

# La décarbonation de la place portuaire guyanaise à partir de la valorisation des sargasses

Par Philippe LEMOINE

Président du directoire et directeur général du Grand port maritime (GPM) de la Guyane

Le Grand port maritime de la Guyane (GPM Guyane), établissement public de l'État, a été créé en 2013 pour gérer les installations portuaires de Dégrad des Cannes, sur la commune de Rémire Montjoly, et celles de Pariacabo, sur la commune de Kourou.

L'objectif du GPM Guyane est d'accompagner le développement économique de la Guyane en facilitant les importations et les exportations, et ce en mettant ses installations portuaires à disposition de toute activité industrielle nécessitant des échanges par voie maritime, dans un contexte global de transition énergétique et écologique.

Partant du constat d'un besoin de fertilisants pour l'agriculture guyanaise et de la nécessité de décarboner la plateforme portuaire, le GPM Guyane a lancé des recherches sur la possibilité de récolter, pour en tirer à la fois de l'engrais et de l'énergie, les sargasses au large des côtes, avant qu'elles n'aillent s'échouer sur celles de l'arc caribéen.

Ces transformations nécessitent une production d'électrons verts à partir de la méthanisation des sargasses, de panneaux solaires photovoltaïques et de l'énergie osmotique.

Le dernier maillon de la réforme portuaire engagée depuis de nombreuses années par l'État a conduit à la mise en place d'une nouvelle organisation des ports d'Outre-mer dans l'objectif de répondre aux exigences de performance et de compétitivité face à l'évolution du commerce maritime international et à la concurrence des ports étrangers. Ce nouveau cadre permet également de faciliter l'investissement portuaire et la réalisation des projets d'infrastructures portuaires dans les DOM. Dans le cadre des nouvelles ambitions qui leur sont assignées, il appartient à ces établissements publics portuaires d'intégrer leurs installations dans leur environnement industriel avec pour objectif de soutenir le développement économique et maritime des Outre-mer, d'exploiter les nouvelles ressources minières et énergétiques, de proposer une vision d'ensemble et argumentée de l'aménagement pour assurer la gestion du domaine public maritime et de s'inscrire dans une démarche de développement durable et de transition écologique.

La stratégie nationale portuaire prévoit également la définition de thématiques de recherches prioritaires, ainsi que l'élaboration d'une feuille de route nationale de recherche et d'innovation portuaire, qui permettra de fédérer la recherche dans le domaine portuaire et de

mieux anticiper les grandes transitions et mutations qui impacteront les ports et l'ensemble de leur écosystème, notamment industriel.

La démarche du Grand port maritime (GPM) Guyane s'inscrit pleinement dans cette transition énergétique et écologique de son activité, en combinant cet objectif avec l'ambition de contribuer au développement économique du territoire guyanais.

Si l'énergie est au cœur des transformations à venir, le développement de l'agriculture guyanaise est également fondamental pour donner au territoire davantage de souveraineté alimentaire, dans le respect des enjeux de la transition écologique. Cette agriculture a un grand besoin de fertilisants qui aujourd'hui proviennent d'hydrocarbures. Le GPM Guyane souhaite donc s'intégrer dans cette double démarche de transition énergétique et de souveraineté du territoire.

Dans cette perspective, le GPM Guyane s'est intéressé depuis trois ans au phénomène de développement des sargasses en mer, en analysant les problématiques de l'échouage de ces algues sur le littoral pour mieux les prévenir compte tenu des conséquences potentielles sur la navigation et sur le développement économique du territoire. Il a également étudié les possibilités de leur valorisation à des fins agricoles et énergétiques.

## Le pullulement des sargasses au large du plateau des Guyanes

Les sargasses sont des algues prolifiques qui croissent en pleine mer et viennent s'échouer sous l'effet des vents et des courants sur les côtes des pays de la Caraïbe, voire du plateau des Guyanes. Lorsqu'elles s'échouent sur le littoral, elles le rendent progressivement impropre à toute activité, qu'elle soit touristique, de pêche ou autre. En effet, au bout de quelques jours leur décomposition émet des gaz malodorants et toxiques, et leurs déchets incrustés de sable ne peuvent être valorisés d'aucune manière et doivent donc être enfouis.

Depuis 2021, le GPM Guyane a consacré ses efforts de recherche à la localisation des bancs de sargasses et la trajectoire qu'ils suivent au large de la Guyane, ainsi que sur la caractérisation de ces algues et de leur milieu ambiant.

En effet, les sargasses s'accumulent au large du plateau des Guyanes, dans une zone appelée « Petite mer des sargasses » (PMS), à partir de laquelle elles traversent l'océan Atlantique jusqu'aux côtes africaines dans un mouvement de va-et-vient. Et sous certaines conditions météorologiques, elles partent par paquets vers l'arc caribéen pour s'y échouer, voire plus rarement sur le littoral des pays du plateau des Guyanes (Nord-Brésil, Guyane française, Surinam, Guyana).

Si les échouages des sargasses sur le littoral des îles antillaises font l'objet d'études depuis quelques années, ce n'est pas le cas des concentrations de sargasses et de leur évolution au fil des saisons au large du plateau des Guyanes. Les éléments de caractérisation diffèrent totalement entre ces phénomènes littoraux et ceux qui se déroulent au large, en zone PMS.

Grâce à la collecte d'images à partir des détecteurs MODIS, OLCI S3A et OLCI S3B, embarqués à bord des satellites AQUA (satellite américain d'observation de la Terre) et SENTINEL 3A et 3B (satellites du programme européen Copernicus pour le contrôle et la surveillance environnementale), la société CLS, œuvrant pour le compte du GPM Guyane, a pu mettre au point un outil de détection et de suivi des sargasses et confirmer ainsi la présence d'une concentration de ces algues au large de la Guyane, dans la zone appelée « Petite mer des Sargasses » (PMS). CLS a par ailleurs développé un indice pour évaluer la concentration des sargasses : le Normalized Floating Algae Index (NFAI).

Ainsi, Sam Tool, l'outil développé par CLS, permet de prévoir les trajectoires des sargasses à partir des données satellitaires recueillies, lesquelles sont réinterprétées en tenant compte des conditions météorologiques de la zone.

La zone d'étude correspondant à la petite mer des Sargasses a pu être circonscrite de la manière suivante :

- longitudes de 50°W à 38°W,
- et latitudes de 4°N à 10°N 4.2.

Le GPM Guyane organise des missions en mer afin de corroborer ces données issues de l'observation satellitaire avec des observations *in situ* et de prélever des échantillons de sargasses à des fins de caractérisation fine. À cette occasion, la mise à l'eau de bouées MARGET (Balise MargetV2 2 cellules) à l'intérieur des bancs rencontrés a permis de suivre la trajectoire des sargasses pendant trois mois. Les trajectoires suivies entre la petite mer des sargasses, au large du plateau des Guyanes, et les côtes africaines ont ainsi été confirmées avec l'appréciation des vitesses de déplacement.

L'étude montre qu'un suivi régulier du positionnement des sargasses (dites « algues brunes ») dans la zone PMS couplé à un modèle de dérive lagrangien permet d'anticiper les pics de leur présence dans la zone, et de leur arrivage sur les côtes.

Il existe trois types de sargasses :

- les sargassum fluitans III,
- les sargassum natans I,
- et les sargassum natans VIII.

Elles se développent ensemble, dans les mêmes conditions, et il n'est pas possible de véritablement les séparer lors des collectes systématisées. Toutefois, elles n'offrent pas toutes les mêmes ressources en termes de valorisation, notamment par rapport à des fins cosmétiques ou pharmaceutiques. Il se développe un biotope très varié au sein des amas de sargasses, le milieu étant riche en oxygène. Les analyses physico-chimiques des prélèvements effectués en zone PMS montrent que les sargasses présentes au large sont exemptes de toute contamination par des pesticides ou des herbicides, par le mercure, sous quelque forme que ce soit, ou par les polychlorobiphényles (PCB). Le seul handicap notable à une valorisation de ces algues est la présence dans celles-ci de sel marin (NaCl) et d'arsenic. Le bureau d'études NBC apporte au GPM Guyane son assistance dans la conduite des prélèvements et des analyses. Les résultats de ces analyses de caractérisation peuvent varier selon les différentes méthodes de conservation (à l'air libre, dans l'eau ou congélation) des sargasses durant leur transport du lieu de pêche vers le lieu de débarquement. C'est un point sur lequel doit être porté l'attention pour optimiser leur valorisation.

Les bancs de sargasses se situant entre 150 et 800 km au large de la Guyane française se trouvent ainsi dans des zones maritimes aux statuts différents :

- la zone économique exclusive (ZEE) s'étend jusqu'à environ 350 km des côtes, zone où l'État côtier possède des droits souverains à des fins d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles ;
- au-delà, ce sont les eaux internationales. La zone couverte par la petite mer des sargasses se situe principalement dans les eaux internationales. Si des prélèvements sont effectués sur cette zone, c'est le droit de la mer, celui issu de la Convention des Nations unies de Montego Bay de 1994, qui s'applique.

D'après les règles de droit en vigueur, la collecte des sargasses est assimilée à une activité de pêche. L'intérêt de les pêcher au large du plateau des Guyanes est de profiter des conditions de mer et de vent bien plus favorables à cette activité que dans l'arc antillais.

Des essais de collecte des sargasses ont été menés dans le but de mettre au point un dispositif performant et respectueux du biotope. Le dispositif de pêche adopté, basé sur un chalut flottant de surface, a été conçu de façon à collecter les sargasses qui se trouvent dans des bancs d'une épaisseur comprise entre 30 et 60 cm, voire 80 cm au maximum.

La quantité chalutée de sargasses durant 1 minute et 30 secondes dans un banc d'une épaisseur de 60 cm est d'environ 3 tonnes. Les caractéristiques du filet ont permis de prélever uniquement les sargasses se situant en surface, sans prélever les poissons présents sous les bancs.

Ces études et essais ont démontré la faisabilité de la collecte des sargasses présentes au large de la Guyane, avant qu'elles ne dérivent vers les côtes de l'arc caribéen ; des sargasses qui seront ensuite transportées pour une valorisation au bénéfice de l'économie guyanaise. Mais il faut inscrire cette activité dans une démarche vertueuse de protection environnementale et de transition énergétique décarbonée.

## La décarbonation de la plateforme portuaire guyanaise

La place portuaire est un lieu de forte consommation énergétique pour la Guyane. La consommation électrique du port s'élève à elle seule à environ 2,1 MWh par an, couvrant notamment les besoins en éclairage des zones de manutention et l'alimentation des conteneurs frigorifiques en attente de chargement, à l'import comme à l'export. Cette consommation passera à 3,8 MWh par an après

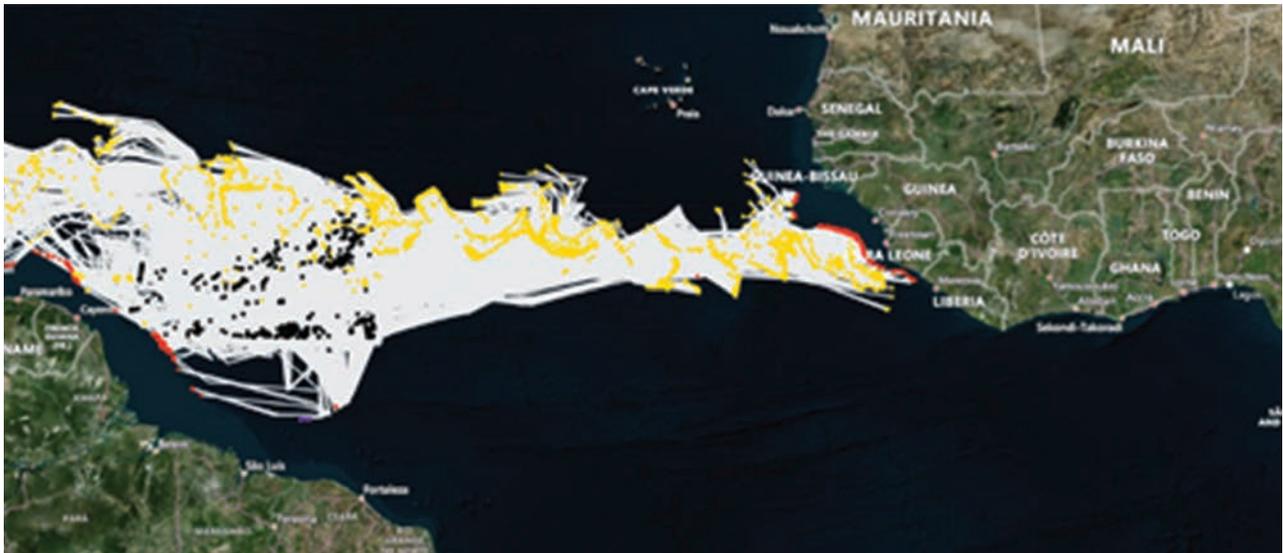


Figure 1 : Positionnement et trajectoires suivies par les sargasses – Source : photo©GPM/CLS.



Figure 2 : Bancs de sargasses dérivant au large de la Guyane – Source : photo©GPM/NBC.

l'installation de grues électriques permettant le chargement et le déchargement des navires à des cadences plus élevées et supprimant l'utilisation des générateurs thermiques alimentant les grues à bord des navires. La mise en œuvre d'éclairages LED et l'optimisation des réseaux d'alimentation des bornes de branchement des conteneurs frigorifiques permettront à court terme des réductions de la consommation énergétique de l'ordre de 10 à 15 %, mais la consommation restera de plus de 3 MWh par an. Le bilan de puissance du GPM Guyane est estimé actuellement à 18 MWc.

À ces consommations s'ajoutent celles relatives aux engins à moteur thermique qui servent à déplacer les conteneurs sur les terre-pleins. Aujourd'hui, le parc est composé d'une trentaine d'engins lourds pour une puissance estimée à près de 5 500 kW. *In fine*, il convient également de prendre en compte les consommations des porte-conteneurs stationnant à quai (4 500 kWh pour les navires transatlantiques et 1 500 kWh pour les navires effectuant les rotations avec les Antilles) qui chaque semaine font escale à Dégrad des Cannes et qui, à terme, devront être connectés à un réseau décarboné pendant leur séjour.

À cela s'ajoutent les consommations des transports des marchandises soit par voie terrestre, soit par voie maritime. Les émissions annuelles liées à l'activité de desserte maritime de la Guyane sont estimées à environ 5 Mt de CO<sub>2</sub>.

Au-delà de l'activité portuaire à proprement parler, d'autres industriels implantés sur la place portuaire affichent une consommation électrique importante, comme l'usine de ciment ARGOS dont la consommation annuelle en électricité est de l'ordre de 2 MWh.

Pour faire face à l'ensemble de ces besoins énergétiques, le GPM Guyane a prévu de réaliser une zone technique capable de répondre aux enjeux de production :

- d'une énergie d'origine renouvelable, sans émission de CO<sub>2</sub>,
- et de biostimulants et de fertilisants pour répondre aux besoins de l'agriculture guyanaise, des productions locales appelées à se substituer aux produits transformés à partir d'hydrocarbures acheminés en Guyane par voie maritime et de manière non décarbonée.

Le processus globalement envisagé est le suivant.

Les sargasses pêchées en mer seront débarquées à partir d'un ouvrage d'accostage pour être transbordées directement sur le site de valorisation, où deux types de traitements sont envisagés :

- l'un vise à extraire des sargasses les molécules susceptibles d'intéresser l'industrie pharmaceutique ou cosmétique. L'Université de Bretagne Ouest mène des recherches sur ce sujet à partir des problématiques rencontrées aux Antilles ;
- l'autre type de traitement consiste à méthaniser les sargasses. Le résidu de cette méthanisation sera destiné à des amendements des terres agricoles. L'Université de Lorraine, associée à l'École nationale supérieure en agronomie et industries alimentaires (ENSAIA), développe un prototype de méthaniseur,

qu'il est prévu d'installer aux Antilles dès l'été 2023. Le pouvoir de méthanisation des sargasses devra être renforcé par des apports végétaux. Le méthane sera stocké dans des cuves en attente d'en extraire l'hydrogène. Ce processus nécessite que les sargasses aient perdu au préalable leur teneur initiale en arsenic et en sel après opérations successives de lessivage (par la pluie) et de séchage (par l'air et le soleil) lors du transport du lieu de pêche vers le lieu du traitement. Les tests ont montré que cela permettait de débarrasser les sargasses de l'arsenic et du sel.

Il est prévu d'extraire l'hydrogène du méthane grâce à une technologie plasma micro-onde (procédé développé par une *start-up* française, Sakowin), sans émission de CO<sub>2</sub>. Le résidu carboné peut également être utilisé à des fins agricoles. Les deux processus de méthanisation et de production d'hydrogène à partir du méthane pourraient également être conduits simultanément grâce au développement d'une technologie plasma mettant en application les principes de la méthanation et s'accompagnant de la production de biochar utilisé à des fins agricoles. Cette technologie permettrait de s'affranchir de l'obstacle que constitue la présence d'arsenic et de sel dans les sargasses.

La production d'énergie verte est essentielle pour réaliser l'ensemble de ces activités en présentant un bilan carbone neutre. Il est prévu de produire cette énergie à partir de trois sources complémentaires se composant :

- d'une ferme photovoltaïque d'environ 6 ha de panneaux solaires, qui sera capable d'assurer une production de l'ordre de 5 MWh par an. Les panneaux solaires pourront progressivement être installés sur des bâtiments au fur et à mesure du développement des activités de logistique portuaire qui nécessitent de grandes surfaces de hangars couverts ;
- d'une installation de production d'électricité en jouant sur la différence de pression osmotique entre l'eau douce et l'eau salée (procédé développé par une *start-up* française, Sweetch Energy), pour une production équivalente à celle des panneaux photovoltaïques précités ;
- et trois méthaniseurs couplés à trois génératrices électriques de 1,5 MWc chacune.

Un complément de production pourrait être également recherché à travers la mise en œuvre de turbines utilisant l'énergie du courant du fleuve au fil de l'eau.

L'aménagement d'une parcelle d'environ 20 ha regroupant les activités ci-dessous sera opéré comme suit et devra permettre de répondre aux objectifs associés :

- Une parcelle de 5 ha sera dédiée à la production et au stockage d'énergie décarbonée et accueillera :
  - la centrale osmotique,
  - la centrale de production de l'hydrogène à partir du biométhane issu de la méthanisation de la biomasse,
  - un dispositif de stockage d'énergie à restitution rapide sous forme de batteries,
  - un autre dispositif de stockage d'énergie à restitution lente sous forme d'hydrogène,
  - une sous-station électrique pour gérer les appels de puissance et le stockage de l'énergie.

- Une parcelle de 2,25 ha, dédiée à la méthanisation de la biomasse marine et terrestre de Guyane, se composera ainsi :
  - un hangar de stockage de la sargasse fraîche sera situé à proximité du quai de transbordement,
  - un autre hangar permettra le séchage de la sargasse à partir de la chaleur dégagée par les méthaniseurs,
  - trois méthaniseurs capables de produire chacun 1,5 MWe,
  - et trois cuves de stockage du méthane.
- Une parcelle de 1,5 ha dédiée à la valorisation de la sargasse sèche en termes de :
  - production décarbonée d'engrais naturels (biochar ou compost),
  - production de protéines végétales,
  - production de biostimulants,
  - et production de cosmétiques.
- Une parcelle de 8 ha dédiée à la production d'énergie décarbonée et à la logistique, comprenant :
  - une ferme photovoltaïque composée de deux champs de panneaux recouvrant une surface totale d'environ 6 ha,
  - et une zone logistique capable d'accueillir des entrepôts de 2 000 m<sup>2</sup> et 4 000 m<sup>2</sup> en première phase.

Ce projet ambitieux et novateur sera à terme un formidable levier à la fois pour accroître les efforts de la Guyane en matière de transition énergétique et écologique et pour développer une agriculture guyanaise vertueuse en termes d'intrants.

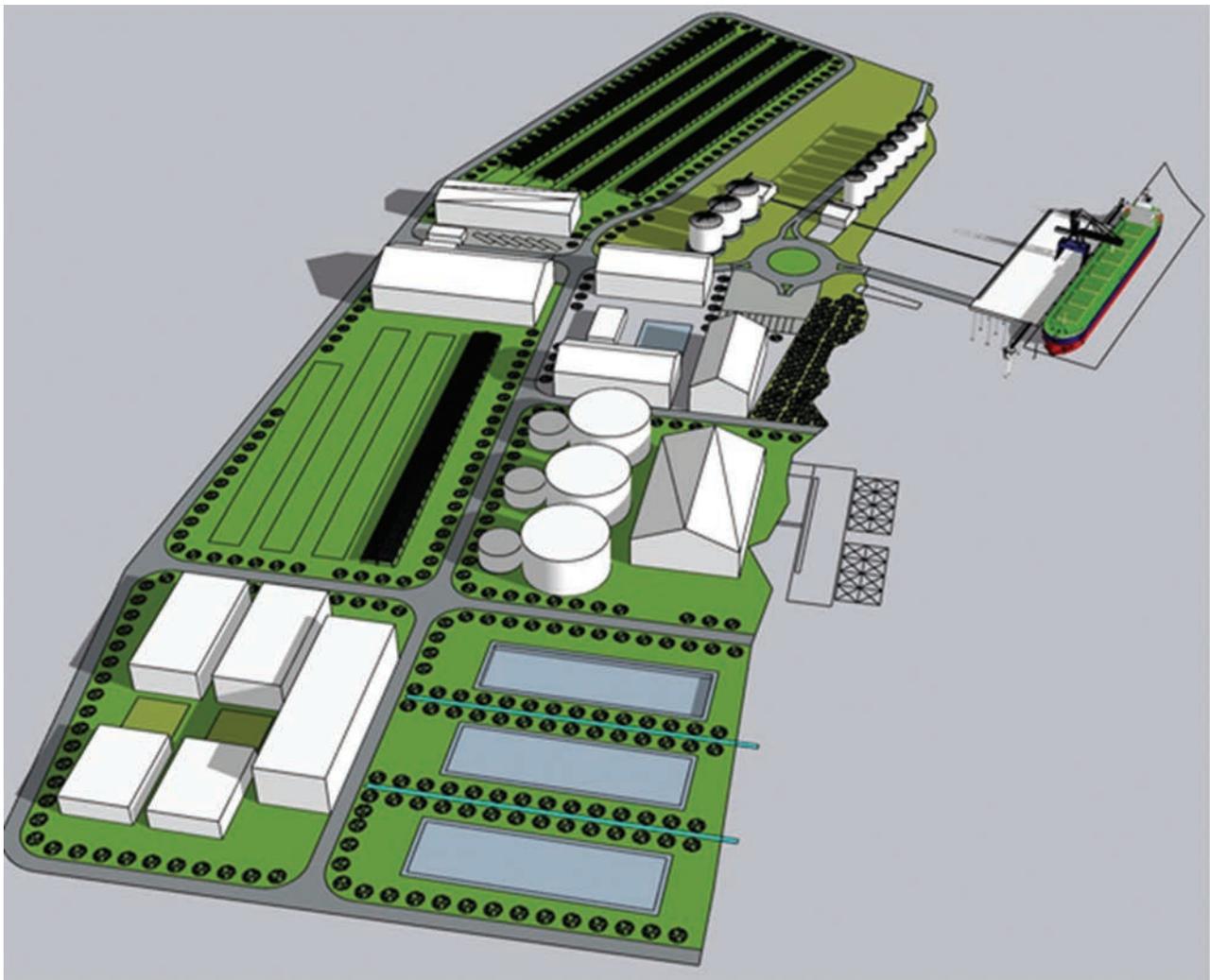


Figure 3 : Projet de zone de production d'engrais et d'énergie à Dégrad des Cannes – Source : GPM Guyane.