr/wp-content/uploads/2015/10/CDO-Innov-Gamme-Algaclean-FR.pdf>

Depuis plus de 10 ans, l'agence spatiale européenne (ESA) couvre régulièrement la zone Caraïbe avec ses satellites équipés de capteurs à même d'identifier en surface la présence d'algues en suivant la présence de chlorophylle (capteurs Meris)^{7,8}. D'autres techniques sont probablement disponibles ; les autorités préfectorales envisagent de recourir au service COPERNICUS de l'Union européenne. Si toutefois le programme COPERNICUS voyait sa mise en place pour la zone Caraïbes retardée, les autorités préfectorales pourront rejoindre temporairement le programme existant de surveillance de la zone caraïbes, mis en place par la Nasa et des universités américaines (voir à ce sujet le rapport de l'université hollandaise de Delft (Vos et al., 2016).

Ces informations doivent être disponibles 7 j/7 et 24 h/24 et elles peuvent conduire la cellule de crise à déclencher des observations sur le terrain et exploiter toutes les informations en provenance des professionnels de la mer comme des observations aériennes.

Cette coordination est critique car la stratégie de lutte dépendra de l'ampleur des échouages potentiels, des moyens humains mobilisables immédiatement et des moyens techniques (machines, traitements locaux de stabilisation des algues, camions pour l'enlèvement, ouverture des centres de stockage).

- Maîtriser les outils de transport et de stockage. S'agissant d'entités susceptibles de générer des odeurs, les unités de stockages temporaires assureront un rejet canalisé des gaz toxiques avec traitement ou disposeront, le cas échéant, d'installations d'épandage de produits de stabilisation des charges transportées et stockées et éviter de contaminer les riverains entre le point d'enlèvement et la décharge.
- Piloter les équipes de terrain, et ce 7 j/7 et 365 j par an.
- Disposer de capacités d'études et d'ingénierie pour décider et faire les aménagements permettant l'accessibilité dans les lieux critiques des équipements, la réalisation d'aires temporaires de stockage, avec si besoin les acquisitions foncières et /ou immobilières.
- Associer les professionnels du déchet français ou européens qui ont une expérience de la gestion de telles opérations sur le long terme à une échelle industrielle.

Information de la population affectée par les émissions de H₂S et de NH₃

Principes généraux

Les messages sanitaires à apporter à la population sont identiques pour les deux gaz.

⁷ <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat/instruments/meris/applications>

⁸ [http://www.esa.int/fr/ESA_in_your_country/Belgium - Francais/La Terre vue de l'Espace Sargasses en vue](http://www.esa.int/fr/ESA_in_your_country/Belgium_-_Francais/La_Terre_vue_de_l'Espace_Sargasses_en_vue)

L'information et les actions visant à protéger les personnes doivent considérer à la fois les niveaux d'exposition (en référence aux valeurs seuils définies plus haut) et le profil de la population concernée (population générale, personnes vulnérables⁹).

L'ensemble des acteurs doivent agir de concert et de manière coordonnée dans la gestion et la diffusion des messages sanitaires (ARS, Préfecture, ASQAA, collectivités locales, professionnels de santé, média régionaux ...). Les messages sanitaires doivent être identiques sur les différents canaux de diffusion utilisés.

Une information spécifique à destination des professionnels de santé doit être effectuée. Les recommandations destinées aux personnes vulnérables et les messages d'information et de recommandation destinés à la population générale doivent également leur être communiqués.

L'information gagnera en efficacité si, en se basant sur les outils de prévision des échouages par télédétection et alertes par les pêcheurs et toute embarcation de la zone maritime, les autorités publiques diffusent une pré-alerte à la population concernée 2-3 jours avant les échouages attendus. Cela concerne les résidents des sites d'échouage prévisibles situés à moins de 300 m du littoral.

De même, il convient de renforcer et pérenniser le dispositif de surveillance, dont la finalité est d'informer la population et les professionnels de santé sur les émissions toxiques liées à l'échouage des algues, permettant d'anticiper chez les riverains et les personnes sensibles les mesures de prévention adaptées.

Messages d'information à destination de la population et conduite à tenir

1- Messages d'information pour la population générale et les personnes vulnérables dans le cas de valeurs entre 0,07 et 1 ppm pour H₂S et inférieures à 8,3 ppm¹⁰ pour le NH₃

Information d'un échouage d'algues à l'attention de l'ensemble de la population avec mention des communes concernées et des secteurs les plus impactés.

Demander à la population générale, et en particulier aux personnes vulnérables, d'être attentives aux informations diffusées dans les semaines qui suivent l'annonce sur l'évolution du phénomène.

Inviter les personnes vulnérables à se tenir éloignées des zones de présence des algues en décomposition dès la perception des odeurs (H₂S) et à éviter d'être sous le vent des émissions des gaz.

2- Messages d'information et de recommandation pour la population générale et les personnes vulnérables dans le cas de valeurs comprises entre 1 et 5 ppm pour H₂S et inférieures à 8,3 ppm pour NH₃

⁹ Rappel : sont définies comme vulnérables les personnes suivantes : nourrissons, jeunes enfants, femmes enceintes, personnes âgées, asthmatiques, personnes atteintes de maladies cardiovasculaires, d'insuffisance respiratoire ou de fortes allergies

¹⁰ Valeurs à mesurer au voisinage immédiat des zones d'échouage

Cibles des messages	Messages d'information et de recommandation
<p>- Population générale</p>	<p>- tenez-vous éloignées des zones affectées par les échouages des algues en décomposition</p> <p>- adressez-vous à votre médecin ou 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</p> <p>Des informations sur les niveaux de pollution, les périodes et les régions concernées, sont disponibles sur les sites internet de de l'ARS et des ASQAA</p>
<p>Personnes vulnérables*</p> <p>* Ces recommandations générales sont à adapter selon les cas avec le médecin traitant</p>	<p>- ne pas séjourner sous le vent des émissions des gaz.</p> <p>- adressez-vous à votre médecin ou 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,</p> <p>- éviter l'exposition aux autres substances irritantes et/ou allergisantes en air intérieur (fumée de tabac, ...)</p>

3- Messages d'information et de recommandation pour la population générale et les personnes vulnérables dans le cas de valeurs supérieures à 5 ppm pour H₂S ou à 8,3 ppm pour NH₃

Indiquer à l'ensemble de la population, qu'il est fortement recommandé d'éviter l'accès aux zones à risque et de ne pas se placer sous le vent.

Les personnes qui présenteraient les symptômes signalés dans le tableau précédent seront invitées à s'adresser à leur médecin ou pharmacien.

La fermeture temporaire d'établissements recevant du public pourra être décidée par les autorités locales, en concertation avec les services de l'Etat (ARS, Rectorat, Préfecture).

Le HCSP souligne cependant que de telles extrémités marquent la faillite de la gestion préventive des échouages des Sargasses et de leur élimination rapide.

Ces recommandations, élaborées sur la base des connaissances disponibles à la date de publication de cet avis, peuvent évoluer en fonction de l'actualisation des connaissances et des données épidémiologiques.

La Commission spécialisée des risques liés à l'environnement a validé l'avis par vote électronique le 29 mai 2018. 16 membres sur 18 membres qualifiés ont participé au vote. 0 conflit d'intérêt soumis à déport ; 16 vote pour, 0 vote contre, 0 abstention.

Références

Alberta Environment 2004 - Assesment report on ammonia for developing ambient air quality objectives, Voume I, ISBN No. 0-7785-3156-2 (On-line Edition) [consulté mai 2018, <http://aep.alberta.ca/air/legislation-and-policy/ambient-air-quality-objectives/documents/AssessmentReport-Voll-Ammonia-Jan2004.pdf>]

ANSES 2011- rapport d'expertise collective – algues vertes

ANSES 2016 – rapport d'expertise collective - Expositions aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux Antilles et en Guyane – décembre 2016

ANSES 2017 – rapport d'expertise collective - Avis révisé - Expositions aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux Antilles et en Guyane – mars 2017

ANSES 2017 – Avis révisé daté du 10 mars 2017 - Expositions aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux Antilles et en Guyane – mars 2017

ANSES 2017 – rapport d'expertise collective - Élaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac (CAS n° 7664-41-7) – novembre 2017

ANSES 2018 – avis du 24 janvier 2018 - élaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac (CAS n° 7664-41-7), janvier 2018. [consulté mai 2018, <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2011sa0225.pdf>].

ARS Guadeloupe - Fiche SISAC – 2 mai 2018 - Échouages d'algues sargasses et exposition au H₂S.

ARS Guadeloupe - Carte de suivi des échouages des algues Sargasses en Guadeloupe – observation héliportée du 2 mai 2018

ARS Martinique / Madinin Air – spatialisation en date du 21 mars 2018 des concentrations d'hydrogène sulfuré dans le Quartier Frégate Est

ARS Martinique – Echouages massifs d'algues Sargasses – point de situation 2018- semaine 13

ARS Martinique - conduites à tenir pour la mise en oeuvre des recommandations sanitaires et des mesures de gestion opérationnelle en fonction des seuils d'exposition au H₂S

ARS Martinique – point journalier sur les mesures d'hydrogène sulfuré – 24 avril 2018

ARS Martinique – Note du 24 avril 2018 relative à la surveillance de l'exposition au H₂S et au NH₃ émis par les algues de type Sargasses en décomposition en Martinique -

ARS Martinique – communiqué de presse du 29 avril 2018.

ARS Martinique - Fiche SISAC – 2 mai 2018 - Échouages d'algues sargasses et exposition au H₂S

ARS Martinique – gestion des algues Sargasses en Martinique – point de situation sanitaire au 11 mai 2018

ARS Martinique – gestion des algues Sargasses en Martinique – point de situation sanitaire au 17 mai 2018

Base de données sargasses Guadeloupe au 24 avril 2018

Base de données sargasses Guadeloupe au 3 mai 2018

Définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH₃) et du sulfure d'hydrogène (H₂S) issus de la décomposition d'algues Sargasses – Mai 2018.

Base de données sargasses Guadeloupe au 18 mai 2018

Centre opérationnel de gestion interministérielle des crises - Bulletin Quotidien de Protection Civile n° 124 du vendredi 04 mai 2018, 07h00 au samedi 05 mai 2018, 07h00.

CIRE Ouest 1998 - Ammoniac atmosphérique en zone rurale et Santé Publique : éléments bibliographiques – avril 1998

CIRE Ouest 1999 – Conférence régionale santé environnement du 12 octobre 1999 – évaluation du risque sanitaire lié aux expositions environnementales à l'ammoniac atmosphérique en zone rurale

Colloque Galveston 2015 Christopher Kelly – Beach Cleaning Equipment Supplier

Composting as an alternative management system for wild taro (*colocasia esculenta*) and brown algae (*Sargassum fluitans* and *Sargassum natans* – Thèse de Jen A.Sembera -2013 Université du Texas

CORRUSS - BSC n° 102 - Échouages d'algues sargasses et exposition au H₂S – situation au 12/04/2018.

Courbes de concentrations brutes H₂S NH₃

DGT 2010 – Note de service du 1^{er} juillet 2010 sur la problématique des algues vertes

DGT 2018 – Note relative à la gestion des risques liés aux échouages d'algues Sargasses

Gomzi M, Sarić M. Respiratory impairment among children living in the vicinity of a fertilizer plant. Int Arch Occup Environ Health. 1997;70 (5):314-20.

Golden Tides : Problem or Golden Opportunity The Valorisation of Sargassum from Beach Inundations - John J. Milledge * and Patricia J. Harvey – Journal of Marine Science and Engineering – 2016.

HCPS 2012 – avis du 22 mars 2012 - Seuils d'intervention et mesures de gestion pour prévenir les effets sur la santé des populations exposées à l'hydrogène sulfuré provenant d'algues brunes échouées sur les côtes de La Martinique et de La Guadeloupe.

HCSP 2013 – avis du 15 novembre 2013 relatif aux messages sanitaires à diffuser lors d'épisodes de pollution de l'air ambiant par les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et/ou le dioxyde de soufre ;

HCSP 2015 – avis du 2 juillet 2015 - gestion du risque lié aux émissions toxiques d'algues brunes échouées sur les côtes de la Martinique en provenance de la mer des Sargasses.

INERIS 2011 : Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : SULFURE D'HYDROGÈNE [consulté mai 2018, <http://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2848>].

INERIS 2012 : Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : AMMONIAC [consulté mai 2018, <https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2709>].

INERIS 2016 : Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.) Détecteur fixe de gaz sulfure d'hydrogène (H₂S) Version 2 – Décembre 2016 N° DRA-16-156884-09050A https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRA-16-156884A-09050A_H2S_V2_envoyé.pdf

INRS 2014 : Sulfure d'hydrogène, Fiche toxicologique n° 32, 2014.

INRS 2007 : Ammoniac et solutions aqueuses, Fiche toxicologique n° 16, 2007.

IQ LAB 155 08 Rapport d'essais_16GA6732

Définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH₃) et du sulfure d'hydrogène (H₂S) issus de la décomposition d'algues Sargasses – Mai 2018.

IQ LAB 155 08 Rapport d'essais_18-GW-8510

Préfecture de la Zone de défense Antilles – Points de situation « Sargasses » 1 à 8 (du 29 avril au 8 mai 2018)

PRESSE

- AFP 2018 – Dépêche du 5 mai 2018 - Sargasses : le préfet de Martinique veut accélérer le ramassage
- France Antilles 2018 – 4 avril 2018 - Sargasses : on entre dans le concret –
- France Antilles 2018 – 4 avril 2018 – Sargasses : les impacts sur la santé, l'économie et l'environnement
- France Antilles 2018 – 18 mai 2018 – La riposte prend de la cohérence
- Photo : sargassum-removal-before.jpg

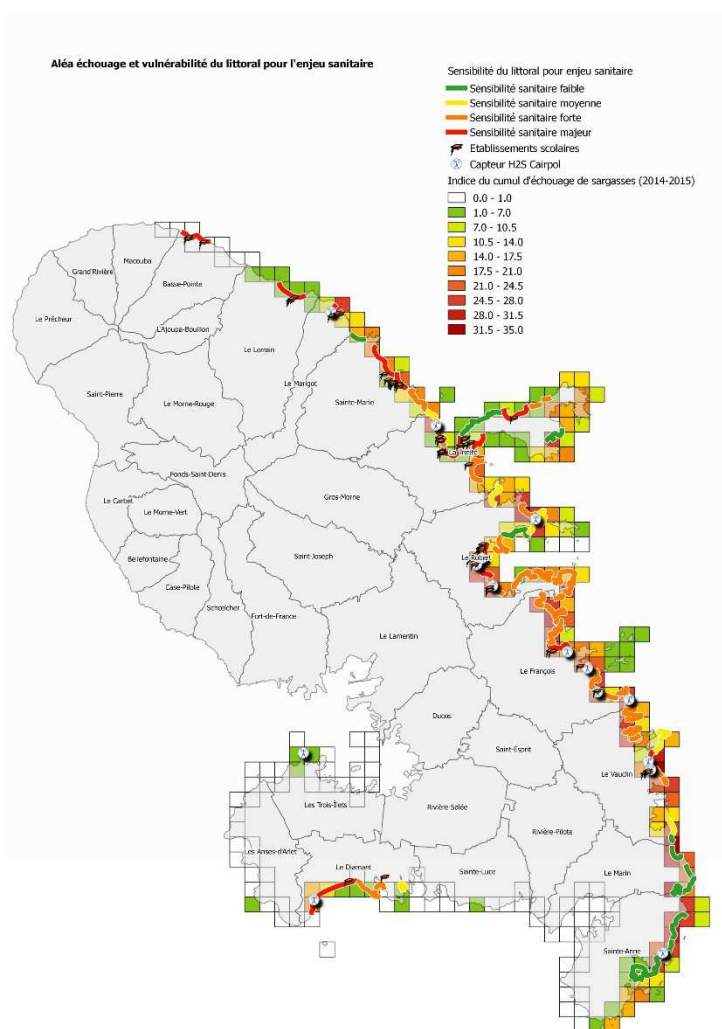
Projet Sargasses - Etude de l'algue invasive *Sargassum muticum* en vue d'une exploitation et d'une valorisation en Normandie – comité régional de conchyliculture Normandie Mer du Nord – décembre 2016

Rapport interministériel 2016 : Rapport de mission interministérielle de conseil n° 15133
CGAAER - IGA – CGED

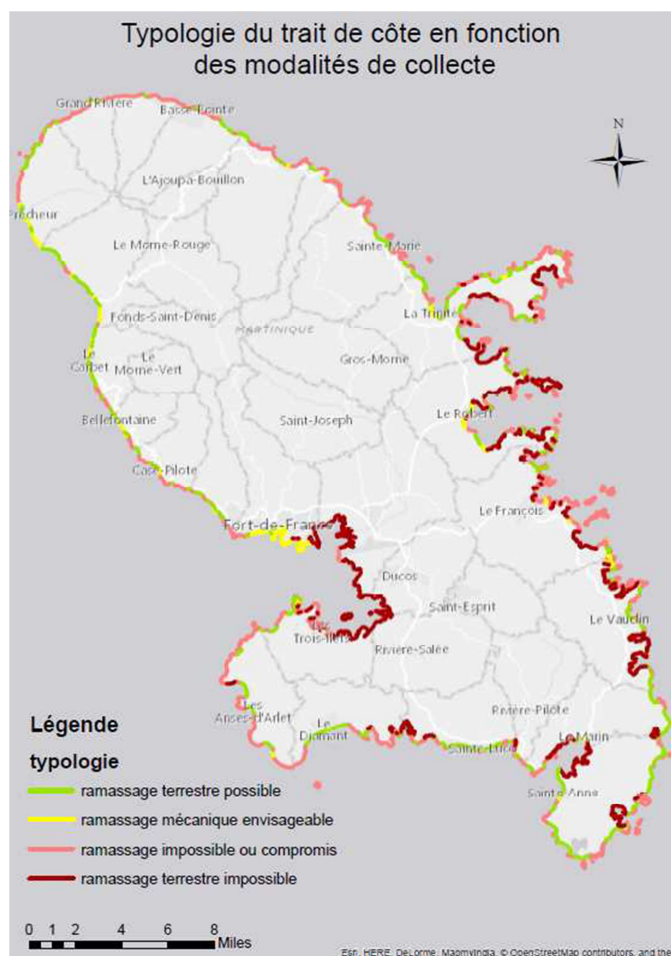
Vos B., Fourso W., De Bruijn L. et Bruijn W. October 2016 . Coastal Seaweed solutions. Delft University and Boskalis Dragamex NL

Annexes

Annexe 1: Alea d'échouage des Sargasses et vulnérabilité du littoral martiniquais en termes d'enjeu sanitaire (ARS Martinique - observation héliportée du 2 mai 2018)

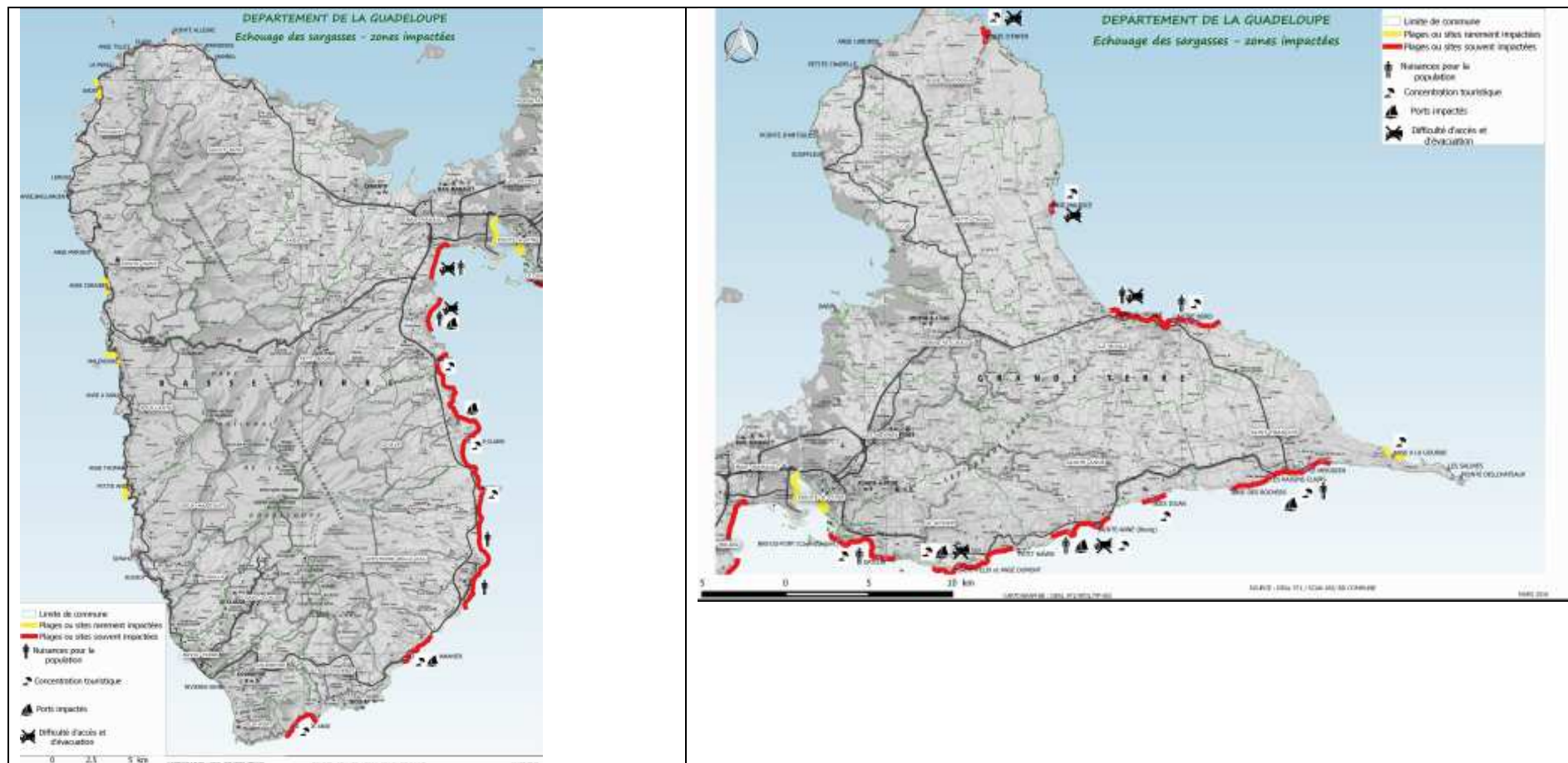


Annexe 2: Typologie du trait de la côte de Martinique en fonction des modalités de la collecte des Sargasses (source : DEAL Martinique, mai 2018)

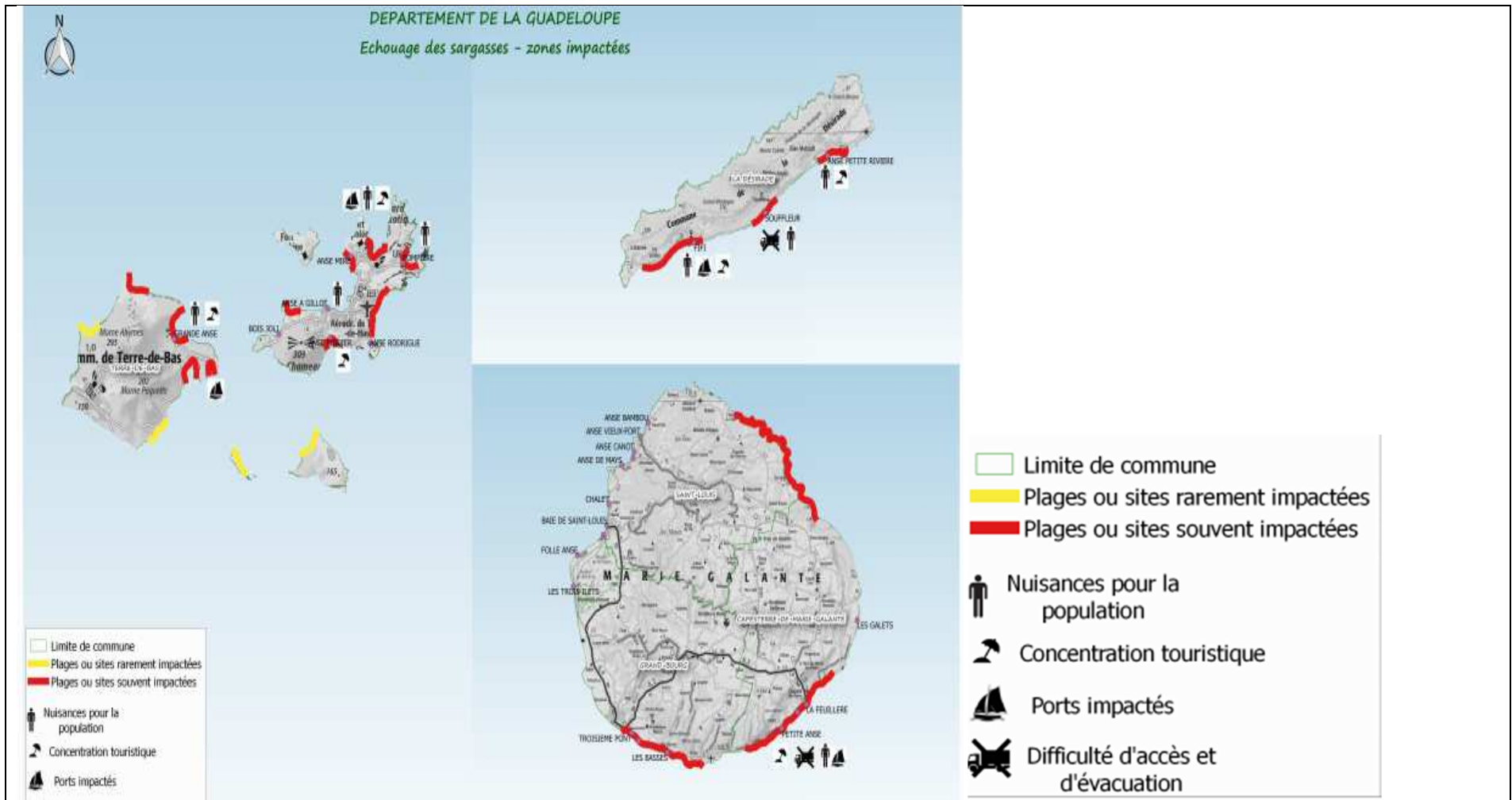


Définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH_3) et du sulfure d'hydrogène (H_2S) issus de la décomposition d'algues Sargasses – Mai 2018.

Annexe 3 : Cartes 3, 4 et 5 : Typologie du trait de la côte de Guadeloupe en fonction des modalités de la collecte des Sargasses (source : DEAL Guadeloupe, mai 2018)



Définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à de l'ammoniac (NH₃) et du sulfure d'hydrogène (H₂S) issus de la décomposition d'algues Sargasses – Mai 2018.



Annexe 4 : Saisine de la DGS



MINISTÈRE DES SOLIDARITÉS ET DE LA SANTÉ

Direction générale de la santé

Paris, le **04 MAI 2018**

Le Directeur Général de la Santé

à

Monsieur le Secrétaire Général

Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP)

Objet : Saisine en urgence relative à la définition de mesures de gestion concernant l'exposition des populations Antillaises à de l'ammoniac issu de la décomposition d'algues Sargasses.

Des échouages massifs d'algues brunes (Sargasses) sur les côtes Antillaises et dans une moindre mesure Guyanaïses sont de plus en plus fréquents ces dernières années. Divers moyens de détection de ces algues au large et de ramassage avant leur arrivée sur la côte sont mis en œuvre, mais leurs capacités sont parfois mises en défaut compte-tenu notamment du très important volume en jeu.

La décomposition de ces algues provoque des dégagements de gaz divers : méthane (CH₄), gaz carbonique (CO₂), ammoniac-NH₃, azote-N₂, hydrogène sulfuré-H₂S, mercaptans, ...

Par avis du 22 mars 2012, 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, vous avez validé les propositions de gestion mise en œuvre par l'ARS de Martinique s'agissant des valeurs seuils relatives à l'hydrogène sulfuré.

La détection d'ammoniac dans l'air ainsi que les concentrations observées localement, qui peuvent atteindre selon l'ARS de Guadeloupe plus de 100 ppm en pic, pour des valeurs d'environ 40 ppm sur 15 minutes¹, conduit à solliciter votre instance pour :

1- Définir les seuils d'interprétation et d'intervention relatifs aux concentrations mesurées en ammoniac pour des expositions aiguës, sub-chroniques et chroniques ;

2- Proposer les mesures de gestion, en fonction de ces seuils, permettant de réduire, limiter ou prévenir les impacts sur la santé des populations concernées (population générale et populations particulièrement vulnérables) exposées aux émissions d'algues échouées ;

¹ Les protocoles de mesure actuellement effectués aux Antilles figurent sur la fiche annexée.

3- Définir les protocoles de mesures associés à ces seuils, à mettre en œuvre pour permettre l'interprétation des résultats en regard des seuils d'intervention (tenant compte des moyens métrologiques actuellement disponibles).

Je vous indique que s'agissant de la définition de Valeurs Toxicologiques de Référence, l'ANSES a remis un avis et un rapport concernant l'ammoniac en janvier 2018.

De plus, des sollicitations des autorités sanitaires locales se font jour quant aux éventuels effets sanitaires à long terme dus à des expositions périodiques répétées aux seuils actuellement relevés (pics et valeurs seuils). Je souhaiterais que vous puissiez également sur ce point proposer les informations et messages qu'il apparaîtrait opportun de diffuser en réponse à ces interrogations.

Je vous serais reconnaissant au regard des différents éléments susmentionnés et compte-tenu des seuils d'exposition relevés, de me faire connaître dans les meilleurs délais et au plus tard avant le 30 mai 2018, vos propositions de recommandations de gestion et de messages à diffuser aux différentes populations, tenant compte également de la présence concomitante dans l'air notamment d'hydrogène sulfuré.


Le Directeur Général de la Santé,
Professeur Jérôme SALOMON

Annexe 5 : Composition du groupe de travail

Daniel BLEY, membre du HCSP (CSRE)

Luc FERRARI, membre du HCSP (CSRE)

Francelyne MARANO (vice-présidente de la CSRE)

Jean-Louis ROUBATY, membre du HCSP (CSRE, coordonnateur du groupe de travail)

Denis ZMIROU-NAVIER, membre du HCSP (président de la CSRE)

Membre du Secrétariat Général du HCSP

Gabrielle VERNOUILLET, coordonnatrice de la CSRE

Annexe 6 : Liste des personnes auditionnées

- Charlotte GULLY, ADEME de la Martinique (ingénieur) (16 mai 2018)

- Cyril THABARD, Gérant de la société CDOInnov et qui a développé les techniques de collecte en mer et sur la plage des sargasses dont le procédé Algaclean (Le 18 mai 2018)

- Clément Mahé de la société Yara International pour le procédé Nutriox basé sur le nitrate de calcium dans la destruction de l'H₂S et le blocage de la fermentation anaérobie (Le 18 mai 2018)

Avis produit par la Commission spécialisée des risques liés à l'environnement
Le 29 mai 2018.

Haut Conseil de la santé publique

14 avenue Duquesne

75350 Paris 07 SP

www.hcsp.fr