

VOIE TECHNOLOGIQUE

ST2S : Sciences et technologies de la santé et du social

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Physique-chimie pour la santé

ENSEIGNEMENT

SPECIALITE

LES ALGUES VERTES : UN PROBLÈME NAUSÉABOND

Thème

Faire des choix autonomes et responsables

Partie

La gestion responsable des ressources naturelles pour l'alimentation humaine

Question

Quels facteurs déterminent l'usage des ressources naturelles indispensables ?

Notions et contenus

Origines de la pollution de l'eau

Connaissances et capacités exigibles

Connaître les principales causes de pollution des eaux terrestres et souterraines, s'approprier et analyser des documents mettant en évidence l'impact des pratiques visant à préserver l'eau

Compétence(s) dominante(s) de la démarche scientifique (s'approprier, analyser/raisonner, réaliser, valider, communiquer) et capacité(s) associée(s)

Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée ; analyser des documents sur des causes et des remédiations de pollutions des eaux ; présenter de manière argumentée une démarche synthétique et cohérente

Type d'activité

Activité documentaire

Courte séquence

Durée estimée

2 h 30 modulable, sur plusieurs séances

Résumé

Exploitation d'un dossier documentaire assez conséquent et travail de recherche pour un exposé oral.

Mots clefs

Pollution de l'eau, polluants

Retrouvez éducol sur



Éléments pour le professeur - Les algues vertes : un problème nauséabond

Type d'activité et démarche pédagogique

Exploitation d'un dossier documentaire assez conséquent et travail de recherche pour un exposé oral.

L'idée est de structurer le travail d'analyse des documents par les élèves en commençant par leur faire compléter des « fiches d'identités » pour chaque document.

Ils s'appuieront ensuite sur ces fiches pour synthétiser l'information et répondre à quelques questions.

Situation de l'activité dans la progression

Thème 3, après avoir étudié les critères de potabilité d'une eau.

Prérequis

Aucun.

Conseils de mise en œuvre

Prévoir la mise à disposition de quelques ordinateurs, tablettes ou smartphones connectés à Internet, avec éventuellement les liens vers les documents du dossier (raccourcis, QR codes...). Les élèves en auront besoin pour compléter les fiches d'identité des documents.

Le professeur fait lire aux élèves le document 1 (Le problème nauséabond des algues vertes). Cette situation déclenchante fait émerger collectivement le rôle joué par les deux polluants que sont les ions nitrate et le sulfure d'hydrogène. Les connaissances et les représentations des élèves sont exprimées afin de s'assurer que tous ont bien saisi la problématique (comprendre le rôle joué par chaque polluant, leurs interactions et étudier les remédiations possibles).

L'étude du corpus documentaire se fait en petits groupes de 2 à 4 élèves.

La partie d'analyse des documents peut-être structurée de différentes manières, soit en répartissant les documents au sein des groupes de travail, soit selon un scénario de classe puzzle. On peut imprimer des fiches d'identités vierges en nombre suffisant pour que les élèves n'aient plus qu'à les compléter.

Des aides ponctuelles (questions détaillées, patrons d'écriture, cartes mentales...) peuvent être données pour aider la synthèse des informations.

La partie de recherche et de préparation de la partie orale peut être donnée à faire à la maison pour une autre séance.

La problématique de pollution aux algues vertes peut être réinvestie en cours de sciences et techniques sanitaires et sociales (voir Pôle thématique / Comment émerge un problème de santé ?).

Retrouvez éducol sur

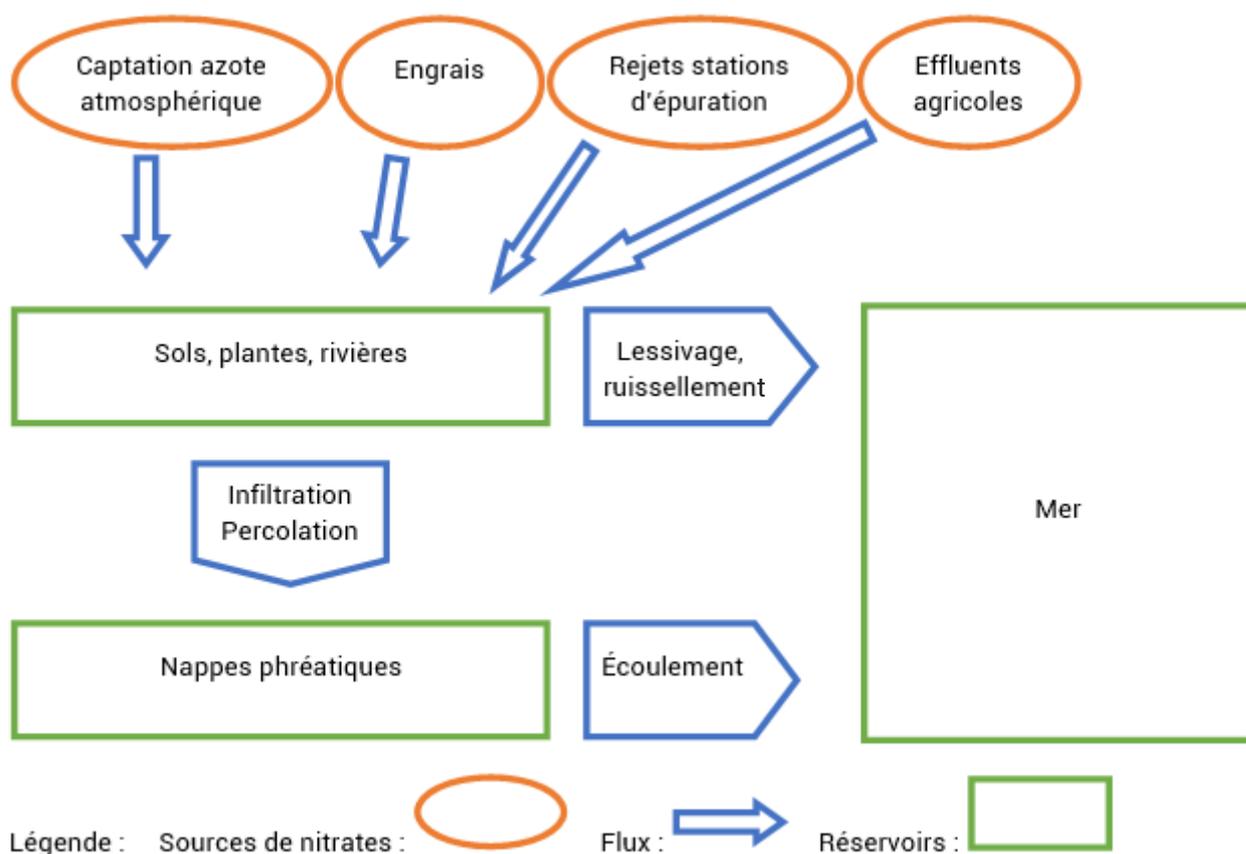


Nature et support de la production attendue

Écrit individuel ou de groupe pour l'étude du dossier.

Production collaborative (support de présentation et oral) pour le travail de recherche.

Éléments de réponses attendus pour la question 2. :



Objectifs

APP : rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.

ANA : analyser des documents sur des causes et des remédiations de pollutions des eaux.

COM : présenter de manière argumentée une démarche synthétique et cohérente.

Question scientifique

La pollution aux algues vertes envahit nos littéraux depuis plusieurs décennies. Pourquoi ce phénomène est-il apparu ? Comment peut-on l'expliquer ? Quels sont les risques encourus ? Que peut-on faire pour lutter contre ?

En lisant le document 1, on apprend que deux polluants sont plus précisément mis en jeu : le sulfure d'hydrogène (H_2S) et les ions nitrates (NO_3^-). Quels est le rôle précis de chacun d'eux dans le phénomène de pollution aux algues vertes ? Comment interagissent-ils ?

Retrouvez éducol sur



Consignes

1. Lisez soigneusement les documents donnés en annexe et complétez pour chacun d'eux une fiche d'identité suivant ce modèle :

Date de publication :

Nom de l'auteur :

Nom du groupe ou de la structure à laquelle appartient l'auteur :

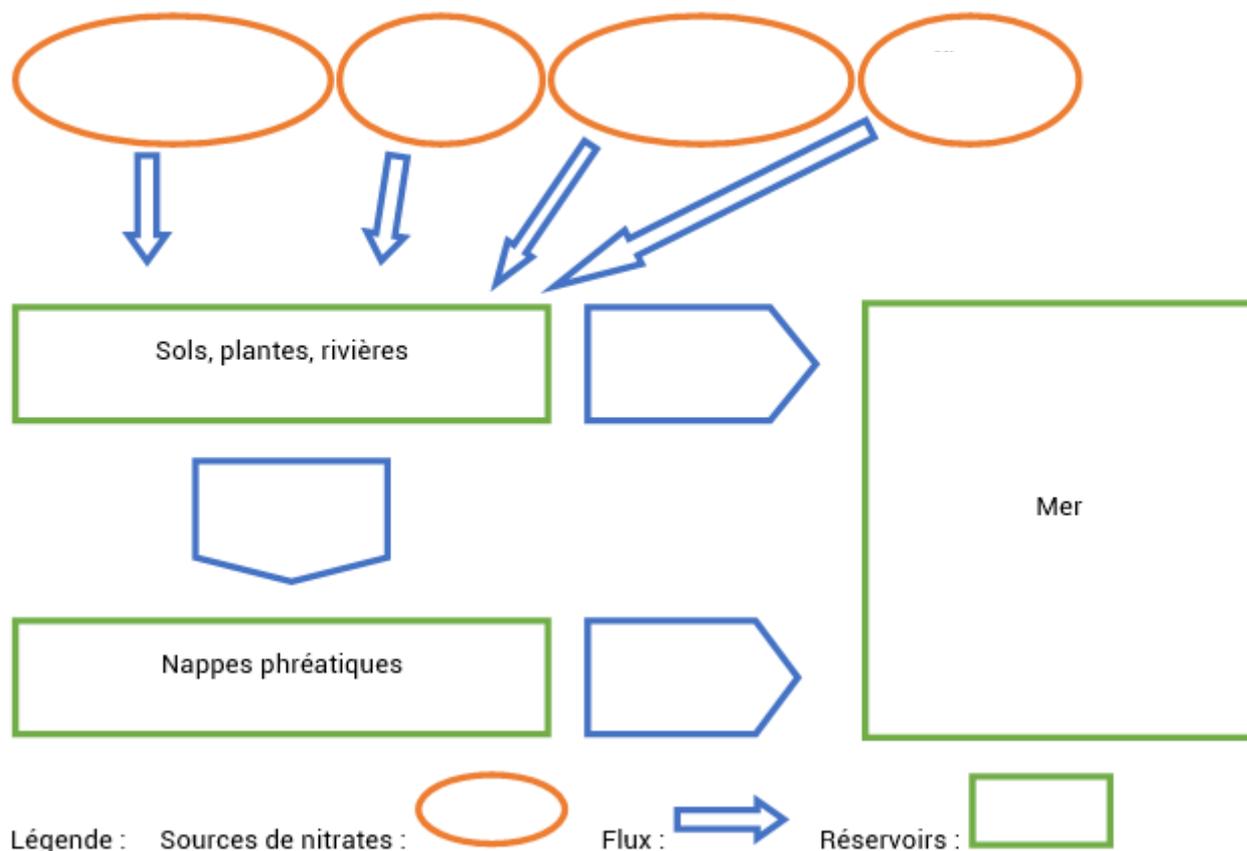
Nature de cette structure (privé, publique, gouvernementale, commercial, scientifique...) :

Le document parle :

- des ions nitrate ou de l'azote
- du sulfure d'hydrogène

Idées principales (3 maximum) :

2. Cycle de l'azote : complétez le schéma suivant en précisant où se trouve les nitrates et comment ils circulent entre les différents environnements. Expliquez par un court paragraphe le rôle joué par les ions nitrate dans le phénomène des algues vertes. Pourquoi ce phénomène est-il en train de se développer ?



Retrouvez éduscol sur



3. Expliquez par un court paragraphe le rôle joué par le sulfure d'hydrogène dans le phénomène des algues vertes.
4. Quelles sont les solutions envisagées et les recommandations pour éviter le phénomène des algues vertes ?
5. Travail de recherche par groupe de 2 à 3 élèves
Chaque groupe recherche un agent polluant autre que celui cité dans le document 1 et prépare une courte présentation orale pour expliquer son origine, les conséquences pour l'environnement et des solutions pour limiter cet agent polluant.
Chaque groupe présentera son travail à la classe sous la forme d'une présentation orale d'une durée d'environ 5 minutes, en s'aidant du support de son choix.

Annexes

Document 1 : le problème nauséabond des algues vertes

Depuis une trentaine d'années certains littoraux, en particulier en Bretagne, souffrent de proliférations massives et saisonnières d'algues vertes. Appelées laitues de mer (*Ulva armoricana* et *Ulva rotundata*), elles se développent et s'accumulent dans les eaux jusqu'à créer de véritables marées vertes qui se déposent en tas verdâtres sur les plages vers juin-juillet. Avec leur décomposition, un gaz nauséabond, l'hydrogène sulfuré (H_2S), s'échappe et embaume les rivages, au grand dam des riverains, des touristes et des collectivités.

En situation normale, le développement des organismes aquatiques, comme les algues, est freiné par la limitation du milieu en éléments nutritifs dont l'azote est l'un des plus importants. Les activités humaines peuvent parfois créer un enrichissement local des eaux en provoquant un afflux de ces éléments nutritifs. C'est le phénomène d'eutrophisation, dont profitent les algues vertes. Un phénomène qui connaît une augmentation spectaculaire depuis la fin des années 1970.

Cette eutrophisation et cette accumulation de biomasse algale sur les plages ne sont pas sans conséquence, pour les riverains et les touristes d'abord, qui ne raffolent pas de cette bouillie verdâtre et pestilentielle (odeur d'œuf pourri) et évitent donc de fréquenter les plages souillées. L'activité touristique boit alors la tasse et les collectivités doivent mettre en place de coûteuses opérations de ramassage, car la mise en décharge de la plus grande partie de cette biomasse aggrave la pollution des nappes phréatiques.

Pollution des eaux, le mot est lâché. Au-delà de la dégradation du cadre de vie et du coût économique, l'eutrophisation des eaux a d'autres impacts sur l'environnement. Les nitrates sont aujourd'hui la cause majeure de la pollution des eaux en France. Les nappes phréatiques, les réservoirs d'eau, les cours d'eau, les lacs, les rivières regorgent de nitrates. Dans l'eau potable, les nitrates peuvent déclencher des cyanoses si leur concentration dépasse une dose seuil. C'est pourquoi la législation française et les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé fixent le chiffre de 50 mg/L.

D'après l'article [Le problème nauséabond des algues vertes](#) de Grégoire Macqueron, publié sur le site Futura-Sciences.

Document 2 : les origines des nitrates

- Entraînement de nitrates provenant de l'utilisation d'engrais vers les nappes phréatiques ou les cours d'eau, du fait des lessivages par les pluies, notamment avec des sols nus entre cultures.
- Effluents agricoles provenant des élevages, domestiques ou industriels.
- Rejets de stations d'épuration.
- Minéralisation des matières organiques du sol, puis entraînement par la pluie dans les sols nus.
- Fixation de l'azote atmosphérique.

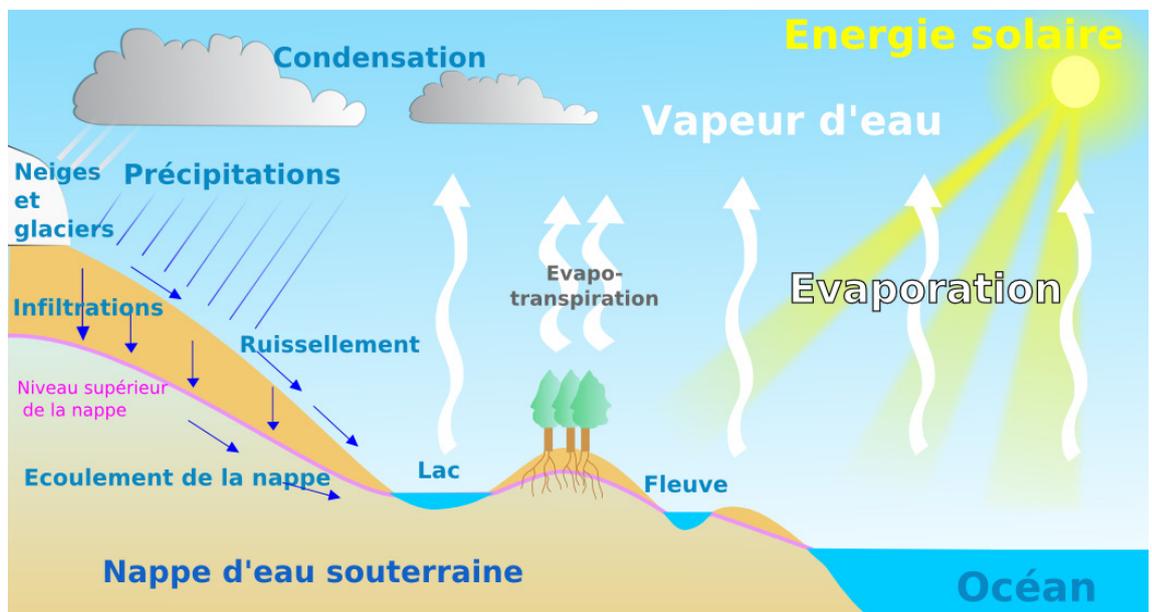
Remarque: il est parfois difficile de faire des corrélations pour expliquer les taux de nitrates car les lieux exacts des captages, les profondeurs des prises des échantillons ne sont pas connus, ces facteurs pouvant influencer sur les teneurs.

L'eau ne constitue pas le seul apport en nitrates dans l'exposition globale. On trouve également des nitrates dans :

- les légumes qui peuvent en contenir jusqu'à 3500 mg par kg. De fortes teneurs sont observées par exemple dans le céleri, la batavia, les bettes, les navets, la mâche, la laitue, les épinards et les radis ;
- d'autres produits alimentaires, comme les salaisons qui contiennent des nitrates en quantités non négligeables provenant des nitrites utilisés comme conservateur.

Source : <http://eduterre.ens-lyon.fr/nappe/html/Ressources/nitrates/nit#origines>

Document 3 : cycle de l'eau



Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cycle_de_l%27eau.png

Retrouvez éducol sur



Document 4 : Perspectives sur la consommation des engrais

Selon une étude de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) publiée en 2015, la consommation d'engrais devrait croître dans les prochaines années, du fait de l'augmentation de la population mondiale et du besoin de produire suffisamment de produits agricoles pour la nourrir.

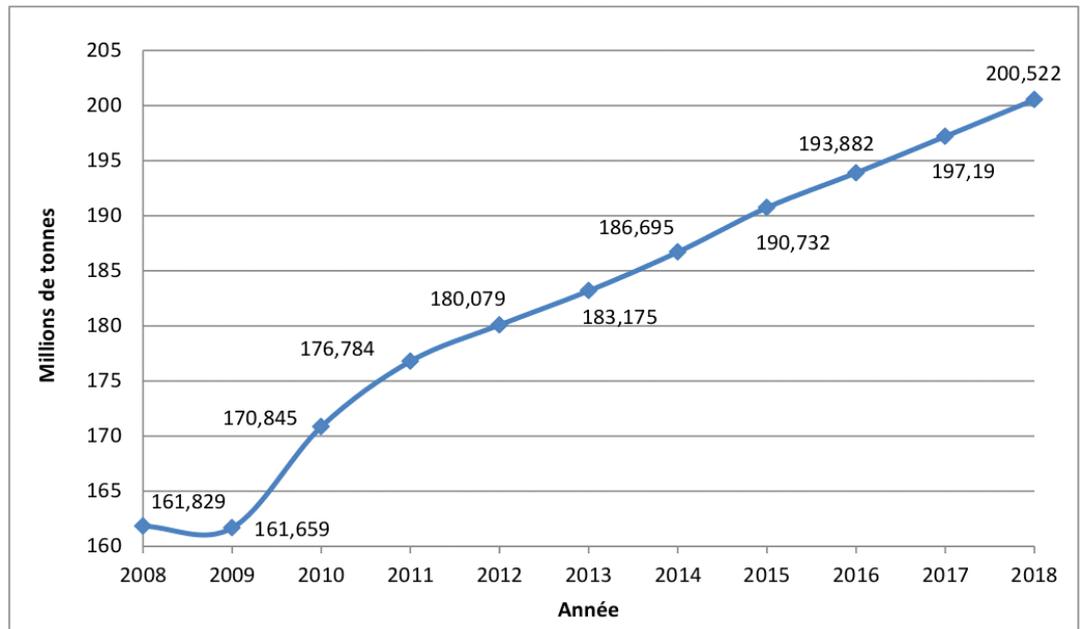


Figure 1: Évolution de la consommation mondiale des principaux éléments fertilisants (N, P, K) jusqu'en 2018 (les valeurs des années 2008 à 2015 correspondent à la consommation réelle ; les valeurs des années 2016 à 2018 correspondent à des prévisions). Source : FAO

Si l'on s'intéresse plus particulièrement aux engrais azotés, la FAO prévoit, en 2015, une augmentation de la consommation mondiale de 1,4 % par an, sur la période 2014-2018. Sur cette période, la FAO prévoit que la consommation baissera en Europe Occidentale (du fait de la volonté de s'orienter vers un mode d'agriculture plus durable) mais augmentera dans toutes les autres régions du monde.

L'apport de l'industrie chimique pour la production d'engrais en quantité suffisante est donc crucial. Toutefois, une réflexion doit être menée sur les quantités d'engrais utilisées, du fait de la contamination des eaux douces par les ions nitrates en aval des bassins agricoles, et du risque d'eutrophisation des milieux aquatiques, pollution par excès de nutriments.

Source : l'article [Apports de la chimie dans l'agriculture \(1/2\)](#) - les engrais du site Culture SciencesChimie

Document 5 : Un exemple avec le blé

Dans sa période de croissance maximale, un hectare de blé consomme chaque jour 2 kg d'azote, 6 kg de potassium sous la forme K_2O et 1 kg de phosphore sous la forme P_2O_5 . On voit donc clairement l'importance de l'apport de ces nutriments sous forme d'engrais. Ce complément permet de répondre à une demande de rendement de plus en plus élevée ; toutefois apporter les nutriments nécessaires ne suffit pas à assurer la bonne croissance de la plante : les apporter au bon moment permet d'avoir une meilleure efficacité et donc de diminuer les apports inutiles. En effet, la dynamique d'absorption se modifie tout au long de la vie de la plante. Il est donc important d'utiliser les engrais en complément des apports naturels (offre du sol) au moment où les prélèvements par la plante sont les plus efficaces. Le graphe ci-dessous montre un exemple d'apport fractionné pour un champ de blé.

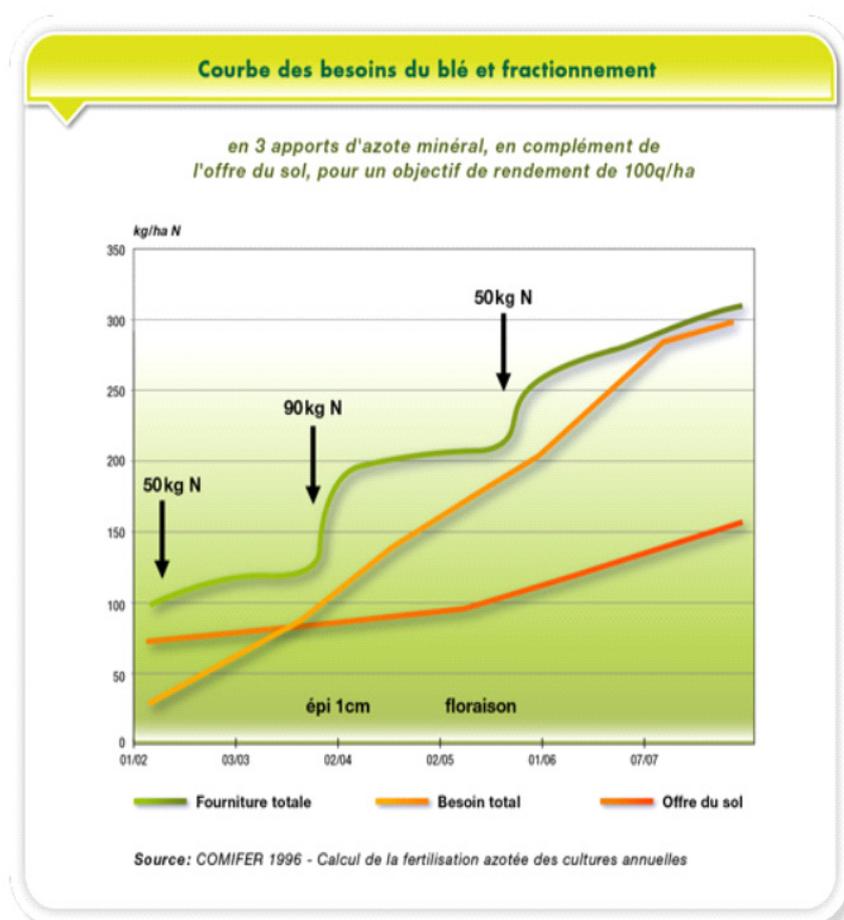


Figure 2 : Besoins du blé et fractionnement de l'apport en azote (reproduction autorisée par l'UNIFA). Source : l'article [Apports de la chimie dans l'agriculture \(1/2\) - les engrais](#) du site Culture SciencesChimie.

Document 6 : Algues vertes, risques pour les populations avoisinantes, les promeneurs et les travailleurs

Chaque été, depuis plus de 30 ans, des segments du littoral français sont touchés par des échouages massifs d'algues vertes. Une fois échoués sur les plages, ces dépôts d'algues entraînent des dégagements importants de gaz lors de leur décomposition, notamment de sulfure d'hydrogène (H_2S), exposant potentiellement les promeneurs, les riverains et les travailleurs chargés de leur ramassage à des risques. Saisie par les autorités dans le cadre du Plan national de lutte contre les algues vertes, l'**Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)** a évalué les risques liés aux émissions gazeuses des algues vertes pour la santé des populations avoisinantes, des promeneurs et des travailleurs. Ces travaux ont donné lieu à deux avis et un rapport [...].

Le travail de l'Agence

Saisie en urgence en février 2010 par les autorités sanitaires dans le cadre du plan national de lutte contre les algues vertes, l'Agence a, dans un premier temps, fourni des recommandations à destination des professionnels impliqués tout au long de la filière d'élimination de ces algues.

Afin de limiter les émissions dues à leur putréfaction, l'Agence a indiqué que ces algues doivent être ramassées « fraîches », c'est-à-dire dans les 24 heures, voire dans les 36 heures, succédant l'échouage et ensuite traitées dans les 48 heures. Au-delà de ces délais, les émissions risquent d'être telles que les ramasser, les transporter et les traiter demandent de mettre en œuvre des moyens de protection très contraignants. Quel que soit l'état de décomposition des tas d'algues, les travailleurs doivent s'équiper d'un détecteur de sulfure d'hydrogène (H_2S) et baliser les chantiers de ramassage et de stockage afin de tenir les promeneurs à l'écart.

Suite à ce premier avis, et en vue de mieux caractériser les expositions, l'Anses a fait réaliser durant l'été 2010 des mesures de gaz émis par les algues vertes en cours de putréfaction. Sur cette base un rapport et un avis complétant les premières recommandations de l'Agence ont été produits au printemps 2011. Ces travaux ont permis de conforter plusieurs des recommandations formulées en 2010. En premier lieu, l'Anses a rappelé qu'en évitant la prolifération des algues vertes, les situations à risques dues à des amas d'algues vertes échouées putréfiées s'en trouveraient *de facto* limitées.

Afin d'éviter la putréfaction des algues et les émissions de gaz qui y sont associées, l'Anses souligne que, conformément à ses premières recommandations, le ramassage, le transport et la prise en charge des algues dans des centres de traitement doivent se faire le plus rapidement possible. Les observations disponibles ne permettent pas de connaître précisément le délai à partir duquel les émissions de gaz de fermentation deviennent significatives, compte tenu notamment du nombre important de paramètres influençant cette décomposition. Les données indiquent cependant qu'un délai supérieur à 48 heures ne permet pas d'éviter des situations à risque.

L'Agence recommande également de privilégier un ramassage mécanique et indique qu'il doit être réalisé dans des conditions limitant au maximum l'exposition du public. Le balisage des chantiers de ramassage est ainsi préconisé par l'Agence.

Pour certaines zones d'échouage inaccessibles pour le ramassage et constituant de fait des zones à risques, l'Agence recommande qu'une information soit mise à disposition des usagers, des promeneurs et des riverains des plages.

Pour les professionnels impliqués dans le processus de ramassage-transport-traitement des algues vertes, quel que soit leur statut, y compris les personnels saisonniers, l'Anses recommande notamment le port d'un détecteur individuel portatif de sulfure d'hydrogène (H₂S). L'Agence recommande également que ces personnels reçoivent une information et une formation adaptées et que leurs expositions soient consignées dans leur dossier médical.

Enfin, l'expertise menée par l'Anses ayant été limitée par des connaissances encore lacunaires dans certains domaines, l'Agence a recommandé l'acquisition de connaissances complémentaires qui permettront notamment de mieux caractériser les émissions de gaz par les algues vertes et leur évolution au cours du temps, de mieux appréhender les expositions et la toxicité des différentes substances émises pour aller encore plus loin dans l'évaluation des risques liés aux algues vertes.

Source : l'article [Algues vertes, risques pour les populations avoisinantes, les promeneurs et les travailleurs](#) du site de l'Agence nationale de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Document 7 : fiche toxicologique du Sulfure d'Hydrogène

Généralités

Formule : H₂S Nom : Sulfure d'hydrogène Synonyme : Hydrogène sulfuré

Etiquette



SULFURE D'HYDROGENE

Danger

H220 - Gaz extrêmement inflammable

H330 - Mortel par inhalation

H400 - Très toxique pour les organismes aquatiques

Nota : Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

231-977-3

Retrouvez éducol sur



Caractéristiques

Utilisations

Le sulfure d'hydrogène est utilisé dans l'industrie chimique pour la fabrication d'acide sulfurique, de sulfures inorganiques (en particulier le sulfure et l'hydrogénosulfure de sodium), de composés organiques sulfurés tels que des thiols et des additifs pour lubrifiants. Il sert également pour la production d'eau lourde dans l'industrie nucléaire et en métallurgie pour l'élimination, sous forme de sulfures, des impuretés présentes dans certains minerais.

Sources d'exposition

Les sources naturelles de sulfure d'hydrogène sont variées ; il est notamment présent dans le charbon, le pétrole et le gaz naturel et se forme par fermentation anaérobie des substances organiques les plus diverses. Par ailleurs, de nombreuses activités industrielles peuvent dégager du sulfure d'hydrogène résultant de réactions chimiques sur des composés soufrés.

En dehors des utilisations de ce gaz, il existe donc de nombreuses circonstances au cours desquelles les travailleurs peuvent être exposés, en particulier les suivantes :

- captage et épuration du gaz naturel ;
- raffinage et cracking de pétroles riches en soufre ;
- vulcanisation du caoutchouc ;
- fabrication de la viscosité ;
- tanneries ;
- travaux dans les fosses d'aisance, les égouts et les stations d'épuration, en particulier lors de traitements en milieu acide.

Propriétés physiques

À température ambiante et pression atmosphérique, le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur fétide caractéristique (« œuf pourri »).

La sensation olfactive n'augmente pas avec la concentration du gaz dans l'air ; il peut même arriver que l'odeur décelable à de très faibles concentrations (0,02 à 0,1 ppm) s'atténue ou même disparaisse à forte concentration (anesthésie de l'odorat au-dessus de 100 ppm).

Le sulfure d'hydrogène est soluble dans certains solvants organiques (notamment éthanol, acétone, oxyde de diéthyle, hydrocarbures, glycols) et dans l'eau (0,398 g / 100 g de solution à 20°C et 101 kPa). Les solutions obtenues sont faiblement acides et connues sous le nom d'acide sulfhydrique ; elles s'oxydent lentement en soufre et en eau sous l'action de l'oxygène dissous.

Le point triple du sulfure d'hydrogène est - 85,5°C.

Le poids spécifique du liquide est de 0,960 g/L à 60 °C et 1737 kPa (pression saturante).

Nom Substance	Détails	
Sulfure d'hydrogène	N° CAS	7783-06-4
	Etat Physique	Gaz
	Masse molaire	34,08
	Point d'ébullition	- 60 °C
	Densité gaz / vapeur	1,19
	Pression de vapeur	1 780 kPa à 20 °C
	Point critique	100,4 °C à 9 010 kPa
	Température d'auto-inflammation	260 °C
	Limites d'explosivité	limite inférieure : 4 % (en volume % dans l'air)
	ou d'inflammabilité	limite supérieure : 46 % (en volume % dans l'air)

Propriétés chimiques

À température ordinaire, le sulfure d'hydrogène est un composé stable. En l'absence de catalyseur, sa dissociation en hydrogène et soufre intervient à des températures très élevées.

Le sulfure d'hydrogène brûle dans l'air ou l'oxygène en donnant des fumées hautement toxiques d'oxydes de soufre. C'est un composé réducteur qui peut réagir dangereusement (risque d'inflammation spontanée et d'explosion) avec les agents oxydants.

Un grand nombre de métaux et d'alliages (aluminium, stellite, Inconel ®, aciers inoxydables 304 et 316) peuvent être utilisés au contact du sulfure d'hydrogène anhydre. En présence d'humidité, seuls les aciers inoxydables type 316 et 18 - 8 chrome-nickel et l'aluminium ne sont pas attaqués. La résistance des caoutchoucs et des matières plastiques au sulfure d'hydrogène est variable.

Réipients de stockage

Le sulfure d'hydrogène est stocké dans des bouteilles en acier, soit pur et liquéfié sous pression, soit à l'état gazeux dilué dans d'autres gaz.

Source : [Fiche toxicologique n° 32 - Sulfure d'hydrogène](#) du site de l'Institut national de recherche et de sécurité