



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Suivi des échouages de Sargasses sur le littoral de la Martinique (2024-2025)

Rapport final

BRGM/RP-75049-FR

Version 1 du 12 mars 2026

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

NEBEL T.

Ce rapport a été vérifié le 20/05/2026 et approuvé le 10/06/2026 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Littoral, Sargasse, Martinique, Dynamique sédimentaire, Réseau de suivi photographique

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

NEBEL T. 2026. Suivi des échouages de Sargasses sur le littoral de la Martinique (2024-2025). Rapport final V1. BRGM/RP-75049-FR

© BRGM, 2026, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
M-P2-12 – 02/10/2025

Synthèse

Au cours de la dernière décennie, les littoraux de la Martinique et plus généralement de l'ensemble de la Caraïbe ont vu arriver de grandes quantités de sargasses. Ces événements de prolifération d'algues et d'échouage ont véritablement débuté en 2011 et se poursuivent aujourd'hui avec des concentrations variables selon les années. Ces échouages d'algues sargasses affectent le littoral de la Martinique avec des impacts importants sur les populations, les écosystèmes côtiers et les activités pouvant être exercées à proximité.

Dans le cadre du plan départemental de prévention et de lutte contre les sargasses, le BRGM, en partenariat avec l'Agence de la transition écologique (ADEME) et la Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL), a mis en place en 2018 un réseau de suivi par caméras autonomes en Martinique. Son objectif est d'améliorer la connaissance et la compréhension des échouages de sargasses et leurs impacts sur le littoral. Les images collectées au cours de la période 2018-2024 ont permis de suivre à une échelle locale en temps réel et en continu les arrivages et les échouages de sargasses sur chacun des sites suivis. Durant ce suivi, une variabilité saisonnière significative est observée où la période située entre février et août correspond à celle où les arrivages sont les plus fréquents. L'un des objectifs est de pouvoir développer un bilan comparatif à l'échelle interannuelle en poursuivant le réseau de suivi.

La maintenance du suivi des échouages de sargasses a été assurée pendant les 24 derniers mois, entre janvier 2024 et décembre 2025, sur six sites d'études localisés sur les façades Atlantiques et sud-Caraïbes de la Martinique. Au cours de cette période, le réseau de suivi a connu peu de dysfonctionnement avec un suivi continu de 472 jours opérationnel sur les 6 sites. Depuis le début des suivis, plus de 100 000 images ont ainsi été capturées sur l'ensemble des six sites étudiés (environ 10 % d'échecs en moyenne dans l'acquisition des images). Une chaîne de traitement des images permettant la détection automatique des algues et une estimation de leurs surfaces a été appliquée, montrant des résultats satisfaisants sur cinq sites. Sur ces derniers, les chroniques des surfaces échouées comprennent la date d'acquisition, la quantité de sargasses détectées en pixels ou en mètres carrés, la proportion de sargasses sur l'image correspondante et la précision de la détection. Ces chroniques peuvent être mises à disposition, les futurs utilisateurs de ce jeu de données sont encouragés à utiliser la donnée surfacique lorsque la qualité de la détection est jugée satisfaisante ou excellente.

Si un suivi local et en temps réel du phénomène d'échouage des sargasses est important pour définir les interventions pouvant être réalisées sur site (e.g. organisation des ramassages), la capitalisation de l'information via l'estimation des quantités échouées est indispensable pour surveiller l'évolution du phénomène, mieux qualifier les impacts, définir des stratégies de gestion adaptées, valider ou améliorer les modèles de prévisions et mieux qualifier l'effet des sargasses sur les évolutions du trait de côte. Ainsi, la mise à disposition des données auprès des différents acteurs de la thématique a des retombées importantes aussi bien d'un point de vue appliqué que dans une perspective de recherche et de développement.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. Contexte général.....	9
1.2. Objectifs.....	10
2. Présentation des sites suivis	11
2.1. Introduction	11
2.2. Les sites suivis	13
2.3. Performance de suivi.....	19
2.3.1. <i>Suivi et maintenance sur les 24 derniers mois</i>	19
2.3.2. <i>Suivi et maintenance depuis 2018</i>	20
3. Les algorithmes de traitement des images	21
3.1. Géoréférencement des images	21
3.2. Détection des sargasses	23
3.3. Détection par image satellite	25
3.3.1. <i>Etat de l'art</i>	25
3.3.2. <i>Les limites de la télédétection dans la surveillance côtière des sargasses</i>	26
4. Résultats	28
4.1. Marigot : Baie du bourg	29
4.1.1. <i>Description</i>	29
4.1.2. <i>Evolution de la quantité de sargasses</i>	30
4.1.3. <i>Evènement marquant et échouages massifs</i>	32
4.1.4. <i>Synthèse de fonctionnement du site</i>	33
4.2. Sainte-Marie : Plage du bourg	34
4.2.1. <i>Description</i>	34
4.2.2. <i>Evolution de la quantité de sargasses</i>	35
4.2.3. <i>Synthèse de fonctionnement du site</i>	36
4.3. Le Robert : Baie Cayol	37
4.3.1. <i>Description</i>	37
4.3.2. <i>Evolution de la quantité de sargasses</i>	38
4.3.3. <i>Evènement marquant et échouages massifs</i>	40
4.3.4. <i>Synthèse de fonctionnement du site</i>	41
4.4. Le Francois : Frégate est	42
4.4.1. <i>Description</i>	42
4.4.2. <i>Evolution de la quantité de sargasses</i>	43
4.4.3. <i>Evènement marquant et échouages massifs</i>	45
4.4.4. <i>Synthèse de fonctionnement du site</i>	46
4.5. Le Vauclin : Petite anse macabou	47
4.5.1. <i>Description</i>	47
4.5.2. <i>Evolution de la quantité de sargasses</i>	48
4.5.3. <i>Evènement marquant et échouages massifs</i>	49
4.5.4. <i>Synthèse de fonctionnement du site</i>	51
4.6. Le Diamant : Anse Dizac	52
4.6.1. <i>Description</i>	52
4.6.2. <i>Evolution de la quantité de sargasses</i>	53
4.6.3. <i>Evènement marquant et échouages massifs</i>	54
4.6.4. <i>Synthèse de fonctionnement du site</i>	56
5. Conclusion	57
6. Références.....	58

Liste des figures

Figure 1 : Photographie capturée par le dispositif de suivi ©SolarCam illustrant un échouage de sargasses le 20 juin 2025 au niveau de la baie du bourg de la commune du Marigot.	10
Figure 2 : Description et composants du dispositif de suivi © SolarCam à gauche et exemple d'une installation sur le site de Anse Charpentier à droite.	11
Figure 3 : Localisation des sites équipés du dispositif ©Solarcam : en rouge, les sites instrumentés dans le cadre du suivi des échouages de sargasses et en beige les sites utilisés dans le cadre des activités de l'observatoire du littoral martiniquais pour le suivi du trait de côte.	12
Figure 4 : Localisation du dispositif et prise de vue au bourg du Marigot.....	13
Figure 5 : Localisation du dispositif et prise de vue sur la plage du bourg de Sainte-Marie.	14
Figure 6 : localisation du dispositif et prise de vue au Robert sur le site de la Baie Cayol.	15
Figure 7 : localisation du dispositif et prise de vue au François sur le site de Frégate Est.....	16
Figure 8 : localisation du dispositif et prise de vue sur la plage de Petite anse Macabou au Vauclin.	17
Figure 9 : Localisation du dispositif et prise de vue sur la plage de Dizac au Diamant	18
Figure 10 : Performance du suivi par imagerie photo sur les six sites équipés en nombre de photos capturées par jour et par site depuis le début de la présente convention (entre janvier 2024 et janvier 2026). Les logos rouges illustrent des interventions de maintenance tandis que l'étoile verte signale une panne du serveur ayant affecté l'ensemble des caméras en février 2025. ...	19
Figure 11 : Evolution temporelle du nombre d'images capturées pour chaque site (en cumul) et par jour depuis la mise en place du suivi.....	20
Figure 12 : Photographie issue de la SolarCam du Marigot avec (a) image brute en pixel (vue oblique) et (b) image rectifiée en coordonnées géographiques à partir des 9 points de références ayant des coordonnées connues.	21
Figure 13 : Evolution de la résolution de chaque pixel en fonction de l'éloignement à la SolarCam sur le site du Marigot.....	22
Figure 14 : (a) image brute capturée à Frégate Est au François à l'aide du dispositif SolarCam, (b) étiquetage manuel (couleurs) superposé sur l'image brute selon les différentes classes d'intérêt et (c) classification automatique de l'image par l'algorithme.	23
Figure 15 : Moyenne de plusieurs mesures de réflectance de surface effectuées sur des algues sargasse flottant à la surface de la mer dans des conditions d'éclairages naturel (Lazcano-Hernandez et al., 2023).....	25
Figure 16 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)	29
Figure 17 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées en m ² sur le site du Marigot, les histogrammes gris indiquent les mois ou les données ne permettent pas de réaliser une moyenne mensuelle	30
Figure 18 : Image du 12 Aout 2025 sur le site du Marigot (©SolarCam) et évolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses détectées en m ² (2024-2025), la zone grise indique la période où les données n'ont pas été analysées suite à un incident technique en 2024.	31
Figure 19 : Dispersion de la sargasse en lien avec les paramètres de la houle provenant du houlographe de Basse-Pointe avec : (a) Echouage intense et compacte présent depuis le début	

du mois d'Aout, image du 23 aout à 11h30 ; (b) Démantèlement des échouages en lien avec un épisode énergétique de houle (T_p = fréquence 15s, H_s = Hauteur significative > 2 m et Θ = orientation 0-30° soit nord nord-est), image du 26 Aout à 13h30 et (c) Diminution des échouages de sargasses à la côte et renouvellement de la masse d'eau, image du 22 septembre à 13h30.

.....	32
Figure 20 : Site du Marigot - Schéma conceptuel de circulation des sargasses.....	33
Figure 21 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)	34
Figure 22 : Représentation de type 'timestacks' des arrivages de sargasses des années 2024 et 2025. Le profil transversal utilisé pour cette représentation est visible sur les images (1), (2) et (3).	35
Figure 23 : Site de Sainte-Marie - Schéma conceptuel de circulation des sargasses	36
Figure 24 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)	37
Figure 25 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées en m ² sur le site du Robert	38
Figure 26 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses sur les années 2024-2025 sur le site du Robert, le bandeau bleu indique la période où le barrage a rompu et où la quantité de sargasses a été sous-estimé	39
Figure 27 : Image du dispositif ©Solarcam montrant la rupture du barrage au mois de juin 2025 avec (a) Image du 14 juin 2025 à 13h36 et détection automatique associée et (b) image du 15 juin 2025 à 11h32 et détection automatique associée	40
Figure 28 : Site de la baie Cayol au Robert - Schéma conceptuel de circulation des sargasses avec barrage	41
Figure 29 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)	42
Figure 30 : Evolution journalière de la densité (en %) et de la quantité (en m ²) de sargasse détectée entre janvier 2020 et décembre 2025.....	43
Figure 31 : Image du 13 juillet 2025 (©SolarCam) et évolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses détectées en m ² sur le site du Francois (2024-2025).....	44
Figure 32 : Echouage intense et dispersion de la sargasse durant le mois de mai 2025 sur le site du Francois	45
Figure 33 : Site de Frégate Est au Francois - Schéma conceptuel de circulation des sargasses avec barrage	46
Figure 34 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)	47
Figure 35 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées en m ² du site de Petite Anse Macabou	48
Figure 36 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses du site de Petite Anse Macabou sur les années 2023-2024.....	48
Figure 37 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses du site de Petite Anse Macabou sur l'année 2025	49
Figure 38 : Cinématique des images capturées avant (29/06/24), pendant (01/07/2024) et après (2 images du 02/07/2024) le passage de l'ouragan Beryl sur le site de Petite Anse Macabou ..	50
Figure 39 : Site de Petite Anse Macabou - Schéma conceptuel de circulation de sargasses.....	51
Figure 40 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)	52

Figure 41 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées du site d'Anse Dizac en m ²	53
Figure 42 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses détectées du site d'Anse Dizac en m ² (2024-2025)	53
Figure 43 : Cinématique des images capturées par le dispositif SolarCam avec (a)13/07/2025, (b)14/07/25 et (c)15/07/25 et photographie du 15/07/25 vue ouest de la plage de Dizac.	54
Figure 44 : Photographies du profil P2 avec (a) 27/06/2024 et (b) 15/07/2025 et comparaison des profils topographique P2 entre les années 2024 et 2025. Les lignes pointillés situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (plus haute mer astronomique). Les points représentent l'intersection entre le niveau de mi-marée (0.17 m NGM) de chaque profil mesuré, soit la position théorique du jet de rive (statique, sans déferlement)	55
Figure 45 : Site de Anse Dizac – Schéma conceptuel de circulation des sargasses	56

Liste des annexes

Annexe 1	Condition météorologique mai 2025 au Vauclin	61
Annexe 2	Prévision de vagues BERYL	62
Annexe 3	Ramassage mécanique sargasse	63

1. Introduction

1.1. CONTEXTE GENERAL

Depuis 2011, la Martinique et plus largement les côtes des Antilles font face à un phénomène d'échouement massif et régulier d'algues sargasses, marquant une transformation majeure des dynamiques écologiques, économiques et sanitaires du littoral antillais (Alleyne et al., 2023; Bouvier 2024, 2022; Wang et al., 2019). Ce phénomène, devenu une préoccupation majeure pour les populations, les scientifiques et les autorités, se distingue par sa complexité et ses impacts multiformes.

Les sargasses (essentiellement *Sargassum natans* et *Sargassum fluitans*) sont des macro-algues brunes holopélagiques, c'est-à-dire qu'elles vivent et accomplissent l'ensemble de leur cycle de vie à la surface de la mer, en radeaux flottants grâce à des vésicules pleines de gaz (Wang et al., 2019). Elles sont capables d'agréger sur des milliers de mètres carrés, formant des habitats mobiles abritant une grande biodiversité.

Ces échouages proviennent majoritairement d'une nouvelle zone de prolifération connue sous le nom de région de recirculation équatoriale nord (NERR), située entre le courant équatorial sud et le contre-courant équatorial nord qui s'étend de l'Afrique à l'Amérique du Sud (Alleyne et al., 2023). Les recherches les plus récentes convergent vers le rôle d'un événement exceptionnel de l'oscillation nord-atlantique (NAO) à l'hiver 2009-2010 qui aurait modifié les courants, permettant à des radeaux de sargasses de quitter leur zone habituelle (mer des Sargasses) pour rejoindre l'Atlantique tropical et les Caraïbes, où les conditions environnementales étaient particulièrement favorables à leur croissance (Jouanno et al., 2025).

L'ampleur des impacts sur la Martinique, tant en termes écologiques, sanitaires que socio-économiques, appelle à une mobilisation durable des politiques publiques, de la recherche, et de la sphère socio-économique régionale. Un suivi local des échouages de sargasses est donc indispensable pour assurer une veille en temps réel et pour permettre l'archivage de l'information afin de définir des stratégies de gestion plus adaptées.

Dans le cadre du plan départemental de prévention et de lutte contre les sargasses, le BRGM, en partenariat avec l'ADEME et la DEAL, a mis en place en 2018 un réseau de suivi par caméras autonomes. Son objectif est d'améliorer la connaissance et la compréhension des échouages de sargasses afin de mieux évaluer leurs impacts sur le littoral (C. Bouvier 2024, 2022). Dans l'état des connaissances actuelles, ce type de dispositif est l'un des seuls permettant d'obtenir un suivi quantitatif à l'échelle locale (1 m – 1 km) en temps réel et en continu (Figure 1).

Si un suivi local et en temps réel du phénomène sargasse est important pour définir les interventions pouvant être réalisées sur site (organisation des ramassages notamment), la capitalisation de l'information via l'estimation des quantités échouées est indispensable pour surveiller l'évolution du phénomène, mieux qualifier les impacts, définir des stratégies de gestion adaptées, valider ou améliorer les modèles de prévisions et mieux qualifier l'effet des sargasses sur la position du trait de côte. Ainsi, la mise à disposition des données auprès des différents acteurs de la thématique aura des retombées importantes dans une perspective de recherche et développement.



Figure 1 : Photographie capturée par le dispositif de suivi ©SolarCam illustrant un échouage de sargasses le 20 juin 2025 au niveau de la baie du bourg de la commune du Marigot.

1.2. OBJECTIFS

Ce projet s'inscrit dans la mesure 3 du plan national de prévention et de lutte contre les sargasses 2022-2025 et sa déclinaison territoriale en Martinique.

L'objectif général de ce projet est de maintenir le dispositif de suivi par imagerie mis en place depuis 2018 et de poursuivre les développements méthodologiques, notamment les algorithmes de détection automatique, afin de disposer d'observations uniques en continu sur les principaux sites soumis aux échouages de sargasses.

Il est ainsi prévu dans cette nouvelle convention de poursuivre les observations entre décembre 2023 et décembre 2025 sur six sites. La chaîne de traitement des images est appliquée sur chaque site avec une spécificité pour le site de Sainte-Marie.

Ce rapport s'attache à présenter les différents sites instrumentés dans le cadre de ce projet et détaille le suivi réalisé depuis 2018 et poursuivi dans cette quatrième phase au cours des années 2024-2025. Les développements effectués sont décrits dans la suite de ce document, notamment la détection automatique des algues sur les sites équipés. Une partie est également dédiée à un état de l'art sur la détection de sargasses par image satellite (signaux spectraux). Enfin, ce rapport présente et analyse les jeux de données disponibles sur chacun des sites étudiés.

2. Présentation des sites suivis

2.1. INTRODUCTION

La dynamique des échouages de sargasses fait intervenir un grand nombre de processus physiques et biologiques agissant sur une large gamme d'échelles spatiales et temporelles. La méthode de suivi adoptée doit alors permettre de couvrir l'ensemble de ces échelles. Les techniques les plus utilisées pour la détection des sargasses sont associées à l'imagerie. Les instruments peuvent être embarqués sur des satellites, ou plus localement sur des véhicules aéroportés (avion, hélicoptère, drone). Si les nouveaux systèmes d'observations satellites disposent d'une résolution de l'ordre du mètre, ces techniques sont typiquement associées à des fréquences d'acquisition plus basses et restent très dépendante de la couverture nuageuse (Vos, Splinter, et al. 2019; Vos, Harley, et al. 2019). Un suivi haute fréquence est alors encore difficile à appréhender. Une partie de ce rapport est dédié à l'utilisation des images satellites pour la détection des arrivages de sargasse en domaine proche côtier (3.3). Par ailleurs, un système de suivi par caméras fixes apparait totalement en accord avec la problématique des échouages de sargasses. Les systèmes fixés de manière « permanente » (plusieurs mois / années) permettent d'obtenir des informations à haute fréquence temporelle (jusqu'à plusieurs Hz) sur de longues durées (années) pour des échelles spatiales allant du mètre au kilomètre (Bouvier et al., 2017).

La sélection du dispositif a été réalisée à partir de l'analyse de l'efficacité de plusieurs caméras autonomes déployées en Corse dans le cadre d'un projet de suivi de la dynamique des banquettes de posidonie et de leur impact sur l'évolution du trait de côte (Belon et al., 2017). D'après ce retour d'expérience, le choix de la caméra s'est porté sur la ©Solarcam en raison de son faible coût, sa fiabilité et sa simplicité d'utilisation. L'acquisition des images est réalisée à intervalles réguliers selon une fréquence déterminée par l'utilisateur et en fonction de l'exposition du panneau solaire. La fréquence des prises de vue peut varier entre 1 photo/15 min et 1 photo/2heure avec une résolution entre 5 et 12 mégapixels pour une taille d'environ 1 100 ko par image (12Mpx). Le contrôle de la caméra peut s'effectuer entièrement à distance à l'aide de commande SMS dédiées et sur la page internet du constructeur pour pouvoir paramétrer l'acquisition. Une fois la caméra activée, les images sont transférées via 3G ou 4G vers un serveur ftp (*File Transfer Protocol*). Elles sont ensuite archivées sur un serveur BRGM. Il est également possible de visualiser en temps réel les images à partir de la page internet dédiée avec accès restreint. Le dispositif est actuellement configuré pour acquérir au minimum une image toutes les heures entre 7h et 17h sur la majorité des sites, ce qui représente 11 images par jour pour chaque site.



Figure 2 : Description et composants du dispositif de suivi © SolarCam à gauche et exemple d'une installation sur le site de Anse Charpentier à droite.

Depuis l'installation des premiers dispositifs en Martinique et à la suite d'un retour d'expérience positif, un réseau similaire a été déployé en Guadeloupe. Au-delà de son utilisation dans le cadre du suivi des échouages d'algues, ce système permet également de se focaliser sur les problématiques de suivi du trait de côte. Il est maintenant utilisé dans de nombreuses régions, aussi bien en hexagone qu'en territoire ultramarin (Moisan et al., 2021; Bossennec et al., 2021; Paquier et Valentini, 2020).

L'installation des ©SolarCam a été réalisée de préférence sur des sites « naturels » (arbres, poteaux déjà en place) ou avec l'accord des propriétaires sur des parcelles privées. Récemment, des mâts basculants ont été commandés dans le cadre de ce projet afin de favoriser l'accès aux systèmes sur différents sites, et également pour permettre une meilleure exposition du panneau solaire et éviter le vandalisme. Le positionnement du matériel a été un élément primordial à prendre en compte lors du choix des sites pouvant être équipées. Entre autres, les contraintes de hauteur, stabilité, sécurité, orientation, couverture réseau, et d'accessibilité sont autant d'éléments essentiels pour optimiser le bon fonctionnement de l'appareil et la qualité des données. A noter que le réseau de suivi doit au maximum privilégier des observations sur une longue durée plutôt qu'une reconfiguration site par site trop fréquente.

Ainsi, la maintenance a été assurée pendant les années 2024-2025 sur les sites de la baie du bourg du Marigot (1) ; la plage au nord du bourg de Sainte-Marie (2) ; la baie Cayol au Robert (3) ; Frégate Est au François (4) ; Petite Anse Macabou au Vauclin (5) et Morne Larcher au Diamant (6) (Figure 3).

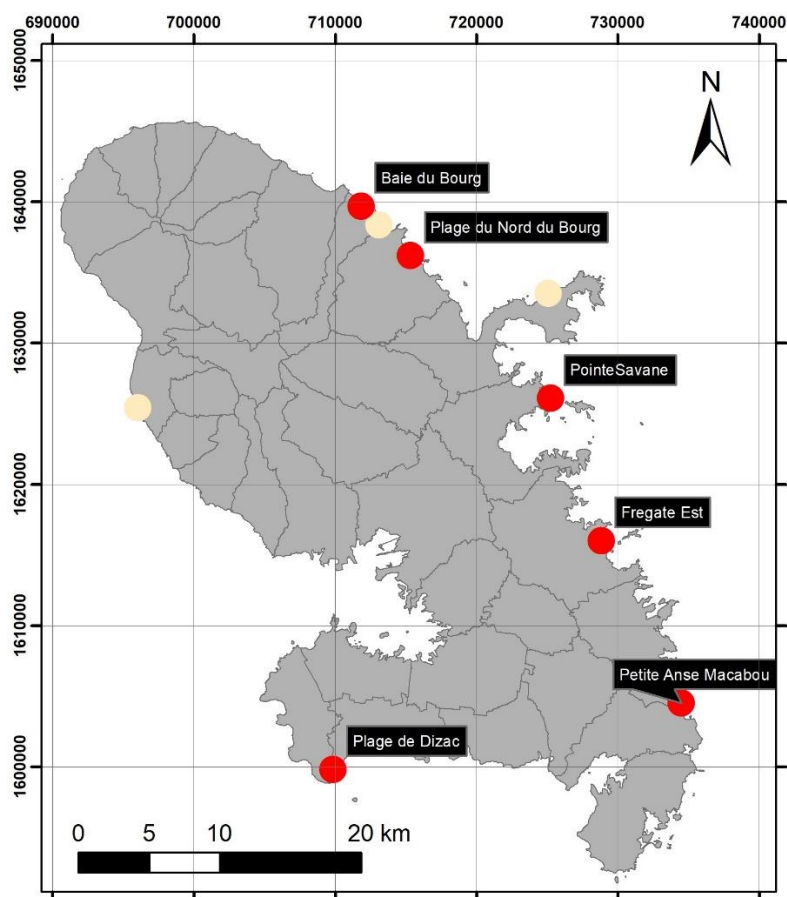


Figure 3 : Localisation des sites équipés du dispositif ©Solarcam : en rouge, les sites instrumentés dans le cadre du suivi des échouages de sargasses et en beige les sites utilisés dans le cadre des activités de l'observatoire du littoral martiniquais pour le suivi du trait de côte.

2.2. LES SITES SUIVIS

a) La baie du bourg du Marigot

Le site de suivi au bourg du Marigot correspond à un fond de baie relativement étroit (~ 250 m de large), orienté vers l'est et donc relativement exposé aux vagues générées par les alizés (Figure 4). Le secteur nord de la baie présente deux ouvrages portuaires d'une centaine de mètres de long ouvrant vers un chenal d'une vingtaine de mètres de large qui assure les entrées et les sorties du port (~ 2500 m²). Le secteur sud de la baie n'est pas protégé par des ouvrages et reste largement exposé aux échouages de sargasses.

Le dispositif a été déployé en septembre 2018 sur un poteau en bois à une hauteur d'environ 11 m (ngm¹). La caméra a été installée au sud de la baie de Fonds d'Or et se situe à proximité immédiate de la mer (Figure 4). Un mât basculant, permettant un accès plus sécurisé, est en cours d'installation sur ce site.

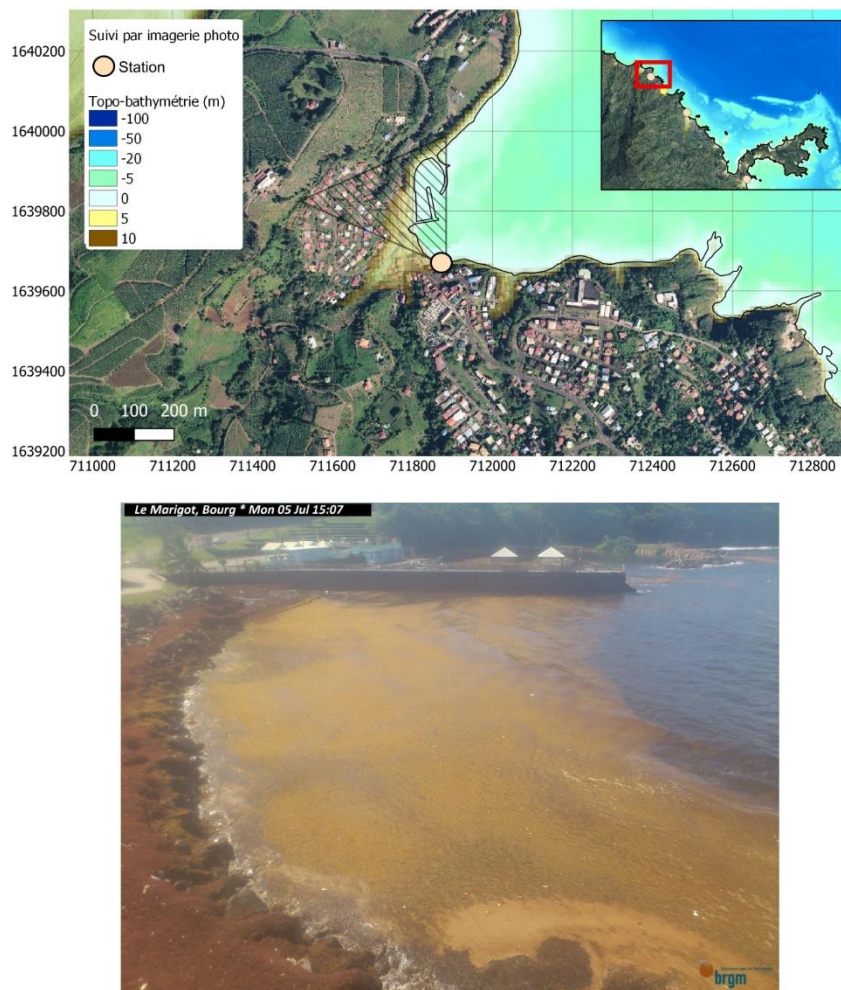


Figure 4 : Localisation du dispositif et prise de vue au bourg du Marigot.

¹ ngm : nivellement général de la Martinique (niveau moyen de la mer à Fort-de-France)

b) La plage du bourg de Sainte-Marie

La plage du bourg est située sur la commune de Sainte-Marie (Figure 5) et s'étend sur environ 1 km de long. La cellule sédimentaire est délimitée par un cap rocheux au nord-ouest sur le quartier de Petit Bourg et des enrochements au sud-est localisés à proximité du tombolo qui relie parfois l'îlet Sainte-Marie à la côte. La plage est essentiellement composée de sables fins d'origine volcanique et reste exposée à un climat de vague énergétique. Des sargasses échouées sont fréquemment présentes sur la plage.

Le dispositif a été installé en octobre 2018, sur un arbre situé en bordure d'un escarpement au nord de la plage à environ 30 m (ngm). La position et l'angle de vue du dispositif sont optimaux pour le suivi des échouages de sargasses (Figure 5). Néanmoins, du fait de son orientation, les images capturées peuvent être occasionnellement floues à cause des embruns. Par ailleurs, la plage peut devenir très étroite selon la saison rendant alors difficile l'identification des sargasses sur le haut de plage plus ou moins masquées par la végétation. Récemment, un mât basculant a été installé sur ce site compte tenu des risques liés à la chute de l'arbre situé en bordure d'escarpement.

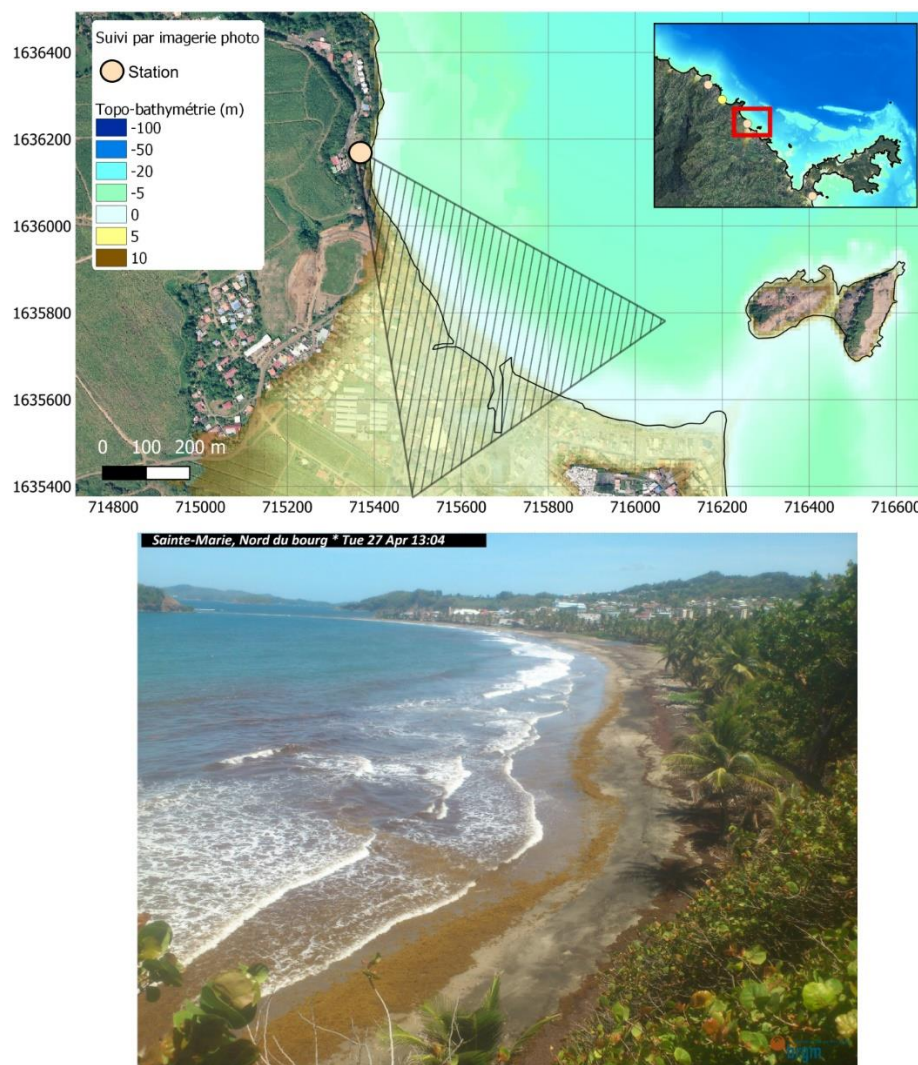


Figure 5 : Localisation du dispositif et prise de vue sur la plage du bourg de Sainte-Marie.

c) Baie Cayol (le Robert)

Située sur la commune du Robert, cette baie de plus de 1500 m de long est délimitée par deux pointes rocheuses. Sur ce secteur, la côte est abritée par la présence de hauts fonds situés à quelques centaines de mètres du rivage. Le site est équipé d'un barrage de plusieurs kilomètres, composé de cubes en plastique et de filets afin de bloquer l'arrivage des algues à la côte.

Le dispositif de suivi a été installé au sud-est de la baie sur un poteau à une hauteur d'environ 19 m (ngm) en février 2023. Orienté vers le nord-ouest, l'appareil offre une vue plongeante sur la baie et permet de suivre l'action du barrage flottant mis en place (Figure 6).

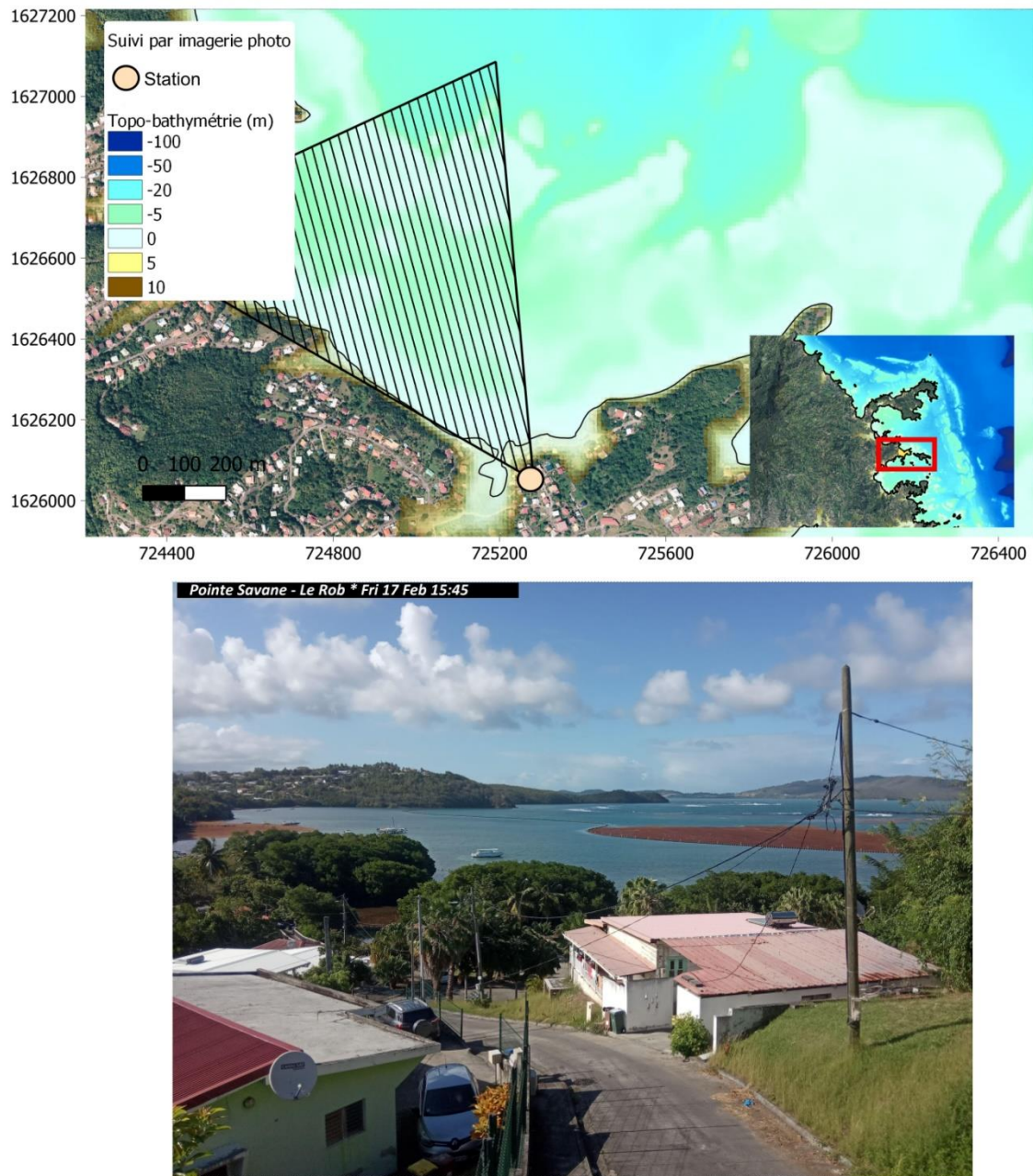


Figure 6 : localisation du dispositif et prise de vue au Robert sur le site de la Baie Cayol.

d) *Frégate est (le François)*

Le site suivi à Frégate est au François correspond à un fond de baie relativement étroit (~ 250 m de large), orienté vers l'est et bien abrité des vagues par les îlets ou hauts fonds situés quelques centaines de mètres plus au large. Cette cellule sédimentaire est centrée sur une ravine qui se jette en mer. Le secteur est équipé d'un barrage flottant installé quelques dizaines de mètres au large pour bloquer les échouages à la côte.

Le dispositif a été mis en place depuis octobre 2018 chez un riverain au sud de la baie à environ 12 m (ngm). La prise de vue offre une vue globale et dégagée sur le fond de baie (Figure 7).

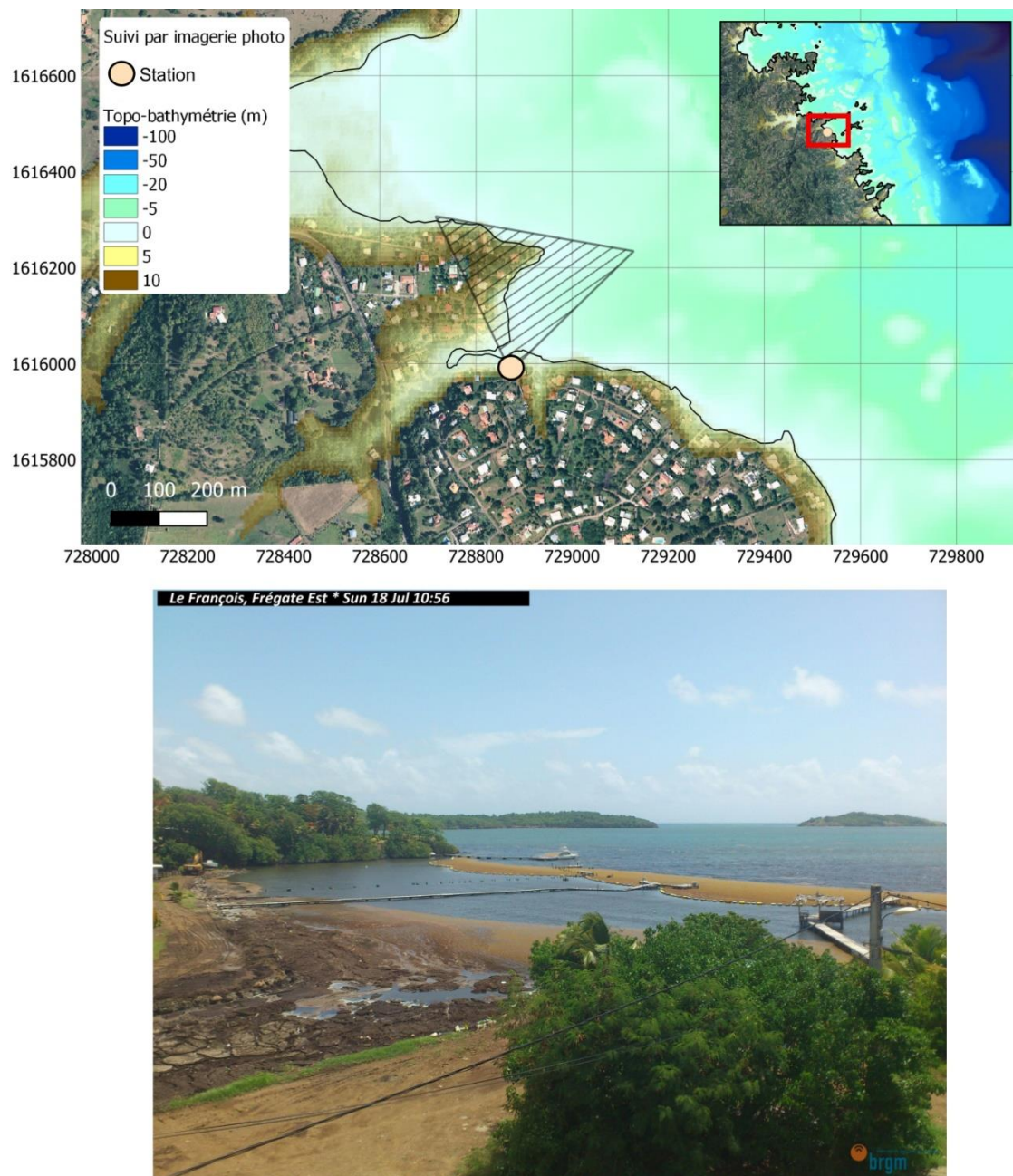


Figure 7 : localisation du dispositif et prise de vue au François sur le site de Frégate Est.

e) Petite anse Macabou (le Vauclin)

La plage de Petite anse Macabou est située sur la commune du Vauclin et s'étend sur environ 600 m de long. La cellule sédimentaire est délimitée par des falaises rocheuses. La plage est essentiellement composée de sables fins et reste exposée à un climat de vague assez énergétique par rapport aux autres sites étudiés. Des sargasses échouées sont très fréquemment présentes sur la plage.

La cellule sédimentaire voisine appelée Grande anse Macabou fait l'objet d'un suivi par imagerie photo depuis octobre 2018. Le dispositif avait été initialement installé en bordure de falaise, surplombant la plage au nord (Bouvier et al., 2020). Suite à un acte de vandalisme en août 2020, le dispositif a dû être repositionné au sommet d'un morne plus au sud, à quelques centaines de mètres de la zone d'intérêt (Bouvier, 2022). Aujourd'hui, le dispositif est installé sur un arbre à une hauteur d'environ 8.5 m et permet de suivre plus localement la dynamique des échouages sur la plage de petite anse Macabou (Figure 8).

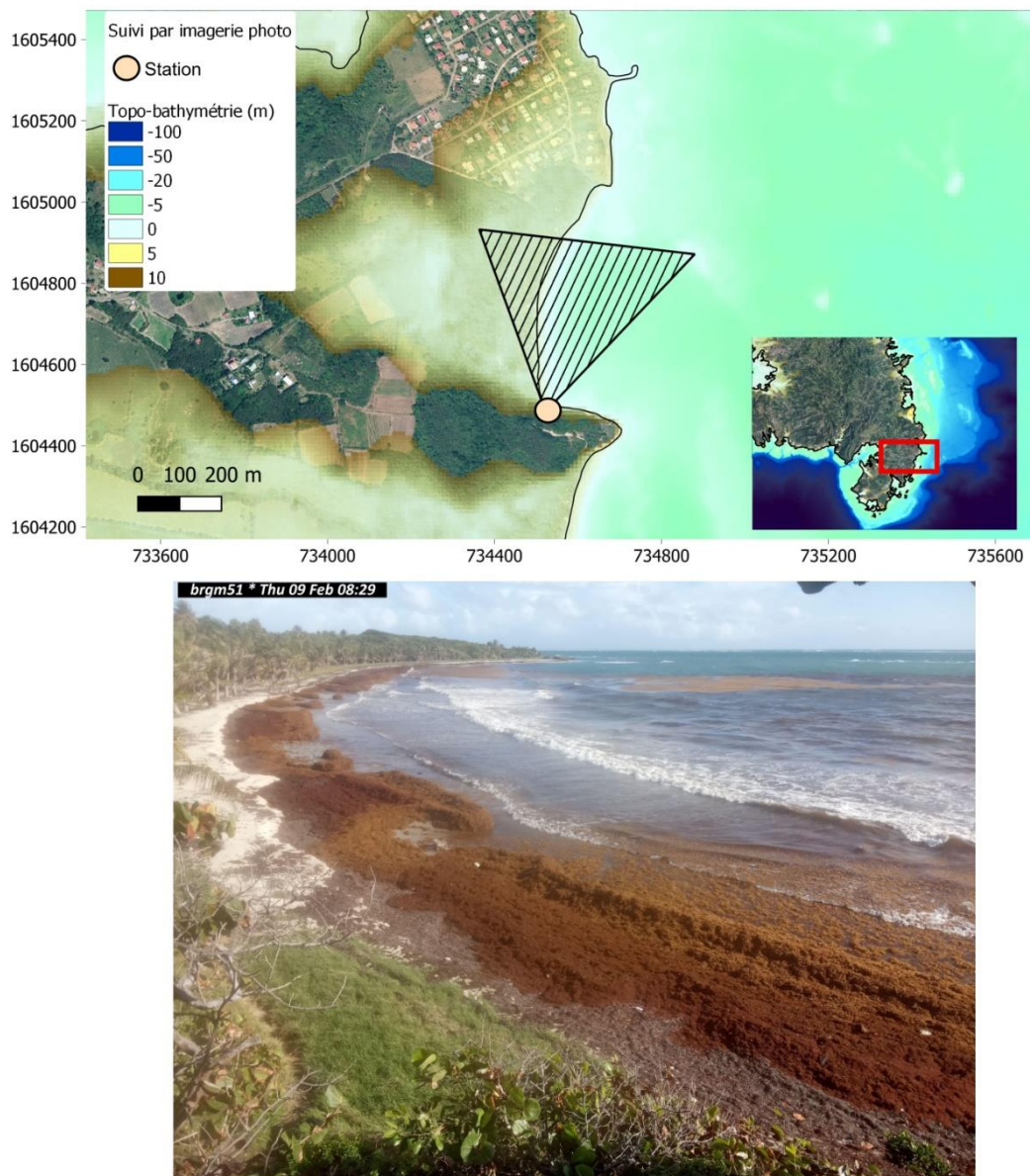


Figure 8 : localisation du dispositif et prise de vue sur la plage de Petite anse Macabou au Vauclin.

f) La Baie du Diamant

La baie du Diamant est située au sud-ouest de la Martinique et comprend l'anse Cafard sur son extrémité est et la plage de Dizac sur le reste de la baie (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette plage s'étend sur plus de 3 km de long et s'impose comme l'une des cellules sédimentaires les plus étendues de l'île. La plage est délimitée par une côte rocheuse à l'est (Pointe du Marigot) et des enrochements à l'ouest qui la sépare de l'anse Cafard.

Le dispositif de suivi a été mis en place depuis août 2019 en bordure de falaise sur le Morne Larcher à une hauteur de 355 m (ngm). La prise de vue surplombe ainsi la baie du Diamant et permet de suivre les arrivages de sargasses sur la plage de l'anse Cafard et sur la partie sud-ouest de la plage de Dizac. Ce site fait l'objet de problématique de rechargement compte tenu de la végétation de part et d'autre de l'installation du système ©SolarCam, il est complexe de trouver un emplacement adéquat pour le panneau solaire.

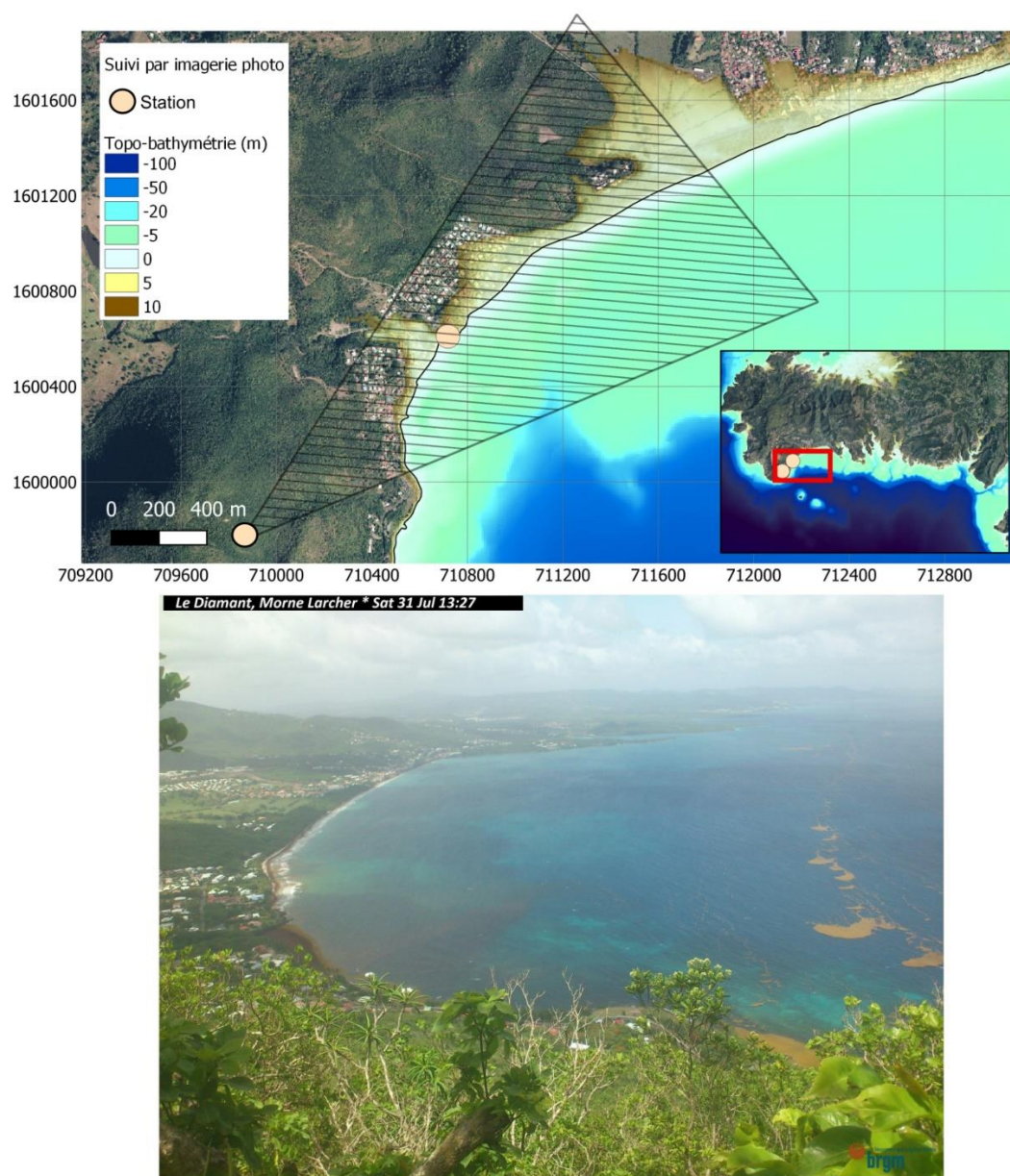


Figure 9 : Localisation du dispositif et prise de vue sur la plage de Dizac au Diamant

2.3. PERFORMANCE DE SUIVI

2.3.1. Suivi et maintenance sur les 24 derniers mois

Dans le cadre de ce projet, la maintenance des dispositifs a été assurée pendant les 24 derniers mois, entre janvier 2024 et décembre 2025, sur les six sites présentés en section 2.2. Au cours de cette période, le système de suivi a connu quelques dysfonctionnements sur certains sites mais présente globalement des taux d'échecs (aucune image capturée pendant toute une journée, Figure 10) très bas dans l'acquisition des images. Le suivi proposé a permis de collecter plus de 35 000 images au cours des deux dernières années.

Les sites ayant connus les taux d'échec les plus élevés sont Petite Anse Macabou (particulièrement en 2024) et l'anse Dizac malgré les nombreuses interventions réalisées. Pour ces deux sites, le suivi a été ponctué de quelques coupures liées à des problèmes de connexion sur le réseau mobile et des interruptions plus longues liées à l'usure prématurée des panneaux solaires créant des problématiques de recharge et ayant conduit au remplacement des appareils. Les sites de la Baie Cayol au Robert et de la plage du bourg de Sainte Marie restent ceux qui ont connu le moins de difficultés avec aucun échec sur les 24 derniers mois si ce n'est une panne du serveur début 2025 (Figure 10).

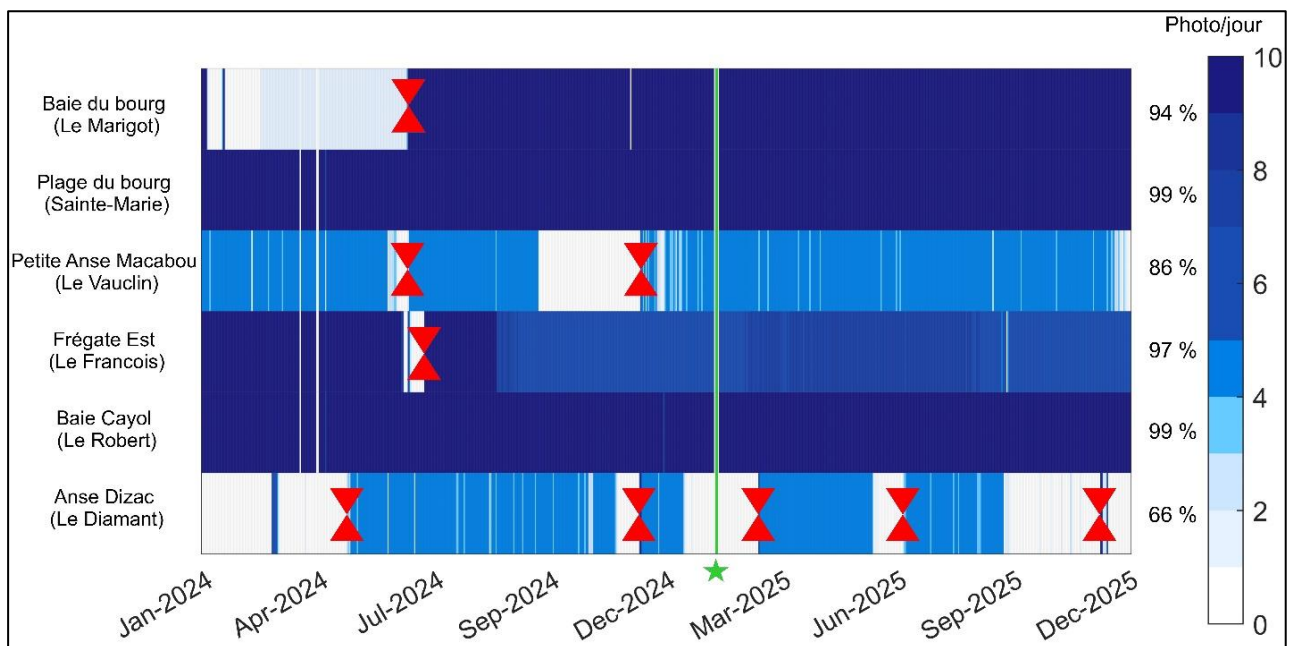


Figure 10 : Performance du suivi par imagerie photo sur les six sites équipés en nombre de photos capturées par jour et par site depuis le début de la présente convention (entre janvier 2024 et janvier 2026). Les logos rouges illustrent des interventions de maintenance tandis que l'étoile verte signale une panne du serveur ayant affecté l'ensemble des caméras en février 2025.

2.3.2. Suivi et maintenance depuis 2018

Dans le cadre des trois dernières conventions relatives au suivi des échouages de sargasses (Bouvier, 2024 ; Bouvier, 2022 ; Bouvier et al., 2020), la maintenance du dispositif a permis d'acquérir des images sur plusieurs sites depuis octobre 2018 (Figure 11).

Malgré quelques dysfonctionnements, l'ensemble du réseau est resté opérationnel sur le long terme et a permis la capture d'environ 3000 images par sites (variant de 1000 pour le site du Diamant à 5000 pour le Marigot). Les dernières années (2024-2025) montrent une routine d'acquisition plus stable sur l'ensemble des sites avec au minima une quarantaine d'images par jours, outre la panne du serveur début 2025.

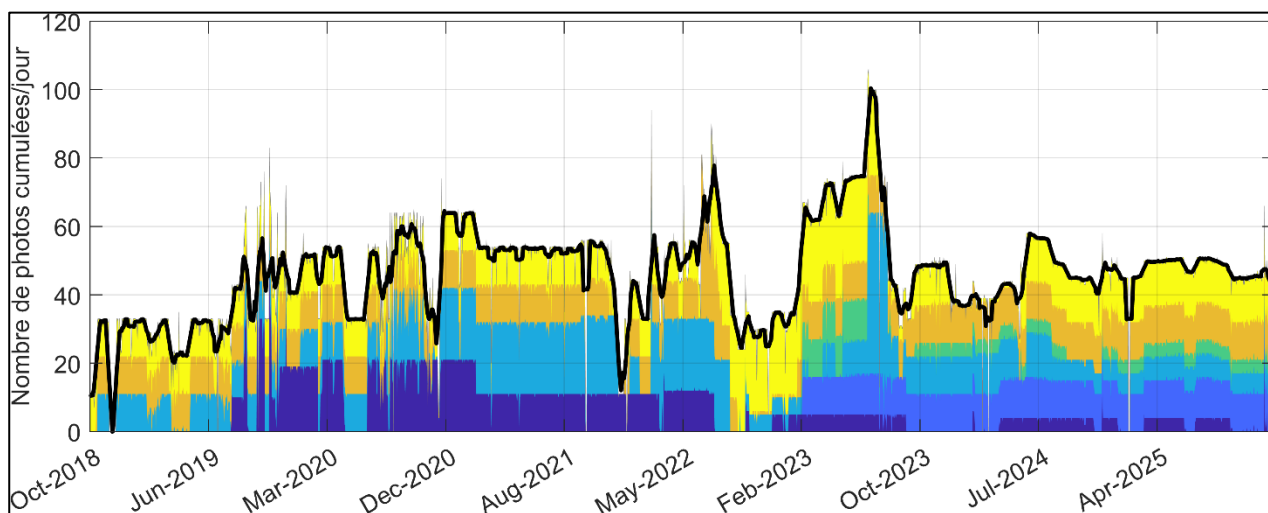


Figure 11 : Evolution temporelle du nombre d'images capturées pour chaque site (en cumul) et par jour depuis la mise en place du suivi.

3. Les algorithmes de traitement des images

Afin de réaliser des observations quantitatives à partir des images du réseau de suivi, différents algorithmes de traitement ont été développés, notamment dans le cadre des premières conventions relative au suivi des échouages de sargasses (Bouvier et al., 2020). Ces traitements visent au géoréférencement des images, ainsi qu'à la détection des sargasses. Les algorithmes développés ont déjà été décrits dans les précédents rapports et sont brièvement présentés dans les sections suivantes.

3.1. GEOREFERENCEMENT DES IMAGES

La quantification de données physiques à travers les images acquises requiert de réaliser un géoréférencement de ces images, c'est-à-dire d'attribuer à une image numérique une dimension spatiale des coordonnées géographiques en lui appliquant une transformation. Cela revient à déterminer la relation entre les coordonnées pixels de l'image (u, v) et la position X, Y et Z de chacun d'entre eux dans un repère géographique réel (Figure 12). La relation entre l'image et les coordonnées géographiques réelles peut être obtenue en connaissant la position (X_0, Y_0 et Z_0), la distance focale et l'orientation de la caméra. Ces angles sont déterminés en utilisant plusieurs points de références dont les coordonnées sur l'image (en pixels) et réelles (en mètres) sont connues (GCP 1 à 9, Figure 12).

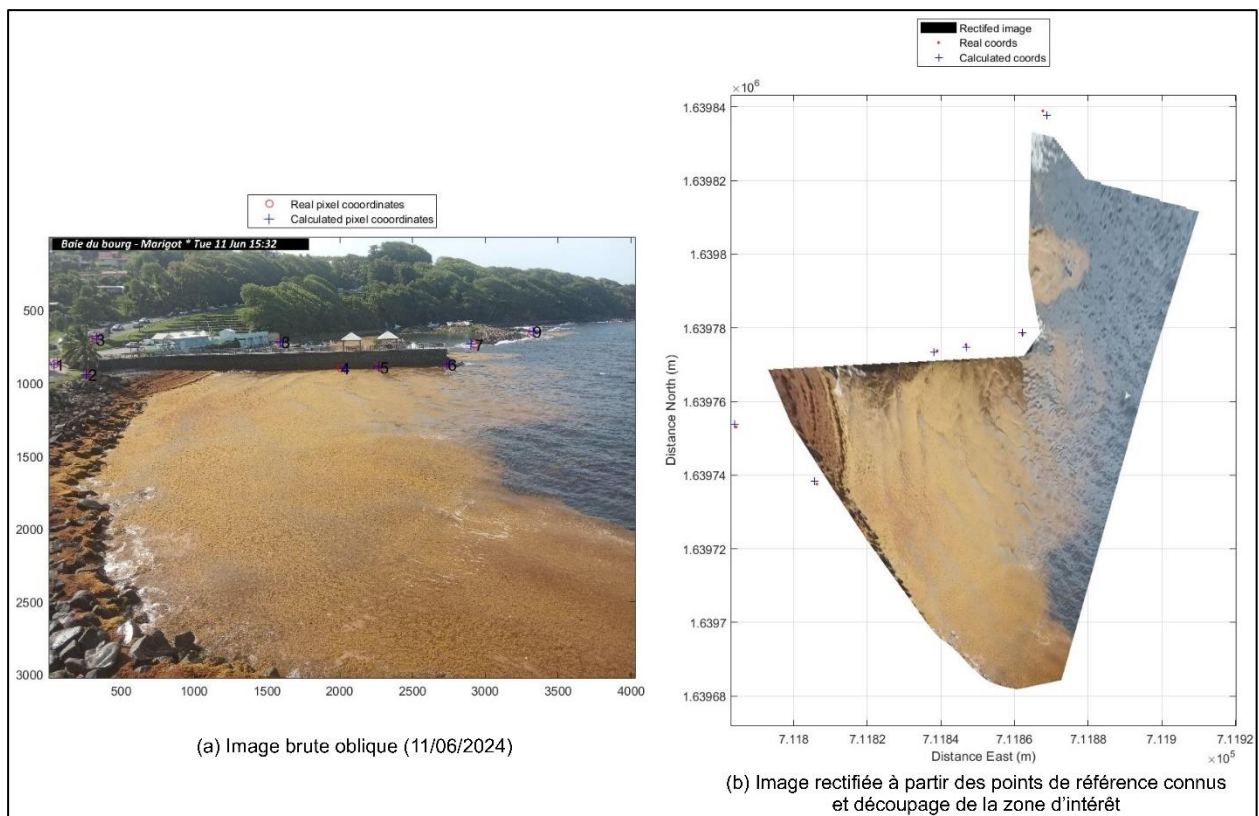


Figure 12 : Photographie issue de la SolarCam du Marigot avec (a) image brute en pixel (vue oblique) et (b) image rectifiée en coordonnées géographiques à partir des 9 points de références ayant des coordonnées connues.

La rectification de l'image bidimensionnelle (u, v) en coordonnées tridimensionnelles X, Y et Z implique une sous-détermination du système. Ce problème est généralement résolu en attribuant une altitude verticale Z connue, typiquement la hauteur du plan d'eau (Holland et al., 1997).

Sur la plupart des sites d'études, il est généralement admis que les angles de vue des caméras peuvent varier plus ou moins dans le temps pour différentes raisons. Un décalage même faible de l'orientation de la caméra peut entraîner des erreurs de géoréférencement post-acquisition de l'ordre de la centaine de mètres (Clément Bouvier et al., 2020). De ce fait, de nombreuses images nécessitent une rectification spécifique calculée après la prise de vue qui requiert l'identification d'objets dans le champ de la caméra (bâtiment, route, digue) dont la localisation est connue. Lorsque l'image ne contient pas ce genre de repère, ce qui courant sur le littoral, un géoréférencement précis est alors impossible.

Une fois géo-référencées, les images permettent d'obtenir une zone de suivi continue sur plusieurs centaines de mètres. La résolution d'un pixel peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres dans les zones les plus éloignées de la caméra (Figure 13).

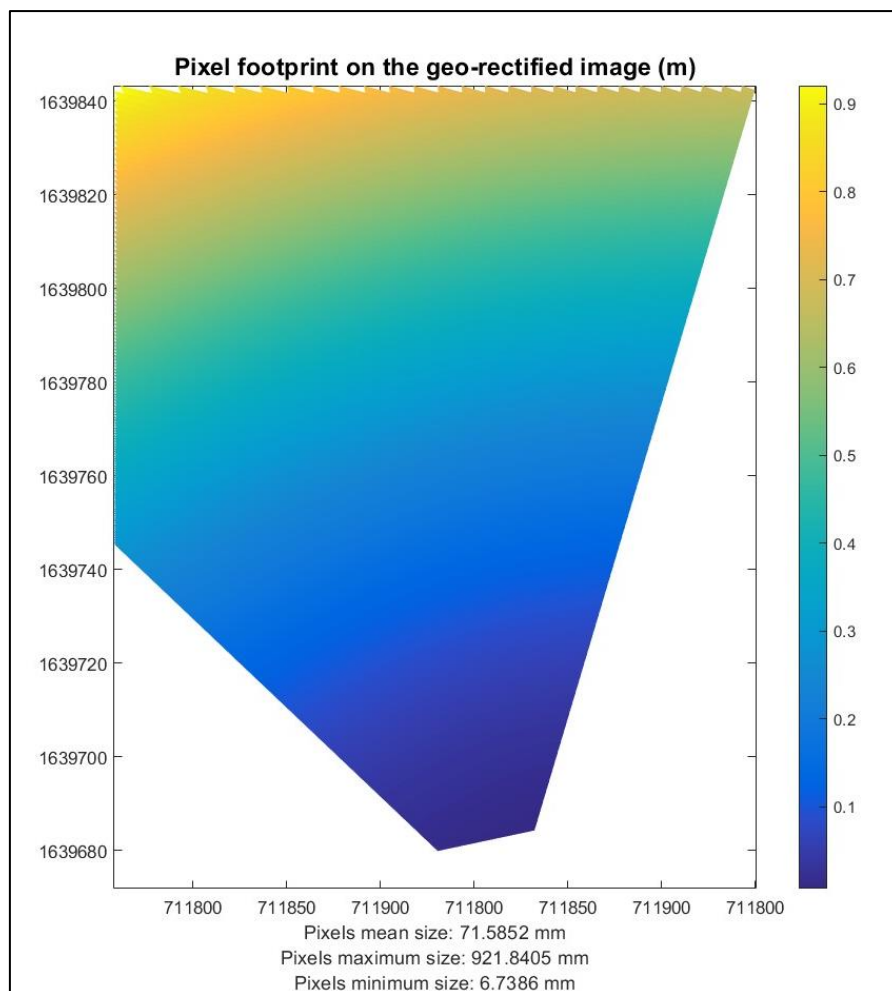


Figure 13 : Evolution de la résolution de chaque pixel en fonction de l'éloignement à la SolarCam sur le site du Marigot

3.2. DETECTION DES SARGASSES

Afin de détecter automatiquement les sargasses sur les images, un algorithme de segmentation par région d'intérêt (sémantique) a été utilisé (Valentini et Balouin, 2020). Cette méthode est particulièrement employée ces dernières années en traitement d'image pour diverses applications tels que la conduite autonome, l'imagerie médicale, les contrôles industriels ou l'imagerie satellite.

Tout d'abord, afin d'entraîner le modèle de classification, l'opérateur doit étiqueter manuellement quelques images afin de fournir une base d'exemple à l'algorithme des différentes catégories de couleurs ou de formes à classer. Cette étape est reproduite sur une dizaine d'images considérées comme représentatives des conditions observées sur le site en termes de luminosité ou de condition météorologique. L'objectif de cet étiquetage manuel consiste à discrétiser visuellement les différentes classes d'intérêt directement sur l'image (Figure 14).



Figure 14 : (a) image brute capturée à Frégate Est au François à l'aide du dispositif SolarCam, (b) étiquetage manuel (couleurs) superposé sur l'image brute selon les différentes classes d'intérêt et (c) classification automatique de l'image par l'algorithme.

L'objectif de l'algorithme est ensuite d'utiliser ce modèle défini par l'opérateur afin de détecter automatiquement les différentes classes sur de nouvelles images à traiter en fonction de l'information contenue dans les pixels (couleur, contraste, luminosité, teinte, saturation, ou texture). Ainsi, le modèle de segmentation sémantique est appliqué pour découper automatiquement les images selon les différentes classes d'intérêt (eau, végétation, sable, sargasses, ciel, écume, bâti). Le processus complet peut être subdivisé en trois étapes principales décrites ci-dessous (Valentini et Balouin, 2020) :

- (1) Une analyse CNN (*Convolutional Neural Network*), utilisant le réseau Mobile-Net-V2 (Sandler et al., 2018), qui propose une première classification de l'image en la subdivisant en différents groupes de pixels. C'est l'étape la plus chronophage nécessitant plusieurs minutes de calcul par image. L'analyse est appliquée sur une zone d'intérêt préalablement déterminée ;
- (2) Un raffinement CRF (*Conditional Random Fields*) utilisé pour apporter plus de précisions aux résultats (Krähenbühl et Koltun, 2011). C'est une méthode statistique cherchant à modéliser la probabilité d'appartenance à une classe à l'intérieur d'un groupe de pixel ;
- (3) Une découpe *Superpixel* pour améliorer les résultats de la segmentation. Ce procédé peut être appliqué à différentes étapes de la segmentation. La découpe *Superpixel* consiste à regrouper des pixels dont les paramètres sont proches et permet notamment de réduire la durée du temps de calcul.

Enfin, la dernière phase consiste à calculer les surfaces de sargasses échouées. A partir des résultats de la segmentation sémantique, les pixels identifiés comme appartenant à la classe « sargasse » sont extraits. La solution de géo-rectification est ensuite appliquée à l'image et

permet de convertir le nombre de pixel appartenant à la catégorie « sargasse » en coordonnées géographiques et ainsi d'obtenir la surface de sargasses détectées en mètres carrés.

A la suite de cette dernière phase, chaque résultat est analysé manuellement afin de mettre en place un indice de confiance des détections réalisées. Cet indice est gradué de 0 à 3 de la manière suivante :

Tableau 1 : Détermination d'un indice de confiance de détection

Indice	0	1	2	3
Pourcentage de détection	Absence de détection	Détection non représentative	Bonne détection (>50%)	Très bonne détection (>90%)

Cet indice permet alors de déterminer des statistiques sur la qualité des détections réalisés et d'identifier les potentiels sources d'erreur en fonction des sites. Ces sources d'erreurs peuvent être lié à la qualité de l'image, à la météo lors de la captation, à des événements particuliers, ...

Sur les sites où les algorithmes de détection automatique montrent de moins bons résultats, une représentation visuelle de type '*timestack*' le long de profil transversal extrait à partir des images d'archives permet d'obtenir une information quantitative et un suivi du phénomène. Les « images » *timestack* correspondent à une série temporelle d'une ligne de pixels qui décrit l'évolution à plus ou moins haute fréquence (dans le cadre de cette étude ~ 1 image par jour) de la surface de l'eau. Cette ligne de pixel prédéterminée avant l'acquisition peut être orientée perpendiculaire à la plage (voir § 4.2).

3.3. DETECTION PAR IMAGE SATELLITE

3.3.1. Etat de l'art

De nos jours, les informations extraites des systèmes de télédétection par satellites sont très utiles pour estimer qualitativement et quantitativement la présence et les mouvements de macro-algues au large des côtes. Malheureusement, les dispositifs d'alerte opérationnels capables d'anticiper l'échouages des algues à terre présentent toujours des inconvénients liés à l'échantillonnage et à la fréquence temporelle inadéquats et aux obstacles qui s'interposent tels que la nébulosité ou les reflets du soleil (Wang et Hu, 2016).

La réflectance, qui est définie comme le rapport entre le rayonnement montant et descendant à la surface de l'océan, est fortement impactée par la présence de sargasses, particulièrement dans le domaine du rouge et proche infrarouge (PIR). En effet, le spectre de réflectance des sargasses présente les caractéristiques de la végétation avec un léger pic dans le vert (environ 620 nm) et une forte augmentation dans le proche infra-rouge à partir de 681 nm (Ody et al., 2019). Par conséquent, la signature optique spectrale de ces algues les rend potentiellement observables / détectables à partir des images satellites, notamment avec la présence de la Chlorophylle c entre 600 et 650 nm (Figure 15, Lazcano-Hernandez et al., 2023). Les méthodes classiques de détection des sargasses sont basées sur des indices radiométriques spectraux qui s'appuient sur la réflectance à trois longueurs d'ondes dans le domaine spectral du rouge et du PIR (Gower et al., 2013 ; Wang et Hu, 2016). Ces indices algaux permettent de détecter la présence et quantifier l'abondance de sargasses dans chaque pixel grâce à une relation de proportionnalité entre l'indice algal et la Fraction de Couverture (FC). FC représente la proportion de sargasses au sein d'un pixel (Wang et Hu, 2016 ; Wang et al., 2018).

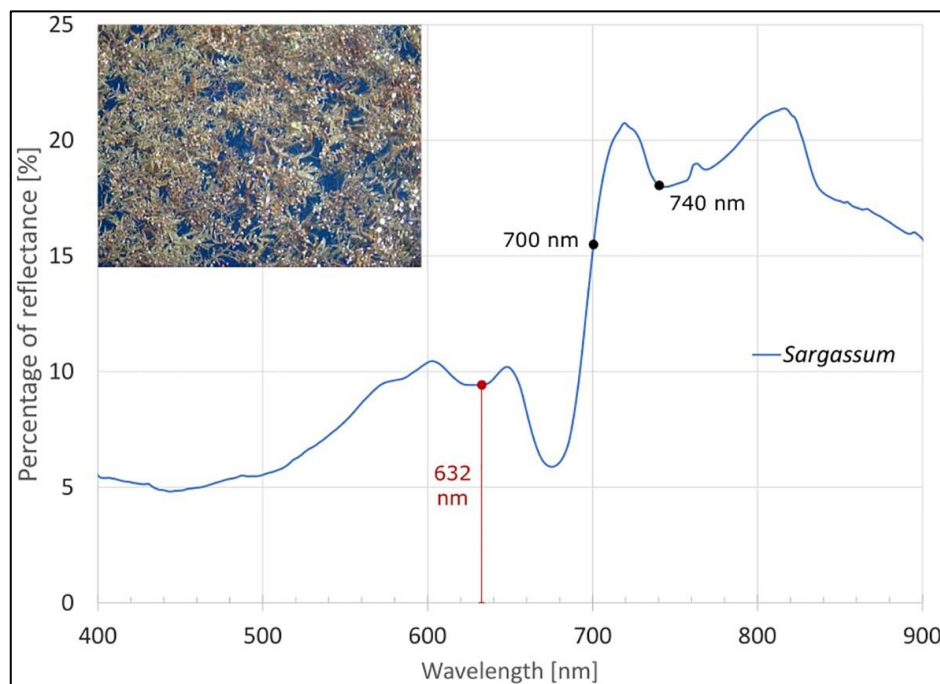


Figure 15 : Moyenne de plusieurs mesures de réflectance de surface effectuées sur des algues sargasse flottant à la surface de la mer dans des conditions d'éclairages naturel (Lazcano-Hernandez et al., 2023)

En Martinique et plus généralement aux Antilles françaises, MétéoFrance a développé un dispositif de surveillance et de prévision des échouements de Sargasse depuis 2019. Ce dispositif inclue la détection des sargasses par images satellite, la modélisation de leur dérive ainsi que l'édition de bulletins de risques d'échouement².

Si cet outil s'est imposé pour l'observation à grande échelle, son usage présente en milieu littoral et proche côtier des limites majeures, à la fois techniques, atmosphériques, méthodologiques et opérationnelles.

3.3.2. Les limites de la télédétection dans la surveillance côtière des sargasses

Cette section présente les principaux enjeux liés à la détection des algues sargasses par satellite en domaine côtier en s'appuyant sur la littérature scientifique avec un focus spécifique sur la Martinique et le contexte Antillais.

a) Limites inhérentes aux capteurs et à la résolution

En ce qui concerne les grands capteurs (MODIS/VIIRS/Sentinel-3/OLCI), de résolution allant de 250 m à 1 km, le principal inconvénient en zone côtière est qu'ils sont incapables de détecter les petits filaments, radeaux ou bancs fragmentés dès leurs dissociations en zone côtière. Les objets inférieurs à l'emprise au sol du pixel passent sous le seuil de détection, provoquant une sous-estimation de l'arrivée de sargasse.

Les satellites haute résolution (Sentinel-2/Landsat/Planet), de résolution allant de 10 à 30 m, offrent une détection améliorée, mais restent insuffisant pour résoudre la fragmentation des bancs extrême en zone littorale (radeaux < 20 m). De plus, la fréquence de revisite reste limitée (e.g. Sentinel-2 : 5 jours, Landsat : 16 jours) rendant difficile le suivi événementiel. En pratique, le délai entre acquisition, traitement et publication opérationnelle varie de 24 à 48h, empêchant la gestion en temps réel des épisodes de crises (De Blomac, 2021).

b) Contraintes atmosphériques et optiques

Les zones caraïbes et antillaises se caractérisent par des épisodes quasi constants de nuages, rendant fréquemment les images inexploitable ou avec un indice de confiance très bas, en particulier à proximité des côtes où l'enjeu de prévision est fort. De plus, la présence d'épisodes de poussières sahariennes n'est pas à négliger car ils modifient la réflectance et créent ainsi des erreurs dans les indices spectraux, dégradant la qualité des images (Wang et Hu, 2016).

On trouve aussi des contraintes liées à la réflexion du soleil, en condition de mer calme et sous certains angles, cette réflexion induit des masques ou peut imiter le signal des sargasses, ce qui a pour effet de multiplier les 'faux positifs' (Podlejski et al., 2022). Il est également possible de relever des 'faux négatifs' causé par l'ombre des nuages, ces ombres créées des zones d'incertitude où les radeaux de sargasses peuvent passer inaperçus.

D'autres facteurs peuvent perturber les indices algaux, particulièrement en domaine côtier, il s'agit de la turbidité de l'eau (quantité de matière organique et sédiments). Dans ce cas, le contraste entre les algues et l'eau devient insuffisant pour les indices algaux classiques, avec

² <https://meteofrance.mq/fr/sargasses/notice-du-bulletin-sargasses>

des erreurs systématiques notamment à proximité des embouchures de rivières. Enfin, la nature des fonds marins (sable blanc, herbiers, coraux) peut interférer avec celle des sargasses et produire des erreurs, cela se produit sur des espaces marins peu profonds et peut également nuire à la détection.

c) Limite algorithmique et méthodologiques

L'efficacité des indices spectraux chute dès que la fraction de couverture d'un pixel par des sargasses descend sous 20-30%, de ce fait ils ne sont pas adaptés pour la détection de radeaux dispersés ou partiellement immergés. C'est notamment pendant des épisodes à fort hydrodynamisme (fortes vagues provoquée par le vent) que les sargasses ont tendances à descendre légèrement dans la colonne d'eau, ce qui a pour conséquence une diminution de la signature spectrale dans le proche infrarouge et donc une détection moins performante (Ody et al., 2019). Les pixels utilisés pour ces indices algaux combinent les réflectances de l'eau, des algues, du sol et d'autres matières, il s'agit donc de pixels mixtes³. En zone littorale spécifiquement, on trouve d'autres objets flottants (phytoplancton, déchets, herbiers, mousse) qui peuvent tromper l'algorithme et multiplier les 'faux positifs'. A cela s'ajoute la morphologie côtière découpée de la Martinique qui favorise la fragmentation dynamique des amas de sargasses en petits segments à l'approche des plages. En effet, la présence de baies, d'anses et de presqu'îles fragmentent les radeaux qui échappent ainsi à la maille de détection satellitaire.

d) Contraintes opérationnelles et validations terrains

Au-delà des délais d'acquisition et de la disponibilité des images satellites, l'un des principaux inconvénients réside dans la standardisation des produits. Chaque chaîne s'appuie sur des conventions, seuils et algorithmes propres, limitant la comparabilité des résultats et leur harmonisation à l'échelle antillaise ou Caraïbienne. Les plateformes (Sentinel-2/3, MODIS, ...) ont des résolutions et bandes spectrales diverses, limitant la généralisation des solutions.

Par ailleurs, la validation des données issues de télédétection nécessite des campagnes de mesures in-situ régulière qui sont très coûteuses à grande échelle. Ces données sont essentielles pour développer des modèles de Deep Learning performant pour la détection et le déplacement des sargasses, que ce soit en haute mer ou en domaine côtier (Wang et Hu 2016; Lazcano-Hernandez et al., 2023). Des études récentes ont montré le potentiel de développer la participation citoyenne dans le suivi des observations côtières afin d'améliorer la collecte d'information, en complément de systèmes caméras. Ces données sont cruciales pour le développement et la reconnaissance visuelle, elles servent à entraîner les modèles de reconnaissance automatique (Arellano-Verdejo et al., 2020 ; Álvarez-Carranza et al., 2019).

La télédétection satellitaire a permis d'objectiver et de suivre à grande échelle la prolifération des sargasses depuis 2011. Les principales limitations se situent au niveau de la résolution (spatiale, temporelle), des contraintes atmosphériques, optiques, méthodologiques, ainsi que de la validation terrain et de l'opérationnalité pour la gestion de crise. La complémentarité avec les observations in situ (caméras fixes, réseaux citoyens) et le développement de chaînes de traitement calibrées localement sont impératifs pour fiabiliser l'alerte et la gestion en zone côtière.

³ Les pixels mixtes sont des pixels détectés par la télédétection dont une valeur numérique représente la moyenne de plusieurs classes spectrales dans la zone qu'ils couvrent.

4. Résultats

Dans ce chapitre, les résultats obtenus sont décrits pour chacun des sites suivis. Les analyses réalisées prennent en compte à la fois les nouvelles données collectées au cours des années 2024-2025 mais aussi les plus anciennes lorsque celles-ci sont disponibles.

Sur chacun des sites étudiés, il est rappelé la localisation du dispositif de suivi et l'emprise de vue associée, la résolution des images obtenues après géoréférencement, le nombre de photographies traitées par les différents algorithmes et une évaluation de la qualité des résultats obtenus.

Une analyse mensuelle de l'évolution historique des quantités de sargasses détectées est par la suite présentée sur la plupart des sites étudiés. Ensuite, un focus est réalisé sur les années 2024-2025 avec une analyse haute-fréquence des estimations de surfaces de sargasses. Toutes ces analyses sont accompagnées par la description des principaux événements marquants enregistrés au cours des deux dernières années. Ces événements sont propres à chacun des sites et permettent de mieux comprendre leur fonctionnement, souvent en lien avec des échouages particulièrement intenses. Enfin un schéma conceptuel de circulation des sargasses est présenté pour l'ensemble des sites suivis.

4.1. MARIGOT : BAIE DU BOURG

4.1.1. Description

Installé sur un poteau électrique en bois à une altitude d'environ 11 m (ngm), les images capturées offrent une vue plongeante sur la baie. Le modèle de détection automatique parvient à estimer avec une bonne précision la quantité de sargasse présente à la surface de l'eau sur une superficie d'environ 7000 m². Les sargasses pouvant être présentes dans le port ne sont pas prises en compte dans le calcul des surfaces car la résolution des images géo-rectifiées devient insuffisante sur cette portion. Les données disponibles sur ce site sont donc représentatives du fond de la baie mais ne permettent pas d'avoir d'estimations précises dans le port (Figure 16).

Les calculs ont été réalisés toutes les deux heures entre 07h30 et 16h30 (soit cinq images par jours) :

- o Environ 1800 images traitées par années depuis janvier 2020 ;
- o 92 % des détections réalisées montrent des résultats satisfaisants ;
- o Les détections approximatives ont été retirées des analyses présentées dans la suite de cette section ;

L'emplacement de la *SolarCam* sur ce site est idéal pour appliquer la chaîne de traitement de reconnaissance des sargasses (bonne exposition, hauteur adéquate). De plus, la surface traitée par l'algorithme (entre la digue portuaire et l'emplacement de la caméra) est particulièrement soumise aux échouages puisqu'elle se trouve en fond de baie.

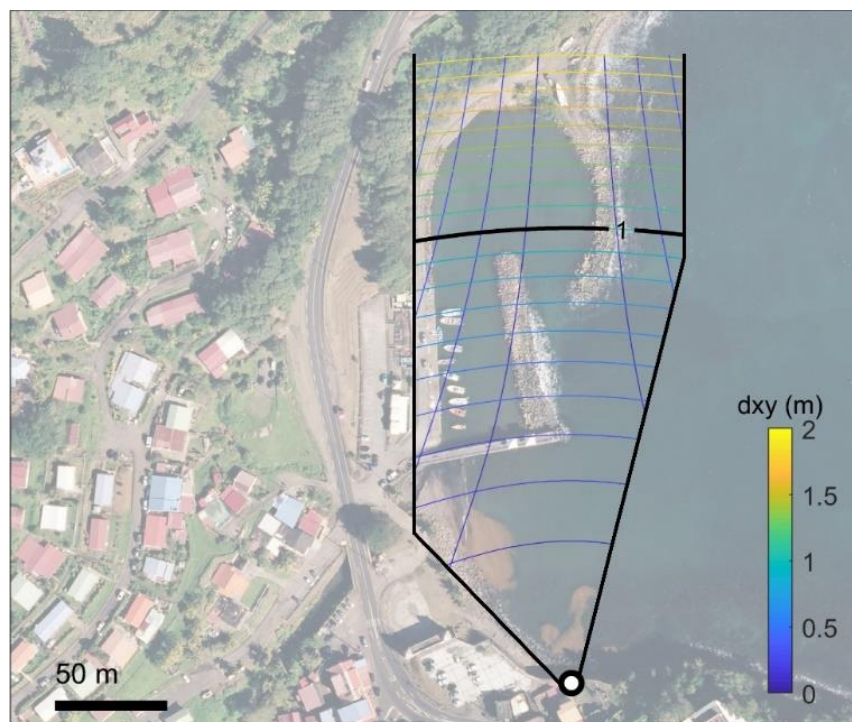


Figure 16 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)

4.1.2. Evolution de la quantité de sargasses

a) Historique

Entre janvier 2020 et décembre 2025, les arrivages sont fréquents entre les mois d'avril et août. En 2024, le site est globalement en dessous des moyennes saisonnières tandis qu'en 2025, les moyennes sont en hausse notamment sur les mois de juin et de décembre. Toutefois, le début d'année (janvier-mars) est caractérisé par des échouages moins importants que les années 2022-2023.

La saison est particulièrement intense en 2025 et marquée par un maximum durant le mois de juin (environ 3000m² de sargasses détectées en moyenne, Figure 17).

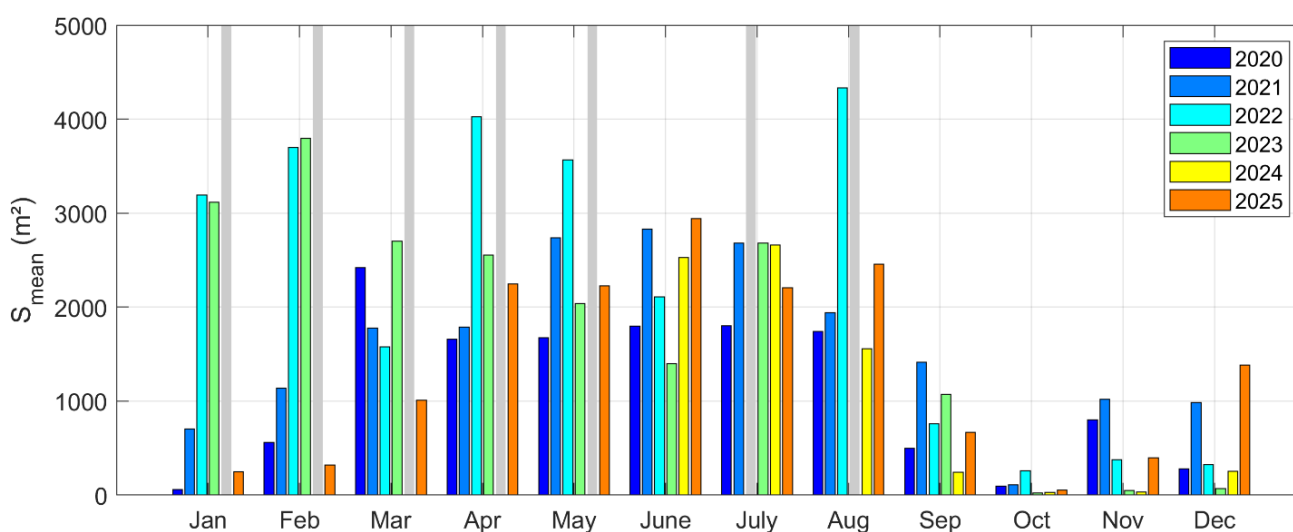


Figure 17 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées en m² sur le site du Marigot, les histogrammes gris indiquent les mois où les données ne permettent pas de réaliser une moyenne mensuelle

b) Récent 2024-2025

Entre janvier 2024 et décembre 2025, le site est exposé à un grand nombre d'arrivages de sargasses. Les nappes en provenance du large (secteur est-nord-est) se propagent vers la côte le long de l'ouvrage portuaire et s'accumulent en surface dans le fond de la baie.

En comparant les évolutions de surfaces journalières sur ces deux années et malgré un manque de données début 2024, l'année 2025 semble particulièrement intense avec des échouages inhabituels en fin d'année (entre les mois de novembre et de décembre, Figure 18). En moyenne journalière, 943m² et 1286m² de sargasses sont identifiés en 2024 et en 2025 respectivement. La surface maximum est atteinte le 14 août 2025 avec environ 6000 m² de sargasses.

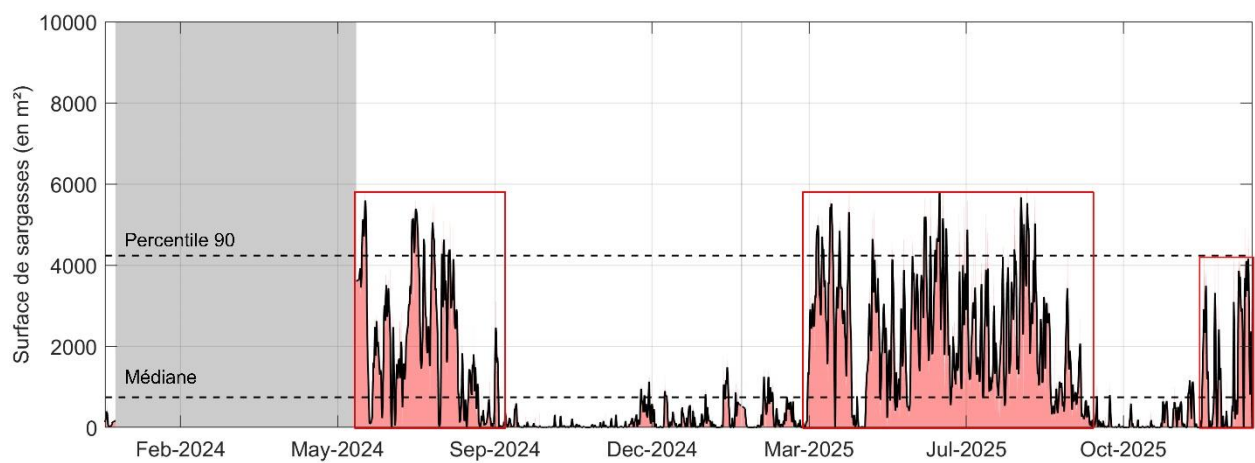


Figure 18 : Image du 12 Aout 2025 sur le site du Marigot (©SolarCam) et évolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses détectées en m² (2024-2025), la zone grise indique la période ou les données n'ont pas été analysés suite à un incident technique en 2024.

4.1.3. Evènement marquant et échouages massifs

Avec des mois de mars et avril déjà bien chargés, le pic des échouages de sargasses est atteint entre les mois de mai et d'août sur ce site. Sans évoquer les arrivages massifs de sargasses, on constate une problématique d'évacuation des algues déjà échouées en fond de baie. En effet, la banquette sur l'image (Figure 19, (a)) correspond à des arrivages du 29 juin dont une partie a été ramassée à la pelle mécanique début juillet mais qui est restée en place durant plusieurs mois sur ce site (Figure 19).

L'une des problématiques sur le site du Marigot est la complication d'accès pour le ramassage des algues : en mer, les conditions de houles rendent l'accès compliqué pour les ramassages et à terre l'accès au plan d'eau est limité par la présence de l'enrochement. De ce fait, les sargasses peuvent stagner plusieurs semaines en fonction des conditions hydrodynamiques et des nouveaux arrivages sur la période (Figure 19 (a)). Dans ce cas, l'orientation et les paramètres des vagues vont jouer un rôle crucial dans le démantèlement du banc de sargasses en place : une houle de nord nord-est énergétiqua a favorisé le renouvellement de la masse d'eau (Figure 19 (b) et (c)).

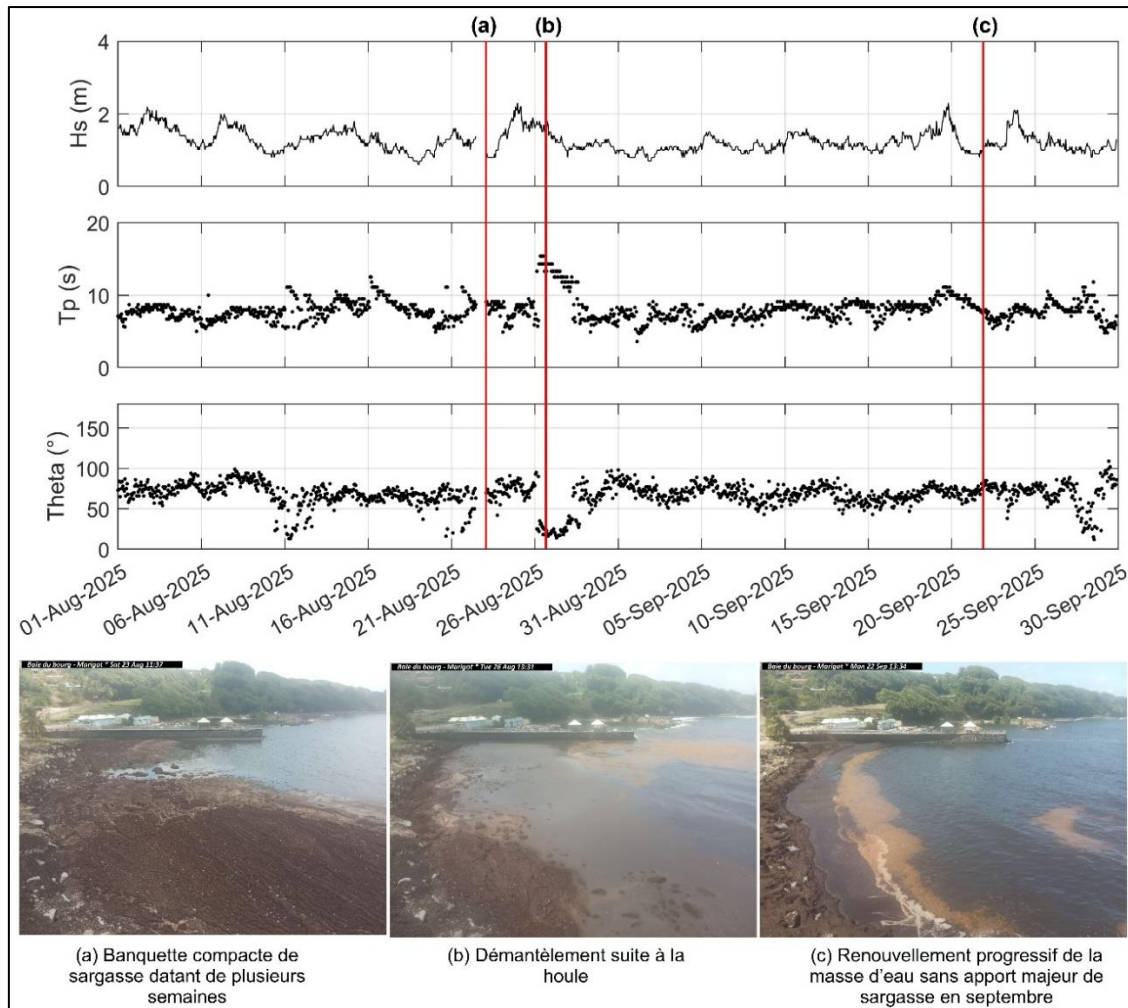


Figure 19 : Dispersion de la sargasse en lien avec les paramètres de la houle provenant du houlographe de Basse-Pointe avec : (a) Echouage intense et compacte présent depuis le début du mois d'Aout, image du 23 aout à 11h30 ; (b) Démantèlement des échouages en lien avec un épisode énergétique de houle (T_p = fréquence 15s, H_s = Hauteur significative > 2 m et θ = orientation 0-30° soit nord nord-est), image du 26 Aout à 13h30 et (c) Diminution des échouages de sargasses à la côte et renouvellement de la masse d'eau, image du 22 septembre à 13h30.

4.1.4. Synthèse de fonctionnement du site

Le site du Marigot se situe en fond de baie, il est très exposé aux nouveaux arrivages de sargasses. Lorsque les nappes sont suffisamment importantes, les algues peuvent aussi atteindre la zone du port, rendant complexe les sorties en mer (en particulier lors d'épisode de vent de secteur sud-sud-est). Le secteur principal d'accumulation de sargasse en mer se trouve face à l'ouvrage portuaire. Les algues peuvent stagner plusieurs semaines avant d'être évacuées de la baie par des conditions de houles énergétiques (Figure 20).

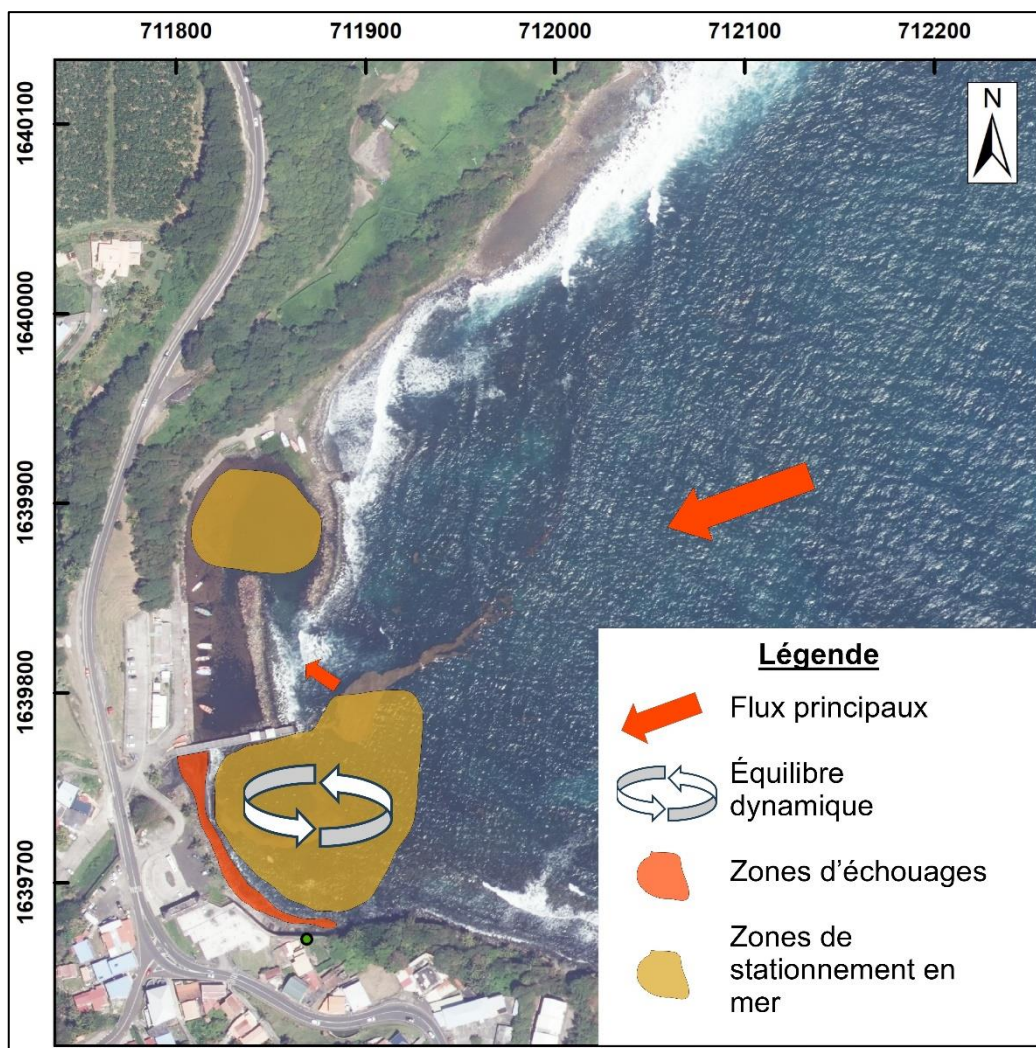


Figure 20 : Site du Marigot - Schéma conceptuel de circulation des sargasses

4.2. SAINTE-MARIE : PLAGE DU BOURG

4.2.1. Description

Installé sur un arbre à environ 30 m (ngm), le dispositif de suivi offre une vue plongeante sur la plage. La résolution de l'image varie entre 0.1 et 2 m en fonction de la distance. Sur ce site, le sable de couleur sombre auquel s'ajoute l'ombre des arbres situés en arrière-plage rendent la détection des sargasses échouées plus délicates. Si la qualité de détection ne permet pas d'obtenir de façon précise la surface de sargasses présente, une représentation de type *timestack* le long du profil transversal extrait à partir des images d'archives permet d'obtenir un suivi du phénomène.

La représentation visuelle *timestack* des arrivages de sargasses est réalisée à partir des images d'archives géorectifiées dont les pixels ont été extraits le long d'un profil transversal.

Ce type de représentation est choisi depuis le dernier rapport et permet l'analyse des données entre janvier 2022 et janvier 2026.

- o Le dispositif étant exposé aux intempéries (vent et pluie), l'angle de vue peut varier et une correction de la solution de géo-rectification est souvent indispensable ;
- o Plus de 600 images ont été analysées entre janvier 2024 et janvier 2026.
- o L'emplacement du profil transversal a été choisi au nord de la plage compte-tenu de la résolution de l'image géo-rectifiée mais aussi des connaissances locales sur le déplacement des sargasses.

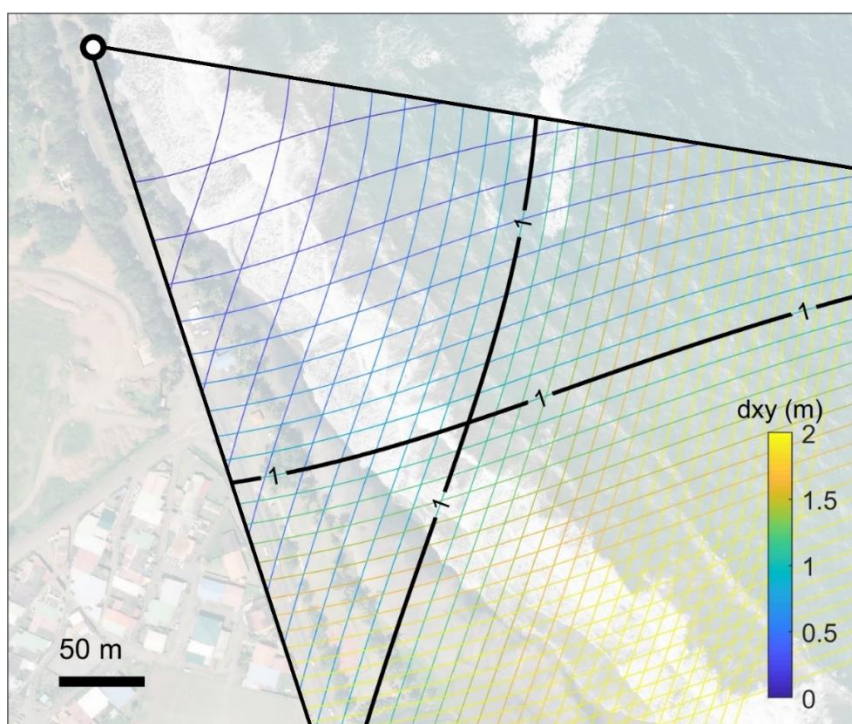


Figure 21 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)

4.2.2. Evolution de la quantité de sargasses

Entre janvier 2024 et décembre 2025, le site est touché par différents échouages de sargasses. On constate que les échouages de l'année 2024 sont centrés autour des mois de juin, juillet et août, avec un maximum atteint début août (Figure 22, (a)). En 2025, les premiers échouages sont observables dès le mois de mars et ils sont particulièrement massifs durant les mois de juin et juillet où l'ensemble de la plage est recouverte par de la sargasse (Figure 22, (2) (3)).

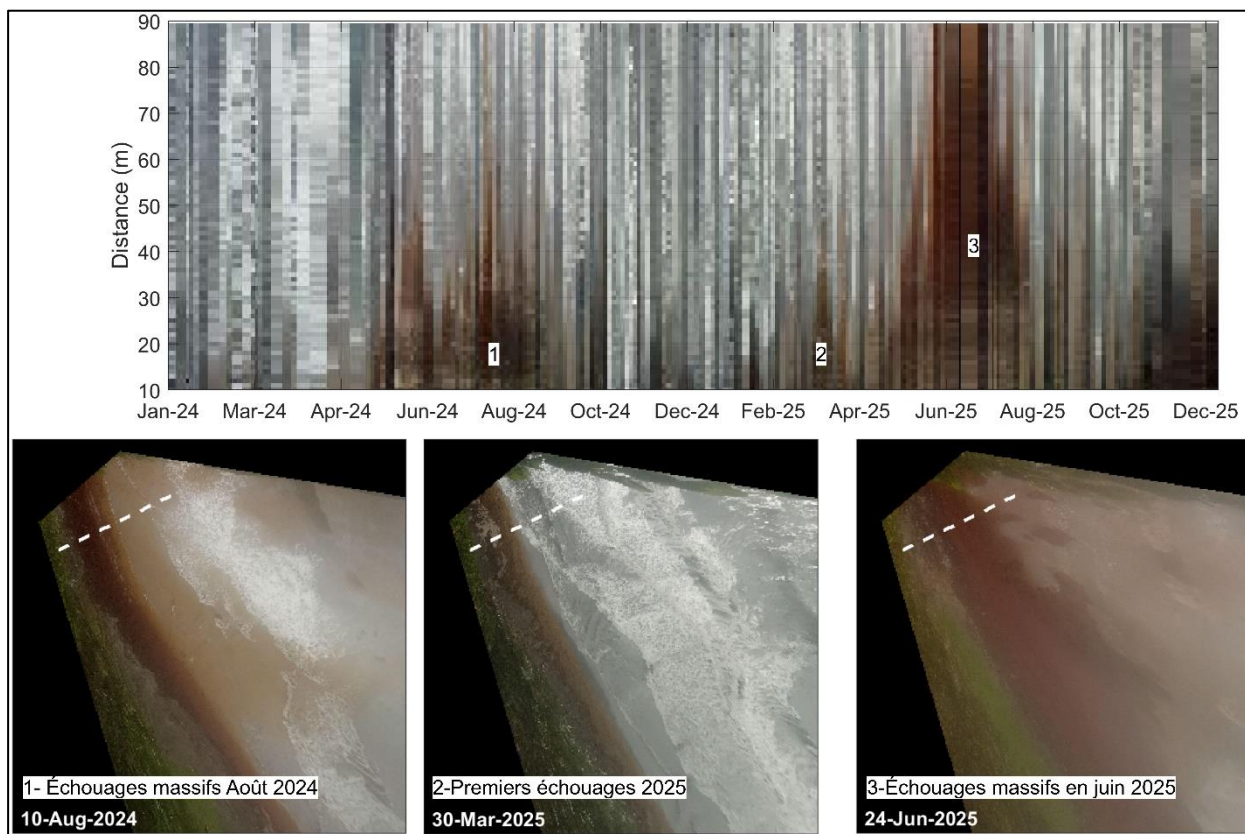


Figure 22 : Représentation de type 'timestacks' des arrivages de sargasses des années 2024 et 2025. Le profil transversal utilisé pour cette représentation est visible sur les images (1), (2) et (3).

Durant le mois d'août 2025, les sargasses sont remobilisées au fur et à mesure par la mer lors des épisodes de fortes vagues. Sans nouveaux apports de sargasses, la plage est entièrement découverte à la fin de ce mois.

4.2.3. Synthèse de fonctionnement du site

Généralement, sur le site de Sainte-Marie, les algues dérivent au niveau du nord de la cellule sédimentaire entraînant des échouages conséquents sur cette portion de la plage. Lors du pic de la saison, l'ensemble de la plage peut être atteintes par des échouages et une zone de stationnement en mer se développe. La quantité de sargasse reste alors importante sur une durée de plusieurs semaines pour décroître de façon plus ou moins rapide en fonction des conditions hydrodynamiques et des opérations de ramassage.

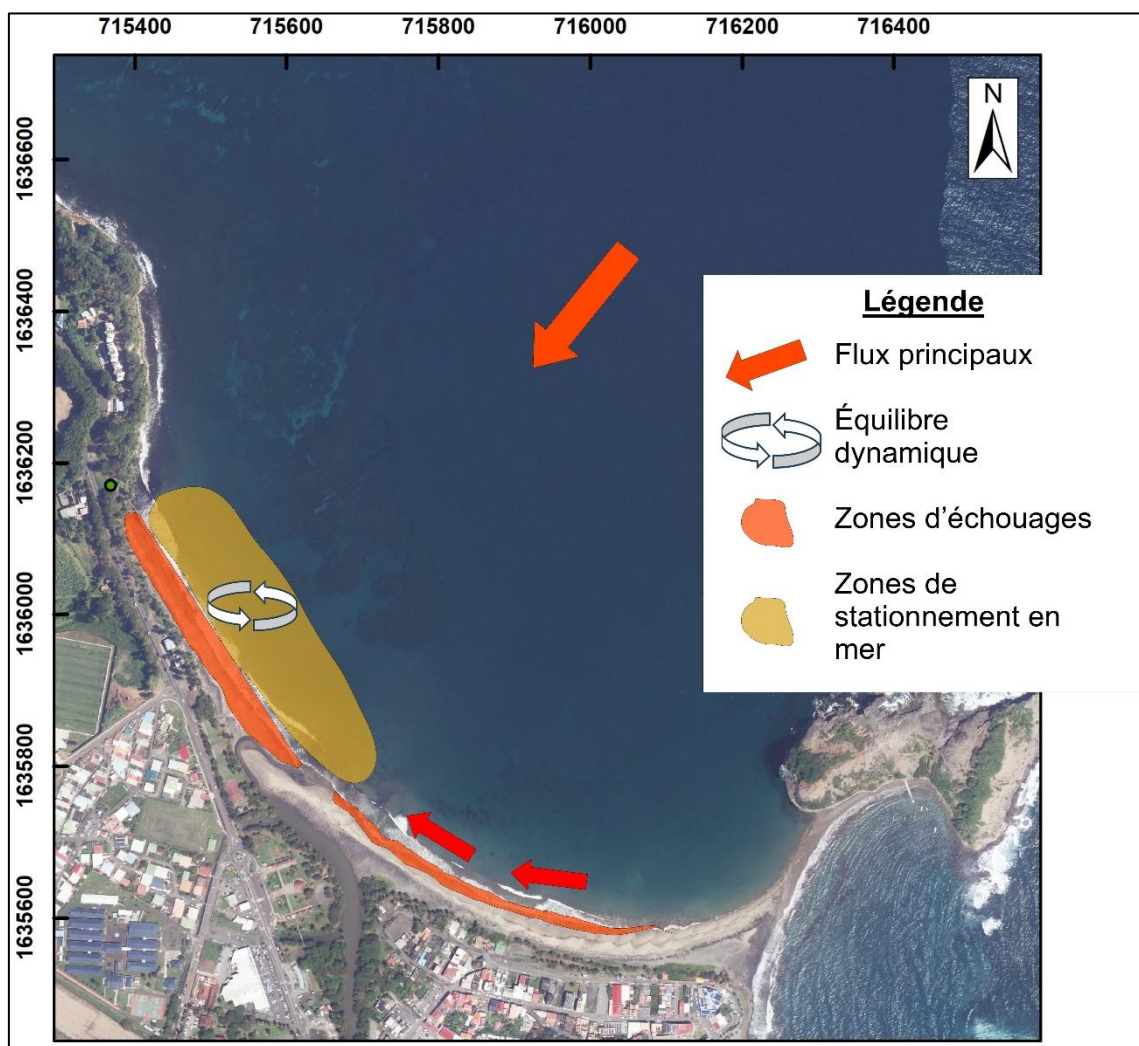


Figure 23 : Site de Sainte-Marie - Schéma conceptuel de circulation des sargasses

4.3. LE ROBERT : BAIE CAYOL

4.3.1. Description

Installé depuis février 2023 sur un poteau à environ 19 m (ngm), les images capturées offrent une vue plongeante sur la baie ou un barrage de plusieurs kilomètres de long a été mis en place. Alors qu'il est difficile de distinguer de façon automatique les sargasses à la côte à cause du manque de visibilité (couvert végétal et résolution insuffisante), la détection des algues est réalisée avec une bonne précision au niveau du barrage sur la première moitié de la baie, lorsque la résolution de l'image reste supérieure à 5 m (Figure 24). Les calculs ont été réalisés toutes les deux heures entre 08h00 et 17h00 (soit cinq images par jours) :

- o Environ 1800 images traitées par année depuis février 2023 ;
- o 80 % des détections réalisées montrent des résultats satisfaisants ;
- o Les détections approximatives ont été retirées des analyses présentées dans la suite de cette section ;

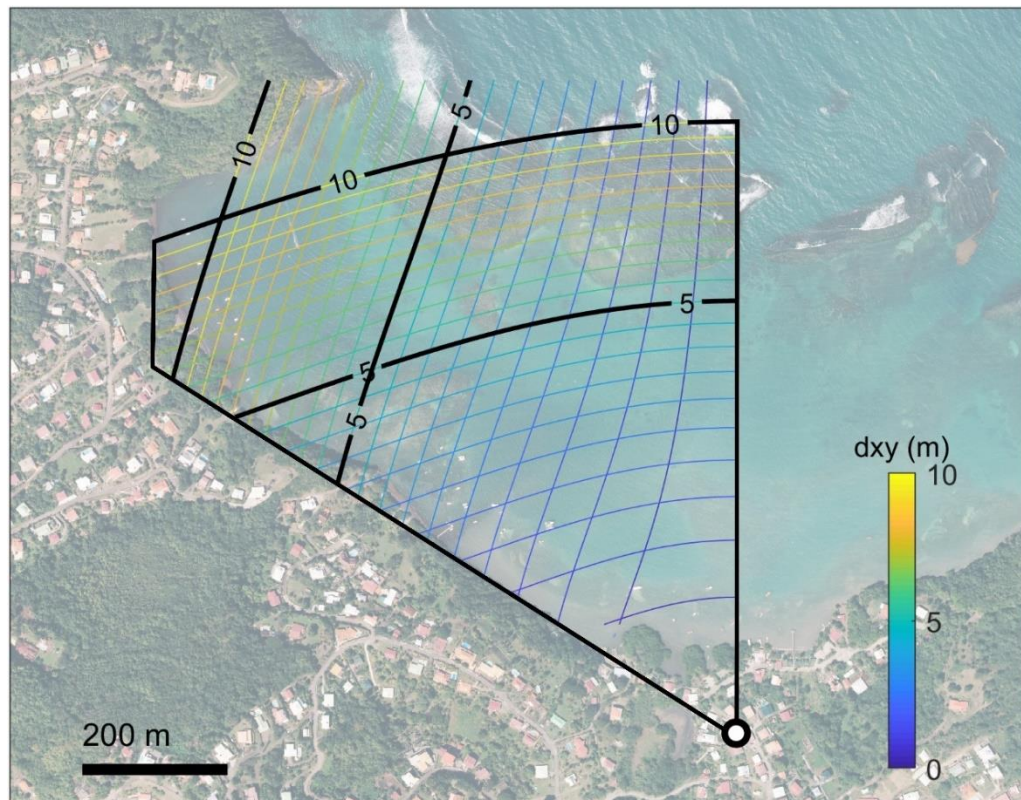


Figure 24 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)

4.3.2. Evolution de la quantité de sargasses

a) Historique

Entre janvier 2023 et décembre 2025, le site est exposé à de nombreuses séquences d'échouages, qui restent assez hétérogènes dans le temps. Un maximum est atteint durant le mois de février pour l'année 2023, tandis que le reste de l'année est marqué par des arrivages fréquents entre février et aout. L'année 2024 montre une diminution de la fréquence des arrivages, cependant la saisonnalité reste présente entre mars et aout. A l'inverse, l'année 2025 est caractérisée par des arrivages fréquents, avec des premières détections significatives dès le mois de mars et un maximum atteint durant le mois de juin.

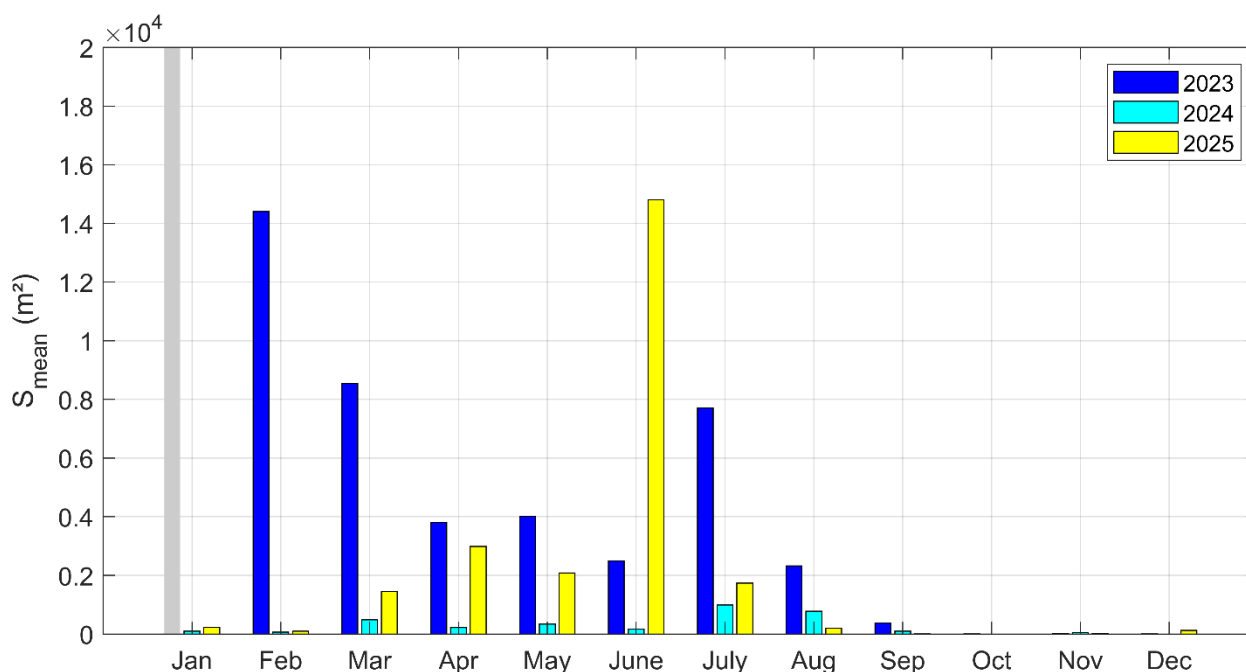


Figure 25 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées en m² sur le site du Robert

b) Récent 2024-2025

Le site est marqué par une année 2024 peu touchée par les arrivages de sargasses tandis que l'année 2025 va être particulièrement intense notamment durant le mois de juin. Il y a environ 13 événements en 2025 où les surfaces détectées excèdent 10 000 m², avec une moyenne d'environ 9400 m² par jour durant le mois de juin qui est le plus intense. C'est notamment durant ce mois que le barrage flottant a rompu sous la pression exercée par les nombreux arrivages d'algues, la quantité d'algues est alors sous-estimé par l'algorithme (voir la section 4.3.3.) De manière générale, les arrivages sont moins fréquents de septembre à décembre (Figure 26).

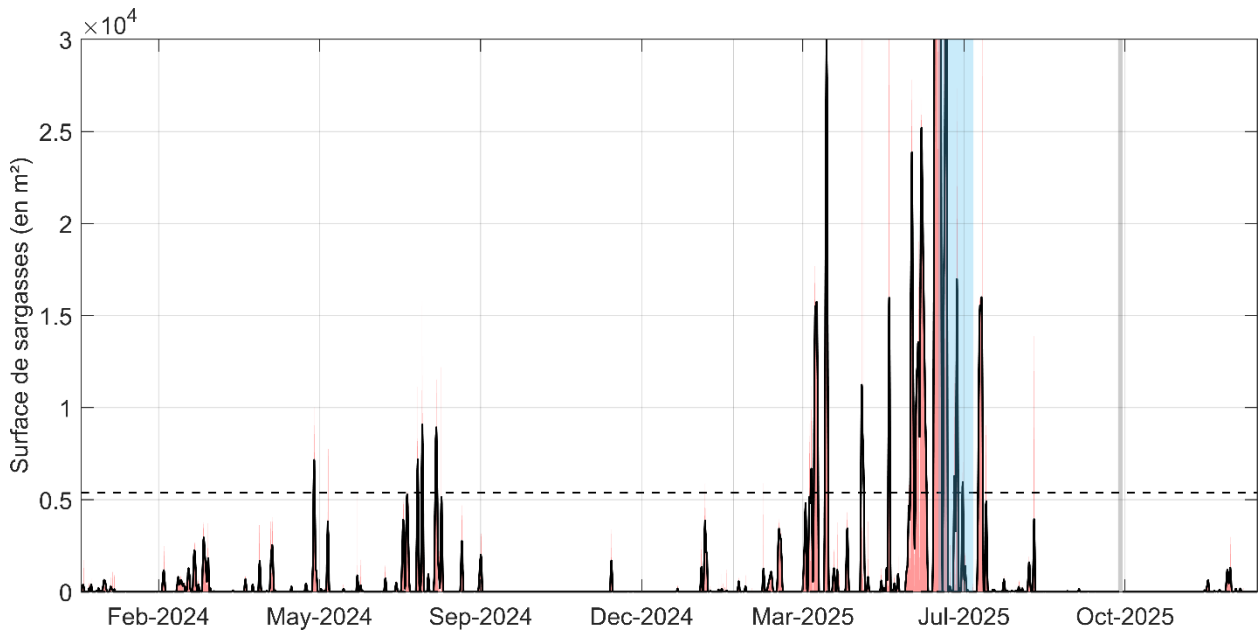


Figure 26 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses sur les années 2024-2025 sur le site du Robert, le bandeau bleu indique la période où le barrage a rompu et où la quantité de sargasses a été sous-estimé

4.3.3. Evènement marquant et échouages massifs

Lors des nombreux arrivages de sargasses du mois de juin, le barrage flottant du Robert s'est retrouvé totalement saturé par une grande quantité de sargasses (environ 100 000 m²). Les observations nous montrent qu'une quantité importante de sargasse parvient à atteindre la côte en se propageant dans la colonne d'eau, c'est pourquoi on en trouve à proximité du rivage dans le secteur sud-ouest de la baie (Figure 27 (a)).

Par ailleurs, ces arrivages ont exercé une pression au niveau du barrage qui a rompu durant la nuit du 14 au 15 juin. Les algues ont alors envahi l'ensemble de la baie s'étendant de jour en jour à proximité de la côte.

Ce barrage a finalement été remis en place le 8 juillet, soit 23 jours après sa rupture. A noter que durant ce laps de temps, les quantités de sargasses détectées par l'algorithme ont été sous-estimées puisque la zone de calcul se trouve face au barrage en place, les sargasses du côté de la baie ne sont pas prises en compte dans le suivi (Figure 27).

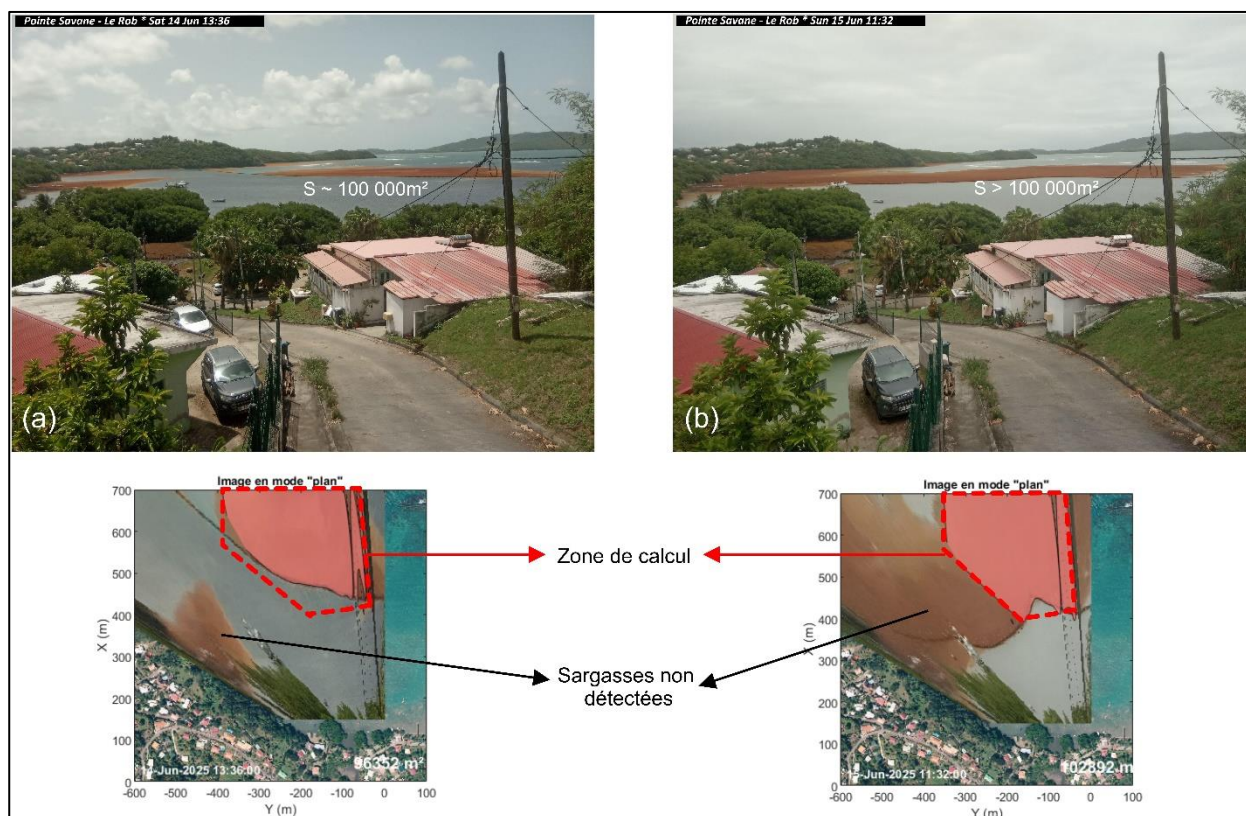


Figure 27 : Image du dispositif ©Solarcam montrant la rupture du barrage au mois de juin 2025 avec (a) Image du 14 juin 2025 à 13h36 et détection automatique associée et (b) image du 15 juin 2025 à 11h32 et détection automatique associée

4.3.4. Synthèse de fonctionnement du site

Avec des quantités très importantes de sargasses (nappe pouvant atteindre plus de 100 000 m²), ce site est très exposé aux nouveaux arrivages. Les sargasses circulent en provenance du secteur est, entre les récifs, et dérivent pour être finalement captées efficacement par le barrage.

Malgré la présence du barrage, une quantité importante de ces algues parvient à atteindre la côte en se propageant dans la colonne d'eau. De plus, durant le mois de juin, le barrage a rompu avec une quantité de plus de 100 000 m², une analyse de terrain plus poussée permettrait de mieux comprendre les processus en jeu au niveau de la structure.

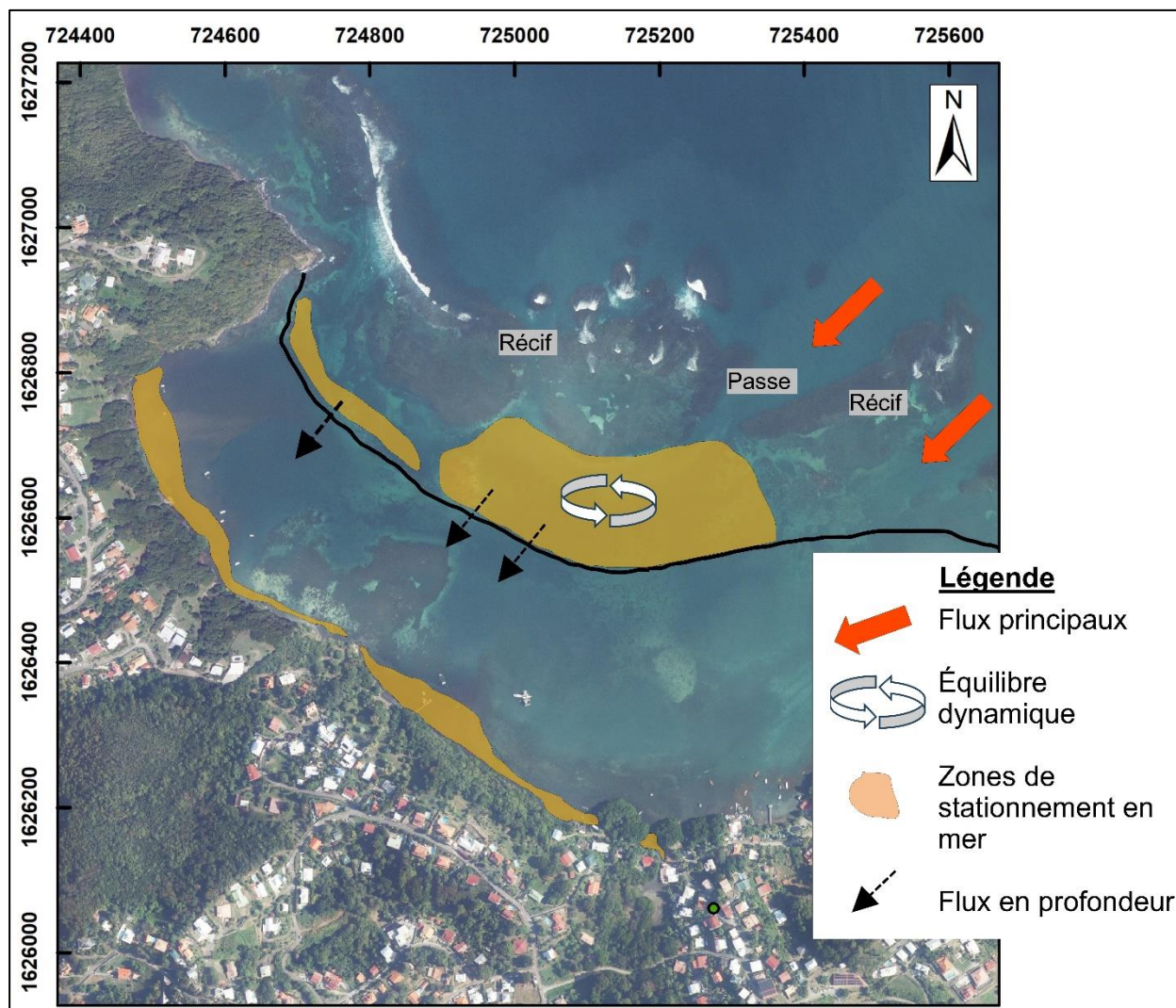


Figure 28 : Site de la baie Cayol au Robert - Schéma conceptuel de circulation des sargasses avec barrage

4.4. LE FRANCOIS : FREGATE EST

4.4.1. Description

Installé chez un particulier à environ 12 m (ngm), les images offrent une vue sur le front de baie et plus particulièrement sur le barrage flottant mis en place (Figure 29). Alors qu'il est très difficile de distinguer de façon automatique les sargasses échouées à la côte à cause des faibles différences de couleurs, la détection des algues est réalisée avec une bonne précision au niveau du barrage. Les calculs ont été réalisés toutes les deux heures entre 08h00 et 17h00 (soit cinq images par jour) :

- o Environ 10 000 images traitées depuis le début du suivi en 2020 ;
- o 83 % des détections réalisées montrent des résultats satisfaisants sur les années 2024-2025 ;
- o Les détections approximatives ont été retirées des analyses présentées dans la suite de cette section

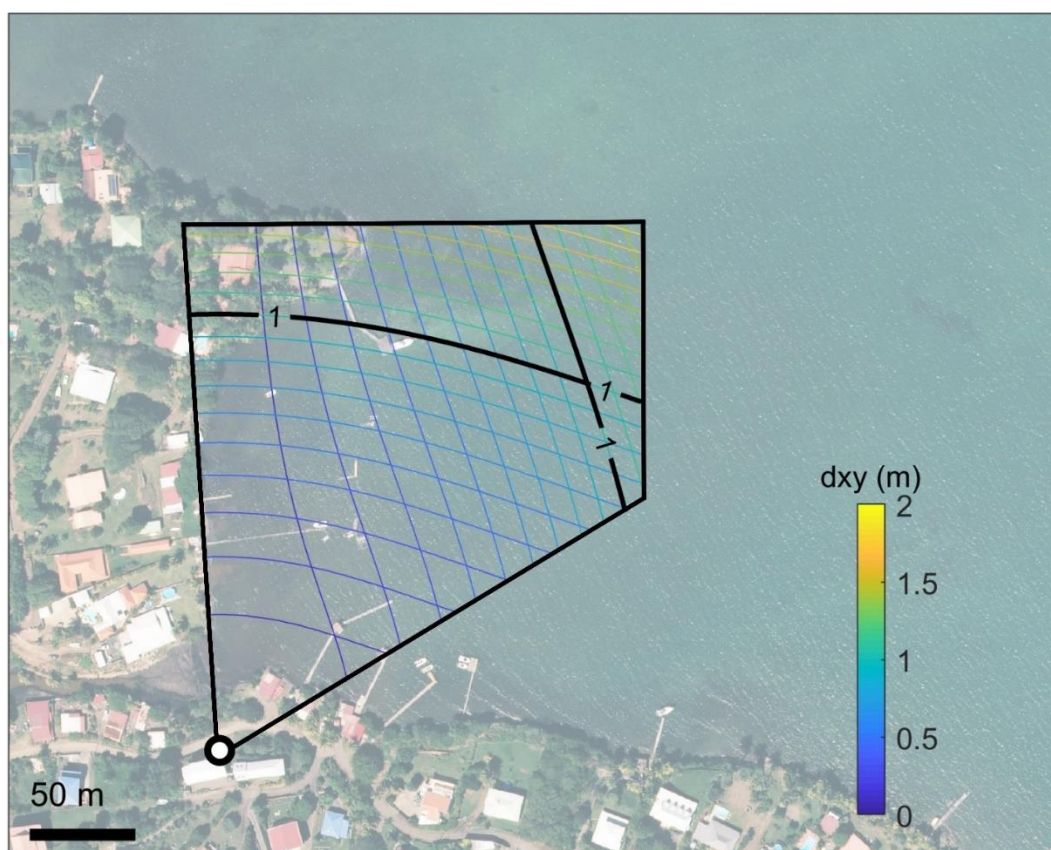


Figure 29 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)

4.4.2. Evolution de la quantité de sargasses

a) Historique

Entre janvier 2020 et décembre 2025, le site est exposé à des échouages multiples au niveau du barrage flottant. Les années 2023 et 2024 sont moins exposés au regard des autres années : en 2023 on constate une diminution de 30% par rapport aux années précédentes et cette diminution atteint 50% en 2024. Par ailleurs, l'année 2025 est l'année la plus touchée depuis le début des suivis avec des échouage quasi-permanent tout au long de l'année.

De manière générale et sur l'ensemble des années, les arrivages les plus importants surviennent entre les mois de février et août, mais il est relevée une tendance récente d'échouages durant le mois de décembre qui était jusqu'alors pas ou peu marquée (Figure 30).

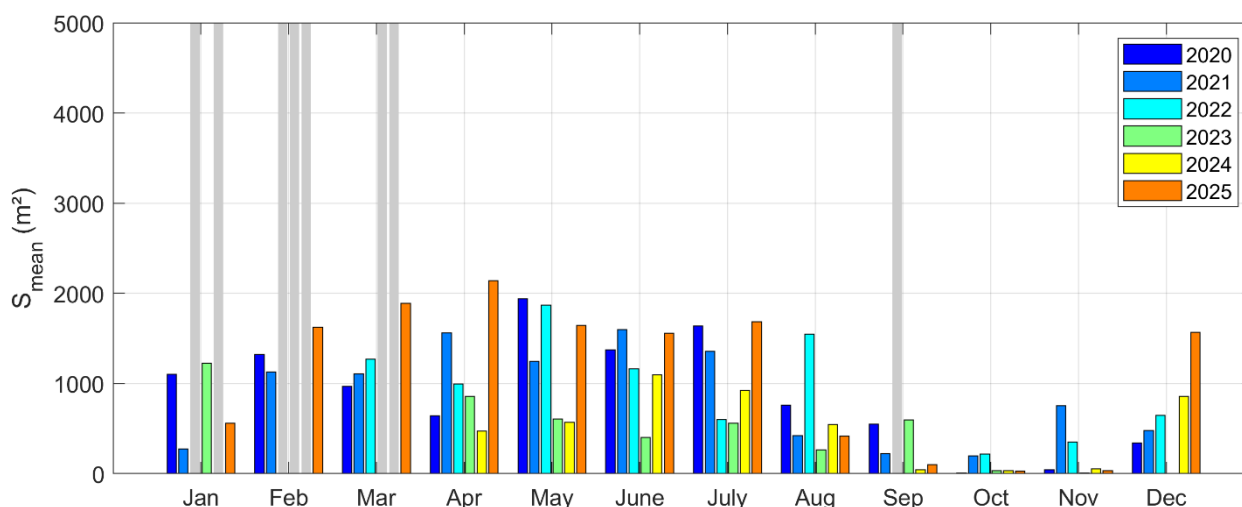


Figure 30 : Evolution journalière de la densité (en %) et de la quantité (en m²) de sargasse détectée entre janvier 2020 et décembre 2025

b) Récent 2024-2025

Le site est particulièrement touché en 2025 avec de nombreux échouages de sargasses entre janvier et septembre, une accalmie entre octobre et fin novembre suivie de nouveaux échouages en fin d'année. La moyenne journalière des échouages de 2025 est estimée à environ 1059 m². Pour comparaison, la valeur de cette moyenne en 2024 était de 453 m², une forte évolution des échouages est constatée en 2025 sur ce site (Figure 31).

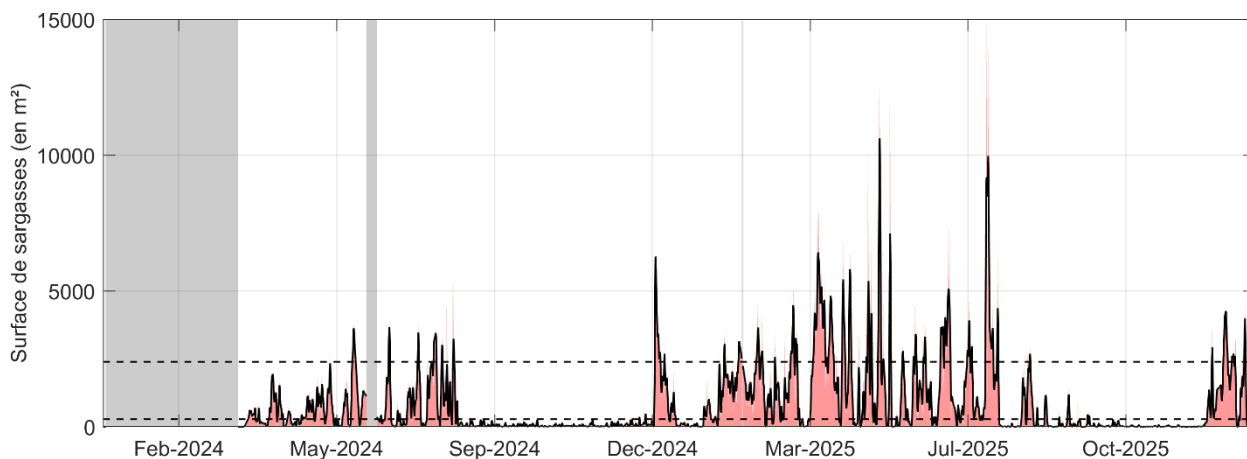


Figure 31 : Image du 13 juillet 2025 (©SolarCam) et évolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses détectées en m² sur le site du François (2024-2025)

4.4.3. Evènement marquant et échouages massifs

Un échouage important a touché le barrage du François le 13 mai, avec environ 10 000 m² d'algues détectées. Cependant, les conditions hydrodynamique (vagues / courant) ont engendré une dispersion assez rapide de cet échouage (Figure 32). En effet, l'image du 14 mai révèle qu'une partie des sargasses a traversé le barrage dans la colonne d'eau pour ensuite se déposer sur la côte tandis qu'une autre partie a dérivé vers le nord-ouest de la baie où une accumulation de sargasses est déjà visible sur ce secteur.



Figure 32 : Echouage intense et dispersion de la sargasse durant le mois de mai 2025 sur le site du François

En l'absence de houlographes et de tout autre appareil de mesure hydrodynamique sur la façade Sud Atlantique, il n'est pas possible d'obtenir des informations sur les paramètres de la houle ayant pu générer la dispersion des sargasses observées (outre les modèles hydrodynamiques qui malheureusement peuvent manquer de précision en proche côtier compte tenu de la présence de récifs). Cependant, les données météorologiques de la station du Vauclin (Annexe 1, <https://www.infoclimat.fr/>) révèlent des épisodes de vent ayant une orientation Est – Sud-Est avec des rafales à plus de 80 km/h les 12 et 14 mai 2025.

Au regard de la concordance de ces événements, il apparaît qu'un suivi précis des conditions hydrodynamiques serait pertinent et permettrait une meilleure compréhension des facteurs de dispersion des sargasses.

4.4.4. Synthèse de fonctionnement du site

Le site du Francois est très exposé aux nouveaux arrivages de sargasses. En provenance du secteur est, les nappes dérivent en surface et sont captées par le barrage pendant plusieurs jours avant de traverser la colonne d'eau et de s'échouer au niveau de la cote. Les algues peuvent migrer au nord de la baie dans des conditions assez rare de vent en provenance du sud-sud-est. A noter que sur ce site des collectes sont réalisés à la fois terrestre et marine. Ces collectes permettent notamment de ramasser et de limiter les échouages au niveau de l'embouchure située au sud du fond de baie et ainsi favoriser l'écoulement et les rejets de ce cours d'eau.

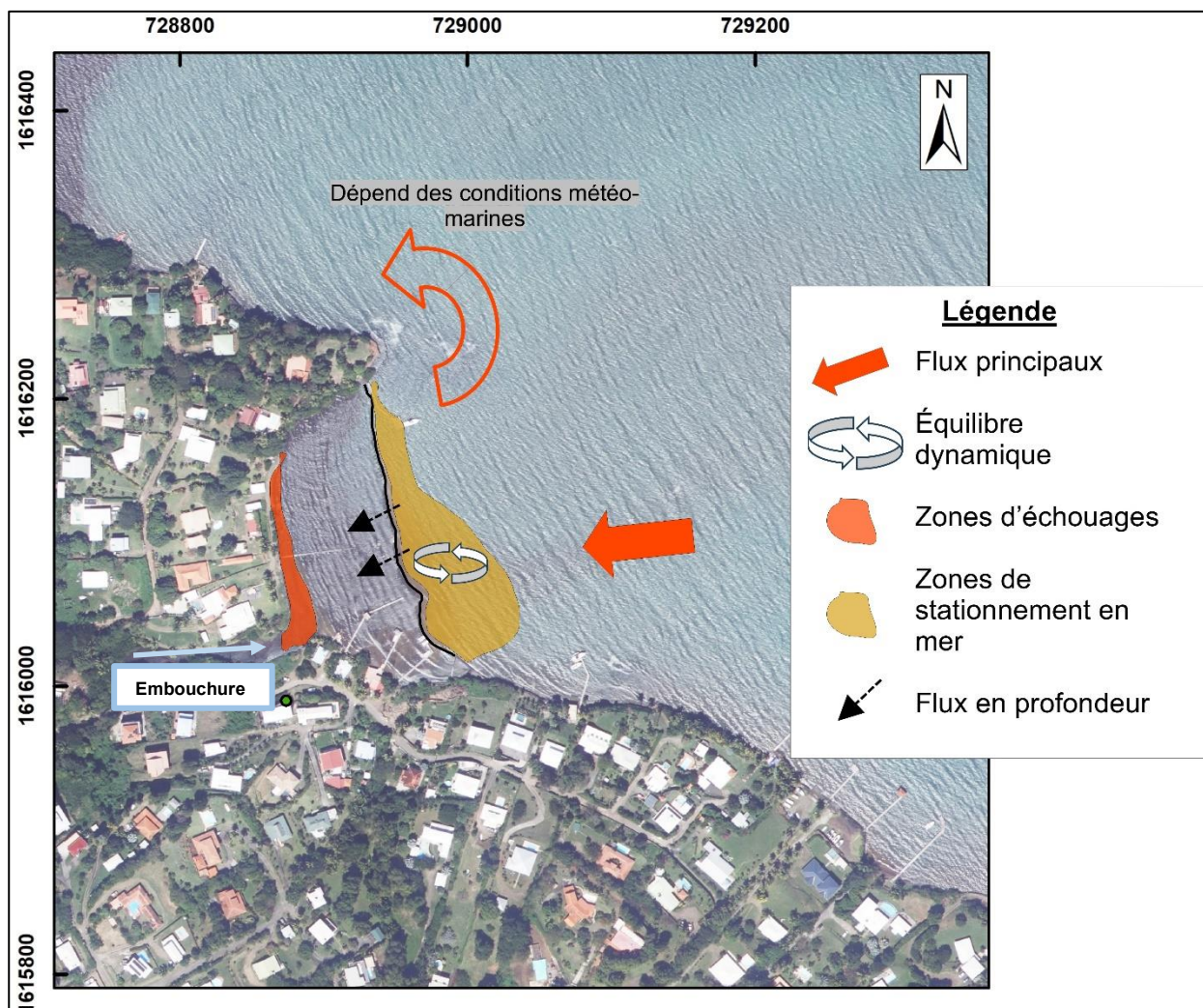


Figure 33 : Site de Frégate Est au Francois - Schéma conceptuel de circulation des sargasses avec barrage

4.5. LE VAUCLIN : PETITE ANSE MACABOU

4.5.1. Description

Installé depuis février 2023 sur un arbre à environ 8,5 m (ngm), les images capturées offrent une vue sur la première moitié sud de la plage de Petite anse Macabou. Ce secteur a été instrumenté au cours des précédentes années (e.g. plage de Grande anse Macabou suivie entre 2020 et 2022).

La détection des algues est réalisée avec une bonne précision à proximité de la caméra et se dégrade en fonction de la distance au dispositif (Figure 34). Les calculs ont été réalisés toutes les trois heures entre 7h et 16h (soit environ 4 images par jour) :

- o Suite à plusieurs incidents en 2024, la position de la zone de calcul a été modifiée en 2025, de ce fait, les valeurs ne seront donc pas comparées entre 2024 et 2025 afin de rester cohérent avec les surfaces traitées ;
- o Environ 2 000 images traitées avec 80 % des détections réalisées montrent des résultats satisfaisants sur les années 2024 et 2025 ;
- o Les détections approximatives ont été retirées des analyses présentées dans la suite de cette section

Ce site connaît des problématiques liées à l'instabilité du réseau téléphonique dans ce secteur, nuisant au transfert des images capturées, particulièrement en 2024.

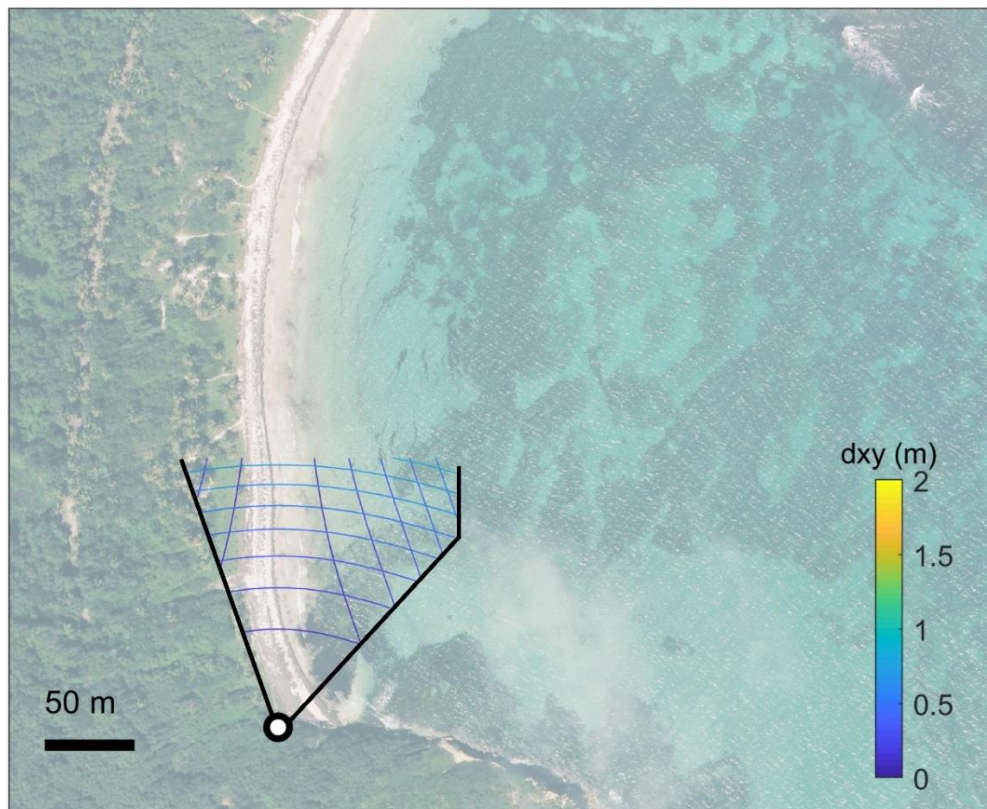


Figure 34 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)

4.5.2. Evolution de la quantité de sargasses

a) Historique 2023-2024

Entre janvier 2023 et décembre 2024, le site est exposé à de nombreuses séquences d'échouages, qui restent assez constantes dans le temps. En effet, ce site présente une banquette de sargasses en continue sur la plage, témoignant de l'exposition de la cellule sédimentaire aux nouveaux échouages.

L'année 2023 présente un maximum atteint durant les mois de mai et juin. A contrario, l'année 2024 montre une diminution de détection des arrivages notamment durant le début de l'année (entre les mois de février et juin). En termes de surfaces journalières détectées, l'année 2023 est touchée en moyenne par 1500 m² de sargasses tandis qu'en 2024, cette valeur est d'environ 700 m², soit deux fois moins d'échouages.

Il convient toutefois de noter que les quantités de sargasses détectées sont plus importantes en 2024 durant le mois de décembre. Cela montre, une fois de plus, que les échouages s'étendent au-delà de la saisonnalité habituelle, même si les plus importants sont centrés entre les mois de mai et aout (Figure 35 et Figure 36).

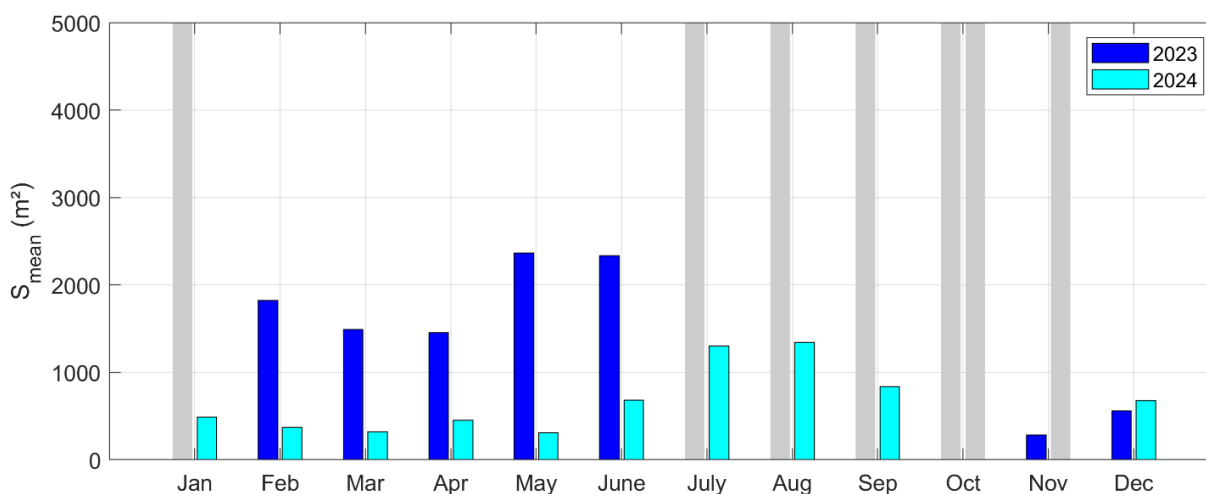


Figure 35 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées en m² du site de Petite Anse Macabou

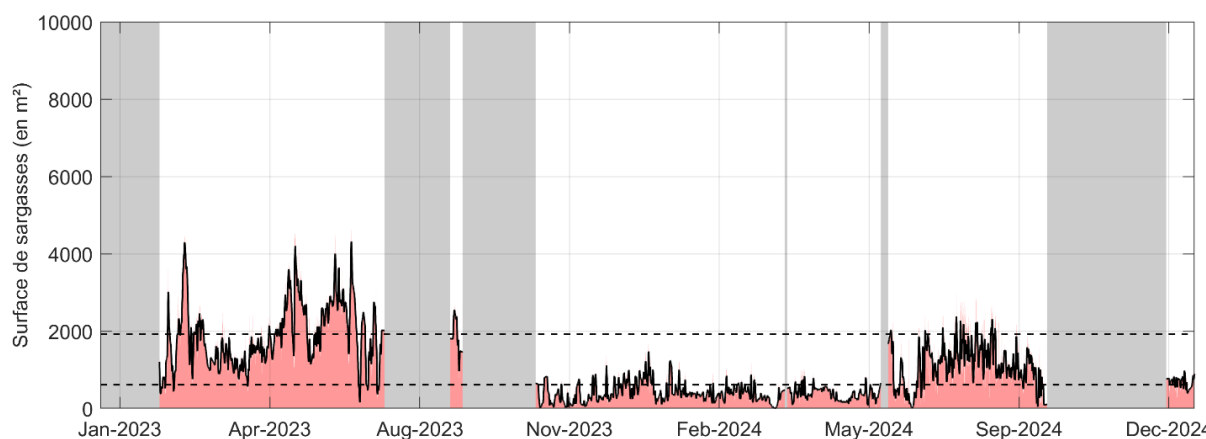


Figure 36 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses du site de Petite Anse Macabou sur les années 2023-2024

b) Année 2025

Pour rappel, la comparaison des années 2024 et 2025 n'est pas effectuée pour ce site puisque la zone de calcul des échouages a été modifiée entre ces deux années.

De manière similaire aux années précédentes, l'année 2025 est marquée par des échouages constants tout au long de l'année, mais ces échouages sont plus intenses entre les mois de mars et août (Figure 37).

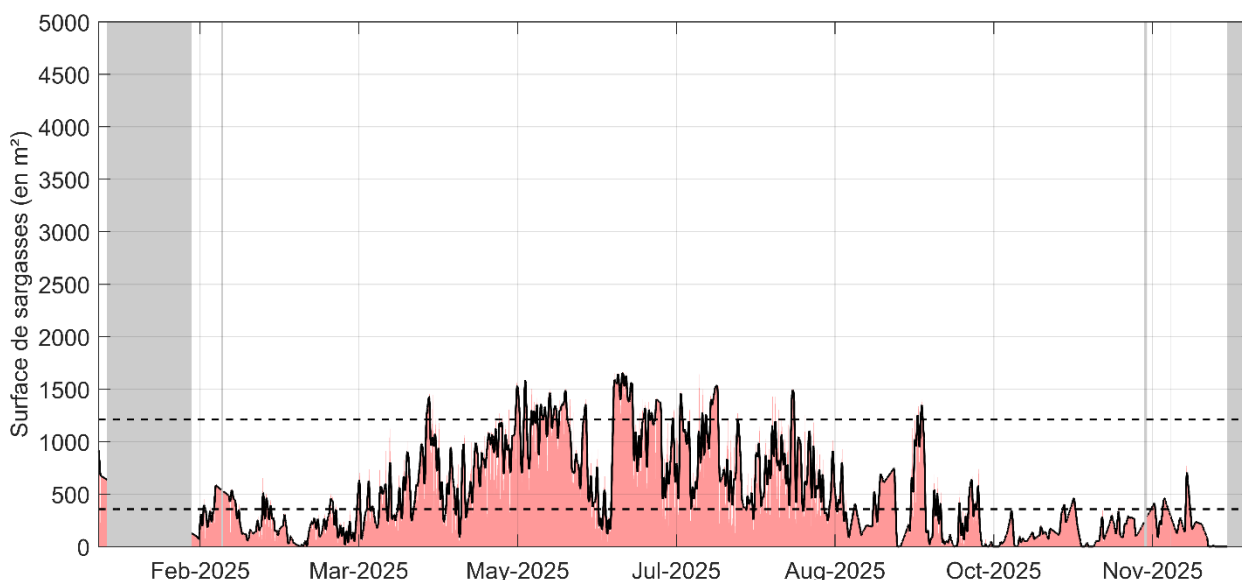


Figure 37 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses du site de Petite Anse Macabou sur l'année 2025

4.5.3. Evènement marquant et échouages massifs

Ce site est touché par des échouages permanents tout au long de l'année, une banquette de sargasses est présente en continue sur la plage. En effet, la plupart du temps, les conditions hydrodynamiques ne permettent pas la remobilisation des algues échouées et la partie sud de la plage est très vulnérable aux échouements.

Durant le début du mois de juillet 2024, l'ouragan Beryl a traversé l'arc antillais au sud de la Martinique, générant ainsi de fortes houles sur l'ensemble des littoraux (Annexe 2). En plus du phénomène d'érosion la houle générée par cet événement a totalement renouvelé le stock de sargasse.

Durant le pic de l'événement, les images révèlent un démantèlement de la banquette de sargasses présente ainsi que le recul de la position du trait de côte (images du 1^{er} juillet). Cependant, dès le lendemain, de nouveaux échouages viennent recouvrir l'ensemble de la plage, rendant difficile l'estimation du recul de la position du trait de côte (Figure 38).



Figure 38 : Cinématique des images capturées avant (29/06/24), pendant (01/07/2024) et après (2 images du 02/07/2024) le passage de l'ouragan Beryl sur le site de Petite Anse Macabou

4.5.4. Synthèse de fonctionnement du site

Le site de Petite Anse Macabou est caractérisé par la présence de sargasse en continu tout au long de l'année. En effet, étant très exposé aux nouveaux arrivages, les sargasses provenant du secteur est sont poussés vers la côte par les alizés et forment une banquette compacte. Cet amas de sargasses est dans la plupart des cas formé sur le secteur sud de la cellule sédimentaire. Les régimes classiques de houles ne permettent pas de remobiliser les algues ; seuls les événements énergétiques majeurs (e.g Tempête BERYL) provoquent un renouvellement complet du stock de sargasse.

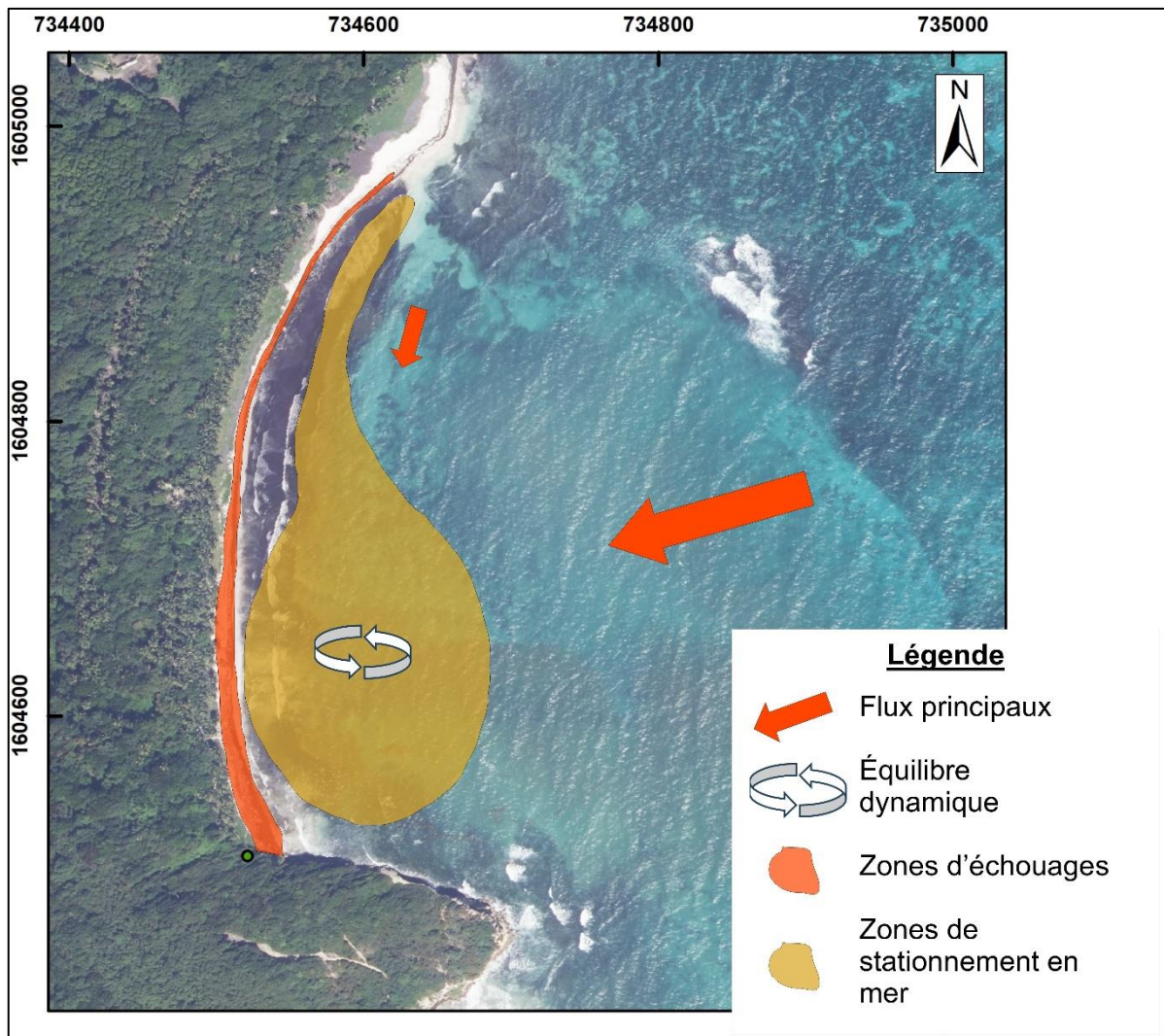


Figure 39 : Site de Petite Anse Macabou - Schéma conceptuel de circulation de sargasses

4.6. LE DIAMANT : ANSE DIZAC

4.6.1. Description

Installé en bordure de falaise sur le Morne Larcher à 355 m (ngm), les images capturées offrent une large vue sur la baie du Diamant (3500 m de long sur 1500 m de large). La banquette de sargasse parfois présente sur la plage reste difficile à détecter automatiquement en raison de la distance de l'appareil par rapport à la côte et donc de la résolution en pixel. En revanche, la détection automatique des nappes de sargasses arrivant à proximité de la côte avant l'échouage est souvent bien réalisée (Figure 40).

Le placement du dispositif au niveau du morne est contraint par un faible ensoleillement, ce qui engendre de nombreuses pannes liées à la recharge de la *SolarCam*.

Les calculs ont été réalisés toutes les trois heures entre 07h00 et 17h00 (soit environ 4 images par jour) :

- Environ 1500 images analysées sur la période 2024-2025 avec 78% des détections montrant des résultats satisfaisants ;
- Les détections approximatives ont été retirées des analyses présentées ci-dessous ;

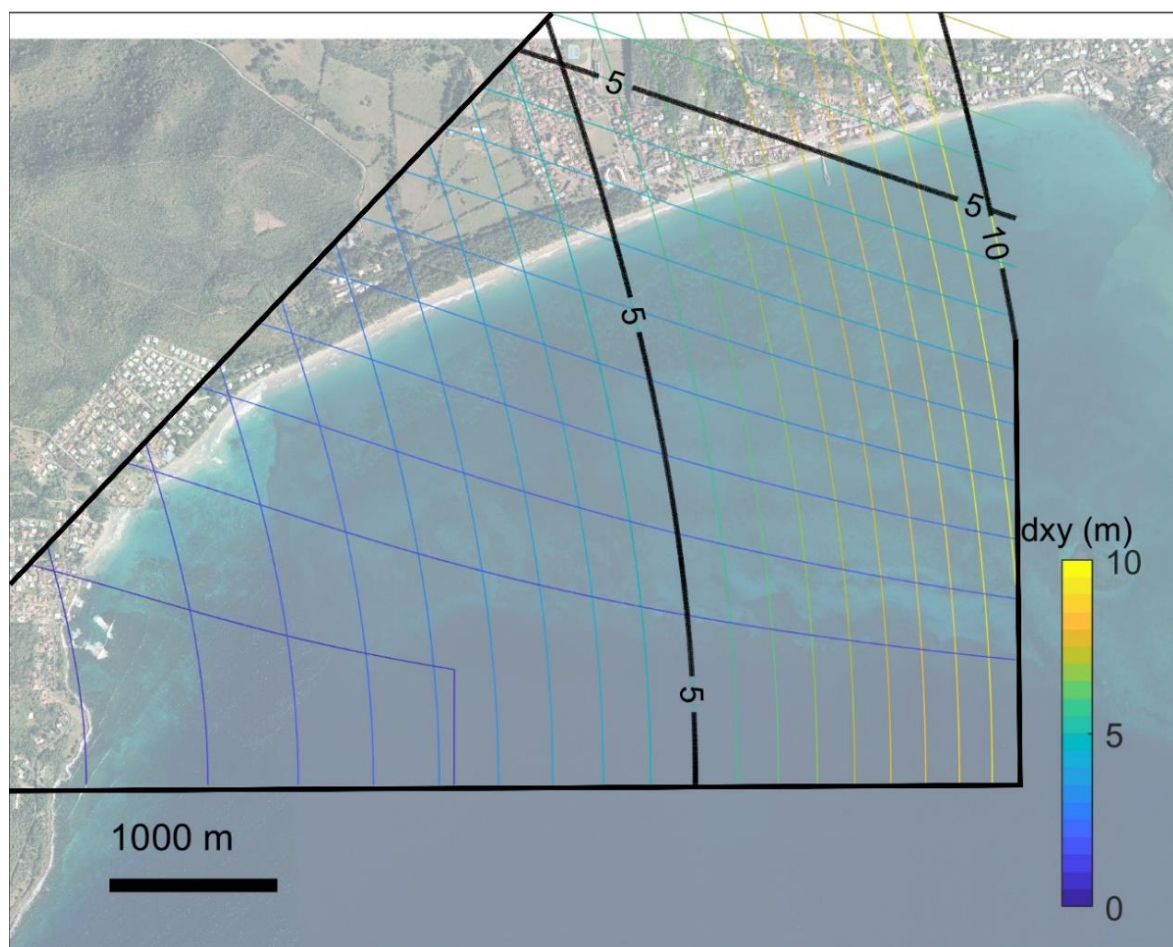


Figure 40 : Localisation du dispositif et résolution de l'image en mètre (dxy)

4.6.2. Evolution de la quantité de sargasses

a) Historique

Entre janvier 2020 et décembre 2025, le site est exposé à de nombreuses séquences d'échouages avec des surfaces moyennes élevées entre les mois de mars et de juillet. Depuis le début des suivis en 2020, les données révèlent que ces moyennes ont tendances à augmenter, notamment entre les mois de mars et avril. Outre l'année 2024 qui a connue des échouages moins importants, l'année 2025 montre des quantités importantes d'échouages en particulier durant le mois d'avril avec environ 5 600 m² détectés en moyenne (Figure 41).

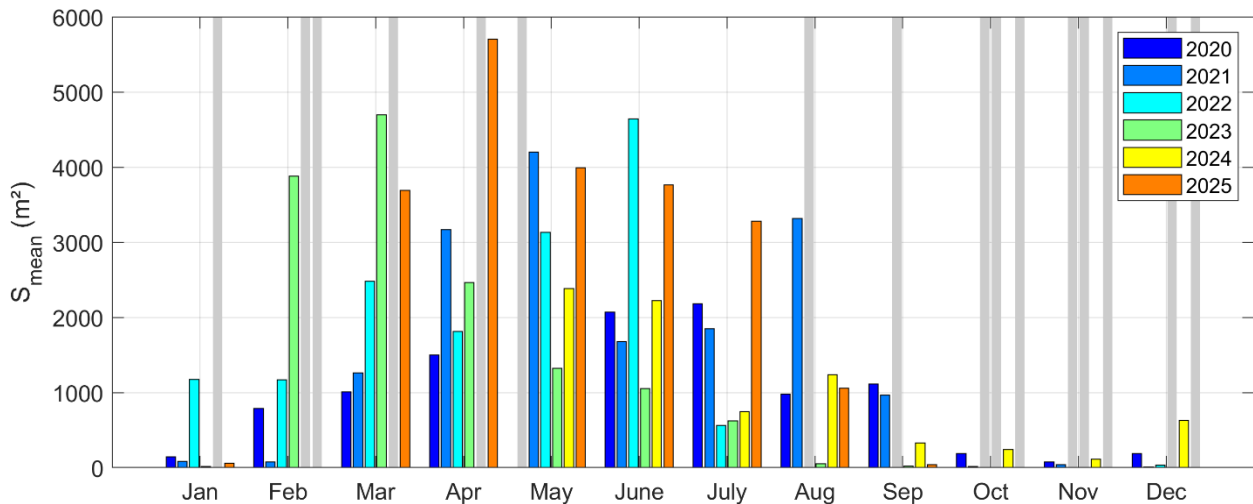


Figure 41 : Evolution moyenne mensuelle des quantités de sargasses détectées du site d'Anse Dizac en m²

b) Récent 2024-2025

Le site est particulièrement touché en 2025 avec de nombreux échouages de sargasses durant toute la période où le système est fonctionnel. Toutefois, une tendance à la diminution est observée autour de la fin du mois d'août avec une baisse de la fréquence des échouages. La moyenne journalière des échouages de 2025 est estimée à environ 3 326 m² (Figure 42). Pour comparaison, la valeur de cette moyenne en 2024 est de 1 123 m², avec une saisonnalité moins marquée (échouages fréquents en décembre).

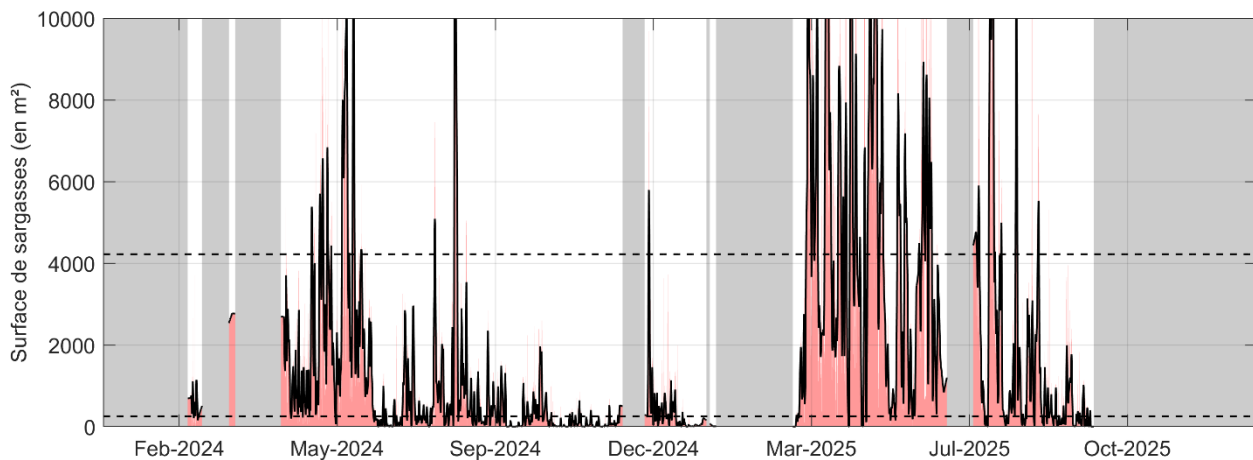


Figure 42 : Evolution temporelle des quantités moyennes journalières de sargasses détectées du site d'Anse Dizac en m² (2024-2025)

4.6.3. Evènement marquant et échouages massifs

Des échouages importants ont touché la plage de Dizac et l'anse Cafard le 14 juillet 2026. En l'espace de quelques heures seulement, de nombreux arrivages ont dérivé dans la baie et plus de 22 000 m² de sargasses se sont échouées au niveau de la plage (Figure 43).



Figure 43 : Cinématique des images capturées par le dispositif SolarCam avec (a) 13/07/2025, (b) 14/07/25 et (c) 15/07/25 et photographie du 15/07/25 vue ouest de la plage de Dizac.

En provenance du secteur est, les sargasses dérivent en surface et se propagent en direction de l'extrémité ouest de la baie. L'analyse des observations montre que les nappes viennent principalement s'échouer au niveau de l'anse Cafard ainsi que sur l'ouest de l'anse Dizac.

Compte tenu des nombreux échouages dès le mois de mars 2025, de nombreuses opérations de ramassage ont été réalisées à l'aide de pelle mécanique au niveau de l'anse Cafard.

Les profils de plage réalisés (<https://www.observatoire-olimar.fr/>) sur ce site montrent un recul significatif du trait de côte sur plusieurs mètres et un déficit sédimentaire depuis le début des suivis. Ce recul est particulièrement marqué entre 2024 et 2025 et montre un affaissement global du profil de la plage. Outre les conséquences du passage de l'ouragan Beryl et la dynamique naturelle du site (suivi par l'observatoire depuis 2017), l'affaissement observé sur ce profil est indéniablement accentué par les opérations de ramassage mécanique des algues sur ce secteur (Figure 44, Annexe 3).

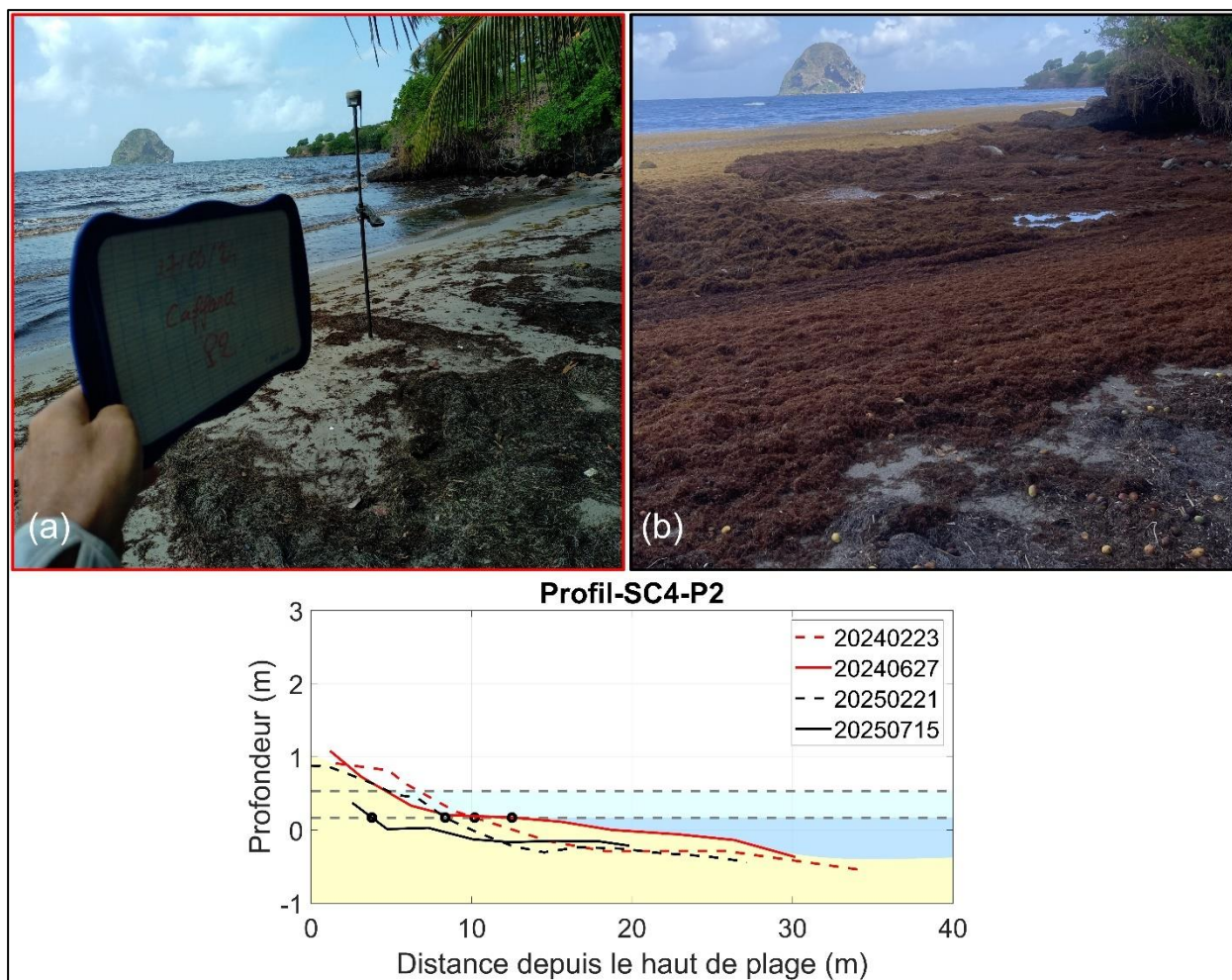


Figure 44 : Photographies du profil P2 avec (a) 27/06/2024 et (b) 15/07/2025 et comparaison des profils topographique P2 entre les années 2024 et 2025. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (plus haute mer astronomique). Les points représentent l'intersection entre le niveau de mi-marée (0.17 m NGM) de chaque profil mesuré, soit la position théorique du jet de rive (statique, sans déferlement)

4.6.4. Synthèse de fonctionnement du site

Le site de l'anse Dizac au Diamant est le seul site suivi se trouvant sur la façade Caraïbe. Ce site peut être très exposé à de nouveaux arrivages de sargasses, en particulier à l'ouest de la cellule sédimentaire. En provenance du secteur est, les sargasses dérivent en surface et se propagent à l'extrémité sud-ouest de la baie. La grande majorité des échouages vont d'abord atteindre l'anse Cafard, mais lors d'arrivages massifs, la portion ouest de la plage de l'anse Dizac est également touchée. La banquette formée sur la plage peut alors rester plusieurs semaines jusqu'au ramassage éventuel des algues.

Bien que nécessaire sur ce site, les conséquences du ramassage des algues favorisent l'affaissement global du profil de la plage de l'anse Cafard et la rendent vulnérables aux risques littoraux (Nebel et Bouvier, 2024, <https://www.observatoire-olimar.fr/fr>).

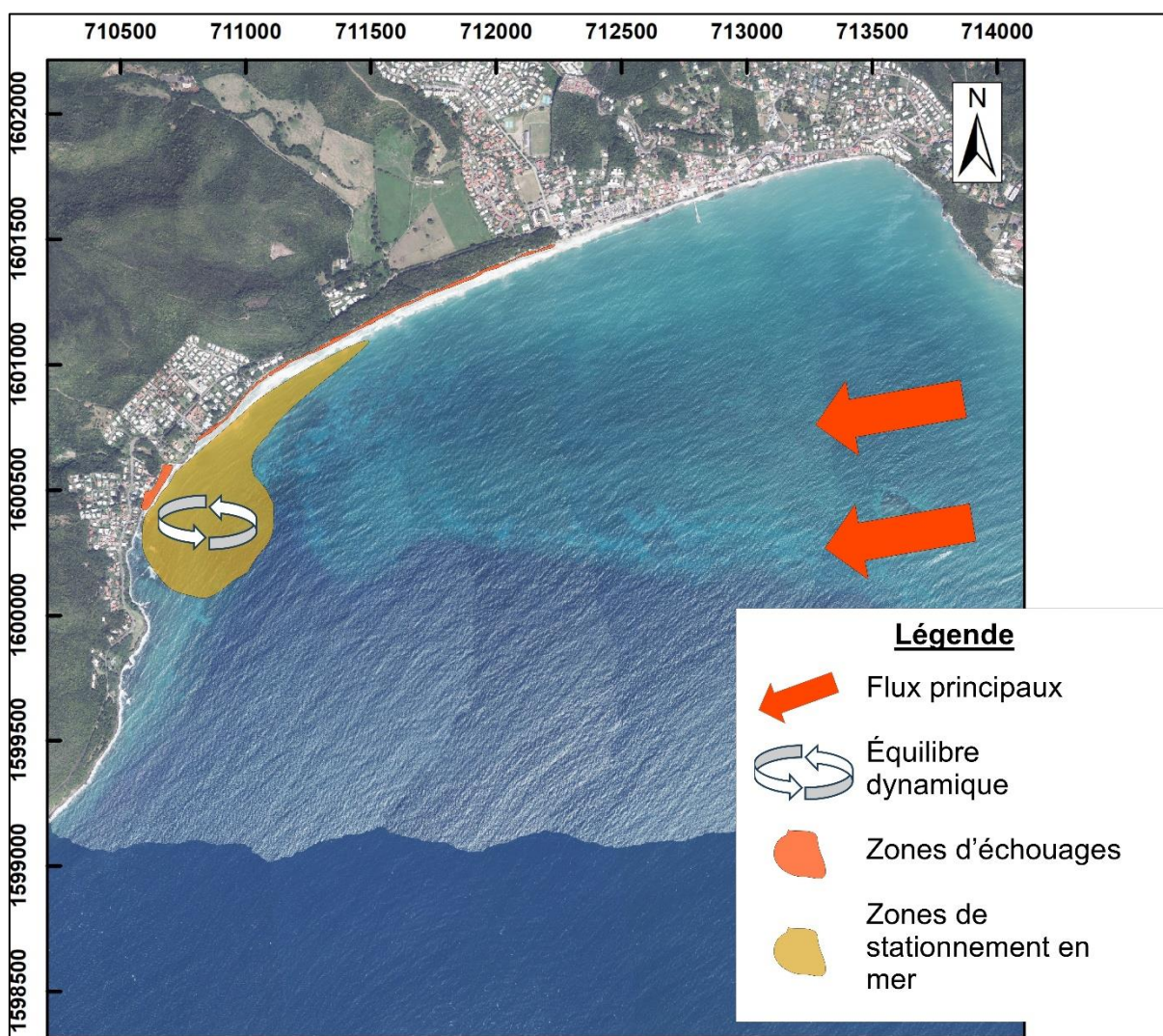


Figure 45 : Site de Anse Dizac – Schéma conceptuel de circulation des sargasses

5. Conclusion

Depuis 2019, plus de 100 000 images ont été acquises sur six sites exposés aux sargasses en Martinique (façades Atlantique et sud-Caraïbes), permettant un suivi local, continu et en temps réel des échouages. Les données sont hébergées sur le serveur du BRGM et accessibles sur demande.

Une chaîne de traitement automatique a été déployée pour la détection et l'estimation surfacique des algues, avec des résultats satisfaisants sur cinq sites. Les chroniques produites intègrent date, quantité (pixels/m²), proportion d'algues et indice de précision. Il est recommandé de privilégier les données surfaciques lorsque la précision est jugée satisfaisante à excellente (niveaux 2 et 3). Pour les sites où la détection automatique est moins performante, une représentation *timestack* le long de profils transversaux offre une alternative quantitative fiable.

Les années 2024 et 2025 confirment une variabilité saisonnière, bien que moins marquée que les années précédentes. Si les échouages restent majoritairement intenses entre février et août, des arrivages significatifs ont été observés en novembre-décembre sur plusieurs sites (Marigot, Sainte-Marie, Le François). Après une diminution des quantités en 2024, l'année 2025 se caractérise par une forte intensité, notamment en juin avec des arrivages récurrents et volumineux sur l'ensemble des sites.

Un phénomène d'érosion notable a été identifié sur un site (Anse Cafard, Le Diamant), lié à un affaissement global du profil de plage. Si le ramassage des sargasses est indispensable lorsque le site exposé comprend des enjeux humains, il contribue à la diminution du stock sédimentaire et accroît la vulnérabilité des plages face aux risques littoraux. Un cadrage renforcé de ces pratiques, privilégiant le ramassage manuel, apparaît nécessaire.

Enfin, la complémentarité des méthodes de détection (satellites, drones, caméras fixes, réseaux citoyens) et le développement de chaînes de traitement calibrées localement sont essentiels pour fiabiliser l'alerte et la gestion côtière. La standardisation, la fusion de données multi-capteurs et l'adaptation au contexte caribéen constituent des priorités pour répondre aux enjeux croissants du phénomène sargasse.

Perspective : Le couplage des estimations surfaciques avec les conditions d'état de mer permettrait d'améliorer la compréhension de la dispersion des algues en zone proche côtière et d'optimiser le réseau de suivi.

6. Références

- Alleyne, Kristie S. T., Donald Johnson, Francis Neat, Hazel A. Oxenford, et Henri Vallès. 2023. « Seasonal Variation in Morphotype Composition of Pelagic Sargassum Influx Events Is Linked to Oceanic Origin ». *Scientific Reports* 13 (1): 3753. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30969-2>.
- Álvarez-Carranza, Geraldine, et Hugo E. Lazcano-Hernández. 2019. « Methodology to Create Geospatial MODIS Dataset ». In *Telematics and Computing*, édité par Miguel Felix Mata-Rivera, Roberto Zagal-Flores, et Cristian Barría-Huidobro. Springer International Publishing.
- Arellano-Verdejo, Javier, et Hugo E. Lazcano-Hernandez. 2020. « Crowdsourcing for Sargassum Monitoring Along the Beaches in Quintana Roo ». In *GIS LATAM*, édité par Miguel Felix Mata-Rivera, Roberto Zagal-Flores, Javier Arellano Verdejo, et Hugo Enrique Lazcano Hernandez. Springer International Publishing.
- Belon, R., T. Laigre, et T. Chevet. 2017. *Suivi de la dynamique des banquettes de posidonie et de leur impact sur l'évolution du trait de côte en Haute-Corse*. BRGM RP-67632-FR. <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-67632-FR>.
- Bossennec, G., F. Longueville, N. Valentini, et O. Vignaud. 2021. *Mise en place d'un système de suivi des échouements de sargasses par caméra autonome en Guyane*. Rapport final RP-70576-FR. BRGM. <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-70576-FR>.
- Bouvier, C. 2022. *Suivi des échouages de sargasses sur le littoral de la Martinique (2020-2022)*. BRGM RP-72256-FR. <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-72256-FR.pdf>.
- Bouvier, C. 2024. *Suivi des échouages de sargasses sur le littoral de la Martinique (2022-2023)*. BRGM RP-73581-FR. <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-73581-FR.pdf>.
- Bouvier, Clément. 2022. *Suivi des échouages de sargasses sur le littoral de la Martinique (2020 - 2022)*. BRGM/RP-72256-FR. BRGM.
- Bouvier, Clément, Yann Balouin, et Bruno Castelle. 2017. « Video Monitoring of Sandbar-Shoreline Response to an Offshore Submerged Structure at a Microtidal Beach ». *Geomorphology* 295 (octobre): 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.07.017>.
- Bouvier, Clément, Thibault De Cathelineau, et Nico Valentini. 2020. *Suivi de la dynamique des échouages de sargasses sur le littoral martiniquais – Développement et application des algorithmes*. RP-69651-FR.
- De Blomac, Françoise. 2021. *De l'usage de la télédétection spatiale dans la surveillance des bancs de sargasses*. Etat des lieux. SARG'COOP. https://sargcoop.org/wp-content/uploads/2023/02/FR_-_Sargasses-etat-des-lieux-V3.2-FR.pdf.
- Gower, Jim, Erika Young, et Stephanie King. 2013. « Satellite Images Suggest a New Sargassum Source Region in 2011 ». *Remote Sensing Letters* 4 (8): 764-73. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2013.796433>.

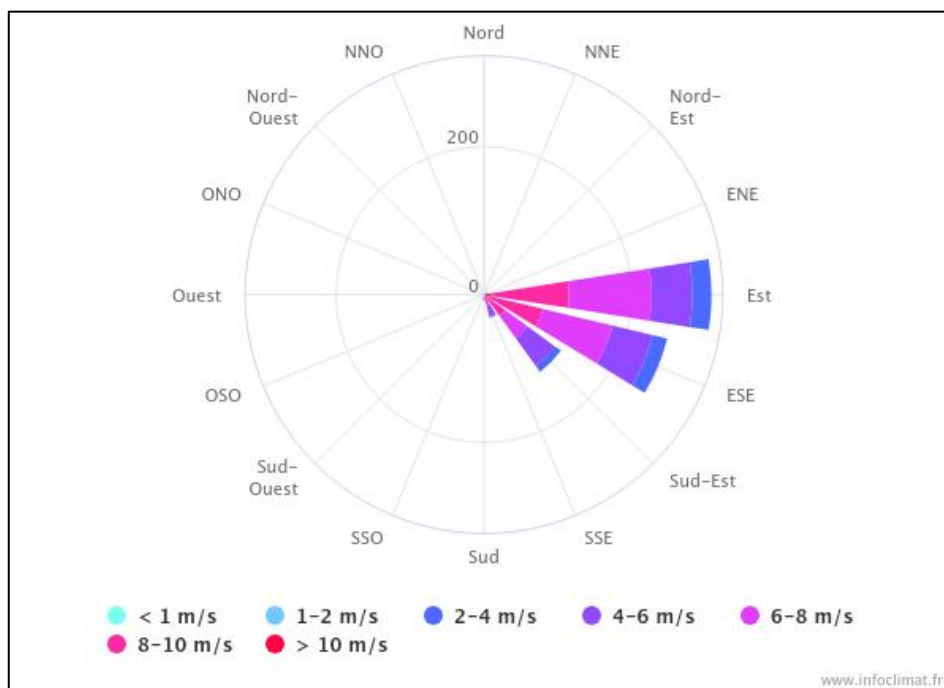
- Holland, K. Todd, Robert A. Holman, Thomas C. Lippmann, John Stanley, et Nathaniel Plant. 1997. « Practical use of video imagery in nearshore oceanographic field studies ». *IEEE Journal of oceanic engineering* 22 (1): 81-92.
- Jouanno, Julien, Sarah Berthet, Frank Muller-Karger, Olivier Aumont, et Julio Sheinbaum. 2025. « An Extreme North Atlantic Oscillation Event Drove the Pelagic Sargassum Tipping Point ». *Communications Earth & Environment* 6 (1): 95. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02074-x>.
- Krähenbühl, Philipp, et Vladlen Koltun. 2011. « Efficient Inference in Fully Connected CRFs with Gaussian Edge Potentials ». In *Advances in Neural Information Processing Systems*, édité par J. Shawe-Taylor, R. Zemel, P. Bartlett, F. Pereira, et K. Weinberger, vol. 24. Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2011/file/beda24c1e1b46055dff2c39c98fd6fc1-Paper.pdf.
- Lazcano-Hernandez, Hugo E., Javier Arellano-Verdejo, et Rosa E. Rodríguez-Martínez. 2023. « Algorithms applied for monitoring pelagic Sargassum ». *Frontiers in Marine Science* 10 (août): 1216426. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1216426>.
- Moisan, M., T. Delahaye, T. Laigre, et N. Valentini. 2021. *Suivi des échouages de sargasse et de l'évolution du trait de côte par caméra autonome en Guadeloupe : analyse des résultats et bilan des observations*. Rapport final RP-71295-FR. <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-71295-FR>.
- Nebel, T., et C. Bouvier. 2024. *Observatoire de la dynamique du littoral Martiniquais - Rapport d'activité 2021-2023 et bilan de l'évolution des plages 2022-2023*. Rapport final RP-74043-FR. BRGM.
- Ody, Anouck, Thierry Thibaut, Léo Berline, et al. 2019a. « From In Situ to Satellite Observations of Pelagic Sargassum Distribution and Aggregation in the Tropical North Atlantic Ocean ». *PLOS ONE* 14 (9): e0222584. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222584>.
- Ody, Anouck, Thierry Thibaut, Léo Berline, et al. 2019b. « From In Situ to Satellite Observations of Pelagic Sargassum Distribution and Aggregation in the Tropical North Atlantic Ocean ». *PLOS ONE* 14 (9): e0222584. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222584>.
- Paquier, Anne-Eléonore, et N. Valentini. 2020. *Étude du transit sédimentaire autour du port de Taverna : compte-rendu d'installation des caméras de suivi du trait de côte*. Rapport final RP-70187-FR. BRGM.
- Podlejski, Witold, Jacques Descloitres, Cristèle Chevalier, Audrey Minghelli, Christophe Lett, et Léo Berline. 2022. « Filtering out false Sargassum detections using context features ». *Frontiers in Marine Science* 9 (septembre): 960939. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.960939>.
- Sandler, Mark, Andrew Howard, Menglong Zhu, Andrey Zhmoginov, et Liang-Chieh Chen. 2018. « Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks ». *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 4510-20.
- Valentini, Nico, et Yann Balouin. 2020. « Assessment of a Smartphone-Based Camera System for Coastal Image Segmentation and Sargassum Monitoring ». *Journal of Marine Science and Engineering* 8 (1): 23. <https://doi.org/10.3390/jmse8010023>.

- Vos, Kilian, Mitchell D. Harley, Kristen D. Splinter, Joshua A. Simmons, et Ian L. Turner. 2019. « Sub-Annual to Multi-Decadal Shoreline Variability from Publicly Available Satellite Imagery ». *Coastal Engineering* 150 (août): 160-74. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.04.004>.
- Vos, Kilian, Kristen D. Splinter, Mitchell D. Harley, Joshua A. Simmons, et Ian L. Turner. 2019. « CoastSat: A Google Earth Engine-Enabled Python Toolkit to Extract Shorelines from Publicly Available Satellite Imagery ». *Environmental Modelling & Software* 122 (décembre): 104528. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>.
- Wang, Mengqiu, et Chuanmin Hu. 2016. « Mapping and Quantifying Sargassum Distribution and Coverage in the Central West Atlantic Using MODIS Observations ». *Remote Sensing of Environment* 183 (septembre): 350-67. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.019>.
- Wang, Mengqiu, Chuanmin Hu, Brian B. Barnes, Gary Mitchum, Brian Lapointe, et Joseph P. Montoya. 2019. « The Great Atlantic Sargassum Belt ». *Science* 365 (6448): 83-87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>.
- Wang, Mengqiu, Chuanmin Hu, Jennifer Cannizzaro, et al. 2018. « Remote Sensing of Sargassum Biomass, Nutrients, and Pigments ». *Geophysical Research Letters* 45 (22). <https://doi.org/10.1029/2018GL078858>.

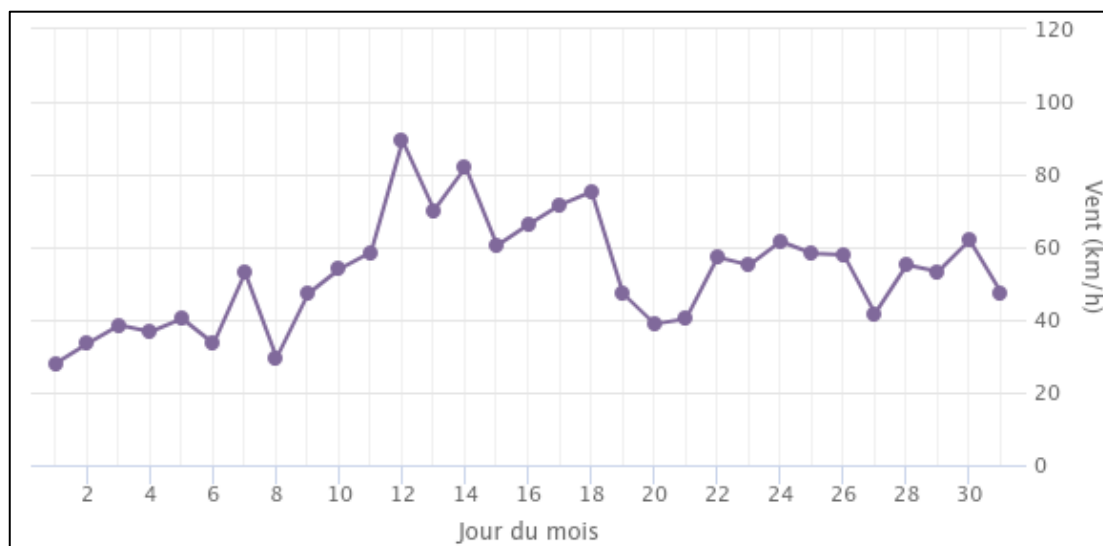
Annexe 1 Condition météorologique mai 2025 au Vauclin

Station météorologique MF97232003⁴

Rose des vents :



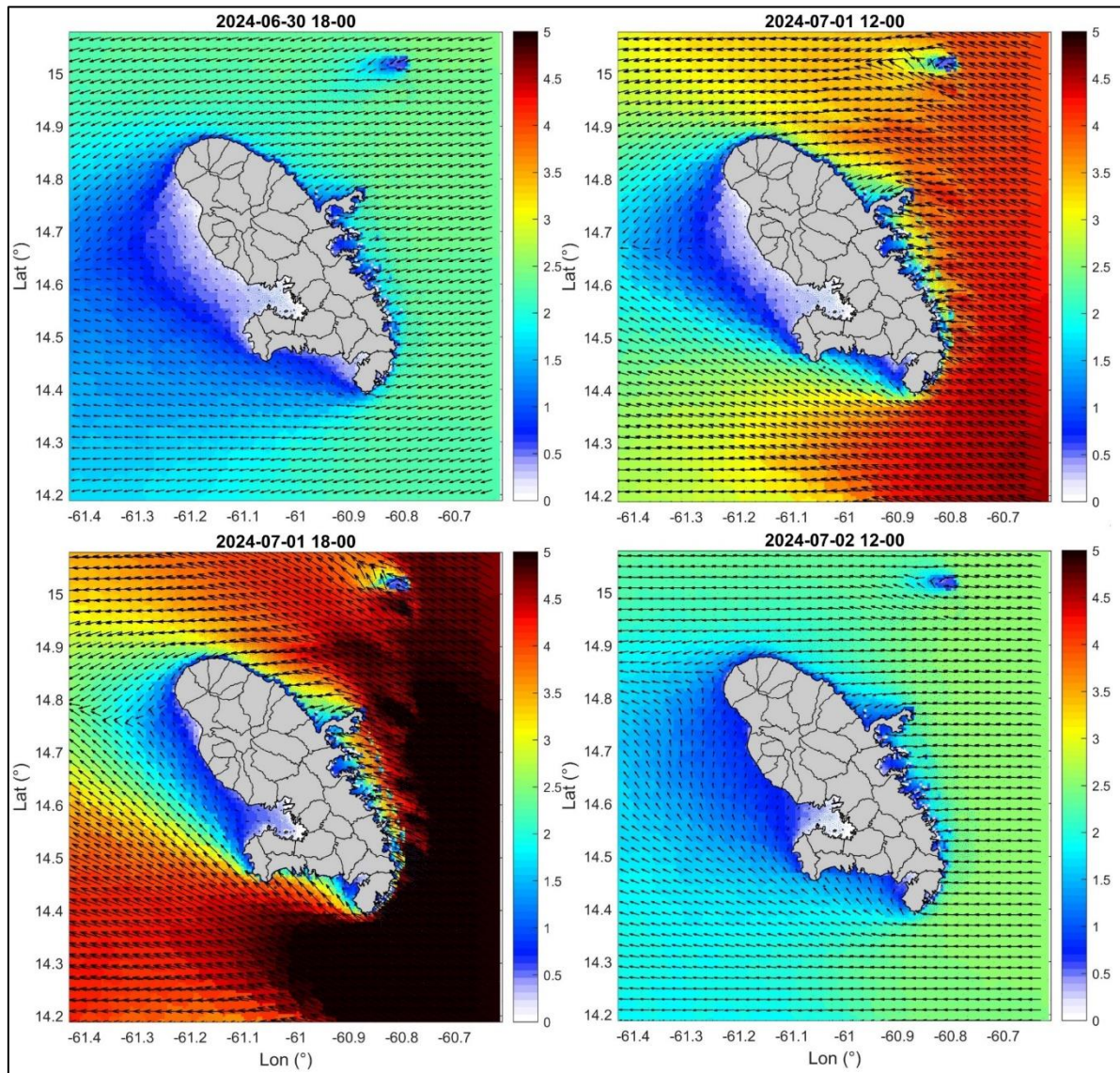
Vitesse du vent (rafales) en km/h par jour (mai 2025) :



⁴ <https://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/MF97232003/mai/2025/vauclin.html>

Annexe 2 Prédiction de vagues BERYL

Cartographie des hauteurs significatives (H_s) et direction (vecteurs) des vagues sur la Martinique entre le 30 juin à 18h et le 2 juillet à 12h, issue des prévisions de vagues du modèle WAVEWATCH-III de l'Ifremer pour la zone Antilles⁵.



⁵ <https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues>

Annexe 3 Ramassage mécanique sargasse





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Martinique

8 rue de la Bonne Santé

97200 – Fort-De-France

Tél. : 05 96 71 17 70

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm