

**SYNTHESE DES INFORMATIONS ACQUISES A L'OCCASION D'ETUDES
MENEES DE 2004 A 2006 PORTANT SUR L'EXPOSITION PAR INHALATION AUX
GAZ DE DECOMPOSITION DES ALGUES VERTES
- Département des Côtes d'Armor -**

Rappel du contexte

Les marées vertes qui affectent le littoral breton correspondent à des proliférations d'algues chlorophycées d'espèce *Ulva*. Elles se développent au printemps et en été par croissance et multiplication végétative d'algues dérivantes, sous l'action déclenchante de la température, favorisée par les apports excessifs de sels nutritifs et une combinaison de facteurs physiques naturels.

Le phénomène conduit localement à des échouages importants d'algues vertes sur la totalité de l'estran.

Leur dégradation constitue une nuisance visuelle et olfactive.

La D.D.A.S.S. a souhaité se doter d'éléments lui permettant de procéder à une évaluation des risques liés à l'exposition par inhalation de la population et des professionnels aux produits de décomposition des algues vertes en complément de son intervention sur le contrôle de la qualité des eaux de baignade et de sa participation dans le suivi des actions "Bassins Versants" pour la reconquête de la qualité de l'eau, où ces phénomènes de prolifération des algues vertes sont abordés. Cette évaluation peut se retrouver nécessaire en cas de phénomènes particuliers signalés ou sur la base de sollicitations d'origines diverses.

Les recherches bibliographiques initiales ayant montré l'absence d'éléments de réponse, il a été décidé en commun avec la CIRE de mettre en œuvre progressivement une évaluation de la situation afin de déterminer la réalité du besoin d'une politique de gestion des risques. Un groupe de travail a été mis en place afin d'assister la conduite des programmes. Il associait l'InVS, le CEVA et ultérieurement Air Breizh.

La première étape consistait à faire l'état des lieux en matière de connaissances sur les produits de dégradation des algues et leur toxicité afin de déterminer ceux qui peuvent faire l'objet d'une évaluation des risques. Cette étape a été confiée à l'ENSP.

La deuxième étape a consisté à faire des mesures des émissions autour des échouages et de leur diffusion dans l'environnement. Liés à cette étape, des essais devaient être mis en place pour étudier les conditions de variation de ces émissions dans des conditions naturelles et artificielles.

Une troisième étape consistait en la mise en place de scénarii d'expositions pour différents types de population, puis en quantifiant les populations ainsi exposées, estimer les éventuels impacts sanitaires.

Chaque étape doit faire l'objet d'une évaluation afin d'évaluer la pertinence de la poursuite du programme ou la possibilité de conclure (étape 2 au jour de cette synthèse).

I - Recherche bibliographique (ENSP, 2004)

Assistée de la CIRE-Ouest (Cellule Interdépartementale et Régionale d'Epidémiologie) et du CEVA (Centre de Valorisation des Algues à PLEUBIAN), en lien avec le Conseil Général des COTES-d'ARMOR à travers le programme Prolittoral, la D.D.A.S.S. a guidé, début 2004, un travail bibliographique mené par des étudiants de l'Ecole Nationale de la Santé Publique de manière à parvenir à un inventaire des substances émises dans l'air et des dangers associés, première phase de la démarche d'évaluation des risques sanitaires.

Les faibles connaissances et publications en matière d'émissions gazeuses liées à la dégradation des algues ont amené les auteurs du travail bibliographique à s'intéresser également aux données issues d'études portant sur les filières de traitement et d'élimination de la matière végétale.

Ils concluent à l'émanation de composés chimiques à potentiel dangereux (notamment H_2S et NH_3), produits lors de la décomposition des ulves. Ils sont susceptibles d'affecter en premier lieu les populations de professionnels, qui par leur activité en lien ou à proximité des zones couvertes par de la matière en décomposition, peuvent se trouver exposés par l'inhalation de doses importantes de ces substances. Seule la voie aérienne semble importante. Disposant de relations dose-effet pour ces substances, il est théoriquement possible de caractériser le risque en poursuivant une démarche d'évaluation des risques.

Pour les populations riveraines, si le risque lié à une exposition à ces substances chimiques paraît plus faible compte tenu de mécanismes de dilution dans l'atmosphère, subsiste le phénomène d'odeurs, à l'origine de fortes nuisances.

Sur la base de ces conclusions¹ et en considérant qu'il existe des possibilités d'action en matière de réductions des expositions, la démarche a été poursuivie par un travail de mesure des émissions et des concentrations dans l'air, préalable à l'estimation des expositions.

II – Mesures des concentrations atmosphériques d'ammoniac (NH_3) et de sulfure d'hydrogène (H_2S) à proximité d'un site côtier touché par les algues vertes (Air Breizh, 2005)²

Principe :

Une première étude a donc été mise en œuvre en 2005 sur la base d'une convention signée entre la DRASS et AIR BREIZH :

Air Breizh s'engage, avec la participation financière de la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bretagne, à réaliser une campagne de mesure d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène à proximité d'un site côtier des Côtes d'Armor (St Michel en Grève) au cours de l'été 2005.

¹ Voir le rapport sur le site internet de l'ENSP

² Voir le rapport sur le site internet de Air Breizh

Les concentrations atmosphériques en ammoniac et en sulfure d'hydrogène ont été mesurées avec des analyseurs en continu pendant un mois et deux semaines sur la période juillet/août 2005, selon ce qui a été convenu par le groupe de travail assistant la DDASS dans ce projet. Le laboratoire mobile a été installé au bord d'une plage choisie par la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Côtes d'Armor, après accord de la mairie.

Au vu des résultats de 2005 sur le site de mesure, les participants au groupe de travail ont considéré que les concentrations en ammoniac n'étaient pas préoccupantes en ce qui concerne d'éventuelles nuisances ou un impact significatif sur la santé.

A l'inverse, ils considèrent que les niveaux en H₂S relevés sur la même période sont à considérer prioritairement (30 % des données horaires supérieures à 7 µg/m³, valeur guide recommandée par l'OMS sur une demi-heure pour ne pas générer de gêne olfactive, et un dépassement ponctuel de la valeur guide de 150 µg/m³ sur 24 heures).

Ils justifient l'application de nouveaux programmes de mesure afin d'obtenir davantage d'éléments sur les niveaux rencontrés et disposer ainsi d'arguments pour la mise en œuvre d'une estimation des expositions.

Une deuxième phase d'études, par conventions avec la DRASS, a donc été programmée en 2006 selon 2 protocoles différents, l'un mis en œuvre par Air Breizh et l'autre par le CEVA. Cette nouvelle campagne devrait également permettre de valider des instruments de mesure d'utilisation plus souple et moins coûteuse.

III – Mesures des concentrations atmosphériques d'ammoniac (NH₃) et de sulfure d'hydrogène (H₂S) à proximité d'un site côtier touché par les algues vertes (Air Breizh, 2006)¹

Campagne de mesure à St Michel en Grève (du 20/07 au 13/09/2006)

L'objectif de cette étude est de compléter la campagne 2005 afin de s'assurer que le phénomène est persistant d'une année à l'autre. Elle a donc été effectuée sur le même site de mesure.

Pour l'ammoniac, une augmentation des niveaux est observée puisque les niveaux sont en moyenne trois fois plus élevés en 2006 (tout en restant inférieurs à la valeur toxicologique de référence de l'US-EPA). 80 % des mesures sont inférieures ou égales à 2 µg/m³ en 2005 contre 36% en 2006.

Néanmoins, les concentrations en ammoniac restent modérées.

Pour H₂S, la valeur de recommandation de l'OMS pour la gêne olfactive a été dépassée 31 % du temps en 2006, à peu près comme en 2005.

La concentration journalière en H₂S a dépassé la valeur d'exposition ponctuelle recommandée par l'OMS pour l'absence d'effet sur la santé (150 µg/m³ sur 24

¹ Voir le rapport sur le site internet de Air Breizh

heures) lors de 4 épisodes. En moyenne glissante sur 24 h, cette valeur guide a été dépassée le 28/07 pendant 20 heures ($235 \mu\text{g}/\text{m}^3$), le 01/08 pendant 3 heures, le 26/08 pendant 7 heures et le 11/09 pendant 14 heures. Les niveaux extrêmes atteints sont largement inférieurs au seuil de toxicité aiguë.

La concentration en sulfure d'hydrogène est de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne, soit 1,7 fois plus élevée qu'en 2005. Cette hausse concerne aussi bien les niveaux moyens (moyenne égale à $19,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2005) que les niveaux de pointe (percentile 98 : de $189,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2005 à $254,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2006). Le dépassement des recommandations OMS signe une nuisance réelle mais ne devrait pas se traduire par un impact notable sur la santé s'il reste dans les limites observées en 2006, selon ces conditions de mesures.

Validation des tubes à diffusion pour la mesure du sulfure d'hydrogène

L'objectif de cette étude est d'évaluer la fiabilité de la méthode de mesure par tubes afin d'envisager la possibilité d'un éventuel recours à cette technique plus simple à mettre en œuvre si une réelle estimation des expositions devait être engagée.

Les tubes donnent une valeur plus élevée que l'analyseur en continu mais ceci peut être lié notamment à la hauteur du prélèvement, plus importante pour l'analyseur. Or il existe un gradient vertical de concentration. La vérification de cette seule origine de l'écart devrait être faite avant l'utilisation des tubes à grande échelle. L'analyseur ayant été calibré par la méthode de référence qui a servi à l'établissement des valeurs guides, ses résultats de mesure sont considérés comme les plus proches de l'objectif.

La répétabilité des mesures sur les tubes étant satisfaisante, ils constituent un moyen de mesure efficace après ajustement, ce qui contribue à rendre cette méthode utilisable dans le cas d'une étude d'exposition.

IV – Mesures des émissions de sulfure d'hydrogène (CEVA, 2006)

L'objectif de cette étude est d'obtenir des valeurs d'émission par mesures ponctuelles au niveau des tas d'algues et de permettre à terme le calibrage d'éventuelles études futures. Ceci permet également d'obtenir des informations sur les expositions aiguës potentiellement très dangereuses à proximité immédiate des tas d'algues.

3 campagnes de mesures, dans des situations diverses décrites, ont été effectuées à marée basse pendant 3 journées (le 24/08, le 05/09, et le 14/09/2006). Elles ont concerné différents scénarii vis à vis de la manipulation des algues afin de fournir une approche des variations des émissions et tester des scénarii d'expositions aiguës.

Dans certaines conditions, des concentrations ponctuellement élevées ont été mesurées, pouvant aller au-delà de la Valeur Limite d'Exposition et approcher le seuil de toxicité aiguë en cas de manipulations de dépôts anciens (supérieurs à 5 jours), fortement putréfiés. Cette situation est retrouvée au niveau de l'embouchure du ruisseau où le sol est trop meuble pour enlever les algues et où la présence d'eau douce favorise la putréfaction rapide des algues échouées.

Les concentrations sont beaucoup plus élevées à proximité du sol et décroissent en quelques minutes après la manipulation des tas.

A noter que du fait des caractéristiques du matériel (saturation rapide de la sonde), il n'a pas été possible de mesurer les pics supérieurs à 140 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur correspondant à 10 fois la Valeur limite d'Exposition) et qu'un retrait de la sonde était opéré dès lors que les concentrations mesurées augmentaient trop rapidement.

Les émissions des tas intacts sont inférieures à la limite de détection lors des quelques mesures effectuées. Les tas frais, de moins de trois jours, ainsi que les dépôts anciens séchés de faible épaisseur sont peu émetteurs de H_2S .

Les facteurs prédominants sur les niveaux mesurés sont le contact des tas avec de l'eau douce, le degré de dégradation des dépôts, la distance par rapport au point d'émission et la direction du vent.

V – Interprétation des résultats globaux des mesures de concentration aérienne

- Les résultats sont reproductibles sur les deux années 2005 et 2006 et sur la période couvrant les six semaines d'été.
- Le seuil de perception des odeurs est dépassé un tiers du temps.
- Les niveaux de concentration atteints pour H_2S , en situation « pollution en haut de plage » et « pollution au niveau des tas d'algues » peuvent approcher sous certaines conditions les valeurs de références toxicologiques disponibles et dépasser les limites d'exposition professionnelle.

CONCLUSION

Les informations permettent d'établir les éléments de toxicité suivants pour H_2S :

- **Les niveaux de nuisance sont atteints pendant 1/3 du temps en été en bordure de la grève.**
- **Les niveaux moyens obtenus sur la route longeant la plage peuvent dépasser ponctuellement pendant 24 heures la limite préconisée pour une exposition professionnelle, moins contraignante que celle relative à la population générale.**
- **Les niveaux atteints à proximité immédiate des tas et sous le vent de chantiers en cours d'opération peuvent atteindre les seuils d'irritation et de dangerosité lorsque les tas sont manipulés.**

L'ammoniac émis ne pose pas un problème réel de santé et dépend des mêmes phénomènes que ceux qui produisent H₂S. Maîtriser le second bénéficiera à la réduction du premier.

La poursuite de travaux de recherche susceptibles de préciser ces points peut être intéressante mais les connaissances acquises suffisent à la mise en œuvre de mesures de gestion des risques.

Propositions de mesures de gestion des risques applicables :

Les constats sont suffisants pour conclure à la nécessité de diffuser ces informations et les consignes sanitaires visant à limiter l'exposition à H₂S de la population générale et des travailleurs au contact des algues vertes en décomposition.

Les consignes visant à la réduction des expositions vont dans le sens d'un ramassage plus fréquent et plus large des algues échouées (pour population générale et population professionnelle) et d'une protection accrue pour les professionnels au contact des algues vertes. La prévention passe par une analyse des risques (évaluation des risques professionnels) et un plan de prévention entre entreprise et collectivité territoriale (mesures collectives, balisage des zones, information des salariés, dispositifs de protection individuelle et de mesure de l'exposition individuelle, suivi sanitaire adapté...)

Les actions menées ne doivent pas consister en un simple report des émissions plus en aval dans la filière de traitement (épandage, compostage) sans que les mesures préventives soient également prises à ces niveaux.

Les voies d'action ouvertes sont de plusieurs ordres. Les exemples proposés ici ne sont ni détaillés ni exhaustifs et doivent être adaptés à la situation propre à chaque site d'échouage ou de stockage.

- Concernant la population résidente :

Les facteurs d'exposition sont liés à la présence des tas en décomposition. Il existe deux voies d'action :

- * retirer les tas en décomposition avant que celle-ci soit avancée par une périodicité plus élevée ou adaptée à l'état des accumulations, au besoin en améliorant l'accessibilité aux zones d'échouage ;

- * combattre les facteurs favorisant la putréfaction au niveau des échouages (eau douce, stagnation, sédiments)

- Concernant la population travaillant au contact des algues :

- * Les préconisations de la santé au travail doivent être appliquées en matière de prévention collective et individuelle et organisation du travail.

* Les employeurs et les employés doivent être sensibilisés, avec une participation du maître d'œuvre

* Les risques particuliers liés à la manipulation des algues doivent être diffusés auprès des organismes médicaux locaux et nationaux afin que les fiches techniques soient mises à jour.

- **Concernant les populations ponctuellement exposées :**

Il s'agit des promeneurs, usagers des plages ou curieux autour des chantiers.

Les mesures sont essentiellement des mesures d'information localisée, et éventuellement l'interdiction d'accès aux zones pour lesquelles aucune prévention n'est possible ou dans des périodes de risque accru.