



Risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes

Avis de l'Agence nationale
de sécurité sanitaire de l'alimentation,
de l'environnement et du travail

16 juin 2011

L'Anses a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'alimentation, de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du Code de la santé publique).

L'Agence a été saisie le 23 février 2010 par les ministères chargés de l'écologie, du travail et de la santé d'une demande d'avis relatif aux risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs.

Contexte et objet de la saisine

Depuis plusieurs décennies, des segments du littoral français sont touchés par des « marées vertes ». Ce phénomène, initialement limité, a pris de l'ampleur. Il touche la Bretagne, mais aussi les côtes du Cotentin ou des Charentes. Ces échouages massifs d'algues vertes sur les plages, au-delà de leur emprise sur l'espace littoral pénalisant les activités touristiques, entraînent, lors de leur putréfaction, des dégagements importants de gaz, notamment de sulfure d'hydrogène (H_2S). Compte tenu des dangers connus du sulfure d'hydrogène (H_2S), la question des nuisances olfactives et troubles sanitaires se pose, notamment pour la population générale (promeneurs et riverains des plages) et les travailleurs en activité sur le littoral (pêcheurs à pied, activités de loisirs, etc.).

Pour remédier à cette situation, certaines plages font l'objet de ramassages. Après le ramassage, le transport, la transformation et le traitement de ces algues sont effectués par différentes voies. L'ensemble de ces activités sont susceptibles d'entraîner l'exposition d'autres populations et des travailleurs de cette filière, aux émanations d'algues putrides.

La prolifération des algues vertes est principalement liée à des concentrations élevées de nitrates dans les eaux, apportés par les activités humaines (en particulier l'agriculture), et une configuration physique du littoral (baies). Plusieurs espèces d'algues sont potentiellement présentes dans les dépôts mais le genre *Ulva* en constitue la part principale du fait de sa capacité de prolifération à la lumière et à l'état libre dans le rideau d'eau côtier.

Pour tenter de limiter ce phénomène, un plan de lutte contre les algues vertes a été élaboré en février 2010 par l'État pour la période 2010-2015. L'objectif de ce plan est d'assurer une gestion des risques liés aux algues vertes et d'engager des actions pour réduire les flux de nitrates dès 2010-2011 pour aboutir, à échéance de 2015, à une réduction de ces flux de 30 à 40 % au moins dans les 8 baies « algues vertes » identifiées

dans le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne. Le plan comprend trois volets :

- un volet préventif comprenant les actions à mettre en œuvre pour limiter les flux d'azote vers les côtes (amélioration des techniques de traitement des effluents et eaux usées générés par les activités industrielles ou agricoles ainsi que les collectivités locales, aménagement du territoire, changement des pratiques agricoles);
- un volet portant sur l'amélioration des connaissances et la gestion des risques;
- un volet relatif aux actions curatives : amélioration du ramassage et développement des capacités de traitement des algues échouées.

Questions instruites

C'est dans le cadre de ce plan de lutte contre les algues vertes que l'Anses a été saisie afin :

- « d'identifier le spectre complet des gaz émis par les algues et les risques associés, en fonction des concentrations, pour la santé des populations exposées;
- de proposer des protocoles de métrologie et de dosimétrie pour les sites concernés par des échouages massifs d'algues;
- d'analyser la littérature scientifique à la recherche d'éventuelles conséquences sanitaires qui pourraient être liées à une exposition chronique à de faibles concentrations de sulfure d'hydrogène (H₂S);
- de formuler des recommandations spécifiques pour les travailleurs exposés lors de la collecte et du traitement des algues vertes;
- de formuler des recommandations nationales de prévention pour le public et les riverains exposés aux émanations d'algues vertes, en fonction des seuils de toxicité éventuels et des nuisances notamment olfactives. »

Pour répondre dans l'urgence aux attentes des gestionnaires pour la saison 2010, l'Anses a fourni en juillet 2010 des recommandations, sur la base des éléments alors disponibles, essentiellement destinées aux professionnels de la filière de ramassage des algues vertes. Leur application, en particulier le ramassage des algues quand elles sont encore fraîches, vise à éviter la plupart des situations à risques pour les populations fréquentant les plages ou résidant à proximité, ou pour les travailleurs (y compris saisonniers) pratiquant le ramassage.

La configuration du littoral amène à des difficultés d'accès à certaines portions des côtes qui rendent le ramassage difficile ou plus rare. Ces zones, où des dépôts d'algues peuvent s'accumuler et putréfier représentent des situations à risques résiduelles.

La conduite d'une évaluation des risques sanitaires est destinée à prendre en compte ces situations résiduelles et à confirmer et/ou affiner les recommandations émises en 2010, voire en identifier de nouvelles.

Périmètre et limitations du champ d'expertise

La saisine s'inscrit dans le cadre du plan de lutte contre les algues vertes 2010-2015. Elle concerne principalement deux espèces d'algues (*Ulva armoricana* et *Ulva rotundata*) et la région Bretagne. Néanmoins, ces situations peuvent être transposées à d'autres régions, considérant que cette expertise et ses conclusions pourraient être applicables à tout site touché par des marées vertes d'Ulves.

Les activités industrielles de traitement et leur impact sur les populations voisines n'ont pas été étudiés par l'Anses car elles relèvent de la réglementation encadrant les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Les travaux d'expertise ne visent pas à se substituer à ceux des exploitants mais plutôt à faire des recommandations générales en termes de filières ou de surveillance autour de ces installations.

La saisine porte sur les substances gazeuses émises par les algues vertes dans l'atmosphère. Par manque de données, sont exclus du périmètre de la saisine les aérosols biologiques et les substances présentes dans les jus de fermentation, sans pour autant que les risques sanitaires inhérents à leur exposition ne puissent être écartés. Enfin, l'évaluation des effets directs sur la flore, la faune et l'environnement et les éventuels effets indirects sur la santé associés sont également en dehors du champ de la saisine.

Organisation de l'expertise

Organisation générale

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

L'Agence a mandaté un groupe de travail pour instruire cette saisine et a confié au comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » le suivi des travaux conduits. De plus, le traitement de cette saisine s'est également appuyé sur les compétences de différentes unités de l'Agence.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 9 décembre 2010 et le 19 mai 2011. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

La première séance du groupe de travail (GT) a été consacrée à de nombreuses auditions de parties prenantes (administrations centrales et déconcentrées, collectivité locale, riverains) destinées à définir au mieux les enjeux, les objectifs et le cadre de la saisine. Des déplacements en Bretagne ont par ailleurs permis de visiter des plages touchées par des marées vertes ainsi que des plateformes de compostage des algues vertes. Ils ont également été l'occasion de rencontrer des gestionnaires locaux et des mouvements associatifs.

Tableau 1. Liste des substances émises (ou suspectées de l'être) dans l'air par les algues vertes au cours de leur putréfaction

Substances observées dans des campagnes de mesures		Substances suspectées	
Nom de la substance	N° CAS	Nom de la substance	N° CAS
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	7783-06-4	Dioxyde de soufre (SO ₂)*	7446-09-5
Diméthylsulfure (DMS)	75-18-3	3-Diméthylsulfoniopropionate (DMSP)	7314-30-9
Méthylmercaptan	74-93-1	Acide acrylique	79-10-7
Diméthyldisulfure (DMDS)	624-92-0	Protoxyde d'azote (N ₂ O)	10024-97-2
Disulfure de carbone (CS ₂)	75-15-0	Acide acétique	64-19-7
Acétylmercaptan	507-09-5	Acide lactique	50-21-5
Diméthylsulfoxyde (DMSO)	67-68-5	Acide sulfurique *	7664-93-9
Chlorométhylsulfone	124-63-0	Acide sulfureux *	7782-99-2
Diméthyltrisulfure (DMTS)	3658-80-8	Éthanol	64-17-5
Diméthylpentasulfure (DMPS)	7330-31-6	Acétamides	-
Dithiapentane	1618-26-4	Endotoxines	-
1,2,4-Trithiolane	289-16-7		
Diméthylsulfone	67-71-0		
Ammoniac (NH ₃)	7664-41-7		
Urée	57-13-6		
Méthane (CH ₄)	74-82-8		
Acétaldéhyde	75-07-0		
Formaldéhyde	50-00-0		
Propionaldéhyde	123-38-6		

* Suspectées à l'état de traces.

Lors de discussions menées par le CES quant à ces travaux de caractérisation des émissions, un expert s'est interrogé de plus sur la possibilité d'émission de phosphine (PH₃), à la toxicité bien documentée, liée à la présence de phosphate. Ces émissions potentielles pourraient faire l'objet de travaux à venir quant à leur caractérisation.

Démarche suivie des travaux d'expertise

La littérature scientifique et les résultats de campagnes de mesures disponibles ont été passés en revue afin de caractériser les émissions des algues vertes. Très peu de données ayant ainsi pu être collectées, une étude a été exécutée durant l'été 2010, dans le but de caractériser le spectre des substances émises par les algues vertes en décomposition ainsi que la cinétique des émissions. Les mesures ont été réalisées sur un tas d'algues vertes reconstitué *ex situ*.

La recherche des substances émises était orientée vers les composés soufrés réduits, l'ammoniac (NH₃), le méthane (CH₄), le monoxyde carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), les aldéhydes et les composés organiques volatils (COV). Les délais réduits d'instruction de la saisine et les faibles échouages d'algues vertes en 2010 ont limité la diversité des situations d'émissions étudiées. Les résultats ne rendent donc pas compte de leur variabilité.

Les données toxicologiques liées aux substances émises ont été recherchées dans des bases de données de référence.

Pour les substances identifiées comme émises par les algues vertes et présentant une toxicité par inhalation, la méthode standard d'évaluation des risques sanitaires⁽¹⁾ a été mise en œuvre :

- identification des dangers ;
- recensement et sélection de relations dose-réponse, validés par le GT valeurs toxicologiques de référence (VTR) de l'Anses ;
- quantification des expositions, à partir de mesures à l'émission *in situ* et *ex situ* et de mesures de surveillance en bord de plage ;
- caractérisation des risques.

Principales limites et incertitudes

Les données d'émission et/ou d'exposition disponibles ne permettent vraisemblablement pas de couvrir la totalité des situations exposantes. Leur variabilité est liée entre autre à l'épaisseur du dépôt d'algues, à la nature du substrat, à la température ambiante, à la pluviométrie. Ce manque de représentativité peut éventuellement faire que d'autres situations exposantes n'ont pas été caractérisées. Toute généralisation, en particulier sur la cinétique des émissions et des risques associés, doit donc se faire avec prudence.

Compte tenu des délais restreints d'instruction, l'évaluation des risques sanitaires s'est limitée à un nombre très restreint de substances. En outre, les substances ont été considérées individuellement, sans évaluation d'éventuels

⁽¹⁾ NRC (1983) National Research Council, Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks for Public Health. Risk Assessment in the Federal Government: managing the process, Nat. Acad. Press Washington.

effets dus à une exposition cumulée aux différentes substances émises par les algues vertes, la plupart irritantes.

Concernant les risques sanitaires pour les travailleurs chargés du ramassage, du transport et du traitement des algues vertes, les rares données d'exposition disponibles ne portent que sur les algues fraîches. Au-delà, les pratiques professionnelles restent encore mal connues et, en conséquence, les scénarios d'exposition associés mal caractérisés.

Analyse et conclusions du CÉS

Résultats

Caractérisation du spectre des substances émises dans l'air par les algues vertes

La littérature sur la nature et les quantités des substances émises par les algues vertes s'est révélée extrêmement pauvre. Aussi, la caractérisation du spectre s'est essentiellement basée sur les résultats d'une campagne de mesures *ex situ* (reproduction d'un tas d'algues) menée expressément dans le cadre de la présente expertise. En complément, sur la base d'hypothèses formulées par les experts, des substances supplémentaires ont été identifiées. La liste de substances émises par les algues vertes (ou suspectées de l'être) ainsi constituée et présentée dans le Tableau 1 ne peut cependant pas prétendre à l'exhaustivité.

Cinétique des émissions

Les informations sur la cinétique des émissions lors de la décomposition des algues vertes sont apportées par la campagne de mesures réalisée *ex situ*.

Dans les premières heures suivant l'échouage des algues vertes sur une plage :

- les émissions de composés gazeux produits par le processus de décomposition des algues sont très faibles ;
- en dehors du diméthylsulfure (DMS) émis naturellement à de faibles concentrations par les algues vertes, l'ammoniac (NH_3) semble être le seul polluant gazeux issu de la réaction de dégradation.

Dans les heures suivantes :

- les émissions de DMS deviennent importantes ; du reste, à ce stade, c'est le seul composé soufré émis significativement.

Au fil du temps, avec l'intensification du processus de dégradation des algues vertes :

- d'autres composés soufrés apparaissent : sulfure d'hydrogène (H_2S), méthylmercaptop, diméthylsulfure (DMDS), diméthylsulfoxyde (DMSO) et disulfure de carbone) alors que les quantités émises de diméthylsulfure (DMS) diminuent ;
- les concentrations en ammoniac (NH_3) continuent à augmenter, même si elles restent beaucoup moins importantes que les émissions de diméthylsulfure (DMS) ;
- des aldéhydes commencent également à être émis.

Ces différentes phases d'émission surviennent dans des délais très variables selon de multiples paramètres (température, pluviométrie, volume déposé à chaque marée, épaisseur du dépôt, richesse en micro-organismes du site, etc.). Les premières données disponibles permettent de situer le début des émissions significatives en sulfure d'hydrogène (H_2S) entre 12 et 48 heures après échouage.

Toxicité des substances émises par les algues vertes en décomposition

Pour les situations d'exposition aux émissions des algues vertes étudiées :

- les effets liés à des expositions aiguës par inhalation les plus fréquemment rencontrés et associés aux substances émises par les algues vertes en décomposition sont des effets irritants pour les muqueuses respiratoires et les yeux. À forte concentration, ces irritations peuvent entraîner des œdèmes du poumon. Des effets neurotoxiques sont également décrits pour plusieurs substances ;
- les effets liés à des expositions chroniques à considérer sont essentiellement ceux liés à une exposition répétée à des pics de concentration. Il n'existe cependant que très peu d'études sur les effets associés à de tels types d'exposition. Il peut exister certaines séquelles liées à des atteintes spécifiques comme l'altération du nerf olfactif par le sulfure d'hydrogène (H_2S) mais dont l'importance clinique et le caractère pérenne ne sont pas démontrés chez l'Homme.

Évaluation des risques sanitaires et éléments de mise en perspective

Une évaluation quantitative n'a été possible que pour un nombre très restreint de substances du fait du manque de VTR et/ou de données d'exposition. Ainsi, seuls les risques sanitaires aigus du sulfure d'hydrogène (H_2S), de l'ammoniac (NH_3), du formaldéhyde, de l'acétaldéhyde et les risques sanitaires chroniques du sulfure d'hydrogène (H_2S) et de l'ammoniac (NH_3) ont pu être évalués quantitativement.

En termes de risques chroniques pour les riverains de plages touchées par des marées vertes, des échouages massifs couplés à un ramassage insuffisant peuvent être à l'origine d'irritations et d'effets sur l'odorat dus au sulfure d'hydrogène (H_2S). Dans les cas où les échouages d'algues vertes sont limités ou si les algues vertes sont fréquemment ramassées, les risques d'apparition de ces effets sont peu probables.

Les données d'exposition professionnelle disponibles ne permettent pas d'évaluer les risques sanitaires chroniques pour les travailleurs impliqués dans le ramassage, le transport et le traitement des algues vertes.

Enfin, l'évaluation quantitative des risques sanitaires aigus, bien que menée sur la base des données à l'émission surestimant ainsi les expositions, indique que les situations accidentelles de **perçage d'une croûte recouvrant des algues en putréfaction ou la chute dans une zone où des algues en putréfaction ont pu s'accumuler (vasière par exemple), représentent des situations problématiques, en particulier du fait d'émissions de sulfure d'hydrogène (H_2S).**

Ces situations peuvent tout aussi bien concerner les travailleurs que la population générale.

En effet, durant les premières heures suivant l'échouage, les émissions en sulfure d'hydrogène (H_2S) par les algues vertes sont peu importantes et sont donc associées à des niveaux de risque faibles. Mais, du fait de l'intensification des mécanismes de dégradation après un délai qui reste incertain et qui est estimé entre 12 et 48 heures au vu des données disponibles, les expositions en cas de perçage accidentel de croûte atteignent des niveaux rendant probable la survenue d'effets tels qu'une irritation des muqueuses oculaires et des voies respiratoires et des symptômes neurologiques. Dans des cas accidentels extrêmes, une perte de connaissance avec arrêt cardiaque ou un coma pourrait intervenir.

Incertitudes principales associées aux résultats

Il convient de rappeler que les données d'émission et/ou d'exposition sont peu nombreuses et ne permettent vraisemblablement pas de représenter les conditions d'émission aussi variables que celles de la prolifération, de l'échouage et de la dégradation des algues vertes. Ce manque de représentativité peut éventuellement faire que d'autres situations exposantes n'ont pas été caractérisées. Toute généralisation, en particulier sur la cinétique des émissions et des risques associés, doit donc se faire avec prudence.

Les conclusions de l'évaluation des risques sanitaires se basent par ailleurs sur une connaissance partielle des risques puisque l'évaluation n'a été réalisée que pour quelques substances, considérées en outre individuellement. Ainsi, une substance comme le diméthylsulfure (DMS), alors qu'elle est émise avant le sulfure d'hydrogène (H_2S), quand les algues sont encore fraîches, et en quantités plus importantes que le sulfure d'hydrogène (H_2S), n'a pas été évaluée faute d'éléments sur son potentiel toxique. Par ailleurs, d'autres composés soufrés comme les mercaptans, le diméthylidissulfure (DMDS) et le disulfure de carbone (CS_2) pourtant émis en quantités importantes n'ont pu être évalués.

Concernant les risques sanitaires pour les travailleurs chargés du ramassage, du transport et du traitement des algues vertes, les rares données d'exposition disponibles ne portent que sur les algues fraîches. Au-delà, les pratiques professionnelles restent encore mal connues et les scénarios d'exposition associés de ce fait mal caractérisés.

Enfin, les effets dus à une exposition cumulée aux différentes substances émises par les algues vertes, la plupart irritantes, n'ont pas pu être appréhendés.

Recommandations pour la sécurité des travailleurs et de la population générale

Les travaux de la présente expertise permettent d'appuyer plusieurs des recommandations de l'Anses publiées en 2010, en particulier le ramassage au plus tôt des algues vertes sur les plages. Compte tenu des éléments présentés ci-dessus, les principales

recommandations sont d'éviter la prolifération des algues et de limiter les expositions :

Éviter la prolifération des algues vertes

Les experts rappellent la nécessité de mettre en place des actions visant à limiter la prolifération des algues vertes, telle que la réduction des apports en nitrate dans les bassins versants. Ainsi, les situations à risques dues aux amas d'algues vertes échouées s'en trouveraient *de facto* limitées.

Éviter l'exposition du public

Pour atteindre cet objectif, des pistes relatives aux moyens qui pourraient être mis en œuvre sont identifiées ci-dessous.

- **Ramasser dès que possible les algues vertes** échouées sur les plages, reste aujourd'hui la manière la plus sûre de réduire les émissions toxiques liées à leur dégradation et les risques associés. Il est recommandé que, lorsque la situation le permet (en termes d'accès, d'horaires des marées, etc.), **le ramassage, le transport et la prise en charge des algues dans les centres de traitement soient effectués aussi rapidement que possible**. Il existe des incertitudes sur le délai de ramassage des algues. Les observations disponibles ne permettent pas de connaître précisément le délai à partir duquel les émissions de gaz de fermentation deviennent significatives. Les données indiquent cependant qu'un délai supérieur à 48 heures ne permet pas d'éviter des situations à risque.
- **Baliser les chantiers de ramassage**. La mise en place d'un chantier de ramassage nécessite une appréciation des risques particuliers au site et au moment (géographie, volume échoué, évolution du dépôt, conditions météorologiques) et d'adapter **le balisage du chantier** à ces conditions. Ce balisage doit non seulement prendre en compte les expositions des employés et l'organisation du chantier, mais aussi les risques pour la population résidente et occasionnelle voisine. Au-delà du balisage de la zone, les chantiers peuvent faire l'objet d'un signallement temporaire durant l'intervention, afin de réduire la fréquentation de la plage pendant leur activité. Le balisage concerne également les éventuelles zones de stockage intermédiaire pour ressuyage avant transport par exemple.
- **Informers les usagers/promeneurs et les riverains des dangers que présentent les zones à risque résiduel** (enrochements, vasières) au moyen d'une signalétique permanente placée sur les accès, en complément d'actions de communication ponctuelles ou saisonnières. Cette signalétique doit également comprendre des éléments sur la conduite à tenir en cas d'accident. Les secouristes des plages doivent également être formés à ce risque particulier.
- **Privilégier les procédés de ramassage et de traitement qui limitent la production et la diffusion des gaz**, comme par exemple le compostage en casier clos.
- Il serait utile de renforcer la **surveillance environnementale** par des vérifications ponctuelles, notamment en période estivale, de la concentration atmosphérique des substances émises par les algues vertes, comme le sulfure d'hydrogène (H_2S), autour des sites de traitement accueillant des algues vertes.

Limiter l'exposition des travailleurs

Pour atteindre cet objectif, des pistes relatives aux moyens qui pourraient être mis en œuvre sont identifiées ci-dessous.

- **Le port de détecteurs individuels portatifs.** Ces détecteurs à cellule électrochimique constituent une technologie qui nécessite des vérifications régulières, dans les conditions des chantiers et après chaque déclenchement d'alerte quelles que soient les prescriptions du fabricant. Les conditions de stockage doivent être impérativement respectées. Par ailleurs, il est recommandé aux fabricants de détecteurs portatifs de sulfure d'hydrogène (H₂S) d'indiquer, dans la notice des appareils, les concentrations de sulfure d'hydrogène (H₂S) auxquelles ils doivent être vérifiés (en fonction des gammes de concentration) ainsi que des éléments relatifs à de possibles interférences avec d'autres produits.
- **Le ramassage des algues vertes par des moyens mécaniques.** Cette pratique serait à privilégier autant que possible. Les cabines de conduite des équipements mécaniques doivent suffisamment isoler le conducteur des polluants atmosphériques extérieurs.
- Lorsque les émissions sont telles qu'un **équipement de protection individuelle respiratoire** est requis, la pièce filtrante permettant de protéger le plus largement des substances émises par les algues fraîches et en décomposition, est de type ABEKP, de classe 1 pour les gaz et de classe 3 pour les particules (soit A1B1E1K1P3). L'entretien et la vérification de ces dispositifs sont primordiaux.
- **L'information et la formation.** Les règles d'hygiène et de sécurité du travail incluent des dispositions générales sur la formation des agents dont notamment celles liées à l'usage des équipements de protection individuelle. Dans le cas des algues, la variabilité des conditions de dégradation des algues et la multiplicité des risques associés, qui varient au cours du temps, nécessitent de dispenser régulièrement une information et une formation spécifique sur l'appréciation des risques, l'intérêt et les particularités de l'usage des détecteurs, les risques liés à la manipulation des algues vertes en décomposition. Tous les professionnels impliqués dans ce processus sont concernés, quel que soit leur statut, y compris les personnels saisonniers. Cette formation devrait également inclure les procédures d'urgence pour faire face à une intoxication aiguë.
- **La traçabilité des travaux exposants.** Cette traçabilité pourrait être assurée dans le dossier médical des travailleurs concernés, quel que soit leur statut.

Propositions d'études complémentaires et d'axes de recherche

Enfin, dans le cadre des présents travaux, les experts se sont heurtés à plusieurs limites et incertitudes. Celles-ci incitent à encourager l'acquisition de connaissances et la réalisation d'études complémentaires.

Caractérisation des émissions et des expositions

Des campagnes de mesures pourraient être poursuivies dans le but d'améliorer la connaissance du spectre des substances émises (chimiques, endotoxines, mycotoxines...) par les algues vertes. Des études, en vue d'identifier et de caractériser les aérosols biologiques potentiellement apportés lors des échouages d'algues vertes, mériteraient également d'être initiées. De telles campagnes devraient également permettre de préciser l'influence du vent et du relief sur les niveaux de concentration ambiants ainsi que l'influence de l'ensoleillement sur les émissions gazeuses et leur cinétique. Cela permettrait en particulier de déterminer le délai maximum entre échouage et ramassage pour éviter les émissions à l'origine des situations à risque.

Étant donné l'incertitude sur les expositions due à une extrapolation des concentrations à l'émission à des concentrations d'exposition, toute campagne de mesures visant à mieux quantifier les expositions serait utile.

L'exposition des travailleurs de la filière de ramassage des algues vertes est encore très mal connue. Il semble nécessaire de poursuivre les études, notamment celles visant à évaluer l'efficacité des dispositifs de filtration des cabines des engins de manutention des algues mais également de mieux documenter les niveaux d'exposition chronique des travailleurs.

L'opportunité d'effectuer un suivi de l'exposition des travailleurs exposés, individuel et collectif, par exemple *via* une étude de cohorte, est à étudier.

Toxicité des substances

Les données toxicologiques pour certaines substances, pourtant émises en quantités importantes, sont tellement peu nombreuses que l'élaboration de valeurs toxicologiques de référence (VTR) ne semble pas envisageable, comme c'est le cas pour le diméthylsulfure (DMS) et l'acétylmercaptan. Pour ces substances, les experts encouragent l'acquisition de données toxicologiques, préalable à la construction de VTR. Pour les substances dont la caractérisation toxicologique est plus avancée, des VTR devraient être élaborées (diméthyldisulfure (DMDS), méthylmercaptan).

Concernant les endotoxines, la potentialisation des effets irritants des jus de fermentation par les endotoxines devrait faire l'objet d'études afin de lever les incertitudes qui apparaissent à la lecture des publications scientifiques actuelles.

Évaluation des risques biologiques et environnementaux

Le risque microbiologique lié à la biodégradation et les autres voies d'exposition pourraient faire l'objet d'une évaluation en propre afin de compléter l'évaluation des risques pour les populations. Toutefois la prévention de la dégradation devrait limiter également les autres types d'exposition non envisagés dans ces travaux.

Les risques pour l'environnement liés à la dégradation des algues vertes dans les milieux mériteraient d'être également étudiés.

Conclusions et recommandations de l'Agence

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du CES.

Ces conclusions et recommandations, issues des travaux d'expertise, viennent en complément des dispositions prévues par la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Il est rappelé que les sites traitant les algues vertes sont, en règle générale, des ICPE relevant du régime de la déclaration ou de l'autorisation, selon les quantités d'algues vertes traitées. Dans le cas du régime de l'autorisation, les exploitants de telles installations sont chargés de réaliser une étude d'impact sur l'environnement et la santé des populations avoisinantes. Il convient que chaque installation dispose d'une telle évaluation, conformément à la réglementation en vigueur.

Mots clés

Algue verte, sulfure d'hydrogène, composé du soufre, gaz, aérosol, air, évaluation risque, décomposition, putréfaction, fermentation.



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr