

ÉCHOS D'ESCALE

LA MALLE À SOUVENIRS DE TARA

LIEU
DE L'ESCALE

PANAMA

TYPE
AGE

PROFESSEUR

LYCÉE

L'OBJET
DE L'ESCALE

LES ALGUES DES SARGASSES

LA PROBLÉMATIQUE
DE L'ESCALE

*Comment gérer les invasions d'algues
des Sargasses sur le littoral du Panama ?*

LES THÉMATIQUES
DE L'ESCALE



MOTS
CLÉS

ALGUES - POLLUTION - COURANTS MARINS - SANTÉ
BIODIVERSITÉ - TOURISME

Fondation
taraocéan
explorer et partager
fondationtaraocean.org



Problématique : Comment gérer la pollution aux Sargasses et décider de mesures adaptées pour agir sur les causes et conséquences dans cette situation dont l'analyse est incomplète ?

Discipline(s) : Sciences de la Vie et de la Terre, économie,

Entrée(s) transversale(s) : Éducation au développement durable, Enseignements exploratoires, AP, enseignement morale et civique

Durée : une à plusieurs séances selon l'utilisation des ressources (nombre de recherches effectuées)

Il existe plusieurs entrées pour ce travail : disciplinaire ou transversale (dans le cadre de l'accompagnement personnalisé ou de l'EMC par exemple, en synergie avec le/la professeur(e) documentaliste).

Place de cette fiche et de ses ressources dans un programme

Cette étude de cas peut être choisie en introduction au programme de géographie de la classe de seconde car elle embrasse des thèmes variés qui seront déclinés ensuite tout au long de l'année, avec des rappels/allusions à cette référence liminaire. Parce qu'elle aborde tout aussi bien la pauvreté, le développement durable, les risques, la santé, cette fiche peut aussi constituer un fil rouge tout au long de l'année débouchant par exemple sur un plaidoyer.

Cette fiche propose un scénario, qui permet d'appréhender une **question, sous trois angles, économique, social et environnemental dans le cadre de l'éducation au développement durable** :

- Elle comprend des **problématiques**,
- Elle passe par une **phase de réflexion/recherches**,
- Elle est **organisée** et débouche sur une **production**.

Libre à chaque enseignant(e) de choisir son entrée, sa situation d'apprentissage, ses documents et de proposer une approche globale de la question.

En **fin de fiche, des ouvertures possibles**, ainsi que des **ressources** pour faciliter le travail des élèves.

Problématisation

L'idée est à partir de l'objet TARA et de la problématique principale, de générer un questionnement multiple soulignant la complexité de certaines questions géographiques, notamment celles du développement durable,

Le professeur peut tout d'abord présenter le projet, la démarche de TARA puis l'objet présent et, ainsi, susciter des premières questions. Des propositions de réponse(s) peuvent être avancées par des élèves. Elles peuvent être reprises sous la forme d'une trace écrite (recueil des questions des élèves - « Brainstorming » sous forme de nuage de mots, ou plus structuré par thème, au tableau) ; le professeur peut stimuler l'argumentation en demandant à chacun de justifier son point de vue par un ou des exemples.

Cela permet de rentrer dans un échange au cours duquel de nombreuses questions vont émerger. Une ou plusieurs questions de la liste ci-dessous peuvent ainsi se retrouver dans les questions venant des élèves, ce qui leur permet de s'en approprier les enjeux.

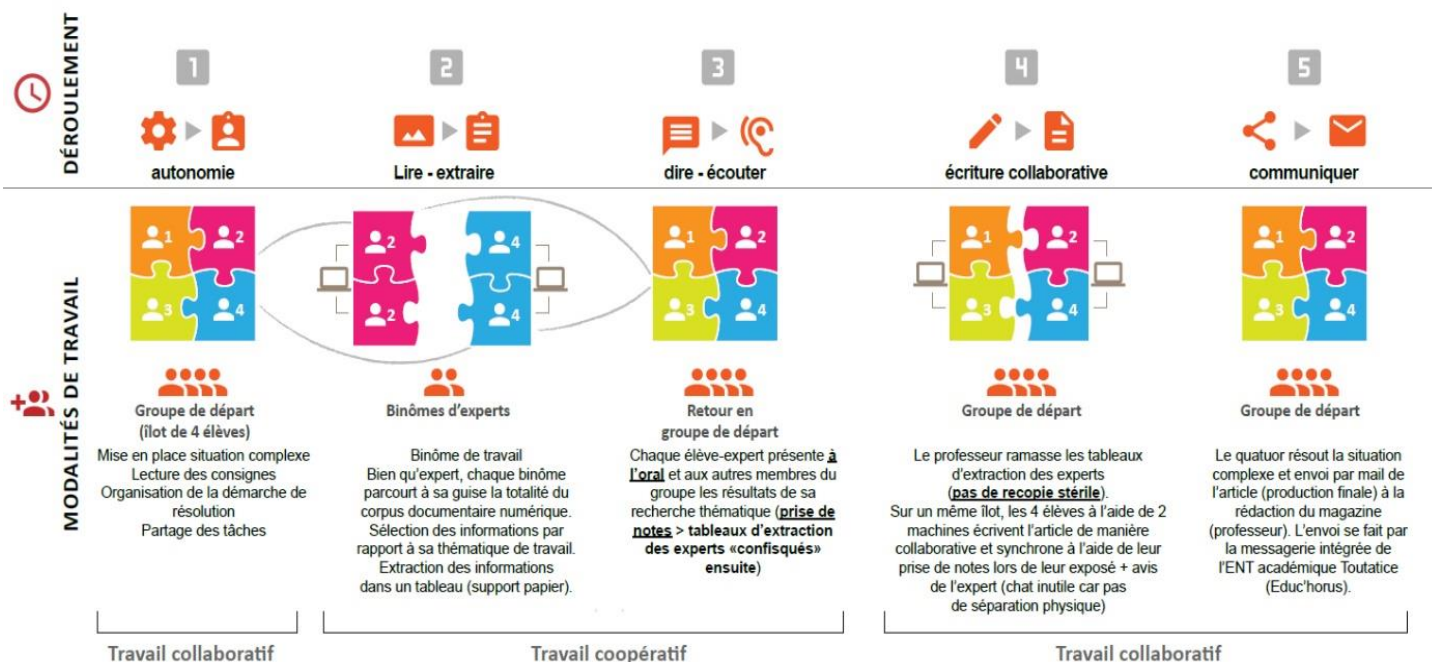
L'objectif est donc bien de montrer que le sujet est complexe et que plusieurs recherches seront à mener. Il ne s'agit pas de répondre à toutes les questions mais que les élèves soient en mesure de

questionner le monde : on souhaite que les recherches effectuées par la suite prennent du sens en cherchant à répondre à une partie du questionnement engagé.

Scénario proposé :

1. Problématisation en **groupes de départ**
2. Découverte du corpus documentaire : **groupes d'experts**
3. Echanges en **groupes de départ**
4. Elaboration d'une synthèse, par exemple une carte mentale

L'infographie ci-dessous illustre une façon possible de faire travailler les élèves d'abord en coopératif (les élèves travaillent sur un même objectif mais en se répartissant les tâches) puis ensuite de mixer les groupes en collaboratif (les élèves travaillent ensemble sur la même tâche).



1^{er} temps : formation de groupes d'experts (politique, social et environnemental) pour problématiser

2^{ème} temps : recherche documentaire à partir du corpus documentaire (pouvant être étayé par l'enseignant(e)).

3^{ème} temps : élaboration d'une carte mentale (= production) visant à établir l'ensemble des causes et conséquences de la pauvreté et de la vulnérabilité, notamment face aux conséquences du réchauffement climatique pour les petits Etats insulaires. L'application Mindomo, gratuite permet d'établir des cartes mentales collaboratives dans lesquelles il est possible d'insérer différentes ressources (textes, images, ...). Il existe d'autres logiciels ou applications gratuites qui permettent d'élaborer des cartes mentales. Elles peuvent évidemment se réaliser aussi de manière numérisée.

Plusieurs solutions pour compléter la carte mentale :

- La solution "classe entière" : l'enseignant ou un élève complète une carte projetée au tableau à partir des réponses de la classe.
- La solution "groupe" : en présentiel, avec un équipement connecté, les groupes interviennent simultanément sur la même carte, un temps d'échange collectif est organisé par la suite pour s'approprier la production.

- La solution “en **déporté**” : les groupes complètent la carte commune de **chez eux ou du CDI** et la carte est **commentée collectivement en classe**.

L’objectif est d’établir la **complexité du phénomène** et **non de produire une recherche de solutions** (absence de solution « toutes faites » dans le cadre d’une problématique complexe).

PRECISIONS et ADAPTATIONS POSSIBLES ETAPE PAR ETAPE

1. Découverte du corpus **documentaire**
2. **Réactivation des connaissances des élèves et questionnement :**

La classe entière, divisée en groupe de 4 si possible, peut réactiver les connaissances des élèves sur le thème de la pauvreté sur un support de type Placemat autour de questions larges. Ces questions (et d’autres) peuvent prendre place dans un tableau de questionnement.

Groupes d’experts	Experts aspect politique	Experts aspect social	Experts aspect environnemental
Quelques questions envisageables à différentes échelles (local/ global) :	Proposer un ensemble de questions	Proposer un ensemble de questions	Proposer un ensemble de questions

Corpus documentaire 1

Ce premier corpus, explique le contexte de la pollution aux Sargasses, et en présente quelques conséquences environnementales, sanitaires et économiques. Il permet de comprendre le contexte. Il présente aussi quelques données biologiques sur ces algues pélagiques et leur importance écologique.

Document 1 - La pollution aux sargasses, Un phénomène régional fluctuant, difficilement prévisible, qui touche toute la région des Caraïbes.

Document 2 – État des lieux quotidien des échouages sur les plages.

Document 3 – Données biologiques sur les sargasses impliquées dans les échouages.

Document 4 – impacts écologiques économiques et sanitaires des échouages de sargasses.

Document 1 - La pollution aux sargasses, Un phénomène régional fluctuant, difficilement prévisible, qui touche toute la région des Caraïbes

Les algues sargasses, espèces *sargassum natans* et *sargassum fluitans* de la famille des algues brunes, ont toujours été présentes dans la mer des Caraïbes, flottant en tapis allongés qui abritent une vie aquatique très diversifiée et ne s'échouant que de façon épisodique et en faibles quantités sur les rivages. Mais ceci a changé sensiblement aux Antilles françaises, d'abord en 2011, de juillet à octobre, et en 2012, en avril puis de juin à octobre, où des arrivages importants ont eu lieu pendant quelques mois, puis surtout en 2014, de juin à novembre, et en 2015, de mars à novembre, où des arrivées massives ont envahi les baies et se sont échouées sur les côtes de Martinique ou de Guadeloupe et, dans une moindre mesure, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, provoquant des nuisances importantes et quasi continues pendant 18 mois.

Echouage sur les côtes de Martinique



Source : DEAL de Martinique

En Guyane, les sargasses ont été observées pour la première fois en avril 2011. En avril 2014, des échouages ont été observés près de Cayenne en quantité comparable à ce qui avait été observé en 2011, puis la quantité d'algues échouées a augmenté progressivement au cours des semaines suivantes et n'a commencé à diminuer que vers la mi-mai. Début mai 2015, des échouages massifs sont intervenus mais ont été remportés par la mer dans les semaines suivantes.

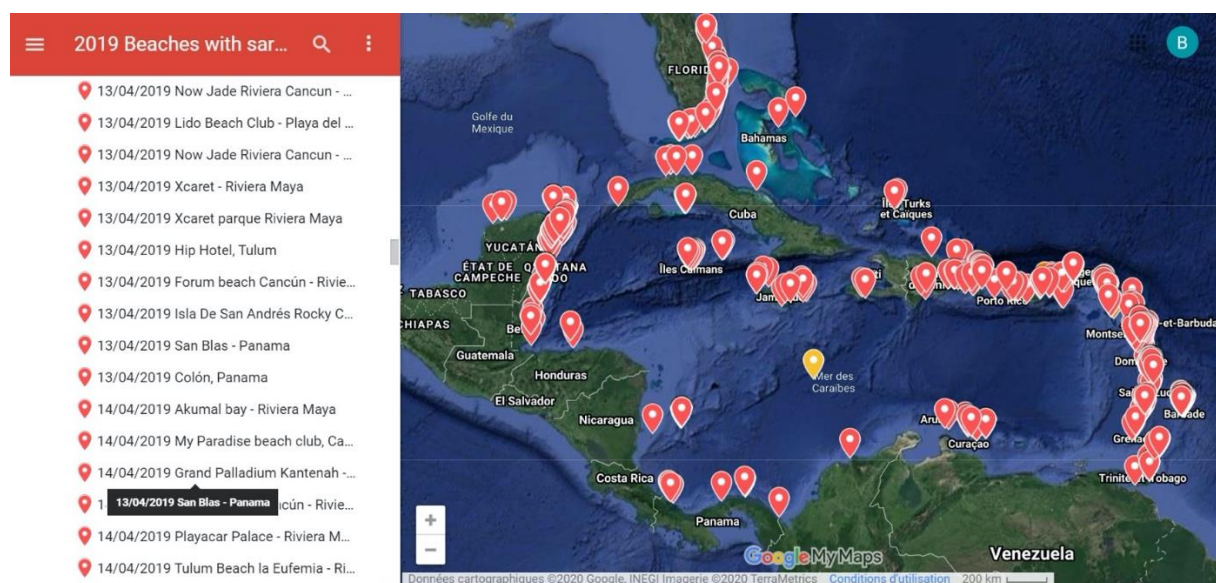
Le phénomène nouveau et exacerbé depuis deux ans qui touche les Antilles françaises provoque aussi des échouages dans les autres pays riverains de la mer des Caraïbes : en premier lieu dans l’archipel des petites Antilles, depuis Trinité et Tobago au sud jusqu’aux îles Vierges britanniques au nord, mais aussi à l’ouest (Belize, Mexique). En Guyane, au Surinam et au Guyana, les sargasses peuvent se déposer épisodiquement sur les rivages mais sont surtout considérées comme une gêne pour la pêche au large.

Les impacts liés à l’échouage de ces algues sont de plusieurs ordres : écologiques (destruction de la biocénose marine, augmentation de l’érosion des plages...); sanitaires (odeurs nauséabondes et émission d’hydrogène sulfuré gaz toxique...); économiques (pénalise directement le tourisme, les activités de pêche et l’aquaculture...).

<https://martinique.ademe.fr/expertises/algues-sargasse>

Document 2 : Etat des lieux quotidien des échouages sur les plages.

L’application en ligne <http://sargassumonitoring.com/> est utilisable par tous et permet de connaître au jour le jour avec précision les échouages pour prendre connaissance des risques par exemple avant d’aller à la plage.



Source : <http://sargassumonitoring.com/>

Document 3 - Données biologiques sur les sargasses impliquées dans les échouages.

Les sargasses observées dans les eaux des Caraïbes et du golfe du Mexique appartiennent à deux espèces : *Sargassum fluitans* et *Sargassum natans*. Ces deux espèces de sargasse vivent non fixées au substrat, elles sont dites **pélagiques**. Leur flottaison en surface est possible grâce à de petits flotteurs (les aérocyles). Regroupées, elles forment des « radeaux » ou des « bancs » parfois longs de plusieurs kilomètres. Leur croissance dépend des teneurs en nutriments, mais également des paramètres environnementaux, tels que l’éclairement, la température et la salinité de l’eau de mer. Elles se

multiplient par fragmentation, c'est-à-dire qu'une partie de l'algue mère se détache pour former une nouvelle algue.



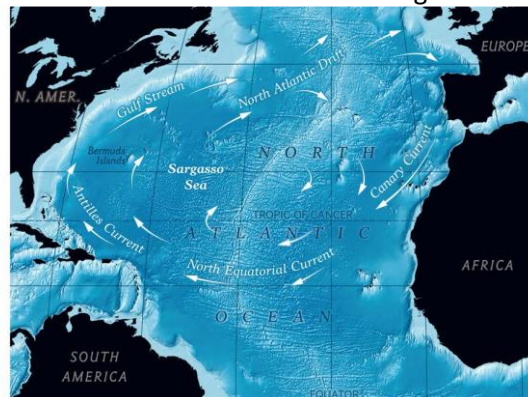
Sargassum fluitans (la Sargasse flottante)

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.05.04_dossier_de_presse_sargasses.pdf

Elles sont à l'origine du nom de « Mer des Sargasses » donné à la zone située au large des côtes Est des Etats-Unis, où elles s'accumulent sur plusieurs centaines de milliers de km², du fait de la présence du courant circulaire (ou gyre) subtropical Nord Atlantique. Des amas d'algues sont régulièrement emportés par les systèmes de courants alentours et dispersés dans l'Océan Atlantique.

http://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/francais_sargasse.pdf

Localisation de la mer des Sargasses



Elles constituent une partie essentielle de l'écosystème de l'Océan Atlantique. Le thon et la carangue comme de nombreuses autres espèces de poissons, dépendent de la nourriture fournie par les sargasses. C'est aussi le cas pour certains oiseaux et les tortues, ces dernières pouvant souffrir de la prolifération. La mer des sargasses joue également un rôle important dans la migration de l'anguille, européenne et américaine. C'est là que chaque année, après avoir parcouru pour certaines plus de 5000 km, elles viennent pondre des milliards d'œufs.

http://www.ifmer.org/assets/documents/files/documents_ifm/Les-algues-sargasses.pdf

Document 4 – impacts écologiques, économiques et sanitaires des échouages de sargasses

Les gênes et les conséquences sanitaires de l'exposition aux sargasses

Les algues sargasses ne présentent ni gêne ni risque sanitaire lorsqu'elles sont dans l'eau ou lorsqu'elles sont récemment échouées sur le rivage. Toutefois, lorsqu'elles forment des masses

compactes dans l'eau, la baignade et les activités nautiques et de loisir (voile, planche, surf, plongée etc.) peuvent être dangereuses voire impossibles.

A terre, lorsque les dépôts de plusieurs dizaines de centimètres restent entassés sur place, au bout de deux ou trois jours, les sargasses sèchent en surface mais l'intérieur ne sèche pas et se met à fermenter, dégageant dans l'air des gaz malodorants qui deviennent toxiques à partir d'une certaine concentration. Les gaz dégagés par les sargasses sont principalement, on l'a vu, l'hydrogène sulfuré (H_2S) et, dans une moindre mesure, l'ammoniac (NH_3). On ne sait pas avec certitude aujourd'hui si d'autres gaz sont émis par les sargasses lors de leur décomposition en milieu naturel.

Les effets de l'émission de H_2S sont d'abord olfactifs. Mais le H_2S est également un gaz toxique dont la gravité de l'intoxication dépend de la dose respirée et de la durée d'exposition.

Pour une exposition brève (de quelques minutes à une heure environ), la gravité de l'intoxication dépend de la concentration du gaz.

Des dommages économiques à la population et aux entreprises.

Outre les nuisances olfactives, insoutenables lorsqu'elles persistent pendant des semaines voire des mois, et les troubles sanitaires, la population côtière directement exposée aux sargasses a subi deux types de dommages principaux :

- D'une part, des dommages ponctuels causés à certains équipements et matériels par le H_2S : celui-ci corrode presque tous les métaux et plus particulièrement le cuivre et ses alliages. La corrosion attaque les circuits électroniques et électriques des appareils tels que climatiseurs, téléviseurs, ordinateurs, réfrigérateurs, congélateurs, fours à micro-ondes : d'une manière générale tout le petit et gros électroménager.
- D'autre part, un dommage substantiel lié à la dépréciation de la valeur immobilière des propriétés.

Zones habitées et/ ou touristiques



[sargasses rapport final V 21 01082016 \(developpement-durable.gouv.fr\)](#) (page 327)

Les dommages aux entreprises

Lorsque des ports sont entièrement obstrués par des nappes de sargasses qui, en quelque sorte, s'y trouvent piégées, lorsque des baies entières sont envahies et des plages entièrement recouvertes par des couches d'algues qui atteignent plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur, certaines activités

économiques ne peuvent qu'être pénalisées, au premier rang desquelles l'activité touristique et la pêche.

Zones de port de plaisance



[sargasses rapport final V 21 01082016 \(developpement-durable.gouv.fr\)](https://developpement-durable.gouv.fr) (page 327)

L'activité touristique

L'activité touristique ne peut que souffrir de cette véritable pollution que constituent les sargasses : outre l'effet répulsif sur la clientèle des restaurants et des différentes structures d'hébergement (résidences, gîtes, hôtels) que provoque l'odeur d'œuf pourri caractéristique du H₂S, les masses d'algues recouvrant les plages et stagnant en mer en masses compactes constituent tout simplement un obstacle physique à toutes les activités balnéaires et nautiques. L'impact sur le secteur touristique est d'abord financier car les échouages massifs de sargasses provoquent :

- Une augmentation des coûts directs des entreprises, lorsque les hôtels ou les restaurants choisissent pour maintenir leur activité de nettoyer eux-mêmes les plages en bordure desquelles ils sont situés.
- Une augmentation des coûts indirects : les entreprises subissent exactement les mêmes dégâts matériels que les particuliers.
- Une baisse du chiffre d'affaires due à la diminution de la clientèle ...

La pêche

La présence de sargasses a des effets ambivalents sur la pêche. En effet, les nappes de sargasses sont, on l'a dit, des nurseries pour de nombreuses espèces de poissons et de crustacés (les langoustes notamment) et des lieux de nourriture abondante. Ainsi, dans les Antilles françaises, l'année 2012, où les arrivages de sargasses ont été plus modérés qu'en 2014 et 2015, a été une très bonne année pour les pêcheurs. Mais en 2014 et en 2015, l'impact s'est révélé négatif : l'importance et la densité des nappes à proximité des côtes ou même dans les ports ont eu deux effets. D'une part, elles ont rendu difficiles voire impossibles les sorties en mer. D'autre part, elles ont bloqué les hélices et provoqué une détérioration des moteurs et des filets. Dans certains cas, la pêche à la traîne a été impossible.

Des impacts écologiques ambivalents

Les sargasses impliquées dans les échouages massifs vivent dans les eaux tropicales, en pleine mer, et forment des radeaux sous l'effet des courants et des vents qui convergent à la surface de l'océan et poussent les sargasses les unes contre les autres. Ces sargasses constituent la base d'un écosystème

complexe qui nourrit une variété impressionnante d'espèces marines. Elles servent à la fois d'abri et de garde-manger mobiles.

Ses tresses emmêlées font vivre une étonnante variété d'organismes, qui s'y cachent et s'en nourrissent : les alevins et les juvéniles de 122 espèces de poissons, selon une étude, ainsi que des jeunes tortues de mer, des nudibranches, des hippocampes, des crabes, des crevettes et des escargots de mer. En retour, l'algue se nourrit de leurs excréments. Des créatures plus grosses, comme des poissons adultes et des tortues, y trouvent de quoi se nourrir en abondance et attirent à leur tour de plus grands prédateurs – balistes, mahi-mahis, carangues et, en remontant la chaîne alimentaire, requins, thons, thazards bâtards et voiliers. Les phaétons, puffins, pétrels, sternes, fous et autres oiseaux de haute mer nichent et cherchent aussi leur nourriture dans les tapis de sargasses.

Source : « Les sargasses : un écosystème exceptionnel », National Géographic, 29/05/2019, <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2019/05/les-sargasses-un-ecosysteme-exceptionnel>

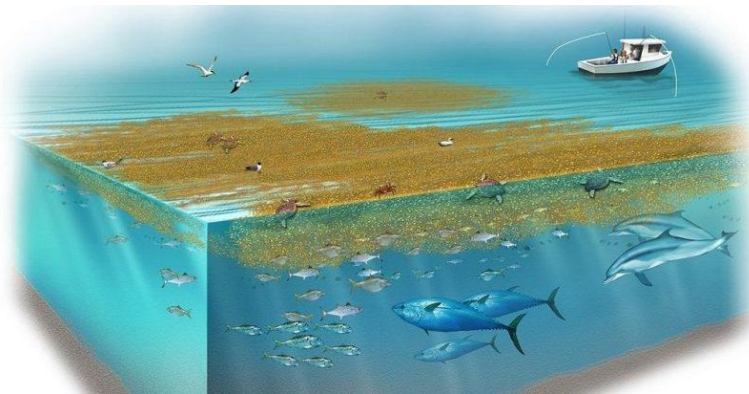


Photo d'après <https://www.martinique2030.com/non-classe/avantages-ecosystemiques-des-algues-sargasses>, consulté le 12 mai 2019.

Les sargasses ont également un rôle écologique après leur phase d'échouage. Elles forment des laisses de mer, ces accumulations de débris divers (algues, bois coquillages...) qui offrent abri et nourriture à une multitude de petits organismes, ainsi qu'à des crabes et oiseaux. Leur dégradation naturelle contribue ensuite à la croissance de la végétation côtière. La présence des sargasses en bordure de plage conforte les dunes de sable, contribuant ainsi à limiter l'érosion littorale.

http://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/francais_sargasse.pdf

En revanche, les arrivages massifs de sargasses sur les côtes, qu'elles s'échouent à terre ou restent dans l'eau, ont une telle intensité que les équilibres entre les espèces présentes sont sensiblement perturbés. L'accumulation de ces événements peut aller jusqu'à menacer l'existence de certaines espèces même si d'autres sont bénéficiaires.

Par ailleurs, certaines mesures prises dans l'urgence pour limiter l'impact sanitaire ou économique ont eu clairement des impacts supplémentaires très négatifs sur l'environnement.

Les principaux impacts environnementaux directs des arrivées massives sont les suivants :

- **Sur les herbiers :** blanchiment et même disparition le long du littoral jusqu'à 10 ou 20m du rivage. En cas de départ des sargasses, les herbiers repartiront probablement après blanchiment et sont aussi susceptibles de revenir même après disparition. La faune attachée à ces herbiers (oursins, holothuries, crabes ...) disparaît avec eux mais de façon plus irréversible.

- **Sur les coraux**, l'anoxie et la perte de lumière sont préjudiciables, mais n'ont pas la durée suffisante pour créer des impacts négatifs avérés, sauf ponctuellement.
- **Sur la mangrove**, l'impact négatif est clair sur la qualité de l'eau (anoxie, matière organique, sulfates) mais pas sur la végétation elle-même ni sur les espèces vivant autour des racines des palétuviers, tant que les accumulations n'ont pas conduit à un engorgement complet qui se traduira par un ensablement durable. Cette résilience pourrait s'expliquer par la capacité de ce type de végétation à utiliser la matière organique présente dans l'eau et par les eaux de ruissellement provenant du bassin versant en temps de pluie, qui repoussent une bonne partie des algues hors de la mangrove.
- **Sur la faune aquatique**, les tapis de sargasses jouent un rôle extrêmement positif puisqu'ils constituent des lieux de nurserie, d'abri ou de nourriture pour de nombreuses espèces. Ceci est clairement le cas au large, où les tapis favorisent la multiplication et la croissance des espèces et en attirent des nouvelles (y compris des oiseaux), au point qu'on les compare aux DCP (dispositifs concentrateurs de poissons) que l'on développe artificiellement au profit des pêcheurs depuis plusieurs années dans la Mer des Caraïbes. Mais cet effet positif disparaît lorsque le tapis stagne longtemps dans les baies, au point de se décomposer et de couler. Des poissons et une tortue olivâtre ont ainsi été piégés par la nappe déposée à Awala.
- **Sur les espèces de tortues marines**, les données scientifiques manquent mais les affirmations abondent. Selon la Réserve naturelle nationale de l'Amana (Awala-Yalimapo en Guyane), le dépôt des sargasses sur la plage début mai 2015 a interrompu la nidification des tortues Luth ; il est possible que l'arrivée en masse des sargasses dans l'eau à proximité immédiate ait en outre gêné leur accès. La nidification a repris après le départ des algues (Figure 7 et Photo 5). Les tortues vertes, alors en nombre moindre (et non comptées à ce moment), auraient - au moins pour certaines - surmonté l'obstacle des dépôts, confirmant ainsi leur réputation d'agilité. La nouveauté de l'événement n'a pas permis de définir un protocole de suivi plus précis.

Zone de pontes de tortues



[sargasses rapport final V 21 01082016 \(developpement-durable.gouv.fr\)](#) (page 327)

Questions auxquelles les documents ci-dessus répondent en partie : ces documents peuvent tout aussi bien servir à faire émerger ces questions qu'apporter des éléments de réponse :

1. Identifier les impacts économiques, sanitaires et environnementaux des pollutions aux sargasses.
2. Identifier les rôles écologiques des sargasses pélagiques impliquées dans les échouages.
3. Montrer l'ambivalence des impacts d'une prolifération des sargasses sur l'économie et l'environnement.

Corpus documentaire 2

Ce deuxième corpus, lui, porte les origines et causes plurifactorielles supposées aux proliférations et aux échouages de sargasses. Il fournit également des éléments pour comprendre toutes les difficultés à prévoir l'intensité et la localisation de ces épisodes de proliférations afin de prévenir les échouages, dans un contexte où les mécanismes ne sont pas connus ou les connaissances non stabilisées.

Document 1 - L'origine des sargasses impliquées dans les échouages, des mécanismes scientifiques mal connus

Document 2 - Causes supposées de la modification de la distribution temporelle et spatiale des sargasses

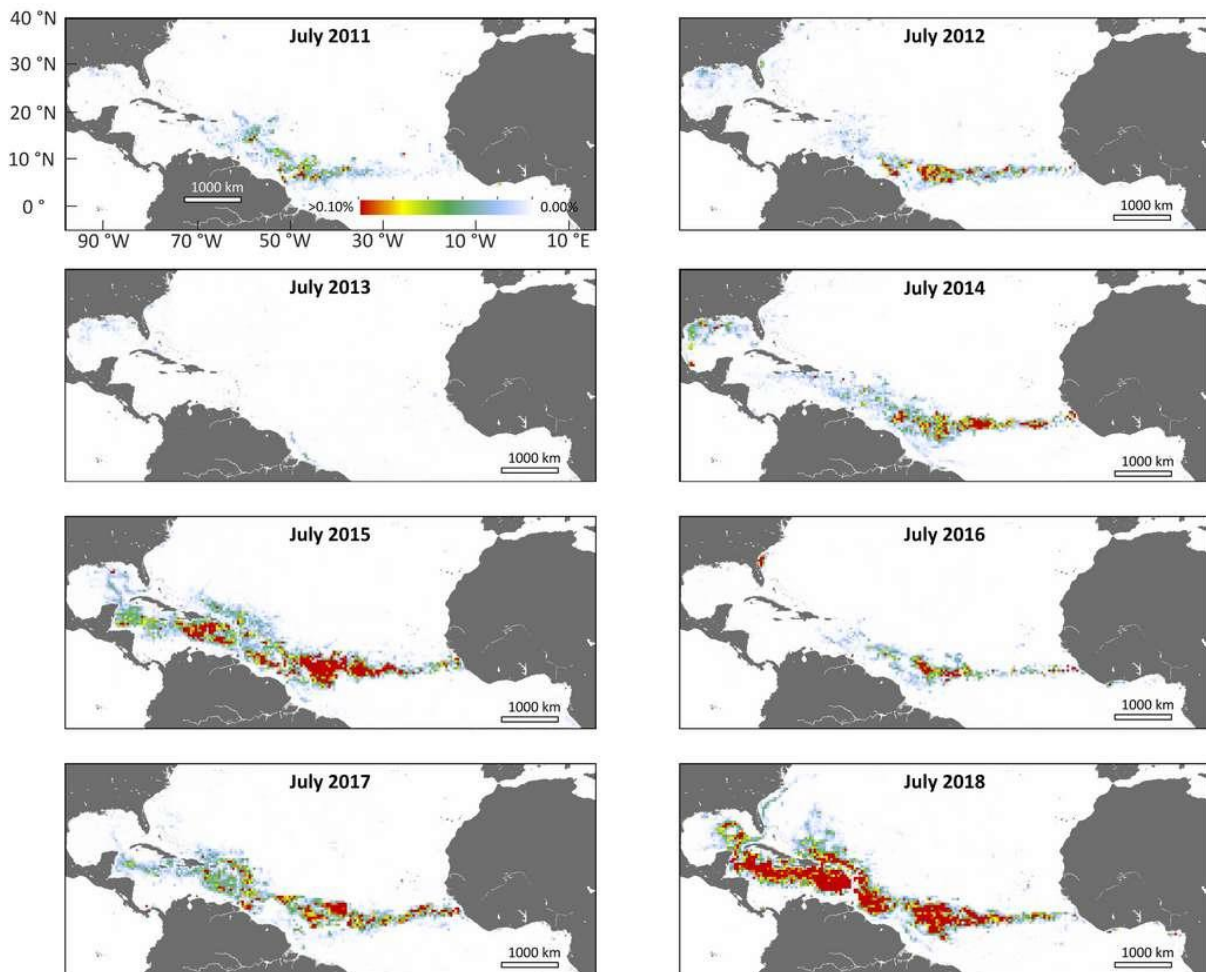
Document 3 - Une dynamique complexe des sargasses qui rend difficile leur prévision

Document 1 – L'origine des sargasses impliquées dans les échouages, des mécanismes scientifiques mal connus

Les quantités de sargasses observées depuis 2011 sont considérées comme « du jamais vu » et l'origine comme le mécanisme d'ensemble de ce développement algal demeurent à ce jour très imparfaitement expliqués ou quantifiés.

Les outils satellites permettent de détecter et suivre les sargasses pélagiques dans l'Atlantique tropical. Les informations spatiales et temporelles déduites de l'analyse des images ont été utilisées pour retracer l'historique de la présence des sargasses dans l'atlantique équatorial, depuis les premiers événements d'échouages en 2011, et de déduire leur transport à travers l'atlantique. Le seul résultat scientifique publié à ce jour est que le développement algal (bloom) observé en Mer des Caraïbes en 2011 a pris naissance dans la zone équatoriale et non dans la Mer des Sargasses.

L'efflorescence des sargasses observée par la Nasa

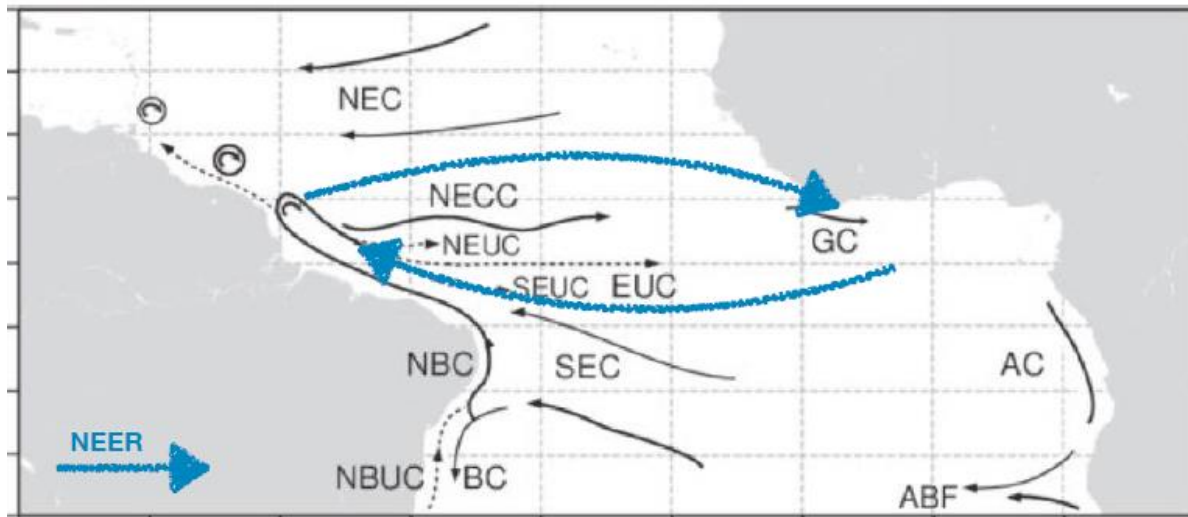


Des chercheurs de l'université de Floride du Sud ont détaillé la prolifération des algues Sargasses depuis son expansion sans précédent, en 2011. Ils ont ainsi produit des cartes représentant la densité d'algues pendant les mois de juillet de 2011 à 2018. Plus cette densité s'approche du rouge, plus elle est importante. Lors des années 2015 et 2018, les proliférations ont été particulièrement élevées, à l'inverse de l'année 2013. (M Wang et al., Science, 385, 83, 2019)

<https://www.larecherche.fr/environnement-océan/comprendre-la-prolifération-des-sargasses>
<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/ocean-plus-grande-mer-algues-sargasses-monde-mesure-8850-kilometres-76782/>

La circulation des sargasses arrivant aux Antilles est essentiellement le fait d'un ensemble complexe de courants qui produisent un mouvement circulaire appelé « recirculation nord équatoriale ». Ce courant traverse l'Océan Atlantique depuis le Congo jusqu'au nord du Brésil, poursuit son chemin vers l'ouest au travers de l'archipel des petites Antilles puis traverse à nouveau l'Atlantique, plus au nord en direction de l'Afrique de l'ouest.

Représentation schématique des principaux courants du système Atlantique tropical



Les courants représentés sont les suivants : courant nord équatorial (NEC), courant sud équatorial (SEC), contre-courant nord équatorial (NECC), la rétroflexion du courant nord du Brésil (NBCR), courant des Guyanes (GuC), courant de Guinée (GC), courant de l'Angola (AC), courant nord du Brésil (NBC), courant du Brésil (BC), les sous-courants équatoriaux (nord et sud) (N / S – EUC) et le front AngolaBenguela (ABF) (Modifié d'après Shouten et al. 2005).

https://www.martinique.gouv.fr/content/download/12876/96166/file/Synthe%CC%80se%20Sargasse%20Pr%C3%A9visions%20PSB-CARIB_OMMM_2018.pdf

Document 2 – Causes supposées de la modification de la distribution temporelle et spatiale des sargasses

Une conjonction d'éléments qui pourraient expliquer ce nouveau phénomène de « marées brunes » :

Tout d'abord, la région de recirculation nord équatoriale (NERR – *North Equatorial Recirculation Region*) se situant entre le Brésil et l'Afrique aurait bénéficié d'importants apports en nutriments permettant aux sargasses généralement présentes en faible quantité dans cette zone de croître de façon très importante. Les sources de nutriments décrites sont les apports de nutriments par la rivière Congo, l'Amazone, l'Orénoque (bien que seulement 10 % des sargasses se situent dans des régions sous l'influence des panaches fluviaux, Jouanno et al., 2021), les différentes zones d'*upwelling* (remontées d'eaux profondes riches en nutriments) ainsi que les poussières du Sahara. En effet, si les faibles concentrations en fer et phosphore dans ce secteur océanique sont généralement des facteurs limitant la croissance algale, les poussières du Sahara notamment riches en fer et en phosphore peuvent entraîner un enrichissement de ces nutriments dans cette zone océanique et par conséquent contribuer à cette forte production algale (Bell et al., 2013, 2013 ; Lapointe, 1986 ; Lobban and Harrison, 1994).

Des « anomalies » climatiques sans précédent en 2010 pourraient avoir contribué à ce phénomène de surproduction algale : une pression atmosphérique plus basse au niveau des Açores entraînant des vents d'ouest moins forts et des tempêtes moins fréquentes sur cette zone de l'Atlantique et une élévation des températures de l'eau de mer.

L'ensemble de ces conditions aurait permis des conditions idéales de croissance des sargasses : des eaux plus calmes, plus chaudes et riches en nutriments. En dépit du fait que ces anomalies climatiques

n'aient eu lieu qu'en 2010, elles peuvent néanmoins être à l'origine de la genèse du phénomène qui de par son ampleur peut ensuite perdurer plusieurs années.

Les données actuelles sont insuffisantes pour établir l'importance de chaque facteur dans l'apparition de cette nouvelle zone de développement algal.

http://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/francais_sargasse.pdf

Document 3 - Une dynamique complexe des sargasses qui rend difficile leur prévision

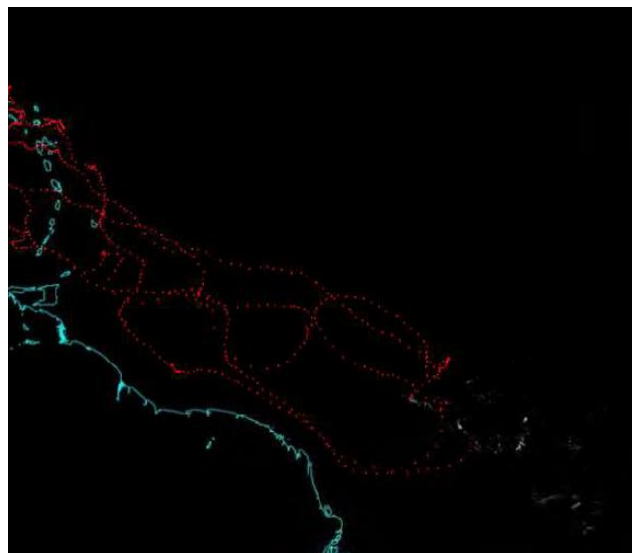
« Prévoir l'arrivée des sargasses permettrait de mieux organiser les moyens pour y faire face » est souvent affirmé.

Prévoir le développement des sargasses est aujourd'hui impossible faute de connaissances notamment sur la provenance des naissains éventuels, ainsi que sur les lieux et les facteurs de développement. Ainsi rien ne permet de dire si une année sera « une année à production de sargasses ». Il reste donc à annoncer l'arrivée des bancs de sargasses formés.

Toutefois il y a lieu de distinguer entre l'arrivée de bancs menaçants et l'atterrissement de tout ou partie de ces bancs. Cette distinction est importante quant aux conséquences pratiques qui seront tirées de l'annonce. Le suivi des bancs de sargasses comprend deux méthodes : les satellites et l'observation humaine.

De manière surprenante, le vent influe largement sur la dérive des sargasses et non le seul courant. La photo suivante illustre la diversité des trajets suivis selon les années par des bancs de sargasses partis du même point d'origine et montre bien la difficulté à modéliser.

Trajets suivis sous l'effet du courant selon les années par des bancs de sargasses entre l'embouchure de l'Amazone et les Petites Antilles



Source : (Maréchal, Franks, Johnson, & Hu, june 2016)

<https://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Affaires-0009246/010345-01%20rapport-final.pdf> (page 94)

Des variations interannuelles des courants océaniques ont été constatées, ce qui pourraient expliquer les fluctuations des échouages sur les côtes des Antilles par exemple. A partir de 2010, une zone

d'accumulation de sargasses dues à un régime circulaire des courants (« gyre ») située au nord de l'embouchure de l'Amazone est apparue. Début 2016, cette gyre semble avoir disparu des images satellites. De plus, le régime des vents et des températures induit des variations saisonnières aux phénomènes de circulation et de multiplication des algues. Ces phénomènes pourraient, selon plusieurs hypothèses, être liés à des tendances globales de changement environnemental et à de nouveaux apports de nutriments à l'océan (apports par les grands fleuves du Congo et de l'Amazone, notamment lors des crues exceptionnelles dues à l'instabilité climatique en 2010 et 2011, nuages de poussières issues du Sahara, développement et intensification agricole du bassin de l'Amazone). Il s'agit donc d'un circuit différent du circuit ancien situé entre le sud des Etats-Unis et traversant les grandes Antilles. Par rapport au précédent, ce deuxième circuit est beaucoup plus récent et beaucoup moins étudié ; diverses hypothèses ont été avancées pour expliquer l'ampleur de ce phénomène mais il n'y a pas encore de démonstration ni même de quantification ou de modélisation.

Les facteurs qui interviennent dans la prolifération et la dérive des sargasses fluctuent d'une année sur l'autre : alimentation et croissance de l'algue selon la présence de nutriments (leur origine et les mécanismes de variabilité interannuelle restent à élucider, Jouanno et al., 2021) et la température de surface de la mer, dérive selon les vents ou selon les courants de surface, dispersion des tapis selon les vents ou la houle etc. Pour prévoir la prolifération de nappes de sargasses dans l'océan, il faudrait pouvoir quantifier ces facteurs et leurs influences multiples. Une telle compréhension allant jusqu'à la modélisation du phénomène nécessite un effort de recherche important.

Il est aussi difficile de prévoir l'arrivée précise des sargasses à des échelles de temps courtes (mois) en raison des incertitudes dans les observations satellites (nuages) et dans les modèles de dynamique de transport de surface par les courants marins très variables.

Questions auxquelles les documents ci-dessus répondent en partie : ces documents peuvent tout aussi bien servir à faire émerger ces questions qu'apporter des éléments de réponse :

1. Identifier l'origine, les causes plurielles supposées à la prolifération et aux échouages de sargasses mais aussi les incertitudes.
2. Montrer en quoi les blooms de Sargasses sont des phénomènes complexes
3. Montrer en quoi la prévision des blooms de sargasses et de leurs échouages sont difficilement prévisibles

Corpus documentaire 3

Ce troisième corpus, lui, porte sur les solutions techniques en cours ou envisagées pour le ramassage et la valorisation des algues. Il en présente aussi leurs impacts et leurs limites et les contradictions notamment pour limiter les échouages. L'étude de ce document permet de comprendre un autre aspect de la complexité du problème lié à la pollution aux sargasses, l'absence de solutions durables.

Document 1 – Des solutions techniques à l'étude pour le ramassage, la récolte des sargasses

Document 2 – Déterminer les moyens techniques à mettre en œuvre

Document 3 – Valoriser les sargasses récoltées, perspectives et limites

Document 1- Des solutions techniques à l'étude pour le ramassage, la récolte des sargasses

A ce stade de la compréhension du problème, seul le ramassage répétitif peut être envisagé.

- Le ramassage sur les plages est la première solution qui vient à l'esprit, mais faut-il privilégier une forme mécanisée en utilisant la tractopelle, au risque de maltraiter l'écosystème et la biodiversité, ou doit-on s'en tenir à une action manuelle avec grappins et fourches avec un rendement dérisoire face à l'ampleur de la tâche, sans compter le coût de l'opération évalué à près de 4000 € la journée, charge que les communes ne sont pas capables de supporter.
- Il existe une solution intéressante de ramassage en mer avec une machine amphibie, le Truxor. Elle présente l'avantage de préserver les plages et d'éviter leur érosion par ramassage à terre, en prélevant beaucoup de sable en même temps qu'on récupère les algues. Elle ne peut en outre être raisonnablement envisagée que dans zones calmes (ports, lagons, fonds de baie, ...).
- La pose de systèmes de rétention en mer, par barrages flottants ou filets, si elle est techniquement réalisable (à un coût énorme), n'est pas possible en pratique. La puissance des radeaux d'algues poussés par les courants détruirait rapidement tout équipement de ce type. Et, compte tenu de la taille de ce type de dispositif, on peut y ajouter l'entrave à la libre circulation des bateaux.



Engin Truxor de ramassage en mer



Ramassage mécanique

http://www.ifmer.org/assets/documents/files/documents_ifm/Les-algues-sargasses.pdf

Document 2 – Déterminer les moyens techniques à mettre en œuvre

- Des sites d'échouage des sargasses très variables et pas toujours accessibles. Elles peuvent s'échouer au pied de falaises, dans des mangroves, sur des platiers rocheux, dans des anses, des ports, sur des plages de largeurs ou de longueur variables.

- Des enjeux sanitaires, écologiques et économiques : présence d’habitats permanents d’activités touristiques d’hébergement (hôtellerie, résidences et gîtes), de restauration, de loisirs (plagistes, surf, plongée, voile ...), mais aussi d’enjeux écologiques ; comme par exemple la préservation des mangroves, des aires de pontes de tortues qui demandent des précautions supplémentaires.
- De l’existence d’une accessibilité aux moyens de ramassage (hommes, machines terrestres, amphibies, marines).
- D’une accessibilité aux moyens d’évacuation (depuis la brouette pour évacuer vers un stockage intermédiaire proche jusqu’au camion pour évacuer vers des sites de traitement éloignés).
- D’une disponibilité des terrains de stockage intermédiaire.
- De l’existence de possibilités d’élimination/ valorisation.

<https://martinique.ademe.fr/sites/default/files/synthese-sargasses-contamination-consequences-valorisation-2020.pdf>

Tableau 3 : Ordre de grandeur des coûts de gestion des sargasses en année de crise et en année intermédiaire dans les Antilles françaises

Année de crise	Martinique	Guadeloupe	Iles du Nord
Volume à ramasser en pointe en m ³ /j	6.000	6.900	800
Volume annuel à collecter en m ³	300.000	345.000	40.000
Volume annuel ressuyé à traiter en m ³	99.000	113.850	13.200
Coût de collecte en k€	8.100	5.934	700
Coût de transport en k€	495	586	66
Coût de traitement en k€	87	646	116
Coût total en M€	8,7	7,2	0,9

Année d’échouages intermédiaires	Martinique	Guadeloupe	Iles du Nord
Volume à ramasser en pointe en m ³ /j	6.000	6.900	800
Volume annuel à collecter en m ³	60.000	69.000	16.000
Volume annuel ressuyé à traiter en m ³	19.800	22.770	5.280
Coût de collecte en k€	1.740	1.505	40.000
Coût de transport en k€	99	114	26
Coût de traitement en k€	10	228	53
Coût total en M€	1,9	1,9	0,5

[sargasses rapport final V 21 01082016 \(developpement-durable.gouv.fr\)](#) page 153

A noter que ces coûts estimés sont cohérents avec la seule comptabilisation exhaustive des dépenses qui ait été effectuée en 2014 – 2015 : 330 k€ de supplément de dépenses pour l’île de Saint Barthélemy. Il convient d’ajouter à ces coûts opérationnels futurs, qui dépendent des quantités d’arrivage, des coûts d’étude et de gestion absolument indispensables pour les deux premières années à partir de 2016 pour les travaux initiaux de mise en place d’une gestion du risque. Ces actions dépendent des services de l’Etat et de l’ADEME qui les prendront en charge pour l’essentiel avec leurs effectifs et crédits budgétaires existants. Néanmoins, la mission recommande un renfort pendant la première année d’un équivalent temps plein.

Le ramassage en mer : miracle ou mirage ?

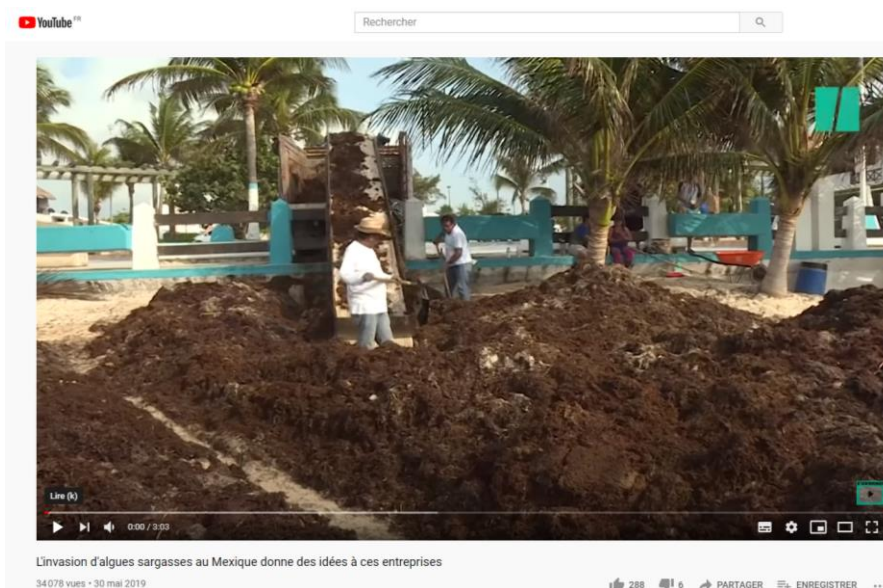
Devant l’inaccessibilité de plusieurs sites d’échouage et l’attrition des plages par emport de leur sable, un sentiment très général est que la solution réside dans « le ramassage en mer ». La mission réserve ce terme au ramassage en pleine eau ; elle en exclut le ramassage infra littoral d’algues destinées rapidement à couler à proximité du rivage qui relève d’engins amphibies ou de barges de petites dimensions. Le « ramassage en mer », c’est-à-dire, en pleine eau, conduit à un redoutable paradoxe : pour être productif le ramassage doit être effectué par un engin ayant un fort stockage ; sinon, il devra perdre un temps considérable en rotations pour décharger à terre sa collecte. Mais, plus le navire est gros, plus son tirant d’eau va l’éloigner de la côte mais aussi diminuer le nombre de ports de débarquement susceptibles de l’accueillir et donc allonger les trajets à partir des lieux de collecte. Et plus le navire va s’éloigner de la côte, plus le volume d’algues menaçantes augmente alors que seule une faible fraction de ces algues est destinée à s’échouer.

Document 3 – Valoriser les sargasses récoltées, perspectives et limites

Valoriser économiquement les sargasses pour les recycler et protéger la biodiversité.

Une vidéo introductive (3 minutes) pour aborder la valorisation des sargasses.

<https://www.youtube.com/watch?v=7e2vIYr3DiA>



Perspectives de valorisation

On peut dès lors envisager une valorisation de ces algues, pratiquement inutilisables à l’état brut en raison de leur forte teneur en eau et en sel. Un séchage naturel préalable semble être la solution la moins onéreuse, en amont de presque toute mise en exploitation. Plusieurs pistes de valorisation sont déjà à l’étude :

- Agricole par compostage, comme engrais, insecticide ou antifongique naturels ;
Les effets de l’épandage direct de sargasses sur les principales cultures tropicales (banane, melon, laitue, concombre, patate douce, canne) montrent de faibles apports agronomiques et de

potentiels problèmes de salinisation des sols ainsi qu'une détection d'arsenic, et une présence de chlordécone sur certains sites.

- Énergétique pour la production d'électricité (biomasse) ;

Une étude de pyrolyse de la sargasse a montré un faible potentiel énergétique ainsi qu'une forte production de cendres néfaste pour les installations. La valorisation énergétique est toutefois intéressante, si la sargasse est pyrolysée à haute température avec des coproduits.

- **Agroalimentaires** (les algues fraîches ne sont pas toxiques) ;

La forte capacité des sargasses à accumuler des cations, et notamment des métaux lourds, si elle s'avère intéressante dans une perspective de biosorption ou de bioremédiation, peut aussi poser des problèmes pour les usages de ces algues. Une valorisation sous forme d'alginate pour la cosmétique et l'agroalimentaire, ainsi qu'une valorisation animale – bien que potentiellement remise en cause en raison de cette présence d'arsenic peuvent être des solutions à envisager, fonction des conclusions des expertises conduites.

- Environnementale pour la consolidation des plages par mélange avec du sable ;
- Industrielle pour la production de plastique (Algopack) et les biocarburants (biogaz ou bioéthanol)
- Médicale : médecine douce (nota 1) et pour la cosmétique Il reste que le coût de la récolte constitue un frein non négligeable à toute mise en exploitation extensive.
http://www.ifmer.org/assets/documents/files/revues_maritime/506/5-algues-sargasses-revue506.pdf

Limites et discussions

Envisager des perspectives d'élimination raisonnée ou de valorisation des algues sargasses nécessite de disposer d'un minimum d'éléments quant à leurs caractéristiques intrinsèques et à l'évolution de celles-ci lorsqu'un processus de décomposition est en œuvre. C'est-à-dire évaluer leur innocuité et leur intérêt. Les caractéristiques des algues évoluent très rapidement sur le plan physique, chimique et des « éléments accessoires » qui s'y adjoignent.

Au cours de leur évolution physique, la composition chimique des algues évolue indéniablement mais ceci n'a pas été étudié.

Sur substrat sableux ou vaseux, les algues s'amalgament au support. Le premier type d'« élément accessoire » est le sable dont la teneur dépend du substrat du site de dépôt, du degré de décomposition des algues et de la conduite du ramassage. Seul l'épandage agricole peut accepter ou rechercher un sable (calcaire).

Un deuxième type consiste en déchets essentiellement domestiques (plastiques, canettes, ...) qui peuvent être associés aux algues dès leur arrivée maritime. Ils peuvent aussi contaminer les algues lors de leur ramassage sur une plage sale. En matière de valorisation, ces déchets sont réhivitoires ou générateurs de prétraitements coûteux.

Un troisième type consiste peut-être en particules adsorbées sur les algues alors qu'elles sont encore immergées. La présence de chlordécone lors de certaines analyses pourrait être liée à une telle adsorption terrigène.

En conclusion, plus la valeur ajoutée de la filière de valorisation est grande, plus la fraîcheur et la pureté des algues est requise. Apparaît donc un effet de ciseau entre :

- La nécessité, pour limiter le coût de collecte, de ne ramasser que les algues causes de nuisances (c'est-à-dire non susceptibles d'être emportées par la faible marée suivante ou l'inversion du courant local), ce qui conduit à s'intéresser aux algues atterries ou piégées à proximité immédiate de la côte qui seront de faible qualité.
- La nécessité pour la valorisation de disposer d'algues fraîches et propres donc collectées en pleine eau alors même que seule une faible fraction de celles-ci atteindrait la côte en y générant des nuisances, ce qui va multiplier le volume à collecter pour avoir un effet préventif. Certains projets ont perçu cette contradiction en comprenant des dispositifs de prétraitement, notamment de lavage des algues récoltées sur le rivage. Mais cette solution technique ne répond très vraisemblablement pas à l'exigence économique de tempérer le coût de la collecte par la valorisation, le coût du lavage (estimé par exemple à 15 €/m³ par le projet NetCaraïbes) risquant d'obérer la rentabilité de l'opération.

https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/cgaaer_15113_2016_rapport.pdf

Questions auxquelles les documents ci-dessus répondent en partie : ces documents peuvent tout aussi bien servir à faire émerger ces questions qu'apporter des éléments de réponse :

1. Identifier les perspectives techniques pour valoriser les sargasses, mais aussi leurs limites existantes.
1. Identifier les techniques en œuvre ou envisagées pour la collecte et la valorisation des sargasses.
2. Identifier les limites et paradoxes posés par les solutions techniques envisagées.
3. Montrer en quoi les solutions envisagées pour la valorisation des sargasses représentent un défi technique loin d'être résolu.
4. Montrer en quoi les solutions durables de valorisation des sargasses pourraient permettre des progrès économiques, sociaux et environnementaux.

En prolongement

Vous organisez un débat, la production d'un plaidoyer, dans le cadre de l'éducation au développement durable? Les documents de cette fiche peuvent également être utilisés pour étayer une problématisation, une réflexion autour des ODD (Objectifs de Développement Durable).

Vous trouverez dans cette fiche échos d'escalas des informations permettant d'aborder les principaux ODD suivants :



