

Le Directeur général

Maisons-Alfort, le 15 juillet 2010

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

Relative aux recommandations de prévention des risques liés aux algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs

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).

Contexte

Chaque été depuis plus de 30 ans, les côtes françaises et en particulier bretonnes sont touchées par des « marées vertes ». Ces échouages massifs d'algues vertes sur les plages, au-delà de leur impact visuel spectaculaire pénalisant les activités touristiques, entraînent des dégagements importants de gaz lors de leur putréfaction, notamment de sulfure d'hydrogène (H₂S), qui peuvent être à l'origine de nuisances olfactives et de troubles sanitaires pour les promeneurs et les riverains des plages. Pour remédier à cette pollution, certaines plages font l'objet de ramassages exposant ainsi plus particulièrement les travailleurs à ces gaz.

Les causes de ces marées vertes sont un excès de nitrates apportés par les activités humaines et une configuration physique des baies favorisant la prolifération des algues.

Pour tenter d'endiguer ce phénomène, le gouvernement a élaboré un plan quinquennal de lutte contre les algues vertes en février 2010. L'objectif de ce plan est d'assurer une gestion irréprochable des 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 des flux de nitrates 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 menés en parallèle :

- 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 générées 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.

C'est dans le cadre de ce plan que l'Anses a été saisie le 23 février 2010 par les ministères chargés de l'écologie, du travail et de la santé afin :

1. 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 ;
2. de proposer des protocoles de métrologie et de dosimétrie pour les sites concernés par des échouages massifs d'algues ;
3. 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 ;
4. de formuler des recommandations spécifiques pour les travailleurs exposés lors de la collecte et du traitement des algues vertes ;
5. 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.

La saisine s'intègre au sein de nombreuses études et travaux déjà engagés, en particulier en Bretagne où des documents d'information destinés au public et des guides de recommandations de prévention adressés aux professionnels chargés du ramassage, du transport et du traitement des algues ont été élaborés et diffusés.

Présentation de la question traitée

Dans ce contexte d'urgence et afin d'apporter des éléments sur les risques sanitaires dès cette saison, la priorité a été accordée à la formulation de recommandations de prévention pour les travailleurs et le public. Ainsi, la présente note apporte les premières réponses aux questions 4 et 5 de la saisine.

Les données actuellement disponibles et le contexte d'urgence ont orienté les travaux vers les situations d'exposition aiguë, d'autant plus qu'il semble que la prévention des risques aigus dus à l'exposition au sulfure d'hydrogène soit pour le moment la préoccupation prioritaire.

Les réponses aux autres questions de la saisine, qui nécessitent l'acquisition de nouvelles données, seront apportées ultérieurement. Une meilleure connaissance des expositions professionnelles pourraient faire évoluer les recommandations déclinées dans la présente note.

Organisation de l'expertise

La procédure de traitement des saisines en situation d'urgence sanitaire a été déclenchée par l'Anses au vu du délai d'instruction. Dans ce cadre, le recours à un Comité d'experts spécialisés (CES) est facultatif et l'expertise repose sur un groupe de travail *ad hoc*. L'Anses a donc constitué le groupe de travail (GT) « Algues vertes » auquel elle a confié l'expertise. Les compétences recherchées étaient l'évaluation des risques sanitaires, la santé-travail, la santé-environnement, la métrologie, la toxicologie et la chimie. Le GT était composé de :

- M. Alain BAERT – Praticien hospitalier (Centre hospitalier universitaire de Rennes) – Compétences : toxicologie.
- Mme Isabelle LOPEZ – Praticien hospitalier (Centre hospitalier universitaire de Rennes) – Compétences : médecine du travail.
- M. Daniel PICART – Retraité (Enseignant chercheur à l'Université de Bretagne occidentale) – Compétences : chimie.
- M. Nicolas RISLER – Ingénieur en chef (Laboratoire central de la préfecture de police) – Compétences : métrologie des gaz, accidentologie.
- Mme Renée RUNIGO-MAGIS – Ingénieur sécurité (Assistance publique – hôpitaux de Paris) – Compétences : sécurité du travail.
- Mme Isabelle ZDANEVITCH – Ingénieur de recherches (Institut national de l'environnement industriel et des risques) – Compétences : physico-chimie, métrologie, gestion des déchets.

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) » avec pour objectif de respecter les points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

Cette expertise est ainsi issue d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

Les documents d'information et de recommandations élaborés en Bretagne ont été considérés comme la principale base de travail. Ils ont par ailleurs déjà été diffusés aux municipalités et aux employeurs et organismes de prévention intervenant dans la filière de traitement des algues.

Les éléments de la présente note se conçoivent comme un complément nécessaire à ces documents. Ils apportent des éclairages ponctuels sur les choix techniques à mettre en œuvre pour prévenir les principaux risques identifiés en l'état actuel des connaissances. Ils ne se substituent pas aux documents et réglementations existants qui demeurent applicables.

Rappels sur les algues vertes

Toutes les algues de couleur verte que l'on retrouve tout au long des côtes, et qui selon les années poussent plus ou moins abondamment, ne constituent pas une marée verte.

Deux espèces d'algues sont particulièrement impliquées :

- *Ulva armoricana* se rencontre essentiellement sur les côtes nord de la Bretagne,
- *Ulva rotundata* ne se retrouve qu'en Bretagne Sud.

D'autres espèces d'algues vertes comme *Cladophora laetiniens*, moins proliférantes, sont aussi présentes.

Les marées vertes sont la conséquence d'une accumulation d'algues vertes due à des flux d'azote importants, un estran étendu et plat et un confinement hydrodynamique des eaux côtières.

L'émission de H₂S est spécifiquement forte lors de la putréfaction de végétaux riches en sulfates, ce qui est le cas de toutes les Ulves très riches en sucres sulfatés (ulvanes), mais pas des algues rouges ou brunes dont la putréfaction dégage nettement moins d'H₂S. Fraîches, les algues sont peu émissives.

En général, la prolifération atteint son maximum à la mi-juillet mais selon les conditions environnementales (ensoleillement, pluviométrie ...) et de marée, une reprise de la croissance peut aussi être notée jusqu'à la mi-octobre.

Lorsque les coefficients de marées sont faibles, les ulves se déposant en sommet de plage ne sont pas reprises par les marées.

L'état de putréfaction avancée des algues est facilement identifiable visuellement. Exposée au soleil, la surface des amas d'algues sèche en formant une croûte blanchâtre. Sous cette croûte règne une forte obscurité interrompant la photosynthèse et créant des conditions de fermentation qui évoluent de l'aérobie vers l'anaérobie.



Figure 1 : Aspect des algues vertes fraîchement échouées, Côtes d'Armor (source : Ouest France)



Figure 2 : Croûte blanche en surface d'un dépôt d'algues en putréfaction (source : Air Breizh)

Les micro-organismes sulfato-réducteurs, très abondants en eau de mer, vont utiliser les sulfates présents dans les algues et le milieu marin comme source d'oxygène, ce qui entraîne la formation de sulfure d'hydrogène (H_2S). Un mécanisme parallèle aboutit à la formation d'ammoniac (NH_3) à partir des nitrates.

Les Ulves sont très avides de lumière, ce qui fait qu'en cas de faible ensoleillement, de turbidité des eaux ou d'auto-ombrage dû à la prolifération algale, leur croissance s'en trouve limitée.

Rappels sur le sulfure d'hydrogène (H_2S)

C'est un gaz très toxique, un peu plus lourd que l'air, ce qui explique le risque aggravé en milieu confiné. En atmosphère libre comme sur un littoral, on considère que le sulfure d'hydrogène se comporte comme l'air et cette propriété n'aggrave donc pas l'exposition.

Son odeur caractéristique d'œuf pourri se détecte dès 0,2 à 0,3 ppm (0,28 à 0,42 mg/m^3) ; elle est nette pour 20 à 30 ppm (28 à 42 mg/m^3), mais vers 100 ppm (140 mg/m^3) l'odorat est anesthésié.

C'est un irritant des voies respiratoires et un neurotoxique par asphyxie.

La voie de pénétration de l'hydrogène sulfuré est la voie pulmonaire. Le gaz passe dans le sang où il existe sous plusieurs formes.

Lipophile, il diffuse rapidement et facilement à l'intérieur des tissus. Le principal mécanisme d'action toxique est l'inhibition directe par liaison au fer de l'enzyme cytochrome oxydase aa3, enzyme clé du fonctionnement de la mitochondrie. Il en résulte un blocage de la chaîne de transport des électrons des mitochondries, une diminution de l'utilisation de l'oxygène donc un métabolisme anaérobie avec production d'acide lactique. Ce sont les tissus à forte demande en oxygène comme le cerveau ou le cœur qui sont surtout sensibles à cette interruption du métabolisme par l'hydrogène sulfuré.

En outre, le sulfure d'hydrogène gazeux provoque en premier lieu une irritation de la muqueuse oculaire, qui est due à la dissolution du gaz H_2S dans le milieu humide que constitue l'épithélium de surface, suivie de très près par une irritation des voies respiratoires.

Après métabolisme, l'élimination est urinaire (90 %) principalement sous forme de sulfate, de thiosulfate et sulfite.

La gravité de l'intoxication dépend plus de la concentration que de la durée d'exposition.

Il existe des formes sur-aiguës avec perte de connaissance immédiate, brutale décrite sous le nom de « coup de plomb des vidangeurs » ou « knock-down » avec arrêt cardiaque. Ces formes sont décrites pour des concentrations de l'ordre de 1 000 ppm (1 400 mg/m^3). Pour

mémoire, une telle concentration a été mesurée *in situ* par l'Ineris sur des tas d'algues vertes en décomposition sur la plage de Saint-Michel-en-Grève en 2009. A partir de 500 ppm (700 mg/m³), pour plusieurs minutes d'exposition, les signes neurologiques sont constants et peuvent comporter notamment un coma ; des troubles cardiovasculaires (hypotension, tachycardie, troubles du rythme cardiaque, ischémie du myocarde) surviennent également.

Dès 200 ppm (280 mg/m³), l'exposition prolongée, de plus de 10 minutes environ, s'accompagne de symptômes neurologiques tels que céphalées, vertiges, nystagmus, désorientation, troubles de la coordination, nausées, vomissements, asthénie intense.

Des concentrations modérées entre 50 et 200 ppm (70 à 280 mg/m³) s'accompagnent d'abord d'une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires : photophobie, conjonctivite, rhinite, enrouement, toux, douleur thoracique. Des expositions prolongées (plusieurs heures) à ces concentrations peuvent s'accompagner d'une lésion cornéenne (kératite) et d'un risque d'altération durable de la vision.

Cependant, en ce qui concerne les kératites (« gas eye » ou « spinners eye »), le lien avec l'exposition au seul gaz hydrogène sulfuré (moins de 100 ppm, soit 140 mg/m³) tend à être abandonné au profit de l'hypothèse d'une co-exposition avec plusieurs gaz irritants (industrie rayon-viscose).

On décrit classiquement, dans 4 à 16 % des cas, un œdème pulmonaire lésionnel de survenue retardée, dès 250 ppm (350 mg/m³).

Pour une concentration de 100 ppm (140 mg/m³) pendant 30 minutes, le travailleur peut sans risque d'effets irréversibles et sans altération de ses capacités de fuite se mettre en sécurité même en l'absence de protection respiratoire.

Pour de faibles niveaux d'exposition (10 ppm, soit 14 mg/m³), les effets neuropsychiques, cardiaques et sur la fonction respiratoire sont non décelables. Plusieurs auteurs ont étudié à cette concentration les effets lors d'exercices physiques (50 % de la VO₂max) : aucune anomalie n'est décelée.¹

Pour des expositions chroniques à des niveaux proches des valeurs limites établies pour les travailleurs, l'existence d'effets sur la santé est controversée. Des effets irritatifs des voies respiratoires, des troubles neuropsychiques sont parfois rapportés, mais les études disponibles ne permettent pas de tirer des conclusions définitives.

Du point de vue de la réglementation au travail, il existe des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) pour le sulfure d'hydrogène. Les VLEP sont des objectifs minimaux à ne pas dépasser sachant que l'exposition des travailleurs aux polluants de l'air doit être la plus faible possible. Ces VLEP sont des valeurs de concentration pour lesquelles il n'a pas été prévu d'atteinte organique ou fonctionnelle irréversible ou réversible mais prolongée chez les travailleurs exposés.

Moyenne pondérée sur 8 h		Court terme (15 min)	
ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
5	7	10	14

¹INRS, 2009, Sulfure d'hydrogène Fiches toxicologique, FT 32 ; INERIS, 2009 : Sulfure d'hydrogène. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques ; Lauwerys R., 2007, Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, Masson, 5^e éd., 1276 p.

Recommandations pour les promeneurs

Les côtes du littoral français sont inégalement touchées par le phénomène de marée verte et il est probable que toutes les plages touchées par les algues ne puissent faire l'objet de ramassage. Pour ces plages, des dispositions doivent être prises.

Recommandations

- ▶ La présence de dépôt d'algues sur les plages concernées doit être signalée par des panneaux d'information, avertissant ainsi les promeneurs d'un danger et les dissuadant de pénétrer ces zones dangereuses.
- ▶ En complément, un balisage permanent local des amas d'algues qui ne peuvent être ramassés doit être matérialisé. L'aire balisée inclut un périmètre de sécurité d'au moins 30 mètres (estimation sur la base des données disponibles).
- ▶ Les chantiers doivent être balisés pour tenir le public éloigné (se reporter à la partie sur les spécifications des moyens de protection et de sécurité pour la mise en œuvre du balisage).

Recommandations pour les travailleurs

1. Organisation globale de la filière de traitement des algues vertes

Le plan de lutte contre les algues vertes recommande que : « ... de manière à éviter les risques de fermentation et d'émissions de gaz toxiques, le ramassage des algues vertes doit être intensifié et l'épandage des algues fraîches (non stabilisées) doit être limité et strictement encadré. Des installations sécurisées de traitement devront être créées le plus rapidement possible ». Les étapes successives de la filière de traitement des algues doivent donc être organisées dans leur ensemble. A ce jour, il existe deux voies principales d'élimination des algues vertes : l'épandage et le traitement.

Des concentrations élevées d'hydrogène sulfuré (supérieures à 100, voire 500 ppm) ont été mesurées sur des dépôts d'algues vertes âgés de 5 jours par le CEVA (Centre d'études et de valorisation des algues). La prise en charge des algues devrait donc être réalisée dans un laps de temps plus court.

Recommandations

- ▶ **Les algues doivent être ramassées fraîches**, c'est-à-dire dans les 24 heures, voire dans les 36 heures succédant l'échouage, tant que le délai de 48 heures entre le ramassage et le traitement est respecté. Le ramassage d'algues fraîches est le seul à même de dispenser de contraintes lourdes de protection lors du ramassage.
- ▶ Le ramassage, le transport et la prise en charge des algues dans les centres de traitement doivent être effectués aussi rapidement que possible : il devrait s'écouler moins de 48 heures entre le ramassage et le début du traitement des algues. Les stockages intermédiaires sont à éviter autant que possible.
- ▶ Il est primordial d'assurer la traçabilité tout au long de la filière ramassage-transport-traitement. La date et l'heure du ramassage doivent être précisées et enregistrées pour chaque benne, en cas de stockage intermédiaire.

2. Obligations réglementaires générales

Les employeurs sont soumis à des obligations réglementaires destinées à protéger les travailleurs. Les règles de sécurité définies dans chaque régime professionnel restent applicables. Seules les obligations particulièrement pertinentes pour le cas des travailleurs participant à la filière de traitement des algues vertes sont rappelées dans le présent document. Dans un objectif de prévention, celles-ci sont intégrées dans les recommandations de l'Anses pour qu'elles s'appliquent uniformément aux acteurs de la filière, qu'ils soient une

administration, une entreprise agricole, une entreprise du régime général ou un travailleur indépendant.

Recommandations

- ▶ Dans toutes les situations potentiellement exposantes à des algues vertes en décomposition, toutes les mesures doivent être prises pour qu'aucun travailleur ne travaille isolément en un point où il ne pourrait être secouru à bref délai en cas d'accident². Ces mesures concernent les moyens d'alerte (dispositif technique, surveillance à distance notamment par un observateur placé hors de la zone dangereuse, ne pouvant intervenir qu'avec un équipement adapté) et les dispositions pour l'organisation des secours.
- ▶ Pour limiter les expositions à l'hydrogène sulfuré lors du ramassage d'algues vertes en décomposition, la direction du vent doit être indiquée sur les plages par une manche à air³.
- ▶ Tous les travailleurs doivent être préalablement informés sur les dangers liés à leurs activités, les risques qui leur sont associés, les mesures de prévention et de protection à mettre en œuvre et la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident.
- ▶ Les équipes de secours susceptibles d'intervenir en cas d'accident sont également formées et un plan d'intervention est établi.
- ▶ Pour toute opération confiée à une entreprise privée, dite extérieure, un « plan de prévention » est établi par écrit entre le donneur d'ordre et l'entreprise⁴.
- ▶ En cas d'interventions de plusieurs entreprises présentes sur un même lieu, le chef de l'entreprise utilisatrice (donneur d'ordre) assure la coordination générale des mesures de prévention des risques liés aux interférences entre les entreprises. Cette coordination peut être déléguée à un travailleur⁵.

3. Ramassage avec un engin

Le ramassage des algues avec les engins présente les avantages de pouvoir ramasser de grandes quantités à la fois, et de permettre d'isoler les travailleurs par rapport aux émissions de gaz toxiques dégagés par les algues en décomposition. Différents types d'engin sont utilisés pour le ramassage et la manutention des algues.

Recommandations

- ▶ Le ramassage et la manutention des algues doivent s'effectuer de préférence aux moyens d'engins à cabine fermée, climatisée et pourvue d'un système de filtration efficace pour le piégeage de l'H₂S. Ce dispositif est dûment entretenu et contrôlé conformément aux prescriptions du fournisseur.
- ▶ Quels que soient les types d'engins utilisés, les conducteurs doivent disposer d'un détecteur individuel de H₂S près de leurs voies respiratoires. Les conducteurs ne portent pas d'appareil de protection respiratoire en permanence. Lorsque le détecteur d'H₂S dépasse le niveau d'alarme de 10 ppm (soit 14 mg/m³), l'opérateur s'équipe d'un appareil de protection respiratoire de type masque complet à cartouche filtrante, disponible au poste de conduite. Il doit ensuite s'éloigner de la zone polluée avec son véhicule. L'opérateur ne peut reprendre son activité qu'après une aération de la cabine, le cas échéant, ou dans une zone jugée exempte de dépôts d'algues en putréfaction, et que si le détecteur indique que le niveau est descendu en dessous du niveau d'alarme. Toutefois, dans le cas de cabine fermée, climatisée et à air filtré, il est possible qu'une alerte du détecteur signifie une saturation des filtres ce qui demande donc leur remplacement dans les conditions prévues par le fournisseur.

² Art. R. 4512-13 du Code du travail

³ INRS, 2005, Risques d'intoxication présentés par l'hydrogène sulfuré, Recommandation R 420

⁴ Art. R. 4511-1 à R. 4514-10 du Code du travail

⁵ Art. R. 4511-9 du Code du travail

4. Ramassage sur les plages à pied

Dans les vasières ou les zones d'enrochement, inaccessibles aux équipements mécaniques, le ramassage des algues n'est possible que manuellement.

Recommandations

- ▶ Le port d'un détecteur de gaz tout au long des opérations de ramassage à pied est obligatoire⁶. Il est mis en marche à une distance d'au moins 30 mètres de la zone dangereuse.
- ▶ Dans le cas du ramassage d'algues vertes fraîches, l'opérateur peut ne pas porter d'appareil de protection respiratoire en permanence. Si le détecteur d'H₂S dépasse le niveau d'alarme de 10 ppm (soit 14 mg/m³), l'opérateur s'équipe d'un appareil de protection respiratoire de type masque complet à cartouche filtrante, disponible à la ceinture, et s'éloigne de la zone polluée. L'opérateur ne peut reprendre son activité que s'il est équipé dans les conditions prévues pour le ramassage d'algues en décomposition, décrites ci-après.
- ▶ Dans le cas du ramassage d'algues présentant une croûte blanchâtre, les travailleurs à pied sont susceptibles d'être fortement exposés au H₂S, notamment au moment de la rupture des croûtes avec leurs outils. Ainsi, avant de ramasser de tels tas d'algues, il est obligatoire de porter un appareil respiratoire isolant autonome. Lorsque cela est possible, ces situations doivent être évitées.

5. Stockage

Les algues, une fois ramassées, sont généralement déposées dans des bennes qui sont acheminées par camion, dans un délai variable, vers les centres de traitement. Les bennes peuvent être stockées provisoirement en haut de plage, sur des durées plus ou moins longues. Les étapes de stockage d'algues accroissent les risques liés aux algues vertes en décomposition.

Recommandations

- ▶ Le stockage est à éviter.
- ▶ Si toutefois le stockage est inévitable, il doit être réalisé dans une benne ouverte et non fermée afin d'empêcher l'accumulation de gaz qui entrainerait une émission brutale d'H₂S au moment de l'ouverture.
- ▶ La traçabilité du stockage est impérative. La date et l'heure du ramassage doivent être enregistrées pour chacune des bennes, et l'information disponible jusqu'à l'arrivée et la prise en charge des bennes sur les plateformes de traitement (un dispositif électronique, de type puce ou code-barres, pourrait être envisagé sur les bennes).

6. Transport – dépotage

Les opérations critiques lors du transport sont le chargement et surtout le dépotage. Les précautions suivantes doivent être prises.

Recommandations

- ▶ Pour les opérations de chargement et de déchargement, les mesures de sécurité sont consignées par écrit dans un document de type « protocole de sécurité »⁷

⁶ Art. R 4321-4 du Code du travail

⁷ Sont portés dans ce document, les éléments figurant dans l'arrêté du 26 avril 1996 (arts. R.4515-1 à R. 4515-11 du Code du travail) applicables aux opérations de chargement et de déchargement effectuées par une entreprise extérieure.

- ▶ Par ailleurs, les opérateurs chargés du chargement et du déchargement des algues doivent maîtriser les principes de la signalisation gestuelle applicables aux manœuvres avec les engins⁸.
- ▶ Lors du dépotage, le personnel opérant à moins de 30 mètres de la benne et du tas d'algues déchargé doit porter un détecteur d'H₂S à réponse rapide. Un masque complet à cartouche filtrante est également mis à leur disposition.
- ▶ Les algues une fois déchargées doivent être prises en charge aussi rapidement que possible et intimement mélangées au structurant afin de réduire le potentiel de formation d'H₂S.

7. Epannage

La procédure en cours de formalisation dans la région de Lannion consiste à épandre les algues sur les champs dans un délai de 24 heures après le ramassage, et à les enfouir dans un délai de 48 heures. Ces délais devraient permettre de limiter les impacts olfactifs provenant de la décomposition des algues.

Recommandations

- ▶ Il est recommandé d'éviter les stockages d'algues « en bout de champ ».

8. Traitement

Il faut distinguer plusieurs procédés, qui peuvent être réalisés successivement :

- la stabilisation qui vise à conserver les algues en vue du traitement ultérieur, afin de lisser les quantités traitées dans le temps par les plateformes ;
- le séchage qui vise à diminuer la quantité d'eau présente dans les algues, permettant ainsi de diminuer le volume (donc le poids) d'algues transportées et manipulées, et à limiter les phénomènes de biodégradation qui nécessitent un milieu humide ;
- le traitement par compostage, qui dégrade en présence d'air, les matières organiques de déchets fermentescibles, éliminant les agents pathogènes, diminuant la masse par évaporation et l'émission de CO₂, et transformant les matières organiques en humus. Ce produit peut alors être utilisé en amendement organique des sols.

Recommandations

- ▶ Il est de la responsabilité de l'exploitant d'un centre de traitement de se conformer à la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Spécifications des moyens de protection et de sécurité contre les expositions au H₂S

Ils visent en priorité à protéger les personnes contre le risque toxique aigu du sulfure d'hydrogène.

1. Signalisation des zones à risque

La signalisation des zones dangereuses est un principe fondamental pour la protection des personnes potentiellement exposées à un danger.

⁸ Directive 92/58/CEE du Conseil, du 24 juin 1992, concernant les prescriptions minimales pour la signalisation de sécurité et/ou de santé au travail

Recommandations

- ▶ Lorsque des opérations de ramassage sont en cours, des panneaux doivent être implantés aux abords des zones dangereuses afin d'en interdire l'accès. Pour cela, ils doivent être de forme ronde, ceinturé d'une bande rouge et comporter un pictogramme noir sur fond blanc simple à comprendre⁹. Par exemple :



ou



- ▶ Lorsque que l'étendue des zones dangereuses le permet, un balisage doit être mis en place. Les types de balisage autorisés sont les suivants⁹ :



ou



- ▶ Seuls les opérateurs chargés du ramassage et du transport des algues sont habilités à pénétrer dans les aires ainsi délimitées. L'accès à la zone dangereuse est conditionné par le port d'un détecteur de gaz et des équipements de protection individuelle.



Port du masque



Port de gant



Port de vêtements de protection

2. Détecteurs de gaz

Un détecteur de gaz est un appareil qui fournit en temps réel une indication de la concentration d'un gaz en un point donné de l'atmosphère d'un local ou d'une zone. Il existe des appareils multifonctions qui peuvent comporter à la fois des fonctions de détecteur de gaz toxiques, d'explosimètre et de détecteur de niveau d'oxygène.

Les principaux paramètres à prendre en compte dans le choix des appareils et les recommandations de l'Anses sont présentés dans le tableau suivant. De manière générale, il convient de se reporter aux recommandations de mise en marche, d'étalonnage et d'entretien des fabricants.

Paramètre	Recommandations
Concentration ou signal d'alerte : Certains appareils peuvent ne fournir qu'un signal de dépassement de seuil pour la concentration de ce gaz dans l'air.	▶ Les appareils doivent fournir une indication chiffrée en plus d'un signal, les autres sont à proscrire.

⁹ Arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail, JO du 17 décembre 1993

Paramètre	Recommandations
<p>Gaz mesurés : Les appareils peuvent être monogaz ou multigaz.</p>	<p>► Le risque aigu principal concerne le H₂S. L'utilisation systématique d'un détecteur monogaz d'H₂S, en l'état actuel des connaissances sur les niveaux d'exposition aux autres gaz, devrait suffire pour assurer la sécurité des personnels dans de bonnes conditions.</p>
<p>Gamme de concentrations</p>	<p>► La gamme de concentrations pour le H₂S doit se situer entre 0 et 100 ppm.</p>
<p>Spectre des substances présentes : Les mesures de H₂S pourraient subir des interférences par la présence d'ammoniac et de diméthylsulfure qui sont également émis par les algues vertes en putréfaction.</p>	<p>► Il faut vérifier les interférences indiquées par les fabricants des appareils pour apprécier la surestimation ou la sous-estimation qu'elles entraînent.</p>
<p>Temps de réponse : La durée de déclenchement des alarmes correspond à l'intervalle entre le moment où le détecteur est soumis à une variation de concentration et le moment où les alarmes sont effectives. Les temps de réponse des capteurs sont très variables d'un appareil à l'autre, de 20 secondes à plus d'une minute¹⁰.</p>	<p>► Le scénario d'exposition le plus préoccupant est le pic de dégagement de H₂S au moment où le tas d'algues est remué. Il est donc nécessaire d'avoir des temps de réaction courts, de l'ordre de 20 secondes.</p>
<p>Praticité d'utilisation : Les détecteurs peuvent être portables ou à poste fixe. Généralement, l'encombrement et le poids de l'appareil augmentent avec le nombre de substances que mesure l'appareil.</p>	<p>► Les détecteurs monogaz sont petits et légers et peuvent être portés sur le col ou la poche de poitrine, les détecteurs multigaz, plus lourds, seront portés à la ceinture.</p>
<p>Entretien : L'entretien consiste à vérifier que l'appareil est fonctionnel et, si ce n'est pas le cas, à les remettre en état.</p>	<p>► Se conformer aux prescriptions du fabricant. En tenant compte de l'étude de l'INERIS, une vérification des détecteurs est nécessaire à réception. Par la suite, pour une utilisation normale (8 heures par jour), une vérification périodique, au moins mensuelle, est recommandée. De plus, le bon fonctionnement d'un détecteur doit être vérifié ponctuellement s'il s'est déclenché plusieurs fois, après une utilisation sur des périodes longues (moins d'un mois), ou s'il a été exposé à l'H₂S pendant des durées longues (plusieurs heures par jour sur plusieurs jours).</p>

¹⁰ Rapport Ineris INERIS-DRC-10-113094-05297A

Paramètre	Recommandations
<p>Mémoire : La mémoire des appareils permet de stocker les données sur une période de fonctionnement pouvant dépasser la journée, d'effectuer des moyennes et des comparaisons de ces moyennes avec les valeurs limites d'exposition professionnelle.</p> <p>Les appareils à mémoire sont utiles pour évaluer les expositions réelles des travailleurs sur la durée des postes de travail.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Il est recommandé d'utiliser des détecteurs individuels à mémoire permettant le suivi des expositions professionnelles au sulfure d'hydrogène.

Recommandations

- ▶ En application des principes généraux de prévention, lorsque le risque d'exposition à l'H₂S n'a pu être évité (1^{er} principe), le risque doit être évalué (2^{ème} principe). Concernant les expositions au H₂S, il est recommandé d'évaluer le risque en mettant un détecteur approprié à la disposition des travailleurs (selon les caractéristiques énoncées ci-dessus).
- ▶ Les travailleurs doivent être formés à l'utilisation des détecteurs de gaz.
- ▶ Chaque entreprise doit avoir accès à une installation permettant de vérifier le bon fonctionnement des détecteurs, et en particulier la vérification de réponse à l'H₂S (présence d'une bouteille de mélange d'H₂S dans les ateliers de maintenance, avec une personne formée à l'utilisation de ce dispositif, ou accès à un organisme qualifié proche du terrain ; le retour des appareils au fabricant ou au revendeur pour vérification peut être une solution alternative).

3. Appareils de protection respiratoire

Les équipements de protection individuels (EPI) sont définis par l'article R. 4311-08 du code du travail. Ce sont des « dispositifs ou moyens portés par une personne en vue de la protéger contre les risques susceptibles de menacer sa santé et sa sécurité ». La mise en œuvre, le choix et l'utilisation des EPI doivent être faits en suivant une démarche de prévention (de la responsabilité du chef d'établissement). Ces EPI doivent être appropriés aux risques à prévenir et aux conditions de travail. Le code du travail consacre plusieurs sous sections à la prévention du risque chimique et des arrêtés, des circulaires et des recommandations en précisent les moyens.



- Masque complet à cartouche filtrante

Dans le cas des expositions à l'hydrogène sulfuré au cours du ramassage, du transport et du traitement des algues vertes, la protection respiratoire appropriée est un masque complet muni d'une cartouche filtrante¹¹.

Source : INRS

Recommandations

- ▶ Le type de filtre adapté aux situations rencontrées avec les algues vertes est A2B2E2K2 P3.
- ▶ Le masque complet est préconisé. Les cagoules en surpression (dotées d'une ventilation filtrée avec moteur) sont également efficaces, avec le même type de cartouches filtrantes.

¹¹ INRS, 2003, Les appareils de protection respiratoire, choix et utilisation, ED 780

- ▶ Les filtres doivent être conformes aux normes NF EN 143 (filtres à particules) et NF EN 14387 (filtres anti-gaz et filtres combinés).
- ▶ Les conditions de stockage et les dates de péremption des stocks de filtres sont vérifiées au moins annuellement¹².
- ▶ Les personnels doivent recevoir une information sur les conditions d'utilisation de ces appareils et être formés à leur utilisation (selon le type d'appareil de protection respiratoire : conditions d'utilisation, mise en place, contrôle du débit de fuite et influence du port de la barbe, etc.)¹³.
- ▶ Entre deux utilisations, l'appareil et le filtre sont conservés dans une enveloppe étanche à l'air.



Source : INRS

▪ Appareils respiratoires isolants autonomes

Les opérations de ramassage manuel d'algues vertes en décomposition nécessitent le port d'un appareil respiratoire isolant autonome. Ils sont constitués d'un masque complet et d'un dispositif d'apport d'air ou d'oxygène indépendant de l'atmosphère ambiant. Ces équipements ne nécessitent pas de cartouche filtrante. L'air respirable fourni doit être conforme à la norme NF EN 12021, et être aussi pur que possible. Des filtres peuvent être nécessaires pour maintenir la teneur en brouillard d'huile dans l'air apporté inférieure à 0,5 mg/m³. Le débit d'alimentation en air comprimé ne doit pas être inférieur à 120 L/min. Dans le cas d'un travail physique soutenu, ce débit peut être supérieur à 200 L/min. La pression de l'air comprimé doit rester inférieure à 10 bars.

L'appareil respiratoire isolant autonome peut être à circuit ouvert, lorsque l'air expiré est rejeté dans l'atmosphère, ou à circuit fermé, si l'air expiré est recyclé et réutilisé par l'appareil¹⁴.

Ces équipements sont efficaces dans des ambiances polluées par des substances à des concentrations supérieures à 2 000 fois les valeurs limites, soit 28 000 mg/m³ d'H₂S.

Recommandations

- ▶ Les conditions de travail avec ces équipements étant particulièrement pénibles, le recours à ces équipements doit être évité.
- ▶ Du fait d'un apport d'oxygène autonome, la formation et l'entraînement à l'utilisation ainsi que la vérification de cet équipement est extrêmement importante pour ne pas générer de nouveaux risques.
- ▶ Le cas échéant, l'employeur détermine la durée du poste de travail et les conditions dans lesquelles ces équipements sont mis à disposition et utilisés, en tenant compte des efforts physiques exigés par les tâches à effectuer et de la pénibilité du port de l'équipement.
- ▶ Ces appareils sont soumis à une obligation de vérification du maintien en bon état de conformité avant chaque utilisation et une vérification au moins annuelle¹².
- ▶ Ces équipements sont entretenus conformément aux recommandations du constructeur.
- ▶ Dans les cas où la mise œuvre de cet équipement s'avère nécessaire, le médecin du travail ou de prévention et tient compte de l'aptitude médicale de chaque travailleur au port de cet équipement.

4. Equipement de protection oculaire

¹² Arrêté du 19 mars 1993 fixant la liste des équipements de protection individuelle qui doivent faire l'objet des vérifications générales périodiques prévues à l'article R. 233-42-2 du code du travail, JO du 28 mars 1993

¹³ Articles R 4323-104 à R 4323-106 du Code du travail

¹⁴ INRS, 2002, Les appareils de protection respiratoire, choix et utilisation, ED 780

L'irritation oculaire suite à une exposition au gaz H₂S est rapportée dès 50 ppm (70 mg/m³). Le port de protection oculaire permet de se protéger de cet effet. Le masque complet à cartouche filtrante et l'appareil respiratoire isolant autonome protégeant également les yeux, le port spécifique d'un équipement de protection oculaire ne concerne que les phases de travail sans port d'appareil de protection respiratoire.

Le choix des lunettes doit prendre en compte le port de lunettes correctrices par l'opérateur (selon la norme EN 166).

Recommandations

- ▶ Lors des phases de travail où le port d'un appareil de protection respiratoire n'est pas nécessaire, les opérateurs doivent s'équiper de protection oculaire.
- ▶ Seules des lunettes de sécurité étanches constituent une barrière entre l'H₂S gazeux et les muqueuses oculaires.

Protection contre les expositions par contact avec le jus de fermentation

Des indications sont données ici quant au choix d'équipements de protection évitant le contact des mains et des yeux avec un mélange d'eau de mer, de particules et de composés qui pourraient résulter de la dégradation des algues vertes.

1. Equipements de protection du contact cutané

Il ne semble pas exister d'étude du mélange entre l'eau de mer, ses particules et les composés qui pourraient résulter de la dégradation des algues. Il est possible que des substances présentes dans les jus de fermentation puissent présenter des risques d'irritation en cas de contact cutané. Lors de la manipulation des algues, ce phénomène peut être accentué par le caractère abrasif des particules en suspension et l'utilisation d'outils notamment, susceptibles de léser la peau.

Ces opérations nécessitent donc une protection contre les risques chimiques et mécaniques.

- La tenue de travail

Des tenues adaptées pour le risque chimique et des bottes doivent être utilisés par les opérateurs à pied pour éviter les contacts avec la peau. Il doit également être tenu compte de l'inconfort apporté par le port d'une combinaison étanche qui en cas d'effort physique provoque irrémédiablement une augmentation de température corporelle et une perte d'eau.

- Le port de gants

En l'état actuel des connaissances, les gants doivent être de catégorie II « risques intermédiaires » tant pour le risque mécanique que pour le risque chimique.

Recommandations

- ▶ Le port de gants est obligatoire dans toutes situations où l'opérateur peut être en contact avec des algues en décomposition.
- ▶ Les gants doivent être étanches à l'eau et garantir une protection contre les produits chimiques (selon la norme EN 374).
- ▶ Ils doivent assurer une résistance mécanique en offrant, en particulier, une résistance à la coupure et à la déchirure (selon la norme EN 388).



- ▶ Les gants adaptés à ces expositions sont en nitrile ou en PVC.

2. Equipement de protection oculaire

Lors de la manipulation d'algues fraîches, la protection des yeux et du visage reste nécessaire contre les projections de jus de fermentation.

Recommandations

- ▶ Lors des phases de travail où le risque lié à l' H_2S est écarté, les opérateurs doivent s'équiper d'un écran facial.

Fait en cinq exemplaires,

Le Directeur général

Marc MORTUREUX