



# Région Guadeloupe



## Etude et analyse des solutions techniques de valorisation suite à la collecte d'ampleur des algues sargasses

Etude des scénarios / Août 2019

elcimai / LE GROUPE



Une filiale Elcimai

Ce dossier a été réalisé par :

**GIRUS GE**

BU Ingénierie de l'environnement  
43, chemin du vieux chêne  
38240 Meylan  
Tél : 04.76.18.05.40

Nom du document : G34567 – Etude scénarios – Août 2019

Auteur	
Date	Nom
29/08/2019	Maïna LE ROCH
Validation	
Date	Nom
9/09/2019	Begouen Olivier

# Sommaire

<b>CHAPITRE 1 INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 2 EVALUATION DES DEMARCHES REGLEMENTAIRES.....</b>	<b>6</b>
<b>1/ Statut des algues sargasses .....</b>	<b>6</b>
<b>2/ Les solutions techniques étudiées .....</b>	<b>9</b>
2.1/ Identification des solutions étudiées.....	9
2.2/ Epandage .....	12
2.3/ Séchage .....	14
2.4/ Co-compostage .....	15
2.5/ Valorisation énergétique .....	16
2.6/ Méthanisation.....	17
2.7/ Bioplastique.....	19
2.8/ Extraction moléculaire .....	20
<b>CHAPITRE 3 HYPOTHESES DE L'ETUDE .....</b>	<b>21</b>
<b>1/ Collecte .....</b>	<b>21</b>
<b>2/ Caractéristiques .....</b>	<b>21</b>
2.1/ Etude IT <sup>2</sup> .....	21
2.2/ Analyse Carib Agro .....	22
2.3/ Synthèse .....	22
2.4/ Zoom sur le devenir de l'arsenic .....	23
<b>3/ Etude du BRGM .....</b>	<b>25</b>
<b>4/ Hypothèses de dimensionnement.....</b>	<b>25</b>
<b>CHAPITRE 4 ETUDES DES SOLUTIONS TECHNIQUES....</b>	<b>27</b>
<b>1/ Epandage pour stockage .....</b>	<b>27</b>
1.1/ Contexte .....	27
1.2/ Collecte puis épandage.....	28
1.3/ Guide pour l'élaboration d'un plan d'épandage.....	30
<b>2/ Séchage.....</b>	<b>32</b>
2.1/ Sécheur solaire.....	32
2.2/ Bioséchage .....	34
2.3/ Sécheur thermique .....	38
<b>3/ Co-compostage.....</b>	<b>43</b>
3.1/ Hypothèses de calcul.....	43

3.2/ Fonctionnement.....	46
3.3/ Investissement.....	50
3.4/ Compte d'exploitation prévisionnel.....	51
3.5/ Prestation de service.....	51
<b>4/ Valorisation énergétique .....</b>	<b>52</b>
4.1/ Pyrogazéification .....	52
4.2/ Pyrolyse .....	56
4.3/ Méthanisation.....	58
4.4/ Prestation de service.....	62
<b>5/ Autres scénarios potentiels .....</b>	<b>62</b>
5.1/ Reconstruction de dunes.....	62
5.2/ Broyage des algues en mer .....	63
5.3/ Mélange avec des boues de STEP.....	63
5.4/ Bioplastique .....	64
5.5/ Extraction moléculaire .....	64
5.6/ Dépollution par hydrolyse et valorisation énergétique.....	65
<b>CHAPITRE 5 CONCLUSION .....</b>	<b>66</b>
<b>CHAPITRE 6 REFERENCES.....</b>	<b>70</b>
<b>CHAPITRE 7 ANNEXES .....</b>	<b>73</b>
1.1/ Annexe 1 : Proposition d'évaluation de molécules extraites de sargasses	73
1.2/ Annexe 2 : Proposition de prix budgétaire pour le sécheur à bande proposé par la société EPO .....	75
1.3/ Annexe 3 : Modèle de tableau de suivi d'épandages .....	76
1.4/ Annexe 4 : Epandabilité et estimation des apports totaux des algues sargasses.....	77
1.5/ Annexe 5 : Dépollution par hydrolyse et valorisation énergétique .....	78

# Chapitre 1 Introduction

Les échouements de sargasse sur les côtes de la Guadeloupe constituent une menace pour l'économie, l'écologie et la santé. Face à ce phénomène majeur, la collecte en mer est en cours de développement, avec la mise en place prochainement d'une délégation de service.

Selon l'ADEME, 90% des algues collectées sont stockées sans valorisation (en Martinique et en Guadeloupe).

En parallèle au développement de solutions de collecte, la région réfléchit au traitement et à la valorisation des sargasses collectées, en étudiant des filières alternatives à l'épandage (majoritairement utilisé aujourd'hui). Les enjeux sont les suivants :

- Assurer des exutoires immédiats pour les sargasses collectées, dans le respect des normes en vigueur ;
- Traiter des volumes importants sur un temps court (arrivage des sargasses en pics) ;
- Développer des processus de valorisation tenant compte du caractère aléatoire de la ressource ;
- Identifier les potentiels de valorisation sur le long terme permettant de dégager une économie de la sargasse et entrer dans une dynamique d'économie circulaire.

Ainsi, les échouements de sargasse sont un sujet aigu qui mobilise beaucoup d'action de recherche et développement de solutions de collecte et de valorisation ou traitement sur tous les territoires des Caraïbes et du Mexique.

Au travers de nos recherches et nos échanges avec les différents interlocuteurs impliqués dans des solutions de valorisation des algues sargasses, nous avons pu établir un état de l'art et des perspectives de valorisation de ces algues. (Rapport Benchmark)

Nous avons ainsi identifié le développement, les programmes de recherche et les solutions de traitement réellement mis en place autour des thématiques de valorisation des sargasses qui existent actuellement.

A la suite de ce travail, nous avons développé dans le présent document les solutions techniques de traitement et de valorisation de ces algues envisageables sur le territoire de la Guadeloupe.

- Evaluation des démarches réglementaires
- Hypothèses de l'étude
- Études des solutions techniques

## Chapitre 2 Evaluation des démarches réglementaires

### 1/ Statut des algues sargasses

#### 1.1.1/ Algues Sargasses

Il s'agit d'algues brunes. Celles observées dans les Caraïbes appartiennent aux espèces *Sargassum fluitans* et *Sargassum natans* ; il s'agit d'algues pélagiques (flottant grâce à leurs flotteurs, et formant des radeaux lorsqu'elles sont regroupées).

Les bancs de sargasse ont un rôle écologique important, car servant de nurseries pour de nombreuses espèces et poissons.

L'échouage des algues Sargasses est observé depuis 2011 et leur gestion constitue un enjeu sanitaire important pour les populations caraïbéennes.

#### 1.1.2/ Code rural et de la pêche maritime

Selon l'article D922-30 du code rural et de la pêche maritime en vigueur :

« Pour l'application de la présente section sont considérés comme végétaux marins les algues, varechs, plantes marines et halophiles ci-après dénommés goémons. Ces goémons sont classés et définis comme suit :

- 1° Goémons de rive ;
- 2° Goémons poussant en mer ;
- 3° Goémons épaves.

Les goémons de rive sont ceux qui tiennent au sol et sont récoltés à pied soit sur le rivage de la mer, soit sur les îlots inhabités, soit sur les roches découvrant à basse mer.

Les goémons poussant en mer sont ceux qui tenant aux fonds ne peuvent être atteints à pied à la basse mer des marées d'équinoxe.

Les goémons épaves sont ceux qui, détachés par la mer, dérivent au gré des flots ou sont échoués sur le rivage. »

→ Les algues Sargasses échouées ou non sont des goémons épaves.

L'article R.921-94 et suivant du code rural et de la pêche maritime précise :

« I.-La pêche, la récolte et le ramassage des ressources végétales marines peuvent être soumis à autorisation dès lors que ces activités affectent l'exploitation des ressources marines, les conditions de commercialisation des produits de la pêche maritime ou d'autres critères déterminés par une réglementation internationale ou par une réglementation européenne dans le cadre de la politique commune de la pêche. »

→ Cette disposition peut s'appliquer aux algues Sargasses épaves.

### 1.1.3/ Code de l'environnement

Au sens de l'article L541-1-1 du code de l'environnement, le déchet est « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ».

- Ainsi, les algues Sargasses (algues épaves) prennent le statut de déchets une fois qu'elles ont été ramassées et dès lors que le gestionnaire souhaite s'en défaire par traitement (par combustion, pyro-gazéification).
- Dans le cas d'une valorisation, il peut être considéré que les algues Sargasses sont des matières végétales (et non des déchets) et qu'elles prendront le statut de déchets à la sortie du procédé de compostage si le produit n'est pas normalisé ou dans le cadre d'un procédé de méthanisation sous la forme de digestat.
- Dans le cas de l'utilisation des algues Sargasses dans un procédé industriel, il peut être considéré qu'il s'agit d'une matière végétale.

La sortie du statut de déchets est encadrée par les articles D541-12-4 et suivants du code de l'environnement (Titre IV - sous-section 5 – Sortie du statut de déchets, du chapitre 1<sup>er</sup> : Dispositions générales à la prévention et à la gestion des déchets).

Pour la Direction de la Mer de la Guadeloupe, la position de l'Etat sur le sujet des sargasses est claire : les algues sargasses sont considérées comme un « goémon épave » (voir définition de l'article D922-30 du code rural et de la pêche) lorsqu'elles sont collectées :

- Sur les plages (dans les 48h qui suivent leur échouage afin d'éviter des nuisances olfactives),
- Lors des ramassages côtiers par un système de collecte d'ampleur des algues sargasses (ce qui est le cas pour toutes les solutions techniques de l'étude).

Dans sa gestion, l'algue sargasse est ainsi assimilée à un déchet, peu importe le type de collecte (ramassage côtier ou sur les plages), en raison de l'enjeu sanitaire qu'elles représentent. Il est à noter cependant que les algues ne sont pas considérées comme une pollution (N. Hulot, 2018).

De plus, lorsque les algues s'échouent, elles ne sont la propriété de personne tant qu'elles n'ont pas été collectées. Cependant, en raison des enjeux sanitaires, les collectivités concernées sont dans l'obligation de prendre en charge la collecte de ces algues échouées sur les plages dans un délai de 48h afin d'éviter des risques d'exposition de la population.

- Selon la Direction de la Mer de la Guadeloupe, les algues sargasses sont assimilées et gérées comme des déchets, en particulier en raison des enjeux sanitaires.
- Il est confirmé par la DEAL que les algues échouées ne sont pas des déchets. Le statut de déchets est admis dès lors que les algues sargasses sont traitées selon les filières envisagées soit pour leur traitement sur des filières de gestion de déchets (compostage, méthanisation, gazéification par exemple), soit pour leur prise en charge dans un procédé industriel en tant que matière première (cas de la production de bioplastiques par exemple).

### 1.1.4/ Règlement sanitaire

Le règlement sanitaire départemental de la Guadeloupe (2007) ne porte pas sur les algues Sargasses.

Au regard de la problématique, plusieurs recommandations et avis ont été émis par l'Agence Régionale de la Santé, la Direction Générale de la Santé et le Haut Conseil de la Santé Publique (voir avis du 8 juin 2018, relatif à la définition des mesures de gestion concernant l'exposition des populations antillaises à l'ammoniac et du sulfure d'hydrogène issus de la décomposition d'algues Sargasses. Il s'agit de protéger la population vis-à-vis des concentrations émises en H<sub>2</sub>S (dont le seuil de létalité est à une concentration supérieure à 1 000 ppm) et en NH<sub>3</sub>.

En termes de mesures de gestion, l'avis du HCS de juin 2018 précise :

- Privilégier la collecte en pleine mer ; pour la collecte des algues échouées, associer des machines de collecte sur sol, des bateaux faucardeurs pour le ramassage des algues flottantes,
- Réaliser dans les 24 h suivant l'échouage un nettoyage mécanique du littoral,
- Utiliser un procédé de stabilisation chimique des algues lorsque le ramassage rapide est difficile, ceci afin de protéger les personnels assurant la collecte, le transport et le transfert des algues :
  - Par modification du potentiel rédox permettant de bloquer le mécanisme anaérobie responsable des émissions de gaz soufrés ; exemple, par pulvérisation de nitrate de calcium,
  - Par séchage.

Figure 1 : Procédés et approches techniques relatifs au nettoyage, à la collecte et à la stabilisation des algues Sargasses (RSD Guadeloupe)

	Procédés/approches techniques		
	Nettoyage mécanique du littoral	Collecte en mer <sup>456</sup>	Stabilisation chimique des échouages ou séchage
Côte sableuse urbanisée accessible	A faire dans les 24 h suivant l'échouage et à renouveler autant que nécessaire Prévoir des bateaux faucardeurs ou équivalent pour la collecte en eau peu profonde. Ceci vient en complément de la collecte en mer afin de protéger les plages le plus possible	En pleine mer (quelques centaines de mètres du littoral), dans les baies, mobiliser des bateaux de collecte pour réduire l'échouage en associant les équipements complémentaires (barges flottantes, pompage, égouttage, transfert).	Sur stockages temporaires, transports et sur zones peu accessibles
Côte sableuse non urbanisée accessible			
Côte rocheuse urbanisée accessible incluant ports et autres activités maritimes	n/a	La seule solution pérenne reste la collecte en pleine mer et la collecte en eau peu profonde avec un matériel adapté	
Côte rocheuse urbanisée inaccessible	n/a		
Côte non urbanisée	n/a		

En complément, l'étude de l'ANSES « expositions aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux Antilles et en Guyane, mars 2017 » fixe les recommandations afin de protéger la population vis-à-vis des algues échouées.

Enfin, le plan départemental de lutte contre les échouages de sargasses (Préfecture de la Guadeloupe, 2018) détaille les moyens à mettre en œuvre pour la gestion des algues, et la prévention des risques d'exposition des populations. Il dispose ainsi



d'une liste des sites potentiels pour l'épandage des sargasses identifiés au sein d'une dizaine de communes.

### **1.1.5/ Conclusion**

Le statut de déchets des algues Sargasses n'est pas avéré sachant que l'abandon n'est pas clairement identifié et mentionné dans le code rural et de la pêche pour les goémons épaves, permettant d'assimiler le statut de déchets aux algues Sargasses conformément à l'article L541-1-1 du code de l'environnement.

Les algues Sargasses ont la particularité de présenter des risques sanitaires pour la population et dans ce contexte des recommandations sont mises en place par la Direction Générale de la Santé pour collecter, stabiliser et éliminer ou valoriser celles-ci.

La Direction de la Mer confirme que le statut de « déchets » est considéré au regard des arrivages sur le littoral, selon un abandon naturel, et en relation avec les enjeux sanitaires.

La DEAL a confirmé que les algues sargasses échouées ne sont pas des déchets ; le statut de déchets n'est envisageable que si les algues présentent des concentrations impliquant leur traitement sur des filières agréées (et selon la liste européenne des déchets).

## **2/ Les solutions techniques étudiées**

### **2.1/ Identification des solutions étudiées**

Les techniques faisant l'objet de l'analyse réglementaire sont les suivantes :

- Scénario 0 - Epandage
- Scénario 1 - Séchage
- Scénario 2 - Co-compostage

Objectif visé : Valorisation des algues sous la forme d'un compost normé NFU 44051 ou NFU 44551

- Scénario 3 - Valorisation énergétique (combustion et pyro-gazéification)
- Scénario 4 - Méthanisation
- Scénario 5 - Bio-plastique
- Scénario 6 - Extraction moléculaire

Les différents scénarios sont susceptibles d'être concernés par des rubriques ICPE selon les opérations de collecte, de stockage amont des algues sargasses et des procédés de traitement retenus. Des rubriques ICPE sont également susceptibles de concerner le projet selon les réactifs utilisés (impliquant des stockages sur site).

Tableau 1 : Rubriques ICPE par scénario

Scénarios	Collecte	Stockage amont (2716, 2719)*	Broyage, préparation (2260, 2794)*	Procédé traitement / valorisation	Réactifs	Rubrique principale ICPE liée au procédé
Sc0	x	x	(x)	Épandage		-
Sc1	x	x		Séchage	(x)	2260 ou 2791
Sc2	x	x	(x)	Compostage	(x)	2780
Sc3a	x	x	(x)	Traitement thermique	x	2771
Sc3b	x	x		Pyro-gazéification	x	2771
Sc4	x	x	(x)	Méthanisation	(x)	2781
Sc5	x	x		Bioplastique	(x)	2261, 4xxx, 3xxx
Sc6	x	x		Extraction moléculaire	(x)	4xxx, 3xxx, 29xx

x : concerné ; (x) le cas échéant

\* Pour le transit, regroupement :

**2716** : Installation de transit, regroupement, tri ou préparation en vue de la réutilisation de déchets non dangereux visés aux rubriques 2710, 2711, 2712, 2719, 2792 et 2793.

**2719** : Installation temporaire de transit de déchets issus de pollutions accidentelles marines ou fluviales ou de déchets issus de catastrophes naturelles, le volume susceptible d'être présent dans l'installation étant supérieur à 100 m<sup>3</sup>.

Pour la préparation (broyage) :

**2794** : Installation de broyage de déchets végétaux non dangereux (seuil déclaration compris entre 5 t/j et inférieur à 30 t/j, seuil enregistrement supérieur à 30 t/jr). – **statut déchet**

*Extrait des prescriptions de l'arrêté du 6 juin 2018 (seuil enregistrement) :*

Article 5. « Les parois extérieures des bâtiments fermés (...) sont éloignées :

- Des constructions à usage d'habitation (...) d'une distance correspondant aux effets létaux en cas d'incendie (seuil 5 kW/m<sup>2</sup>),
- Des immeubles de grande hauteur (...), ERP (...) d'une distance correspondant aux effets irréversibles en cas d'incendie (seuil 3 kW/m<sup>2</sup>).

(...) Les parois extérieures du bâtiment fermé (...) aires d'entreposage à l'extérieur (...) sont implantées à une distance au moins égale à 20 mètres de l'enceinte de l'établissement, à moins que l'exploitant justifie que les effets létaux restent à l'intérieur du site (...). »

Article 22. « L'exploitant adopte les dispositions suivantes, nécessaires pour prévenir les envois de poussières et matières diverses :

(...)

- L'opération de broyage est couverte de manière à capter les émissions (...)
- Des écrans de végétation d'espèces locales sont mis en place le cas échéant autour de l'installation,
- Pour les installations ou stockages situés en extérieur, des systèmes d'aspersion ou de bâchage sont mis en place si nécessaire. »

**2260** : Broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, granulation, nettoyage, tamisage (...) décortication ou séchage par contact direct avec les gaz de combustion des substances végétales et de tous produits organiques naturels, à l'exclusion des installations dont les activités sont réalisées et classées au titre de l'une des rubriques 21xx, 22xx, 23xx, 24xx, 27xx ou 3642. – **statut substances végétales**

1. Travail mécanique (broyage) : enregistrement pour puissance > 500 kW, déclaration contrôlée pour puissance supérieure à 100 kW et inférieure ou égale à 500 kW.
2. Séchage par contact direct : enregistrement pour puissance nominale supérieure ou égale à 20 MW ; déclaration contrôlée pour puissance nominale supérieure à 1 MW mais inférieure à 20 MW.

Extrait des prescriptions de l'arrêté du 22 octobre 2018 (seuil enregistrement) :

Article 5. « L'installation est implantée à une distance minimale de 10 mètres des limites de l'établissement »

Article 11. « Le bâtiment abritant l'installation est installé à plus de 20 mètres des locaux occupés ou habités par des tiers. Cette distance minimale pourra ne pas être respectée si le bâtiment présente les caractéristiques de résistance au feu minimales suivantes :

- murs et parois séparatifs REI 120 ;
- planchers EI 120 et structures porteuses de planchers R 120 ;
- portes et fermetures résistantes au feu (y compris celles comportant des vitrages et des quincailleries) et leurs dispositifs de fermeture EI 120. »

Article 39. « Les poussières, gaz polluants ou odeurs sont captés à la source et canalisés, sauf dans le cas d'une impossibilité technique justifiée. Les rejets sont conformes aux dispositions du présent arrêté. (...) »

**2791** : Installation de traitement de déchets non dangereux à l'exclusion des installations (selon la note DGPR du 25 avril 2017 sont en particulier concernées les installations de traitement thermique où les déchets sont portés à une température inférieure à 180°C ; cela est le cas des installations de séchage des déchets). **Statut déchet**

## 2.2/ Epandage

Dans ces paragraphes, nous distinguons l'épandage à but agricole qui répond au règlement sanitaire, ce qui n'est pas le cas de l'épandage pour stockage.

### 2.2.1/ Epandage (hors (pré)traitement sur une installation ICPE autorisée)

Le règlement sanitaire de la Guadeloupe fixe les règles à respecter concernant les dépôts de matières organiques (art. 156) et l'épandage (art. 157).

#### Extrait art. 156 :

Au-delà de 50 m<sup>3</sup>, une déclaration préalable en mairie doit être réalisée. Sont précisées les distances d'éloignement à respecter :

- 35 mètres des puits, forages, sources, aqueducs, installation de stockage des eaux, rivages, berges des cours d'eau,
- 200 mètres de tout immeuble habité ou occupé par des tiers, zones de loisirs, ERP,
- 5 mètres des voies de communication.

Après toute opération de déchargement de nouvelles matières, les dépôts doivent être recouverts dans la journée ou au plus tard le lendemain par une couche de terre meuble ou par toute autre matière inerte, d'au moins 10 cm d'épaisseur.

#### Extrait art. 157 :

Les distances réglementaires sont les suivantes :

- 35 mètres des puits, forages, sources, aqueducs, installation de stockage des eaux, rivages, berges des cours d'eau,
- 100 mètres de tout immeuble habité ou occupé par des tiers, zones de loisirs, ERP.

Les dispositions générales sont fixées au sein de l'article 157.2. Pour les résidus verts, les dispositions sont celles de l'article 157.5 « (...) matières fermentescibles telles que les ordures ménagères ayant subi un tri, marcs de fruits, drêches, pulpes et résidus verts utilisés pour la culture (...) épandage suivi d'un enfouissement intervenant le plus tôt possible ».

Pour les installations non ICPE, il s'agit de respecter les prescriptions du règlement sanitaire départemental pour les installations non ICPE (art.157) et mesures du plan départemental de gestion des sargasses (Office National des Forêts, Conservatoire du Littoral, Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt en charge de l'identification et du suivi des zones d'épandage).

A titre d'exemple, la communauté de commune de l'île de Noirmoutier a mis en place un plan d'épandage des algues vertes échouées sur les plages sur la période estivale. Avant toute valorisation en agriculture, une étude a été réalisée en application de l'article R 211-33 du code de l'Environnement.

L'étude réalisée en 2017 par la société NCA Environnement s'est appuyée sur la réglementation des épandages de boues issues du traitement des eaux usées, car comme précisé dans le document (partie II cadre réglementaire) "La valorisation agricole des algues ne fait actuellement l'objet d'aucune réglementation spécifique".

La valorisation agricole des algues s'inscrit, au même sujet que les boues, dans le droit fil des orientations nationales et européennes, visant à favoriser le recyclage des déchets.

L'article R211-27 du code de l'environnement précise également au paragraphe I.  
– Ces boues ont le caractère de déchets au sens des dispositions législatives du titre IV du livre V du présent code.

### **2.2.2/ Plan d'épandage (matières issues d'ICPE)**

Le contenu du plan d'épandage est décrit au sein des arrêtés ministériels (rubriques 2780, 2781) et l'arrêté du 2 février 1998 modifié.

Extrait arrêté du 10 novembre 2009 (rubrique 2781, seuil autorisation) :

Article 48. « (...) Dans le cas d'une unité de méthanisation relevant de la rubrique 2781-1 de la nomenclature des installations classées, le plan d'épandage respecte les conditions visées à la section IV « Epandage » de l'arrêté du 2 février 1998 modifié, à l'exception des prescriptions suivantes :

- L'analyse des sols figurant au 7° de l'article 38 et portant sur les paramètres mentionnés au tableau 2 de l'annexe VII a ;
- La distance aux habitations mentionnée au tableau 4 de l'annexe VII b, réduite à 15 m en cas d'enfouissement direct du digestat ;
- Les interdictions d'épandage figurant au 2° du I de l'article 39-I ;
- L'analyse des sols figurant au I et au 4° du II de l'article 41 ;
- La fixation dans l'arrêté d'autorisation des teneurs maximales en éléments et substances indésirables présents dans les effluents ou déchets et de la quantité maximale annuelle d'éléments et substances indésirables épandus à l'hectare, figurant à l'article 42. (...)»

Extrait arrêté du 2 février 1998 modifié, section 4-épandage (installations relevant du régime de l'autorisation, en 2780 ou 2781, et assurant l'épandage de digestats ou des déchets) :

Article 38. « Tout épandage est subordonné à une étude préalable, comprise dans l'étude d'impact, montrant l'innocuité (dans les conditions d'emploi) et l'intérêt agronomique des effluents ou des déchets, l'aptitude du sol à les recevoir, le périmètre d'épandage et les modalités de sa réalisation.

Cette étude justifie la compatibilité de l'épandage avec les contraintes environnementales recensées ou les documents de planification existants et est conforme aux dispositions du présent arrêté et à celles qui résultent des autres réglementations en vigueur.

Cette étude préalable doit comprendre au minimum :

- 1° La présentation des déchets ou effluents : origine, procédés de fabrication, quantités et caractéristiques ;
- 2° La représentation cartographique au 1/25 000 du périmètre d'étude et des zones aptes à l'épandage ;
- 3° La représentation cartographique, à une échelle appropriée, des parcelles aptes à l'épandage et de celles qui en sont exclues, en précisant les motifs d'exclusion ;
- 4° La liste des parcelles retenues avec leur référence cadastrale ;
- 5° L'identification des contraintes liées au milieu naturel ou aux activités humaines dans le périmètre d'étude et l'analyse des nuisances qui pourraient résulter de l'épandage ;
- 6° La description des caractéristiques des sols, des systèmes de culture et des cultures envisagées dans le périmètre d'étude ;
- 7° Une analyse des sols portant sur les paramètres mentionnés au tableau 2 de l'annexe VII a et sur l'ensemble des paramètres mentionnés en annexe VII c, réalisée en un point de référence, représentatif de chaque zone homogène ;
- 8° La justification des doses d'apport et des fréquences d'épandage sur une même parcelle ;
- 9° La description des modalités techniques de réalisation de l'épandage ;
- 10° La description des modalités de surveillance des opérations d'épandage et de contrôle de la qualité des effluents ou déchets épandus ;
- 11° La localisation, le volume et les caractéristiques des ouvrages d'entreposage.

L'étude préalable est complétée par l'accord écrit des exploitants agricoles des parcelles pour la mise en œuvre de l'épandage dans les conditions envisagées.

Une filière alternative d'élimination ou de valorisation des déchets solides ou pâteux doit être prévue en cas d'impossibilité temporaire de se conformer aux dispositions du présent arrêté. Le préfet peut faire appel à un organisme indépendant du producteur de déchets ou d'effluents et mettre en place un dispositif de suivi agronomique des épandages dans un objectif de préservation de la qualité des sols, des cultures et des produits. »

Concernant la notion "d'obligation de l'intérêt agronomique" au plan d'épandage, la DDTM85 ne pense pas qu'il y ait à proprement parlé d'obligation. La recherche de l'adhésion des agriculteurs est importante pour accepter d'épandre les algues sur leurs terres. Cependant étant considérées comme déchet, il est nécessaire de s'assurer que les algues ne viennent pas contaminer les terres agricoles et les milieux environnants.

Dans le cas en Vendée de l'épandage des algues vertes, la valeur du rapport C/N mesuré traduisant une vitesse de minéralisation lente supérieur à 8 indiquant que le fertilisant était de type I (type fumiers). Les teneurs en éléments traces métalliques et en composés traces organiques contenus dans les algues étaient également tout à fait compatibles avec un épandage en agriculture (conformément à l'arrêté du 8 janvier 1998).

## **2.3/ Séchage**

### **2.3.1/ Séchage des algues Sargasses**

Le séchage des algues Sargasses impliquera :

- Soit un séchage à l'air libre ;
- Soit un séchage sous bâtiment à l'aide d'un procédé par soufflage,

impliquant d'en assurer la collecte, le transport, la manutention pour le séchage, et le stockage sur la durée du séchage sur site.

Les installations prenant en charge les algues Sargasses pour leur séchage relèveront de la réglementation ICPE, considérant que les algues sont des déchets. Les rubriques ICPE susceptibles de concerner les installations sont celles liées au transfert (2716) et au séchage de la biomasse (2260) – à confirmer pour cette dernière rubrique.

Si un procédé chimique est utilisé pour stabilisation des algues afin d'éviter les émissions de composés physico chimiques gazeux, NH<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>S, le stockage et l'emploi des réactifs pourra le cas échéant, impliquer un classement selon une rubrique ICPE (rubrique 4xxx).

### **2.3.2/ Relargage en mer**

Avec le statut de déchets, il n'est pas envisageable de relarguer les algues en mer. Les déchets doivent faire l'objet d'une valorisation ou d'une élimination, conformément au code de l'environnement.

Sans le statut de déchets, cette solution présenterait des incidences sanitaires et environnementales potentielles, avec des questions sur les nuisances potentielles, et sur les incidences de l'équilibre écologique. Cette solution devrait ainsi faire l'objet d'une concertation de la Direction de la Mer de la Guadeloupe, l'ARS, l'ADEME, la DEAL avec une probable expérimentation et suivi de l'écosystème.

En outre, la réglementation applicable au littoral, et au domaine public des départements d'outre-mer est édictée par le code du domaine de l'Etat (Titre IV) et le code de l'urbanisme (Titre II, Ch. 1).

- ➔ M. Vaslin (Directeur de la Direction de la Mer de la Guadeloupe, 20.06.19) confirme les risques écologiques que pourraient générer des relargages en mer des algues séchées : vis-à-vis des coraux pour des relargages sur petits fonds marins et pour la faune et la flore marine pour des relargages avec des fonds plus importants. Cette solution n'a pas été développée en raison à la fois des incidences potentielles sur l'écosystème marin, et des coûts que le cela peut représenter.  
Une expérimentation pourrait avoir lieu mais nécessiterait la réalisation d'études spécifiques, en particulier sur le milieu marin.

## 2.4/ Co-compostage

### 2.4.1/ Réglementation ICPE

Les installations de compostage sont concernées par la rubrique 2780 « installations de compostage de déchets non dangereux ou de matière végétale, ayant, le cas échéant, subi une étape de méthanisation ».

Les installations de compostage devront respecter les prescriptions réglementaires des arrêtés ministériels suivants selon qu'elles relèvent d'un régime d'autorisation (A), d'enregistrement (E) ou de déclaration (D) au regard des seuils réglementaires donnés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Seuils A, E, D de la rubrique 2780.1 - Compostage

2780.1. Compostage de matière végétale ou déchets végétaux, d'effluents d'élevage, de matières stercoraires :	
a) la quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 75 t/j (A)	Arrêté du 22 avril 2008
b) la quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j et inférieure à 75 t/j (E)	Arrêté du 20 avril 2012
c) la quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 3 t/j et inférieure à 30 t/j (D)	Arrêté du 12 juillet 2011

L'installation pourra relever de la rubrique 3531 « valorisation ou un mélange de valorisation et d'élimination, de déchets non dangereux non inertes avec une capacité supérieure à 75 tonnes par jour » (régime autorisation).

Les réactifs qui seront utilisés et stockés sur site pourront impliquer des rubriques ICPE supplémentaires (rubriques 4xxx).

Extrait des prescriptions de l'arrêté du 22 avril 2008 (seuil autorisation, soit 164 t/jr pour 30 000 t/an à traiter sur 6 mois) :

Article 3-1 - « (...) A l'exception de celles qui sont abritées dans un bâtiment fermé, ces différentes aires sont situées à 8 mètres au moins des limites de propriété du site. »

Article 3-2 - « L'installation n'est pas implantée dans le périmètre de protection rapproché d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine. L'installation est implantée de manière à ce que les différentes aires et équipements mentionnés au 1 soient situés :

- à au moins 50 mètres des habitations occupées par des tiers, stades ou terrains de camping agréés ainsi que des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers, établissements recevant du public, à l'exception de ceux en lien avec la collecte ou le traitement des déchets. Cette distance minimale est portée de 50 à 200 mètres pour les aires signalées avec un astérisque (\*) au 1 du présent article lorsqu'elles ne sont pas fermées, avec traitement des effluents gazeux,

et à 100 mètres pour lesdites aires d'installations compostant des effluents d'élevage connexes de l'établissement qui les a produits. La distance minimale de 200 mètres s'applique également aux installations, fermées ou non, qui traitent des déchets comportant des matières d'origine animale autres que les ordures ménagères résiduelles, la FFOM, les déchets d'aliments de la restauration, les déjections animales et les matières stercoraires ;

- à au moins 35 mètres des puits et forages extérieurs au site, des sources, des aqueducs en écoulement libre, des rivages, des berges des cours d'eau, de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, à des industries agroalimentaires, ou à l'arrosage des cultures maraîchères ou hydroponiques ;
- à au moins 200 mètres des lieux publics de baignade et des plages ;
- à au moins 500 mètres des piscicultures et des zones conchylicoles. »

## **2.4.2/ Retour d'expérience - HOLDEX, en Martinique**

La DEAL de la Martinique a demandé dans l'arrêté préfectoral de la plateforme de compostage exploitée par l'entreprise HOLDEX de réaliser une étude spécifique destinée à identifier la nature et la teneur des différents polluants éventuellement contenus dans les algues Sargasses admises dans le process de compostage, ainsi que dans les amendements organiques et support de culture produits.

Cette étude a pour objectif :

- D'identifier les différents polluants présents dans les algues sargasses ;
- De déterminer la teneur des différents polluants éventuellement présents dans les algues sargasses entrant dans l'installation et admises en compostage ;
- De caractériser les teneurs en polluants correspondant à chaque zone de provenance géographique des algues sargasses ;
- A partir de l'identification précédente, de permettre à l'exploitant d'intégrer les conditions d'amissions géographiques de provenances de ces algues
- De décrire le processus de dégradation, décomposition ou altération des polluants identifiés lors du procédé de compostage ;
- De déterminer les teneurs des divers polluants identifiés présents dans les différents amendements organiques et supports de culture compost produit.

Cette étude n'a pas encore été lancée par HOLDEX. Elle devra être réalisée sur une durée de 2 ans. Pendant cette période, HOLDEX est autorisé à intégrer des algues sargasses dans le procédé de compostage. En revanche, l'exploitant évite de collecter ces algues sur les zones à risque de contamination à la chlordécone. Au cours de leur compostage, Holdex procède à un suivi de la concentration des différents métaux et autres dans les algues sargasses.

De plus, la DEAL n'a pas imposé d'analyser chaque lot de Sargasses traité sur le site. L'arrêté préfectoral n'impose pas non plus des teneurs limites en chlordécone à ne pas dépasser.

A noter également que les études de caractérisation des sargasses et suivi lors de l'intégration dans le compostage ont été faites à travers l'étude ECO3SAR dont les résultats seront disponibles à la fin d'année 2019.

## **2.5/ Valorisation énergétique**

### **2.5.1/ Traitement thermique par combustion**

La combustion est concernée par la rubrique 2910 au titre des ICPE « combustion à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2770, 2771, 2971 ou 2931, 3310



(...) ». Les algues Sargasses ne sont pas décrites dans la liste des déchets (issues de la biomasse) pris en charge (i à v) par ce type d'installation. A noter également que la pyrolyse est également concernée par ces rubriques.

La rubrique 2771 porte sur les installations de traitement thermique de déchets non dangereux, à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2971 et des installations de combustion consommant comme déchets uniquement des déchets répondant à la définition de biomasse au sens de la rubrique 2910.

- Dans le cas d'une installation de co-combustion ou de combustion dédiée aux algues Sargasses, l'installation relèvera de la rubrique 2771 au régime de l'autorisation.
- Les installations de (co-)combustion devront respecter les prescriptions réglementaires de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux.

L'installation pourra relever de la rubrique 3520 « élimination ou valorisation de déchets dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets » pour une capacité supérieure à 10 tonnes par jour (régime autorisation).

Les réactifs qui seront utilisés et stockés sur site pourront impliquer des rubriques ICPE supplémentaires (rubriques 4xxx).

## **2.5.2/ Pyro-gazéification**

L'installation relèvera de la rubrique 2771 « installations de traitement thermique de déchets non dangereux, à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2971 et des installations de combustion consommant comme déchets uniquement des déchets répondant à la définition de biomasse au sens de la rubrique 2910 » au seuil d'autorisation.

L'installation pourra relever de la rubrique 3140 « gazéification ou liquéfaction de : autres combustibles dans des installations d'une puissance thermique nominale totale égale ou supérieure à 20 MW » (régime autorisation).

Les réactifs qui seront utilisés et stockés sur site pourront impliquer des rubriques ICPE supplémentaires (rubriques 4xxx).

## **2.6/ Méthanisation**

### **2.6.1/ Règlementation ICPE pour le traitement par méthanisation**

La méthanisation relève de la rubrique 2781 au titre des ICPE « installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute ».

Les installations de méthanisation devront respecter les prescriptions réglementaires des arrêtés ministériels suivants selon qu'elles relèvent d'un régime d'autorisation (A), d'enregistrement (E) ou de déclaration (D) selon les seuils réglementaires donnés dans le tableau suivant.

*Tableau 3 : Seuils A, E, D de la rubrique 2781.1 Méthanisation*

2781.1. Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires et déchets végétaux d'IAA :		
a) la quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 100 t/j (A)	< 10 950 t/jr (12 mois)	Arrêté du 10 novembre 2009
b) la quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j et inférieure à 100 t/j (E)	< 36 500 t/jr (12 mois)	Arrêté du 12 août 2010
c) la quantité de matières traitées étant inférieure à 30 t/j (DC)	≥ 36 500 t/j (12 mois)	Arrêté du 10 novembre 2009

Les réactifs qui seront utilisés et stockés sur site pourront impliquer des rubriques ICPE supplémentaires (rubriques 4xxx).

L'installation pourra relever de la rubrique 3531 « valorisation ou un mélange de valorisation et d'élimination, de déchets non dangereux non inertes avec une capacité supérieure à 75 tonnes par jour » (régime autorisation).

Extrait des prescriptions de l'arrêté du 10 novembre 2009 (seuil autorisation, soit 164 t/jr pour 30 000 t/an à traiter sur 6 mois) :

Article 4. Distances d'implantation

- « (...) l'installation n'est pas située dans le périmètre de protection rapproché d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine, et l'aire ou les équipements de stockage des matières entrantes et des digestats sont distants d'au moins 35 mètres des puits et forages de captage d'eau (...)
- La distance minimale aux rivages et berges des cours d'eau, égale à 35 mètres dans le cas général, peut toutefois être réduite en cas de transport par voie d'eau.
- La distance entre les digesteurs et les habitations occupées par des tiers ne peut pas être inférieure à 50 mètres (...)
- (...) ».

## **2.6.2/** Réglementation liée à la valorisation du digestat issu de méthanisation

L'utilisation et la mise sur le marché des matières fertilisantes et des supports de culture est régie par le code rural (Chapitre V, art. L.255-2), et implique de satisfaire à l'évaluation par l'autorité compétente de l'absence d'effet nocif sur la santé humaine, animale et sur l'environnement (Chapitre V, art. L522-7).

Aussi, deux logiques (déchets ou produits) sont envisageables pour la valorisation du digestat issu de méthanisation :

- Une démarche orientée vers un plan d'épandage (« logique déchets ») : la responsabilité du producteur inclut le mode d'utilisation jusqu'au retour au sol,
- Une démarche de mise sur le marché (« logique produits ») : la responsabilité du producteur s'arrête à l'étape de mise sur le marché du produit.

Sans post-traitement (compostage normé) ou homologation, le digestat sortant d'une unité de méthanisation garde son statut de déchet.

Il existe plusieurs possibilités pour sortir le digestat de son statut « déchet » :

- En passant par la normalisation (étape de compostage : NFU 44-051 – amendement organique, ou NFU44-551 – support de culture),

- Par l'homologation (démarche auprès de la commission des matières fertilisantes du Ministère de l'Agriculture), procédure d'autorisation de mise sur le marché : lourde et coûteuse (12 produits homologués),
- Être conforme à un règlement de l'Union européenne (projet digestats en cours),
- Être conforme à un cahier des charges (voir ci-après cahier des charges du 13 juin 2017).

L'arrêté du 13 juin 2017 approuvant le cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de **méthanisation agricole** en tant que matière fertilisante, décrit :

- Définition des entrants concernés : déchets agricoles + déchets végétaux issus de l'industrie agroalimentaire + produits issus du lait ou de la fabrication de produits laitiers
- Paramètres du procédé utilisé (température dans le digesteur, temps de séjour...)
  - Digestat considéré comme un produit dérivé transformé
  - Sortie du digestat du statut de déchets
  - Pas d'obligation de réaliser un plan d'épandage

## 2.7/ Bioplastique

L'industrie bioplastique se base sur des procédés chimiques, reposant sur les principes de formulation organique, en employant les polymères carbonés présents dans les végétaux.

Les procédés mis en œuvre impliquent l'utilisation de réactifs et de procédés susceptibles de relever de la réglementation ICPE.

Les installations de transformation des polymères pourront être concernées par la rubrique 2661 « Polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (fabrication ou régénération à l'exclusion des activités classées au titre de la rubrique 3410) ».

Tableau 4 : Seuils A, E, D de la rubrique 2661 « fabrication polymères »

2261. Polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (fabrication ou régénération à l'exclusion des activités classées au titre de la rubrique 3410)	
1. Par des procédés exigeant des conditions particulières de température ou de pression	
a) Supérieure ou égale à 70 t/jr (A)	
b) Supérieure ou égale à 10 t/jr mais inférieure à 70 t/jr (E)	27.12.13
c) Supérieure ou égale à 1 t/jr mais inférieure à 10 t/jr (D)	14.01.00
2. Par tout procédé exclusivement mécanique	
a) Supérieure ou égale à 20 t/jr (E)	27.12.13
b) Supérieure ou égale à 2 t/jr mais inférieure à 20 t/jr (D)	14.01.00

Les réactifs qui seront utilisés et stockés sur site pourront impliquer des rubriques ICPE supplémentaires (rubriques 4xxx).

## **2.8/ Extraction moléculaire**

L'extraction moléculaire a pour objectif d'extraire les composés des algues Sargasses pour en permettre leur commercialisation dans la fabrication de produits, tels que les cosmétiques.

Les procédés mis en œuvre reposent sur des réactions chimiques afin de permettre :1. Déminéralisation, 2. Extraction des composés insolubles 3. Précipitation 4. Neutralisation 5. Séchage et 6. Broyage.

Ces différentes étapes sont susceptibles d'impliquer l'usage de réactifs et de procédés relevant de la réglementation ICPE (rubriques 4xxx, 29xx).

# Chapitre 3 Hypothèses de l'étude

## 1/ Collecte

Les algues sargasses ne sont ramassées sur les plages mais directement en mer. Après ramassage, et égouttage elles sont transférées vers les sites de traitement.

## 2/ Caractéristiques

Les caractéristiques des algues sargasse prises en compte dans les différentes solutions techniques sont présentées ci-après.

### 2.1/ Etude IT<sup>2</sup>

Les valeurs agronomiques de l'algues sargasse ont été présentées par l'Institut Technique Tropical et sont détaillées ci-dessous :

- Taux de MS : 19%
- Taux de MO : autour de 59% de MS
- pH : 7,15
- Rapport C/N (algues brunes) : 15 à 26 (source IEA Bioenergy)

Tableau 5 : Valeur agronomique de l'algues sargasses - source : IT<sup>2</sup>

N	P	K	Mg	Ca	Na	S	Cl
0,88	0,13	4,39	1,10	5,57	3,58	1,43	2,93
<b>Teneurs en % MS</b>							

D'après l'étude d'IT<sup>2</sup>, les conclusions suivantes peuvent être constatés :

- L'apport agronomique des sargasses au niveau du sol est faible et n'a pas d'impact notable sur la disponibilité en azote, ni sur la biomasse microbienne, ni sur les teneurs en potassium et calcium du sol ;
- IT<sup>2</sup> a constaté une salinisation des sols sur le moyen terme en fonction des quantités apportées ;
- Des traces potentielles en métaux lourds ont été constatées dont notamment l'arsenic (valeurs jusqu'au 98 mg/kg MS) ;
- Des risques de contamination à la chlordécone peuvent avoir lieu pour les algues échouées au niveau des zones des littoraux contaminés.

A noter également que le lavage des algues permet seulement de retirer une partie du sel extracellulaire mais ne permet pas de retirer le sel intracellulaire. Le lavage des algues est principalement utilisé pour retirer le sable présent dans les algues collectées.

Ces eaux de lavage sont caractérisées comme des effluents en sortie de « process » et qui devront respecter soit les VLE fixés par l'arrêté ministérielle de la rubrique visé, soit par les VLE du 02/02/1998.

## **2.2/ Analyse Carib Agro**

Des analyses ont été réalisées sur les algues sargasses par Carib Agro en septembre 2011 pour la DAAF Guadeloupe. Le détail de l'analyse des valeurs agronomiques de ces algues est présent en annexe 4 de ce rapport.

En conclusion, les analyses ont montré une salinité des algues non négligeable avec une teneur en sodium (Na) de 4,2% sur le sec.

L'azote et le phosphore sont à des niveaux relativement faibles (4,5 kg de N/ tonne de MS et 1,78 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ tonne de MS), tandis que les teneurs en éléments traces métalliques sont faibles, très en deçà des valeurs limites imposées pour les des épandages de boues.

Le sodium constitue donc le facteur limitant l'épandage.

Compte tenu des caractéristiques des sols de Guadeloupe (sols non sodiques), Carib Agro recommande de ne pas dépasser 20 T/Ha en canne, sur tous types de sols, deux mois avant plantation, en saison pluvieuse.

A noter également que dans le cadre de l'épandage agricole il n'y a pas de valeur seuil en arsenic ce qui explique pourquoi les analyses de Carib Agro n'ont pas relevé de dépassement de valeur pour la norme, pour les éléments traces métalliques.

## **2.3/ Synthèse**

Les points de vigilances des caractéristiques des algues sargasses pour chaque solution technique sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Points de vigilances des algues sargasses par solution technique

Solution technique	Valeur ajoutée	Valeur agronomique	ETM	Sel	Chlordécone
Epandage	Apport MO et carbone	+	/-	--	/ -
Séchage	/	/	-	-	/
Co-compostage	Faible	+	-	-	/--
Valorisation énergétique	Moyenne (après séchage)	/	/	-	/
Méthanisation	Faible	+	-	-	--
Bioplastique	?	/	?	?	?
Extraction moléculaire	?	/	?	?	?

## 2.4/ Zoom sur le devenir de l'arsenic

La Région Guadeloupe souhaite connaître le devenir de l'arsenic présent dans les algues sargasses pour chacune des solutions techniques.

### 2.4.1/ Réponse de la plateforme PROVADEMSE

D'après la synthèse des travaux R&D menés sur l'Arsenic par le BRGM en 2004, l'arsenic se présente sous différentes formes. Les composés de l'arsenic rencontrés dans l'environnement correspondent principalement à des espèces inorganiques, présentant les deux degrés d'oxydation As (V) et As (III) : arsénates et arsénites respectivement. Ils sont solides, liquides voire gazeux.

Il existe plus de 200 minéraux contenant de l'arsenic qui sont détaillés dans l'illustration ci-dessous :

Type	Présence	Exemple (nom, formule chimique)	
Arséniate	Représentent 60% minéraux riches en As	Scorodite	$\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
		Pharmacosidérite	$\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
		Pharmacolite	$\text{CaHAsO}_4$
Sulfure, sulfosel	Stabilité en conditions réductrices, 20% minéraux arséniés	Arsénopyrite	$\text{FeAsS}$
		Orpiment	$\text{As}_2\text{S}_3$
		Réalgar	$\text{AsS}$
Arsénite	Stabilité en conditions thermodynamiques restreintes	Armangite	$\text{Mn}_3(\text{AsO}_3)_2$
		Finnemanite	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_3)_3\text{Cl}$
Arséniure	Surtout métallurgie extractive	Skutterudite	$\text{CoAs}_3$
		Löllingite	$\text{FeAs}_2$
Oxyde	Forte solubilité, forme principale de commercialisation	Claudetite	$\text{As}_2\text{O}_3$
		Arsenolite	$\text{As}_2\text{O}_3$

Figure 2 : Quelques minéraux riches en arsenic (BRGM/RP, 1999-2004)

Suivant la forme de l'arsenic dans les algues sargasses, le devenir, le comportement et la toxicité seront différents dans les process de traitement des algues sargasses.

Dans un premier temps, en l'absence de données scientifiques, il sera utile de déterminer la forme de l'arsenic au sein de ses algues pour ensuite déterminer son devenir suivant les traitements. A noter que quelques données scientifiques existent sur le suivi de l'arsenic dans les sargasses (IT<sup>2</sup>, ECO3SAR) mais les résultats ne sont pas publics.

La plateforme PROVADEMSE est un centre d'essai expert dans le traitement et la valorisation des déchets. Après échange avec eux, il est envisageable d'évaluer le devenir de l'arsenic et tous autres éléments (ex : chlordécone) dans les différentes installations pilotes (méthanisation, compostage, gazéification, etc.) qu'il possède dans leur laboratoire.

#### 2.4.2/ Réponse de CEVA

Les traitements utilisés en Asie pour réduire la teneur en arsenic de l'hijiki (une sargasse alimentaire) semblent montrer qu'une partie de cet arsenic est facilement soluble et susceptible de se retrouver dans les effluents de stockage (lixiviation de « jus » dans les procédés de séchage, compostage...) ou les effluents de procédés de transformation en milieu humide, ainsi que dans les extraits.

Cependant, une partie est aussi conservée au sein de la matière lors du compostage par exemple, ou dans les cendres de combustion, ainsi que probablement dans les résidus solides de procédés d'extraction.

Des essais seraient nécessaires afin de pouvoir déterminer pour chaque solution technique le devenir de l'arsenic pour les algues sargasses échouées aux Antilles. D'après l'ADEME Guadeloupe, une étude réalisée par ECO3SAR est en cours sur le devenir de l'arsenic sur les sargasses échouées.



### 3/ Etude du BRGM

Le BRGM a réalisé une expertise environnementale afin d'identifier quel est l'impact des sites de stockage de sargasses sur l'environnement. Une mission a été réalisée sur la commune de Capesterre-de-Marie-Galante.

Dans le cadre de cette mission, des prélèvements de sol et d'eau ont été réalisés.

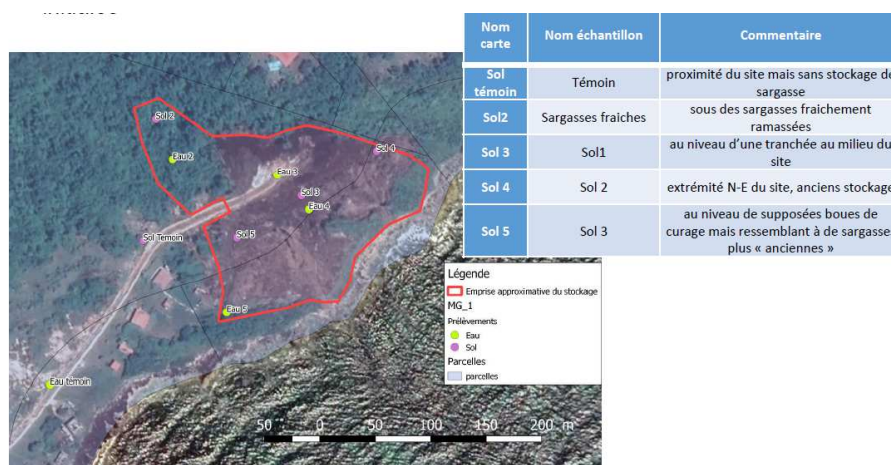


Figure 3 : Plan d'échantillonnage - source : BRGM

Les conclusions qui ont été tirées de ces analyses sont les suivantes :

- La présence de chlordécone et ses métabolites sur les sols et les eaux du site n'ont pas été identifiées ;
- Les échantillons du stockage de sargasses et de l'échantillon témoins sont du même ordre de grandeur voire similaire pour le sol ;
- Un enrichissement en ETM des eaux stagnantes a été identifié. Les eaux les plus chargées sont retrouvées au niveau de la zone accueillant les sargasses les plus fraîches, sauf pour l'arsenic où il s'agit du point situé en partie sud du site, au niveau des sargasses les plus anciennes et potentiellement en aval d'un stockage de boues de curage.

### 4/ Hypothèses de dimensionnement

Dans les différentes solutions techniques, nous avons pris en compte les hypothèses suivantes :

- Densité des algues sargasses collectées dans l'eau et non égouttées :  $0,5t/m^3$
- Tonnage : En l'absence de données précise, et suffisamment fiable pour définir des investissements, il est proposé de se caler sur un modèle technico économique pour les installations étudiées soit 30 000 t sur une période de 6 mois.
- Période d'échouage de : 6 mois
- Pour l'ensemble des solutions techniques, une étude technico-économique a été réalisée afin de pouvoir déterminer les coûts d'investissements et d'exploitations. Un coefficient de 1,3 a été appliqué aux coûts métropoles

pour obtenir des prix correspondant au territoire de la Guadeloupe. De cette façon, tous les coûts présentés dans ce rapport correspondent à des coûts Guadeloupéens.

A noter que la densité correspond à la valeur pour le dimensionnement des installations c'est-à-dire après stockage (nouvel égouttage) sur le site de traitement.



# Chapitre 4 Etudes des solutions techniques

Les solutions techniques étudiées sont les suivantes

- Epannage
- Séchage
- Co-compostage
- Valorisation énergétique
- Autres scénarios potentiels

## 1/ Epannage pour stockage

### 1.1/ Contexte

En raison des enjeux sanitaires, les collectivités concernées sont dans l'obligation de prendre en charge la collecte de ces algues échouées sur les plages dans un délai de 48h afin d'éviter des risques d'exposition de la population. Ainsi, l'épannage reste actuellement la solution immédiate permettant une gestion rapide des algues sargasses échouées sur les plages de Guadeloupe. L'épannage est donc réalisé à but de stocker la sargasse, en stoppant les émanations gazeuses toxiques, en étalant en couches fines.

Les sites d'épannage de sargasses en Guadeloupe sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Liste des sites potentiels d'épannage des sargasses (26/12/2018)  
- source : BRGM

LISTE DES SITES POTENTIELS D'EPANNAGE DE SARGASSES AU 26 DECEMBRE 2018			
SITE	LOCALISATION	GESTIONNAIRE	OBSERVATIONS
<b>Communauté d'agglomération Grand Sud Caraïbes</b>			
Route littorale	Gourbeyre	Office National des Forêts	En pied de falaise
Pointe Sud, Pointe du Havre	Terre de Bas	Conservatoire du Littoral	Surface résiduelle sur champ éoliennes
Pompierre	Terre de Haut	Conservatoire du Littoral	0,8 ha en arrière plage, capacité 110 m <sup>3</sup> /jour
<b>Communauté d'agglomération Cap Excellence</b>			
Moudong	Baie Mahault	Conservatoire du Littoral	3 ha, capacité 430 m <sup>3</sup> /jour
Environnement STEP	Baie Mahault	CDL/Etat/CD	6 ha, capacité 860 m <sup>3</sup> /jour
<b>Communauté d'agglomération de la Rivière du Levant</b>			
Saint Félix	Gosier	CD	1ha du conservatoire et possibilité sur 3,8 ha privés, capacité 680 m <sup>3</sup> /jour
Arrière-plage de l'Anse du Bellay	Sainte Anne	Conservatoire du Littoral	5,3 ha sur la partie ouest de la plage, capacité 800 m <sup>3</sup> /jour
Arrière-plage de l'Anse Champagne	Saint François		
Secteur de la Coulée	Saint François	Office National des Forêts	Le long de la plage et de la route menant à la Pointe des Châteaux
Pointe Colibri	La Désirade		
<b>Communauté d'agglomération du Nord Basse Terre</b>			
Carbet	Capesterre-Belle-Eau	Office National des Forêts	
Sainte Claire	Goyave	Conservatoire du Littoral	2 ha en arrière plage, capacité 570m <sup>3</sup> /jour
Viard	Petit Bourg	Conservatoire du Littoral	3,2 ha en arrière plage, capacité 910 m <sup>3</sup> /jour
<b>Communauté d'agglomération du Nord Grande Terre</b>			
Anse de la Grande Pointe	Anse Bertrand	Office National des Forêts	A proximité du parking
Arrière-plage de Montal	Le Moule	Conservatoire du Littoral	
Arrière-plage des Alizés	Le Moule	Conservatoire du Littoral	
Arrière-plage de l'Anse Maurice	Petit Canal	Office National des Forêts	A proximité des éoliennes
<b>Communauté de commune de Marie Galante</b>			
Pointe du Gros Cap	Capesterre de Marie Galante	Conservatoire du Littoral	1 ha, capacité 140 m <sup>3</sup> /jour
Anse Ballet, Pointe Maréchal	Grand Bourg	Conservatoire du Littoral	80 ha, capacité 10 800 m <sup>3</sup> /jour

Le coût actuel d'épandage des algues sargasses est estimé à :

- 7 €/m<sup>3</sup> soit 10 €/t pour la Guadeloupe continentale ;
- 8 €/m<sup>3</sup> soit 12 €/t dans les îles du sud.

Ces coûts ont été estimés à partir des données communiquées par la Région Guadeloupe :

- 2 000€/jour et 2 400€/t en fonction du lieu d'épandage ;
- 400 m<sup>3</sup> épandues par jour.

## **1.2/ Collecte puis épandage**

La Région Guadeloupe travaille sur un projet de collecte des algues sargasses par un système de collecte d'ampleur à partir des plages.

L'épandage direct des algues au sol n'est pas retenu comme une solution de valorisation. En effet, selon l'étude d'IT<sup>2</sup> l'épandage des sargasses fraîches sur la terre agricole est déconseillé. Mais dans l'attente de la mise en œuvre de solutions de valorisation, la Guadeloupe devra avoir encore recours à cette méthode de gestion des algues sur le territoire.

L'objectif est de déterminer si les surfaces identifiées sur le territoire pour épandre les algues sargasses collectées par cette technique seront suffisantes.

### **1.2.1/ Hypothèse de calcul**

Le débit de ramassage de collecte de ces algues est estimé à 1 000 m<sup>3</sup>/j. Cette collecte sera en place de manière saisonnière soit 6 mois de l'année (125 jours ouvrés).

Au niveau des surfaces d'épandage, dans le tableau du BRGM, certaines surfaces ne sont pas indiquées. Ce tableau a donc été complété par des données communiquées par la Région Guadeloupe en provenance de la cellule PULSAR. L'ensemble des données récoltées est synthétisé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Surfaces d'épandage par site - source : BRGM et Cellule PULSAR

COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION	SITE	LOCALISATION	Données CELLULE PULSAR		Données BRGM	
			CAPACITE (m <sup>3</sup> )	Volume ramassé (m <sup>3</sup> )	SURFACE (ha)	CAPACITE (m <sup>3</sup> /j)
Grand Sud Caraïbes	Route Littorale	Gourbeyre	9093	3 500	0,8	110
	Pointe Sud, Pointe du Havre Pompierre	Terre de Bas Terre de Haut	9265			
Cap Excellence	Moudong	Baie Mahault			3	430
	Environnement STEP	Baie Mahault			6	860
Rivière du Levant	Saint Félix	Gosier	797		3,8	680
	Arrière plage de l'Anse du Bellay	Saint Anne	5233		5,3	800
	Arrière plage de l'Anse du Champagne	Saint François	3587			
	Secteur de la Coulée Pointe Colibri	Saint François La Désirable	5454		1 800	
Nord Basse Terre	Carbet	Capesterre-Belle- Eau	6320	5 800	2	570
	Sainte Claire	Goyave	2455			
	Viard	Petit Bourg	11584			
Nord Grande Terre	Anse de la Grande Pointe	Anse Bertrand	157	2 200		
	Arrière plage de Montal	Le Moule	2567			
	Arrière plage des Alizés	Le Moule	4223			
	Arrière plage de l'Anse Maurice	Petit Canal				
Marie Galante	Pointe du Gros Cap	Capesterre de Marie Galante	46241	3000	1	140
	Anse Ballet, Pointe Maréchal	Grand Bourg			80	10800
Ports départementaux				16300		
<b>TOTAL</b>			106 976	32 600	105	15 300

La surface d'épandage est donc estimée à 105 ha. Cependant, les 80ha de surfaces d'épandage à Grand Bourg à Marie Galante ne doivent pas être retenues, dans le calcul, ce qui réduit la surface d'épandage à 25ha.

Un volume de 32 600 m<sup>3</sup> de sargasses a été ramassé en 2018. Il ne nous a pas été indiqué si ces algues ont été stockées ou épandues. Nous prenons comme hypothèse que ces algues ont été épandues. Les algues sont épandues sur une épaisseur de 10 cm afin d'avoir un séchage rapide ; le besoin théorique de surface est donc de 32.6 ha.

L'épandage sur une même surface est limité par les apports de sel et de polluants spécifiques, l'effet dose et la fréquence d'apport sur une même parcelle ne sont pas connues.

Enfin on retient dans les données de calcul que les campagnes d'épandage seront réalisées sur 6 mois soit 125 jours ouvrés dans l'année.

### **1.2.2/ Surface nécessaire à l'épandage des sargasses**

En prenant en considération les hypothèses ci-dessus et un débit de collecte des algues de 1 000 m<sup>3</sup>/j, la surface nécessaire pour épandre les algues collectées pourrait être entre 100 et 125 ha pour la première année d'épandage pour épandre 100 000 et 125 000 m<sup>3</sup> de sargasse.

Actuellement, 25 ha sont mobilisables. 100 ha supplémentaires seraient donc nécessaire pour l'épandage s des algues collectées.

L'élaboration d'un plan d'épandage des algues sargasses permettrait également d'augmenter cette surface afin de pouvoir épandre des algues sur des surfaces agricoles. La surface agricole utilisées (SAU) totale en Guadeloupe est de 31 401 ha (source : Agreste 2010) dont 55% d'entre elles sont des exploitations où sont cultivés la canne à sucre. De plus d'autres solutions techniques devront rapidement être mises en place pour les années à venir afin de pouvoir traiter l'ensemble des sargasses collectées.

L'épandage des algues sargasses séchées pourrait être envisageable afin de réduire les volumes, stocker éventuellement avant épandage et diminuer l'humidité des algues et ainsi éviter un enrichissement en ETM des eaux stagnantes comme indiqué par le BRGM.

## **1.3/ Guide pour l'élaboration d'un plan d'épandage**

Afin de proposer un guide pour l'élaboration d'un plan d'épandage, nous avons pris contact avec la DDTM 85. En effet, les côtes vendéennes souffrent, tout comme la Bretagne, du phénomène des algues vertes. L'élaboration d'un plan d'épandage a donc été nécessaire dans le but de limiter l'accumulation des algues sur les plages notamment en période estivale.

Nous rappelons que le plan d'épandage est un document de synthèse qui détaille les parcelles qui font l'objet d'épandage d'un effluent, ici les algues. Dans ce document, l'ensemble des caractéristiques des parcelles est repris selon leur capacité à pouvoir accueillir l'épandage. Les données contenues dans le plan sont présentées dans les paragraphes suivants.

### **1.3.1/ Etudes et décisions amont**

Les études menées en amont doivent englober au minimum les points suivants :

- Analyse des apports agronomiques des algues (azote et sel notamment),
- Sélection des parcelles susceptibles de pouvoir accueillir les effluents en prenant en compte les zones sensibles (proximité de zone ZNIEFF, nature 2000 etc...),
- Caractérisation des parcelles sélectionnées avec la mise en place de sondages agro-pédologiques. Cette caractérisation permettra notamment de conclure sur les doses admissibles par les sols et conduira à produire une cartographie précise des surfaces épandables.

En amont des caractérisations, une rencontre avec les propriétaires des parcelles doit se tenir afin de leur expliquer la nécessité de mobiliser leurs parcelles. Une convention devra dans un second temps être établie entre les propriétaires et la Région Guadeloupe.

Les résultats de ces études sont les premiers éléments qui constituent le plan d'épandage.

Il conviendra ensuite à la Région Guadeloupe de définir les modalités d'épandage (délai de collecte à partir de l'échouage des algues, période de collecte, distance vis-à-vis des habitations, des ERP, des zones sensibles etc...) pour les intégrer au plan.

L'épandage doit également faire l'objet d'un suivi précis. Afin de pouvoir suivre de manière opérationnelle la quantité d'algues épandues et à partir des données transmises par les propriétaires des parcelles, un tableau de suivi est établi et rempli à chaque opération d'épandage. Un exemple est joint en annexe 3.

### **1.3.2/ Mise en œuvre**

La mise en œuvre du plan nécessite la rédaction d'un programme prévisionnel intégré dans le plan et transmis à chaque propriétaire.

Des contacts réguliers doivent être entretenus avec la région et les propriétaires pour s'assurer de la disponibilité des terrains.

### **1.3.3/ Bilan**

À l'issue de la période d'épandage, un bordereau de suivi, doit être complété et signé à la fois par la collectivité et le propriétaire. Le tableau de suivi des épandages permet de compléter rapidement le bordereau de suivi.

A titre d'exemple, l'épandage d'algues vertes ne peut être réalisé sur une même parcelle qu'une fois tous les 5 ans. Il est ainsi essentiel de connaître les parcelles ayant reçu des algues afin de pouvoir les supprimer de la base de données pour les années suivantes.

Les données issues du bilan permettent de mettre à jour le plan tous les ans.



## 2/ Séchage

Le séchage est à considérer comme une étape préalable à une autre technique de traitement (épandage, combustion, pyrogazeification, méthanisation...) ou de valorisation (alimentation animale, cosmétique, etc).

### 2.1/ Sécheur solaire

#### 2.1.1/ En containers : exemple Punta Cana

La société ProjiNova, basée en République Dominicaine, est prête à tester un prototype de séchage des sargasses sur le territoire de la Guadeloupe. Cette solution est proposée avec leur procédé complet développé avec le groupe HoldiNova.

Ce groupe a développé les sociétés suivantes :

- **FiletNova**, à Tanger développe et fabrique les barrières afin d'empêcher l'échouage des algues sur les plages. Des barrières de ce type ont été installées en République Dominicaine et au Mexique. Des barges sont ensuite utilisées pour pouvoir collecter les algues sargasses en mer (débit de 70 t/j) ;
- **AlgeaNova DR**, installe et assure la maintenance en RD ;
- **AlgeaNova Mexico** (en création), installera et assurera la maintenance au Mexique ;
- **NavyNova** (en RD) construit des barges pour entretenir les barrières et pour récolter les sargasses en mer ;
- **BioNova** (en RD) transforme les sargasses en matière première.

Les algues collectées via les barges sont acheminées vers un prototype permettant le séchage des sargasses afin de les préparer avant leur transformation vers différentes expérimentations.

Ce prototype est constitué d'un container de 12 m de long relié à des panneaux solaires. Ces 12 m<sup>2</sup> de panneaux solaires photovoltaïques alimentent un sécheur thermique à bande 55°C. Une trémie d'alimentation alimente un circuit de 35 m constitué de bandes de séchages automatiques permettant le séchage de ces algues. Les algues sont ensuite broyées sorties du container.

Actuellement, ProjiNova est en train de réaliser une unité mobile avec un container étanche et un système de contrôle de l'humidité. Ce container mobile va être testé en République Dominicaine. L'objectif de ce test et d'évaluer les débits de séchage car pour l'instant ProjiNova n'a pas assez de recul pour lancer cette technique au niveau industriel.



*Figure 4 Technique de séchage en container à Punta Cana (nov. 2018) - Source : photo de Dominique Stevens*



La Société ProjiNova (société de commercialisation) travaille actuellement avec la société BioNova pour étudier et expérimenter les modes de transformation des algues sargasses. Les expérimentations en cours sont les suivantes :

- Réalisation d'un compost à partir d'algues sargasses pour les plantations de Cacao pour la recherche et développement ;
- Production de biogaz à partir d'algues sargasses avec leur partenaire Canadien ;
- Réalisation d'assiettes avec leur partenaire Polonais ;
- Préparation des algues sargasses pour réaliser des essais avec Algopack.

En fin d'année 2019, la société Projinova décidera de la ou les solutions à retenir pour transformer ces algues.

A noter que le séchage solaire permet de ne pas trop dégrader la matière et ainsi de maintenir le PCI des algues sargasses. C'est pourquoi cette technique est pertinente pour la préparation de matière pour la valorisation en bioplastique, en unité de méthanisation ou encore dans une unité de pyrogazéification.

### **2.1.2/ Séchage sous serre : four solaire**

SUEZ a développé la serre « Héliantis » comme technique de séchage qui utilise le phénomène de l'effet de serre pour accélérer le processus d'élimination de l'eau contenue dans les boues déshydratées. Les boues à sécher sont étalées puis véhiculées à l'intérieur de la serre au moyen d'un retourneur qui fonctionne de manière automatique.

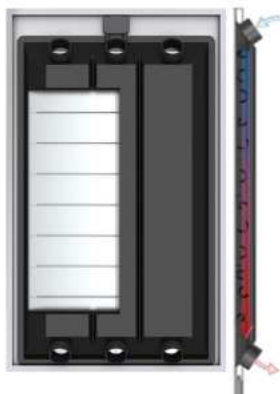
Cette machine permet ainsi de :

- Répartir les boues sur la largeur de la serre ;
- Eviter les phénomènes de fermentation pour rester en milieu aérobie ;
- Transporter la boue sèche d'une extrémité à l'autre sans utilisation d'autres engins.

Cette technique pourrait être mise en place pour le séchage des algues sargasses avec potentiellement un broyage des algues en amont pour faciliter leur retournement. A noter que lors des échanges avec Algopack, il nous a été indiqué qu'un four solaire serait mis en place en Martinique pour le pré-traitement des algues avant leur valorisation en bioplastique.

D'après les hypothèses présentées dans le chapitre 3 « hypothèses de l'étude », nous avons estimé une surface d'environ 21 000m<sup>2</sup> pour sécher via cette technique 30 000t de sargasses sur 6 mois afin d'obtenir en sortie environ 7 000 t d'algues sargasses séchées. Le coût estimé de ce sécheur solaire est de 11 700 000 €HT.

### 2.1.3/ Séchage avec panneaux thermovoltaïques



Une production **3X supérieure**  
à un panneau photovoltaïque  
conventionnel

- Puissance électrique: 300Wc
- Puissance thermique: 744W
- Gain de production électrique: +9.8%

Une entreprise française a développé un procédé de séchage solaire composé de panneau photovoltaïque avec échangeurs thermique au dos pour une récupération d'air chaud.

Cette technique de séchage a été développée au niveau industriel notamment dans des exploitations agricoles. Il s'agit d'une technique de séchage en casier avec soufflage d'air chaud. Selon le besoin, l'apport d'air chaud est unique ou en appoint.

En parallèle, cette entreprise française a réalisé des tests de séchage sur des algues. Cette technique de séchage des algues en benne et actuellement en développement. Des essais sont en cours sur du séchage d'algues brunes.

## 2.2/ Bioséchage

Le bioséchage est une technique proche du compostage dans laquelle l'énergie issue de la dégradation de la matière organique est utilisée pour évaporer le maximum d'eau dans un temps court.

### 2.2.1/ Hypothèses de calcul

#### **Nature des intrants**

Les caractéristiques des algues prises en compte pour le bioséchage sont présentées ci-dessus dans le chapitre 3 « hypothèses de l'étude ».

Les autres intrants mélangés avec les algues sargasses peuvent être du bois broyé, des refus de criblage ou autre structurant non dégradables.

#### **Base de dimensionnement**

Pour le dimensionnement et le fonctionnement d'une unité de bioséchage des algues sargasses, nous avons considéré que l'unité réceptionnait 30 000 t de sargasse sur 6 mois soit un tonnage d'environ 1 150 t/semaine.

A cette quantité de sargasses sont mélangés 9 000 t de déchets verts/refus de criblage afin de faciliter le séchage des algues dans les tunnels. La quantité de structurant correspond à 30% du volume de sargasses entrantes.

L'unité tourne 6 jours/semaine. Le détail des surfaces par zone est indiqué ci-dessous :

Affectation	Surface
Réception/stockage et mélange	1 520 m <sup>2</sup>
Séchage	990 m <sup>2</sup>
Stock stabilisé	3 780 m <sup>2</sup>
Locaux électriques - locaux exploitation	100 m <sup>2</sup>
Atelier + magasin	60 m <sup>2</sup>
Bassins étanches	500 m <sup>2</sup>
<b>Total surfaces techniques hors espaces verts et voiries</b>	<b>6 940 m<sup>2</sup></b>
Surfaces voiries (15%)	<b>1 040 m<sup>2</sup></b>
Surfaces engazonnées non utilisées (10%)	<b>0 m<sup>2</sup></b>
<b>Total surface projet</b>	<b>8 000 m<sup>2</sup></b>

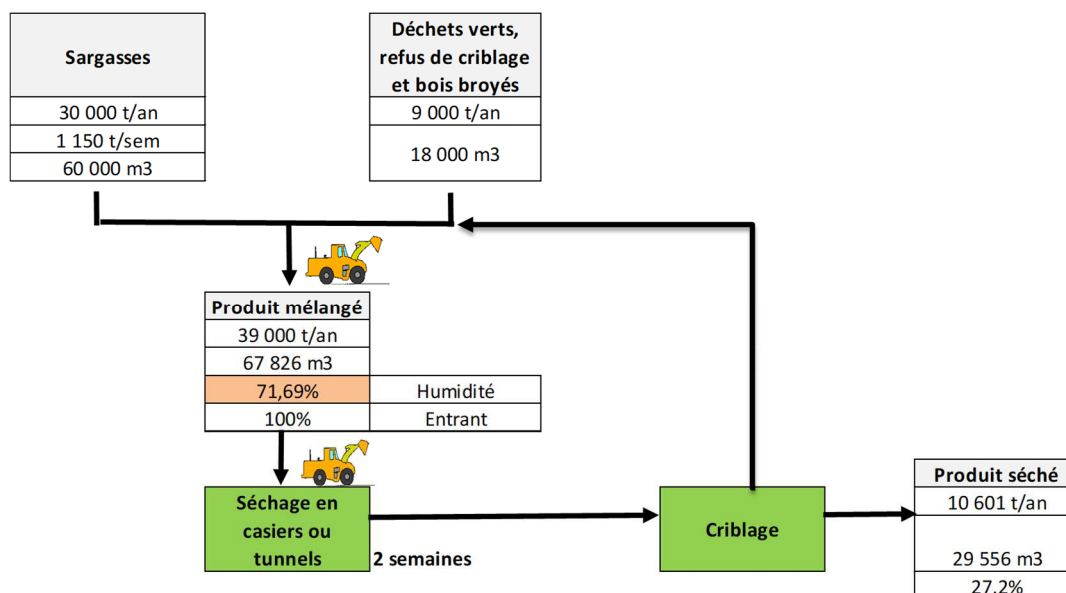
Figure 5 : Dimensionnement d'une unité de bioséchage - source : GIRUS

La surface du projet utilisée pour le calcul des coûts est estimée à 8 000 m<sup>2</sup>.

### 2.2.2/ Fonctionnement

L'unité est dimensionnée pour une capacité semaine moyenne de 1 500t. Cette unité sera une étape préalable à un autre technique de traitement.

Le synoptique et le bilan matière de l'unité sont présentés ci-dessous :



Comme indiqué sur le synoptique, le taux d'humidité du produit séché est de 27%. En bioséchage seul il est difficile de passer en dessous de 25% d'humidité. Pour certaines utilisations industrielles des algues séchées (ex : Algotpack) le taux d'humidité doit être 15% dans ce cas un appoint thermique est nécessaire.

### **Réception et préparation**

En entrée de site, les algues sargasses sont contrôlées (présences d'indésirables) et pesées.

A noter qu'au niveau de la zone réception, les lixiviats sont collectés et traités vers une unité de traitement des eaux usées.

### **Séchage**

Le mélange est transféré dans des casiers de séchage avec ventilation forcée. Deux techniques de fermentation sont envisageables :

- En casier ou tunnels confinés avec captage et désodorisation de l'air vicié ;
- En casier ouvert.

Pour réduire les investissements, nous conseillons le choix d'un terrain éloigné des zones d'habitation permettant de mettre en œuvre des casiers ouverts. Le surcote pour la solution en tunnel sera évalué. Le temps de séjour est de 2 semaines. Ce temps a été estimé suite à nos retours d'expériences et aux données de la plateforme exploitée par Suez. Il sera nécessaire d'affiner sur une première installation la durée (2 ou 3 semaines) et le taux d'humidité final visé, en fonction de la destination du produit séché.

Une insufflation d'air est réglée dans chaque casier.

### **Gestion de l'air et des odeurs**

Comme évoqué précédemment deux conceptions d'installation sont envisagées :

- Installation avec casier de séchage couvert ;
- Installation avec casier ouvert.

L'air extrait de l'installation avec réception mélange et tunnels fermés est ventilé, traité et évacué par :

- Un dépoussiéreur avec injection d'une solution acide à base d'acide sulfurique ;
- Une tour de lavage avec recirculation d'une solution basique à base de ;
- Un ventilateur d'extraction d'air ;
- Un biofiltre horizontal bâché ;
- Une cheminée d'évacuation de l'air traité ;

### **Evacuation du produit**

Après criblage pour récupérer le structurant, le produit est stocké sur la plateforme de stockage pour être utilisé dans d'autres installations de traitement ou valorisation. A noter que la dégradation de la matière organique est plus importante dans le procédé de bioséchage que lors d'un séchage solaire. Le PCI des algues sargasses sera donc un peu plus faible. De plus, cette technique permet de sécher en grande quantité ces algues. C'est pourquoi ce prétraitement peut être utilisé pour du stockage.

### **2.2.3/ Investissement**

Les coûts d'investissements d'une unité de bioséchage avec casiers ouverts sont estimés à 3 297 000 €HT. Le détail de ces coûts est présenté dans le tableau ci-dessous :

<b>Base - casiers ouverts - 39 000t sur 6 mois</b>	
<b>Affectation</b>	<b>Montant</b>
Réception/stockage et mélange	295 766 €HT
Séchage	780 000 €HT
Stock stabilisât	491 400 €HT
Ventilation	617 500 €HT
Locaux électriques - locaux exploitation	143 000 €HT
Atelier + magasin	85 800 €HT
Bassins étanches	16 250 €HT
Chargeur	195 000 €HT
Broyeur	520 000 €HT
Surfaces voiries (15%)	94 640 €HT
Cloture et portails	57 425 €HT
<b>TOTAL</b>	<b>3 297 000 €HT</b>

Le surcoût de la solution d'une unité de bioséchage avec tunnels confinés et captage et désodorisation de l'air vicié est estimé à 746 000 €HT.

A noter également, si l'hypothèse de densité des algues sargasses est ramenée à 0,3<sup>1</sup> la surface totale du projet augmente de 1 800 m<sup>2</sup> et le surcoût d'investissement de l'unité de bioséchage sans tunnel est de 230 000 €HT.

#### **2.2.4/** Compte d'exploitation prévisionnel

La synthèse du compte d'exploitation prévisionnel d'une unité de bioséchage avec casiers ouverts est présentée dans le tableau ci-dessous :

---

<sup>1</sup> Suite à la réunion du 08/07/2019, l'ADEME a demandé d'étudier les solutions techniques avec une hypothèse différente concernant la densité des algues sargasses. Cette demande a été faite suite aux essais de caractérisation physique des amas de sargasses pélagiques réalisés par SAFEGE.

<b>Base - casiers ouverts - 39 000t sur 6 mois</b>				
	<b>Unités</b>	<b>Coût unitaire HT</b>	<b>Quantités</b>	<b>Montant en Euros HT</b>
Personnel	ETP annuel	35 000,00 €	1,5	52 500 €
GER et maintenance courante				
<i>Process</i>		617 500 €	3 % des investissements	18 525 €
<i>Bâtiment /VRD</i>		1 964 281 €	0,8% inv.	15 714 €
<i>Engins mobiles</i>		715 000 €	1,50%	17 875 €
Consommables				
<i>Electricité</i>	MWh			22 964 €
<i>Analyses</i>	forfait	700	2	1 400 €
<i>Frais divers</i>				2 000 €
<i>Carburant</i>	l	1	6000	6 000 €
<i>Frais administratif</i>				5 000 €
Subvention				
	40%			
Amortissements				
<i>Process (2%/15 ans)</i>		370 500 €		28 834 €
<i>Génie civil et VRD (2%/20 ans)</i>		1 178 569 €		72 077 €
<i>Engin mobile (2%/7 ans)</i>		429 000 €		66 286 €
<b>TOTAL</b>				<b>309 000 €</b>
<b>COÛT A LA TONNE ENTRANTE</b>				<b>8 €</b>
<b>COÛT AUX M3 ENTRANTE</b>				<b>5 €</b>

Ainsi, le coût d'exploitation annuel est estimé à 309 000 € avec comme hypothèse un taux de subvention estimé à 40%. Le coût à la tonne entrante estimé est donc de 8€/t et de 5€/m<sup>3</sup>. A noter que ce coût d'exploitation peut atteindre 365 000€ si le taux de subvention est de seulement 20%.

Le surcoût d'exploitation de la solution d'une unité de bioséchage avec tunnels confinés et captage et désodorisation de l'air vicié est estimés à 80 000 €.

## 2.3/ Sécheur thermique

Le principe du sécheur thermique est d'apporter une source externe de chaleur pour accélérer l'évaporation de l'eau, dans des conditions contrôlées. Les techniques peuvent être statiques ou dynamiques, sur algues brutes ou broyées.

### 2.3.1/ Chaleur fatale disponible

Comme présenté dans le Benchmark, en Guadeloupe, nous avons pu identifier de la chaleur fatale disponible au sein de trois entreprises. Cette chaleur pourrait être utilisée pour sécher les sargasses.

Les trois entreprises concernées sont les suivantes :

- Albioma au Moule
- EDF PEI
- ISDND de SITA ESPERANCE

Nous n'avons pas eu plus de retour de la part d'Albioma et d'EDF PEI malgré de multiples relances.

L'Observatoire Régional de l'Energie et du Climat (OREC), indique que les quantités de chaleur fatales ne sont pas quantifiées sur le territoire aujourd'hui.

Sur l'installation de Stockage de déchets Non Dangereux de la Gabarre en Guadeloupe, dispose d'une source de chaleur fatale disponible de 2,2 MW thermique. Cette énergie est actuellement utilisée pour l'évaporation de l'eau

prétraitée. D'autre part le SYVADE a des réflexions en cours pour faire évoluer l'installation actuelle. Ce point pourrait impacter l'énergie disponible.

### 2.3.2/ Sécheur statique

Le sécheur statique correspond à la même technique que le bioséchage avec un apport de chaleur. A noter que pour le sécheur statique, il n'est pas nécessaire de réaliser un mélange de l'entrant avec du structurant type déchets verts.

#### **Hypothèses de calcul**

Les caractéristiques des algues prises en compte pour le sécheur statique sont présentées ci-dessus dans le chapitre 3 « hypothèses de l'étude ».

Pour le dimensionnement et le fonctionnement d'un sécheur statique des algues sargasses, nous avons considéré que l'unité réceptionné 30 000 t de sargasse sur 6 mois soit un tonnage d'environ 1 150 t/semaine.

L'unité tourne 6 jours/semaine. Le détail des surfaces par zone sont indiqués ci-dessous :

Affectation	Surface
Réception/stockage	1 300 m <sup>2</sup>
Séchage	160 m <sup>2</sup>
Stock stabilisé	3 780 m <sup>2</sup>
Locaux électriques - locaux exploitation	100 m <sup>2</sup>
Atelier + magasin	60 m <sup>2</sup>
Bassins étanches	420 m <sup>2</sup>
<b>Total surfaces techniques hors espaces verts et voiries</b>	<b>5 830 m<sup>2</sup></b>
Surfaces voiries (15%)	<b>870 m<sup>2</sup></b>
Surfaces engazonnées non utilisée (10%)	<b>0 m<sup>2</sup></b>
<b>Total surface projet</b>	<b>6 700 m<sup>2</sup></b>

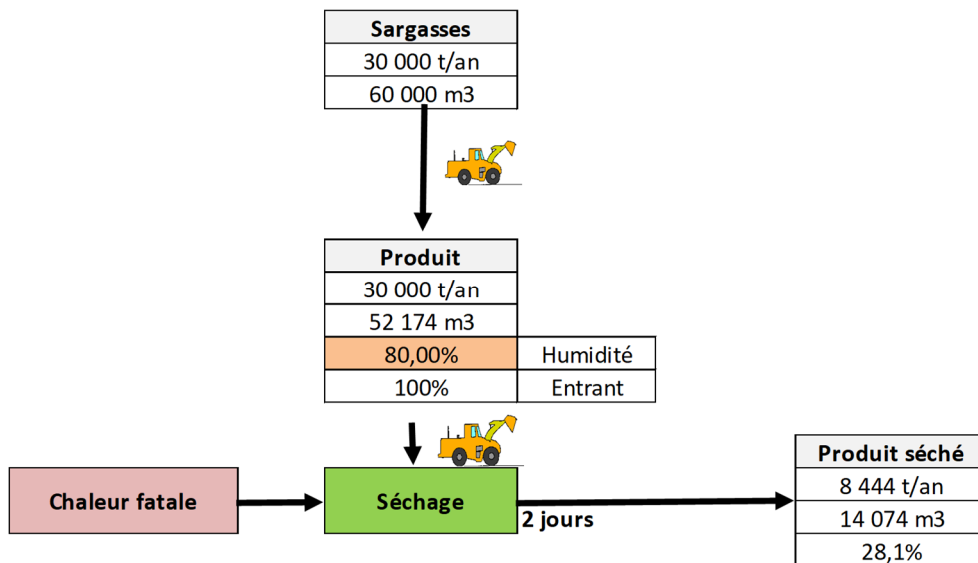
Figure 6 : Dimensionnement d'une unité de bioséchage - source : GIRUS

La surface du projet utilisé pour le calcul des coûts est estimée à 6 700 m<sup>2</sup>.

#### **Fonctionnement**

L'unité est dimensionnée pour une capacité semaine moyenne de 1 150t, soit 192t/jour d'algues sargasses et de structurant. Cette unité sera une étape préalable à un autre technique de traitement.

Le synoptique et le bilan matière de l'unité sont présentés ci-dessous :



### **Fonctionnement**

Le fonctionnement d'un sécheur statique correspond à la même technique que le bioséchage avec une récupération de chaleur.

### **Investissement**

Les coûts d'investissements d'un sécheur statique sont estimés à 3 247 000 €HT. Le détail de ces coûts est présenté dans le tableau ci-dessous :

<b>Base - casiers ouverts - 30 000t sur 6 mois</b>	
<b>Affectation</b>	<b>Montant</b>
Réception/stockage	253 941 €HT
Séchage	156 000 €HT
Stock stabilisât	491 400 €HT
Ventilation	123 500 €HT
Locaux électriques - locaux exploitation	143 000 €HT
Atelier + magasin	85 800 €HT
Bassins étanches	13 650 €HT
Chargeur	195 000 €HT
Broyeur	520 000 €HT
Surfaces voiries (15%)	79 170 €HT
Cloture et portails	53 885 €HT
<b>TOTAL</b>	<b>2 115 000 €HT</b>

Le surcoût de la solution d'un sécheur statique avec tunnels confinés et captage et désodorisation de l'air vicié est estimés à 691 000 €HT.



A noter également, si l'hypothèse de densité des algues sargasses est ramenée à 0,3<sup>2</sup> la surface totale du projet augmente de 1 200 m<sup>2</sup> et le surcoût d'investissement du sécheur thermique sans tunnel est de 190 000 €HT.

### **Compte d'exploitation prévisionnel**

La synthèse du compte d'exploitation prévisionnel d'un sécheur statique avec casiers ouverts est présentée dans le tableau ci-dessous :

<b>Base - casiers ouverts - 30 000t/an</b>				
	<b>Unités</b>	<b>Coût unitaire HT</b>	<b>Quantités</b>	<b>Montant en Euros HT</b>
Personnel	ETP annuel	35 000,00 €	1,5	52 500 €
GER et maintenance courante				
<i>Process</i>		123 500 €	3 % des investissements	3 705 €
<i>Bâtiment /VRD</i>		1 276 846 €	0,8% inv.	10 215 €
<i>Engins mobiles</i>		715 000 €	1,50%	17 875 €
Consommables				
<i>Electricité</i>	MWh			19 110 €
<i>Analyses</i>	forfait	700	2	1 400 €
<i>Frais divers</i>				2 000 €
<i>Carburant</i>	l	1	6000	6 000 €
<i>Frais administratif</i>				5 000 €
Subvention				
	40%			
Amortissements				
<i>Process (2%/15 ans)</i>		74 100 €		5 767 €
<i>Génie civil et VRD (2%/20 ans)</i>		766 108 €		46 853 €
<i>Engin mobile (2%/7 ans)</i>		429 000 €		66 286 €
<b>TOTAL</b>				<b>237 000 €</b>
<b>COÛT A LA TONNE ENTRANTE</b>				<b>8 €</b>
<b>COÛT AUX M3 ENTRANTE</b>				<b>4 €</b>

Ainsi, le coût d'exploitation annuel est estimé à 237 000 € avec comme hypothèse un taux de subvention estimé à 40%. Le coût à la tonne entrante estimé est donc de 8€/t et de 4€/m<sup>3</sup>. A noter que ce coût d'exploitation peut atteindre 276 000€ si le taux de subvention est de seulement 20%.

Le surcoût d'exploitation de la solution d'un sécheur statique avec tunnels confinés et captage et désodorisation de l'air vicié est estimés à 75 000 €.

### **2.3.3/ Sécheur à bandes**

La Société EPO nous a communiqué une proposition de prix budgétaire d'un sécheur à bandes avec utilisation de chaleur thermique. Cette dernière a été intégrée en annexe 2 de ce rapport.

Le fonctionnement de ce sécheur est détaillé ci-après.

### **Hypothèse de calcul**

- 15 000 tonnes/6mois (1 sécheur) soit 9 t/h pour le séchage de 15 000 t de sargasses sur 2 postes ;
- 30 000 tonnes/6mois (2 sécheurs) 18 t/h pour le séchage de 30 000 t de sargasses sur 2 postes.

<sup>2</sup> Suite à la réunion du 08/07/2019, l'ADEME a demandé d'étudier les solutions techniques avec une hypothèse différente concernant la densité des algues sargasses. Cette demande a été faite suite aux essais de caractérisation physique des amas de sargasses pélagiques réalisés par SAFEGE.

Dans cette proposition, EPO a considéré que :

- Les algues sont pré-broyées avec une granulométrie maximale de 150 mm ;
- L'humidité entrante des algues est de 80% ;
- L'humidité résiduelle après séchage est de 20%.

### **Principe de séchage**

Le dispositif de séchage est fondé sur les principes suivants :

- Un séchage sous un tunnel fixé sur un sol plan (dalle béton) ;
- Un support de séchage fixe plan (tôle perforée) ;
- Un dispositif d'avance du produit associé à une à deux agitations pour une optimisation de la surface d'échange air chaud / produit ;
- Un séchage basse température avec une capacité d'utilisation des chaleurs industrielles potentiellement valorisables (fumées de chaudières, eaux chaudes industrielles, vapeur, bio-gaz, biomasse, etc...) ;
- Un dépoussiérage de l'air de séchage intégré à l'équipement.

### **Fonctionnement**

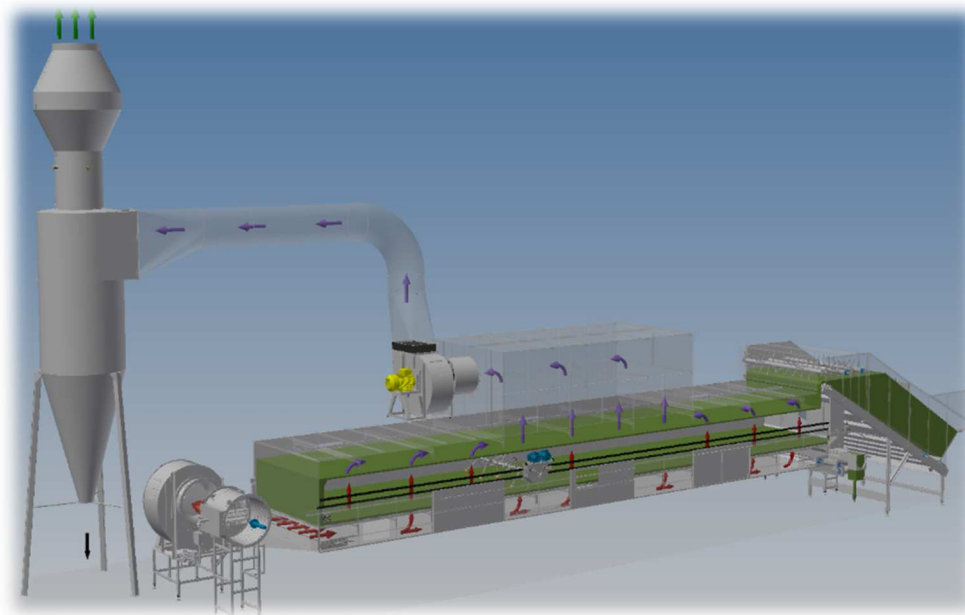
L'alimentation du produit est réalisée, soit au fil de l'eau d'une installation en amont, soit par chargeur auto-moteur, avec un alimentateur à tapis.

L'avance du produit sur sole de séchage est réalisée par un agitateur rotatif mécanique mis en translation (allers et retours) permanents.

Un contrôle automatique d'humidité par sondes de mesure dans le sécheur asservit la vitesse d'alimentation du produit.

Un transracleur sur le plan inférieur (au sol) collecte les dépôts de fines. Ce dispositif assure un auto-nettoyage de l'équipement.

Le produit séché est déchargé sur un transporteur transversal pour alimentation du transporteur d'évacuation.



*Figure 7 : Sécheur à bandes - source : EPO*

## **Gestion des flux d'air de séchage**

La circulation de l'air est réalisée au moyen de deux ventilateurs :

- Un ventilateur positionné à l'entrée du tunnel de séchage pour l'adduction d'air chaud ;
- Un ventilateur positionné en sortie supérieure du tunnel de séchage (après une chambre de détente pour limiter la vitesse d'air).

Le réchauffement de l'air peut être opéré par générateur thermique (énergie fossile, biomasse ou biogaz) avec ou sans échangeur, ou par valorisation de chaleurs industrielles.

L'air saturé d'humidité est extrait par le ventilateur supérieur, il est envoyé sur un système de dépoussiérage par cyclone à haut rendement (l'air extrait des cyclones a une teneur en fines inférieure ou égale aux prescriptions de normes européennes, le séchage de certains produits peut nécessiter un traitement, notamment une désodorisation par bio-filtre).

## **Investissement**

Les coûts d'investissements d'un sécheur à bandes sont estimés à 1 513 700 €HT. Le détail de ces coûts est présenté dans le tableau ci-dessous :

<b>30 000t sur 6 mois</b>	
<b>Affectation</b>	<b>Montant</b>
2 équipements	1 290 000 €HT
Dépoussiérage	107 000 €HT
Assistance pour le montage	45 500 €HT
Assistance à la mise en route	19 200 €HT
Electricité	52 000 €HT
<b>TOTAL</b>	<b>1 513 700 €HT</b>

A noter, qu'il s'agit de coûts métropoles et qu'il faut également rajouter à ce coût un broyeur pour la préparation des algues sargasses et un traitement de l'air extrait des cyclones.

## **3/ Co-compostage**

### **3.1/ Hypothèses de calcul**

Le co-compostage consiste à traiter les algues par fermentation aérobie, en mélange avec un structurant nécessaire au maintien de la porosité dans les tas en fermentation, dans le but de produire un compost normé.

**Cet objectif impose une sélection de lots d'algues présentant des taux de pollution faible, compatible avec la Norme.**

### 3.1.1/ Nature des intrants

Les caractéristiques des algues prises en compte pour le co-compostage sont présentés ci-dessus dans le chapitre 3 « hypothèses de l'étude ».

A noter également que le ministère recommande d'éviter les zones contaminées par la chlordécone pour la valorisation de ces algues en compost. Les zones contaminées concernées se trouvent essentiellement au niveau de la Basse Terre.

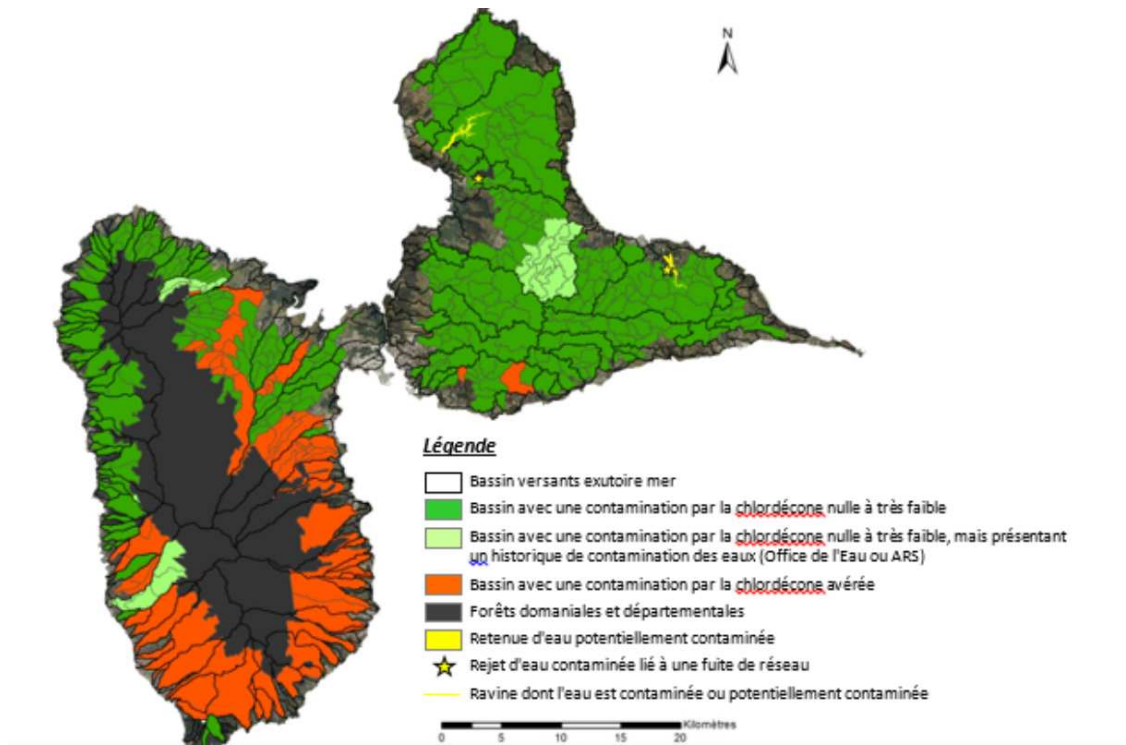


Figure 8 : Cartographie de la contamination des bassins versants de Guadeloupe par la chlordécone – source : INRA

Il n'existe pas actuellement de prescriptions au niveau des analyses de chlordécone en entrée de site. Au titre de la réglementation ICPE il sera sans doute imposé des analyses des sargasses avant traitement (sur paramètres physico chimiques, dont le chlordécone et les métaux lourds). La campagne d'analyse devra être définie par l'exploitant.

Les autres intrants mélangés avec les algues sargasses peuvent être du bois broyé, des déchets verts et des refus de criblage.

### 3.1.2/ Base de dimensionnement

Pour le dimensionnement et le fonctionnement d'une unité de co-compostage des algues sargasses, nous nous sommes appuyés sur le retour d'expérience du compostage des algues vertes (Côtes d'Armor) et de l'arrêté préfectoral de l'unité de compostage d'Holdex.

Comme expliqué précédemment, nous avons considéré que l'unité de co-compostage réceptionné 30 000 t de sargasse sur 6 mois soit un tonnage d'environ 1 150 t/semaine. L'unité tourne 6 jours/semaine.

Le ratio de mélange est un volume d'algue pour un volume de structurant. Il a été déterminé après échange avec la DEAL concernant l'arrêté préfectoral de l'unité de compostage d'Holdex et le retour d'expérience du compostage d'algues vertes.

Ainsi, pour traiter 30 000 t de sargasses il est nécessaire d'introduire 21 000 t de structurant. A noter, que les refus de criblage obtenu lors de l'affinage du compost sont réintroduits en amont de la chaîne pour être directement mélangé avec les algues.

Les détails des surfaces par zone sont indiqués ci-dessous :

Affectation	Surface
Réception/stockage et mélange	1 850 m <sup>2</sup>
Fermentation	7 960 m <sup>2</sup>
Maturation andains	2 400 m <sup>2</sup>
Affinage	350 m <sup>2</sup>
Stock compost	5 670 m <sup>2</sup>
Locaux électriques - locaux exploitation	100 m <sup>2</sup>
Atelier + magasin	60 m <sup>2</sup>
Bassins étanches	1 410 m <sup>2</sup>
<b>Total surfaces techniques hors espaces verts et voiries</b>	<b>19 790 m<sup>2</sup></b>
Surfaces voiries (15%)	<b>2 970 m<sup>2</sup></b>
Surfaces engazonnées non utilisée (10%)	<b>0 m<sup>2</sup></b>
<b>Total surface projet</b>	<b>22 760 m<sup>2</sup></b>

La surface du projet utilisé pour le calcul des coûts est estimée à 22 760 m<sup>2</sup>.

### 3.1.3/ Localisation

Concernant l'emplacement du site de co-compostage, la Basse Terre est plutôt compromise car les sargasses sont potentiellement contaminées à la chlrodécone et la DEAL et le ministère demandent d'éviter ces zones.

Sur Marie Galante, il est difficile de s'approvisionner en déchets verts et bois broyés. De plus, le coût d'approvisionnement risque d'être important.

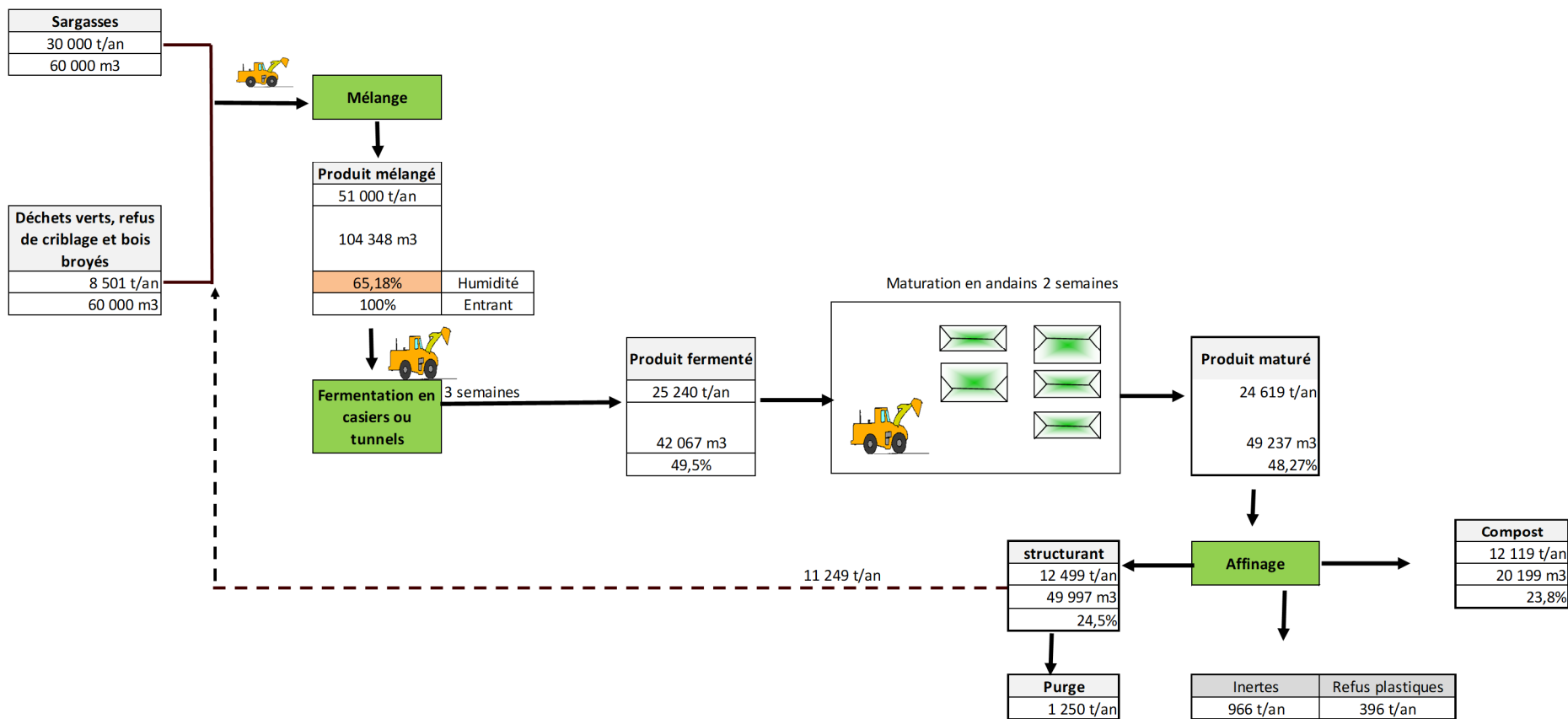
Une localisation d'une unité de co-compostage au niveau de la Grande Terre semble la solution la plus pertinente.

### **3.2/ Fonctionnement**

Comme expliqué précédemment, l'unité est dimensionnée pour une capacité semaine moyenne de 1150t. En parallèle de l'unité de co-compostage des algues, il est envisageable de composter des déchets verts issus du territoire pour que le site fonctionne les 6 autres mois de l'année restant.

Le synoptique et le bilan matière de l'unité sont présentés ci-dessous :





### 3.2.1/ Réception et préparation

En entrée de site, les algues sargasses sont contrôlées (présences d'indésirables) et pesées. Les algues sont directement déposées sur un lit de bois broyé pour éviter le ruissellement et les odeurs.

Dans la journée de la réception, les algues sont mélangées avec du structurant en respectant un ratio de mélange d'un volume d'algue pour un volume de structurant. Une chargeuse alimente un mélangeur afin d'obtenir un mélange homogène. A noter qu'au niveau de la zone de mélange sur la plateforme de réception, les lixiviats sont collectés et traités vers une unité de traitement des eaux usées.

### 3.2.2/ Fermentation

Le mélange est transféré dans des casiers de fermentation avec ventilation forcée. Deux techniques de fermentation sont envisageables :

- En casier ou tunnels confinés avec captage et désodorisation de l'air vicié ;
- En casier ouvert.



*Figure 9 : Exemple de l'unité de compostage d'algues vertes du Pays Fouesnantais*

Pour réduire les investissements, nous conseillons le choix d'un terrain éloigné des zones d'habitation permettant de mettre en œuvre des casiers ouverts. Le surcôt pour la solution en tunnel sera évalué. Le temps de séjour est de 3 semaines.

En cours de remplissage, une insufflation d'air est réglée dans chaque casier de fermentation. Pendant toute la période de fermentation une sonde de mesure est utilisée pour évaluer l'oxygène et la température de chaque andain.

- Dans le cas de faibles arrivages d'algues sargasses, la phase de fermentation peut être allongée en fonction de la charge de travail des agents et de l'état d'avancement des andains ;
- Dans le cas d'arrivages importants (supérieur à 1 150 tonnes par semaine), de l'air est insufflé dans l'andain et est préchauffé pour accélérer la montée en température et favoriser l'action des micro-organismes.



### 3.2.3/ Maturation et affinage

Après 3 semaines de fermentation, l'andain est transféré au chargeur d'un tunnel de fermentation vers un tunnel de maturation. Un crible à étoiles est ensuite utilisé pour cribler le compost d'algues sargasses.

### 3.2.4/ Gestion de l'air et des odeurs

Comme évoqué précédemment deux conceptions d'installation sont envisagées :

- Installation avec aires de réception mélange couvertes ;
- Fermentation en casier ouvert (exemple Suez Le Moule).

L'air extrait de l'installation avec réception mélange et tunnels de fermentation fermés et ventilés traité et évacué par :

- Un dépoussiéreur avec injection d'une solution acide à base d'acide sulfurique ;
- Une tour de lavage avec recirculation d'une solution basique à base de soude ;
- Un ventilateur d'extraction d'air ;
- Un biofiltre horizontal bâché ;
- Une cheminée d'évacuation de l'air traité ;

### 3.2.5/ Evacuation du produit

Après criblage, le produit est stocké sur la plateforme de stockage pour être réutilisé en tant que compost. Le produit criblé constitue le compost fini. Il est regroupé par lot. Chaque lot est analysé (NFU 44 051) avant d'être évacué vers les parcelles agricoles.

A noter qu'à partir des algues sargasses, deux types de composts peuvent être produits qui répondent pour chacun d'entre eux à une norme bien distincte :

- NF U 44-051 : Le produit obtenu est un amendement organique. La norme s'applique aux matières fertilisantes organiques contenant plus de 3% en l'un des éléments majeurs N, P2O5, K2O.
- NF U 44-551 : Le produit obtenu est un support de cultures avec et sans engrais pour lesquels les teneurs respectives en azote (N), phosphore (P2O5), et potassium (K2O) sont inférieures à 2,5%.

La NFU 44-551 est moins contraignante que la NFU 44-051 pour le compostage des sargasses, en raison :

- D'une absence de seuil sur l'arsenic pour la norme NFU 44-551 ;
- D'un taux de matière organique requis très faible pour la norme NFU 44-051.

Le tableau ci-dessous présente les teneurs limites de concentration en métaux lourds entre les deux normes :

Eléments en traces métalliques	Eléments ou composé	NFU 44-051	NFU 44-551
		Valeur limite (mg/kg de MS)	
	As	18	/
	Cd	3	2
	Cr	120	150
	Cu	300	100
	Hg	2	1
	Ni	60	50
	Pb	180	100
	Se	12	/
	Zn	600	300

### 3.3/ Investissement

Les coûts d'investissements d'une unité de co-compostage avec casiers ouverts sont estimés à 8 571 000 €HT. Le détail de ces coûts est présenté dans le tableau ci-dessous :

Base - casiers ouverts - 51 000t sur 6 mois	
Affectation	Montant
Réception/stockage et mélange	360 750 €HT
Fermentation	4 524 000 €HT
Maturation andains	312 000 €HT
Affinage	27 300 €HT
Stock compost	442 260 €HT
Locaux électriques - locaux exploitation	143 000 €HT
Atelier + magasin	93 600 €HT
Bassins étanches	30 550 €HT
Ventilation	942 500 €HT
Broyeur	520 000 €HT
Crible mobile	169 000 €HT
Chargeur	195 000 €HT
Mélangeuse	455 000 €HT
Surfaces voiries (15%)	270 270 €HT
Clôture et portails	86 220 €HT
<b>TOTAL</b>	<b>8 571 000 €HT</b>

Le surcoût de la solution d'une unité de co-compostage avec tunnels confinés et captage et désodorisation de l'air vicié est estimé à 4 650 000 €HT.

A noter également, si l'hypothèse de densité des algues sargasses est ramenée à 0,3<sup>3</sup> la surface totale du projet augmente de 8 000m<sup>2</sup> et le surcoût d'investissement de l'unité sans tunnel est de 500 000 €HT.

### 3.4/ Compte d'exploitation prévisionnel

La synthèse du compte d'exploitation prévisionnel d'une unité de co-compostage avec casiers ouverts est présentée dans le tableau ci-dessous :

<b>Base - casiers ouverts - 51 000t sur 6 mois</b>				
	Unités	Coût unitaire HT	Quantités	Montant en Euros HT
Personnel	ETP annuel	35 000,00 €	2,5	87 500 €
GER et maintenance courante				
<i>Process</i>		942 500 €	3 % des investissements	28 275 €
<i>Bâtiment /VRD</i>		6 289 950 €	0,8% inv.	50 320 €
<i>Engins mobiles</i>		1 339 000 €	1,50%	33 475 €
Consommables				
<i>Electricité</i>	MWh			51 082 €
<i>Analyses</i>	forfait	700	5	3 500 €
<i>Frais divers</i>				2 000 €
<i>Carburant</i>	l	1	12000	12 000 €
<i>Frais administratif</i>				5 000 €
Gestion des résidus				
<i>Mise en ISDND</i>	tonnes	200	396	79 245 €
<i>Mise en ISDI</i>	tonnes	15	966	14 493 €
Subvention				
	40%			
Amortissements				
<i>Process (2%/15 ans)</i>		565 500 €		44 010 €
<i>Génie civil et VRD (2%/20 ans)</i>		3 773 970 €		230 804 €
<i>Engin mobile (2%/7 ans)</i>		803 400 €		124 135 €
<b>TOTAL CHARGE D'EXPLOITATION</b>				<b>766 000 €</b>
<b>COÛT A LA TONNE ENTRANTE</b>				<b>15 €</b>
<b>COÛT AUX M3 ENTRANTE</b>				<b>7 €</b>

Ainsi, le coût d'exploitation annuel est estimé à 766 000 € avec comme hypothèse un taux de subvention estimé à 40%. Le coût à la tonne entrante estimé est donc de 15€/t et de 7€/m<sup>3</sup>. A noter que ce coût d'exploitation peut atteindre 899 000€ si le taux de subvention est de seulement 20%.

Le surcoût d'exploitation de la solution d'une unité de co-compostage avec tunnels confinés et captage et désodorisation de l'air vicié est estimés à 273 000 €.

### 3.5/ Prestation de service

La société Suez sur le site du Moule propose le compostage de sargasses pour un tarif de 50 €/t HT. La capacité de traitement reste faible en regard des enjeux.

<sup>3</sup> Suite à la réunion du 08/07/2019, l'ADEME a demandé d'étudier les solutions techniques avec une hypothèse différente concernant la densité des algues sargasses. Cette demande a été faite suite aux essais de caractérisation physique des amas de sargasses pélagiques réalisés par SAFEGE.

## 4/ Valorisation énergétique

### 4.1/ Pyrogazéification

#### 4.1.1/ Contexte

KARU ENERGY porte un projet de construction d'une usine de valorisation énergétique par gazéification de CSR (Combustible Solide de Récupération) provenant de DAE (Déchets d'Activités Economiques) et de biomasse de canne à sucre (canne énergie, bagasse, paille, etc.) sur la commune de Petit-Bourg située à l'est de l'île de la Basse Terre en Guadeloupe (971). Le dossier administratif de ce projet est en cours de constitution.

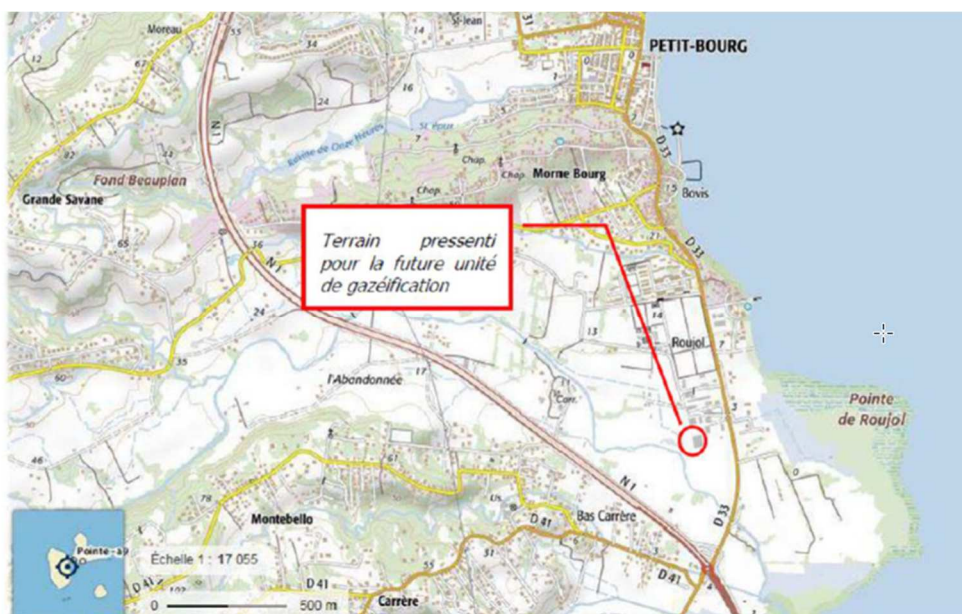


Figure 10 : Localisation du projet de Karu – Source : Géoportail

L'objectif de KARU ENERGY est que l'usine soit dimensionnée pour réceptionner 44 000 t de CSR.

Après échange avec KARU ENERGY il est envisageable d'utiliser les algues sargasses séchées comme « autre combustible » dans l'unité de pyrogazéification. En effet, en 2014 au début du projet, Kobelco (entreprise sidérurgique japonaise) avait validé les algues sargasses pour leur technologie de gazéification (lit fluidisé) et avait noté deux conditions pour l'acceptation de ces algues :

- Un taux de cendres de 16% qui implique un coût important à prendre en compte de mise en enfouissement post-traitement ;
- Un taux d'humidité qui doit être ramené en dessous de 20% (prétraitement des algues sargasses par séchage).

A noter que le projet de pyrogazéification en Guadeloupe n'a pas été conçu avec apport d'algues sargasse. Afin de ne pas perturber l'équilibre du process et ne pas modifier les garanties, la capacité d'acceptation de ces algues au sein de cette unité est donc limitée. Le choix de KARU par rapport à ce projet est de limiter à 10% la quantité de sargasses soit un tonnage de 4 400 t/an d'algues séchées.

Dans les deux cas, projet KARU ENERGY ou unité énergétique par gazéification dédiée aux algues sargasses, un prétraitement des algues par lavage et séchage est nécessaire.

De plus, Karu Energy fait remarquer que la clé de la préparation des algues est le séchage pour atteindre une humidité moindre que 20%. En revanche, le lavage ne semble pas indispensable. Ce point sera à confirmer sur la base d'une analyse physico-chimique complète des algues sargasses. Dans tous les cas, le traitement se fera sur les sortants du process de gazéification.

#### **4.1.2/**      **Fonctionnement du processus de gazéification**

Un système de stockage en silos fermés avec extraction par vis permet d'alimenter les équipements de gazéification et combustion du syngaz. La gazéification est un processus de transformation d'un solide (algues sargasses séchées) en gaz.

Cette gazéification est utilisée pour convertir la matière carbonée en un gaz appelé syngaz composé majoritairement de  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  et  $H_2$ . La quasi-totalité du combustible entrant est transformé en syngaz.

Le processus consiste en une pyrolyse du combustible à hautes températures suivie d'une oxydation partielle en présence d'air. Cette transformation réduit la masse du produit entrant et produit également un gaz qui est ensuite valorisé.

Les fumées dégagées pendant la gazéification sont traitées pour pouvoir rejeter l'air dans l'atmosphère. Les cendres produites au cours de ce processus sont également traitées (enfouissement).

Dans le cas du projet KARU, l'unité de gazéification est composée d'un gazéificateur à lit fluidisé bouillonnant étroitement couplé à une chambre de combustion de syngaz en phase gazeuse.

Lorsque le syngaz quitte le lit et monte dans la zone de combustion, de l'air de combustion est ajouté. L'insertion successive de flux d'air permet une combustion progressive. En effet, la quantité d'oxygène dans le flux de gaz augmente de manière contrôlée jusqu'au niveau final d'excès d'air requis afin de gérer le profil de température du gaz et de réduire la production d'oxydes d'azote ( $NO_x$ ).

La récupération de chaleur et sa conversion en énergie électrique est réalisée via la production de vapeur surchauffée et sa détente dans un groupe turbo-alternateur (GTA).

Le schéma explicatif du procédé est présenté ci-dessous :

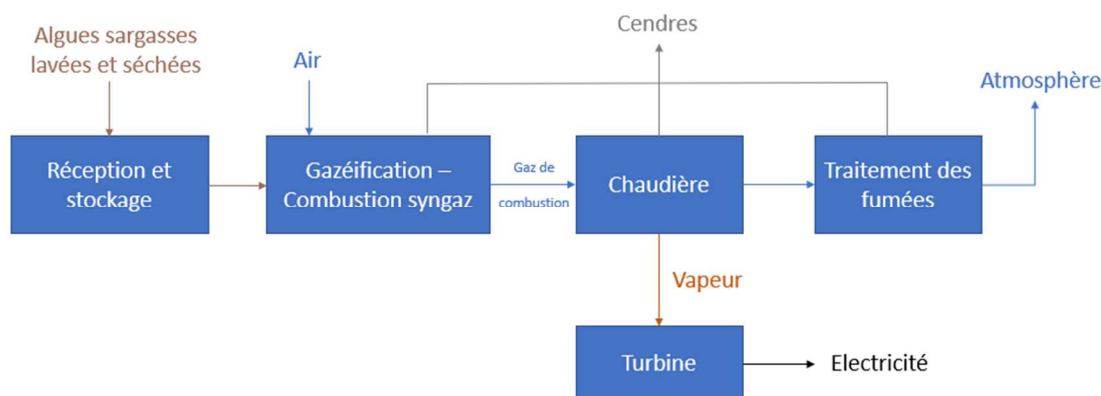


Figure 11 : Synoptique de la pyrogazéification – source : GIRUS

#### 4.1.3/ Bilan énergétique

L'objectif de ce bilan énergétique est de mesurer l'impact d'un apport de sargasses séchées sur le projet Karu en prenant pour hypothèses :

- Sargasses brutes : 80% d'humidité ;
- Sargasses séchées : 15% d'humidité ;
- PCI des sargasses : 9 700 kJ/kg.

L'hypothèse du PCI de l'algue sargasses provient de la publication de John J. Milledge et Patricia J. Harvey, (The Valorisation of Sargassum from Beach Inundations) le 13 Septembre 2016 dans le Journal of Marine Science and Engineering.

A noter que l'hypothèse du PCI des algues sargasses serait à vérifier car nous n'avons pas réussi à avoir un retour des industriels à ce sujet.

Ainsi, deux bilans énergétiques ont été réalisés et sont présentés dans le tableau ci-dessous :

1. Incorporation de 10% de sargasses séchés
2. Incorporation de 5% de sargasses séchés

Tableau 9 : Bilan énergétique de la pyrogazéification - source : GIRUS

	Projet Karu 90% CSR et 10% Sargasses séchées	Projet Karu 95% CSR et 5% Sargasses séchées
<b>Unité de séchage</b>		
Gisement en entrée		
Sargasses en t/an	18 700	9 350
% d'humidité	80%	80%
Gisement en sortie		
Sargasses séchées	4 400	2 200
% d'humidité	15%	15%
Bilan énergie séchage		
Énergie séchage en MWh	10 183	5 091
Puissance séchage en MW	-1,27	-0,64
Bilan énergie combustion sargasses séchées		

PCI kJ/kg sargasse séchées	9 700	9 700
Energie produite par combustion MWh	11 822	5 911
Puissance combustion sargasses séchées MW	1,46	0,73
<b>Unité de pyrogazéification</b>		
CSR en t/an	39 600	41 800
PCI en kJ/kg	13 000	13 000
Sargasses en t/an	4 400	2 200
PCI en kJ/kg	9 700	9 700
Puissance potentielle MW	17,79	18,68
<i>Perte d'énergie</i>	<i>-9,9%</i>	<i>4,7%</i>

L'installation pourrait recevoir 4 400 t de MS sur l'année (soit 18 700t/an d'algues fraîches) si elles sont stockées sur 6 mois sur le site de séchage ou 2 200 t soit près de 9000t/an sur une campagne de 6 mois.

D'un point de vue énergétique, en prenant pour hypothèse un PCI des sargasses séchées de 9 700 kJ/kg, nous pouvons constater que la puissance thermique nécessaire pour le séchage est à peine inférieure à la puissance thermique potentielle générée par la combustion des sargasses séchées. A noter qu'un PCI inférieur à 9 700 kJ/kg dégraderait encore plus le bilan global.

Au total, l'impact énergétique sur le projet KARU de l'incorporation des sargasses génère une baisse de 10% de la production d'énergie par rapport à la situation 100% CSR. Cette perte d'énergie est un peu moindre (5%) si le taux d'incorporation des algues sargasses est de 5%.

Concernant le bilan énergétique, l'énergie dépensée pour sécher 1 t de sargasse est estimée à 545 kWh afin d'atteindre un taux d'humidité de 15%. L'énergie récupérée lors de la combustion est de l'ordre de 510 kWh pour 1 t si on considère un coefficient de rendement de chaudière à 0,8. Ainsi, le bilan énergétique est nul puisque l'énergie récupérée lors de la combustion des algues équivaut à l'énergie utilisée pour le séchage.

#### 4.1.4/ Coûts

En conclusion, les impacts sur les coûts de l'incorporation d'algues sargasses dans l'unité en projet de KARU sont les suivants :

- Une baisse de recette électrique ;
- L'investissement pour la préparation du prétraitement des algues (lavage et séchage) ;
- L'investissement pour un stockage spécifique des sargasses séchées ;
- Une hausse des coûts d'enfouissement cendres et REFIOM. En effet, le taux de cendres est plus important pour les sargasses que les CSR.

Pour compenser le surcoût du traitement des effluents (cendres) en provenance des algues sargasses, Une redevance de traitement sera donc à appliquer

Pour des algues préalablement séchées, le coût de valorisation peut être estimé entre 20 et 50€/t. Il s'agit d'un coût estimé à partir des références de coût de reprise des CSR.



## 4.2/ Pyrolyse

### 4.2.1/ ACTIVE SMO

La société ACTIVE SMO a pour objectif d'installer en Guadeloupe à Anse-Bertrand un site de traitement des algues sargasses et autres types de biomasse en utilisant l'énergie solaire.

Structurée autour de la technologie SMO® brevetée et développée par NST, la valorisation consiste en la pyrolyse/Torréfaction et la gazéification totale ou partielle des sargasses de manière excédentaire en énergie pour les valoriser en charbon actif pour l'industrie, en bio char pour l'agriculture et en électricité.

Le charbon actif est utilisé dans plusieurs domaines :

- Traitement de l'air et des gaz ;
- Stockage de gaz ;
- Traitement de l'eau potable et des eaux usées ;
- En industrie alimentaire : purification, décoloration, etc...
- En médecine en cas d'empoisonnement ;
- Stockage de l'énergie etc...

Le site sera livré et fonctionnel d'ici fin 2019. Le coût d'investissement est de 4,6M€. Pour financer ce projet, une campagne de financement participatif est lancée par ACTIVE SMO.

### 4.2.2/ Projet GARAS

La SARA est porteuse d'un projet de pyrolyse de sargasse en Guadeloupe

Le Projet GARAS est porté par un consortium de 3 industriels majoritairement localisés en Martinique :

- La SARA, opérateur industriel en Martinique ;
- Le groupe CAÏALI, leader dans le domaine de la plasturgie ;
- La société HOLDEX, acteur dans la filière de valorisation des déchets organiques ;
- La société Algopack.

Des partenaires contractants pour les phases de collectes et transports sont partie prenante du projet (barrages, lieux d'échouages). A ce titre, la SARA est également en contact avec une entreprise disposant d'un système de collecte en mer en Guadeloupe.

La SARA souhaite développer son projet dans un premier temps en Martinique puis en Guadeloupe. Les échanges semblent cependant bien avancés en Guadeloupe puisqu'il semble déjà projeter une installation avec Holdex à Marie Galante (hors pyrolyse). Pour l'instant, ils ont peu de visibilité sur le planning de mise en œuvre de ces installations.

La SARA souhaite implanter des unités de préparation/séchage de manière « locale » et une installation de traitement intégrant le procédé de pyrolyse. Le dimensionnement a été envisagé pour 10 000 t de sargasses « brutes ».

L'objectif est de préparer une poudre d'algues sargasses grâce à un séchage thermique. Une phase industrielle est en cours pour le prétraitement de ces algues. Ensuite, deux voies ont été identifiées pour la valorisation de ces algues séchées :

- La pyrolyse pour la fabrication de bio char ;
- La fabrication de matériaux composite ou bioplastique.



Ces deux types de valorisation sont actuellement en cours de développement. La SARA a également précisé que le process se veut simple, facile à mettre en œuvre, exploité dans les Antilles et « déplaçable » en partie en fonction des besoins. Le process peut fonctionner sans sargasses, juste avec des déchets verts fournis par Holdex. L'exploitation est ensuite modulée en fonction des intrants.

A noter que le process est prévu pour traiter les sargasses captées en mer (dépourvues de sable). Ainsi, les algues sont d'abord lavées pour éliminer le sel, nocif pour les procédés de traitement. Un traitement des eaux de lavage est prévu. Le séchage sera réalisé en tunnels métalliques avec air chaud pulsé avec un temps de séjour dans les tunnels d'environ 1h (MS <10%). La poudre en sortie de séchage peut être conservée quelques mois sans dégradation (à l'abri de l'humidité).

La poudre d'algues est ensuite pyrolysée à basse température (400 degrés) afin de limiter la pollution présente dans les effluents gazeux et également pour limiter l'investissement pour le traitement des fumées.

Pour la mise en place de l'ensemble du process (préparation et traitement), la SARA compte 1ha avec la zone de réception et de circulation

Le schéma de principe est présenté ci-après :

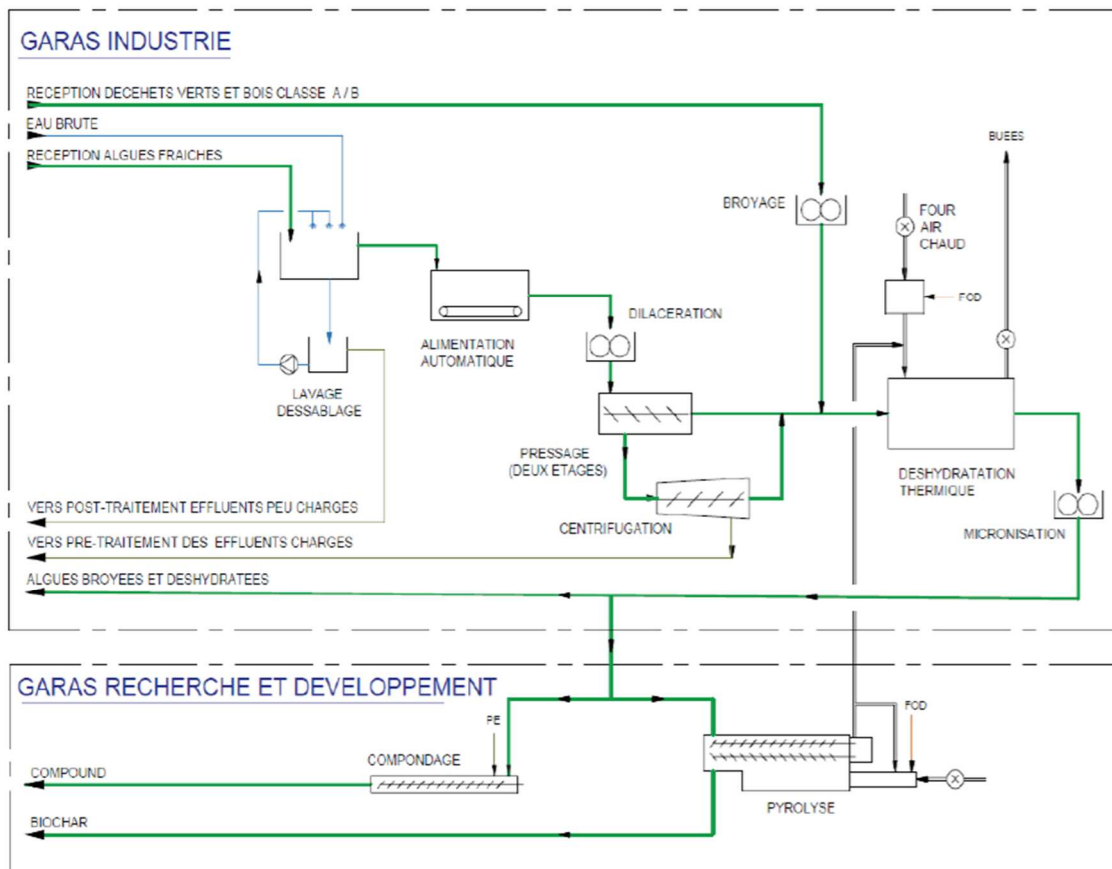


Figure 12 : Schéma de principe du projet GARAS - source : La SARA

## 4.3/ Méthanisation

### 4.3.1/ Retour d'expérience

La seule étude concernant la méthanisation de sargasse réalisée en 2018 par INRA Transfert Environnement sur commande de la société Green Affair financée par l'ADEME n'a pas été concluante.

En effet, les premiers résultats indiquent un potentiel méthanogène très faible (donnée qui ne nous a pas été communiquée) en raison des fortes concentrations en sels et en sulfate, qui inhibent les réactions de méthanisation. Nous avons essayé de contacter par mail la société Green Affair mais nous n'avons pas eu de retour de leur part.

D'après l'ADEME Guadeloupe, il n'y a à ce jour aucune étude de réalisée sur des recettes de co-méthanisation de sargasse avec d'autres produits.

De plus, l'étude IEA Bioenergy (2015) recense une seule installation de co-digestion (Solrod Kommune, Danemark, 2014) d'algues brunes avec du lisier de porc et des déchets d'industries agro-alimentaires. Les algues brunes ne présentent que 3,7 % en tonnage intrants et seulement 0,5% de la production du biogaz. La productivité en méthane des algues est estimée à seulement 4 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/ t de matière brute, jugée très faible.

La valorisation des algues sargasses par la méthanisation se limite donc à l'opportunité de co-méthanisation sur le territoire des Caraïbes.

### 4.3.2/ Pouvoir méthanogène

Le pouvoir méthanogène des algues sargasses est encore à confirmer. D'après les données de l'étude IEA Bioénergie, le pouvoir méthanogène des algues brunes et situé entre 95 et 342 Nm<sup>3</sup>/t MO.

Le tableau suivant indique une estimation du potentiel en méthane avec une hypothèse basse et haute.

Tableau 10 : Estimation du potentiel en méthane des algues sargasses - sources : IEA Bioénergie

Tonnage en MB	Hypothèse <u>basse</u> en m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> par an	Hypothèse <u>haute</u> en m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> par an
	95 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t MO	340 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t MO
<b>1t</b>	11 m <sup>3</sup>	39 m <sup>3</sup>
<b>2 000 t/an</b>	21 500 m <sup>3</sup>	77 000 m <sup>3</sup>
<b>30 000 t/an</b>	323 000 m <sup>3</sup>	1 155 000 m <sup>3</sup>

Des points de vigilance et des difficultés potentielles sont également à prendre en compte pour l'incorporation de ces algues dans un processus biologique de méthanisation :

- Les concentrations potentiellement élevées de sel, de sulfates ou de certains métaux lourds peuvent avoir un impact d'inhibition sur le procédé biologique ;

- La présence de chlordécone pourrait inhiber le processus biologique ;
- Il y a peu de retour sur le potentiel méthanogène des algues sargasse mais elles sont caractérisées par un taux de MO plutôt faible ;
- Le sable peut poser un problème d'abrasion pour les différents équipements comme les pompes ou les agitateurs et un risque de dépôt et perte de volume de digestion pour les procédés de voie liquide. Les procédés en discontinu sont moins sensibles aux apports de sable avec les intrants ;
- La très forte saisonnalité est difficilement compatible avec un procédé de méthanisation car cela nécessite des techniques de stabilisation et de capacités de stockage avec des co-produits de quantité importante.

### 4.3.3/ Fonctionnement d'une unité de co-digestion

Nous n'avons actuellement aucun retour du fonctionnement d'une installation de co-digestion d'algues sargasse avec d'autres substrats (agricoles, déchets d'industries agro-alimentaire).

Pour le dimensionnement et le fonctionnement d'une unité de co-digestion intégrant des algues sargasse, nous nous sommes appuyés sur le retour d'expérience d'unités de méthanisation de substrats agricoles et végétales.

Nous préconisons pour un projet de co-digestion de limiter dans un premier temps l'apport en algues sargasse à 10 à 20 % du tonnage intrant de l'installation.

Une installation d'une capacité de 20 000 t/an pourrait intégrer 1000 à 2 000 t/an d'algues de sargasse, sans stockage préalable, pendant une campagne de collecte. Elles pourraient aussi être méthanisées après séchage avec un temps de stockage pour lisser les apports sur une durée plus longue

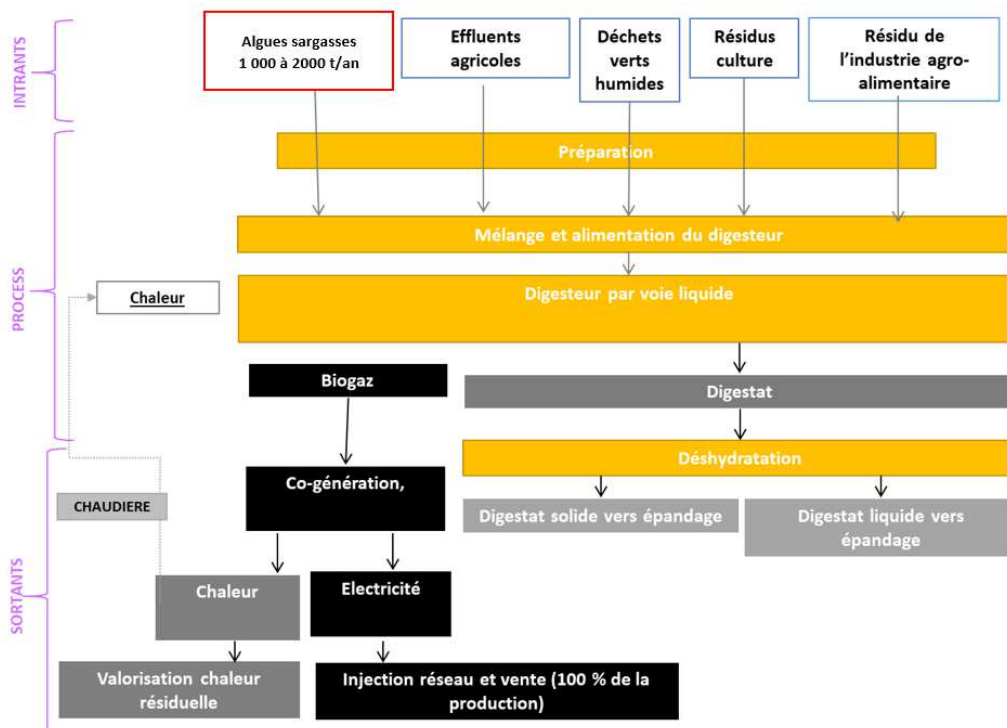


Figure 13 : Exemple d'un schéma de fonctionnement d'une unité de co-digestion avec valorisation du biogaz par co-génération

## **Choix du procédé**

Le procédé de méthanisation sera choisi en fonction des caractéristiques des principaux intrants de l'unité.

La sargasse, avec un taux moyen de 20% de MS, pourrait être intégrée dans un procédé de digestion solide ou liquide (infiniment mélangé), en continu ou en discontinu.

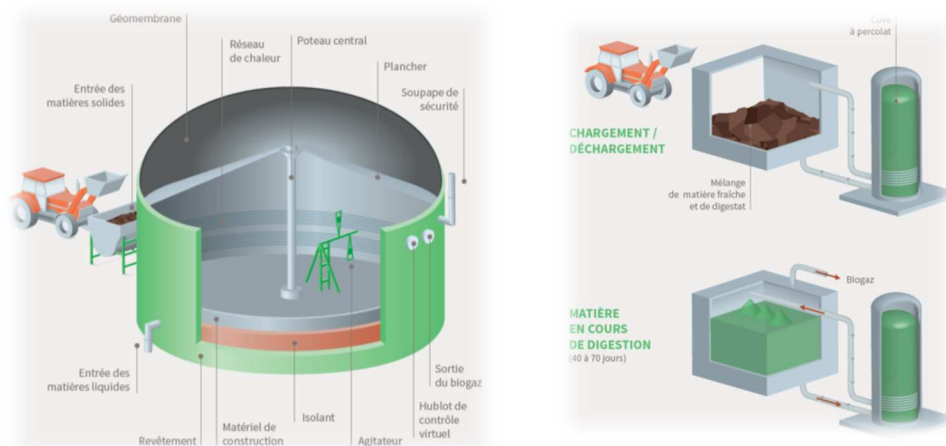


Figure 14 : Schéma d'unité en voie liquide et en voie sèche en discontinue, Source ADEME « réaliser une unité de méthanisation à la ferme » 2019

## **Réception et préparation**

Les algues de sargasse pourront être stockées en étant mélangées avec d'autres intrants carbonés (p.ex. des résidus de culture) pour être broyées ensuite avant l'alimentation du digesteur. La durée du stockage doit être limitée au maximum pour empêcher une dégradation en anaérobie non contrôlée des sargasses et le risque de production et d'émanation d'H<sub>2</sub>S.

### ▪ Gestion de la saisonnalité :

Le digesteur fonctionne 365 j/an et doit être alimenté plus au moins avec la même quantité journalière toute l'année pour ne pas perturber l'équilibre biologique et pour produire une quantité journalière égale de biogaz.

La production des sargasses est principalement limitée à 6 mois par an. Pour pallier cette saisonnalité, soit un autre co-produit alimente le digesteur pendant les autres 6 mois de l'année ou des méthodes de conservation sont mises en œuvre.

L'autre méthode de conservation et de stockage de sargasse consisterait à sécher ces algues. Les techniques de séchage sont présentées au paragraphe 3 de ce rapport.

### ▪ Ensilage d'algues de sargasse

Une autre technique de conservation est l'ensilage (étude IEA Bioenergy 2015) qui permettrait de conserver et de stocker une grande partie de la matière organique des algues.

Le principe de l'ensilage est de transformer le carbone hydrosoluble en acide lactique grâce à des bactéries en milieu anaérobie. Cet acide lactique permet d'inhiber la prolifération de microorganisme indésirables et donc la dégradation de la matière organique.

Peu d'essais ont été réalisés. Ces essais confirment la faisabilité technique cependant le faible taux de MS (<25%) résulte en une formation importante de lixiviats qui seront à récupérer et à méthaniser pour limiter les pertes en méthane au maximum.

### **Stockage**

Après une cinquantaine de jours en digestion, le digestat est pompé dans une cuve de stockage. Cette cuve est dimensionnée en fonction des contraintes de valorisation du digestat et le choix de son mode de post-traitement.

### **Modes de valorisation du digestat**

#### Principes

Le schéma suivant désigne les différentes possibilités de valorisation du digestat.

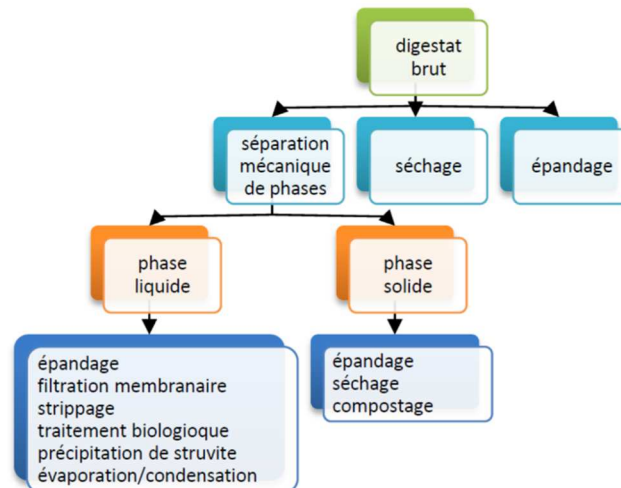


Figure 15 : Schéma des différentes possibilités de valorisation du digestat - source : GIRUS

- Epandage direct du digestat (avec ou sans séparation de phase) :
  - Statut déchet des digestats (exception « matières fertilisantes répondants à un cahier de charge »),
  - Elaboration d'un plan d'épandage pour retour au sol.
- Compostage du digestat (avec ou sans déshydratation) :
  - Mélange du digestat avec les déchets verts ou matières ;
  - Compost normé (compost NFU-44-051).
- Séchage du digestat
  - Epandage de la fraction solide.

### **Mode de valorisation du biogaz**

Différents modes de valorisation du biogaz sont envisageables en fonction du site et la production énergétique.

#### **4.3.4/ Coûts de traitement des algues sargasse**

Comme indiqué précédemment, la valorisation des algues sargasses par la méthanisation se limite à l'opportunité de co-méthanisation sur le territoire des Caraïbes. De cette façon, nous ne savons pas actuellement quel sera le type de procédé installé, ni le type de valorisation du digestat. Il est donc difficile d'estimer un coût précis de la gestion en amont et aval des flux.

Comme les sargasses produisent peu de biogaz et sont principalement une charge en complément pour l'installation, le prix marché des algues sargasses en entrée de méthanisation peut être estimé entre 30 à 50€/t d'algues de sargasse brutes pour une prise en charge à hauteur de 10 à 20% des intrants sur une installation de co-digestion.

Ce coût est donné à titre indicatif et pourra être affiné lorsque le type de procédé de méthanisation installé en Guadeloupe sera connu.

#### **4.4/ Prestation de service**

La société Suez sur le site Sita Espérance à Sainte Rose propose la méthanisation de sargasses en casier pour un tarif de 50 €/t HT. La capacité de traitement reste faible en regard des enjeux.

## **5/ Autres scénarios potentiels**

### **5.1/ Reconstruction de dunes**

L'Université de Galveston au Texas a mis en place un système de compactage des algues sargasses en ballots (création d'un prototype) afin de reconstituer des dunes dans le cadre du projet relatif à la planification et à la lutte contre l'érosion côtière. Elles se végétalisent naturellement et contribuent à limiter l'érosion du cordon dunaire.



*Figure 16 : Photo d'une dune après 9 semaines – source : Université de Galveston au Texas*





Figure 17 : Photo du prototype permettant la fabrication de ballots d'algues sargasses –  
source : Université de Galveston au Texas

Il pourrait être intéressant de tester ce type de prototype sur la Guadeloupe. La mise en balle d'algues sargasses fraîches ou séchées pourrait aussi être suivi d'un relargage en mer.

La question du statut de déchets ou pas se pose, en fonction des incidences sanitaires et environnementales potentielles. Cette solution devrait ainsi faire l'objet d'une concertation de la Direction de la Mer de la Guadeloupe, l'ARS, l'ADEME, la DEAL avec une probable expérimentation et suivi de l'écosystème.

Une expérimentation pourrait avoir lieu mais nécessiterait la réalisation d'études spécifiques, en particulier sur le milieu marin.

## 5.2/ Broyage des algues en mer

Le déchetage/broyage des algues sargasses en mer est également une solution technique développée par H2osmose. Une fois les algues broyées en mer ces dernières coulent directement au fond de l'eau.

Néanmoins, cette solution nécessite de réaliser des études complémentaires sur le devenir et l'incidence des algues broyées au fond des colonnes d'eau de l'océan afin de répondre aux questions sur les nuisances potentielles, et sur les incidences de l'équilibre écologique.

## 5.3/ Mélange avec des boues de STEP

La Région Guadeloupe a souhaité aussi d'envisager la possibilité d'intégrer les algues sargasses avec les boues de STEP.

Dans un premier temps, d'après le schéma départemental de gestion et de valorisation des sous-produits d'épuration, nous avons recensé les modes de valorisation des boues sur le territoire de la Guadeloupe. Les filières de traitement ci-dessous ont été identifiées :

- **Valorisation agricole des boues :** Seule la plateforme du Moule accepte des boues pour les composter avec des déchets verts (co-compostage). Le tonnage de boues entrant en compostage est de 4.500 tonnes par an en moyenne. Ce tonnage correspond à la moitié de l'estimation des boues produites actuellement en Guadeloupe.

- **Épandage de boues non compostées** : Il n'y a actuellement aucun plan d'épandage en cours sur la Guadeloupe qui permettrait d'épandre des boues, et ce quelle que soit leur siccité. Toutefois, il semble que l'épandage soit parfois pratiqué en dehors du contexte réglementaire.
- **Centre de stockage** : SITA Espérance ne reçoit actuellement que des boues de stations d'épuration industrielles.

Le schéma départemental, préconise une valorisation multi-filière des boues de STEP avec :

- **Une valorisation agronomique** :
  - Utilisation dans un premier temps de la plateforme du Moule ;
  - Prévoir une deuxième plateforme (Trois Rivières) ;
- **Une valorisation énergétique** : Utilisation de la possibilité d'incinération dès la mise en route de la Gabarre

Actuellement le mélange des algues sargasses avec les boues de STEP n'a pas été étudié.

## 5.4/ Bioplastique

La société Algopack développe un procédé de préparation de bioplastique à partir d'algues.

En Martinique, une phase de test va être mise en place via un consortium Biomarine/Olmix/Algopack. Une collecte des algues par barges près des filets de récupération va être mis en place. Les algues seront ensuite séchées via un sécheur solaire après être lavées. Ces algues seront ensuite acheminées vers le laboratoire de St Malo pour être transformées en bioplastique.

Au niveau de la Guadeloupe, Algopack est en attente de la réponse de l'appel d'offre pour mettre en place les mêmes tests que ceux actuellement réalisés en Martinique.

## 5.5/ Extraction moléculaire

Au cours du benchmark, nous avons discuté avec des professionnels de la filière algues en Bretagne. Il est apparu au cours de ces discussions que les algues sargasses pourraient contenir des molécules à fortes valeurs ajoutées recherchées notamment par les laboratoires pharmaceutiques et cosmétiques.

La présence de ces molécules à fortes valeurs ajoutées pourrait justifier l'émergence d'une industrie d'extraction moléculaire des sargasses dans les Caraïbes.

Plusieurs études ont été menées mais aucune n'a abouti au développement d'une filière. La réalisation de cette étude est un préalable à l'éventuel début de développement de cette filière.

Pour cela, la société JYMSEA propose réaliser un test d'extraction moléculaire qui aurait pour objectif de :

- Proposer des résultats concrets avec des outils existants à échelle industrielle
- Vérifier la présence de molécules à fortes valeurs ajoutées dans les sargasses
- Fournir une première définition du process d'extraction adapté aux sargasses (définition, rendement...)
- Fournir un premier bilan matière de l'extraction : quantité de molécules à fortes valeurs ajoutées, quantité d'eau à consommer, quantité des rejets
- Fournir une première approche des caractéristiques des refus de l'extraction moléculaire qui seront à traiter (teneur en métaux lourds, chlrodécone...).



A partir de ces éléments issus du test, une première approche de la viabilité économique du projet pourra être réalisée.

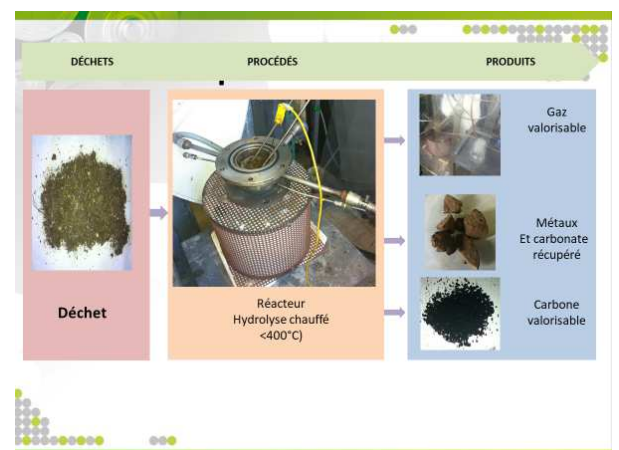
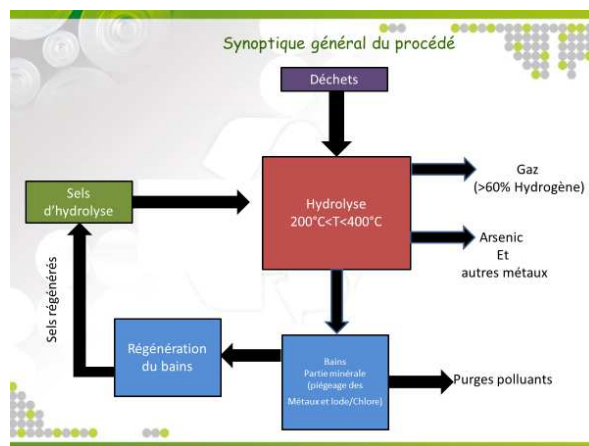
Le coût de ce test est évalué à 21,6 k€ par la société JYMSEA. Le détail de la proposition se trouve en annexe 1 de ce rapport.

A noter que la prestation ne prend pas en compte la collecte des algues, le séchage et le transport jusqu'en métropole. En revanche, la société JYMSEA conseillera la Région Guadeloupe sur les modes opératoires pour cette phase importante.

## 5.6/ Dépollution par hydrolyse et valorisation énergétique

Technique encore à l'échelle laboratoire développée à d'autres fins mais qui pourrait être applicable aux sargasses polluées.

Présentation en annexe.



## Chapitre 5 Conclusion

Les solutions techniques détaillées précédemment montrent que plusieurs voies de traitement/valorisation sont possibles, et que les choix de ces filières dépendront du contexte local, qu'il n'y aura pas une filière unique de valorisation des algues sargasses.

Plusieurs solutions sont envisageables et dépendent du contexte géographique :

- L'épandage est réalisé là où des surfaces d'épandage sont disponibles ;
- Le séchage solaire pourra être installé à proximité des plages ;
- Le séchage thermique devra être situé à proximité d'une source de chaleur fatale ;
- Le co-compostage pourra être implanté près d'une zone où la qualité des algues sargasses permettent d'avoir un compost normé.

Ainsi, à la place des solutions techniques et d'un site unique, nous pouvons vous proposer un scénario :

- Un sécheur solaire à Marie Galante ;
- Un co-compostage sur Grande Terre avec un sécheur qui pourrait être situé au même endroit ;
- Un sécheur sur Basse Terre (fabrication de balles ou autres procédés de valorisation).

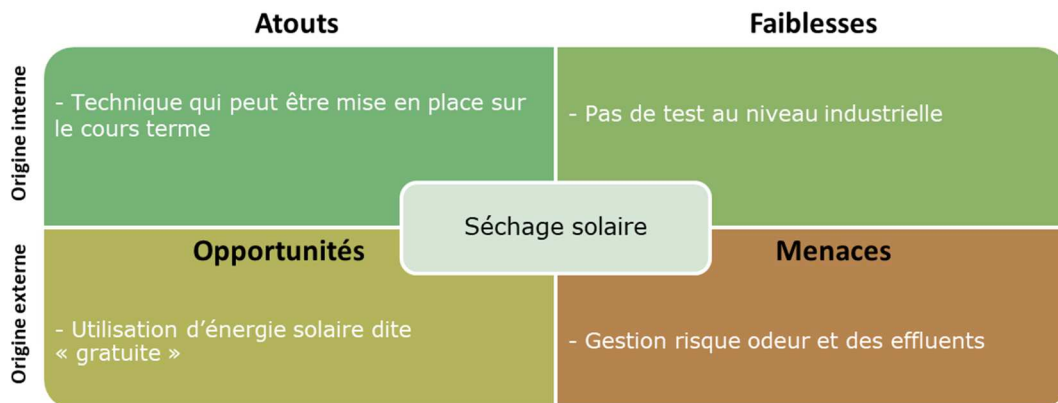
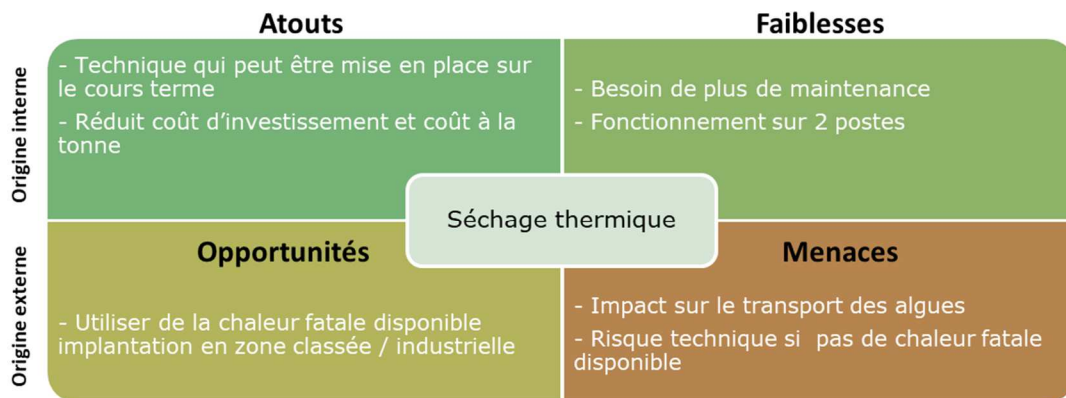
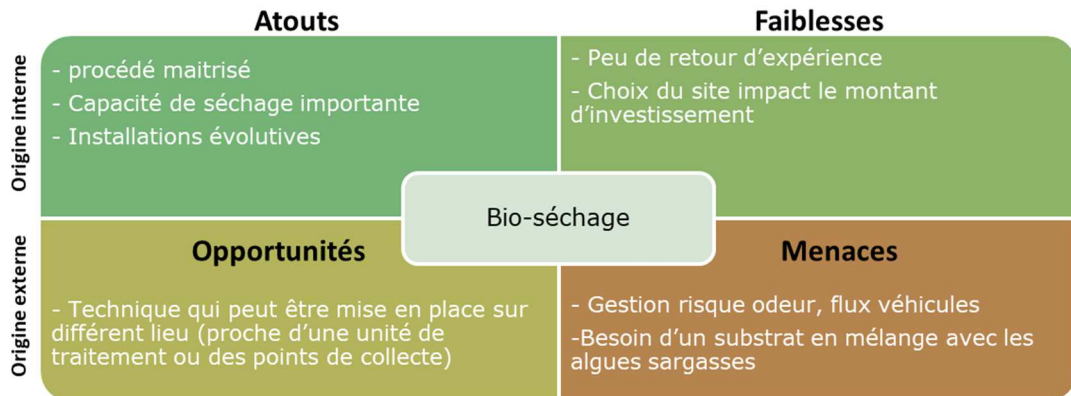
En complément, l'ensemble des solutions techniques présentées sont analysées sous la forme d'une matrice AFOM (SWOT). Cet outil vise à préciser les objectifs des solutions techniques et à identifier les facteurs internes et externes favorables et défavorables à la réalisation de ces objectifs.

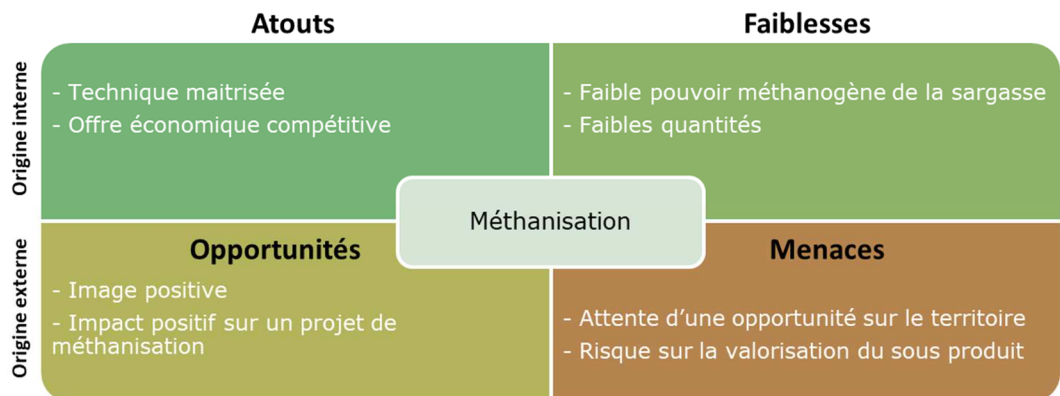
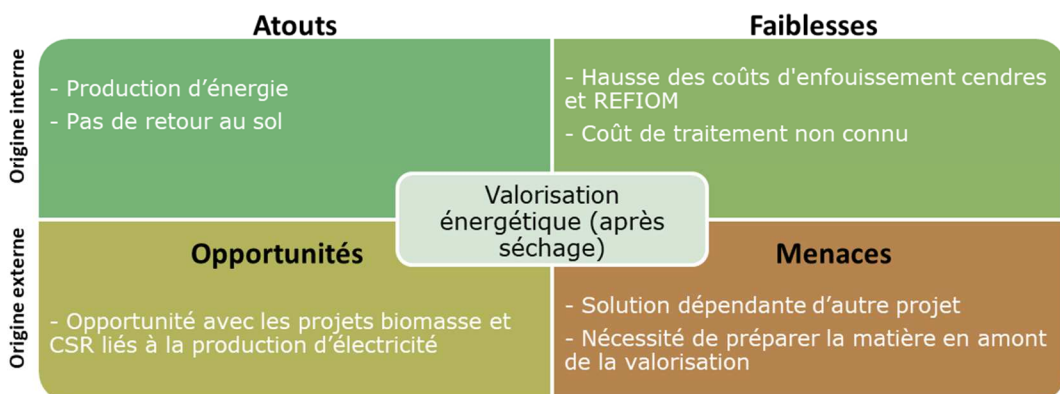
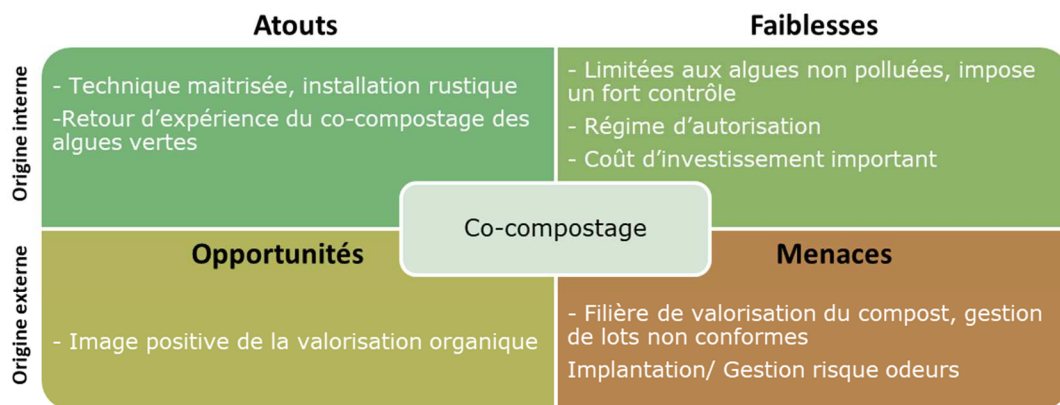
Les forces et les faiblesses sont d'ordre interne, tandis que les opportunités et les menaces se concentrent sur l'environnement extérieur. Le SWOT est détaillé ci-dessous :

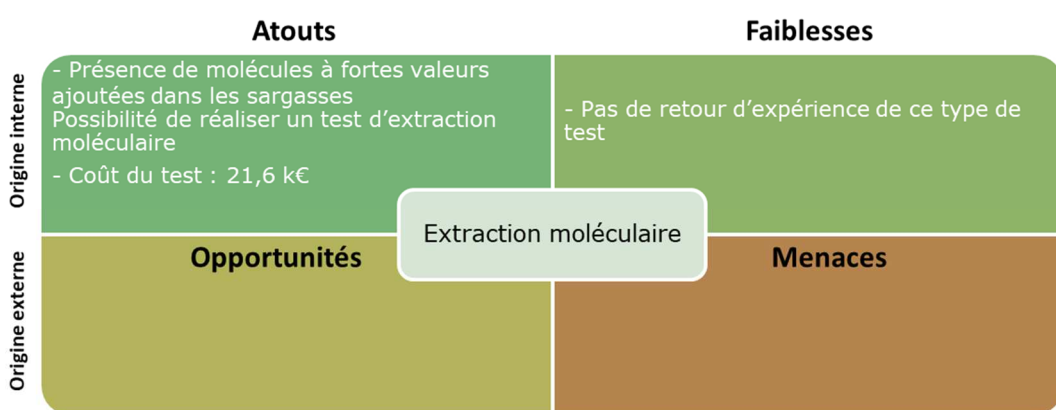
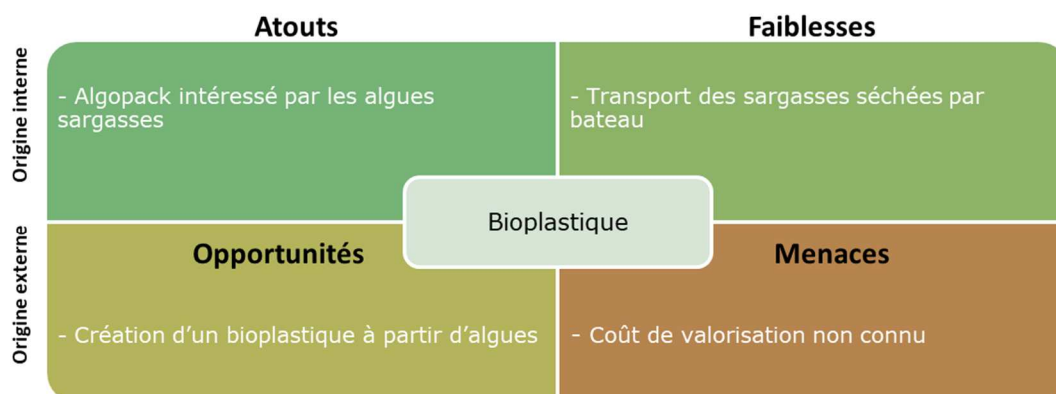
- Strengths (Force) : Caractéristiques de la solution technique qui lui donnent un avantage sur les autres.
- Weaknesses (Faiblesses) : Caractéristiques qui désavantagent la solution technique par rapport aux autres.
- Opportunities (Opportunités) : Eléments de l'environnement que la solution technique pourrait exploiter à son avantage.
- Threats (Menaces) : Eléments de l'environnement qui pourraient causer des problèmes à la solution technique.

	Positif (pour atteindre l'objectif)	Négatif (pour atteindre l'objectif)
Origine interne (organisationnelle)	Forces S Strengths	Faiblesses W Weaknesses
Origine externe (origine = environnement)	Opportunités O Opportunities	Menaces T Threats

Les SWOT sont présentés ci-après.







## Chapitre 6 Références

- 2030, M. d. (2018). *Holdex Environnement, une solution de valorisation des sargasses 100% martiniquaise !* Récupéré sur Martinique développement durable 2030: <https://www.martinique2030.com/non-classe/holdex-environnement-une-solution-de-valorisation-des-sargasses-100-martiniquaise>
- ADEME. (2015). *Projet de méthanisation des sargasses en guadeloupe.*
- ADEME. (2018). *Note sur l'action de l'ADEME sur les algues sargasses.*
- ADEME. (2018). *Suivi-évaluation des opérations de collecte de sargasses .*
- ADEME. (s.d.). *Les algues sargasses en clair.*
- ALGOPACK, N. e. (s.d.). *ETUDE DE FAISABILITE DE LA MISE EN PLACE D'UNE FILIERE DE VALORISATION BIOPLASTIQUE DES SARGASSES.*
- AMADEITE. (2018). *Etude du potentiel de valorisation des algues sargasses et des applications en nutrition et santé animale.*
- ANSES. (2017). *Exposition aux émanations d'algues sargasses en décomposition aux antilles et en guyane.*
- APECaraibes. (2018). *Les Biostimulants : Qu'en savons-nous ?*
- BOREA, S. -A.-C.-N.-L. (2016). *Etude de l'algue invasive Sargassum muticum en vue d'une exploitation et d'une valorisation en Normandie.*
- BRGM. (2019, juillet). Sites de stockage géo-référencer par le BRGM en Guadeloupe . Guadeloupe.
- BRGM/RP. (1999-2004). *Synthèse des travaux de R&D en France (1999-2004) sur la thématique Arsenic.*
- CAMPUS, U. G. (2015). *Innovative Technology Seaweed Prototype Dunes Demonstration Project.*
- CAST. (2015). *Sargasse - Guide pratique pour la caraibe.*
- Essentiel, A. S. (21 novembre 2015). *PROBLEMATIQUE DES SARGASSES DANS LA CARAIBEORIGINE-DETECTION-COLLECTE-VALORISATION.*
- Factories, M. C. (2015). *Fermentative hydrogen production using pretreated microalgal biomass as feedstock.*
- Fouesnantais, C. P. (2019). *Usine de compostage des algues vertes.* Fouesnant.
- Fouesnantais, C. P. (s.d.). *Usine de traitement des algues vertes.* Récupéré sur CC Pays Fouesnantais: <https://www.cc-paysfouesnantais.fr/environnement/eau-et-assainissement/usine-de-traitement-des-algues-vertes>
- Green, B. (2018, 10 29). *Quand des algues invasives se transforment en matériau écologique.* Récupéré sur Build Green: <https://www.build-green.fr/quand-des-algues-invasives-se-transforment-en-materiau-ecologique/>
- Guadeloupe, O. d. (2015). *Schéma départemental de gestion et de valorisation des sous-produits d'épuration.*

- guyane, C. d. (2018). Etat de l'art et perspectives de la valorisation de la sargasse.
- H2osmose. (2015, juillet 3). *Ramassage des algues sargasses*. Récupéré sur <http://www.h2osmose.com/sargasses/local/>
- IT. (2018). *Sargasse et agriculture - épandage déconseillée en épandage direct*.
- IT. (s.d.). *VALORISATION AGRONOMIQUE DES ALGUES SARGASSES*.
- IT<sup>2</sup>. (2018). *Valorisation agronomiques des algues sargasses*.
- l'Etat, L. s. (2018). *Dossier de presse sargasses*.
- martinique, D. d.-m. (2017). *EXTENSION ET ACCROISSEMENT DE L'ACTIVITE DE LA PLATE-FORME DE COMPOSTAGE DE DECHETS VERTS, BIODECHETS ET ALGUES SARGASSES DE HOLDEX ENVIRONNEMENT SUR LA COMMUNE DU FRANCOIS*.
- martinique, L. s. (2018, 03 14). *Retour des algues sargasse et nouvelle expérimentation*. Récupéré sur Les services de l'Etat en martinique: <http://www.martinique.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-sante-publique/Sargasses/Les-experimentations/Retour-des-algues-sargasse-et-nouvelle-experimentation>
- mer, M. d. (2016). *Le phénomène d'échouage des sargasses dans les antilles et en guyane*.
- MINISTÈRE. (2016). *Echouage des sargasse*.
- OLMIX. (s.d.). *Solution alternatives grâce aux algues*. Récupéré sur OLMIX: <https://www.olmix.com/fr>
- Organics, A. (s.d.). *Our Compagny*. Récupéré sur Algas Organics: <https://www.algasorganics.com/our-company>
- POWER, A. C. (Réalisateur). (2018). *ALGAE CLEAN POWER* [Film].
- RCI. (2018, 06 28). *Trois entreprises sont autorisées à produire du compost avec des sargasses*. Récupéré sur RCI: <https://www.rci.fm/infos/risques-naturels/trois-entreprises-sont-autorisees-produire-du-compost-avec-des-sargasses>
- SAFEGE. (2016). *Essais de caractérisation physique des amas de sargasses pélagiques*. FRANCE.
- SUEZ. (s.d.). *Le séchage à une siccité intermédiaire*. Récupéré sur Suez Water Handbook: <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/traitement-des-boues-deshydratees/le-sechage/le-sechage-a-une-siccite-intermediaire>
- Théophile), M. d. (2018). *La lutte contre les algues sargasses dans la grande Caraïbe : stratégies de prévention et de coopération*.
- trégor, C. L. (2018). *Convention d'épandage d'algues vertes fraîches ramassées*.
- Tropical, I. T. (2018). *Séminaire Sargasse - Evènement de la XIV conférence de coopération régionale Antilles-Guyane*.
- VENDEE, P. D. (2016). *Plan ORSEC - Département de la Vendée - Disposition spécifiques pour les pollutions du littoral par les algues vertes*.
- WIKIAUREA. (2010, 08). *NF U 44-551*. Récupéré sur WIKIAUREA: [https://wiki.aurea.eu/index.php/NF\\_U\\_44-551](https://wiki.aurea.eu/index.php/NF_U_44-551)

WIKIAUREA. (2012, 01). *NF U 44-051*. Récupéré sur WIKIAUREA:  
[https://wiki.aurea.eu/index.php/NF\\_U\\_44-051](https://wiki.aurea.eu/index.php/NF_U_44-051)





## Chapitre 7 Annexes

### **1.1/ Annexe 1 : Proposition d'évaluation de molécules extraites de sargasses**



**JYMSEA**  
39, rue de Glasgow  
29242 – BREST (Fr)  
T: 06 07 49 32 16  
M: jymoigne@orange.fr

**CONFIDENTIEL**

Brest, le 10 juin 2019

**PROPOSITION D'EVALUATION  
de MOLECULES EXTRAITES de SARGASSES**

Besoins : idéalement 250 kg de sargasses sèches récoltées en mer ou dans l'échouage du jour.

Contrôles avant départ :

- . Extrait sec > 85%.
- . Flore mésophile totale < 1000 ufc.
- . Levures, moisissures < 100 u

Opérations :

- 1) Test n°1 : extraction/purification de fucoidanes et tests de dépolymérisation
- 2) Test n°2 : extraction/purification d'alginate
- 3) Test n°3 : extraction/purification de polyphénols

Pour chaque test :

- mesure des rendements
- caractérisation chimique
- mesure des activités
- étude comparative avec les produits actuellement sur le marché.
- positionnement économique des extraits de sargasses.
- Mesure de l'intérêt à développer les axes testés.

Délai de réalisation après réception et validation de la matière première : 3 mois

Conditions financières :

- coût global de l'opération : 21 600 € HT
- acompte de 50% à la signature du contrat, soit 10 800 € HT
- solde de 50 % à la remise du rapport final, soit 10 800 € HT

Les coûts supplémentaires éventuels (transport matière première ; déplacements sur site) seront à la charge du donneur d'ordre.

Fait à Brest, le 10 juin 2019

Jean-Yves MOIGNE

**1.2/ Annexe 2 : Proposition de prix budgétaire pour le sécheur à bande proposé par la société EPO**





**INSTALLATION de SECHAGE des algues de Sargasse  
EQUIPEMENT TYPE A 204 CD N° 2 machines**

**PROJET SARGASSES**

**PROPOSITION DE PRIX BUDGETAIRE**

À l'attention de Madame Maïna LE ROCH

## DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT :

### 1/1 LE PRINCIPE DE SECHAGE

Le dispositif de séchage est fondé sur les principes suivants :

- Un séchage sous un tunnel fixé sur un sol plan (dalle béton)
- Un support de séchage fixe plan ( tôle perforée )
- Un dispositif d'avance du produit associé à une ( o deux ) agitation pour une optimisation de la surface d'échange air chaud / produit
- Un séchage basse température avec une capacité d'utilisation des chaleurs industrielles potentiellement valorisables ( fumées de chaudières , eaux chaudes industrielles , vapeur , bio-gaz , biomasse , etc ...)
- Un dépoussiérage de l'air de séchage intégré à l'équipement .

### 1/2 LES INTERETS DU CONCEPT

- **Garanties :**
  - De la qualité et de l'homogénéité du séchage final du produit
  - Des débits de séchage en fonction des paramètres techniques prédéterminés .
- **Fonctionnement entièrement automatisé, asservi & sécurisé :** les cycles de séchages sont programmables par l'utilisateur ou par modem par SCOLARI .
- **Très grande flexibilité et polyvalence d'utilisation :**
  - Utilisation en mode continu ou intermittent ( obtention du régime nominal de séchage dans quelques minutes)
  - Régulation automatique des débits en fonction des paramètres de séchage , adaptabilité multi paramètres & polyvalence multi produits
- **Performance des rendements thermiques :**
  - Valorisation des chaleurs industrielles du site d'implantation : conception personnalisée de l'équipement en fonction des facteurs thermiques et des problématiques d'assèchement du produit
  - Association de deux actions mécaniques en phase de séchage : avance du produit & agitation du produit
- **Sécurité active de l'équipement :**
  - Auto-nettoieement du fond par activation cyclique automatique d'un transracleur d'élimination des dépôts de fines
  - La très faible vitesse d'air au contact du produit proscrit les émanations de poussières dans le sécheur et donc le chargement de l'air de séchage .
  - Contrôle actif de la température asservi à un dispositif de prévention incendie (arrêt adduction d'air, si persistance , aspersion eau )
  - Contrôle visuel permanent sans ouverture du tunnel
  - Dépoussiérage de l'air de séchage avant rejet à l'atmosphère.

## PROJET GIRUS / ELCIMAI

DEVIS N°983 du 25.06.2019

### LA GESTION DU FLUX PRODUIT

L'alimentation du produit est réalisée, soit au fil de l'eau d'une installation en amont, soit par chargeur auto moteur, avec un alimentateur à tapis.

La régulation est opérée par un transporteur incliné (avec variateur de vitesse), dont la largeur est identique à celle du plan de séchage, ce transporteur est équipé en tête d'un régulateur de couche.

L'avance du produit sur sole de séchage est réalisée par un agitateur rotatif mécanique mis en translation (allers et retours) permanents; l'ensemble des mouvements est géré par l'automate.

Un contrôle automatique d'humidité (mesures cycliques) par sondes de mesure (d'humidité) dans le sécheur (niveaux intermédiaire et final) asservit la vitesse d'alimentation du produit.

Un transracleur sur le plan inférieur (au sol) collecte les dépôts de fines, son avance est cyclique; ce dispositif assure un auto nettoyage de l'équipement.

Le produit séché est déchargé sur un transporteur transversal pour alimentation du transporteur d'évacuation.

### 1/4 LA GESTION DU FLUX AIR DE SECHAGE

La circulation de l'air est réalisée au moyen de deux ventilateurs :

- Un ventilateur positionné à l'entrée du tunnel de séchage pour l'adduction d'air chaud
- Un ventilateur positionné en sortie supérieure du tunnel de séchage (après une chambre de détente pour limiter la vitesse d'air)

L'air de séchage « chaud » est introduit en dessous du plan perforé, il traverse donc le produit humide et opère la déshydratation, cet air est récupéré dans le caisson supérieur et évacué vers les organes de dépoussiérage.

Le réchauffement de l'air peut être opéré par générateur thermique (énergie fossile, biomasse ou biogaz) avec ou sans échangeur, ou par valorisation de chaleurs industrielles.

La distribution de l'air chaud dans la chambre inférieure doit être équipée d'un dispositif de régulation et égalisation des flux d'air; ce dispositif dénommé « calor contrôl » est installé prioritairement sur les sécheurs de largeur supérieure à 2 mètres.

L'air saturé d'humidité est extrait par le ventilateur supérieur, il est envoyé sur un système de dépoussiérage par cyclone à haut rendement (l'air extrait des cyclones a une teneur en fines inférieure ou égale aux prescriptions de normes européennes, le séchage de certains produits peut nécessiter un traitement, notamment une désodorisation par bio-filtre).

## DONNEES TECHNIQUES DU PROJET POUR UNE MACHINE

Les prescriptions de base du projet sont rappelées ci-après :

### SECHAGE

- Humidité entrante des algues : 80%
- Humidité résiduelle après séchage : 20%

### DEBITS

- 15 000 tonnes/6mois soit : 9 t/h pour le séchage de 30 000 t de sargasses sur 2 postes
- 30 000 tonnes/6mois soit : 18 t/h pour le séchage de 30 000 t de sargasses sur 2 postes

**Le débit de 30 000 tonnes 6 mois sera réalisé par 2 machines en parallèle définies ci-après.  
Les algues auront été préalablement broyées avec une granulométrie maximale de 150 mm.**

La présente proposition technique est déterminée sur la base des données énoncées dans le tableau ci-après .

Il est donc important de définir avec la plus grande précision ces données , toutes variations pouvant induire une modification sensible , positive ou négative, des rendements de production de l'équipement .

PRODUIT A TRAITER	Algues	
ASPECT PHYSIQUE	Fondue- longueur max. 150 mm.	
HUMIDITE INITIALE	%	80
HUMIDITE FINALE MOYENNE	%	20
PRODUCTION HUMIDE	t/h	2.600
PRODUCTION SECHE	t/h	650
POIDS SPECIFIQUE	t/m3	0,280
TEMPERATURE AIR SECHAGE	°C	95
PUISS. THERMIQUE UTILISEE	KW	2.270
EVAPORATION HORAIRE MAXI	Kg/H <sup>2</sup> O	1.950
TEMPERATURE AMBIANTE	10°C.	
HUMIDITE RELATIVE AIR	65%	

Lors de la phase de mise en fonction, compte tenu des incertitudes sur la caractérisation exacte du produit , s'il était constaté des variations substantielles des données du projet initial, il serait possible de modifier partiellement l'installation ; Scolari srl. Effectuerait ces modifications contre remboursement des frais correspondants.

**CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU PROJET POUR UNE MACHINE**

<b>PUISSANCES ELECTRIQUES</b>	
<b>APAREILS</b>	<b>kW</b>
ALIMENTATEUR:	
TAPIS INCLINE	1.10
ENROULEUR MOBILE	2.20 + 2.20
ENROULEUR FIXE	2.20
AGITATEUR 1 TRANSLATION	2.20
AGITATEUR 1 ROTATION	3.00
PLAN MOBILE SUPERIEUR	3.00
APPAREIL DE DECHARGE	1.10
TAPIS RACLEUR SECHEUR	1.50
CALOR-CONTROL	0.20
VENTILATEUR DE REFOULEMENT	37.00
VENTILATEUR ASPIRATION	55.00
<b>TOTAL PUISSANCE INSTALLE</b>	<b>110.70</b>

PUISSANCE THERMIQUE A' L'ECHANGEUR	kW		
TEMPERATURE DE L'EAU	°C	Temp. Entrée	Temp. Sortie
		100	

	<b>LONGUEUR</b>	<b>LARGEUR</b>
<b>PLAN DE SECHAGE</b>	<b>20.000 mm.</b>	<b>4.000 mm.</b>
<b>TAPIS ALIMENTATEUR</b>	<b>6.000 mm.</b>	<b>4.000 mm.</b>
<b>VIS de DECHARGE</b>	<b>3.500mm.</b>	<b>Diam. 250 mm.</b>
<b>AGITATEUR DEPLACEMENT PRODUIT – Quantité n° 1</b>		



## DESCRIPTION TECHNIQUES DE EQUIPEMENTS

### ALIMENTATEUR A TAPIS

Alimentateur automatique apte à recevoir le produit humide en vrac de façon uniforme sur la largeur composé de :

- Tapis incliné pour chargement du produit à l'intérieur de l'installation composé d'un châssis auto portant en tôle imprimée, plan de fond en tôle d'acier, chaînes pour traînage des cornières transversales de remontée du produit, arbres de tête avec pignons pour traînage des chaînes commandés par un moto-réducteur et joints avec vis de sécurité.
- Bordures latérales pour contenir le produit composé d'un châssis en cornière et tamponnement en tôle d'acier, couverture alimentateur faite avec panneaux en tôle imprimée.
- Enrouleur d'introduction du produit placé dans la partie supérieure du tapis composé d'un arbre transversal denté, relié à un joint à tarage variable commandé par un moto-réducteur et coffre de couverture supérieure.

### BANC DE SECHAGE

- La structure de support du banc de séchage est composée de :
  - profils en tôle d'acier pliée, robuste, épaisseur 30/10
  - poutres transversales en profils du commerce.
- Le plan de séchage est en acier profilé , la tôle supérieure est perforée , les perforations sont définies en fonction de la granulométrie du produit .

### AGITATEUR / AVANCE PRODUIT

La conception de l'agitateur mécanique ( breveté SCOLARI srl ) est étudiée pour permettre l'agitation( retournement ) et l'avancement du produit

( translation cycliques – allers & retours - sur rails de glissement latéraux )

Les organes d'agitation du produit sont en acier peint, ils sont composés de :

- des bras d'agitation fixés par colliers sur l'arbre
- des pelles ou fourches boulonnées sur les embouts des bras

Les guides de translation sont conçus en acier noir E 24 avec des équerres de soutien solidaires du banc de séchage.

La translation est effectuée sur crémaillères latérales.

L'arbre est motorisé à 2 niveaux :

- moto réducteur de de translation
- moto réducteur de rotation

Ces 2 organes moteur sont asservis par des variateurs de vitesse d'avancement et de rotation gérés par l'automate.

L'alimentation électrique de ces organes est réalisée par câble plat sur chariots coulissants .

## PROJET GIRUS / ELCIMAI

DEVIS N°983 du 25.06.2019

### HOTTE DE COLLECTE ET D'ACHEMINEMENT DE L'AIR SATURE

Hotte d'acheminement de l'air saturé d'humidité est composée d'un assemblage de panneaux en tôle de 3 mm, comprenant des hublots latéraux d'inspection avec vitres coulissantes, La connexion au ventilateur est réalisée à partir d'un caisson de détente ( limitation de la vitesse d'air à l'aspiration ) sur le toit de la hotte d'acheminement .

La fermeture de la zone de passage de l'arbre de l'agitateur entre le banc et la hotte sera effectuée par un système de bavettes caoutchouc inférieure et supérieure fixées respectivement sur la hotte et le banc de séchage.

### PLAN MOBILE SUPERIEUR

Tapis installé dans la hotte d'acheminement formé de profils perforés articulés, particulièrement façonnés, entraînés par des chaînes avec des guides incorporées sur les flancs de l'équipement pour recevoir le produit humide provenant par l'alimentateur, en utilisant l'air chaude provenant du plan inferieur.

### APPAREIL DE DECHARGEMENT

L'appareil de déchargement du sécheur reprend les produits secs provenant du banc de séchage , et les produits ( de balayage du fond ) provenant du transracleur .  
L'appareil de déchargement est un transporteur a vis transversal : vis en auge avec capotage inox étanche , commande par moto réducteur

### TRANS RACLEUR

Nettoyage du fond du sécheur avec un fonctionnement intermittent, il est positionné en dessous du plan de séchage, raclant le sol en ciment.  
Trans racleur composé de barres transversales traîné par des chaînes et de renvoi, motorisation en tête par moto réducteur pour l'acheminement des fines vers une vis positionnée transversalement en de sécheur.

### EQUIPEMENT CALOR-CONTROL

Exécution spéciale de la chambre subdivisée en deux parties par des panneaux en tôle. Commutateur d'air placé sur la bouche d'envoi du ventilateur pour compenser automatiquement l'air de séchage grâce au PLC situé dans le tableau électrique et 2 sondes placées à l'intérieur du sécheur qui agissent sur le commutateur.

### ISOLATION THERMIQUE

Isolation thermique des parties latérales, de la pièce d'entrée de l'air chaud et de l'embouchure de branchement entre le ventilateur et le banc de séchage. Réalisée en laine de verre avec revêtement extérieur en tôle galvanisé ou en Magnelis.  
Exclus : panneaux avec hublots en plexiglass transparent.

## PROJET GIRUS / ELCIMAI

DEVIS N°983 du 25.06.2019

### VENTILATEUR POUR L'ENVOI DE L'AIR CHAUD

Ventilateur centrifuge à haut rendement, équilibré dynamiquement, (débit et pression définis suivant les besoins )

Le ventilateur et les organes de motorisation et transmission sont fixés sur un châssis indéformable indépendant . .

### ECHANGEUR DE CHALEUR

Batterie d'échangeurs thermiques air/liquide avec tuyautage en acier, et tôle épaisseur 2. mm. ( peinture de surface ) standard SCOLARI srl.

Exclusion : Valve thermorégulatrice, adduction eau chaude , retour des condensations et périphérique échangeur.

### VENTILATEUR D'ASPIRATION

Ventilateur centrifuge,( placé en aspiration), équilibré dynamiquement, monté sur supports, avec tuyau de connexion à la hotte d'acheminement de l'air saturé.

### SECURITES INCENDIE

Un dispositif thermo-contrôle de l'équipement , par sondes thermométriques assure une surveillance permanente de l'équipement .

En cas d'élévation anormale de la température, est actionnée automatiquement et simultanément :

- une trappe de fermeture de l'aspiration d'air trappe à commande électropneumatique (fermeture immédiate) , ne sont pas compris le compresseur d'air et l'alimentation en air comprimé .
- Une coupure immédiate de l'électricité
- Une alarme sonore

En cas de persistance de l'élévation de température sont actionnés automatiquement simultanément :

- Une coupure immédiate de l'électricité
- Une alarme sonore
- Une aspersion d'eau dans le tunnel de séchage ; un dispositif de tuyauteries avec électrovanne est prévu à demeure à cet effet , ne sont pas compris l'alimentation et les branchements en eau

### REVETEMENT PEINTURE

Il s'agit du nettoyage du support métallique et suivante phosphatation et passivation.

Application de peinture à poussière thermo-durcisseur. Cuisson au four à 180°C pour 40 min- Couche du fil sec ≥ 80 micron.

Couleur finale RAL 7004 ou sous demande.

**PROJET GIRUS / ELCIMAI**

**DEVIS N°983 du 25.06.2019**

**ARMOIRE ELECTRIQUE DE COMMANDE AVEC PLC**

L'armoire électrique de commande est prévue fixée au sol à proximité immédiate du sécheur.

Elle est réalisée en tôle d'acier peinte. Sa conception est normalisée.

Sur les portes de l'armoire sont montés tous les appareillages de signalisation, de commande et de contrôle comme voltmètre, ampèremètres, signaux lumineux et acoustiques, boutons, sélecteurs ainsi que l'écran tactile de supervision .

Degré de protection de l'armoire IP54.

L'armoire électrique est alimentée par un jeu de barrettes normalisé , elle est équipée d'un interrupteur général placé sur la porte avant.

L'ensemble des composants est de marque TELEMECANIQUE ;

L'armoire électrique est équipée des protections réglementaires par disjoncteur différentiel général ( l'armoire sera alimentée par un courant protégé ).

Les départs moteurs sont protégés par disjoncteurs/contacteurs thermiques.

L'armoire comprendra tous les composants électriques et d'automatismes process :

-Tous les variateurs de vitesse, dimensionnés pour être conforme CE & règles : EN 61800-3/IEC 1800/3, ambient civil et industriel.

-Le système d'automatisme avec logique programmable Type : PLC et terminal opérateur avec la possibilité de liaison en réseau.

Le panneau opérateur permettra de gérer tous les cycles de fonctionnement : les alarmes, les températures, les vitesses des tapis commandés par variateur et les paramètres de séchage du système.

Le terminal à clavier, comprend un écran chromatique « Touch Screen »

Tous les appareillages internes et les commandes sur les portes seront étiquetés ..

Tension prévue pour puissance 380 V alternatif

Tension prévue pour auxiliaires 24 V continu.

Fréquence 50 Hz.

**SYSTEME DE CONTROLE DE L'HUMIDITE**

Dans le software est prévu le système automatique pour le control de l'humidité finale avec des capteurs placés a l'intérieur du sécheur

La variation automatique de vitesse des tapis asservie aux capteurs assure. une humidité finale moyenne constante, même si l'humidité du produit entrant subit des variations.

**TELESERVICE**

Fiche pour PLC et modem pour liaison direct avec câble téléphonique avec le central technique de Scolari pour l'analyse des problèmes et la réalisation des modifications des programmations des cycles.

**PROJET GIRUS / ELCIMAI**

**DEVIS N°983 du 25.06.2019**

**EXECUTION INSTALLATION EN INOX 304**

Exécution de toute l'installation en AISI 304, hors équipements suivants :

- Agitateur, tuyautage porte-pale, guides glissement, équerres soutiens guides
- Ventilateur de refoulement
- Ventilateur d'aspiration
- Echangeur
- Carter de protection
- Chaînes traîne tapis alimentateur
- Chaînes tapis racleur
- Arbre avec support, joints, pignons, etc.
- Tuyautage intérieur aux alimentateurs à vis
- Tréteaux de soutien des cyclones et supports ventilateur aspiration
- Tableau électrique
- Boulonneries (Galvanisées)
- Moteurs et réducteurs avec plaques de soutien

PRIX DE L'EQUIPEMENT

€ 645.000,00

**PRIX TOTAL POUR 2 EQUIPEMENTS**

**€ 1.290.000,00**

**(Départ usine charger sur camions hors toutes taxes et droits)**

## ÉQUIPEMENTS ET PRESTATIONS PERIPHERIQUES

### **DEPOUSSIERAGE**

Cyclones, formés d'un cylindre externe et d'un contre cylindre interne, cône de fond pour recueillir les poussières, avec entrée de sac manuelle, cheminée de déchargement supérieur et chevalet autoportant de soutien des cyclones.

Cheminées d'évacuation d'air supérieur avec déflecteur de sortie.

#### Exécution en INOX 304

Exclu : échelle et palier pour accès aux trappes de visite pour contrôle des émissions.

**PRIX** €. **107.000,00-**

### **ASSISTANCE POUR LE MONTAGE SECHEUR des points sur mentionnés :**

#### **(hors frais de voyage et de séjour sur site)**

Prévue avec l'envoi de 2 techniciens Scolari qui devront être aidés de la main d'œuvre fournie du client dans le nombre de 4 mécaniciens pour la période de 45 jours inclus le temps pour le voyage.

**PRIX** €. **45.500,00-**

### **ASSISTANCE A' LA MISE EN ROUTE et TRAINING :**

#### **(hors frais de voyage et de séjour sur site)**

Prévue avec 2 techniciens de Scolari.

Le démarrage sera réalisé en présence des techniciens du site ( maintenance et exploitation ).

SCOLARI effectuera le paramétrage de l'équipement, et effectuera la formation des personnels

La période prévue est de 18 jours inclus le temps de voyage.

**PRIX** €. **19.200,00-**

### **ELECTRICITE :**

Scolari fournis la totalité des équipements électriques attachés au fonctionnement du sécheur : motorisations, sondes et contacteurs, armoire électrique automatisme etc.

Le câblage du sécheur sur la base des plans Scolari est exclu du périmètre de la présente offre.

Cette opération sera réalisée à la charge directe du client par un sous-traitant local.

Scolari pourra assurer une assistance technique à distance.

#### **Prix budgétaire indicatif de cette prestation « base métropole »**

€. **52.000,00-**

**PRIX TOTAL PÉRIPHÉRIQUE POUR 2 EQUIPEMENTS**

€ **223.700,00**

**PRIX TOTAL DES 2 EQUIPEMENTS**

€ **1.513.700,00**

## CONDITIONS COMMERCIALES DE FOURNITURE

- **DELAI de LIVRAISON:** 180 jours (date de commande)
- **TRANSPORT :** EXW –Incoterms 2010
- **ASSISTANCE AU MONTAGE:** Comme prévu au devis.
- **ASSISTANCE A LA MISE EN ROUTE :** Comme prévu au devis
- **PAIEMENT:** Conditions Générales / Ouverture de crédit irrévocable à utiliser avec les échéances suivantes:
  - 30% à la commande contre caution bancaire (libérable à la livraison des équipements)
  - 50% à la livraison ou à la mise à disposition
  - 20% à 60 jours de la livraison ou de la mise à dispositionContre caution bancaire pour retenue de garantie de 5% libérable 1 an après la date de mise en route.
- **PROJET ET REALISATION :** Normes CE
- **EXCLUSIONS :**
  - Les études réglementaires et dossiers d'autorisation administratifs
  - Les études & travaux de génie civil suivant descentes de charges fournies
  - Les équipements périphériques d'alimentation dans la trémie de chargement et d'évacuation du produit sec (liaisons amont & aval avec le process du site )
  - Le déchargement du matériel et les moyens de levage nécessaires
  - Equipements de levage de 2.00 Ton, pour la mise en place des parties de l'installation, et d'une grue pour les parties plus lourdes.
  - Le gardiennage des équipements jusqu'à la réception des travaux
  - Les équipements de sécurité périphériques et signalisation , les vestiaires et sanitaires de chantier
  - L'énergie électrique et thermique et le personnel d'exploitation en phase d'essais et de mise en route
  - Les branchements électriques, combustible et eau de l'équipement & la mise à la terre .
  - Les amenées de combustible, suivant le choix d'énergie réalisé.
  - Les analyses , études & équipements éventuels de traitement des odeurs
  - Les analyses ,études & équipements d'isolations acoustiques
  - Les consommables huiles, graisse & le combustible
  - Les prélèvements et les analyses atmosphériques.
  - Les honoraires éventuels des cabinets d'étude , de contrôle & de certification , de même que les honoraires du contrôleur de sécurité en phase chantier.

*Et d'une manière générale tout ce qui n'est pas précisé dans la présente offre.*



## GARANTIES

SCOLARI garanti à l'acheteur ses équipements pour une période de 12 mois à compter de la mise en route industrielle et/ou 18 mois de la date de livraison ou de mise à disposition.

La garantie ne pourra être applicable que dans le cas d'une utilisation normale de l'équipement, tout défauts ou sinistres consécutifs à un défaut de maintenance ou d'utilisation, une négligence ou à une non-conformité ( passage de corps étrangers par exemple ) ne seront pas couverts par la garantie .

Si des modifications ou réparations étaient réalisées par l'utilisation de composants autres que les composants SCOLARI, la garantie deviendrait caduque .

Les pièces d'usure ne sont pas couvertes par la garantie, de même que les moteurs, appareils électriques, brûleurs etc. dont le fonctionnement aura été éprouvé en phase de démarrage .

Dans le cas de défauts apparaissant pendant la période de garantie, le représentant Français de SCOLARI effectuera un constat et avisera avec le siège des dispositions à prendre .

Si les réparations ou remplacement de pièces doivent être effectuées dans le lieu où la machine est installée, après le premier mois d'exploitation révolu, tous les frais de voyage, logement et nourriture en hôtel convenable seront à charge de l'acheteur, suivant les tarifications SCOLARI au moment de l'intervention, que l'acheteur déclarera accepter.

Les défauts susceptibles d'apparaître suite à des défauts de stockage des pièces ou de l'équipement même temporairement aux intempéries ne sont pas couverts par la garantie.

Les performances de l'équipement sont assujetties à la conformité des facteurs techniques du projet qui ont sous tendu la définition et la conception de l'équipement, la garantie est donc assujettie à la conformité de ces facteurs .

.La garantie devient nulle en cas de modifications ou réparations opérées sans autorisation de SCOLARI, de même que en cas de non respect des conditions de règlement financier.

Dans le cas de la non éligibilité de garantie au titre des clauses ci-dessus, le client ne pourra se prévaloir d'aucun droit de remboursement au titre de celle-ci.



## DIMENSIONNEMENT ET CERTIFICATION :

L'installation avec une cotation est préparée statistiquement pour l'installation en zone pas sismique.

S'il serait nécessaire de vérifier le dimensionnement et un éventuel rajustement de la structure portante pour le montage en zone sismique, Scolari srl Vous fera avoir tout après définition avec l'entreprise ordonnant des dépenses plus grandes pour ces rajustements.

L'utilisation du sécheur selon les normes et les instructions expliquées durant la mise en route, ainsi que un bon niveau de propreté de l'ambiante qui doit être bien aéré, ne cause pas des risques des explosions d'aucun genre.

Il s'agit d'un sécheur dont les matériaux à sécher ont un taux d'humidité très élevé et il sort avec un taux de 12% environ. L'air du procès est à basse température qui devient saturée d'humidité entre 30 et 50% par conséquence elle est inactive, et elle ne peut pas causer une explosion.

Si l'installation du sécheur sera prévue dans des locaux qui rentrent dans la normative ATEX, le client devra informer Scolari sur la classification assignée à cet ambiante pour que on puisse apporter des intégrations sur le sécheur, si nécessaire.

### **1.3/ Annexe 3 : Modèle de tableau de suivi d'épandages**



## Annexe n°5 : EPANDAGE DES ALGUES VERTES

### Fiche 5.2 : Modèle de tableau de suivi des épandages

Types de renseignements pouvant être apportés.

Nom Agriculteur	Adresse	N° Tél	Contrat Boues de Station	N° PACAGE	N° Îlot	Parcelle (lettre)	Culture 2014	Période prévisible disponibilité	Culture suivante / Date d'implantation

Date buttoir fin d'épandage	Surface Potentiellement épan-dable ha	Disponibilité réelle	Observations	Quantité (m <sup>3</sup> ) par Ha	Quantité (m <sup>3</sup> ) par parcelle	Nombre de remorques de 12 m <sup>3</sup>	Livraison 1 Quantité Nombre de remorques	Livraison 2 Quantité Nombre de remorques

## **1.4/ Annexe 4 : Epondabilité et estimation des apports totaux des algues sargasses**



## Epandabilité et estimation des apports totaux : algues Sargasse

### 1. Références des analyses

Nom et adresse de l'exploitation	DAAF Guadeloupe, jardin Botanique, 97169 Basse-Terre cedex
Référence échantillon	Analyses des Algues Sargassum , échantillon n° 11383

### 2. Valeur agronomique des algues, apports

Eléments	Sur Sec	Sur Brut	Unité	Apports Kg/Ha selon T/Ha épandues
Matière sèche		31,1	%	
<b>Matière brute épandue</b>				<b>20 T/Ha</b>
Matière organique .....	554	172	0/00 ou Kg/T	3440 Kg/Ha
Carbone organique (C) .....	246	76,6	0/00 ou Kg/T	1532 Kg/Ha
Azote total (N) .....	4,5	1,4	0/00 ou Kg/T	28 Kg/Ha
Azote ammoniacal (N-NH4) .....			0/00 ou Kg/T	
Phosphore total (P2O5).....	1,78	0,55	0/00 ou Kg/T	11 Kg/Ha
Potassium total (K2O) .....	49,6	15,4	0/00 ou Kg/T	308 Kg/Ha
Calcium total (CaO) .....	60	18,7	0/00 ou Kg/T	374 Kg/Ha
Magnésium total (MgO) .....	19,6	6,09	0/00 ou Kg/T	122 Kg/Ha
Sodium total (Na2O) .....	56,6	17,6	0/00 ou Kg/T	352 Kg/Ha

### 3. Quantité épandable (suivant des mesures conservatoires)

Plusieurs éléments doivent être pris en compte pour émettre des recommandations relatives à l'épandage des algues: Les apports doivent correspondre à des valeurs significatives pour les cultures sans toutefois compromettre la santé des plantes et l'environnement.

#### L'azote et le phosphore : à priori pas un problème

Le risque pour l'azote est son devenir dans le sol, une possible pollution par les nitrates. Dans les zones françaises considérées à risque (et il n'y en a pas en Guadeloupe), la législation impose une limite à 170 kg /ha d'azote épandu par année, ce qui correspondrait ici à un épandage de 120 T/ha d'algues. Cette quantité apporterait 66 kg/ha de phosphore (P2O5) , une quantité somme toute assez minime sans risque d'eutrophisation de cours d'eau éventuel.

#### Le sodium: facteur limitant

Aucune étude n'a été faite en Guadeloupe sur les plantes et le sodium puisque les sols ne sont pas réputés sodiques.

Ainsi, pour émettre un jugement et une recommandation d'épandage, nous avons comparé la quantité de sodium présente dans les différents types de sols en Guadeloupe à celle qui sera apportée par une quantité x d'algues. Les résultats sont donnés dans le tableau de la page suivante.

On s'aperçoit que la majorité des sols contiennent de 50 à 220 kg de Na<sub>2</sub>O échangeable soit 37 à

164 kg de sodium Na (on multiplie Na<sub>2</sub>O par un facteur 0,742) , avec 25% des vertisols de notre échantillonnage à plus de 400 kg de sodium (Na) par hectare (quartile 3).

Ce sodium dosé est échangeable (extrait à l'acétate d'ammonium) mais pas forcément rapidement.

tandis qu'on peut penser que le sodium des algues est fortement échangeable (le sel va se dissoudre

rapidement dans la solution du sol et le sodium pourra ainsi être prélevé par les plantes).  
 Pour la petite histoire, un épandage à 120 T d'algue par hectare (limite conservatrice pour l'azote), se traduirait par un apport de 2,11 T/ha de Na<sub>2</sub>O soit 1,5 T/ha de sodium échangeable !

**Notre conseil : 20 T/ha deux mois avant mise en culture, à enfouir superficiellement au sol**

Le tableau page précédente montre qu'un épandage de 20 T d'algues (brutes) par hectare apportera 260 kg/ha de sodium échangeable, soit moins que la moitié des vertisols les plus sodiques.

Cette quantité d'algues présente l'avantage de contenir 300 kg de Potasse (K<sub>2</sub>O), qui devrait être assez rapidement disponible aux plantes. En culture de canne, l'apport des algues permettrait ainsi d'amener les autres apports potassiques à zéro (Besoins de la canne de l'ordre de 240 kg de K<sub>2</sub>O).

**Trois recommandations complémentaires doivent toutefois accompagner notre conseil :**

**Epandre les algues en saison des pluies, deux mois avant la mise en place de la culture et incorporer superficiellement au sol à l'aide d'un Rom-Plow.**

On peut alors raisonnablement penser que les pluies auront lessivé une bonne part sinon la quasi-totalité du sodium et que le processus de décomposition des algues aura déjà bien avancé.

La fertilisation en canne plantée pourra alors se réduire à un apport de 35-18 à 350-400 kg/ha.

**4. Quelques résultats d'analyses de sols réalisées en 2011 par Carib Agro dans différentes situations pédo-climatiques, pour le sodium**

Types de Sols	Sodium Na <sub>2</sub> O résultat analyse en ‰	kg/ha de Na <sub>2</sub> O échangeable sur 30 cm	kg/ha de Sodium échangeable Na sur 30 cm
<b>Andosols (10)</b> Da considérée 0,7			
Quartile 1	0,021 pour mil	45 kg/ha	33 kg/ha
Quartile 3	0,026 pour mil	55 kg/ha	41 kg/ha
<b>médiane</b>	0,024 pour mil	<b>50 kg/ha</b>	<b>37 kg/ha</b>
<b>Bruns rouille (10)</b> Da considérée 1,0			
Quartile 1	0,029 pour mil	61 kg/ha	46 kg/ha
Quartile 3	0,044 pour mil	92 kg/ha	69 kg/ha
<b>médiane</b>	0,041 pour mil	<b>86 kg/ha</b>	<b>64 kg/ha</b>
<b>Ferrallitique (10)</b> Da considérée 1,0			
Quartile 1	0,018 pour mil	38 kg/ha	28 kg/ha
Quartile 3	0,030 pour mil	62 kg/ha	46 kg/ha
<b>médiane</b>	0,026 pour mil	<b>55 kg/ha</b>	<b>41 kg/ha</b>
<b>Vertisols (10)</b> Da considérée 1,15			
Quartile 1	0,070 pour mil	148 kg/ha	109 kg/ha
Quartile 3	0,255 pour mil	536 kg/ha	397 kg/ha
<b>médiane</b>	0,105 pour mil	<b>221 kg/ha</b>	<b>164 kg/ha</b>

Tableau : Valeurs du sodium selon les types de sol en Guadeloupe (40 échantillons de sols répartis dans les aires géographiques correspondantes, analyses Carib-Agro - SadeF 2011)

## **5. Note technique sur le sodium échangeable (J-Y Baliteau, SADEF)**

La proportion du Sodium échangeable par rapport au total est minime dans des sols normaux non salins (cas de la Guadeloupe). Il n'y a pas vraiment de corrélation entre l'échangeable et le total. Cela dépend de la proportion de Na engagé dans les réseaux cristallins des minéraux. Ce sodium peut être considéré comme inerte.

Dans des sols salins, la proportion Na échangeable/ Na total est beaucoup plus importante. Le Sodium qui est mesuré au laboratoire correspond au sodium échangeable, fixé sur le complexe d'échange, dont la proportion est importante à estimer vis à vis du taux de saturation, de la salinité et de l'état structural du sol.

On calcule alors le taux de saturation du Na ( $\text{Na}^+/\text{CEC}$ ). Un résultat élevé montre un sol salin et destructuré. Un autre ratio intéressant est le rapport  $\text{Na}^+ / (\text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++})$

## **6. Rappel législatif pour les épandages de boues (Arrêtés 1998)**

Les algues marines sont naturelles, mais doit-on appliquer la législation sur les épandages de boues et autres déchets. C'est au législateur d'en décider.

Quoiqu'il en soit, on rappellera ici les mesures législatives principales concernant les épandages de boues, et notamment les distances à respecter :

Puits, forages, sources et aqueducs, transitant des eaux destinées à la consommation humaine : 35 m ; si pente du terrain inférieure à 7%.

Installations souterraines ou semi-enterrées utilisées pour le stockage et /ou le transit d'eau : 100 m ; si pente du terrain supérieure à 7%.

Cours d'eau et plans d'eau (1): 35 m des berges en général,

Cours et plans d'eau (2): à 100 m des berges pour un épandage de déchet solide stabilisé (cas des cendres) et une pente de terrain supérieure à 7%.

Cette distance est ramenée à 5 m des berges en cas d'enfouissement immédiatement après épandage et pour des terrains de pente inférieure à 7%

En outre, une distance de 50 m par rapport aux habitations (tiers) devrait être respectée. Ceci est notamment valide compte tenu des odeurs dégagées lors de la décomposition des algues. La direction des vents devrait aussi être prise en compte.

Par ailleurs, la législation impose qu'un plan d'épandage soit fait, ce qui signifie au minimum une convention d'épandage signée par l'agriculteur et le producteur (L'Etat ici), et qu'une analyse de sol soit faite avant épandage avec recommandations sur les quantités épandables et plan de fumure.

## **6. Synthèse**

Au total, les analyses ont montré une salinité des algues non négligeable : 56,6 kg de  $\text{Na}_2\text{O}$  par tonne de matière sèche soit une teneur en sodium (Na) de 4,2% sur le sec.

L'azote et le phosphore sont à des niveaux relativement faibles, tandis que les teneurs en éléments traces métalliques sont faibles, très en deçà des valeurs limites imposées pour les des épandages de boues.

Le sodium constitue donc le facteur limitant l'épandage.

Compte tenu des caractéristiques des sols de Guadeloupe (sols non sodiques), nous émettons un avis d'épandage ne dépassant pas 20 T/Ha en canne, sur tous types de sols, deux mois avant plantation, en saison pluvieuse et enfoui dans le sol à l'aide d'un Rom-Plow.

Une analyse de sol avant plantation (prélèvement fait 1 mois après enfouissement) devrait être faite.


Dominique DAVID avec la collaboration de Jean-Yves BALITEAU (Sadef)

*Note : Les recommandations données dans ce rapport impliquent la seule responsabilité de son auteur (D. DAVID), des essais devant être menés par culture et par site.*

## **1.5/ Annexe 5 : Dépollution par hydrolyse et valorisation énergétique**







**Traitement de déchets organo-métalliques  
par hydrolyse alcaline:  
valorisation matière et énergétique des  
composants**

# Les défis pour un éco-procédé

Matériaux



Energie

Emissions

## L'hydrolyse alcaline présente les avantages suivants

- **Une plage de température "à la carte"**
- Grande stabilité thermique et faible tension de vapeur,
- Une chimie riche et variée
- Un pouvoir de solvatation
- Très grand domaine de stabilité électrochimique
- Forte conductivité électrique
- Vitesses de réaction élevées (chimiques et électrochimiques)
- Un potentiel d'oxydation des organiques
- Un fort pouvoir de dissolution des halogénés (chlorés)
- **Une capture et une conversion totale du Carbone**

# Les sargasses : Composition et impact

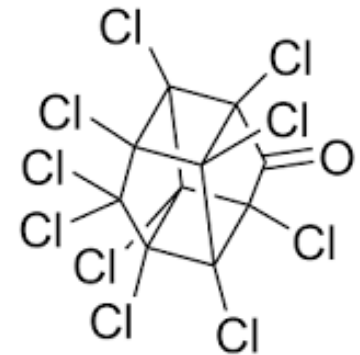
La composition de base de type hydrocarboné inclue de l'azote et du soufre  
 Ces produits subissent une conversion photo catalysée en ammoniac et en gaz sulfureux (H<sub>2</sub>S)

élément	teneur	impact
Carbone	28-30%	
Oxygène	27-28%	
Hydrogène	4-6%	
Azote	2-3%	environ 30 Kg ammoniac émis par T
Soufre	0.8-1.4%	environ 11 kg de H <sub>2</sub> S émis par T

A cela s'ajoutent des métaux lourds et de l'iode  
 à des teneurs problématiques

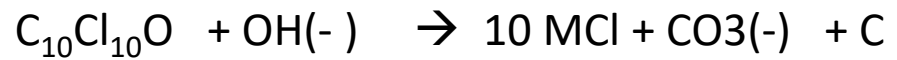
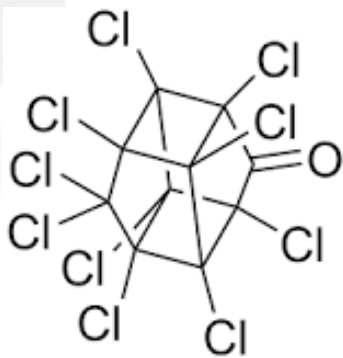
metal	mg/kg	
	Echan 1	Echant 2
Arsenic	283,49	165,02
Baryum	15,69	14,12
Bore	119,69	77,23
Cadmium	0,63	0,91
Chrome	2,47	18,81
Manganèse	33,16	46,2
Nickel	2,95	7,92
Plomb	0,59	1,08
Iode	80	260
Zinc	12,91	13,42

En outre plusieurs études  
 ont confirmé la présence  
 de Chlordecone

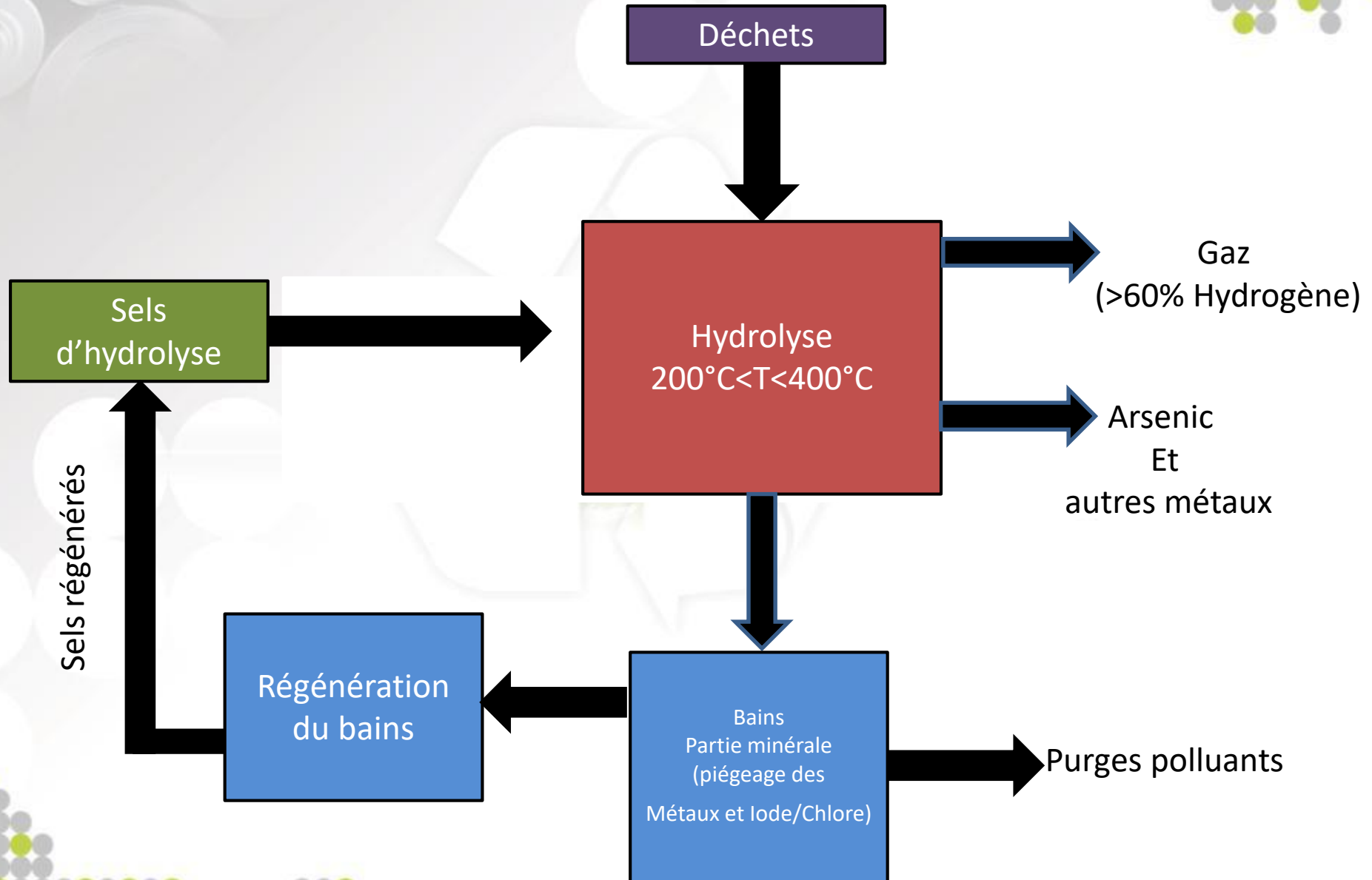


# Traitement du Chlorodecone par le procédé

- Maintien en phase liquide pour éviter la sublimation qui a lieu à 350°C
- Hydrolyse alcaline qui conduit à :
  - ouverture des chaines
  - Piégeage des chlorures
  - Conversion des carbones



# Synoptique général du procédé



DÉCHETS

PROCÉDÉS

PRODUITS



Déchets



Réacteur  
Hydrolyse chauffé  
<400°C)



Gaz  
valorisable



Métaux  
Et carbonate  
récupéré

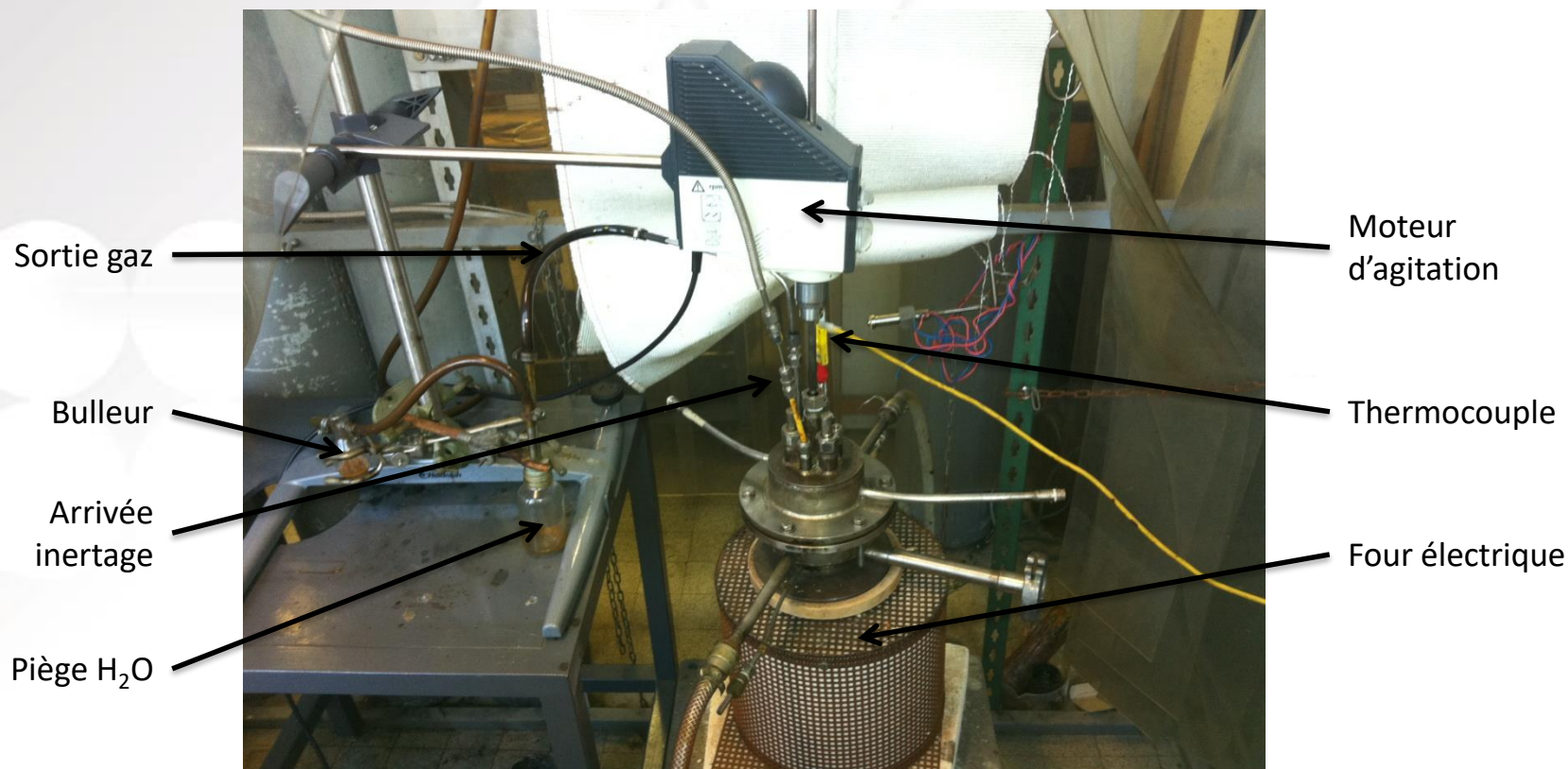


Carbone  
valorisable



# Plusieurs essais laboratoires sur des composés à base organiques

- Dispositif expérimental





## Résultats attendus et comportement des éléments dans le procédé

<b>élément</b>	<b>teneur</b>	<b>conversion alcaline</b>
Carbone	28-30%	conversion totale en carbone et carbonate
Oxygène	27-28%	
Hydrogène	4-6%	production d'environ 10 m <sup>3</sup> de H <sub>2</sub> /T
Azote	2-3%	Piégeage sous forme de sel d'ammonium
Soufre	0.8-1.4%	Piégeage sous forme de sulfure d'alcalin

<b>métal</b>	<b>conversion alcaline en produits soluble dans le bain</b>
Arsenic	arseniate
Nickel	nickelate
Plomb	plombate
Iode	iodure/iodate
Zinc	zincate

# Conclusions

- Eco-procédé innovant :
  - Moins énergivore qu'un procédé de pyrolyse classique **<400°C contre >1200°C**
  - Réduction des émissions de gaz (CO<sub>2</sub>, gaz halogénés, ... )
  - Permet une valorisation maximisé
    - **Matières: métaux ferreux et non ferreux**
    - **Energétique: production d'un syngaz riche en hydrogène**
  - Flexible par rapport au changement de la composition de l'entrant

# Budget pour une étude de 6 mois

Equipements	Description	Budget €
adaptation au produit	pré-séchage, conditionnement, injection	10 000 €
<b>Dépenses de Personnel *</b>		
Responsable scientifique projet Dr es Sciences	30%	12 600 €
professeur conseillé scientifique	20%	8 400 €
ingénieur process	100%	24 000 €
Technicien analyse	50%	9 000 €
<b>Frais de Missions</b>		
déplacement sites, échantillons, réunions techniques		5 000 €
missions et congrès		5 000 €
<b>Prestations de Service</b>		
analyse externes (solides et gaz)		10 000 €
<b>Autres Dépenses : fonctionnement</b>		
consommables		2 500 €
produits chimiques		2 000 €
petit materiel de filtration échantillons		4 000 €
<b>TOTAL BUDGET (HT)</b>		<b>92 500 €</b>

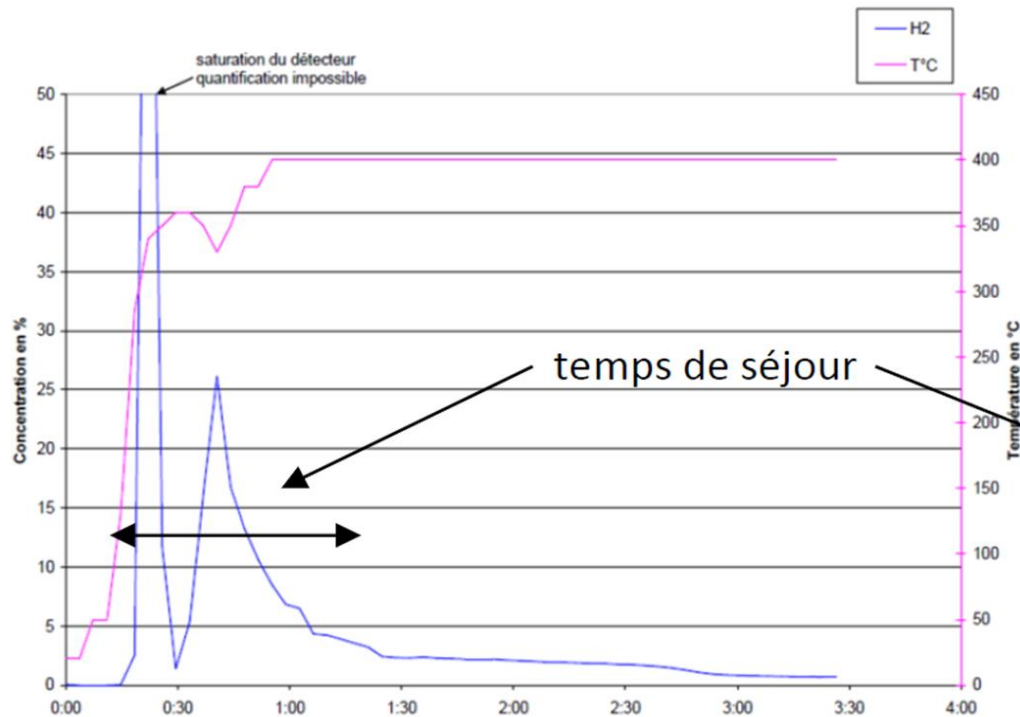


# ANNEXES

Résultats d'essais précédents sur  
d'autres matrices de déchets  
confidentiels

# Résultats d'essais précédents (déchet2)

## Des temps de réactions assez courts (compatibles avec une exploitation industrielle)



# Quantification de l'hydrogène au cours du traitement du déchet industriel 1



## 5. RESULTATS DES MESURES

Le tableau suivant présente les concentrations mesurées dans le prélèvement. Ce sont les résultats bruts analysés dans le sac.

Composés	Sac Tedlar
O <sub>2</sub>	2.33 %
N <sub>2</sub>	8.59 %
H <sub>2</sub>	87.15 %
CH <sub>4</sub>	1.61 %
CO	0.22 %
CO <sub>2</sub>	0.11 %