

RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRC-10-113094-05297A -

11/06/2010

ALGUES VERTES

**Description des phénomènes et procédés et
enjeux de maîtrise des risques**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

ALGUES VERTES

Description des phénomènes et procédés et enjeux de maîtrise des risques

Verneuil-en-Halatte, Oise

Client : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Isabelle ZDANEVITCH, Karine ADAM, Anne-Sophie CLINCKE

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

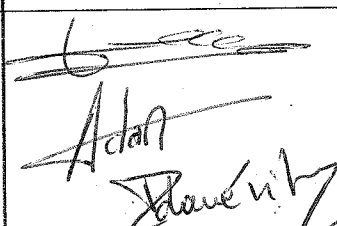
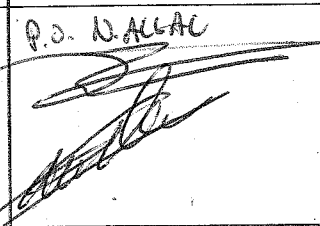
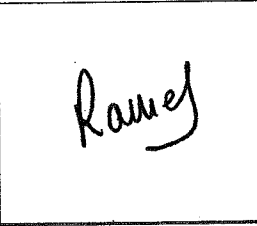
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Isabelle ZDANEVITCH, Karine ADAM, Anne-Sophie CLINCKE	Benoit HAZEBROUCK, Rodolphe GAUCHER, Marc DURIF	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieurs à la Direction des Risques Chroniques, pôles RISK et CARA	Responsables d'unité aux pôles RISK et CARA	Déléguée appui à l'administration de la Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	5
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES PHOTOS.....	7
RESUME.....	9
SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS	10
1. INTRODUCTION	15
2. ETAT DES LIEUX.....	16
2.1 Description des algues vertes	16
2.2 Évaluation des quantités d'algues vertes sur le littoral breton.....	20
2.3 Conclusion de l'état des lieux.....	24
3. LA FILIERE DE RAMASSAGE/TRAIEMENT DES ALGUES VERTES : DESCRIPTION DES OPERATIONS.....	26
3.1 Ramassage	26
3.2 Stockage	31
3.3 Transport – dépotage	31
3.4 Traitement – élimination	32
3.5 Conclusions.....	36
4. ELEMENTS DE GESTION POUR LIMITER LES RISQUES POUR LES TRAVAILLEURS	37
4.1 Gestion du ramassage, du transport et du traitement	37
4.2 détection et relevés d'incidents	42
5. REMARQUES SUR DIFFERENTS MODES DE TRAITEMENT DES ALGUES VERTES / AMELIORATION DES CONNAISSANCES	45
5.1 Remarques sur les projets de méthanisation	45
5.2 Optimisation du compostage	46
5.3 Amélioration des connaissances : essai exploratoire en pilote anaérobie...	46
5.4 Conclusions.....	46
6. PROPOSITIONS DE CAMPAGNES DE MESURES.....	47
6.1 Caractéristiques de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniac	47
6.2 Méthodologie de mesures	49

6.3 Proposition de campagnes de mesures	53
7. CONCLUSIONS.....	63
8. REFERENCES.....	69
9. LISTE DES ANNEXES	71

GLOSSAIRE

AFSSET :	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
AIR BREIZH :	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) en Bretagne
CEMAGREF :	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
CEVA :	Centre d'Études et de Valorisation des Algues
CH ₄ :	Méthane
CO :	Monoxyde de carbone
CO ₂ :	Dioxyde de carbone (gaz carbonique)
COV :	Composés Organiques Volatils
COV _T :	Composés Organiques Volatils Totaux
DREAL :	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DMPT :	Dimethylsulfoniopropionate
DMS :	DiMéthylSulfure
DMDS :	Diméthyldisulfure
H ₂ S :	Hydrogène sulfuré (sulfure d'hydrogène)
MEEDDM :	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer
MS :	Matières Sèches
NH ₃ :	Ammoniac
N ₂ O :	Protoxyde d'azote
SDAGE :	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SMETTRAL 22 :	Syndicat Mixte d'Études, de Tri et de Traitement des déchets ménagers sur la zone centRALE des Côtes d'Armor
SO ₂ :	dioxyde de soufre
VLE (ou VLCT) :	Valeur limite court terme
VME :	Valeur limite de moyenne d'exposition

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition des algues vertes fraîches résultats obtenus à partir d'analyse sur 10 échantillons.....	18
Tableau 2 : Comportement des algues vertes placées en tas durant 14 mois	19
Tableau 3 : Répartition des sites sur sable par classe de taille maximum atteinte en 2006	22
Tableau 4 : Valeurs réglementaires, concentrations ubiquitaires et mesurées à l'émission et dans l'environnement pour l'H ₂ S et le NH ₃	48
Tableau 5 : Mesures réalisées par Air Breizh	50
Tableau 6 : Mesures réalisées par le CEVA / CEMAGREF / AIR BREIZH.....	51
Tableau 7 : Mesures réalisées par l'INERIS	52
Tableau 8 : Synthèse des campagnes de mesures pouvant être réalisées.....	61

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Ulva armoricana	17
Photo 2 : Ramassage à la tractopelle.....	27
Photo 4 : Ramassage sur le territoire d'Hillion : fourche + benne ouverte (2008)	28
Photo 5 : Ramassage mécanique à Hillion (août 2009)	28
Photo 6 : Détail de la grille	29
Photo 7 : Ramassage manuel à Hillion (août 2009)	29
Photo 8 : St Michel en Grève — 20 août 2009.....	31
Photo 9 : Ramassage à St Michel en Grève : chargeurs télescopiques + bennes agricoles de 24 tonnes.....	32
Photo 10 : Épandage.....	33

RESUME

Cette étude a pour objectif la formulation de premières recommandations pour limiter les risques sur l'ensemble de la filière de ramassage, transport et traitement des algues vertes. Elle a été réalisée à la demande du Ministère en charge de l'Écologie dans le cadre des travaux d'appui technique de l'INERIS à la DGPR.

Ce rapport dresse l'**état des lieux** des connaissances sur les paramètres influents sur le développement et la prolifération des algues vertes, sur le gisement d'algues, les quantités ramassées et la variabilité géographique et temporelle des tonnages en fonction des spécificités des baies touchées.

Il présente l'**analyse des opérations de ramassage, de stockage, de transport, de dépotage et de traitement des algues vertes** qui a été conduite sous l'angle de la maîtrise des risques.

A partir de ces éléments, l'INERIS a établi des recommandations relatives à la maîtrise des risques liés aux émissions gazeuses sur l'ensemble de la filière ramassage, transport et traitement des algues vertes. Ces recommandations portent sur la démarche d'évaluation des risques, la connaissance des émissions, la prévention des expositions et l'amélioration des bonnes pratiques de valorisation des algues.

Les recommandations sont regroupées en tête de rapport dans le chapitre intitulé « synthèse des recommandations ».

SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS

Cette étude a été réalisée à la demande du Ministère en charge de l'Écologie dans le cadre des travaux d'appui technique de l'INERIS à la DGPR. Elle a pour objectif la formulation de premières recommandations pour limiter les risques sur l'ensemble de la filière de ramassage, transport et traitement des algues vertes. Les travaux comportent également un volet sur les campagnes de mesures susceptibles d'être réalisées dès 2010, en vue d'améliorer les connaissances sur les émissions gazeuses liées aux différentes étapes de la filière « algues vertes ».

Les conclusions de ce document sont issues :

- d'un travail de synthèse des études et recommandations préconisées tant au niveau local que par la Mission Interministérielle,
- de l'analyse des informations obtenues par les différents contacts pris sur ce dossier (cf. annexe 1),
- du retour d'expérience de l'INERIS sur l'analyse des risques mais également l'impact spécifique des composés soufrés et l'H₂S en particulier. L'INERIS intervient depuis plus de dix ans sur des sites industriels émetteurs d'H₂S et développe et teste de nouvelles méthodes de mesures en vue d'une meilleure appréhension des risques associés (odeur, santé).

Ce document s'inscrit dans la complémentarité des travaux réalisés dans le cadre de la saisine AFSSET de février 2010 et en particulier de la note concernant les recommandations de prévention des risques pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Les prescriptions aux travailleurs ne sont pas directement abordées dans ce document car couvertes par le contexte réglementaire spécifique et par les préconisations générales de l'INRS. Quelques éléments techniques complémentaires, issus du retour spécifique d'expériences de l'INERIS sont proposés ici.

D'une manière générale, afin de limiter les risques d'exposition aux gaz toxiques dégagés lors de la décomposition des algues, il est primordial d'assurer la traçabilité des algues tout au long de la filière ramassage-transport-traitement, et de limiter au maximum leur durée de stockage lors des différentes étapes.

Compte tenu des risques (émanations gazeuses potentielles, blessures par glissades,...), les sites d'**échouage** d'algues doivent être signalés au public. Cette identification peut être réalisée par exemple sous forme d'une signalétique (panneaux d'affichage) aux différentes entrées potentielles et/ou sous forme d'une documentation distribuée/disponible dans les syndicats d'initiative / offices de tourisme. Notons qu'une information est déjà en place pour les plages concernées. Par contre, les nombreux sites de dimensions plus réduites ou d'accès plus difficile n'ont pas été ciblés.

Une vigilance accrue serait conseillée aux parents vis-à-vis des enfants jouant dans les rochers ainsi qu'aux pêcheurs à pied, les algues n'étant pas forcément visibles car recouvertes de sables par les marées successives.

Le **ramassage** est réalisé « à vue » et mérite donc d'être géré par des équipes de proximité avec une bonne connaissance de la spécificité des zones littorales à surveiller. En fonction des secteurs, les quantités d'algues à ramasser peuvent être variables d'une journée à l'autre. En vue d'absorber ces quantités variables à traiter/valoriser au cours du temps, une organisation intercommunale pourrait être intéressante. Une coordination étroite est nécessaire avec les responsables des plateformes de traitement en vue de déterminer les quantités d'algues pouvant être admises et traitées dans de bonnes conditions (protection du personnel assurée, limitation des impacts, présence suffisante de structurants,...).

Rappelons que l'ensemble des **équipements de protection individuels ou collectifs** implique :

- la formation du personnel pour garantir leur utilisation correcte,
- dans certains cas, une habilitation,
- dans tous les cas, une maintenance et une vérification et,
- la gestion d'un stock suffisant afin d'assurer une disponibilité permanente de matériels fiables et en état de marche.

Les quantités d'algues non ramassées ne sont pas recensées. Pourtant cette information s'avère pertinente localement en vue d'une meilleure prévention des risques. Ces algues vertes non ramassées sont généralement présentes dans des secteurs difficiles d'accès ou à faibles enjeux touristiques : criques, vasières ou zones rocheuses par exemple. Ces sites posent des difficultés en termes d'identification.

Afin d'engager une démarche de maîtrise des risques, les communes (ou responsables des activités de ramassage) pourraient :

- lister exhaustivement les sites d'échouages d'algues vertes sur leur territoire ;
- déterminer les critères de choix *a priori* quant au ramassage ou non des algues échouées pour chaque typologie de site (impact touristique, accessibilité, existence de matériel et de moyens d'intervention adaptés, quantités d'algues échouées,...).

Cette identification formalisée des sites doit permettre de définir les mesures à mettre en œuvre dans toutes les situations.

Pour les sites pour lesquels les algues vertes ne seront *a priori* pas ramassées les mesures d'informations destinées aux promeneurs / touristes, voire de limitation d'accès au site, doivent être définies..

Pour les sites pour lesquels le ramassage est *a priori* prévu, deux situations peuvent se présenter :

- les algues sont « fraîches » et peuvent être ramassées, transportées et traitées dans un délai suffisamment court,
- les algues semblent « fraîches » mais les détecteurs de protection du personnel se déclenchent ou les algues ne sont pas « fraîches » (dépôts supérieurs à 24-36 heures- se référer à la note AFSSET de 2010).

Dans le second cas, la définition et l'identification de dispositions conservatoires ou d'interventions doivent être établies a priori. Elles seront basées sur différents critères, comme par exemple, la pression touristique sur le site concerné, la disponibilité de moyens de protection adaptés garantissant la sécurité du personnel sur l'ensemble de la chaîne (du ramassage au centre de traitement), l'accessibilité du site concerné, la possibilité de la prise en charge en toute sécurité des algues par un centre de traitement,.... L'analyse de la situation peut conduire à la décision de non ramassage des algues vertes. Ce deuxième cas concerne également les sites pour lesquels il est prévu de ramasser les algues fraîches, dans le cas où les dispositions prévues ne peuvent être mises en œuvre normalement.

Cette démarche d'évaluation des risques mérite d'être initiée rapidement et de manière à permettre aux communes de prévoir et d'adapter les moyens d'informations, de prévention et de protection aux spécificités des zones littorales qui la concerne. L'analyse des risques est réalisée pour chaque site de configuration différente. Sa formalisation permettra par ailleurs son évolution périodique à la lumière du retour d'expérience et des échanges sur les bonnes pratiques par les différents acteurs. Elle pourra servir de base également pour l'identification des besoins, la sensibilisation et la formation du personnel concerné.

La traçabilité du stockage est impérative (de la même façon que pour le transport.). Une signalisation du danger doit être visible et le **stockage temporaire** doit se faire à l'écart des zones accessibles aux promeneurs.

Le **transport** doit être mis en œuvre rapidement, dès que les bennes sont remplies, de façon à éviter le stockage provisoire autant que faire se peut, et à assurer une prise en charge rapide des algues par les installations de traitement. Le type de benne utilisée dépendra du trajet suivi : pour des transports sur des distances courtes des bennes agricoles peuvent convenir, mais pour des trajets plus longs avec passages par des routes à 4 voies par exemple, des remorques de camions seraient plus adaptées. Celles-ci peuvent être équipées de systèmes d'ouverture automatique déportés, ce qui limite le risque d'exposition à des bouffées d'H₂S lors du dépotage.

Pour pouvoir accepter les algues, les exploitants des centres de traitement ont besoin d'informations sur leur qualité : au minimum la date et l'heure de ramassage des algues pour chaque benne. Ultérieurement (en 2011), un dispositif électronique, de type puce ou code-barres, pourrait être envisagé sur les bennes.

En parallèle, le traitement des eaux issues du nettoyage des bennes mérite d'être prévu et adapté.

Lors du **dépotage**, le personnel doit être protégé par des moyens adaptés. Lorsque les algues sont « âgées », les limitations d'accès à la zone de dépotage doivent être définies. L'idéal dans cette situation, serait le dépotage en zone confinée avec extraction et traitement de l'air vicié mais peu de sites sont dans cette configuration aujourd'hui.

A leur arrivée sur les **centres de compostage**, les algues doivent être prises en charge aussi rapidement que possible, intimement mélangées au structurant (broyat de déchets verts, paille...). L'exploitant devra toujours disposer de la quantité de structurant nécessaire pour traiter les algues au fur et à mesure de leurs apports, y compris en cas d'échouage massif. Les andains ainsi créés ne dépasseront pas 3 mètres de hauteur (arrêté compostage de 2008), idéalement de hauteur inférieure à déterminer en fonction la géométrie des engins servant au retournement. La hauteur limitée permet des retournements plus faciles, et réduit le potentiel de formation d'H₂S. La formation d'H₂S est également limitée par une bonne aération des matières en fermentation. L'aération peut être réalisée soit de façon forcée ou par retournement (chargeur, retourneur d'andain). Le retourneur d'andain, quoique plus onéreux est préférable car il permet de bien homogénéiser et aérer les matières lors du retournement, et de le faire plus rapidement, ce qui permet d'envisager deux retournements par semaine. Un retournement hebdomadaire au minimum est imposé par le projet d'arrêté de la DREAL, mais deux retournements par semaine, même s'ils sont sources d'odeurs (au moins sur le compost de moins de deux semaines), permettent de limiter davantage l'établissement de conditions anaérobies au sein des andains (sources d'émission d'H₂S et de méthane).

En cas d'**épandage**, les stockages d'algues « en bout de champ » ne faisant pas partie des bonnes pratiques, les algues fraîches doivent être épandues sur le sol dans les 24 heures suivant leur ramassage, et enfouies au maximum dans les 24 heures suivantes. En cas d'épandage d'algues « non fraîches », des dispositions conservatoires ou d'intervention doivent être définies. Dans ce dernier cas, des moyens adaptés de protection du personnel doivent être prévus et disponibles.

La mise en place d'un **journal d'incidents** lors de la collecte et du traitement des algues vertes a été proposée par le groupe de travail des services de prévention de Bretagne (cf. « guide des bonnes pratiques »). Ce document mériterait d'être utilisé, bien sûr par les responsables des activités de ramassage, transport et traitement, mais également par les médecins du travail pour assurer le suivi médical des travailleurs. Ils devront s'assurer que le journal d'incidents est régulièrement et correctement rempli dans l'objectif de recensement des scénarii d'expositions, de la fréquence d'exposition, du suivi des actions correctives (contrôle détecteurs, moyens de protection supplémentaires mis en œuvre) entre autres.

L'ensemble des journaux d'incidents pourrait être centralisé et les informations contenues échangées par les différents acteurs en fin de saison afin d'évaluer la pertinence et la suffisance des moyens de prévention/ protection mis en œuvre sur la saison 2010.

Ces échanges et cette centralisation permettraient également :

- de vérifier la facilité/convivialité d'utilisation du journal d'incident,
- d'évaluer la pertinence/suffisance des informations collectées dans l'objectif d'une évaluation des risques pour le personnel (identification des différents scénarii),
- de recenser l'ensemble des incidents sur l'ensemble des sites et d'établir ainsi un retour d'expériences.

Les recommandations présentées ici mériteront d'être réexaminées au regard des données et des retours d'expériences qui seront acquises en 2010, notamment : les risques liés aux émissions d'ammoniac sur l'ensemble de la filière (depuis le dépôt sur les plages jusqu'aux différentes étapes de traitement) et une meilleure qualification de la « fraîcheur » des algues vertes. Il serait en effet intéressant de préciser entre 48 h (algues considérées comme « fraîches ») et 5 jours (fermentation avérée) à quelle période les algues entrent en fermentation.

L'INERIS propose de réaliser, en partenariat avec d'autres organismes comme Air Breizh, différentes campagnes de mesures sur site. Elles seront à réaliser dès 2010 et, permettront de répondre aux objectifs suivants :

- vérifier que les travailleurs sont exposés à des concentrations inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelle pour l' H_2S et le NH_3 (substances disposant de VLEP) ;
- repérer et cartographier tout au long de la chaîne de collecte et de traitements des algues, les activités pour lesquelles l'exposition des travailleurs à l' H_2S et le NH_3 aux différents postes de travail est la plus forte ;
- documenter l'exposition moyenne (hors court terme) des travailleurs à l' H_2S , au NH_3 et à d'autres substances ;
- caractériser qualitativement l'évolution des concentrations gazeuses en H_2S , NH_3 , CH_4 , COVT au niveau de l'interface « algue – atmosphère » des algues fraîches en situation de stockage (bennes et sur plages) ;
- évaluer l'exposition des populations présentes sur les plages (promeneurs, touristes, pêcheurs à pieds), hors des zones interdites d'accès ;
- caractériser l'impact des émissions de substances chimiques et d'odeurs d'une plate-forme de compostage d'algues vertes dans son environnement.

1. INTRODUCTION

Pour tenter d'endiguer le phénomène des marées vertes, récurrentes sur les côtes françaises et en particulier bretonnes, depuis plus de 30 ans, 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 adaptée 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.

Dans ce contexte, le Ministère en charge de l'Écologie a demandé à l'INERIS de réaliser un état des lieux et de formuler des premières recommandations pour limiter les risques liés aux émissions gazeuses sur l'ensemble de la filière de ramassage, transport et traitement des algues vertes. Les travaux comportent également un volet sur les campagnes de mesures susceptibles d'être réalisées dès 2010, en vue d'améliorer les connaissances sur les émissions gazeuses liées aux différentes étapes de la filière « algues vertes ».

Les conclusions de ce document sont issues :

- d'un travail de synthèse des études et recommandations préconisées tant au niveau local que par la Mission Interministérielle,
- de l'analyse des informations obtenues par les différents contacts pris sur ce dossier (cf. annexe 1),
- du retour d'expérience de l'INERIS sur l'analyse des risques mais également l'impact spécifique des composés soufrés et l'H₂S en particulier ; l'INERIS intervient depuis plus de dix ans sur des sites industriels émetteurs d'H₂S et développe et teste de nouvelles méthodes de mesures en vue d'une meilleure appréhension des risques associés (odeur, santé).

Ce document s'inscrit dans la complémentarité des travaux réalisés dans le cadre de la saisine AFSSET de février 2010 et en particulier de la note concernant les recommandations de prévention des risques pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Les prescriptions aux travailleurs ne sont pas directement abordées dans ce document car couvertes par le contexte réglementaire spécifique et par les préconisations générales de l'INRS. Quelques éléments techniques complémentaires, issus du retour spécifique d'expériences de l'INERIS sont proposés ici.

2. ETAT DES LIEUX

Le phénomène des marées vertes, correspondant à la prolifération massive d'algues vertes, a été décrit pour la 1^{ère} fois au début du XX^{ème} siècle (baie de Belfast) et semble s'amplifier depuis une trentaine d'années. Il touche désormais tous les continents. En Europe, ces phénomènes ont notamment été observés au niveau de la lagune de Venise, du fjord de Roskilde au Danemark, de la Veerse Meer en Hollande, des lagunes de la Côte Languedocienne, du Bassin d'Arcachon et surtout du Littoral Armoricaïn.

La Bretagne mène depuis de nombreuses années une surveillance de son littoral en vue d'analyser et de réduire à terme ces proliférations. Les départements bretons les plus touchés sont les Côtes d'Armor et le Finistère. Un programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes, le programme Prolittoral, est d'ailleurs en vigueur depuis 2002. Il associe différents acteurs institutionnels (collectivités territoriales bretonnes et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne) et privés. Il a pour objectifs :

- de repérer les zones sensibles aux marées vertes. Dans ce cadre, des suivis environnementaux sont en place en vue d'identifier les sites soumis à des échouages d'algues, d'évaluer les stocks sur les plages et les stocks infra-littoraux, de suivre l'indice d'eutrophisation au cours du temps ;
- de mettre en œuvre des programmes d'actions de réduction de la prolifération des algues à la source.

Remarque : de plus amples détails concernant cet état des lieux sont proposés en annexes 2 et 3.

2.1 DESCRIPTION DES ALGUES VERTES

2.1.1 COMPOSITION DES ALGUES ET COMPORTEMENT

Les algues vertes sont des algues chlorophycées, macrophytes (de grande taille) et nitrophiles (besoin d'azote). Les algues vertes décrites en Bretagne appartiennent au genre *Ulva*. Ces ulves, contrairement à d'autres algues, ont la capacité :

- d'extraire du milieu et de stocker des réserves d'azote importantes, leur permettant de se développer même lorsque les apports du milieu sont irréguliers / insuffisants,
- de s'adapter à des éclaircissements d'intensités variables (de faibles à intenses),
- de supporter des températures basses (jusqu'à -5 °C durant 2 semaines, exemple décrit par la Hollande).

Ces algues vertes sont donc résistantes ce qui leur permet de passer l'hiver et de constituer dans certains cas, l'inoculum de la prolifération suivante.

Elles peuvent coloniser des milieux maritimes variés (informations du CEVA) :

- dans des biotopes variés : ports, estuaires, étangs, milieux battus ou abrités
- à différents niveaux de marée et sur divers substrats : rocheux ou graveleux et dans des cuvettes.

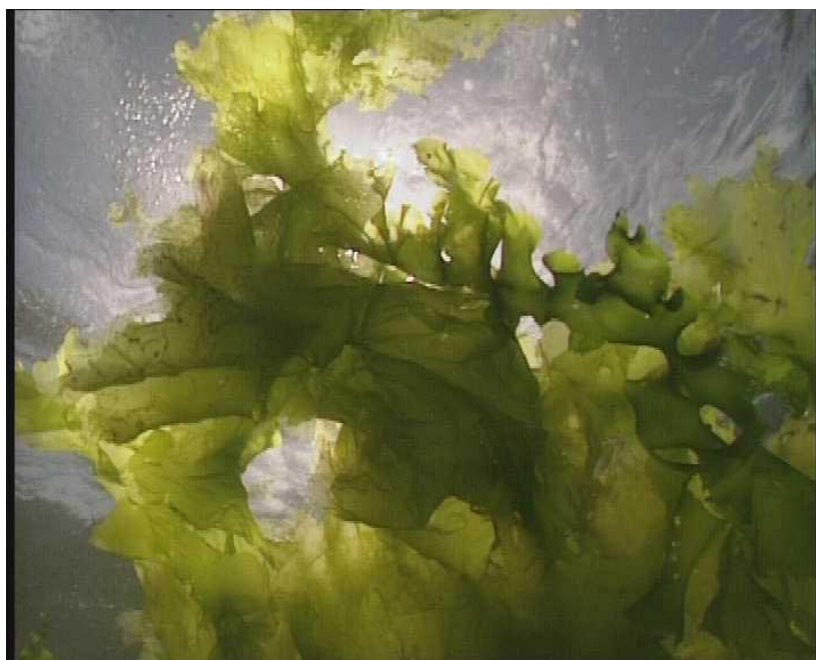


Photo 1 : Ulva armoricana

Extrait de Menesguen, 2003 (photo X.Caisey, IFREMER)

Les algues « pures » fraîches présentent (Biomasse Normandie, 2003- Ulva) :

- des taux d'humidité élevés : de l'ordre de 80 - 90%,
- des teneurs en matières minérales entre 14 et 30% rapportées en Matières sèches (MS)
- une teneur importante en sel (dont chlorure de sodium) (Na : 0,9-5,9 % MS) à l'origine de la corrosion des matériels de collecte et de la dégradation de la structure des sols sur lesquels les algues sont stockées ou épandues,
- une richesse en calcium (0,9 à 5,6 % MS), en magnésium (2 à 3,7 % MS) et en potassium (4,99 %),
- une teneur en phosphore comprise entre 0,13 et 0,35 % et,
- une teneur en soufre non négligeable (2,8 à 10,3 % MS). Notons que la teneur en diméthylsulfoniopropionate (DMPT), précurseur du diméthylsulfure (DMS) varie de 1 à 4% de matière sèche selon les zones et les saisons (rapport CEVA, 2007).

Les algues ramassées sur les plages sont rarement « pures », elles contiennent une quantité plus ou moins importante de sable en fonction du type de ramassage (fonction du matériel employé). Le tableau suivant présente les compositions moyennes des mélanges sur 10 échantillons analysés en Côtes d'Armor sur des algues « pures » et sur un mélange algues/sable pour lequel les algues représentent 50 % du chargement (Biomasse Normandie, 2003).

Tableau 1 : Composition des algues vertes fraîches résultats obtenus à partir d'analyses sur 10 échantillons (Biomasse Normandie, 2003)

	Algues pures		Mélange algues/sable	
	g/kg MS	g/kg MB	g/kg MS	g/kg MB
Matière sèche	1 000	180	1 000	398
Matière minérale	330	60	764	304
Matière organique	670	120	236	94
Carbone organique	280	50	68	27
Azote Kjeldahl (en N)	22,4	4,0	5,5	2,2
Phosphore (en P ₂ O ₅)	3,5	0,6	1,7	0,7
Potassium (en K ₂ O)	36,4	6,6	7,7	3,1
Calcium (CaO)	46,5	8,4	283	112
Magnésium (MgO)	34,8	6,3	20,1	8,1
Rapport C/N	12,5		12,4	

Plusieurs études tentent d'évaluer les vitesses d'évolution/ décomposition des algues vertes échouées ou stockées (paramètres d'influence à déterminer) et d'en caractériser et quantifier les émissions.

Une étude du CEVA en 2007 présente les teneurs en H₂S détectées lors de la manipulation ou du passage d'une personne sur des algues vertes déposées depuis quelques heures à plusieurs jours, sur des épaisseurs différentes. Pour des dépôts excédant 5 jours et d'épaisseurs comprises entre 20 et 40 cm, les détections atteignent respectivement plusieurs mg/m³ ou plusieurs dizaines de mg/m³. Des teneurs d'une centaine de mg/m³ ont été détectées dans le second cas au plus près des algues et lorsqu'une croûte s'est formée en surface.

Une autre étude (Biomasse Normandie, 2003), a été réalisée sur un tas d'algues vertes stocké durant 14 mois afin d'observer son évolution (voir les résultats dans le Tableau 2). Notons qu'en 2003, les filières d'élimination/valorisation des algues ramassées étaient principalement : l'épandage en agriculture et le stockage en décharge. Des stockages en bout de champ représentaient des pratiques courantes.

Tableau 2 : Comportement des algues vertes placées en tas durant 14 mois
(Biomasse Normandie, 2003)

Élément	% de perte massique	Mécanisme
Produit brut	60	
Eau	80	Évaporation, ruissellement, infiltration
Matière organique	80	Volatilisation dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone et de méthane
Potassium, sodium, chlorures	80	Entraînement par l'eau et lessivage
Azote	70	Volatilisation (ammoniac) ou minéralisation et lessivage (nitrates et ammonium)
Soufre	70	Volatilisation dans l'atmosphère sous forme d'hydrogène sulfuré

Notons qu'une putréfaction rapide des lixiviats nauséabonds a été constatée après 2 ou 3 jours de stockage en tas.

Le stockage des algues en bout de champ pose de nombreux problèmes :

- les tas sont compacts et évoluent souvent en conditions anaérobies : les processus de fermentation entraînent le dégagement de gaz malodorants et potentiellement toxiques (hydrogène sulfuré, ammoniac, méthane...) et de jus de liquéfaction chargés en sels (sodium, chlorures) qui brûlent le sol, et en éléments fertilisants (nitrates) ;
- les algues s'appauvrissent en éléments fertilisants et perdent ainsi une partie de leur valeur agronomique. Elles perdent également leurs colloïdes, constituants qui ont une action bénéfique sur la structure du sol (enrichissement du complexe argilo-humique).

2.1.2 PROLIFERATION DES ALGUES VERTES

Les algues vertes se développent en mars/avril puis prolifèrent en mai/juin. L'essentiel de la croissance des algues se tient entre la zone de déferlement et le sable découvert. La biomasse atteint son niveau maximum en début d'été. Le phénomène conduit localement à des échouages importants d'algues vertes, couvrant des estrans entiers (CEVA, 2006). Des quantités plus ou moins importantes sont aussi, selon les sites, stockées plus au large avec possibilités irrégulières de colonisation des estrans.

La prolifération des algues vertes varie en fonction de différents paramètres : la température de l'eau en sortie d'hiver, les conditions météorologiques en hiver et au début du printemps (vent et présence de houle auront un impact plus ou moins dispersif, la pluviométrie printanière), la lumière solaire (présence et intensité), la morphologie des fonds marins, le transport par les courants marins,

Cependant, tous les experts s'accordent sur le fait que le facteur limitant de la prolifération des algues vertes est l'apport d'azote dans le milieu. L'apparition et l'importance d'une marée verte dépendent de la persistance de ces flux azotés en saison favorable à la croissance des algues. Les algues vertes sont en effet normalement limitées dans leur croissance en été (dès le mois de mai) en raison de la diminution naturelle estivale importante de la disponibilité en sels nutritifs (épuisement par le phytoplancton du stock en mer de sels nutritifs, diminution de leurs apports par les rivières). L'eutrophisation d'un site est liée à un retard saisonnier et à un affaiblissement de cet effet limitant naturel.

Une centaine de secteurs de plages ou de vasières a été touchée au moins une fois par des échouages d'ulves en Bretagne depuis 1997. Le terme « marée verte » est utilisé généralement pour désigner les sites régionaux les plus touchés.

L'importance voire l'existence d'une marée verte dans un site dépend aussi de la capacité géomorphologique et hydrodynamique du secteur côtier :

- à ralentir la dilution des sels nutritifs responsables de la croissance des algues,
- à stocker les algues produites sous faible profondeur et à favoriser leur échouage.

Dans le cas des estrans sableux, les « marées vertes » ont été associées à une absence :

- d'autres espèces algales compétitrices,
- des prédateurs herbivores habituels (gastéropodes rampants) et,
- de stockage à long terme d'éléments nutritifs par le sédiment.

De plus amples informations sur la prolifération des algues vertes sont présentées en annexe 2.

2.2 ÉVALUATION DES QUANTITES D'ALGUES VERTES SUR LE LITTORAL BRETON

2.2.1 ESTIMATIONS PREDICTIVES

Dans le cadre du plan de lutte contre les algues vertes, pour garantir une vision d'ensemble de la situation (efficacité des mesures préventives, estimations prédictives des quantités attendues ou du démarrage de la saison), les stocks d'algues sont surveillés été comme hiver. Pour analyser la présence d'algues vertes dans une baie, plusieurs facteurs doivent notamment être pris en compte : la présence d'un stock hivernal au large, l'influence de sites voisins (transfert de

sels nutritifs et surtout de quantités d'algues), la qualité du ramassage limitant leur retour en mer.

Le stock hivernal, variable d'un site à l'autre, peut être considéré comme un indicateur des variations interannuelles des stocks estivaux d'un site et comme un facteur de résistance potentielle aux mesures préventives. Les sites où l'on observe les marées vertes les plus importantes sont caractérisés par des stocks résiduels hivernaux séjournant dans les fonds de baies ou devant les plages. Ces reliquats influencent la précocité et le volume estival des échouages suivants.

Le transfert d'ulves des sites voisins conduit à augmenter le stock maximal d'algues ou à amener des stocks initiaux en début de saison sur des sites qui en sont dépourvus.

Le stock total d'algues pour la période estivale se répartit entre l'estran (plus rideau flottant de bas de plage) et les petits fonds non accessibles à l'observation directe. La fraction poussée vers et sur les plages serait d'autant plus importante que l'amplitude des marées est forte sur la zone côtière.

Les quantités d'algues potentielles sur une saison sont donc **difficiles à prévoir**. Il faut en effet, tel que montré précédemment, connaître les stocks hivernaux de la baie concernée mais également des secteurs susceptibles d'avoir une influence. Notons à ce sujet, que les secteurs d'influence peuvent être étendus compte tenu des courants maritimes et de leur complexité. Il a par exemple été démontré par l'IFREMER (2008) :

- qu'en débit normal, la Loire enrichissait en nitrate et en phosphate, de manière importante, le sud de la Bretagne (apports dilués entre 20 et 100 fois en Baie de Vilaine) jusqu'aux Abers (ses apports y sont alors dilués entre 200 et 1 000 fois).
- qu'en période de crue, l'influence de la Loire pouvait s'étendre jusqu'en Bretagne Nord (apports dilués entre 200 et 1 000 fois en Baie de Lannion).

2.2.2 TONNAGES RAMASSES / ECHOUES

2.2.2.1 ESTIMATION DES QUANTITES REELLEMENT ECHOUÉES

Les quantités d'algues échouées sont très différentes des quantités d'algues ramassées :

- **les échouages sont soumis à de fortes fluctuations saisonnières**, conséquence des conditions météorologiques, des vents, des cycles lunaires et de la physiologie des algues vertes ;
- **les opérations de ramassage sont décidées par les communes** en fonction de la nuisance perçue, de la pression touristique, des conditions d'accès aux plages, des possibilités de valorisation ou d'élimination des algues et des coûts. Les quantités collectées sont donc très variables selon les années.

Les tonnages échoués varient d'une journée sur l'autre ce qui peut poser des difficultés en terme de capacité de ramassage puis de traitement / valorisation d'où l'intérêt de répartir les quantités ramassées sur un secteur géographique et non pas sur une unique installation (avantage d'une gestion intercommunale et centralisée telle que recommandé par la Mission Interministérielle).

Les volumes d'algues échouées sont estimés à près de 60 000 m³ par an en moyenne (entre 45 000 et 70 000 m³) de 1997 à 2006 en Bretagne principalement en Côtes d'Armor et dans le Finistère (rapport Prolittoral – 2006).

Rappelons que dans le cadre du programme Prolittoral, plusieurs types de suivis environnementaux des marées vertes sont en place dont des cartographies aériennes réalisées par le CEVA, permettant :

- de déterminer le nombre de fois où les sites sont touchés,
- d'estimer les surfaces des plages couvertes par les algues de < 0,5 ha à plus de 400 ha grâce aux photos prises à marée basse (suite à un coefficient de marée supérieur à 75).

Le tableau suivant présente un bilan sur 2006 des surfaces de plages recouvertes d'algues vertes échouées.

*Tableau 3 : Répartition des sites sur sable par classe de taille maximum atteinte en 2006
(Source CEVA)*

Sites classés en fonction des surfaces maximum couvertes par les ulves	Catégories de site	Nombre de sites
Moins de 1 hectare	Petits	26
De 1 à 10 hectares	Moyens	28
De 10 à 50 hectares		6
De 50 à 200 hectares	Grands	2
Plus de 200 hectares		1

Les sites les plus importants sont situés en baies costarmoricaines dont deux en baie de Saint-Brieuc : baies d'Yffiniac et de Morieux. Le cumul des surfaces sur sept inventaires met en évidence que 90 % de la surface d'échouage régionale se concentre sur 5 grandes baies : sites des baies de Saint-Brieuc, de Saint-Michel en Grève, de l'Horn/Guillec, de Guisseny et de Douarnenez. Il y a plus de sites touchés dans le Finistère mais sur des surfaces cumulées plus faibles que dans les Côtes d'Armor. En 2006, même si aucun site présentant de grandes surfaces d'échouage sur plage dans le sud de la Bretagne n'a été déterminé, il convient de rappeler que les sites du sud Bretagne sont vraisemblablement sous estimés par la méthode employée qui ne prend en compte que les surfaces accessibles à l'observation aérienne. Les surfaces en ulves sur vasières ne sont, par exemple, pas estimées ici alors que ces espaces sont présents sur le littoral sud.

D'après *Merceron et al.* (1999), les tonnages observés ponctuellement sur les sites les plus atteints semblent à peu près stabilisés. Il se pourrait que la production d'algues y soit autolimitée du fait de la diminution d'éclairement provoquée par leur accumulation. En revanche, la mise en évidence d'un important stock offshore en baie de Douarnenez et les indices d'une telle présence ailleurs laissent penser à une forme d'extension du phénomène vers le large. D'autre part, il semble que la durée de présence des algues sur les sites tend à s'allonger, et que les sites qui sont seulement inventoriés, car moins touchés, abritent des tonnages croissants.

2.2.2.2 QUANTITES D'ALGUES RAMASSEES

Les volumes ramassés ne sont pas nécessairement un bon indicateur de l'évolution des marées vertes mais permettent de renseigner sur les nuisances perçues et les efforts consentis par les communes sur le site. Le ramassage est loin d'être proportionnel aux volumes présents. Il se pratique « à vue » en fonction des dépôts des marées, à l'aide de moyens terrestres classiques et sous la responsabilité des communes littorales.

Dans le cadre de la surveillance des impacts environnementaux des algues vertes, un recensement annuel des tonnages ramassés par les communes littorales est réalisé depuis 1978. D'après *Ménesguen et al* (2003) les résultats obtenus par ce recensement et les cartographies aériennes associées aux échantillonnages sur le terrain sont concordants et présentent des valeurs relativement stables depuis 1988 : de l'ordre de 50 000 t de matières en poids frais pour l'ensemble du littoral breton, touchant principalement des sites largement ouverts sur la haute mer.

En Bretagne, les volumes ramassés les plus importants sont situés en Côtes d'Armor. A titre d'exemple, le gisement de 2009 représentait 35 000 t pour les Côtes d'Armor, 23 000 t¹ pour le Finistère et 4 000 t pour le Morbihan. Le rapport du CEVA de 2006 indiquait que le ramassage concerne une soixantaine de communes. Selon le rapport de la Mission Interministérielle de janvier 2010, les volumes ramassés :

- en Côtes d'Armor varient en fonction des années de 30 000 à 40 000 m³ sur la saison représentant environ entre 100 et 3 800 m³/jour en fonction des sites contre
- 15 000 à 20 000 m³ récoltées en moyenne dans le Finistère sur les mêmes périodes (certains sites représentent moins de 4 000 m³).

Les données plus précises, extraites du rapport de la Mission Interministérielle dans le plan de lutte contre les algues vertes sont présentées en annexe 3. Elles émanent des Conseils généraux et sont issues des déclarations des communes sollicitant une aide financière. D'après *Merceron* (1999), les quantités ramassées se sont stabilisées vers 50 000 m³ depuis 1995. Les volumes maximum atteints étaient estimés à 100 000 m³ en 1991.

¹ D'après l'IFREMER, un m³ d'ulves correspond à 0,8 t d'ulves

Si on observe l'évolution des volumes ramassés sur les différents départements bretons :

- dans le Finistère, ces volumes étaient plus importants avant 1993 par rapport à aujourd'hui : jusqu'à 60 000 m³ ramassés par saison. Ces volumes ont diminué et sont stables depuis 1994 entre 15 000 -25 000 m³ ;
- dans Les Côtes d'Armor, ils oscillaient dans une fourchette comprise entre 30 000 et 50 000 m³ avant 1995, puis se sont stabilisés vers 25 000 m³ entre 1995 et 1997. Aujourd'hui, les volumes moyens ramassés annuellement sont de l'ordre de 30 000 -40 000 m³.

Rappelons cependant que les tonnages ramassés sur les plages sont constitués d'algues vertes mais également de sable et d'eau mer. Leurs proportions respectives sont variables selon le matériel utilisé et l'épaisseur des dépôts. Plus le ramassage est poussé, plus la proportion de sable augmente. Une étude menée par le Conseil Général des Côtes-d'Armor en 1999, montre que, même pour un ramassage effectué avec soin et dans de bonnes conditions, les algues représenteraient 50% du chargement, le reste étant constitué à parts égales de sable et d'eau de mer.

Ces tonnages témoignent de l'effort de ramassage des communes, fruit d'un arbitrage entre différents critères : enjeux touristiques, capacités techniques des matériels, accessibilité des sites, existence d'une filière d'évacuation pour les algues collectées. Ce dernier aspect est clairement identifié par la mission interministérielle comme un frein au ramassage. « *Sans exutoire facile, ramasser devient pour la commune une source de contraintes complexes à gérer.* »

En 2010, on peut s'attendre à un effort de ramassage intensifié compte tenu du fait que la dangerosité des algues en décomposition a été démontrée. Les communes seront probablement amenées à identifier les zones de non-ramassage par exemple dans des sites difficiles d'accès.

2.3 CONCLUSION DE L'ETAT DES LIEUX

Il est difficile de prévoir les quantités d'algues vertes susceptibles de s'échouer compte du nombre et de la diversité des facteurs influents : la spécificité des baies (géomorphologie) et leur exposition, l'étendue des estrans, les conditions météorologiques spécifiques et les courants maritimes auxquelles elles sont soumises, l'influence des sites plus ou moins proches,.... Cependant, en se basant sur les données collectées, les conclusions suivantes peuvent être émises pour les deux départements bretons les plus touchés :

Les volumes journaliers et annuels ramassés dans le Finistère semblent stables depuis plusieurs années. Les volumes moyens annuels sont estimés entre 15 000 et 25 000 m³. Le Finistère a la particularité de présenter un nombre important de sites touchés mais représentant des volumes relativement faibles localement. Cinq sites se distinguent cependant depuis 2001, même si les volumes sur la saison restent inférieurs à 4 000 m³ : La Forêt Fouesnant, Guisseny, Fouesnant, Plonevez-Porzay et Plomodiern (cf.annexe 1).

Notons également que les vasières ne sont pas comptabilisées dans les quantités échouées. Les quantités échouées sur le Finistère sont probablement sous-estimées.

Les volumes ramassés en Côtes d'Armor sont relativement stables en moyenne annuelle (30 000 – 40 000 m³) mais présentent des variabilités journalières importantes pour les sites les plus touchés (entre 100 et 3 000 tonnes par jour). Quatre communes sont particulièrement surveillées car elles représentent plus de 80% des algues ramassées sur les Côtes d'Armor : Hillion, Saint-Michel en Grève, Plestin les Grèves et Morieux.

Il est très difficile d'estimer à partir des données récoltées les quantités d'algues non ramassées ni même l'ensemble des sites effectivement touchés. Pourtant cette information pourrait s'avérer intéressante localement en vue d'une meilleure prévention des risques pour les promeneurs/pêcheurs à pied. Ces algues vertes non ramassées sont généralement présentes dans des secteurs difficiles d'accès ou à faibles enjeux touristiques : criques, vasières ou zones rocheuses par exemple. Ces sites posent des difficultés en termes d'alerte, de prévention et de protection des promeneurs. Leur accès paraît difficile à contrôler ou à limiter par la mise en place de barrières compte tenu des kilomètres de côtes concernées et de l'influence des marées dans le cas des vasières.

Pour ces cas particuliers, non pris en compte à l'heure actuelle, une information sur les risques liés à la présence d'algues vertes pourrait être proposée, par exemple sous forme :

- de prospectus, disponibles dans les syndicats d'initiative / offices de tourisme, et/ou
- d'une signalétique adaptée (panneaux d'affichage) aux niveaux des entrées des sites et autres points pertinents.

Ces informations pourraient présenter :

- non seulement les risques liés aux émissions d'hydrogène sulfuré lors des phénomènes de fermentation (photos présentant les algues fraîches et les algues en décomposition anaérobie, croûte blanche en surface et couleur noire au cœur) mais également,
- les risques de blessures engendrées lors de déplacements sur des rochers rendus glissants par la présence de ces algues.

Des recommandations spécifiquement adaptées aux vasières pourraient également être proposées compte tenu du fait que les algues ne sont pas forcément visibles car recouvertes de sables par les marées successives.

Une vigilance accrue des parents dans ces zones potentiellement touchées par les algues vertes, serait également conseillée pour les enfants jouant dans les rochers (risques de glissement, émanations gazeuses lors de la manipulation d'algues au sein des rochers ou lors du perçage de la croûte en surface).

Remarque : la prévention et l'information des promeneurs dans les autres cas (sites touristiques, baies sableuses,...) sont déjà mises en œuvre localement et ont fait l'objet de réunions de concertation.

3. LA FILIERE DE RAMASSAGE/TRAIEMENT DES ALGUES VERTES : DESCRIPTION DES OPERATIONS

Remarques préliminaires :

- ✓ Les informations disponibles sont plus nombreuses sur le département des Côtes d'Armor que sur les autres départements bretons (Finistère notamment, qui reçoit également d'importantes quantités d'algues vertes).
- ✓ Ce rapport ayant été rédigé principalement avant le tout début de la saison de prolifération des algues vertes de 2010, les photos présentées sont antérieures et proviennent de la presse écrite et électronique ; les références sont indiquées.

Ce chapitre décrit l'ensemble de la filière du traitement des algues vertes, depuis le ramassage jusqu'à l'élimination et la valorisation des composts. Les procédés de ramassage, stockage, transport et traitement mis en œuvre en 2009 ne seront pas nécessairement reconduits de manière identique en 2010. Lorsque nous avons eu connaissance de différences prévisibles entre les saisons 2009 et 2010, celles-ci sont précisées.

Enfin, il faut garder à l'esprit que le plan de lutte contre les algues vertes du 5 février 2010 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 compostage devront être créées le plus rapidement possible.** »

3.1 RAMASSAGE

Le ramassage met en œuvre des moyens matériels et humains très variables, mêlant interventions mécaniques sur les grandes plages accessibles et interventions manuelles sur les petites plages et les zones d'accès difficile.

3.1.1 RAMASSAGE MECANIQUE

Généralement les engins mécaniques sont à cabine fermée (même si en conditions estivales, les conducteurs sont amenés à travailler avec la cabine ouverte). Le ramassage des algues avec les engins présente les avantages de pouvoir ramasser de grandes quantités à la fois, et d'isoler les travailleurs par rapport aux émissions de gaz toxiques dégagés par les algues en décomposition quand on les remue (H₂S notamment).

Les engins agricoles sont couramment employés en raison de leur faible coût et de leur polyvalence : pelleteuses, tractopelles, fourches... Les matériels spécifiques peuvent être employés mais sont initialement adaptés de manière plus générale pour le nettoyage des plages, pour ramasser les déchets solides volumineux : les cribleuses automotrices ou tractées pour travail sur sable sec (prélèvement du sable sur 5 à 20 cm de profondeur –collecte les objets en

fonction de la maille du grillage), les ratisseuses (sable soulevé sur 5 cm - ramassage de macro-déchets de dimensions moyennes sur sable sec et mouillé et également performant pour la collecte des algues).

Les différents engins présentent l'inconvénient de racler plus ou moins le sable selon la technologie. Les algues récoltées peuvent ainsi contenir jusqu'à 30 % de sable sur la matière brute (la matière sèche des algues sans sable ne représente qu'environ 20 % du poids de matière brute) (Biomasse Normandie, 2003). Ce procédé rend les algues plus difficiles à traiter et à évacuer ; il conduit également à une érosion des plages, donc à la dégradation d'un milieu où vivent de nombreux organismes. Si l'apport de sable n'est *a priori* pas incompatible avec la valorisation agronomique, il présente l'inconvénient d'abraser et donc de corroder prématurément le matériel de collecte et de traitement.

En fonction du type d'échouage et de la nature de la plage, quelques matériels employés par les communes sont listés ici :

- la moitié des communes utilise **des fourches ou des godets** sur chargeur, tractopelle ou tracteur. Cette technique de ramassage est réservée aux dépôts d'algues en andains (photo 3);
- trois communes (Binic, Pleneuf et Plérin) utilisent **des goémoniers** avant reprise par un chargeur. Ce type de matériel nécessite beaucoup d'attention pour éviter de ramasser trop de sable et de galets ;
- trois communes (Etables-sur-Mer, St-Cast-le-Guildo et St-Quay-Portrieux) utilisent du **matériel de nettoyage de plage spécifique**.
- deux communes (Planguenoual et Trevenec) ramassent **à la pelle** tout ou partie des algues échouées.

Dans tous les cas, le chargement dans les bennes de transport nécessite l'emploi d'un godet ou d'une fourche hydraulique.



*Photo 2 : Ramassage à la tractopelle
(référence : Cité des Sciences, questions d'actualités, 16 octobre 2009)*



Photo 3 : Ramassage sur le territoire d'Hillion : fourche + benne ouverte (2008)

Référence : blog de la mairie d'Hillion



Photo 4 : Ramassage mécanique à Hillion (août 2009)

Photo : Le Télégramme



Photo 5 : Détail de la grille

Photo : Le Télégramme

3.1.2 RAMASSAGE MANUEL

Le nettoyage manuel est le plus souvent le seul recours pour nettoyer les plages de galets, les pieds de falaise, les zones rocheuses, les petites plages des anses et des criques. Ainsi le littoral de Bretagne et de Normandie, rocheux et escarpé, est surtout nettoyé manuellement, tandis que le littoral aquitain constitué de larges plages sableuses voit son nettoyage très mécanisé. Les travailleurs –à pied- sont donc davantage exposés dans ce processus, d'autant plus lorsqu'ils ramassent des tas d'algues en décomposition : voir Photo 6.



Photo 6 : Ramassage manuel à Hillion (août 2009)

Photo : Le Télégramme

3.1.3 GESTION DU RAMASSAGE

Pour le ramassage, les communes interviennent selon deux modalités classiques, directement en régie (par exemple Binic) ou via des marchés publics locaux simples. Parfois, elles combinent les deux modes. Des intercommunalités se créent en vue d'assumer cette compétence comme la communauté de communes de Lesneven dans le Finistère qui intervient pour le compte de quatre collectivités, Lamballe communauté et la Communauté de communes de Matignon.

Les différences entre les saisons 2009 et 2010, pour les Côtes d'Armor, sont principalement les suivantes :

- alors qu'il était principalement de la responsabilité des communes littorales en 2009, le ramassage en Côtes d'Armor, en 2010, sera géré par les communautés de communes, par exemple Lannion pour le secteur de Saint Michel en Grève et Saint Brieuc pour le secteur d'Hillion-Yffignac.
- à Saint Michel en Grève, le ramassage sera intensifié en 2010. Ainsi, le ramassage aura lieu 7 jours sur 7. 3700 tonnes ont déjà été ramassées à la date du 22 mai 2010, contre 1700 tonnes à la même époque l'an dernier. Il est probable que le ramassage sera également intensifié en baie de St Brieuc.

Concernant le ramassage, le rapport de la Mission Interministérielle souligne l'importance du lien direct entre les communes, leurs services et les titulaires des marchés comme gage d'efficacité et de réactivité. Ainsi à Hillion, commune fortement touchée par les échouages, les services de la mairie et leur prestataire s'informaient quotidiennement de l'importance des dépôts. Les moyens nécessaires pouvaient alors être mis en œuvre rapidement. Cette commune a ainsi pu gérer, en 2009, le ramassage de volumes variant d'une centaine de tonnes par jour à 3 000 tonnes par jour. En effet, cette formule présente l'avantage de laisser à chaque **commune** la liberté de **choisir son mode d'intervention** et de garder toute **flexibilité** pour l'ajuster à ses besoins. Connaissant intimement leur littoral, ces collectivités sont les mieux à même de réaliser ces arbitrages et de **veiller ensuite à la bonne exécution du ramassage** des algues.

Une fois les algues ramassées, l'approche consistant à mobiliser une structure communautaire pour leur enlèvement et leur traitement semble plus adaptée.

L'INERIS considère que :

- pour le ramassage, une gestion de proximité permet d'assurer la réactivité nécessaire aux situations à gérer (variabilités des échouages) ;
- pour une répartition plus aisée des quantités ramassées (compte tenu des variabilités potentielles), pour garantir des délais courts et limiter les phénomènes de fermentation, un regroupement des moyens techniques, de gestion est intéressante.

Enfin, le ramassage sera probablement intensifié en 2010 par rapport à 2009, en particulier sur les plages d'Hillion (le nombre d'engins a déjà été doublé sur ce site) et en Baie de St Brieuc. Cette augmentation du rythme du ramassage permettra que les algues arrivant sur les plateformes de compostage soient peu décomposées, ce qui limitera les risques d'émissions d'hydrogène sulfuré.

3.2 STOCKAGE

Les algues, une fois ramassées, sont généralement déposées dans des bennes qui sont acheminées par camion, vers les centres de traitement, qu'il s'agisse de l'épandage, de la stabilisation ou du compostage. Normalement ces bennes sont dirigées vers les centres de traitement dès qu'elles sont remplies. Cependant, en 2009, dans certains endroits, les bennes ont parfois été stockées provisoirement en haut de plage, sur des durées plus ou moins longues, notamment en fin de semaine. Dans ce cas, les algues ramassées le vendredi en fin de journée pouvaient n'arriver sur les plateformes de compostage (fermées le week-end) que le lundi matin, ce qui correspondait à des algues âgées d'au moins 3 jours, avec le risque d'un début de génération d'hydrogène sulfuré.

Ce stockage intermédiaire peut être amené à se reproduire en 2010 si les plateformes de compostage sont fermées en fin de semaine. Cela pose la question du fonctionnement de ces installations au moins le samedi.

3.3 TRANSPORT – DEPOTAGE

Les dispositifs de transport utilisés en 2009 étaient généralement du type benne ouverte à ouverture manuelle (voir la Photo 8). L'utilisation de bennes fermées, à ouverture commandée depuis la cabine, est préconisée dans le « Guide des bonnes pratiques » rédigé par le groupe de travail des services de prévention de Bretagne du 9 avril 2010. Ces dispositifs sont un moyen pertinent pour limiter le risque d'exposition à une bouffée d'hydrogène sulfuré lors du dépotage.



Photo 7 : St Michel en Grève — 20 août 2009

(photo publiée sur le site du JDD)



Photo 8 : Ramassage à St Michel en Grève : chargeurs télescopiques + bennes agricoles de 24 tonnes

(vidéo mise en ligne le 6 mai 2010 – Le Télégramme)

3.4 TRAITEMENT – ELIMINATION

Jusqu'ici, deux voies principales de traitement ont été mises en œuvre : l'épandage direct et le compostage (éventuellement précédé d'une phase de stabilisation).

3.4.1 L'EPANDAGE

L'épandage a été réalisé en 2009 dans la région de Lannion et sera réutilisé en 2010. La procédure a été optimisée par les responsables du ramassage sur le territoire de Lannion, de façon à ce que les temps entre le ramassage des algues sur les plages et l'épandage soient les plus réduits possibles. La procédure prévoit ainsi que les algues seront épandues sur les champs dans un délai de 24 heures après le ramassage, et seront enfouies dans les 24 heures suivantes.

Remarque de l'INERIS : ces délais courts devraient permettre de limiter les impacts olfactifs et les risques sanitaires provenant de la décomposition des algues. Cette procédure mériterait d'être généralisée lorsque le traitement des algues (par compostage notamment) n'est pas possible. En revanche, dans le plan d'épandage, il convient de tenir compte de l'apport des matières azotées présentes dans les algues fraîches, dont des proportions sont données en Tableau 1.



Photo 9 : Épandage

(source : www.maxisciences.com, 28 août 2009)

3.4.2 LE COMPOSTAGE

Il faut distinguer plusieurs procédés : la stabilisation, le séchage le compostage. Certaines de ces opérations sont décrites et discutées dans un document du Cemagref (A. De Guardia, 2009) et le premier rapport de Biomasse Normandie pour le SMETTRAL 22² (2003).

3.4.2.1 LA STABILISATION

La stabilisation vise à conserver les algues en vue du traitement ultérieur, ou dans l'attente de l'épandage en substitution à un épandage direct (lequel génère des jus, odeurs, difficultés d'épandage). Cette stabilisation nécessite de travailler en flux tendu : il ne doit pas y avoir de stockage.

La mise en œuvre de ce procédé est similaire à celle de la phase de fermentation (phase active) lors du compostage : mélange avec du structurant dans un ratio volumique de 1:1, disposition en andains de hauteur maximum 3 mètres, retournement 1 à 2 fois par semaine pendant un mois. Le mélange peut ensuite être criblé, le criblat (algues stabilisées) peut être épandu ou conservé en vue d'un complément de compostage.

3.4.2.2 LE SECHAGE

Cette opération vise à diminuer la quantité d'eau présente dans les algues, permettant ainsi de diminuer le volume (donc le poids) d'algues à transporter et

² Syndicat Mixte d'Études, de Tri et de Traitement des déchets ménagers sur la zone centRALe des Côtes d'Armor

manipuler, et à limiter les phénomènes de biodégradation qui nécessitent un milieu humide. Le séchage peut également permettre de séparer une fraction du sable des algues. Ce procédé est cité notamment par des responsables de la gestion des algues.

3.4.2.3 LE COMPOSTAGE

Ce procédé dégrade en présence d'air, les matières organiques de déchets fermentescibles, éliminant les agents pathogènes, diminuant la masse par évaporation et émission de CO₂, et transformant les matières organiques en humus. Le compost ainsi obtenu peut alors être utilisé en amendement organique des sols.

Le compostage est généralement réalisé en deux phases :

- la phase active, dite de « fermentation aérobie », où les processus de biodégradation sont les plus importants, conduisant à une élévation importante de la température (jusqu'à plus de 60 °C), un écoulement de jus chargés (à récupérer et à traiter, par exemple en lagune aérée), des émissions atmosphériques importantes (vapeur d'eau, CO₂, ammoniac, bioaérosols...); lors de cette phase, l'aération est importante pour maintenir l'activité biologique. Cette phase dure de 4 à 6 semaines, avec un à deux retournements d'andains par semaine en aération passive. Cette phase conduit à une perte de l'ordre de 50 % en masse et 40 % en volume.
- la phase de maturation, où les phénomènes de dégradation sont très ralentis et qui peut durer plusieurs mois (4 à 6 en moyenne). C'est à l'issue de cette phase que les matières organiques atteignent le stade d'humification et que le compost est stabilisé. Lors de cette phase, en aération passive, les andains ne sont plus retournés qu'une fois par mois.

A la fin de ces processus, le compost peut être stocké sans précautions particulières en attendant sa valorisation.

Aération forcée des matières au cours du compostage

L'aération lors de la fermentation est très importante, afin d'éviter l'installation de processus anaérobies conduisant à l'émission de méthane et de composés soufrés (dont l'H₂S), sources d'odeurs. En revanche, les émissions d'ammoniac sont d'autant plus importantes que le taux d'aération est élevé (mais ces émissions n'ont pas été quantifiées en relation avec le taux d'aération : Cemagref, 2008).

Le structurant qui est apporté aux algues en vue du compostage doit permettre au mélange d'être suffisamment poreux pour permettre la convection naturelle, satisfaisant les besoins en oxygène, en particulier pour le compostage en aération par retournement.

L'aération forcée permet d'apporter davantage d'oxygène aux matières en fermentation que l'aération obtenue par retournement des andains. Elle est réalisée par le dépôt des matières à composter sur une surface percée d'orifices qui permettent la circulation d'air (par insufflation ou par aspiration). La circulation d'air ne doit cependant pas être trop importante, afin d'éviter de refroidir les

matières en fermentation, ce qui bloquerait les processus biologiques. De plus, sous l'effet de la circulation de l'air, combinée à une élévation de température, les matières en fermentation ont tendance à s'assécher. Un taux d'humidité trop faible (inférieur à 30-40 % d'eau en poids brut) conduit également à l'arrêt des processus de biodégradation. Ainsi, il peut alors être nécessaire d'arroser les andains, prioritairement avec l'eau de la lagune recevant les jus de fermentation.

Le rapport de Biomasse Normandie pour le SMETTRAL 22 (2003) préconisait une aération forcée pour les andains, le flux d'air aspiré au travers des andains en phase de fermentation étant soufflé au travers des andains en maturation. Le compost en maturation peut alors jouer le rôle de biofiltre, traitant les composés émis par la fermentation (sources d'odeurs et de risques sanitaires). A notre connaissance, ce procédé, intéressant sur le principe, n'est pas mis en œuvre dans des installations de compostage d'algues vertes.

D'après ce rapport, l'aération forcée permet de raccourcir notablement la durée du traitement, qui est ramenée à 3-4 mois au total, au lieu de 6 mois et plus en aération par retournement.

Dans les côtes d'Armor, en 2009, toutes les installations de compostage ou stabilisation des algues vertes travaillaient uniquement par retournement d'andains, en locaux ouverts ou à l'air libre. Début 2010, l'usine de traitement des ordures ménagères de Launay Lantic (Smitom de Launay Lantic) a été modifiée de façon à ce que le compostage des OM soit réalisé en enceinte fermée, avec aération forcée. L'air issu du compostage est récupéré et traité par passage sur un biofiltre. La modification de l'usine comporte également la création de casiers spécifiques pour le traitement des algues vertes, où l'air qui sera insufflé dans les andains devrait être chauffé, de façon à sécher les algues. La nouvelle procédure de traitement sera validée au cours de la saison. Le retour d'expérience sur cette installation permettra de faire évoluer les autres installations de traitement.

3.4.3 VALORISATION DES ALGUES OU DU COMPOST

L'épandage ou l'utilisation comme amendement des algues vertes ou du compost doit tenir compte de l'apport en azote (les sols bretons étant déjà souvent en situation d'excédents structurels en azote³, ce qui interdit l'épandage). Ainsi, le rapport du CEVA précisait -en 2000- que pour l'épandage d'algues fraîches il faut respecter une proportion de 30 tonnes à l'hectare pour les cultures (renouvelable tous les 4 ans) et 15 t/ha pour les pâtures (renouvelable tous les 2 à 4 ans). L'apport azoté de 30 tonnes d'algues brutes correspond à celui de 15 tonnes de fumiers de bovins ou de 20 tonnes de lisier de porcs.

Par ailleurs, l'utilisation d'algues vertes est intéressante par l'apport en calcium et magnésium : 30 tonnes d'algues brutes équivalent à 6 tonnes de maërl brut⁴. Ces composés sont conservés avec le compostage.

³ la quantité d'azote produite par le cheptel est supérieure à 170 kg par hectare épandable et par an

⁴ substrat biogénique qui se forme notamment le long des côtes de Bretagne et qui est constitué de débris d'algues marines riches en calcaire, souvent mélangé avec du sable et des débris coquilliers. Ce substrat est riche en calcium, en magnésium, fer et oligoéléments bioassimilables. Devant la hausse des demandes en maërl et la réduction de la ressource, les extractions devraient être interdites en Bretagne en 2010-2011.

Cependant, il faut également tenir compte de l'apport en sel, surtout pour les algues fraîches (les jus s'écoulant des matières en fermentation évacuent une partie du sel des algues).

Au vu de la variabilité de la composition des algues au cours du temps, des analyses devraient être réalisées au moins deux fois par saison, (par exemple sur les composts issus des premiers lots d'algues ramassées puis au milieu de la saison de ramassage), sur le taux de matières organiques, le taux d'azote, le rapport C/N, les teneurs en éléments fertilisants....

3.5 CONCLUSIONS

Ce chapitre a présenté succinctement les différents éléments représentatifs de la filière de gestion des algues vertes, de leur ramassage à leur élimination ou leur valorisation. Le ramassage s'est intensifié en 2010. Il est probable que les algues seront ainsi ramassées au fur et à mesure des échouages, et qu'elles n'auront pas (ou peu) le temps de se décomposer. En revanche, les possibilités d'épandage et les capacités de traitement peuvent devenir insuffisantes en cas d'échouages massifs, puisqu'en Côtes d'Armor seule l'usine de Launay Lantic a eu l'autorisation d'exploiter et est prête à recevoir des algues cet été. Ce site ayant été modifié pour traiter les algues séparément des ordures ménagères, en enceintes fermées, ce qui limite les émissions gazeuses par rapport aux sites ouverts. En attendant le retour d'expérience sur la campagne de traitement des algues de l'été 2010 à Launay Lantic, et la généralisation de sites clos pour le traitement des algues, la description de la situation présente permet d'élaborer des recommandations en termes de gestion de process et de proposer des éléments complémentaires aux prescriptions réglementaires en vue de limiter les risques pour les travailleurs.

4. ELEMENTS DE GESTION POUR LIMITER LES RISQUES POUR LES TRAVAILLEURS

Les recommandations définies ci-après tiennent compte de documents élaborés localement que nous avons recueillis, en réalisant la synthèse des points les plus importants, et en apportant des compléments opérationnels, issus des connaissances de l'INERIS, acquises au cours de programmes d'appui au MEEDDM sur la thématique des risques liés aux déchets évolutifs. Ces éléments ont été apportés au groupe de travail de l'AFSSET et ont contribué à la note de synthèse de mai 2010, relative aux recommandations de prévention des risques liés aux algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Les prescriptions aux travailleurs ne sont pas directement abordées dans ce document car couvertes par le contexte réglementaire spécifique et par les préconisations générales de l'INRS. Quelques éléments techniques complémentaires, issus du retour spécifique d'expériences de l'INERIS sont proposés ici.

Il s'agit, dans un premier temps, de définir les actions à engager, de façon prioritaire, en vue de réduire les risques pour les travailleurs, dès le début de la saison de ramassage et de traitement des algues, sur l'été 2010. Certaines de ces recommandations pourraient être utiles pour les promeneurs et les riverains, mais ce n'est pas le premier objectif.

D'une manière générale, afin de limiter les risques d'exposition aux gaz toxiques dégagés lors de la décomposition des algues, il est primordial d'assurer la traçabilité des algues tout au long de la filière ramassage-transport-traitement, et de limiter au maximum leur stockage lors des différentes étapes.

Ainsi, les recommandations sont basées sur l'information, issue de rapports du CEVA que des algues déposées depuis 5 jours présentent un état de putréfaction suffisamment avancé pour que les émissions d'hydrogène sulfuré soient considérées comme dangereuses. Ce point doit impérativement être confirmé. Des essais sont proposés en ce sens à l'occasion de la campagne de mesures réalisées lors de l'été 2010 (voir le chapitre 6).

4.1 GESTION DU RAMASSAGE, DU TRANSPORT ET DU TRAITEMENT

Le ramassage sur les plages devra tenir compte des capacités de traitement : les exploitants des centres de traitement et les responsables des opérations de ramassage doivent renforcer leurs échanges afin d'améliorer la planification du ramassage en fonction de la capacité des centres à accepter les algues collectées.

Le ramassage, le transport et la prise en charge des algues par les centres de traitement devront 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. La date et l'heure du ramassage devront être précisées et enregistrées pour chaque benne.** Les centres de traitement (hors épandage) devront constituer et conserver les quantités de structurant nécessaires au mélange avec les quantités d'algues qui sont précisées dans leur arrêté d'autorisation d'exploiter.

Les responsables du ramassage devront envisager dès le début de la saison le cas où les centres de traitement ne puissent pas recevoir des lots d'algues du fait de leur saturation lors d'échouages massifs.

Compte-tenu de l'absence de données détaillées sur les expositions des travailleurs à l'hydrogène sulfuré lors des différentes étapes de la gestion des algues vertes, le port de détecteurs d'H₂S est préconisé pour toutes les opérations de la filière. Le personnel devra être formé à l'utilisation de ces détecteurs, qui devront être entretenus et testés régulièrement selon les recommandations du chapitre 4.2.1.

En cas du déclenchement de l'alarme du détecteur à la valeur de 10 ppm, le personnel devra se mettre en sécurité. Pour les personnels du ramassage, cela consiste à mettre le masque de fuite et quitter les lieux, ce qui pose la question de la gestion ultérieure des algues ayant déclenché l'alarme.

Ainsi, les responsables du ramassage devraient définir en début de saison la conduite à tenir au cas où les algues ne pourraient pas être ramassées fraîches. Les mesures à définir dépendent, entre autres, de l'intérêt touristique de la zone, de la protection des personnes, de la taille de la zone à traiter (avec par exemple l'utilisation d'engins ou d'équipements spécifiques). La décision finale peut aller jusqu'à la décision de ne pas ramasser en fonction des conditions locales (notamment en fonction de l'évaluation des risques pour les promeneurs ou les riverains). Par ailleurs, si la décision de ramasser les algues en décomposition est prise, les responsables devront s'assurer que ces algues pourront être ramassées, transportées et prises en charge par un centre de traitement, avec les précautions qui s'imposent.

4.1.1 RECOMMANDATIONS POUR LE RAMASSAGE

Le port de détecteurs d'hydrogène sulfuré et la disponibilité d'un masque à cartouche sont recommandés pour toutes les opérations de ramassage, en engins à cabine fermée comme à pied.

En ce qui concerne les engins de ramassage, si l'alimentation de la cabine en air filtré, rafraîchi et pressurisé est favorable, il convient cependant de ne pas imposer de taux de renouvellement trop élevés de façon à éviter, d'une part, les courants d'air dans la cabine, d'autre part, de consommer les cartouches filtrantes trop rapidement.

Pour les opérations de ramassage à pied, l'état de putréfaction avancé des algues est identifiable visuellement. Les algues fraîches sont vertes, les algues âgées présentent une croûte blanchâtre en surface et une couleur noirâtre en-dessous. En complément des recommandations de l'AFFSET, dans le cas de ramassage dans les rochers ou dans les vasières par exemple, le port du masque pourrait être étudié même si visuellement les algues semblent « fraîches ». En effet, le personnel évacue plus lentement pour se mettre en sécurité dans ces situations que lors d'une détection sur la plage.

Dans le cas des algues âgées, il convient de noter également que même avec un temps de réponse rapide (les temps les plus courts des appareils disponibles sur le marché sont de 15 à 20 secondes), la bouffée d'H₂S libérée lors du perçage de la croûte d'algues âgées peut conduire à l'inhalation de gaz à fortes concentrations avant que le détecteur donne l'alarme. En cas d'alarme, le personnel doit se mettre en sécurité et les responsables doivent évaluer la situation pour décider des conditions d'une reprise des opérations.

4.1.2 RECOMMANDATIONS POUR LE STOCKAGE PROVISoire

La traçabilité du stockage est impérative (de la même façon que pour le transport, voir le paragraphe suivant). Une signalisation du danger doit être visible et le stockage doit se faire à l'écart des zones accessibles aux promeneurs.

4.1.3 RECOMMANDATIONS POUR LE TRANSPORT, LE DEPOTAGE

Le transport doit être mis en œuvre rapidement, dès que les bennes sont remplies, de façon à éviter le stockage provisoire, et à assurer une prise en charge rapide des algues par les installations de traitement.

La date et l'heure du ramassage, ainsi que le tonnage ou le volume d'algues collectées doivent être enregistrés pour chacune des bennes sur une fiche de traçabilité. Cette information doit être disponible jusqu'à l'arrivée et la prise en charge des bennes sur les plateformes de traitement. Ces fiches permettront également à l'exploitant de mieux comptabiliser les quantités reçues sur la saison. Ultérieurement (en 2011), un dispositif électronique, de type puce ou code-barre, pourrait être envisagé sur les bennes.

Le type de benne utilisée dépendra du trajet suivi : pour des transports sur des distances courtes (comme c'était le cas par exemple en 2009 entre la plage d'Hillion et la plateforme de La Ville Indeloup), des bennes agricoles peuvent convenir, mais pour des trajets plus longs, comportant des parties sur des routes à 4 voies, comme entre les plages d'Hillion et la plate-forme de Launay Lantic, le transport ne peut être effectué qu'en remorques de camions (les bennes agricoles ne pouvant pas parcourir ces distances). Celles-ci peuvent être équipées de systèmes d'ouverture automatique déportés, ce qui limite le risque d'exposition à des bouffées d'H₂S lors du dépotage.

Lors du dépotage, le personnel non protégé (détecteur d'H₂S à réponse rapide et masque à cartouche, voir le paragraphe précédent) devrait se trouver à distance de l'ouverture de la benne et des algues déchargées (cf. note de l'AFSSET). Les risques et les mesures adéquates de protection des personnels sont réglementairement étudiés dans le cadre de l'évaluation des risques professionnels qui incombent à l'employeur et également dans le cadre des protocoles de sécurité qui doivent être établis lors de dépotage d'algues âgées.

Remarque : le traitement des eaux issues du nettoyage des bennes mérite d'être prévu et adapté

4.1.4 RECOMMANDATIONS POUR LE TRAITEMENT (EPANDAGE, COMPOSTAGE)

En cas d'épandage, les stockages d'algues « en bout de champ » ne correspondent pas aux bonnes pratiques (éviter les nuisances olfactives). Les algues fraîches doivent être épandues sur le sol dans les 24 heures suivant leur ramassage, et enfouies dans les 24 heures suivantes. Des précautions spécifiques devront être prises en cas de l'épandage d'algues âgées.

La DREAL Bretagne a élaboré début 2010 un projet d'arrêté préfectoral spécifique pour les installations de compostage soumises à déclaration dont le dossier sera examiné en 2010. Ce projet (en cours de finalisation lors de la rédaction du présent rapport) définit un certain nombre de dispositions auxquelles les installations devront satisfaire. Les remarques suivantes sont en parties reprises de ce projet.

A leur arrivée sur les centres de compostage, les algues doivent être aussi rapidement que possible prises en charge et intimement mélangées au structurant (broyat de déchets verts, paille...). Le mélange devra être aussi homogène que possible. L'exploitant devra toujours disposer de la quantité de structurant nécessaire pour traiter les algues au fur et à mesure de leurs apports, y compris en cas d'échouage massif.

Les algues mélangées devront être disposées en andains ne dépassant pas 3 mètres de hauteur (arrêté compostage de 2008), idéalement de hauteur inférieure : celle-ci peut être déterminée par la géométrie des engins servant au retournement. La hauteur limitée permet des retournements plus faciles, et réduit le potentiel de formation d'H₂S.

La formation d'H₂S est également limitée par une bonne aération des matières en fermentation. L'aération peut être réalisée soit de façon forcée, par insufflation ou aspiration d'air à travers l'andain, soit par retournement au chargeur ou au retourneur d'andain. Ce dernier dispositif, quoique plus onéreux que le chargeur, est préférable car il permet de bien homogénéiser et aérer les matières lors du retournement, et de le faire plus rapidement, ce qui permet d'envisager deux retournements par semaine. **Un retournement hebdomadaire au minimum est imposé par le projet d'arrêté de la DREAL, mais deux retournements par semaine, même s'ils sont sources d'odeurs (au moins sur le compost de moins de deux semaines), permettent davantage de limiter l'établissement de conditions anaérobies au sein des andains (sources d'émission d'H₂S et de méthane).**

Après la phase de fermentation, le mélange peut être criblé, ce qui permet la réutilisation du structurant. Les algues vertes peuvent alors être mélangées à d'autres composts en vue de la maturation, ou comme en 2009 à l'usine de Launay Lantic, avec du compost frais issu du tri d'ordures ménagères et du broyat de déchets verts, pour un nouveau cycle de fermentation.

4.2 DETECTION ET RELEVES D'INCIDENTS

4.2.1 UTILISATION DE DETECTEURS D'HYDROGENE SULFURE

Principe : 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 peut également ne fournir qu'un signal de dépassement de seuil pour la concentration de ce gaz dans l'air. Chaque appareil est spécifique du ou des gaz indiqués par le fabricant et doit être étalonné avec ce ou ces gaz. Les détecteurs peuvent être portatifs (les plus légers : détecteurs mono-gaz), portables (détecteurs multi-gaz) ou à poste fixe, et comporter des équipements tels une mémoire leur permettant 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.

Des appareils multifonctions peuvent comporter à la fois des fonctions de détecteur de gaz toxique, d'explosimètre et de détecteur de niveau d'oxygène (Zdanévitch, Huré, 1996).

Les paramètres à prendre en compte dans le choix des appareils sont principalement les suivants :

- le type de gaz détecté(s) : ici l'H₂S principalement,
- le type de capteur mis en œuvre pour chaque gaz : pour l'H₂S éviter les capteurs à semi-conducteurs, peu fiables : S. Bouchet (2008),
- pour chaque gaz, la gamme de concentration : pour l'H₂S, une gamme de 0 à 100 ppm est un compromis qui permet à la fois d'avoir une bonne précision sur les bas niveaux et de donner une indication à des niveaux plus élevés ; l'utilisation complémentaire d'un détecteur ayant une gamme de mesure de 0 à 1000 ppm peut être utile pour évaluer les niveaux de concentration très élevés, mais c'est au détriment de la détermination des concentrations autour des valeurs limites d'exposition professionnelle⁵,
- le temps de réaction, qui dépend du temps de réponse (voir la définition en annexe 1). Le temps de réponse doit être précisé par le fabricant ou le revendeur et être le plus court possible (en l'état de l'art actuel : de 15 à 20 secondes),
- la procédure d'étalonnage ou au moins de vérification de la réponse à l'H₂S, par exposition à un mélange de référence, disponible auprès de certains fabricants d'appareils,
- le prix : les premiers prix pour les détecteurs portatifs sans mémoire se situent aux environs de 150 euros,

⁵ VME : 5 ppm, VLCT : 10 ppm

- la praticité de l'utilisation de l'appareil : les détecteurs mono-gaz sont petits et légers et peuvent être portés sur le col ou la poche de poitrine, les détecteurs multi-gaz, plus lourds, seront portés à la ceinture,
- la durée de vie : certains fabricants/revendeurs décrivent une durée de vie des cellules sans entretien de deux ans, ce qui nous paraît peu réaliste (voir plus loin),
- l'existence d'une mémoire : il existe sur le marché des détecteurs portatifs mono-gaz d'H₂S à mémoire (voir des exemples en annexe 6).

Une évaluation réalisée par l'INERIS pour l'EXERA⁶ en 2008 sur des détecteurs d'hydrogène sulfuré à poste fixe a montré, entre autres, que les temps de réponse des capteurs sont très variables d'un appareil à l'autre, de 20 secondes à plus d'une minute. Un des appareils (neufs) a été livré en panne. Les appareils ont dérivé et certains se sont désensibilisés lors d'expositions prolongées à des concentrations moyennes d'H₂S (12 ppm). Bien que ces résultats ne soient pas directement transposables aux détecteurs portatifs (les cellules étant miniaturisées présentent un comportement différent), ils donnent des indications sur les précautions à prendre pour le choix et surtout pour la maintenance des appareils. L'évaluation est résumée en annexe 4.

Une vérification, à la réception de l'appareil, de la réponse à l'H₂S est vivement recommandée. Par la suite, pour une utilisation normale (8 heures par jour), une vérification périodique, **au moins mensuelle**, est recommandée. De plus, si l'alarme d'un appareil s'est déclenchée plusieurs fois, et/ou sur des périodes longues, et/ou à des niveaux élevés d'H₂S, le bon fonctionnement de cet appareil devrait également être vérifié après ces déclenchements.

Remarque : l'INERIS a rencontré des déclenchements intempestifs de détecteurs multi-gaz au cours de campagnes de mesures. Après investigations, les cellules oxygène, en fonctionnement continu, se dégradent rapidement par rapport aux autres cellules. Suite à des déclenchements intempestifs ou « jugés » comme intempestifs (détections d'une substance interférente, décalage de sensibilité d'une cellule,..), le personnel a tendance à couper son détecteur. Il ne s'agit pas de faire « totalement et uniquement confiance » à son détecteur pour évaluer le risque liée à une situation, l'expérience, la connaissance, la couleur des algues sont également essentiels à prendre en compte. Il faut considérer ces détecteurs comme un moyen d'alerte complémentaire et il vaut mieux évacuer pour une « mauvaise » raison (détection d'un interférent par exemple) que de ne pas évacuer. Le déclenchement de l'alarme du détecteur devrait d'ailleurs être suivi d'une analyse de la situation pour alimenter le retour d'expérience vis-à-vis de la spécificité des algues.

Recommandations de l'INERIS :

Chacun des travailleurs intervenant sur une ou plusieurs opérations de la filière (ramassage à l'aide d'engins ou à pied, transport, dépotage, traitement -particulièrement en installations fermées) devrait être équipé d'un détecteur de

⁶ Association des Exploitants d'Équipements de mesure, de Régulation et d'Automatisme

gaz, au moins pour l'hydrogène sulfuré. **Le port du détecteur implique une formation adaptée du personnel comme pour tous les équipements de protection individuelle (masque à cartouche,...) ou collective.**

Chaque entreprise ou collectivité doit avoir accès à une installation permettant de vérifier périodiquement 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 provisoire.

Afin d'évaluer les expositions réelles des travailleurs sur la durée des postes de travail, l'utilisation de détecteurs à mémoire est utile (voir des adresses de constructeurs/revendeurs en annexe 5 et des exemples de détecteurs portatifs à mémoire en annexe 6).

Enfin, il serait intéressant de réaliser une évaluation d'appareils portatifs du même type que les essais réalisés pour l'EXERA sur des appareils fixes.

4.2.2 SUIVI DES INCIDENTS

Le « guide des bonnes pratiques » rédigé par le groupe de travail des services de prévention de Bretagne prévoit le renseignement d'un journal d'incidents lors de la collecte et du traitement des algues vertes. Ce document a vocation à être utilisé :

- par les responsables de sites, aussi bien de ramassage que de traitement, pour assurer le suivi des opérations et la sécurité sur le site, et
- par les médecins du travail pour assurer le suivi médical des travailleurs.

Recommandations de l'INERIS :

Les responsables de sites devront s'assurer que le journal d'incidents est régulièrement et correctement rempli.

L'ensemble des journaux d'incidents pourrait être centralisé et analysé par l'ensemble des acteurs en fin de saison afin d'évaluer la pertinence et la suffisance des moyens de prévention/ protection mis en œuvre sur la saison 2010.

Cette centralisation et ces échanges permettraient également :

- de vérifier la facilité/convivialité d'utilisation du journal d'incident,
- d'évaluer la pertinence/suffisance des informations collectées dans l'objectif d'une évaluation des risques pour le personnel (identification des différents scenarii),
- de recenser l'ensemble des incidents sur l'ensemble des sites et d'établir ainsi un retour d'expérience.

5. REMARQUES SUR DIFFERENTS MODES DE TRAITEMENT DES ALGUES VERTES / AMELIORATION DES CONNAISSANCES

5.1 REMARQUES SUR LES PROJETS DE METHANISATION

En vue de la réduction des nuisances apportées par l'échouage, le ramassage et le traitement des algues vertes, la mission interministérielle a préconisé d'effectuer des recherches sur la méthanisation des algues.

S'il s'agit de méthaniser les algues une fois ramassées (recherches en ce sens à effectuer, d'après la préconisation du rapport de la mission interministérielle, page 78), il convient de noter que l'échouage d'algues n'a lieu que pendant 3 à 4 mois sur l'année (de juin à septembre principalement) alors que la méthanisation est un phénomène biologique long à mettre en œuvre et à stabiliser. Il est ainsi très difficile de conduire correctement des installations dont l'alimentation est variable sur l'année, d'autant qu'il faut, à chaque changement de substrat, laisser le temps aux micro-organismes de s'adapter. Les variations importantes des apports peuvent difficilement être lissées. Les algues présentent un potentiel méthanogène très faible (puisqu'elles ne contiennent que peu de matières organiques : de l'ordre de 6 à 10 % sur le poids brut) ; en revanche leur fortes concentrations en éléments soufrés et azotés pose un problème. Ainsi, les composés soufrés peuvent se retrouver sous la forme d'H₂S dans le biogaz avec les risques associés. De plus, la valorisation de biogaz riche en H₂S donne lieu à des émissions atmosphériques de SO₂. Par ailleurs, les composés azotés sont moins éliminés sous forme d'ammoniac gazeux que lors du compostage, et restent donc dans le digestat, ce qui pose le problème du retour au sol de l'azote.

S'il s'agit de méthaniser les déjections animales afin de limiter les déversements de matières azotées vers les bassins versants (préconisation du plan de lutte contre les algues vertes du 5 février 2010), cette démarche est plus intéressante car les entrants sont produits toute l'année. L'épandage des lisiers et des fientes sur des sols proches des côtes est une source importante de déversement de nitrates vers les eaux côtières par le lessivage des sols. Une gestion différente de ces déchets permettrait de limiter ces apports. Cependant, compte-tenu de leur faible teneur en matières sèches, ces déchets ont aussi un potentiel méthanogène très faible. Cela impose généralement, tant pour assurer la rentabilité économique que pour assurer la génération d'un biogaz suffisamment riche en méthane pour être valorisé facilement, de co-méthaniser ces matières avec d'autres, plus riches (comme les graisses ou des résidus végétaux secs tels les fanes de maïs). Il faut s'assurer dans ce cas que les matières complémentaires soient disponibles en quantités suffisantes toute l'année. D'autre part, il faut assurer la gestion des digestats, par exemple par des plans d'épandage, mais en tenant compte du fait que les sols bretons sont déjà riches en matières organiques et azotées. Comme pour les algues, la biodégradation anaérobie élimine peu les composés azotés des déchets, qui se retrouvent dans le digestat. Le compostage du digestat, suivi de la valorisation agronomique peut être une meilleure solution, qui reste à évaluer dans une optique régionale : le transport du compost vers des sols plus

pauvres mais plus éloignés n'est pas nécessairement pertinent (émissions et coût du transport).

Enfin, l'investissement représenté par la construction de ces installations, ainsi que le suivi du fonctionnement, représentent des sommes importantes, qui ne peuvent généralement pas être engagées, même avec des aides, par des agriculteurs isolés. Les projets devront donc regrouper des exploitations et faire l'objet d'études approfondies du financement.

5.2 OPTIMISATION DU COMPOSTAGE

Les nouvelles installations de l'usine de Launay Lantic feront l'objet, de la part des responsables du site, d'une surveillance sur l'été 2010 afin de valider les conditions de compostage en aération forcée avec de l'air chaud. En complément de ce retour d'expérience, des données seraient à acquérir par des essais en pilote instrumenté, notamment sur différents types de co-substrats utilisables (comme la paille) et sur les conditions à réaliser pour optimiser le procédé (proportions de structurant, aération, suivi de la température et de l'humidité, suivi des émissions gazeuses...). Un programme d'essais pourra être défini ultérieurement, en collaboration avec le Cemagref de Rennes et le CEVA.

5.3 AMELIORATION DES CONNAISSANCES : ESSAI EXPLORATOIRE EN PILOTE ANAEROBIE

Il est prévu au cours de l'été 2010, dans le cadre du programme d'appui au MEEDDM de l'INERIS « Risques liés à la méthanisation », d'étudier la cinétique du dégagement d'hydrogène sulfuré lorsque les algues vertes sont mises en conditions anaérobies. Pour ce faire, une petite quantité d'algues fraîches fragmentées sera disposée dans le pilote de méthanisation de l'INERIS. Les conditions de l'essai ne sont pas encore figées. Le pilote ne peut fonctionner qu'en conditions plutôt humides⁷ ; en revanche la température peut être ajustée, de 25 à 55 °C environ. L'objectif de cet essai exploratoire est d'avoir une estimation de la vitesse à laquelle l'hydrogène sulfuré est émis par les algues en décomposition. Cet essai ne peut pas être directement extrapolé aux dépôts d'algues sur les plages car les matières en biodégradation dans le pilote sont agitées, ce qui n'est pas le cas sur les plages.

5.4 CONCLUSIONS

Les différents procédés de traitement des algues demandent encore d'acquérir de nombreuses données pour que leur efficacité et leurs impacts, notamment en termes de nuisances olfactives, soient correctement évalués. Certaines de ces données seront acquises au cours de la saison 2010, mais des recherches complémentaires resteront nécessaires afin d'optimiser les traitements curatifs des marées vertes, qui sont la seule solution actuelle à la prolifération des algues.

⁷ Méthanisation en voie humide : 5 à 15 % de matières sèches, méthanisation en voie sèche : 20 à 30 % de matières sèches

6. PROPOSITIONS DE CAMPAGNES DE MESURES

Dans le cadre du Plan de lutte contre les Algues Vertes élaboré par le MEDDEM, l'INERIS est également sollicité pour proposer des actions d'expertises, en vue d'évaluer les risques liés à la prolifération des algues vertes.

Le MEEDDM souhaite avoir des mesures sur les émissions d'hydrogène sulfuré, mais également d'autres gaz toxiques, sur l'ensemble de la filière « ramassage, stockage (en haut des plages), transport, dépotage, traitement, épandage ». La conception de campagnes de mesures pertinentes qui pourraient être réalisées dès l'été 2010 (et à poursuivre en 2011) intègrera les résultats des deux axes décrits ci-dessus, et permettra de contribuer aux travaux pilotés par l'AFSSET. Les campagnes déjà réalisées par le CEVA et Air Breizh seront également prises en compte.

Ce chapitre présente :

- Les caractéristiques des 2 substances les plus étudiées (H_2S et NH_3) sur le thème des « algues vertes »,
- Les méthodes de mesures d'odeurs à l'émission et dans l'environnement,
- Une synthèse des études déjà réalisées sur les émissions gazeuses liées à la fermentation des algues vertes,
- Des propositions de campagnes de mesures qui pourraient être réalisées au cours de l'été 2010, en partenariat avec Air Breizh notamment.

6.1 CARACTERISTIQUES DE L'HYDROGENE SULFURE ET DE L'AMMONIAC

L' H_2S et NH_3 sont les 2 principaux composés qui ont été étudiés lors de mesures d'émissions gazeuses liées aux algues vertes.

Le Tableau 4 présente pour ces 2 composés, les valeurs réglementaires en France, les concentrations ubiquitaires et les concentrations qui ont déjà été mesurées sur site (hors plages ou émissions de site présentant des algues vertes).

Tableau 4 : Valeurs réglementaires, concentrations ubiquitaires et mesurées à l'émission et dans l'environnement pour l'H₂S et le NH₃

Composés	Seuil olfactif	VME	VLE	Concentration ubiquitaire	Concentrations mesurées sur site	Concentrations mesurées à l'émission et dans l'environnement d'une plate-forme de compostage de boues et déchets verts (étude INERIS)	
						Concentrations à l'émission	Concentrations dans l'environnement
NH ₃	5 – 50 ppm 3,5 – 35 mg/m ³ Odeur piquante caractéristique	10 ppm 7 mg/m ³	20 ppm 14 mg/m ³	0,6 à 3 ppb (0,4 à 2,1 µg/m ³)	de 0,52 à 2,16 ppm (0,36 à 1,5 mg/m ³) dans un enclos où se trouvait parqué un cheptel (ferme à élevage intensif)	25 mg/m ³ (35,7 ppm) (déchets verts) 0,2 à 2 mg/m ³ (0,3 à 3 ppm) (compost fini) Données CIRSEE – mesures par absorption	Jusqu'à 0,15 ppm (0,1 mg/m ³) (tubes passifs) à 50-100 m du site Jusqu'à 0,37 ppm (0,26 mg/m ³) (colorimétrie) à 100 m du site
H ₂ S	0,5 – 10 ppb 0,7 – 14 µg/m ³ Odeur d'œuf pourri	5 ppm 7 mg/m ³	10 ppm 14 mg/m ³	Variable suivant les sources de données mais généralement de l'ordre de 0,07 à 0,7 ppb (0,1 à 1 µg/m ³)	De 0,7 à 350 ppb (1 à 500 µg/m ³) pour des sites urbains	Pas de données	De 2,9 à 14 ppb (4 à 20 µg/m ³) (Jerome®) à moins de 100 m du site

6.2 METHODOLOGIE DE MESURES

Dans ce chapitre, sont présentés :

- une synthèse (non exhaustive) de méthodologies disponibles pour mesurer les paramètres chimiques intervenant dans le processus de fermentation des algues vertes,
- les méthodes de mesures d'odeurs à l'émission et dans l'environnement,
- les études déjà réalisées et relatives aux émissions de composés gazeux émis par la fermentation des algues vertes.

6.2.1 METHODES DE MESURES DES COMPOSES A SURVEILLER

Compte-tenu des éléments bibliographiques à disposition, les composés et familles de composés intéressants à rechercher sont les suivants :

- composés soufrés : sulfure d'hydrogène, mercaptans, DMS, DMDS,
- composés azotés : ammoniac,
- composés organiques volatils : COV,
- Odeurs.

Pour ces différents composés, l'annexe 7 présente une liste des principales méthodes de mesures disponibles (avantages et inconvénients) et leurs gammes de mesures, leur résolution temporelle, le milieu étudié et les objectifs pouvant être attendus.

Les données sont issues des études synthétisées déjà réalisées sur les émissions gazeuses des algues vertes ainsi que des données bibliographiques de l'INERIS et l'INRS.

6.2.2 SYNTHÈSE DES ÉTUDES DÉJÀ RÉALISÉES

Trois organismes ont réalisé des études sur les émissions gazeuses des algues vertes, à savoir, AIR BREIZH, le CEVA et l'INERIS.

6.2.2.1 ÉTUDES RÉALISÉES PAR AIR BREIZH

Air Breizh a réalisé plusieurs campagnes de mesures de NH₃ et H₂S dans l'air en bordure de plages. Le Tableau 5 synthétise les différentes campagnes de mesures réalisées ainsi que les méthodes mises en œuvre.

Tableau 5 : Mesures réalisées par Air Breizh

Période	Site de mesure et type de milieu	Dispositif de prélèvement	Paramètres surveillés	Méthodes utilisées	Concentrations mesurées
21/07/2005 au 02/09/2005	St-Michel-en-Grèves <i>Bord de plage</i>	Mât (prélèvement ponctuel à 3 mètres de hauteur)	NH ₃	AiRRmonia Analyseur en continu / Mesure conductimétrique Données toutes les minutes	Moyenne : 1,6 µg/m ³ P98 : 13,9 µg/m ³ Max quart horaire : 34 µg/m ³
			H ₂ S	Analyseur classique de SO ₂ avec module CH2S Mesure par fluorescence UV Données toutes les 30 secondes	Moyenne : 19,8 µg/m ³ P98 : 189,6 µg/m ³ Max quart horaire : 1 136 µg/m ³
20/07/2006 au 13/09/2006	St-Michel-en-Grèves <i>Bord de plage</i>	Mât (prélèvement ponctuel à 3 mètres de hauteur)	NH ₃	AiRRmonia	Moyenne : 4,4 µg/m ³ P98 : 15 µg/m ³ Max quart horaire : 44 µg/m ³
			H ₂ S	Analyseur classique de SO ₂ avec module CH2S	Moyenne : 33,3 µg/m ³ P98 : 254,9 µg/m ³ Max quart horaire : 3 408 µg/m ³
03/07/2008 au 10/09/2008	Plage de Grandville à Hillon <i>Bord de plage</i>	Mât (prélèvement ponctuel à 3 mètres de hauteur)	NH ₃	AiRRmonia	Moyenne : 9,5 µg/m ³ P98 : 68 µg/m ³ Max quart horaire : 186 µg/m ³
			H ₂ S	Analyseur classique de SO ₂ avec module CH2S	Moyenne : 42,2 µg/m ³ P98 : 408 µg/m ³ Max quart horaire : 3 787 µg/m ³
02/07/2009 au 25/08/2009	Douarnenez <i>Bord de plage</i>	Mât (prélèvement ponctuel à 3 mètres de hauteur)	NH ₃	AiRRmonia	Moyenne : 0,08 µg/m ³ Max quart horaire : 4,0 µg/m ³
			H ₂ S	Analyseur classique de SO ₂ avec module CH2S	Moyenne : 0,2 µg/m ³ Max quart horaire : 26 µg/m ³
03/09/2009 au 14/09/2009	St-Michel-en-Grèves <i>Bord de plage</i>	Mât (prélèvement ponctuel à 3 mètres de hauteur)	H ₂ S	Analyseur classique de SO ₂ avec module CH2S	Moyenne : 0,06 µg/m ³ Max quart horaire : 6,0 µg/m ³

P98 : Percentile 98. Il caractérise les niveaux de pointe. La concentration correspond à la valeur dépassée 2 % du temps.

Max quart horaire : Concentration maximale mesurée sur une période d'un quart d'heure.

6.2.2.2 ETUDES REALISEES PAR LE CEVA

Dans le cadre d'un programme de recherche pour l'ADEME, le CEVA (coordinateur) en partenariat avec le CEMAGREF et Air BREIZH a réalisé plusieurs campagnes d'acquisition de données relatives aux émissions gazeuses, potentiellement associées au stockage et au compostage des algues ramassées sur les plages.

Le Tableau 6 synthétise les différentes campagnes de mesures réalisées au cours du projet.

Tableau 6 : Mesures réalisées par le CEVA / CEMAGREF / AIR BREIZH

Période	Site de mesure et type de milieu	Dispositif de prélèvement	Paramètres surveillés	Méthodes utilisées	Concentrations mesurées
2007 (CEMAGREF et CEVA)	Etude en réacteur pilote du CEMAGREF (Rennes) <i>Laboratoire</i>	Pilote (mélange algues + paille et algues + plaquettes de bois)	H ₂ S	Barbotage (PbNO ₃)	Jusqu'à 0,786 g S-H ₂ S/kg MO initial d'algues
			Mercaptans	Barbotage (HgCl ₂)	Jusqu'à 0,049 g S-RSH/kg MO initial d'algues
			NH ₃	Barbotage (H ₂ SO ₄)	Jusqu'à 9,3 g N-NH ₃ /kg MO initial d'algues
			O ₂	Cellule paramagnétique	/
			CO ₂	Détecteur IR	Jusqu'à 250 g C-CO ₂ /kg MO initial d'algues
			CH ₄		Jusqu'à 6,7 g C-CH ₄ /kg MO initial d'algues
N ₂ O	Jusqu'à 4,5 g N-N ₂ O/kg MO initial d'algues				
Août 2008 (CEMAGREF et CEVA)	Hillion <i>A l'émission – Plateforme de compostage</i>	Tunnel	H ₂ S	1) Analyseur portable (DL113). De 100 ppb à 100 ppm 2) Barbotage (acétate de zinc). Redistillation puis colorimétrie (bleu de méthylène)	1) De 0,2 à 1 ppm 2) 1 ppm De 1,1 à 3,9 g/m ² /jour
			NH ₃	Analyseur acoustique INNOVA	De 0,4 à 16 g/m ² /jour
			N ₂ O		De 0,2 à 0,6 g/m ² /jour
			CO ₂		De 1 750 à 3 100 g/m ² /jour
			CH ₄		De 256 à 290 g/m ² /jour
26/06/2007 au 31/10/2007 (AIR BREIZH)	Launay-Lantic et Hillion <i>A l'émission et dans l'environnement très proche (< 100 mètres) de 2 plateformes de compostage</i>	Echantillonneurs passifs air ambiant	H ₂ S	Tubes passifs	Moyenne : 36,2 µg/m ³ (Hillion) et 2,5 µg/m ³ (Launay-Lantic) Max : 275 µg/m ³ (Hillion) et 46 µg/m ³ (Launay-Lantic)

6.2.2.3 ETUDE REALISEE PAR L'INERIS

En août 2009, suite à la mort d'un cheval à St-Michel-en-Grève, l'INERIS a été sollicité par le MEEDDM en vue d'estimer les teneurs en H₂S et de déterminer la présence d'autres composés gazeux pouvant être émis par les algues vertes en cours de fermentation sur les plages. Le Tableau 7 synthétise les méthodes utilisées au cours de cette campagne de mesures.

Tableau 7 : Mesures réalisées par l'INERIS

Période	Site de mesure et type de milieu	Dispositif de prélèvement	Paramètres surveillés	Méthodes utilisées	Concentrations mesurées
12/08/2009	St-Michel-en-Grève <i>Sur la plage</i>	Chambre	H ₂ S	1) Détection multigaz portable 2) Tubes colorimétriques 3) Prélèvements en ampoules de verre – piégeage de l'H ₂ S + réactifs – analyse par spectrophotomètre en laboratoire	1) De 15 à 70 ppm (20 à 100 mg/m ³) et saturé en 2 pts (> 100 ppm) 2) D'environ 600 à 1 000 ppm (830 à 1 390 mg/m ³) 3) De 4 à 1 030 ppm (5 à 1 400 mg/m ³)
			NH ₃	Détection multigaz portable	De 4 à 245 ppm (3 à 170 mg/m ³) et saturé en 2 pts (> 300 ppm)
			CH ₄	Détection multigaz portable	De 2 à 2,8 % de la LIE
			COV _T / CH ₄	Prélèvement par sacs puis analyse FID	COV _T : 320 ppm CH ₄ : 120 ppm
			CO/CO ₂	Détection multigaz portable	0,6 à 1,4 %
			Méthylmercaptan	Tubes colorimétriques	De < 1 à 6ppm
			H ₂ S DMS Méthylmercaptan	Prélèvement par sacs puis analyse CG/FDP	H ₂ S : de 1 à 400 ppm DMS : de 2 à 200 ppm Méthylmercaptan : ND (< 1 ppm)
			COV (identification)	Prélèvement sur cartouche (carbone graphité) puis analyse CG/SM en laboratoire	DMS : de 0,02 à > 50 ppm Diméthylsulfoxyde : de 0,01 à 0,05 ppm Toluène : de 0,003 à 0,02 ppm Chlorobenzène : 0,003 ppm

6.3 PROPOSITION DE CAMPAGNES DE MESURES

Le plan de lutte contre les algues vertes prévoit l'engagement de campagnes de mesures, afin d'identifier les risques encourus par :

- les travailleurs chargés du ramassage, du stockage, du transport et du traitement pour élimination des algues vertes,
- les promeneurs sur les plages, les pêcheurs à pied et professionnel de la mer,
- les riverains des plages et des sites de traitement des algues vertes.

La réalisation de ces campagnes implique la mobilisation des expertises locales tant au niveau de l'exposition des travailleurs que de la mesure dans l'environnement.

6.3.1 EXPOSITION DES TRAVAILLEURS

Les travailleurs concernés sont ceux impliqués dans le ramassage, le transport, le chargement et le dépotage des algues depuis les plages jusqu'aux plateformes de compostage.

Objectif 1 : Vérifier que les travailleurs sont exposés à des concentrations inférieures aux VME (Valeur Moyenne d'Exposition) et VLCT (Valeur Limite Court Terme) pour l' H_2S et le NH_3 qui disposent de VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle).

Méthode : Ces mesures sont faites sur les durées effectives des différents postes de travail avec pour chacun des stratégies de mesures cohérentes avec la comparaison à la VLE et à la VME.

Les systèmes de prélèvements doivent être portables pour pouvoir équiper le travailleur sur le poste étudié et quantifier son exposition au plus près des voies respiratoires (pas de prélèvement d'ambiance).

En premier lieu, cette vérification doit être faite en utilisant les méthodes de référence de l'INRS : Métropol 14 (H_2S) et Métropol 13 (NH_3). Ces méthodes ont été élaborées par des spécialistes des laboratoires interrégionaux de chimie des CRAM et des laboratoires du Département Métrologie des polluants de l'INRS. Ces méthodes permettent de déterminer des valeurs moyennes intégrées sur la durée du prélèvement que l'on peut comparer au VLE/VME.

Il est à noter que la méthode Métropol 14 pour l' H_2S est délicate à mettre en œuvre et peut livrer des résultats incertains (retour d'expérience).

Objectif 2 : Repérer et cartographier les activités pour lesquelles l'exposition des travailleurs à l' H_2S et au NH_3 sur les différents postes de travail est la plus forte tout au long de la chaîne de collecte et de traitements des algues vertes.

Méthode : Il existe une large gamme de détecteurs portatifs qui pourraient être utilisée en complément des méthodes Métropol.

Certains de ces détecteurs permettent d'avoir un enregistrement en continu des concentrations mesurées avec différentes résolutions temporelles (20 secondes à plus d'une minute). Les mesures seraient également réalisées au plus proche des voies respiratoires.

Elles permettraient d'avoir accès à une information temporelle et sur la base d'une documentation précise des postes de travail (heures de début et durées des postes) d'identifier les postes générant les expositions les plus importantes. Cette information permettra de hiérarchiser les améliorations à apporter pour diminuer les expositions des travailleurs mais également de tester l'efficacité de nouveaux modes d'exploitation.

Cependant une grande attention doit être portée sur le choix du matériel, les interférents possibles et sur la formation des personnels les mettant en œuvre (cf. §4.2.1). En effet ces systèmes sont tout d'abord des systèmes de sécurité des personnes (abandon de poste lors de déclenchement d'alarme) et cela pose le problème de continuer à réaliser des opérations de mesure en situation de risque. Si ce type de campagne de mesures devait être conduit, les opérateurs devraient être équipés d'équipements de protection individuelle adaptés. Ensuite ces détecteurs ont souvent une faible sensibilité (niveau à partir duquel un signal est mesuré). Cela induit une discontinuité dans la mesure où seules les périodes de fortes intensités apparaissent.

Pour l'H₂S, il existe néanmoins un modèle de détecteur portable (Jerome[®]) qui permettrait de documenter en continu les gammes de faibles concentrations (1ppb – 1 ppm). Cependant sa diffusion est assez confidentielle auprès des acteurs français de la mesure. Pour l'ammoniac le problème reste entier pour la réalisation de mesure en continu à des niveaux de concentration moyens.

Le couplage de ces mesures à des outils de géolocalisation pourrait permettre de cartographier et de repérer rapidement les zones d'exposition des travailleurs sur toute la filière de collecte aux traitements des algues vertes. Ces données permettront également de construire des budgets espace-temps de l'exposition des travailleurs aux différentes substances étudiées.

Objectif 3 : Documenter l'exposition moyenne des travailleurs à l'H₂S, au NH₃ et à d'autres substances (composés soufrés autres que l'H₂S, COV, etc.).

Méthode : Réaliser des prélèvements au plus proche des voies respiratoires par sacs d'échantillonnage ou cartouches. Les analyses seraient effectuées en différé au laboratoire. Ces données permettraient d'améliorer la connaissance de l'exposition des travailleurs aux émissions gazeuses liées à la fermentation des algues vertes.

Ces prélèvements peuvent être réalisés sur des durées de 10 mn à 10 heures permettant ainsi de caractériser différents postes de travail.

L'ensemble des données collectées (objectifs 2 et 3) permettra d'identifier les points noirs / critiques pour les travailleurs. De hiérarchiser les postes critiques et tester l'efficacité d'actions correctives.

Note importante : L'ensemble de ces mesures ne peuvent être réalisées sans une étroite collaboration avec les CRAM, l'INRS et les opérateurs du secteur (privés et collectivités) notamment pour valider des scénarios représentatifs du secteur.

Objectif 4 : Caractériser qualitativement l'évolution des concentrations gazeuses en H₂S, NH₃, CH₄, COVT à l'interface « algue-atmosphère » d'algues « fraîches » en situation de stockage (bennes et plages).

Méthode : Mesurer en continu l'évolution des concentrations gazeuses à l'aide d'une chambre d'exposition placée à l'interface entre les algues « fraîches » et l'atmosphère. Ces mesures seraient réalisées en différents points à intervalle régulier (15 minutes / heure) sur un tas d'algues « fraîches » placé sur le haut d'une plage (à l'abri des marées).

Pour le stockage en benne, ces mesures permettraient d'évaluer la durée maximale de stockage des algues vertes en situation réelle (stockage dans des bennes en haut de plage) et ainsi de pouvoir optimiser le mode de stockage (durée de stockage, benne ouverte / fermée, etc.).

Pour les algues fraîches déposées sur les plages, ces mesures permettraient d'évaluer en combien de temps, la capacité émissive d'un ensemble d'algues vertes déposées atteint son maximum (heures ou jours).

Une campagne de mesures des émissions gazeuses pourrait être envisagée. Elle serait réalisée sur plusieurs jours et permettrait ainsi de suivre les émissions gazeuses au cours du temps et de déterminer le délai à ne pas dépasser pour le ramassage des algues une fois échouées sur les plages. L'H₂S serait principalement mesuré mais également le NH₃ et les COVT. Les analyses seraient réalisées sur place, dans le laboratoire mobile.

6.3.2 EXPOSITION DE LA POPULATION GENERALE (SUR PLAGES)

Les populations concernées sont les promeneurs sur les plages, les touristes et les pêcheurs à pieds.

Objectif 5 : Evaluer l'exposition des populations présentes sur les plages, hors des zones interdites.

Il est sans intérêt immédiat de caractériser l'exposition des populations sur des zones interdites d'accès. En effet, cette interdiction présuppose que l'exposition des populations risque d'être forte au droit de ces zones. Nous proposons ici de caractériser l'exposition des populations à des distances croissantes sous les vents de ces zones. Les scénarios d'exposition envisageable sur ces zones sont principalement associés à des comportements nomades sur la plage avec des stations plus ou moins longues et à des distances plus ou moins grandes des zones interdites.

Méthode : Nous proposons ici de déployer des outils d'investigation permettant de cartographier l'exposition à des concentrations non aiguës à l'H₂S sur différents parcours. Chacun de ces parcours linéaires sera positionné sur un axe perpendiculaire à la direction du vent dominant puis à des distances croissantes de la source. Travaillant sur les faibles concentrations, il est recommandé ici

d'utiliser le détecteur portable Jerome® qui permet de documenter en continu les gammes basses (cf § Objectif 2). La mesure nomade de cet indicateur direct de la décomposition des algues (H₂S), permettra de visualiser après exploitation de signaux GPS mesurés en simultanément, l'intersection des parcours avec les panaches de dispersions issus des zones interdites. Lors de chacun de ces parcours, un prélèvement intégratif dans des sacs d'échantillonnages ou cartouches sera également réalisé afin de déterminer sur chacun de ces parcours les concentrations moyennes rencontrées en différentes substances (NH₃, soufrés, COV, etc.). Afin d'associer à ces parcours le scénario enfant et adulte, deux hauteurs de prélèvement pourront être intégrées au dispositif pour évaluer un possible effet de la densité des polluants dans leur dispersion.

Il est important de réaliser ces mesures tout au long de l'axe car il est probable que les zones d'émissions soient très hétérogènes en amont de ces axes.

Quelques points fixes pourront néanmoins être positionnés au ras du sol sous le vent de ces zones pour documenter des scénarios types « bain de soleil » ou « jeux de sables ».

L'ensemble de ces mesures pourrait être réalisé en intégrant également un scénario exposition lors des phases de ramassage des algues vertes.

6.3.3 EXPOSITION DES RIVERAINS

Les riverains concernés sont les riverains situés autour des plateformes de compostage recevant des algues vertes. L'exposition des riverains des plages est maintenant bien documentée par les mesures réalisées par Air Breizh.

Il est par ailleurs à prévoir du fait des ramassages systématiques, des transferts massifs d'algues vertes des plages vers les plateformes pendant la saison touristique.

Objectif 6 : Pour cette cible, nous proposons comme objectif prioritaire de caractériser l'impact d'une plateforme de compostage d'algues vertes dans son environnement (substances et odeurs).

Méthode : Le procédé de compostage est caractérisé par des phases statiques (maturation) et des phases dynamiques (criblage, retournement, aération : émissions diffuses). Le retour d'expérience de l'INERIS dans ce domaine montre que les niveaux d'émissions liées à ces phases peuvent être très différents mais leur périmètre d'impact identique.

La caractérisation du terme source diffuse est marquée par une grande incertitude. Cela rend l'évaluation de l'exposition des populations par la modélisation du terme source délicate et incertaine. On préférera ici utiliser les résultats de mesures dans l'environnement.

Dans ce cadre et pour ce type de source les modèles de dispersion offre néanmoins un bon outil qualitatif pour évaluer les zones de retombées autour du site et les distances d'impacts. Ces données sont précieuses pour optimiser la stratégie d'échantillonnage.

Nous recommandons de valider le modèle de dispersion. Cela peut être facilement réalisé avec un gaz traceur de l'activité que l'on est capable de mesurer

en continu dans l'environnement et aux niveaux des émissions des sources statiques (NH₃ et H₂S par exemple).

Afin de se limiter à une recherche de traceurs pertinents de l'activité dans l'environnement, nous recommandons également de caractériser largement la composition du flux gazeux. Ces mesures permettront de hiérarchiser les émissions et en fonction des risques associés à chacun de ces flux de déterminer le nombre de substances à rechercher dans l'environnement.

Concernant l'impact olfactif des sites, nous recommandons de caractériser parallèlement aux composés chimiques, le débit d'odeur des émissions statiques des sites (andains, bassins) afin de modéliser leur impact en termes de concentration d'odeur dans l'environnement. Pour les mêmes raisons (émission diffuses) nous recommandons de consolider cette approche calculatoire par des mesures directes dans l'environnement.

6.3.3.1 MODELISATION DU TERME SOURCE – TRAVAUX PREPARATOIRES

Afin d'optimiser la stratégie de mesure dans l'environnement et notamment de localiser les points d'échantillonnages d'intérêts dans l'environnement un modèle de dispersion des émissions des sources fixes du site pourra être utilisé.

Les données météorologiques locales sur au moins trois années seront injectées comme données d'entrées (vérification de leur disponibilité nécessaire). Au niveau des termes sources (flux d'émission), le modèle étant utilisé ici comme outil qualitatif de localisation des zones d'impacts, un flux unitaire pourra être utilisé. Pour les autres paramètres (topographie, géométrie, vitesse et température des émissions) les données recueillies sur place ou dans la littérature seront utilisées. Dans une première phase, cette modélisation n'utilisant pas les flux d'émissions réelles, et ayant pour objectif de localiser les zones de retombées autour de la plateforme, cette étape pourra et devra être engagée préalablement à toute action de mesure.

Des cartographies des zones de retombées spécifiques à chaque configuration de dispersion devront être proposées. La typologie de celles-ci sera établie sur la base de l'analyse des conditions météorologique locales (rose des vents et de stabilité saisonnière). Un jeu de données caractéristiques à la période des mesures environnementales devra être isolé.

Une fois ces travaux préparatoires réalisés au niveau de la modélisation les mesures de caractérisation des émissions à la source et des concentrations dans l'environnement pourront être engagées.

6.3.3.2 CAMPAGNES DE MESURES A L'EMISSION – CARACTERISATION DES FLUX

Pour caractériser la composition des émissions gazeuses des substances et des odeurs liées aux activités inhérentes d'une plateforme de compostage d'algues vertes (dépotage des matières premières, mélange des matières, etc.) des mesures à l'émission pourront donc être réalisées.

Les mesures devront être réalisées sur l'ensemble des sources présentes sur une plateforme de compostage : tas d'algues vertes, andains en fermentation / maturation, produit fini, bassin de récupération des lixiviats.

Des mesures en continu pourront être réalisées sur les substances suivantes : H₂S, autres composés soufrés (mercaptans, DMS, DMDS), NH₃, COV, etc. afin d'appréhender les variations temporelles de la plateforme sur les émissions.

Lors de ces mesures, des prélèvements ponctuels pourraient être réalisés sur des cartouches absorbantes afin de caractériser la composition des COV (screening).

Des mesures de concentration d'odeurs (selon la norme NF EN 13725) seraient également réalisées sur chaque source étudiée sur la plateforme.

Ces mesures seraient réalisées lors de différentes journées permettant de caractériser différentes sources du site en prenant en compte leurs niveaux d'activité.

L'exploitation de ces mesures permettra d'identifier la composition des flux des sources statiques et de les hiérarchiser. Sur la base de l'interprétation de ces données le choix des substances à suivre dans l'environnement serait réalisé.

6.3.3.3 CAMPAGNE DE MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT

Une station de mesure des paramètres météorologiques locaux devra être installée sur site (mesure en continu à 10 mètres de haut de la force et de la direction du vent notamment).

Sur la base des résultats de la modélisation (cf. § 6.3.3.1), l'implantation des points de prélèvement autour du site pourra être réalisée. Seront documentées en priorité les zones de retombées maximum, les sites sensibles (premières habitations, écoles...), des zones témoins hors de l'influence du site étudiés et des zones sous l'influence de sources exogènes au site étudiée (même traceur).

Sur ces points de mesure différents outils pourront être déployés pendant une à deux semaines :

- Des outils de mesures intégrées à l'aide de tubes passifs implantés sur tous les points dans l'environnement de la plateforme de compostage pour quantifier l'H₂S et le NH₃, voire d'autres substances (en fonction notamment des résultats des mesures à la source). La durée d'échantillonnage sera comprise entre 7 et 14 jours. Les échantillons seront analysés a posteriori en laboratoire. Ces mesures en plus des informations sur les niveaux d'expositions moyens permettront de bien valider le périmètre d'impact donné par modélisation de la source.

- Des mesures en continu en quelques points stratégiques répartis autour du site, comme le point de retombées maximales ou les premières habitations, pourront être réalisées à l'aide d'analyseur en continu de l'H₂S et des composés soufrés (DMS, DMDS...), le NH₃, les BTEX. Ces mesures en plus des informations sur les niveaux d'expositions moyens permettront d'avoir des informations sur les évolutions temporelles des niveaux d'exposition (jour/nuit, influences des phases de dépotages...).

La participation du réseau Air'Breizh à ces campagnes permettrait de s'appuyer sur des compétences techniques fortes afin d'optimiser la mise en œuvre de ce volet.

En complément des outils de suivi des concentrations en continu sur des points spécifiques, un suivi en continu des concentrations de NH₃ pourra être réalisé dans l'environnement des sites avec la technique DOAS (Differentiel Optical Absorbance Spectroscopy) le long d'un trajet optique de 300 mètres. Cette technique offre des données inédites pour une meilleure évaluation des hypothèses de dispersion (cf. § 6.3.3.4).

En complément des mesures des concentrations des substances chimiques, une cartographie des odeurs présentes dans l'environnement des plateformes de compostage peut être envisagée. Elle est réalisée par un jury de nez formé et qualifié selon la norme NF X 43-103.

Pour une meilleure exploitation de l'ensemble des résultats, la campagne de mesures permettant de caractériser les flux (cf. § 6.3.3.2) et la campagne de mesures dans l'environnement seront réalisées en parallèle.

6.3.3.4 CAMPAGNES DE MESURES A L'EMISSION – DONNEES DE VALIDATION A LA DISPERSION DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

Sur une période concomitante aux mesures dans l'environnement nous recommandons de suivre les émissions de quelques traceurs de l'activité que l'on est capable de mesurer en continu dans l'environnement et aux niveaux des émissions des sources statiques.

Ce suivi allégé limité aux sources statiques majeures du site - déterminées lors des campagnes de caractérisation des flux (cf. § 6.3.3.2) - et à un ou deux traceurs (NH₃ et/ou H₂S par exemple) permettra d'évaluer la divergence entre les concentrations mesurées/modélisées dans l'environnement.

Si l'écart est faible, l'hypothèse de l'influence des sources diffuses du site pourra être écartée. L'exposition des populations par inhalation à l'ensemble des substances émises par l'activité de compostage pourra alors être évaluée sur la base de la modélisation. Les données détaillées de caractérisation du terme source obtenues précédemment (cf. 6.3.3.2) pourront être injectée. Cette modélisation pourra alors être conduite sur plusieurs années pour évaluer l'exposition chronique des populations.

Si l'écart est important, l'hypothèse de l'influence des sources diffuses du site ne pourra être écartée. L'exposition des populations par inhalation à l'ensemble des substances émises par l'activité de compostage ne pourra alors être évaluée que sur la base de mesures environnementales réalisées à différentes périodes de l'année.

L'ensemble des résultats de mesures dans l'environnement permettra de statuer également sur le périmètre d'impact autour des sites et de donner des éléments décisionnels quant à l'implantation de ces sites ou des habitations autour de ceux-ci

6.3.4 SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS DE CAMPAGNES DE MESURES

Le Tableau 8 synthétise les scénarios de campagnes de mesures pouvant être envisagés en fonction des objectifs à atteindre. La durée des campagnes de mesures, les organismes susceptibles de réaliser les mesures et une estimation du budget nécessaire sont présentés.

Tableau 8 : Synthèse des campagnes de mesures pouvant être réalisées

Objectif	Polluants mesurés	Durée des mesures	Acteurs	Estimation du budget
1 vérification du respect de l'exposition des travailleurs aux VLEP	H ₂ S NH ₃	3 – 4 jours (en fonction du nombre de poste à évaluer)	CRAM et/ou INERIS et/ou Bureau d'études	20 k€
2 cartographies des activités de fortes expositions des travailleurs	H ₂ S NH ₃	3 – 4 jours	INERIS et/ou Air Breizh et/ou Bureau d'études	20 k€
3 caractérisation de l'exposition des travailleurs à d'autres substances	Autres soufrés que l'H ₂ S COV Etc.	3 – 4 jours (en fonction du nombre de poste à évaluer et de substances à contrôler)	CRAM et/ou INERIS et/ou Bureau d'études	25 k€
4 caractérisation qualitative des émissions gazeuses des algues en situation de stockage (bennes ou plages)	H ₂ S et autres soufrés NH ₃ CH ₄ / COVT Screening COV Etc.	2 à 5 jours	INERIS	35 k€
5 évaluation de l'exposition des populations présentes sur les plages	H ₂ S NH ₃ Screening COV Etc.	2 jours	INERIS et/ou Air Breizh et/ou Bureau d'études	20 k€

Objectif		Polluants mesurés	Durée des mesures	Acteurs	Estimation du budget
6 impact d'une plateforme de compostage sur son environnement	Travaux préparatoires à la stratégie d'échantillonnage dans l'environnement	Substance fictive	-	INERIS et/ou Bureau d'études	8 k€
	Caractérisation des flux	H ₂ S et autres soufrés NH ₃ CH ₄ / COVT Screening COV Etc. Odeurs	3 jours	INERIS et/ou Air Breizh et/ou Bureau d'études	50 k€
	Mesures environnementales	H ₂ S et autres soufrés NH ₃ CH ₄ / COVT COV Etc.	7 à 14 jours	INERIS et/ou Air Breizh et/ou Bureau d'études	50 k€
		Odeurs	1 jour	IRSN ou Bureau d'études	10 k€
	Données de validation à la dispersion atmosphérique	NH ₃ et/ou H ₂ S	7 à 14 jours	INERIS et/ou Air Breizh et/ou Bureau d'études	10 k€

7. CONCLUSIONS

Cette étude a pour objectif la réalisation d'un état des lieux, la formulation de premières recommandations en vue de réduire les risques liés aux émissions gazeuses sur l'ensemble de la filière de ramassage, transport et traitement des algues vertes. Ce document s'inscrit dans la complémentarité des travaux réalisés dans le cadre de la saisine AFSSET de février 2010 et en particulier de la note concernant les recommandations de prévention des risques pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Les prescriptions aux travailleurs ne sont pas directement abordées dans ce document car couvertes par le contexte réglementaire spécifique et par les préconisations générales de l'INRS. Quelques éléments techniques complémentaires, issus du retour spécifique d'expériences de l'INERIS sont proposés ici.

Ces recommandations ont été élaborées principalement à partir des informations disponibles auprès d'un large panel d'acteurs, essentiellement sur la base des données de ramassage et de traitement de 2009, et des hypothèses sur la situation pour 2010. La situation de 2010, tant au niveau du ramassage que du traitement, sera probablement très différente de celle de 2009, sans être stabilisée, puisque les nouvelles plateformes de traitement des algues ne seront pas toutes opérationnelles sur l'ensemble de la saison.

Cette étude a permis de constater que :

- de nombreuses actions et recommandations sont d'ores et déjà mises en œuvre localement et ont fait l'objet de concertation ;
- l'identification des sites soumis à des échouages d'algues vertes et des quantités d'algues échouées sur le littoral breton est partielle. En effet, certains sites ne sont pas considérés (vasières, criques,...) ce qui implique une sous-estimation des quantités échouées sur certaines zones littorales ;
- les quantités d'algues non ramassées ne sont pas comptabilisées ;
- les pratiques de ramassage sont hétérogènes car liées aux spécificités de la zone littorale concernée et aux enjeux touristiques ;
- la connaissance de la nature et des flux de gaz émis par les algues d'âges divers et lors des différentes étapes du traitement nécessite d'être enrichie.

D'une manière générale, afin de limiter les risques d'exposition aux gaz toxiques dégagés lors de la décomposition des algues, il est primordial d'assurer la traçabilité des algues tout au long de la filière ramassage-transport-traitement, et de limiter au maximum leur durée de stockage lors des différentes étapes.

Compte tenu des risques (émanations gazeuses potentielles, blessures par glissades,..), les sites d'**échouage** d'algues doivent être signalés au public. Cette identification peut être réalisée par exemple sous forme d'une signalétique (panneaux d'affichage) aux différentes entrées potentielles et/ou sous forme d'une

documentation distribuée/disponible dans les syndicats d'initiative / offices de tourisme. Notons qu'une information est déjà en place pour les plages concernées. Par contre, les nombreux sites de dimensions plus réduites ou d'accès plus difficile n'ont pas été ciblés.

Une vigilance accrue serait conseillée aux parents vis-à-vis des enfants jouant dans les rochers ainsi qu'aux pêcheurs à pied, les algues n'étant pas forcément visibles car recouvertes de sables par les marées successives.

Le **ramassage** est réalisé « à vue » et mérite donc d'être géré par des équipes de proximité avec une bonne connaissance de la spécificité des zones littorales à surveiller. En fonction des secteurs, les quantités d'algues à ramasser peuvent être variables d'une journée à l'autre. En vue d'absorber ces quantités variables à traiter/valoriser au cours du temps, une organisation intercommunale pourrait être intéressante. Une coordination étroite est nécessaire avec les responsables des plateformes de traitement en vue de déterminer les quantités d'algues pouvant être admises et traitées dans de bonnes conditions (protection du personnel assurée, limitation des impacts, présence suffisante de structurants,...).

Rappelons que l'ensemble des **équipements de protection individuels ou collectifs** implique :

- la formation du personnel pour garantir leur utilisation correcte,
- dans certains cas, une habilitation,
- dans tous les cas, une maintenance et une vérification et,
- la gestion d'un stock suffisant afin d'assurer une disponibilité permanente de matériels fiables et en état de marche.

Les quantités d'algues non ramassées ne sont pas recensées. Pourtant cette information s'avère pertinente localement en vue d'une meilleure prévention des risques. Ces algues vertes non ramassées sont généralement présentes dans des secteurs difficiles d'accès ou à faibles enjeux touristiques : criques, vasières ou zones rocheuses par exemple. Ces sites posent des difficultés en termes d'identification.

Afin d'engager une démarche de maîtrise des risques, les communes (ou responsables des activités de ramassage) pourraient :

- lister exhaustivement les sites d'échouages d'algues vertes sur leur territoire ;
- déterminer les critères de choix *a priori* quant au ramassage ou non des algues échouées pour chaque typologie de site (impact touristique, accessibilité, existence de matériel et de moyens d'intervention adaptés, quantités d'algues échouées,...).

Cette identification formalisée des sites doit permettre de définir les mesures à mettre en œuvre dans toutes les situations.

Pour les sites pour lesquels les algues vertes ne seront *a priori* pas ramassées les mesures d'informations destinées aux promeneurs / touristes, voire de limitation d'accès au site, doivent être définies.

Pour les sites pour lesquels le ramassage est *a priori* prévu, deux situations peuvent se présenter :

- les algues sont « fraîches » et peuvent être ramassées, transportées et traitées dans un délai suffisamment court,
- les algues semblent « fraîches » mais les détecteurs de protection du personnel se déclenchent ou les algues ne sont pas « fraîches » (dépôts supérieurs à 24-36 heures- se référer à la note AFSSET de 2010).

Dans le second cas, la définition et l'identification de dispositions conservatoires ou d'interventions doivent être établies a priori. Elles seront basées sur différents critères, comme par exemple, la pression touristique sur le site concerné, la disponibilité de moyens de protection adaptés garantissant la sécurité du personnel sur l'ensemble de la chaîne (du ramassage au centre de traitement), l'accessibilité du site concerné, la possibilité de la prise en charge en toute sécurité des algues par un centre de traitement,.... L'analyse de la situation peut conduire à la décision de non ramassage des algues vertes. Ce deuxième cas concerne également les sites pour lesquels il est prévu de ramasser les algues fraîches, dans le cas où les dispositions prévues ne peuvent être mises en œuvre normalement.

Cette démarche d'évaluation des risques mérite d'être initiée rapidement et de manière à permettre aux communes de prévoir et d'adapter les moyens d'informations, de prévention et de protection aux spécificités des zones littorales qui la concerne. L'analyse des risques est réalisée pour chaque site de configuration différente. Sa formalisation permettra par ailleurs son évolution périodique à la lumière du retour d'expérience et des échanges sur les bonnes pratiques par les différents acteurs. Elle pourra servir de base également pour l'identification des besoins, la sensibilisation et la formation du personnel concerné.

La traçabilité du stockage est impérative (de la même façon que pour le transport). Une signalisation du danger doit être visible et le **stockage temporaire** doit se faire à l'écart des zones accessibles aux promeneurs.

Le **transport** doit être mis en œuvre rapidement, dès que les bennes sont remplies, de façon à éviter le stockage provisoire autant que faire se peut, et à assurer une prise en charge rapide des algues par les installations de traitement. Le type de benne utilisée dépendra du trajet suivi : pour des transports sur des distances courtes des bennes agricoles peuvent convenir, mais pour des trajets plus longs avec passages par des routes à 4 voies par exemple, des remorques de camions seraient plus adaptées. Celles-ci peuvent être équipées de systèmes d'ouverture automatique déportés, ce qui limite le risque d'exposition à des bouffées d'H₂S lors du dépotage.

Pour pouvoir accepter les algues, les exploitants des centres de traitement ont besoin d'informations sur leur qualité : au minimum la date et l'heure de ramassage des algues pour chaque benne. Ultérieurement (en 2011), un dispositif électronique, de type puce ou code-barres, pourrait être envisagé sur les bennes.

En parallèle, le traitement des eaux issues du nettoyage des bennes mérite d'être prévu et adapté.

Lors du **dépotage**, le personnel doit être protégé par des moyens adaptés. Lorsque les algues sont « âgées », les limitations d'accès à la zone de dépotage doivent être définies. L'idéal dans cette situation, serait le dépotage en zone confinée avec extraction et traitement de l'air vicié mais peu de sites sont dans cette configuration aujourd'hui.

A leur arrivée sur les **centres de compostage**, les algues doivent être prises en charge aussi rapidement que possible, intimement mélangées au structurant (broyat de déchets verts, paille...). L'exploitant devra toujours disposer de la quantité de structurant nécessaire pour traiter les algues au fur et à mesure de leurs apports, y compris en cas d'échouage massif. Les andains ainsi créés seront limités à une hauteur de 3 mètres (arrêté compostage de 2008), idéalement même à une hauteur inférieure, à déterminer en fonction de la géométrie des engins servant au retournement. La hauteur limitée permet des retournements plus faciles, et réduit le potentiel de formation d'H₂S. La formation d'H₂S est également limitée par une bonne aération des matières en fermentation. L'aération peut être réalisée soit par aération forcée de l'andain ou par retournement (chargeur, retourneur d'andain). Le retourneur d'andain, quoique plus onéreux est préférable car il permet de bien homogénéiser et aérer les matières lors du retournement, et de le faire plus rapidement, ce qui permet d'envisager deux retournements par semaine. Un retournement hebdomadaire au minimum est imposé par le projet d'arrêté de la DREAL, mais deux retournements par semaine, même s'ils sont sources d'odeurs (au moins sur le compost de moins de deux semaines), permettent de limiter davantage l'établissement de conditions anaérobies au sein des andains (sources d'émission d'H₂S et de méthane).

En cas d'**épandage**, les stockages d'algues « en bout de champ » ne faisant pas partie des bonnes pratiques, les algues fraîches doivent être épandues sur le sol dans les 24 heures suivant leur ramassage, et enfouies au maximum dans les 24 heures suivantes. En cas d'épandage d'algues « non fraîches », des dispositions conservatoires ou d'intervention doivent être définies. Dans ce dernier cas, des moyens adaptés de protection du personnel doivent être prévus et disponibles.

La mise en place d'un **journal d'incidents** lors de la collecte et du traitement des algues vertes a été proposée par le groupe de travail des services de prévention de Bretagne (cf. « guide des bonnes pratiques »). Ce document mériterait d'être utilisé, bien sûr par les responsables des activités de ramassage, transport et traitement, mais également par les médecins du travail pour assurer le suivi médical des travailleurs. Ils devront s'assurer que le journal d'incidents est régulièrement et correctement rempli dans l'objectif de recensement des scénarii d'expositions, de la fréquence d'exposition, du suivi des actions correctives (contrôle détecteurs, moyens de protection supplémentaires mis en œuvre) entre autres.

L'ensemble des journaux d'incidents pourrait être centralisé et les informations contenues échangées par les différents acteurs en fin de saison afin d'évaluer la pertinence et la suffisance des moyens de prévention/ protection mis en œuvre sur la saison 2010.

Ces échanges et cette centralisation permettraient également :

- de vérifier la facilité/convivialité d'utilisation du journal d'incident,
- d'évaluer la pertinence/suffisance des informations collectées dans l'objectif d'une évaluation des risques pour le personnel (identification des différents scénarii),
- de recenser l'ensemble des incidents sur l'ensemble des sites et d'établir ainsi un retour d'expériences.

Les recommandations présentées ici mériteront d'être réexaminées au regard des données et des retours d'expériences qui seront acquises en 2010.

Les préconisations proposées dans ce document concernent principalement les risques liés à des émanations d'hydrogène sulfuré (H₂S). Il ne faut cependant pas écarter totalement le risque ammoniac mais l'élaboration des préconisations adaptées/associées nécessitent une meilleure connaissance des émissions d'ammoniac sur l'ensemble de la filière (depuis le dépôt sur les plages jusqu'aux différentes étapes de traitement). De même, nous recommandons qu'une étude du comportement des algues soit menée en vue de déterminer le début de la phase de fermentation et d'affiner les délais maximum pour lesquels les algues peuvent être considérées comme « fraîches », au sein de l'intervalle [1J-5J] actuellement connu. Ceci afin de bien dimensionner les dispositions de maîtrise des risques à mettre en œuvre sur toute la filière (ramassage au traitement) de mieux connaître le démarrage des phénomènes de fermentation pendant la période entre 48h et 5 jours. Un essai exploratoire est prévu en ce sens à l'INERIS et pourrait être complété par une évaluation sur site, sur un tas d'algues constitué à cet effet. Ces résultats permettraient également d'adapter les coûts et les contraintes que subissent les communes. Bien sûr, l'évolution d'un tas d'algues dépend non seulement de sa configuration (volumes considérés) mais également d'autres facteurs tels que les conditions météorologiques.

L'INERIS propose que des essais en laboratoire, en conditions maîtrisées, soient menés en vue d'alimenter les connaissances actuelles:

- sur la cinétique de dégagement d'hydrogène sulfuré lorsque les algues vertes sont mises en conditions anaérobies ;
- sur l'influence de différents types de co-substrats utilisables (comme la paille) et ;
- sur les conditions à réaliser pour optimiser le procédé (proportions de structurant, aération, suivi de la température et de l'humidité, suivi des émissions gazeuses...).

De plus, l'INERIS propose de réaliser, en partenariat avec d'autres organismes comme Air Breizh, **différentes campagnes de mesures** sur site. Elles seront à réaliser dès 2010 et, permettront de répondre aux objectifs suivants :

- vérifier que les travailleurs sont exposés à des concentrations inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelle pour l'H₂S et le NH₃ (substances disposant de VLEP) ;

- repérer et cartographier tout au long de la chaîne de collecte et de traitements des algues, les activités pour lesquelles l'exposition des travailleurs à l'H₂S et le NH₃ aux différents postes de travail est la plus forte ;
- documenter l'exposition moyenne (hors court terme) des travailleurs à l'H₂S, au NH₃ et à d'autres substances ;
- caractériser qualitativement l'évolution des concentrations gazeuses en H₂S, NH₃, CH₄, COVT au niveau de l'interface « algue – atmosphère » des algues fraîches en situation de stockage (bennes et sur plages) ;
- évaluer l'exposition des populations présentes sur les plages (promeneurs, touristes, pêcheurs à pieds), hors des zones interdites d'accès ;
- caractériser l'impact des émissions de substances chimiques et d'odeurs d'une plate-forme de compostage d'algues vertes dans son environnement.

Enfin, l'INERIS formule les remarques suivantes quant au recours à la méthanisation :

- pour la méthanisation des algues une fois ramassées, il convient de noter que l'échouage d'algues n'a lieu que pendant 3 à 4 mois sur l'année (de juin à septembre principalement) alors que la méthanisation est un phénomène biologique long à mettre en œuvre et à stabiliser. De plus, les algues présentent un potentiel méthanogène très faible (puisqu'elles ne contiennent que peu de matières organiques : de l'ordre de 6 à 10 % sur le poids brut) ; en revanche leurs teneurs importantes en éléments soufrés et azotés posent problème. Ainsi, les composés soufrés peuvent se retrouver sous la forme d'H₂S dans le biogaz, et être émis sous forme de SO₂ en sortie de dispositif de valorisation,
- la méthanisation des déjections animales afin de limiter les déversements de matières azotées vers les bassins versants (préconisation du plan de lutte contre les algues vertes du 5 février 2010), est plus intéressante car les entrants sont produits toute l'année. L'épandage des lisiers et des fientes sur des sols proches des côtes est une source importante de déversement de nitrates vers les eaux côtières par le lessivage des sols. Cependant, compte-tenu de leur faible teneur en matière sèche, ces déchets ont aussi un potentiel méthanogène très faible. Cela impose généralement, tant pour assurer la rentabilité économique que pour assurer la génération d'un biogaz suffisamment riche en méthane pour être valorisé facilement, de co-méthaniser ces matières avec d'autres, plus riches (comme les graisses ou des résidus végétaux secs tels les fanes de maïs) sous réserve de leur disponibilité en quantités suffisantes toute l'année.

8. REFERENCES

- K. ADAM – M. BISSON – L. DUCHÊNE - F. GHILLEBAERT- D. GUILLARD - K. TACK – I. ZDANÉVITCH** : « Fiche de données toxicologiques et environnementales du sulfure d'hydrogène », INERIS-DRC-07-83451-15432A
- ADAM K. (2009)** : « Résultats de mesures ponctuelles des émissions d'H₂S et autres composés gazeux potentiellement toxiques issues de la fermentation d'algues vertes (ulves). Mesures réalisées le 13 août 2009 à Saint-Michel en Grève » Rapport INERIS–DRC-09-108407-10226A (15 p.)
- BALLU S. (2009)** : « Les marées vertes en Bretagne, évolution et types de dépôts ». Présentation au groupe de réflexion « Algues vertes et qualité de l'air », réunion du 15/10/2009
- A. BARNEAUD - M. BISSON – F. DEL GRATA - F. GHILLEBAERT – D. GUILLARD – K. TACK** : « Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'ammoniac », INERIS-DRC-08-83451-01089A
- Biomasse Normandie (2003)** : « Analyse du traitement des algues vertes dans la zone centrale des Côtes d'Armor. Phase 1 : état des lieux ». Rapport pour le SMETTRAL 22, 30 p.
- BOUCHET S. (2008)** : « Évaluation des performances des barrières techniques de sécurité. Opération c : synthèse des résultats de la campagne d'évaluation des détecteurs de gaz hydrogène sulfuré (H₂S) » Rapport INERIS (MEEDDAT) réf. DRA-08-95407-05167A, 41 p.
- CEMAGREF – CEVA (2008)** : « Acquisition de données relatives aux émissions gazeuses issues du compostage des déchets des collectivités littorales ». Rapport final, Convention ADEME n °06 75C008, 69 p.
- CEVA (2000)** : « Mise en place d'un centre opérationnel d'intervention sur les proliférations d'algues vertes », Rapport pour Le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (réalisé dans le cadre de la décision attributive de subvention n° 99 DST 11)
- CEVA (2007)** : « Prolittoral : programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne. Année 2006 ». Rapport CEVA, 57 p. (<http://www.ceva.fr>)
- Compte-rendu de réunion du groupe régional – services de prévention à la DRTEFP de Rennes le 02/02/2010** (dossier Algues vertes)
- Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne (2009)** : « Communiqué sur les algues vertes » Septembre 2009

- DALMAS D., MOREAU R., QUEVREMONT P., FREY V. (2010)** : « Élaboration d'un plan de lutte contre les algues vertes ». Rapport CGEDD 007010-01, janvier 2010, 88 p.
- DE GUARDIA A.** (2009) : « Procédés de stabilisation et de compostage des algues vertes ». Note du 4 novembre 2009, 5 p + annexes
- DREAL Bretagne** (2010) : projet d'arrêté préfectoral spécifique pour les « installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2170 " engrais et supports de culture (fabrication des) à partir de matières organiques " et mettant en œuvre un procédé de transformation biologique aérobie (compostage) des matières organiques », pour le traitement des algues vertes (versions 1 et 2, avril 2010)
- Groupe de Travail Régional – Services Prévention de Bretagne (2010)** : « Guide des bonnes pratiques pour la sécurité des travailleurs » (09/04/2010)
- INERIS – CEMAGREF - NUMTECH** : « Projet EMISITE : évaluation sur site de différentes méthodes de mesure des émissions gazeuses d'une installation de compostage ».
- INRS** : « Métropol – Ammoniac et sels d'ammonium – Fiche n°13 ». 28/03/2008.
- INRS** : « Métropol – Hydrogène sulfuré – Fiche n°14 ». 17/03/2004.
- INRS** : « Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France ». ED 984, juin 2008.
- InVS – CIRE Ouest (2009)** : « Ramassage, stockage et traitement des algues vertes dans les Côtes d'Armor en 2008. Effectifs de travailleurs potentiellement exposés aux gaz de décomposition ». Rapport InVS, 14 p.
- MENESGUEN A. (1999)** : « L'utilisation de modèles écologiques dans la lutte contre l'eutrophisation des eaux côtières françaises » Actes du colloque : Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral. Ploufragan, 23-24 septembre 1999
- MENESGUEN A. (2003)** : « Les marées vertes en Bretagne, la responsabilité du nitrate ». Document IFREMER
(<http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/documents.htm>)
- SASSI J.F. (2009)** : « Émissions gazeuses des algues vertes en décomposition » Présentation au groupe de réflexion « Algues vertes et qualité de l'air », réunion du 15/10/2009
- SUEZ/CIRSEE – INERIS – IRSN - NUMTECH** : « AROME – Résultats de la deuxième campagne de mesure sur le site de compostage d'Ermenonville ».
- ZDANÉVITCH I., HURÉ P. (1996)** : « les détecteurs de gaz ; choix et utilisation en entreprise ». Travail et sécurité, n° 548, mai 1996, pp 20-31

9. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Liste des personnes interviewées à l'occasion de rencontres ou de communications téléphoniques	1 page
Annexe 2	Le développement et la prolifération des algues vertes Etat des lieux bibliographique	4 pages
Annexe 3	Quantité d'algues ramassées - bibliographie	3 pages
Annexe 4	Évaluation de détecteurs d'hydrogène sulfuré pour l'EXERA : résumé, schémas	2 pages
Annexe 5	Fabricants et revendeurs de détecteurs d'hydrogène sulfuré	1 page
Annexe 6	Exemples d'appareils portatifs à mémoire	10 pages
Annexe 7	Principales méthodes de mesures des composés chimiques (principalement : H ₂ S et NH ₃) et des mesures d'odeurs à l'émission et dans l'environnement	4 pages

ANNEXE 1

Liste des personnes interviewées à l'occasion de rencontres ou de communications téléphoniques

Organisme	Représentants	
DREAL Bretagne	M. Frédéric CHAHINE	Entretiens téléphoniques, échanges de courriel, réunion à Rennes le 24 mars 2010
DREAL, service déchets des Côtes d'Armor	M. Jean-Pierre DHUMERELLE	Entretiens téléphoniques, échanges de courriel, réunion à Rennes le 24 mars 2010
AFSSET	M Ohri YAMADA, Mme Isabelle DAGUET, Mme Valérie PERNELET-JOLY, M. Dominique GOMBERT	Réunions du GT d'experts, visites en Bretagne (9 et 24 mars), échanges téléphoniques et par courriel
Mairie d'Hillion	Mme Yvette DORE (Maire), M. CABARET	Visite le 9 mars, échange téléphonique
Halte aux marées vertes (association de riverains d'Hillion)	Michel Guillemot (Président), Alain Guillaume	Rencontre le 9 mars
DDTEFP Côtes-d'Armor	Dr Laurence Marescaux (Médecin inspecteur du travail), Mr Vasquez (Directeur-adjoint du travail), Jean-Bernard Le Gaillard (Inspecteur du travail)	Rencontre le 9 mars
CRAM Bretagne	Gérard Pétégnief (Ingénieur conseil)	Rencontre le 9 mars
DDASS Côtes d'Armor	Cécile Robert (Ingénieur d'études sanitaires)	Rencontre le 9 mars
GT d'experts de l'AFSSET	M. Alain BAERT, Mme Isabelle LOPEZ, M. Daniel PICART, M. Nicolas RISLER, Mme Renée RUNIGO-MAGIS	Réunions les 22 avril et 5 mai 2010
Smictom des Châtelets	M. Gilles MERRIEN (Dir.)	Entretien téléphonique
Cemagref Rennes	M. Amaury de GUARDIA	Entretien téléphonique
Smictom de Launay Lantic	M. Mark BRIAND (Dir.)	Entretiens téléphoniques réguliers : collaboration dans les cadre d'autres programmes d'appui au MEEDDM

ANNEXE 2

Le développement et la prolifération des algues vertes Etat des lieux bibliographique

Le phénomène des marées vertes, correspondant à la prolifération massive d'algues vertes, a été décrit pour la 1^{ère} fois au début du XX^{ème} siècle dans la baie de Belfast. Il semble s'amplifier depuis une trentaine d'années et touche désormais les différents continents :

- Europe : Bassin méditerranéen, mer Baltique, Océan Atlantique, Manche, Mer du Nord,..
- Amérique : façades atlantiques et pacifiques des Etats-Unis
- Océanie : sud-ouest de l'Australie et de la Nouvelle Zélande
- Asie : Japon, Inde, Ile de Guam
- Afrique : Côtes sénégalaises, Afrique Australe, Tunisie,...

En Europe, ces phénomènes ont été observés notamment au niveau de la lagune de Venise, du fjord de Roskilde au Danemark, de la Veerse Meer en Hollande. On les retrouve également au niveau des lagunes de la Côte Languedocienne, du Bassin d'Arcachon et surtout du Littoral Armoricaïn. Des eutrophisations à algues vertes sont aussi régulièrement rapportées sur les lagunes méditerranéennes comme Leucate, Thau ou Berre.

La Bretagne mène depuis de nombreuses années une surveillance du littoral en vue d'analyser et de réduire à terme ces proliférations. Les départements bretons les plus touchés sont les Côtes d'Armor et le Finistère. Un programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes, le programme Prolittoral, est d'ailleurs en vigueur depuis 2002. Il met en jeu divers acteurs institutionnels (collectivités territoriales bretonnes et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne) et privés pour repérer les zones sensibles aux marées vertes et met en œuvre des programmes financiers et techniques de réduction de la prolifération des algues à la source. Il se décompose en trois volets :

- l'aspect préventif de surveillance de 8 « bassins versants »,
- L'aspect curatif comprenant le ramassage et la gestion des algues ramassées et,
- l'aspect transversal regroupant les actions de coordination/animation du programme, les suivis environnementaux et les expérimentations appliquées sur l'ensemble de la chaîne.

Plusieurs types de suivis environnementaux des marées vertes sont en place :

- un suivi régional qualitatif et semi-quantitatif à partir de survols aériens : sites classés à « échouages d'ulves » quand les dépôts sont décelables par avion et vérifiés sur le terrain comme proportion anormales d'ulves (visuellement un tiers d'ulves dans les échouages),
- une évaluation des stocks totaux dans les 8 grands secteurs à marées vertes bretons, comprenant les stocks sur les plages, les stocks infra-littoraux (par plongées sous-marines) ainsi que les stocks maximaux estivaux et résiduels hivernaux,
- un suivi d'indices d'eutrophisation par les quotas azotés internes des algues dans les 20 principaux sites touchés.

COMPOSITION DES ALGUES ET COMPORTEMENT

Les algues vertes sont des algues chlorophycées, macrophytes (de grande taille) et nitrophiles (besoin d'azote). Deux familles d'algues vertes sont décrites en Bretagne (rapport du CESB, 2009) : *l'Ulva Armoricana* (Bretagne Nord) et *l'Ulva Rotundata* (Bretagne Sud). Certaines plages abritent l'une ou l'autre espèce, d'autres plages un mélange des deux, les causes de cette répartition n'étant pas établie. Le genre *Ulva* présente une grande plasticité physiologique qui lui confère un avantage dans la compétition interspécifique. La minceur du thalle et l'importance du rapport surface / volume autorise des échanges importants avec le milieu ambiant. *L'Ulva* est réputée pouvoir extraire du milieu et stocker des réserves d'azote importantes, ce qui lui est très favorable lorsque les apports sont irréguliers. Cette famille est capable de s'adapter à des éclaircissements faibles ou élevés. En Hollande, il a même été constaté qu'elle pouvait supporter une température de -5 °C pendant 2 semaines et reprendre ensuite sa croissance lorsque les conditions redeviennent favorables. Cette faculté permettrait aux thalles enfouis de passer l'hiver et de constituer pour certains d'entre eux, l'inoculum de la prolifération suivante (Merceron, 1999).

Ces ulves ou « laitues de mer » de couleur verte plus ou moins claire, sont présentes (informations du CEVA) :

- dans des biotopes variés : ports, estuaires, étangs, milieux battus ou abrités
- à différents niveaux de marée et sur divers substrats : rocheux ou graveleux et dans des cuvettes.

Lors du ramassage, les algues sont mélangées à une proportion non négligeable de sable et d'eau de mer. Elles représentent 50 % du chargement lors d'un ramassage effectué avec soin et dans de bonnes conditions. Le tableau suivant présente les compositions moyennes des mélanges sur 10 échantillons analysés en Côtes d'Armor (Biomasse Normandie, 2003). D'autres expériences présentent des mélanges bien différents : la teneur en matières sèches, représentative de la proportion de sable, peut varier de 15 à 60% et la proportion de calcium, principalement apporté par le sable, varie de 10 à plus de 30% (exprimé en CaO sur extrait sec).

PROLIFERATION DES ALGUES VERTES

La prolifération des algues vertes (CEVA, 2006) a lieu au printemps et en été par croissance et multiplication d'algues dérivantes. Elles se développent en effet sous forme de thalles en mars/avril puis prolifèrent en mai/juin. Celles-ci sont maintenues en suspension dans la colonne d'eau agitée et peu profonde du très proche littoral, au niveau des baies sableuses à pente douce où elles forment un rideau flottant de bas de plage et peuvent assurer un maximum de croissance. L'essentiel de la croissance des algues se tient entre la zone de déferlement et le sable découvert. La biomasse atteint son niveau maximum en début d'été. Le phénomène conduit localement à des échouages importants d'algues vertes, couvrant des estrans entiers. Des quantités plus ou moins importantes sont aussi, selon les sites, stockées plus au large avec possibilités irrégulières de colonisation des estrans. En 2006, la prolifération des algues vertes s'est avérée tardive. Ces variations seraient dues à la faiblesse de la température de l'eau en sortie d'hiver et au caractère dispersif de l'hiver et du début de printemps (du vent encore soutenu en mars et en mai et présence de houle).

Tous les experts s'accordent sur le fait que cette prolifération est due à des apports excessifs de nutriments. En effet, pour constituer leur important équipement chlorophyllien, ces algues ont besoin d'azote (végétaux nitrophiles) et de phosphore sous forme de sels nutritifs dans la phase de développement mais leur prolifération est principalement liée à la teneur en azote. Une forte variabilité interannuelle de la biomasse maximale obtenue est constatée en début d'été (exemple du sud de la baie de Saint-Brieuc), expliquée principalement par l'impact des conditions météorologiques au printemps. Plus la pluviométrie printanière est importante, plus le lessivage des sols agricoles est important, plus la prolifération d'algues sera conséquente. Il existe une forte corrélation entre la biomasse algale et le flux d'azote inorganique apporté sur l'estran au mois de juin. Cette corrélation n'est pas constatée pour le phosphore (CESB, 2009).

Un modèle écologique a été développé par l'IFREMER dans les années 1990 afin de représenter le cycle saisonnier de la biomasse d'ulves. Les facteurs influents ont été classés en deux catégories :

- les variables forçantes ou externes : qui agissent sur la population algale sans être modifiées en retour. On peut citer : la lumière solaire, le vent à la surface de la mer, la température de la mer, la turbidité non végétale dans l'eau, la morphologie des fonds et le transport par les courants marins ;

- les variables d'état ou interne : la présence des algues influent sur ces paramètres. Il convient donc d'associer systématiquement leurs valeurs à l'évolution de la biomasse algale. On peut citer : la présence d'azote et de phosphore et sous quelle forme, les types de biomasse algales (phytoplancton en suspension dans eau et dans les ulves, biomasse des ulves pélagiques et benthiques).

ANNEXE 3

Quantité d'algues ramassées – bibliographie

Les données qui suivent, sont extraites du rapport de la Mission Interministérielle dans le plan de lutte contre les algues vertes. Elles émanent des Conseils généraux et sont fondées sur les déclarations des communes sollicitant une aide financière.

- Les Côtes d'Armor

Les volumes d'algues vertes ramassées dans les Côtes-d'Armor varient au cours des années. Notons cependant que les quantités n'ont pas tendance à augmenter. Les volumes moyens annuels ramassés sur le département sont estimés à 33 000 m³. Les variations peuvent être cependant importantes d'une journée sur l'autre en fonction des sites.

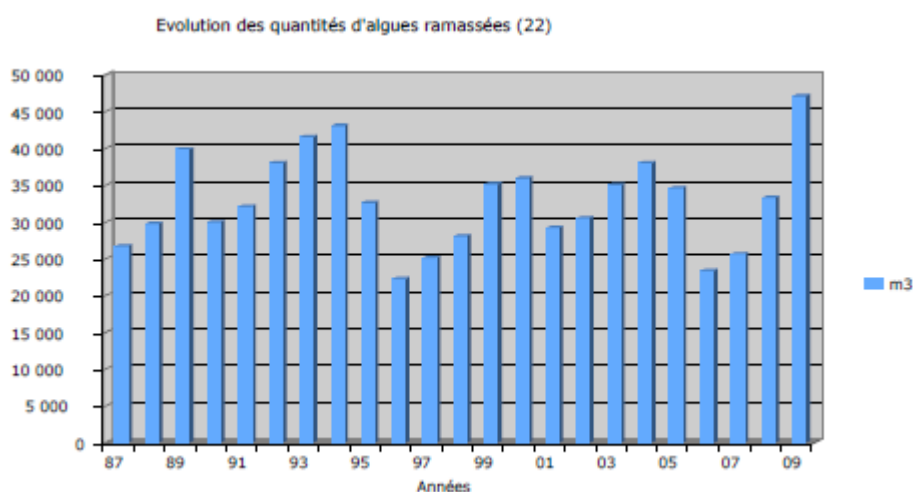


Figure 1 : quantités d'algues vertes ramassées en Côtes d'Armor

La Mission Interministérielle indique que pour la grande majorité des collectivités, le terme de marée verte est sans doute excessif mais que pour trois d'entre elles, Hillion, Saint-Michel-en-Grève et, à un moindre degré, Plestin-les-Grèves, il prend tout son sens. Depuis 1999, ces trois communes sont en effet à l'origine de 82% des algues ramassées. Depuis quelques années, Morieux voit ses quantités d'algues à ramasser augmenter au fil des années.

Tableau 1 : ramassage sur les 3 communes les plus touchées

COMMUNES AV ramassées (mètre cube)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Hillion	6210	10150	3520	2625	6838	4627	8110	11556	4844	2820	6228	3700	3360	2418	1864	11773	20000
Plastin-lez-Grèves	11493	7959	5630	1694	2516	4246	10045	4655	3491	8035	5295	5445	7710	6495	6900	5805	8955
St-Michel-en-Grève	16107	10074	9995	7226	7359	10996	7094	14240	9408	15670	18750	20880	16470	13125	12675	10035	14490
TOTAL des 26 communes:	41 538	43 054	32 597	22 219	25 176	28 095	35 132	35 936	29 214	30 516	35 015	37 984	34 584	23 347	25 650	33 288	47 095

- Le Finistère

Le Finistère, quant à lui, présente une relative stabilité des volumes ramassés sur la période 2001/2009 (excepté 2004). La moyenne du département s'élève à 19 200 m³ soit un écart de 42% avec les volumes moyens annuel en Côtes d'Armor.

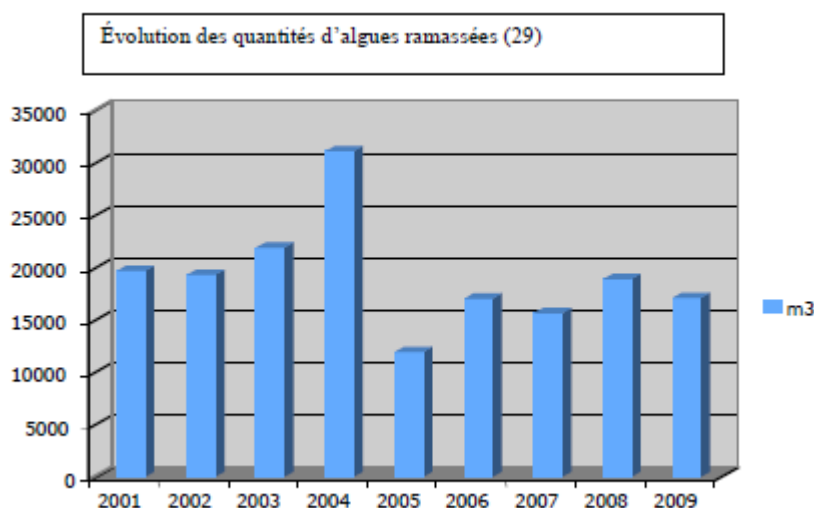


Figure 2 : quantités d'algues vertes ramassées en Finistère

Les volumes ramassés dans chaque commune restent inférieurs à 4 000 m³ (exception faite de Fouesnant en 2004). Sur les trente-trois communes ayant bénéficié d'une subvention du Conseil général du Finistère, cinq se détachent du lot avec une quantité ramassée sur la période 2001 à 2008 comprise entre 1 500 et 2 300 m³ (la Forêt-Fouesnant, Guisseny, Fouesnant, Plonevez-Porzay, Plomodiern) et méritent une attention particulière.

- Au niveau régional

Le rapport du CEVA de 2006 indiquait que le ramassage (42 000 m³ en 2006) concerne une soixantaine de communes :

- moins de 50 d'entre elles ramassent des volumes supérieurs à 10 m³ (moins d'une remorque) ;

- 15 communes représentent 90 % du ramassage régional (volumes ramassés supérieurs à 500 m³). Notons que deux communes représentaient en 2006 plus de 6 000 m³ ramassés.

Tableau 2 : ramassage dans différents départements bretons

(Source CEVA- rapport Prolittoral -2006)

Année	Quantité algues ramassées (m ³)		
	Côtes d'Armor	Finistère	Morbihan
1997	28 632	25 100	842
1998	28 580	28 360	1 712
1999	35 365	30 846	2 820
2000	35 332	31 488	2 064
2001	29 265	23 081	2 101
2002	30 853	24 298	1 850
2003	33 578	18 890	944
2004	36 290	25 460	2 992
2005	31 743	12 383	1 944
2006	23 039	17 559	1 888

D'après Merceron (1999), les quantités d'algues ramassées se sont stabilisées à 50 000 m³ depuis 1995 après une augmentation des volumes entre 1987 et 1992. Les volumes maximum atteints étaient estimés à 100 000 m³ en 1991. Si on observe l'évolution des volumes ramassés sur les différents départements bretons, les volumes ont fortement augmentés dans le 29 pour passer de 40 à plus de 60 000 m³ puis ensuite diminuer rapidement en 1993 et se stabiliser vers 20 -25 000 m³ depuis 1994. Dans le 22, les volumes de ramassage sont restés plus constants au fil des années oscillant entre 30 000 et 50 000 m³ entre 1987 et 1995 et se stabiliser vers 25 000 m³ entre 1995 et 1997. Les volumes sur le Finistère restent dans les mêmes proportions alors que ceux ramassés en Côtes d'Armor sont plutôt compris entre 30 000 et 40 000 m³ en moyenne annuelle.

Les volumes ramassés ne sont pas nécessairement un bon indicateur de l'évolution des marées vertes mais permettent de renseigner sur les nuisances perçues et les efforts consentis par les communes sur le site. Le ramassage est loin d'être proportionnel aux volumes présents. Actuellement, le ramassage ne porte que sur les algues échouées en période de marées vertes. Il se pratique « à vue » en fonction des dépôts des marées, à l'aide de moyens terrestres classiques et sous la responsabilité des communes littorales. Les communes interviennent selon deux modalités classiques, soit directement en régie (par exemple Binic) ou via des marchés publics locaux simples. Parfois, elles combinent les deux modes.

ANNEXE 4

ÉVALUATION DE DÉTECTEURS D'HYDROGÈNE SULFURÉ (RAPPORT S. BOUCHET, INERIS-MEEDDAT, 2008)

Résultats de la campagne d'évaluation de détecteurs d'H₂S à poste fixe réalisée par l'INERIS pour l'EXERA⁸ en 2007-2008.

Les résultats ne sont pas transposables aux appareils portatifs car les circuits électroniques sont différents et les cellules, miniaturisées, ont également un comportement différent. Le résumé de cette évaluation donne cependant des éléments à considérer pour le choix et la maintenance des appareils. Les résultats comparatifs de cette évaluation (les appareils étant anonymes) sont reportés dans un rapport INERIS-MEEDDAT : S. Bouchet (2008). Les principaux points relevés par cette évaluation sont résumés ci-après.

- ✓ Pour les détecteurs d'H₂S, les deux principaux types de capteurs sont les cellules électrochimiques (présentes dans 11 appareils testés lors de l'évaluation), et des capteurs à semi-conducteurs (3 appareils testés). Des schémas de ces deux types de capteurs sont reproduits en annexe 1. Les gammes de mesures allaient de 0-20 ppm à 0-500 ppm.
- ✓ Alors que l'alimentation en gaz était dynamique (gaz arrivant sous légère pression dans la coiffe de calibration de l'appareil et non simple diffusion dans l'air), les temps de réponse t_{90} (90% de la valeur finale) s'échelonnaient entre 8 et 76 secondes.
- ✓ Les détecteurs à cellule électrochimique étaient globalement plus justes et linéaires (10 appareils sur 11 testés) que les appareils à semi-conducteurs (1 sur 3).
- ✓ L'absence d'exposition au gaz (H₂S) pendant 6 mois de fonctionnement continu en air propre a montré une légère dégradation de leurs performances (en particulier un léger allongement du temps de réponse). 2 appareils sur 14 testés ont montré une désensibilisation totale (un à cellule électrochimique et un à semi-conducteur). Cela montre qu'une vérification périodique de la réponse à l'H₂S est vivement recommandée.
- ✓ Lors d'un essai d'exposition prolongée (8 heures par jour pendant 3 jours) à 12 ppm d'H₂S, les performances des détecteurs ont été altérées : là encore, c'est le temps de réponse de l'appareil qui a été notablement augmenté, et deux appareils sont tombés en panne. Là encore, en cas d'expositions répétées à des concentrations d'H₂S proches des niveaux d'alarme, les délais de vérification des appareils devraient être raccourcis.
- ✓ En revanche, les détecteurs étaient généralement peu sensibles aux autres gaz testés, qu'il s'agisse de monoxyde de carbone, de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote ou de mercaptans (mais le diméthylsulfure, qui risque d'être le principal gaz rencontré au-dessus des algues fraîches, n'avait pas été testé).

Le temps de réponse (t) est toujours indexé d'un chiffre : ainsi, le temps t_{90} correspond à la durée nécessaire à l'appareil pour indiquer 90 % de l'indication finale à partir du moment où il est soumis à une variation de concentration de gaz.

⁸ Association des Exploitants d'Équipements de mesure, de Régulation et d'Automatisme

La durée de déclenchement des alarmes correspond à l'intervalle entre le moment où le détecteur est soumis à une variation de concentration de gaz et le moment où les alarmes sont effectives (allumage d'une DEL et/ou l'activation d'un relais) pour déclencher les alarmes réglées à des seuils déterminés.

Schémas de détecteurs d'hydrogène sulfuré

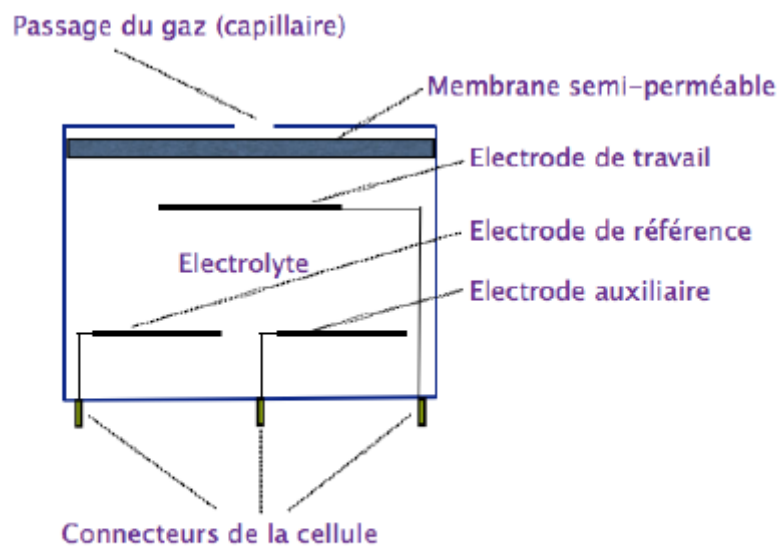


Figure 1 : schéma d'une cellule électrochimique à 3 électrodes

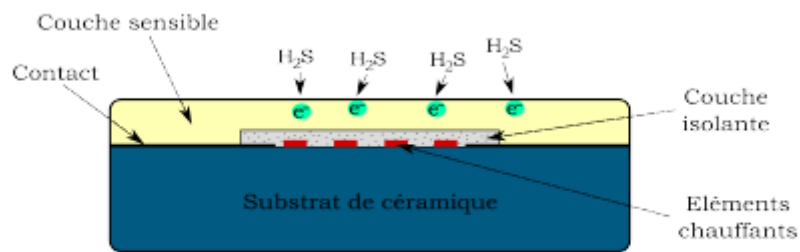


Figure 2 : schéma d'un détecteur semi-conducteur

ANNEXE 5

**Fabricants et revendeurs de détecteurs d'hydrogène sulfuré
(la liste n'est pas exhaustive)**

Analyse Détection de Gaz Sécurité (ADS) (Gasman, Tetra...constructeur : Crowcon - GB,)

31 rte Nationale 10
78310 COIGNIERES
Tél :01 34 61 36 37
fax :01 34 61 36 38

BW Technologies France (GasAlerte extreme, GasAlert clip extreme..)

15 avenue de la Tramontane,
Zone Athelia IV,
Immeuble Le Forum A31,
13 600 la Ciotat
Tel: +33 (0) 4.42.98.17.70
Fax: +33 (0) 4.42.71.97.05

Compur Monitors SARL

155 Avenue du General de Gaulle
F-92140 Clamart
Phone: +33 145378951
Fax : +33 145378856

Dräger Safety France SAS (Drager Pac, Drager X-am...)

3c route de la Fédération,
BP80141
67025 Strasbourg Cedex 1
+33 (0) 3 88 40 76 76

Gaz Detect (GasBadge plus ; constructeur Industrial Scientific, USA)

6, allée des Grives –
77950 RUBELLES (France)
Tel : 01 64 09 35 16 -
Fax : 09 51 15 62 64

MSA GALLET (Altair, Altair Pro)

B.P. 90, Z.I. Sud
01400 Châtillon sur Chalaronne
Téléphone +33 [474] 55 01 55
Fax +33 [474] 55 47 99

Oldham France (Produits d'Industrial Scientific)

Rue Orfila
ZI est
62000 Arras
Téléphone : 03 21 60 80 10

ANNEXE 6

**Exemples d'appareils portatifs à mémoire
(rappel : ces matériels n'ont pas été évalués par l'INERIS)**

GasAlert EXTREME

H₂S, CO, O₂, SO₂, PH₃, Cl₂, NH₃, NO₂, HCN, ETO, ClO₂, O₃, NO

INNOVATORS IN GAS DETECTION*

BW

Technologies



Détecteurs monogaz



TAILLE RÉELLE



IP 66/67

Protégez-vous

- ▲ Conception robuste et haute résistance à l'eau IP 66/67
- ▲ Boîtier anti-chocs intégré
- ▲ Affichage à cristaux liquides en continu de la concentration du gaz, avec rétro éclairage en cas de faible luminosité (auto et sur demande); en cas d'alarme (auto)
- ▲ Compact (28 x 50 x 95 mm) et léger (82 g)
- ▲ Alarmes sonores (95 dB) et visuelles (diodes à forte intensité lumineuse)
- ▲ Durée de vie de la batterie (en moyenne) : 2 ans avec batterie remplaçable de type appareil photo 3V
- ▲ Alarme à vibreur interne
- ▲ Capteur intégré enfichable et remplaçable
- ▲ Procédure simple pour le zéro automatique et l'étalonnage ; compatible avec le système MicroDock II de BW
- ▲ Valeur maximale affichée sur commande (en ppm ou en %vol)
- ▲ Alarmes BASSE, HAUTE, VME et VLE avec seuils d'alarmes réglables
- ▲ Plusieurs options disponibles pour la langue et l'enregistrement des données
- ▲ Homologation de sécurité intrinsèque UL aux États-Unis et au Canada ; certification ATEX ; modèle IECEx
- ▲ Auto-test pleines fonctions des éléments suivants : intégrité du capteur, de la batterie et du circuit électronique
- ▲ Pince crocodile en acier inoxydable, capuchon et tuyau flexible de test, batterie et instructions traduites fournis



ATEX



et autres

Informations pour commander

Détecteurs GasAlert Extreme

GAXT-H	H ₂ S	GAXT-M	CO	GAXT-X	O ₂
GAXT-S	SO ₂	GAXT-C	Cl ₂	GAXT-Z	HCN
GAXT-D	NO ₂	GAXT-A	NH ₃	GAXT-P	PH ₃
GAXT-E	ETO	GAXT-V	ClO ₂	GAXT-G	O ₃
GAXT-N	NO				

Multilingues

Ajouter le suffixe «-ML» (p. ex., GAXT-HML pour le modèle H₂S)

Avec enregistrement des données et multilingue*

Ajouter le suffixe «-DL» (p. ex., GAXT-D-DL pour le modèle NO₂)

Sampler Paks GasAlert Extreme

Comprend le détecteur GasAlert Extreme avec pompe motorisée Sampler,

3 m de tuyau de prélèvement et deux tubes de prélèvement dans

une malette de transport.

GAXT-(x)-SK SamplePak GasAlert Extreme

GAXT-(x)-SKC** SamplePak GasAlert Extreme avec kit de batterie et chargeur

** Remarque : Ajouter le suffixe pour stipuler une livraison avec chargeur 220 Vca :

Europe : -EU Royaume-Uni : -UK Australie : -AU

Station de test et d'étalonnage automatique MicroDock II

DOCK2-2-1D-00 Station de base avec module d'accueil GasAlert Extreme

DOCK2-GAXT Module d'accueil GasAlert Extreme

Accessoires et pièces de rechange

GA-USB2* Adaptateur USB interface infrarouge pour les versions à

enregistrement des données

GA-TS03 Station de test automatique

GA-HC-1 Pince pour casque

GA-AG2 Pince crocodile (acier inoxydable)

GA-AG-1 Pince crocodile (non conducteur)

GA-BALER Boîtier anti-chock

GA-SS Filtre du capteur (kit de 10)

GA-CDT-1 CD de formation interactive

* Le Méchage des informations de l'enregistreur de données nécessite

l'utilisation d'un adaptateur USB infrarouge à grande vitesse ou MicroDock II.

Recevez un GA-USB2 sans frais lorsque vous achetez au moins 10

détecteurs GasAlert Extreme avec enregistrement des données

www.gasmonitors.com

E-mail: bwesales@bwtnet.com

ISO
90001:2000
Registered



GasAlert Extreme

Détecteur monogaz

H₂S, CO, O₂, SO₂, Cl₂, HCN, NO₂, NH₃, PH₃, ETO, ClO₂, O₃ ou NO

Compacts et abordables, les détecteurs GasAlert Extreme couvrent une vaste gamme de risques atmosphériques. Grâce à son boîtier IP 66/67 totalement immerisible, le GasAlert Extreme est étanche à l'eau. Il offre également une résistance aux interférences électromagnétiques et HF, un boîtier antichoc et une pince crocodile haute résistance en acier inoxydable. Les utilisateurs sont alertés des situations dangereuses grâce à une puissante alarme sonore, des voyants clignotants et une alarme à vibreur interne. Convivial, le grand écran comporte un rétroéclairage permettant de lire les informations en toutes circonstances, même en cas de faible luminosité. Facile à remplacer, la batterie 3 V pour appareil photo offre jusqu'à deux ans de fonctionnement en continu.

Le GasAlert Extreme indique clairement le niveau de danger – Basse, Haute, VME ou VLE. Les expositions VME, VLE et maximales peuvent être affichées sur demande.

Les détecteurs GasAlert Extreme offrent en option l'enregistrement des données et la gestion multilingue. Les détecteurs à enregistrement des données sont munis d'un port COM IR pour le transfert automatique des données vers un ordinateur ou une station d'accueil (MicroDock II). Pas besoin de câble !

Le GasAlert Extreme est le digne représentant d'une longue lignée de produits BW Technologies offrant caractéristiques de pointe, fonctionnement sans souci, durabilité, et le coût global de propriété LE PLUS FAIBLE du marché en matière de détecteurs monogaz.

"INNOVATORS IN GAS DETECTION"



For further information:

1-888-749-8878 USA
1-800-663-4164 Canada
+44 (0) 1869 233004 Europe
+971 4-8871766 Moyen-Orient
+61-438-887-232 Australie
+852-2974-1783 Chine
+65-6465-4151 Asie du Sud-Est
+1-403-248-9226 D'autres pays

Siège social
2840 - 2 Avenue S.E.
Calgary, AB, Canada T2A 7X9
Téléphone: +1-403-248-9226
Fax: +1-403-273-3708

E-mail: bwsales@bwtnet.com
www.gasmonitors.com

BN 1071-01-02-01-12-0200000335964

CARACTÉRISTIQUES

Détecteur monogaz

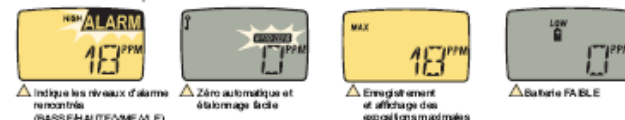
GasAlert pour:	Plage de mesure	Seuils d'alarme (Réglages par défaut indiqués. Niveaux d'alarmes ajustables sur site.)				Humidité relative sans condensation	Température de fonctionnement
		TWA Alarm	STEL Alarm	Low Alarm	High Alarm		
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	0-100 ppm	10 ppm	15 ppm	10 ppm	15 ppm	15-90	+40 to +50 °C 40 to +122 °F
Anhydride sulfureux (SO ₂)	0-100 ppm	2 ppm	5 ppm	2 ppm	5 ppm	15-90	
Cyanure d'hydrogène (HCN)	0-30.0 ppm	4.7 ppm	10.0 ppm	4.7 ppm	10.0 ppm	15-95	
Monoxyde de carbone (CO)	0-999 ppm	35 ppm	200 ppm	35 ppm	200 ppm	15-90	-30 to +50 °C -22 to +122 °F
Chlore (Cl ₂)	0-50.0 ppm	0.5 ppm	1.0 ppm	0.5 ppm	1.0 ppm	10-95	
Dioxyde d'azote (NO ₂)	0-99.9 ppm	2.0 ppm	5.0 ppm	2.0 ppm	5.0 ppm	15-90	
Ammoniac (NH ₃)	0-100 ppm	25 ppm	35 ppm	25 ppm	50 ppm	15-90	
Hydrogène phosphoré (PH ₃)	0-5.0 ppm	0.3 ppm	1.0 ppm	0.3 ppm	1.0 ppm	15-90	
Oxyde d'éthylène (ETO)	0-100 ppm	1 ppm	5 ppm	1 ppm	5 ppm	15-90	
Dioxyde de chlore (ClO ₂)	0-1 ppm	0.1 ppm	0.3 ppm	0.1 ppm	0.3 ppm	15-95	
Ozone (O ₃)	0-1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	0.2 ppm	15-90	
Oxyde nitrique (NO)	0-250 ppm	25 ppm	25 ppm	25 ppm	25 ppm	15-90	
Oxygène (% by vol.) (O ₂)	0-30.0%	N/A	N/A	19.5 %	22.5 %	0-99	

Zéro automatique: Oui
Éclairage: Automatique
Rétro éclairage: Faible luminosité (auto et sur demande) ; conditions d'alarme (auto)
Auto-test pleines fonctions: Vérification de l'intégrité du capteur, du circuit électronique et de la batterie; alarmes sonores/visuelles
Capteur: Enrichissable, cellule électrochimique (température compensée)
Indicateurs et Alarmes: Alarmes sonores et visuelles distinctes en fonction du niveau d'alarme
Alarme visuelle: Lentille d'alarme clignotante grand angle à 4 diodes rouges, plus indication de l'alarme sur l'affichage à cristaux liquides
Alarme sonore: Volume élevé, pulsations de 95 dB à 0,25 m (en moyenne)
Tonalité de fiabilité: Toutes les 5 secondes (possibilité d'activer/désactiver sur le terrain)
Au-tout: Batterie faible ; avertissement de désactivation ; échec du capteur
Alarme à vibreur standard: Vibration synchronisée avec les alarmes sonore et visuelle
ÉCRAN À CRISTAUX LIQUIDES EN CONTINU: L'écran alphanumérique indiquant la concentration du gaz et l'état fournit les informations suivantes:
Gaz (ppm ou %): Affichage en continu de la concentration de gaz présente
VME et VLE (ppm ou %): Enregistrement et affichage sur demande
Valeur maximale (ppm ou %): Enregistrement et affichage sur demande de l'exposition maximum au gaz
Seuils d'alarme: Affichage à l'activation (auto) et sur demande en ppm ou %
TESTS:
Auto-test pleines fonctions: Auto-test pleines fonctions à l'activation (auto)
Batterie: Continu (auto)
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES: Matériau composite robuste avec boîtier anti-chocs intégré
Protection: Haute résistance à l'eau boîtier IP66/67
Interférences: Conformité à la Directive 89/336/CEE sur la CEM
Batterie: Lithium 3 volts (batterie pour appareil photo Energizer CR2)
Durée de vie de la batterie: 2 ans (en moyenne) avec batterie 3 V remplaçable
Taille: 26 x 50 x 95 mm
Poids: 82 g
ENREGISTREMENT DES ÉVÉNEMENTS: Possibilité d'enregistrement et de transmission de 10 alarmes
Informations sur les événements: Type de gaz, niveau d'exposition maximale (ppm ou vol) ; durée d'alarme en minutes et secondes; durée écoulée depuis l'alarme, en jours, heures et minutes
Méthode de transmission: Via port infrarouge vers adaptateur USB pour PC
Options de l'enregistreur de données: Enregistreur de données rechargeable
Enregistreur de données: Tous les événements
Fréquence d'échantillonnage: Réglée en usine à intervalles de 5 secondes ; possibilité de réglage des intervalles de 1 à 60 secondes
Stockage: Plus d'un mois d'enregistrement des données en continu à intervalles de 5 secondes. Une fois la mémoire pleine, la fonctionnalité de bouclage remplace les données les plus anciennes par les données les plus récentes 2 ans y compris le capteur, sauf NH₃ (un an)
GARANTIE: The HIGH Alarm and STEL Alarm has the same highest alarm priority. The LOW Alarm overrides the TWA Alarm.

EN RAISON DE NOS RECHERCHES PERMANENTES POUR L'AMÉLIORATION DES PRODUITS, LES CARACTÉRISTIQUES SONT SUJETTES À MODIFICATIONS SANS PRÉAVIS.

- *CLASSEMENTS ET CERTIFICATIONS: (sécurité intrinsèque) Classe I, Div. 1, Gr. A, B, C, D ATEX: CE II 1 G EEx ia IIC T4 IECEx: Ex ia IIC T4
- 1 GRAND ÉCRAN ALPHANUMÉRIQUE
 - 2 FONCTIONNEMENT DE POINTE À MICROCONTRÔLEUR
 - 3 CAPTEUR ÉLECTROCHIMIQUE
 - 4 BARRE D'ALARME VISUELLE GRAND ANGLE HAUTE LUMINOSITÉ
 - 5 ALARME SONORE À VOLUME ÉLEVÉ DE 95 dB (en moyenne)
 - 6 ZÉRO AUTOMATIQUE/SÉLECTION AUTOMATIQUE DE LA PLAGE
 - 7 RÉTROÉCLAIRAGE AUTOMATIQUE
 - 8 ALARMES BASSE, HAUTE, VME ET VLE
 - 9 ROBUSTE, COMPACT, LÉGER
- ADAPTEUR USB INTERFACE IR
CD-ROM de formation

Indicateur d'état complet et convivial:



Distributeur:



Dräger Pac® 7000

Small and robust, ergonomic and intuitive, economic and powerful – the Dräger Pac 7000 is tailor-made for personal monitoring at the workplace. Featuring the latest sensor technology, this innovative single gas detector is equipped with a wide range of functions and is suitable for many different applications in day-to-day industrial settings.



The Dräger Pac 7000 detector is an impressive instrument, offering a high level of reliability and rapid warning against harmful concentrations of hydrogen sulfide, oxygen, carbon monoxide, carbon dioxide, sulfur dioxide, chlorine, hydrogen cyanide, ammonia, nitrogen dioxide, nitrogen monoxide, phosphine, or organic vapors.

SMALL AND ROBUST

Dräger Pac 7000's impact-resistant housing features a protective rubber coating and is impervious to corrosive chemicals. Dräger Pac 7000 meets the requirements of IP 65 to ensure operation even when projected with water. The protection against electromagnetic effects has been optimized. A crocodile clip made of stainless steel is used to fasten the instrument securely to the wearer's clothing and can be rotated to allow for individual preferences. The two alarm lights are located on the corners of the instrument for 360° visibility.

NO LIFETIME LIMITATION

The Dräger Pac 7000 features an unlimited lifetime and has been designed to ensure long-term operation. The battery and the sensor can be easily replaced on-site and without any additional equipment. Also, the dust and water filter on the front of the

instrument can be replaced when clogged with dirt or mud. Unique to Dräger, an optional 5-year warranty (filters and batteries need to be replaced at regular intervals) is available for the hydrogen sulfide, oxygen and carbon monoxide monitors.

NEW SENSOR TECHNOLOGY 'EN MINIATURE'

Utilizing long-life, state-of-the-art Dräger XXS Sensor technology, the innovative Dräger Pac 7000 boasts both speed and reliability in regards to the measurement results. The small size of the sensor supports the application-oriented design of the instrument. Gas hazards that may occur are displayed immediately thanks to the very short diffusion paths inside the instrument and the extremely quick electrochemical reaction times achieved by the Dräger XXS Sensors.

SAFETY FIRST

Personnel safety is always the first priority. The sensor is positioned inside the housing such as to allow gas to reach it from above and from the front. This position also minimizes the danger of a gas inlet being accidentally covered by clothing.

ALARM / WARNING FUNCTION

Visual, vibrating and audible alarms are



Dräger Pac 7000
Increased functionality
and no lifetime limitation.

triggered when the two configurable alarm thresholds are exceeded or in the case of oxygen, when the levels fall below the set value. For optimum perception, a two-tone alarm is used. Furthermore, Dräger Pac 7000 features an adjustable TWA (time-weighted average) alarm and STEL (short-term exposure level) alarm. A warning is also given to indicate low battery levels or in the event of a device error.

DATA LOGGER

Dräger Pac 7000 features a data logger in which all concentrations and events are stored together with their respective dates and times. The intervals are variable and can be adjusted by the user. If a one-minute interval is set, the data logger has a capacity of about five days. The stored data can be downloaded via a PC that has Dräger Pac Vision or Dräger CC-Vision software installed and edited using, for example, Microsoft® EXCEL® software. Alternatively, complete data evaluation is possible when the Dräger GasVision software is used.

BUMP TEST MODE

Work safety in industrial settings relies on gas measurement equipment that functions properly. This is the reason why national regulations require regular function or bump tests to test the instrument's functionality using a known gas concentration. Dräger Pac 7000 is designed to make bump testing easier by automating the bump test process when used in conjunction with the Dräger Bump Test Station.

The bump test mode is integrated within the instrument and can be individually configured to match specific safety regulations. For example, the instrument can

inform the user when a function test is required and, if after a set period time, the function test has still not been performed; the instrument will automatically shut off. Additionally, when used with the Dräger Bump Test Station, Dräger Pac 7000 can be automatically calibrated after a failed bump test. This ensures the proper functioning of safety equipment.

CALIBRATION AND CONFIGURATION

Dräger Pac 7000 features an integrated menu from which the bump test mode, fresh air calibration and span calibration can be selected. Access to fresh air and span calibration can also be password protected.

The instrument is equipped with an infrared interface and can be linked to a PC via the connecting cradle or the Dräger E-Cal system. Dräger Pac Vision or Dräger CC Vision software can be installed on any PC to configure functions, as well as to calibrate and download the stored data.

DRÄGER PAC 7000 AT A GLANCE

- High performance Dräger XXS Sensors
- Optional 5-year warranty for hydrogen sulfide, oxygen and carbon monoxide monitors
- Automatic function test with Dräger Bump Test Station
- Optional calibration function after a failed function test
- Adjustable bump test interval
- Unlimited lifetime with simple battery, sensor and filter replacement
- Integrated data logger
- Gas inflow from above and the front
- Adjustable TWA and STEL alarms
- Record of the peak concentration

ORDER INFORMATION

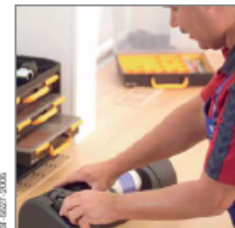
Description	Measuring Range	Default Alarm Threshold A1/A2	Resolution	Response Time	Order Code
Dräger Pac 7000 H ₂ S ¹⁾	0 – 100 ppm	10/20 ppm	1 ppm	15 sec.	93 18 674
Dräger Pac 7000 H ₂ S ²⁾	0 – 100 ppm	10/20 ppm	1 ppm	15 sec.	93 18 971
Dräger Pac 7000 H ₂ S	0 – 100 ppm	by request	1 ppm	15 sec.	93 18 677
Dräger Pac 7000 H ₂ S	0 – 100 ppm	by request	0.1 ppm	15 sec.	93 21 004
Low Concentrations					
Dräger Pac 7000 O ₂ ¹⁾	0 – 25 Vol.-%	19/23 Vol.-%	0.1 Vol.-%	10 sec.	93 18 675
Dräger Pac 7000 O ₂ ²⁾	0 – 25 Vol.-%	19.5/23.5 Vol.-%	0.1 Vol.-%	10 sec.	93 18 972
Dräger Pac 7000 O ₂	0 – 25 Vol.-%	by request	0.1 Vol.-%	10 sec.	93 18 678
Dräger Pac 7000 CO ^o	0 – 1999 ppm	30/60 ppm	1 ppm	15 sec.	93 18 673
Dräger Pac 7000 CO ¹⁾	0 – 1999 ppm	35/50 ppm	1 ppm	15 sec.	93 18 970
Dräger Pac 7000 CO	0 – 1999 ppm	by request	1 ppm	15 sec.	93 18 676
Dräger Pac 7000 CO ₂	0 – 5 Vol.-%	by request	0.1 Vol.-%	30 sec.	93 18 975
Dräger Pac 7000 SO ₂	0 – 100 ppm	by request	1 ppm	15 sec.	93 18 976
Dräger Pac 7000 Cl ₂	0 – 20 ppm	by request	0.05 ppm	30 sec.	93 18 978
Dräger Pac 7000 HCN	0 – 50 ppm	by request	0.1 ppm	15 sec.	93 18 973
Dräger Pac 7000 NH ₃	0 – 300 ppm	by request	1 ppm	20 sec.	93 18 979
Dräger Pac 7000 NO ₂	0 – 50 ppm	by request	0.1 ppm	15 sec.	93 18 977
Dräger Pac 7000 NO	0 – 200 ppm	by request	1 ppm	15 sec.	93 21 263
Dräger Pac 7000 PH ₃	0 – 20 ppm	by request	0.01 ppm	10 sec.	93 18 974
Dräger Pac 7000 OV	0 – 200 ppm	by request	0.5 ppm	100 sec.	93 21 006
Dräger Pac 7000 OV-A	0 – 200 ppm	by request	1 ppm	100 sec.	93 21 007
5 Year Guaranty (not including battery)					
Dräger Pac 7000 5Y H ₂ S	0 – 100 ppm	by request	1 ppm	15 sec.	93 21 032
Dräger Pac 7000 5Y O ₂	0 – 25 Vol.-%	by request	0.1 Vol.-%	10 sec.	93 21 033
Dräger Pac 7000 5Y CO	0 – 1999 ppm	by request	1 ppm	15 sec.	93 21 031
Leather carrying case					45 43 922
Communication Accessories					
Dräger Gas Vision					93 14 034
Dräger CC-Vision					94 08 515
Communication Module, complete with USB cable and Dräger Pac Vision software					93 18 587
Calibration Accessories					
Calibration adapter					93 18 588
Dräger Pac Module for Dräger E-Cal calibration system					93 18 589
Dräger Bump Test Station for Dräger Pac 7000, not including gas cylinder					93 17 410
Dräger Bump Test Station for Dräger Pac 7000 Complete with one test gas cylinder 58L (gas and concentration variable)					93 18 586
Dräger Bump Test Station for Dräger Pac 7000 The station for an automatic bump test upon placing the Dräger Pac 7000 in the cradle, not including gas cylinder					93 19 559
Dräger Bump Test Station for Dräger Pac 7000 The station for an automatic bump test upon placing the Dräger Pac 7000 in the cradle, complete with one test gas cylinder 58L (gas and concentration variable)					93 21 008
Printer Set for Dräger Bump Test Station Consisting of: Dräger Mobile Printer, single charger, rechargeable NiMH batteries, USB connection cable, positioning aid, Dräger CC-Vision standard					93 21 010
Replacement Parts					
Lithium battery					45 43 908
Water and dust filter					45 43 936

1) Default configuration Europe
2) Default configuration North America



SE 0603 2004

Dräger Pac 7000
Small and robust personal monitor.



SE 0607 2005

Dräger Pac 7000
Quick and reliable function tests.

TECHNICAL DATA

Dimensions (W x H x D)	84 x 64 x 25 mm; 3.3 x 2.5 x 1.0 in.
Weight	120 g; 3.8 oz.
Ambient conditions	Temperature ¹⁾ -30 – 50 °C; -20 – 120 °F Pressure 700 – 1300 hPa Humidity 10 – 90 % r. h.
Ingress protection	IP 65
Display	Language-free LCD display, continuous indication of concentration, peak concentration, TWA- and STEL-concentration, operating time, notice and alarm functions
Typical battery life	5500 hours (O ₂ version: 2700 hours)
Acoustic alarm	Two-tone-alarm, typical > 90 dB at a distance of 30 cm
Data logger	Storage of concentration and events with date and time (120 hours @ 1 data set per minute)
Approvals	CE-Sign (89/336/EEC, 94/9/EC) ATEX II 1 G EEx ia IIC, T4 IM 1 EEx ia I, T 4 UL Class I, II, Div 1, Group A, B, C, D, E, F, G, Temp. Code T4 cUL Class I, II, Div 1, Group A, B, C, D, E, F, G, Temp. Code T4 IECEx EEx ia IIC, T4 Marine Equipment Directive 96/98/EC Measurement Performance Certificate (acc. to ATEX) EN 45544 (CO, H ₂ S), EN 50104 (O ₂), EN 50271

1) Dräger Pac 7000 CO₂ -20 – 40 °C (-4 – 104 °F), Dräger Pac 7000 HCN -20 – 50 °C (-4 – 122 °F), Dräger Pac 7000 PH₂ -20 – 50 °C (-4 – 122 °F)

HEADQUARTERS:
Dräger Safety AG & Co. KGaA
Revalstrasse 1
23560 Lübeck, Germany
www.draeger.com

SUBSIDIARIES:
AUSTRALIA
Dräger Safety Pacific Pty. Ltd.
Access Corporate Park
Unit 99, 45 Gilby Road
Mt. Waverley, Vic 3149
Tel +61 3 92 65 50 00
Fax +61 3 92 65 50 95

CANADA
Dräger Canada Ltd.
7555 Danbro Crescent
Mississauga,
Ontario L5H 6P9
Tel +1 905 821 89 88
Fax +1 905 821 25 65

P. R. CHINA
Beijing Fortune Draeger
Safety Equipment Co., Ltd.
Yu An Lu A 22, B Area
Beijing Tianzhu Airport
Industrial Zone
Houshayu Shunyi District
Beijing 101300
Tel +86 10 80 49 90 00
Fax +86 10 80 49 90 05

FRANCE
Dräger Safety France SAS
30 route de la Fédération,
BP 80141
67025 Straasbourg Cedex 1
Tel +33 3 88 40 59 29
Fax +33 3 88 40 76 67

USA
Dräger Safety, Inc.
101 Technology Drive
Pittsburgh, PA 15275
Tel +1 412 787 83 83
Fax +1 412 787 22 07

MEXICO
Dräger Safety S.A. de C.V.
Av. Peñuelas No. 5
Bodega No. 37
Fraccionamiento Industrial
San Pedro
Querétaro, Qro México
Tel +52 442 246-1113
Fax +52 442 246-1114

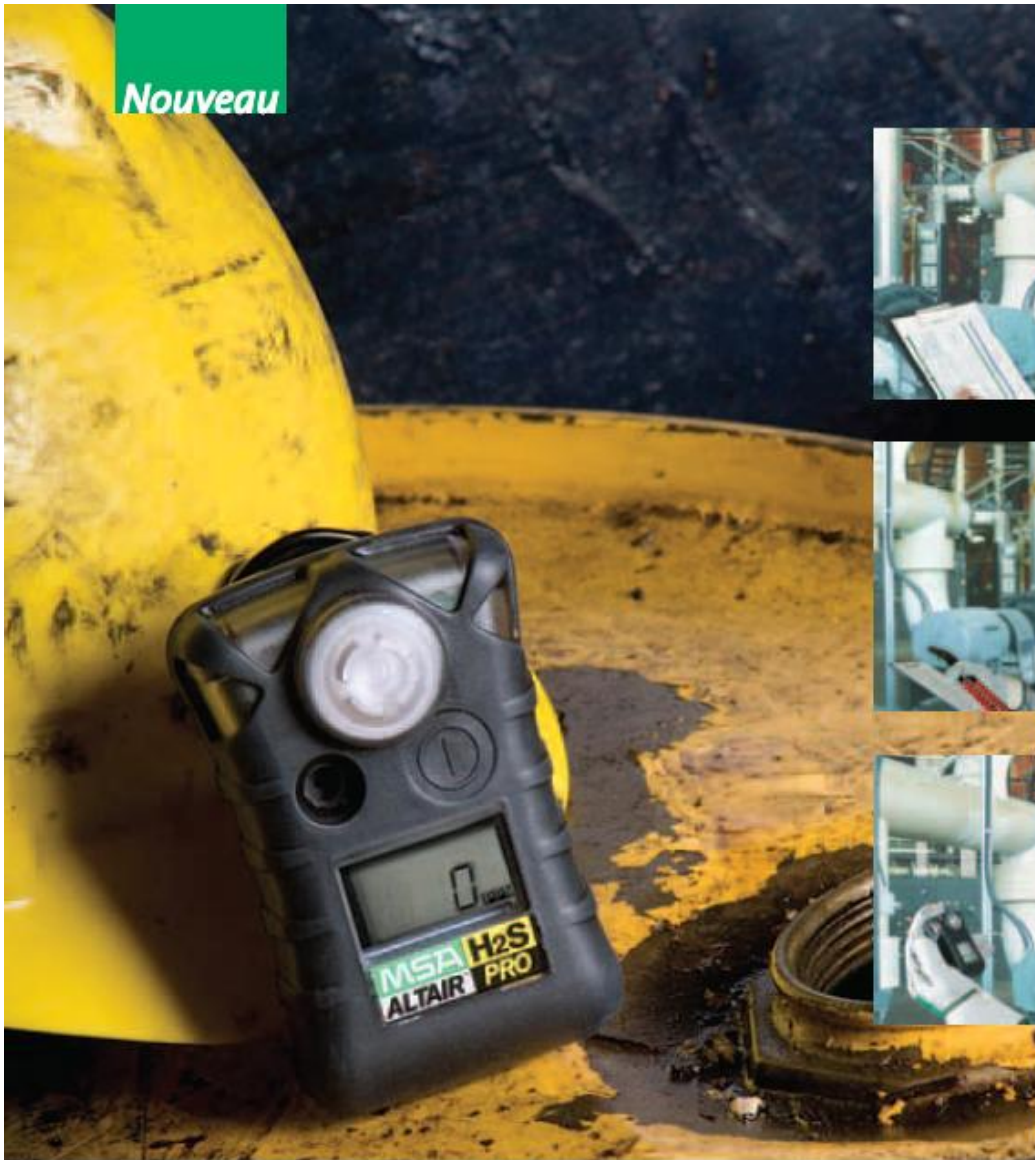
NETHERLANDS
Dräger Safety Nederland B.V.
Edisonstraat 53
2700 AH Zoetermeer
Tel +31 79 344 46 66
Fax +31 79 344 47 90

REP. OF SOUTH AFRICA
Dräger South Africa (Pty) Ltd.
P.O.Box 69601
Bryanston 2021
Tel +27 11 465 99 59
Fax +27 11 465 89 53

SINGAPORE
Dräger Safety Asia Pte. Ltd.
67 Ayer Rajah Crescent # 06 03
139650 Singapore
Tel +65 68 72 92 88
Fax +65 67 73 20 33

SPAIN
Dräger Safety Hispania S.A.
Calle Xaudaró 5
28034 Madrid
Tel +34 91 728 34 00
Fax +34 91 729 48 99

UNITED KINGDOM
Dräger Safety UK Ltd.
Blyth Riverside Business Park
Blyth, Northumberland
NE24 4RG
Tel +44 1670 352 891
Fax +44 1670 356 286



Détecteur Monogaz ALTAIR PRO

[Fiable. Compact. Facile à utiliser.]



ALTAIR PRO

[Grand par ses caractéristiques,
petit par sa taille]

Le nouveau MSA ALTAIR PRO est un détecteur monogaz très performant et fiable avec un choix de cellules toxiques ou oxygène.



ALTAIR PRO

Avec un choix de trois cellules différentes, ALTAIR PRO convient particulièrement aux applications dans les industries suivantes :

- Pétrochimie
- Chimie
- Sidérurgie
- Services Publics
- Services Incendie
- BTP
- Application industrielles

[Cellules de haute technologie]

ALTAIR PRO intègre les capteurs de la série 20 à réponse rapide et ayant déjà fait leur preuve sur le marché. Choisissez entre les 3 modèles : Oxygène [O₂], Monoxyde de Carbone [CO] et Hydrogène Sulfuré [H₂S]. Toutes les cellules sont facilement remplaçables afin de réduire les coûts de maintenance de l'appareil.

[Conception robuste]

ALTAIR PRO a un indice de protection IP67 et est conçu pour supporter un test de chute de 3 mètres. Le boîtier caoutchouté extrêmement épais assure une protection contre les chutes accidentelles. Il est muni d'un joint de fermeture très efficace contre les infiltrations de l'eau et de la poussière. Les inserts filetés métalliques offrent un haut niveau de stabilité structurelle pendant toute la durée de vie de l'appareil.

[Affichage facile à lire]

L'ALTAIR PRO dispose d'un affichage simple et extrêmement facile à lire. Le large affichage numérique permet à l'utilisateur de lire la concentration en gaz, les conditions d'alarme, l'état de la batterie, les points de consigne et les valeurs de pics avec précision et confiance.

[Un seul bouton de fonctionnement]

La simplicité de fonctionnement de l'ALTAIR PRO en fait sa principale caractéristique. Un seul bouton de fonctionnement permet un accès rapide et facile à toutes les fonctions de l'appareil. Ce bouton permet les fonctions suivantes :

- Marche – Arrêt
- Activation rétro-éclairage
- Activation lien IR
- Réglage de l'Air Frais
- Lecture des données, relatives aux événements ou aux points de consigne de l'alarme
- Remise à zéro des relevés de pics
- Réalisation d'un test au gaz



[Indicateur de test au gaz]

En confirmant « Test Gaz » [appuyer une fois sur le bouton], l'appareil permet d'effectuer un test au gaz, qui sera enregistré et affiché sur l'écran sous forme de « stick » pendant 24 heures. Avec son adaptateur de gaz incorporé, aucun accessoire supplémentaire n'est nécessaire pour effectuer ce test.

[Système d'alarme distinctif]

Le triple système d'alarme supérieur est composé d'une alarme audible distinctive de 95 dB à 30 cm, de LEDs très claires visibles d'un angle de 320° et d'une alarme vibrante très puissante. Le niveau haut de l'alarme sonne très différemment du niveau bas de l'alarme, niveaux d'alarme VLE [STEL] et VME [TWA], et cette différence se retrouve également sur l'alarme visuelle. L'affichage numérique indique également l'état de l'alarme « LO » ou « HI » [Bas ou Haut].

[Batterie remplaçable]

Une batterie CR2, compacte et très fiable, assure le fonctionnement de l'ALTAIR PRO durant plus d'une année de travail hebdomadaire standard. Ces batteries sont disponibles et facilement remplaçables. L'autonomie de la batterie apparaît automatiquement sur l'écran de l'appareil.

[Enregistrement des données]

Un système d'enregistrement très complet est intégré à l'ALTAIR PRO. Les 50 derniers événements, ainsi que les valeurs de pics de gaz [ou les faibles valeurs en O₂] sont enregistrés toutes les 3 minutes. Grâce au logiciel MSA FiveStar Link, vous pouvez ensuite transférer ces données sur un PC via le port infrarouge de l'ALTAIR PRO. Ainsi, les données enregistrées sont accessibles très rapidement et simplement. Une fois combinés, tous ces outils permettent d'accéder aux conditions d'alarme, de confirmer des tests de choc ou de calibrage et de vérifier l'exposition de l'utilisateur.

[Attaches en option]

L'ALTAIR PRO peut être porté sur tous les vêtements grâce à une attache robuste à suspension standard. Trois autres attaches sont également disponibles en option : attache téléphone portable, kit cordon et agrafe pour casque.



[Spécifications Techniques]

Gaz	Plage	T° de fonctionnement	-20 °C à +50 °C
Oxygène [O ₂]	0-25% Vol	Humidité	10-95% RH non-condensing
Monoxyde de Carbone [CO]	0-1500 ppm	Indice de Protection	IP 67
Hydrogène Sulfuré [H ₂ S]	0-200 ppm	Certifications	
Poids [total]	112 g avec le clip	Europe	Ⓜ ATEX II 2G EEx ia IIC T4 -20 °C à +50 °C
Dimensions	81 x 51 x 23 mm [H x L x P]	Australie	Ex ia IIC T4 -20 °C à +50 °C
Alarmes	Standard: 95 dB à 30 cm en moyenne, LEDs très claires, alarme vibrante	US et Canada	CSA cUL pour Classe 1, Division 1, Groupes A, B, C et D Bureau Maritime américain
Garantie	2 ans [sans batterie]		
Autonomie batterie	12 mois minimum avec une moyenne de 8 heures par jour de fonctionnement		

[Références de Commande]

Type d'appareil	Référence	Alarme Basse	Alarme Haute	STEL	TWA
Oxygène [O ₂]	10074137	19.50%	23.00%	-	-
Oxygène [O ₂]	10076732	19.50%	18.00%	-	-
Monoxyde de Carbone [CO]	10074135	25 ppm	100 ppm	100 ppm	25 ppm
Monoxyde de Carbone [CO]	10076723	25 ppm	100 ppm	100 ppm	25 ppm
Services de Secours					
Monoxyde de Carbone [CO]	10076724	75 ppm	200 ppm	200 ppm	75 ppm
Industries de l'acier					
Monoxyde de Carbone [CO]	10076718	30 ppm	60 ppm	60 ppm	30 ppm
Monoxyde de Carbone [CO]	10076719	35 ppm	100 ppm	100 ppm	35 ppm
Monoxyde de Carbone [CO]	10076720	35 ppm	400 ppm	400 ppm	35 ppm
Monoxyde de Carbone [CO]	10076721	50 ppm	200 ppm	200 ppm	50 ppm
Monoxyde de Carbone [CO]	10076722	100 ppm	300 ppm	300 ppm	100 ppm
Hydrogène Sulfuré [H ₂ S]	10074136	10 ppm	15 ppm	15 ppm	10 ppm
Hydrogène Sulfuré [H ₂ S]	10076728	10 ppm	20 ppm	20 ppm	10 ppm
Hydrogène Sulfuré [H ₂ S]	10076725	5 ppm	10 ppm	10 ppm	5 ppm
Hydrogène Sulfuré [H ₂ S]	10076727	8 ppm	12 ppm	12 ppm	8 ppm
Hydrogène Sulfuré [H ₂ S]	10076726	7 ppm	14 ppm	14 ppm	7 ppm

Tous les ALTAIR PRO sont montés avec une attache à suspension et une batterie standards.

Accessoires	Référence
Attache, acier inoxydable	10069894
Attache téléphone cellulaire	10041105
Kit cordon	10041107
Agrafe pour casque	10073346
Logiciel FiveStar Link avec port IR-Jeteye	710946



Votre contact direct

┌

┐

MSA GALLET
Zone Industrielle Sud
F-01400 Châtillon sur Chalaronne
Tél: +33 [474] 55 01 55
Fax: +33 [474] 55 47 99
E-mail: message@msa-gallet.fr
Internet: www.msa-gallet.fr

MSA Belgium N.V.
Duijckstrak 17
B-2500 Lier
Tél: +32 [3] 49191150
Fax: +32 [3] 49191151
E-mail: msabelgium@msa.be
Internet: www.msa-europe.com

MSA ALER Schweiz
Unterdorfstrasse 21
CH-8602 Wangen
Tél: +41 [43] 255 89 00
Fax: +41 [43] 255 99 90
E-mail: msa-schweiz@auer.de
Internet: www.msa.ch

┐

└ Sujet à modification sans préavis

ID 08-538.2 FR/00/10g.05/HA



ANNEXE 7

**Principales méthodes de mesures des composés chimiques
(principalement : H₂S et NH₃) et des mesures d'odeurs à l'émission et dans
l'environnement**

Récapitulatif des méthodes de mesures chimiques pouvant être mises en œuvre, leurs avantages, inconvénients et le milieu étudié

Méthode	Composé mesuré	Gamme de mesure	Limite de détection (LD)	Résolution temporelle	Avantage	Inconvénients	Milieu étudié / Objectifs
Tubes passifs	H ₂ S NH ₃	0 à 1 000 mg/m ³	/	Mesure intégrée (7 à 14 jours de prélèvement)	Simple d'utilisation Réalisation de nombreux points de mesures	Durée de prélèvements longue (pour obtenir des seuils quantification intéressants) Corrélation délicate avec conditions météo variables sur une longue période – difficile de cibler impact olfactif d'un site Analyse en différé	Milieu émetteur et récepteur (niveau d'impact moyen)
DOAS	NH ₃	/	> 5 -10 µg/m ³ (> 7 – 14 ppm)	Mesure intégrée (plusieurs jours)	Mesure intégrée sur une distance Mesure continue Corrélation avec conditions météo précises pour identifier les impacts liés au site surveillés d'autres événements éventuels Possibilité d'obtenir le bruit de fond dans environnement d'un site	Mise en œuvre difficile Electricité indispensable Possibilité de vandalisme sur le matériel si installation dans environnement non sécurisé	Milieu émetteur et récepteur Niveau de fond Quantification spécifique de l'impact d'un site si couplée à une station météo adaptée
Détecteur portatif (JEROME®)	H ₂ S	1 - 100 ppb 0,1 – 1 ppm 1 – 10 ppm 10 – 50 ppm	1 ppb (1,4 µg/m ³)	Temps de réponse de 13 à 30 s (suivant gamme)	Portable Simple d'utilisation Fonctionnement sur batterie sur 4-5 h	Doit être associé avec un système d'enregistrement de données pour suivi continu	Suivi continu autonome
Tubes colorimétriques	H ₂ S CH ₃ SH NH ₃	1 – 200 ppm	1 ppm	Mesure ponctuelle	Simple d'utilisation Différentes gammes de mesures Nombre de points de mesures important	Précision de la mesure	Ambiance de travail Cartographie Suivi d'un panache et délimitation de ses contours possibles (nombre de personnes importantes)
Spectroscopie absorption laser	NH ₃	/	Quelques ppb (soit qq µg/m ³)	Temps de réponse court	Temps de réponse court Peut être placé dans un véhicule	Nécessite du personnel formé	Cartographie autour d'un site

Méthode	Composé mesuré	Gamme de mesure	Limite de détection (LD)	Résolution temporelle	Avantage	Inconvénients	Milieu étudié / Objectifs
Analyseur (fluorescence UV, photo-acoustique)	TRS NH ₃	0,1 ppb à 6 ppm (0,71 µg/m ³ à 4,24 mg/m ³)	> 1 ppb 0,1 ppb (0,07 µg/m ³)	Temps de réponse court	Méthodes précises, sensibles Suivi continu	Etalonnage nécessaire Besoin d'électricité	Milieu émetteur et récepteur Suivi continu
Analyseur multigaz photoacoustique	N ₂ O CH ₄ NH ₃	Gamme de 1 à 10 ⁵ LD	>0,03 ppm (>54 µg/m ³) >0,4 ppm (>0,26 mg/m ³) >0,2 ppm (>0,14 mg/m ³)	Temps de réponse court	Utilisation relativement simple Plusieurs composés mesurés		Milieu émetteur
Chromatographie	H ₂ S CH ₃ SH DMS DMDS	5 ppb – 10 ppm	5 ppb	Suivi semi continu (12 minutes environ)	Méthode précise, sensible Quantification de chaque espèce	Apport d'électricité Mise en œuvre difficile Nécessite du personnel formé	Milieu émetteur
Cartouche (carbone graphité)	COV	/	> 10 ng (GC/SM)	Mesure intégrée	Identification / quantification spécifique	Analyse en différé Apport d'électricité Méthode onéreuse	Milieu émetteur
Barbotage	H ₂ S NH ₃	/	> 10 µg/m ³	Mesure intégrée (plusieurs heures)	Utilisation relativement simple	Apport d'électricité Précision de la mesure (pour H ₂ S) Analyse en différé	Milieu émetteur
Sac / ampoule de verre	H ₂ S	5 ppb – 10 ppm	5 ppb	Mesure intégrée	Utilisation relativement simple	Mesure ponctuelle Analyse en différé Concentrations élevées	Milieu émetteur
FID	CH ₄ / COV _T	0,1 ppm à 100 000 ppm	0,1 ppm	Temps de réponse de 1 s (mode HCT) 40 s (mode CH ₄)	Mesure continue	Besoin d'électricité	Milieu émetteur
Infrarouge portable (Ecoprobe 5 ®)	CH ₄ /HCT/CO ₂ O ₂	100 ppm à 60 % v/v, oxygène : 0-100 % v/v	20 ppm	Temps de réponse de 1-2 s	Mesure discontinue (cartographie), autonome (batterie), enregistrement, portable		Milieu émetteur (gaz du sol)

Méthode	Composé mesuré	Gamme de mesure	Limite de détection (LD)	Résolution temporelle	Avantage	Inconvénients	Milieu étudié / Objectifs
PID	H ₂ S	1 – 100 ppm (1,4 - 139 mg/m ³)	1 ppm (1,4 mg/m ³)	Temps de réponse de 5 s	Temps de réponse court Portable Enregistrement des données	Limite de détection élevée	Milieu émetteur
	COV	1 ppb à 10 000 ppm	1 ppb				
Détecteur portatif	H ₂ S	De 1 à 200 ppm 1,39 - 280 mg/m ³	1 ppm	Temps de réponse de 15 - 20 s	Appareil portable	Précision de la mesure Concentrations élevées	Ambiance de travail
	NH ₃	0,71 – 140 mg/m ³					

Méthodes de mesures des odeurs

Des mesures d'odeurs peuvent être réalisées à la source (mesures de concentration d'odeurs) et dans l'environnement :

- A la source : les prélèvements et analyses des échantillons odorants doivent être réalisés conformément à la norme NF EN 13725⁹. En fonction du type de source (canalisée, surfacique ou volumique), la méthodologie d'échantillonnage diffère. L'effluent odorant est prélevé dans des sacs en tedlar ou en nalophan. Les analyses sont réalisées par un jury de nez sélectionné et calibré conformément à la norme NF EN 13725, dans les 30h00 après le prélèvement. Pour chaque échantillon, le jury de nez évalue le facteur de dilution moyen qu'il faut appliquer à l'échantillon pour atteindre la valeur de la concentration d'odeurs au seuil de détection du jury qui est par définition $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$. Cette valeur correspond au facteur de dilution auquel l'échantillon odorant a une probabilité de 50 % d'être détecté par la population.

La mesure de concentration d'odeur permet de déterminer la persistance de l'odeur, c'est-à-dire sa propriété à être perçue plus ou moins loin de la source.

- Dans l'environnement : l'étude réalisée doit permettre de caractériser qualitativement et quantitativement les odeurs présentes dans l'environnement d'un site. Des mesures d'intensités odorantes sont réalisées dans l'environnement conformément à la norme NF X 43-103¹⁰. Elles doivent permettre une évaluation aussi quantitative que possible de la pollution odorante dans une zone définie. Les mesures sont réalisées par un jury de nez experts qualifiés selon la norme. Le jury se déplace autour du site et plus particulièrement sous le vent du site et caractérise les odeurs qu'il perçoit en termes d'intensités odorantes (odeur forte, faible), de caractéristiques (irritation, hédonisme, écœurement), de type de perception (en continu, par bouffée) et de caractère associé (odeur de fermentation, d'égout, etc.). La zone géographique impactée par les odeurs d'un site est ainsi déterminée pour les conditions météorologiques au moment des mesures.

Les méthodes mises en œuvre permettent ainsi de déterminer l'impact olfactif potentiel d'un site sur son environnement.

⁹ Norme européenne NF EN 13725 : Qualité de l'air – Détermination d'une odeur par olfactométrie dynamique. Octobre 2003.

¹⁰ Norme française : Qualité de l'air – Mesurage olfactométriques – Mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux – Méthodes supraliminaires. Juin 1996.