

Suivi des échouages de sargasses par caméras autonomes sur le littoral de la Martinique (2020-2022)

Clément Bouvier (BRGM)

13 janvier 2023



Contexte

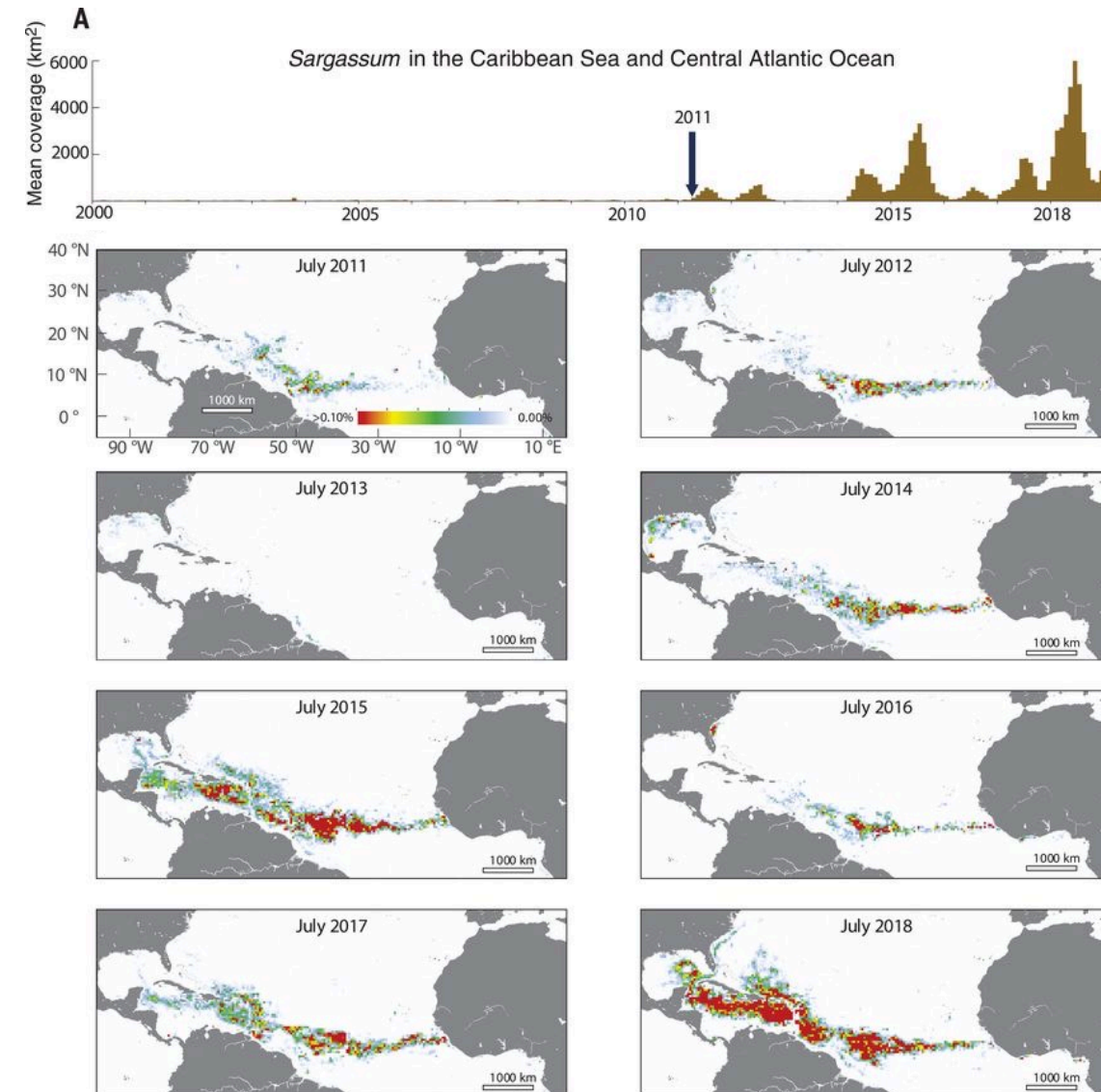
➤ Constat général

- Depuis 2011 => prolifération importante de ces algues (bloom) à travers l'Océan Atlantique Central
- Depuis, leur abondance ne cesse de croître dans la zone équatoriale de l'Atlantique et la mer des Caraïbes
- Les causes restent complexes mais plusieurs facteurs identifiés (apport massif de nutriments par l'Amazonie, remontées d'eaux profondes à proximité de la côte Ouest Africaine)
- Des répercussions importantes sur la Martinique



Anse la Richer (Trinité) le 20-07-2021

©BRGM



Wang et al., 2019

Objectifs

➤ Un suivi local des échouages

- Améliorer la connaissance et la compréhension des mécanismes d'échouage de sargasses et leur impact sur la dynamique du littoral

Le réseau de suivi des échouages par @Solarcam (caméras autonomes):

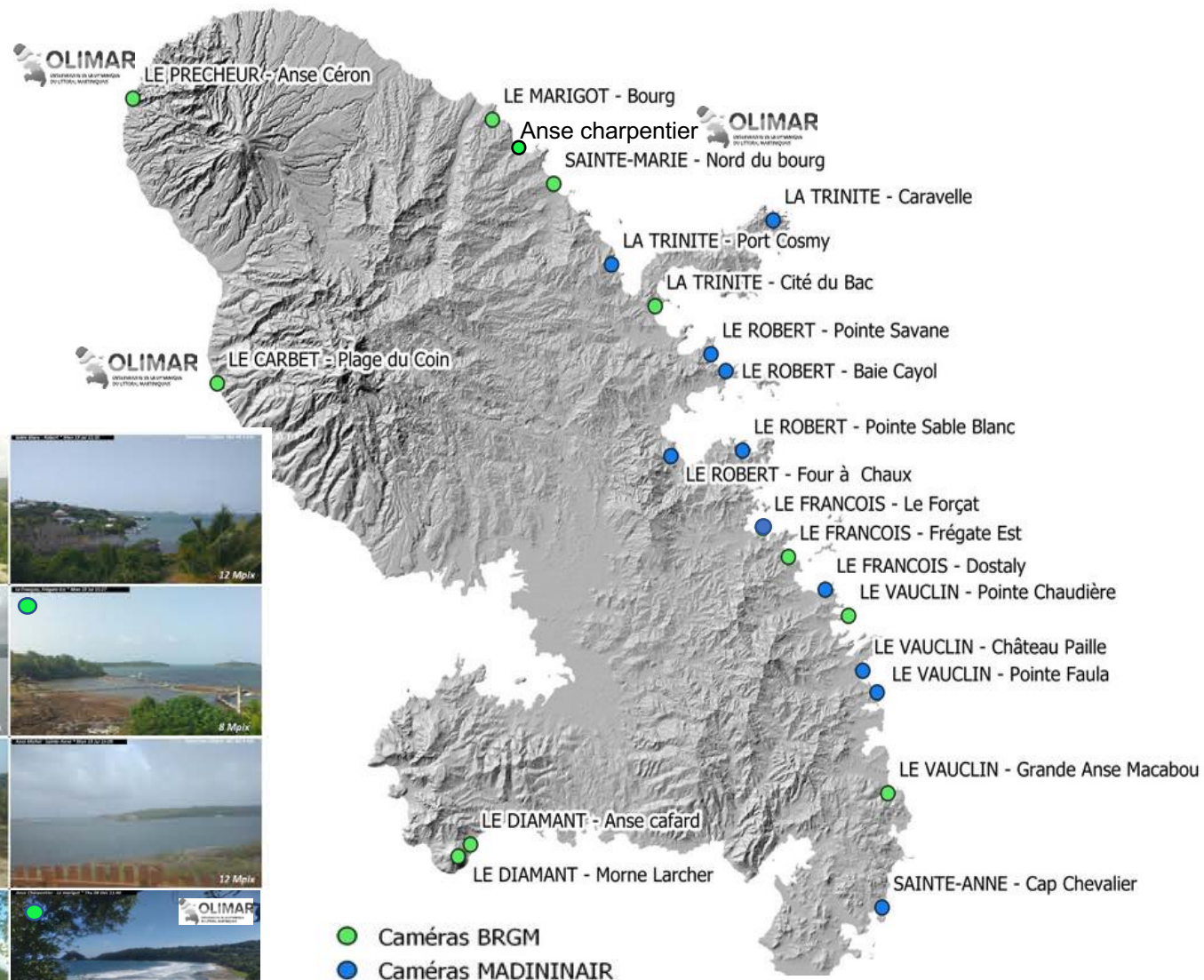
- (1) Suivre l'évolution des arrivages et des échouages à distance et en continu
- (2) Capitaliser l'information pour avoir plus de recul sur le phénomène
- (3) Informer en temps réel les autorités en charge de leur gestion



Un suivi continu en temps réel

➤ Description

- Le réseau de suivi est opérationnel depuis 2019
> une partie confiée à Madininair en 2021
- Principales façades exposées aux échouages sur le littoral martiniquais
- Les photographies sont visualisables en temps réel sur une page internet dédiée

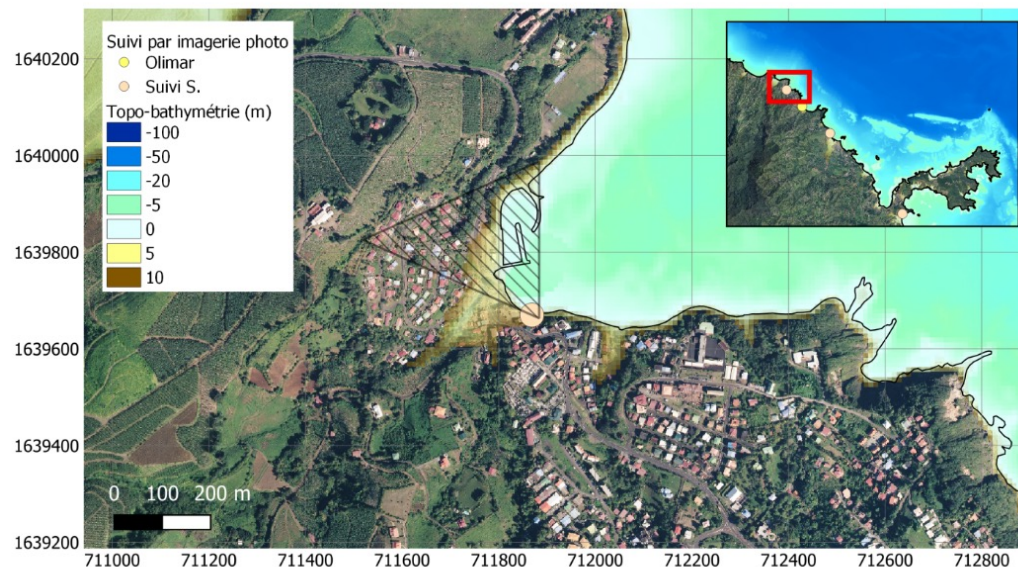


(1) Un suivi continu en temps réel

➤ Sites suivis (BRGM)

▪ La baie du bourg du Marigot

- Orientée vers l'est
- Très exposée aux échouages
- Enjeux : navigation, pêche, qualité de l'air
- ©Solarcam installée sur un poteau en bois depuis 09/2018

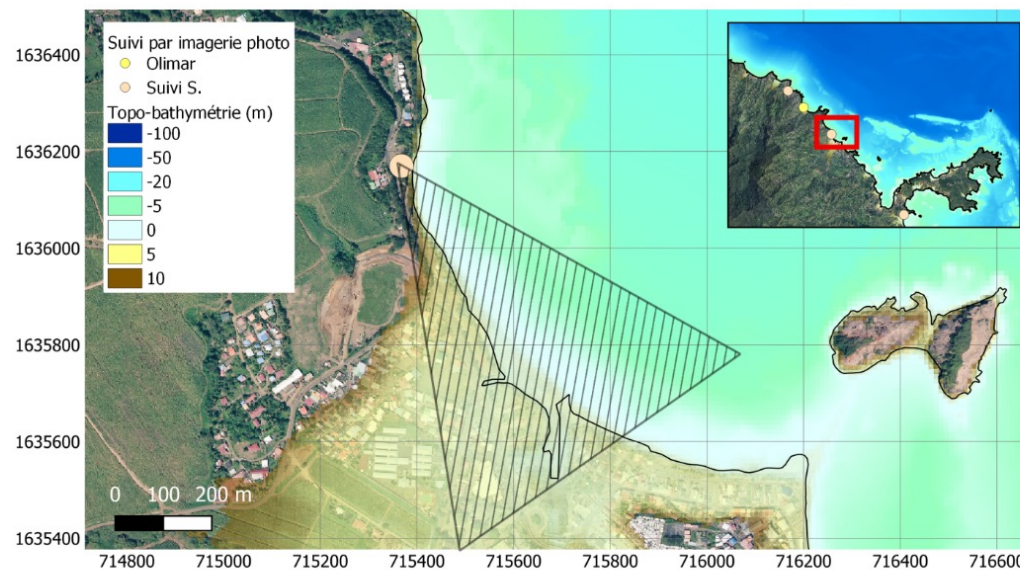


Un suivi continu en temps réel

➤ Sites suivis (BRGM)

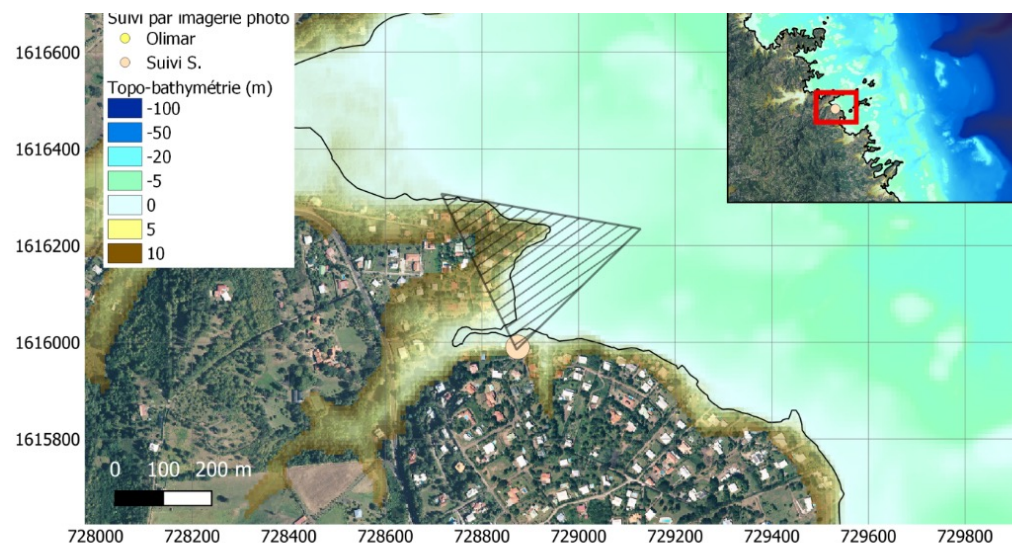
■ La plage de Sainte-Marie

- Plage de 1 km de long
- Très exposée aux échouages
- Enjeux : baignade, qualité de l'air, ponte des tortues marines
- ©Solarcam installée sur un arbre depuis 10/2018



■ Frégate Est (François)

- Fond de baie
- Très exposé aux échouages
- Enjeux : barrage, baignade, qualité de l'air pour les riverains
- ©Solarcam installée chez un particulier depuis 10/2018

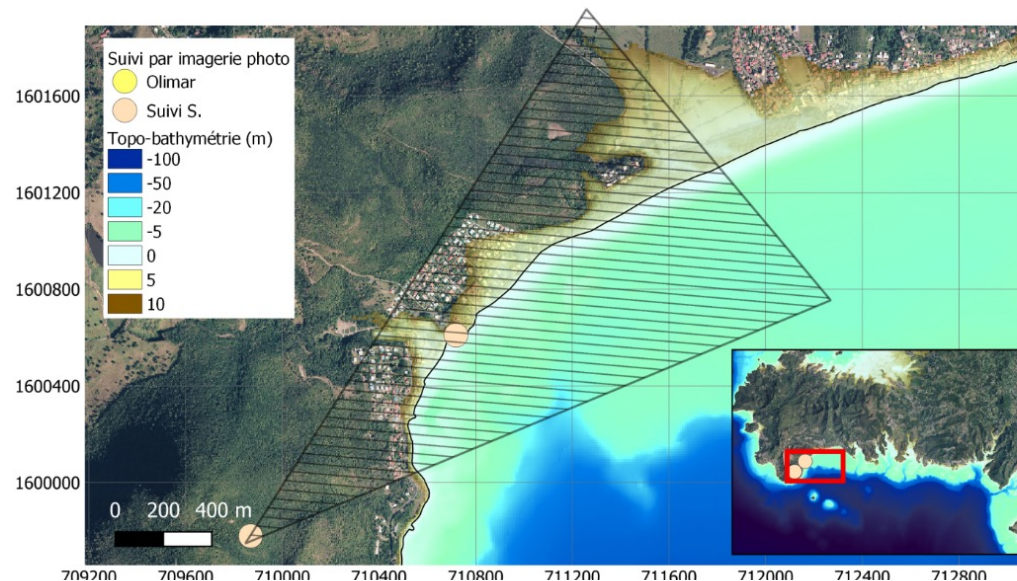


Un suivi continu en temps réel

➤ Sites suivis (BRGM)

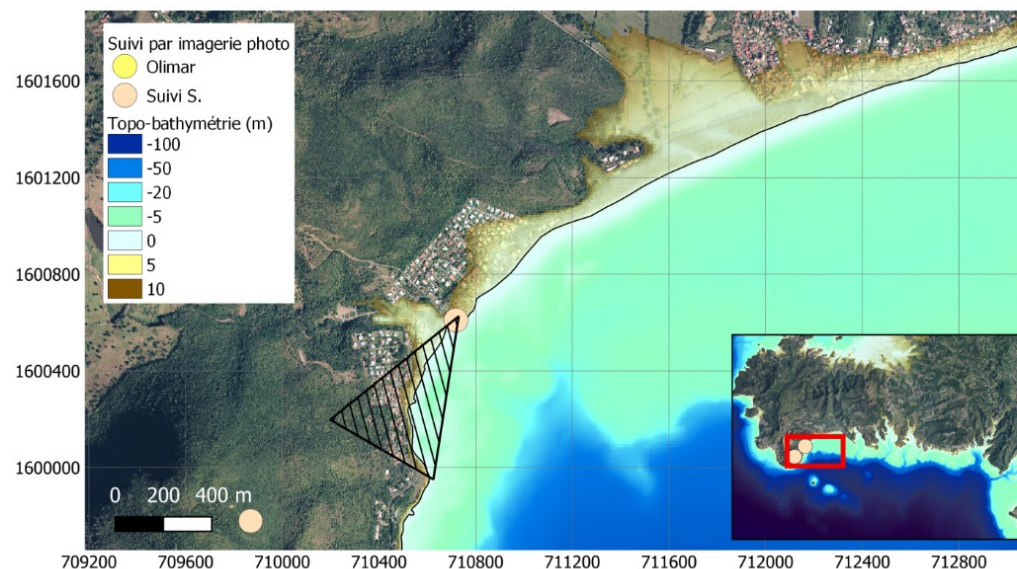
■ Plage de Dizac (Diamant)

- Plage de plus de 3 km de long
- Occasionnellement exposée aux échouages
- Enjeux : baignade, tourisme, tortues marines, érosion
- ©Solarcam installée sur le Morne Larcher depuis 08/2019



■ Anse Cafard (Diamant)

- Plage de de 200 m de long
- Très exposée aux échouages
- Enjeux : baignade, tourisme, érosion
- ©Solarcam installée sur un palmier depuis 10/2017



Un suivi continu en temps réel

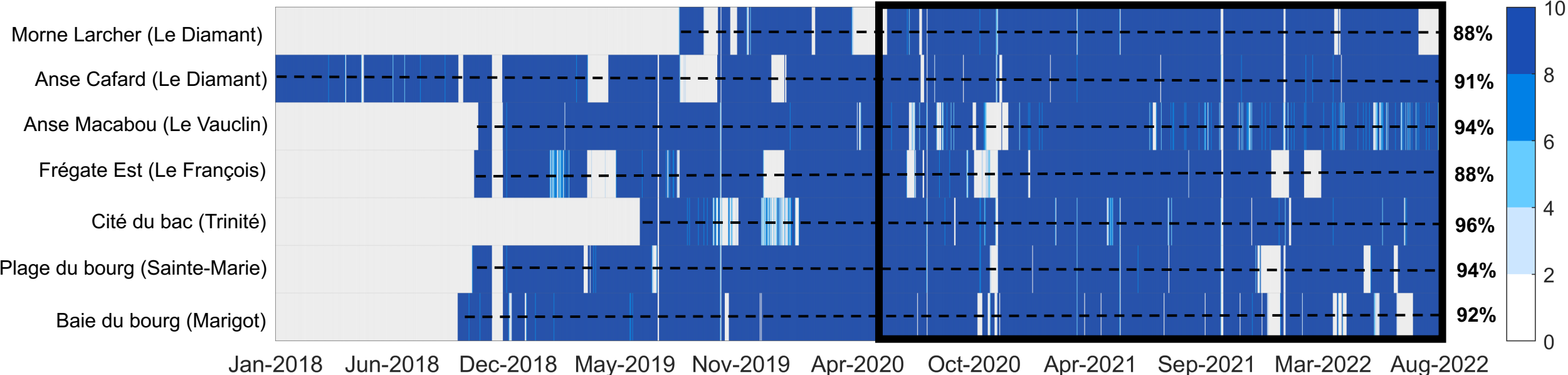
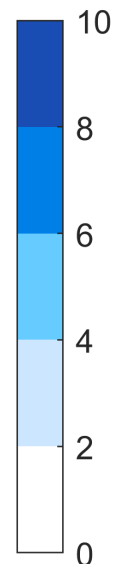
➤ Les images disponibles

▪ Maintenance sur les 47 derniers mois (octobre 2018 – octobre 2022) => 7 sites suivis

- Au total + de 123 000 images, soit ~ 100 giga-octets
- < 10 % de perte depuis 2018
- < 8 % de perte entre juin 2020 et septembre 2022
- Chaque année, en moyenne plus de 4000 images/site
- Aujourd'hui on reçoit plus de 90 images par jour

Perte* = une journée entière sans image

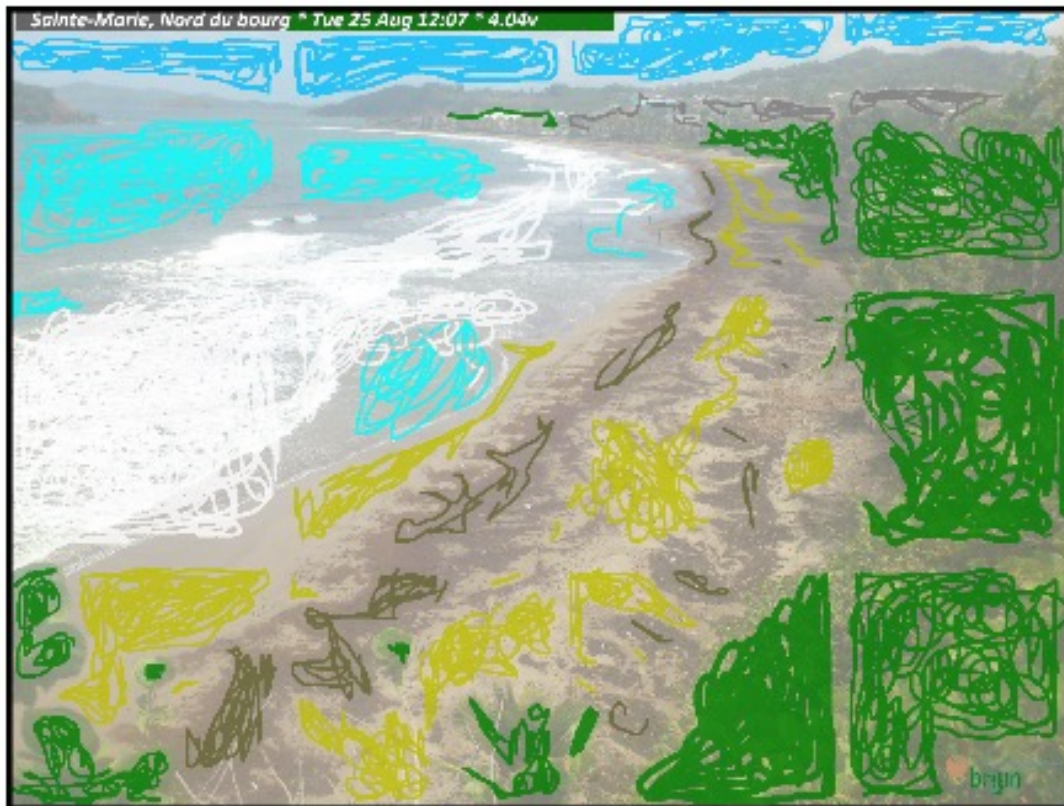
Nphoto/j



Développement et application des algorithmes

➤ Détection des sargasses

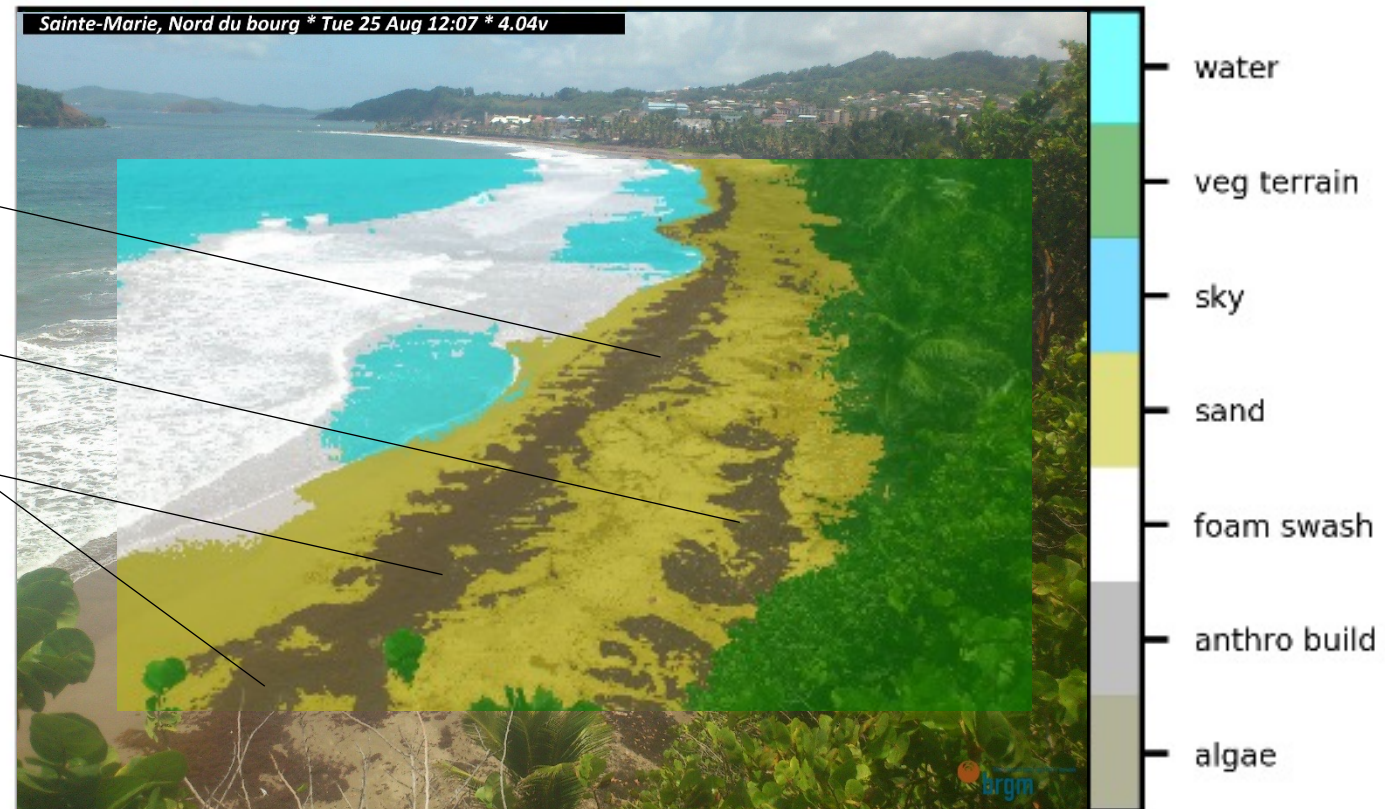
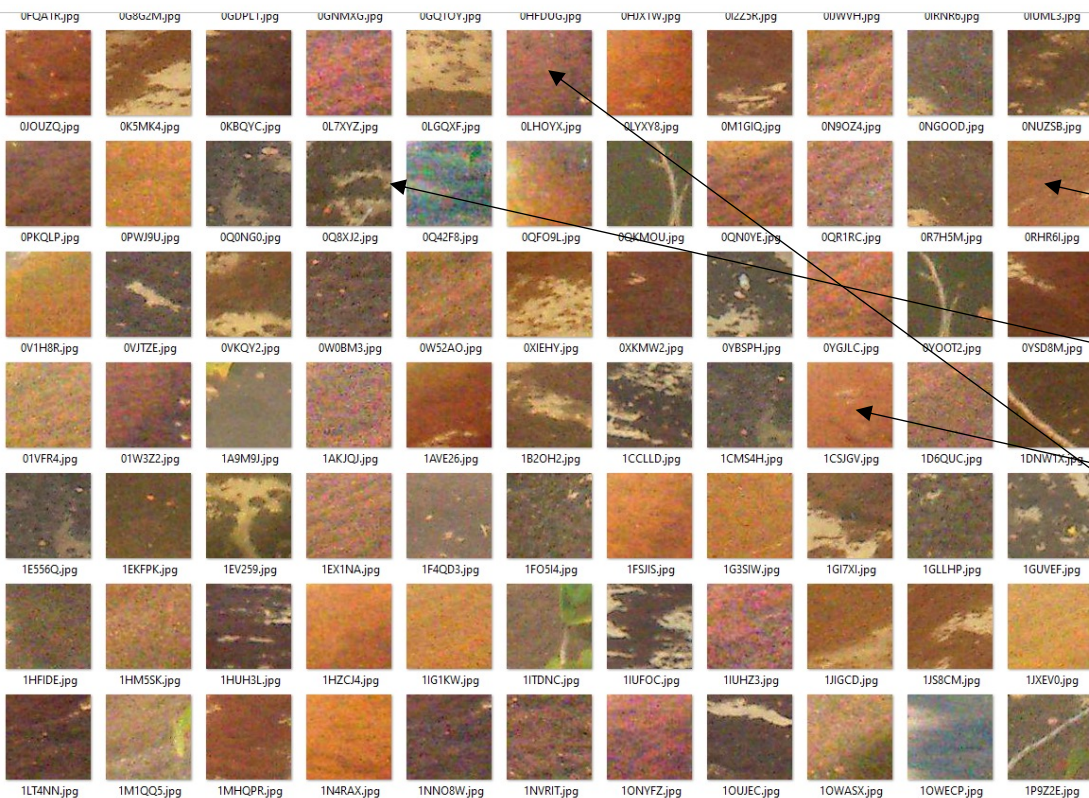
- Un suivi du phénomène passe par l'acquisition d'une information exploitable
- Détection automatique des algues sargasses (intelligence artificielle)
- Etiquetage manuel de quelques images



Développement et application des algorithmes

➤ Détection des sargasses

- Algorithme de segmentation par région d'intérêt (sémantique)
- Méthode employée ces dernières années (conduite autonome, imagerie médicale, contrôles industriels, etc...)
- Détection automatique sur les futures images à traiter à partir des bibliothèques générées



Développement et application des algorithmes

➤ Détection des sargasses

- Algorithme de segmentation par région d'intérêt (sémantique)
- Méthode employée ces dernières années (conduite autonome, imagerie médicale, contrôles industriels, etc...)
- Détection automatique sur les futures images à traiter à partir des bibliothèques générées

Image capturée



Résultat de la détection automatique de sargasses



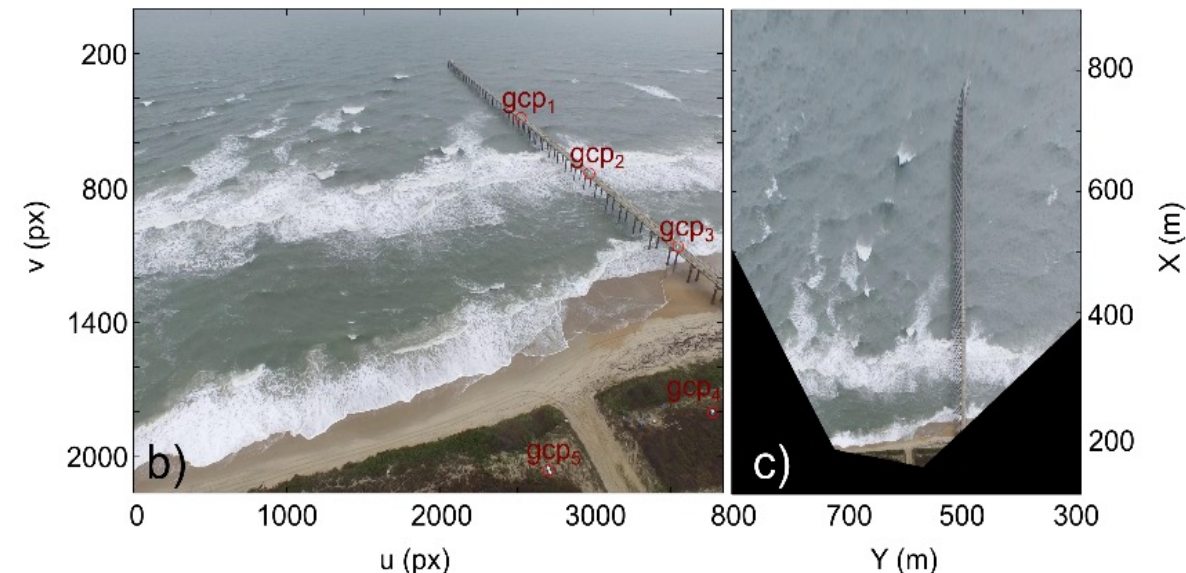
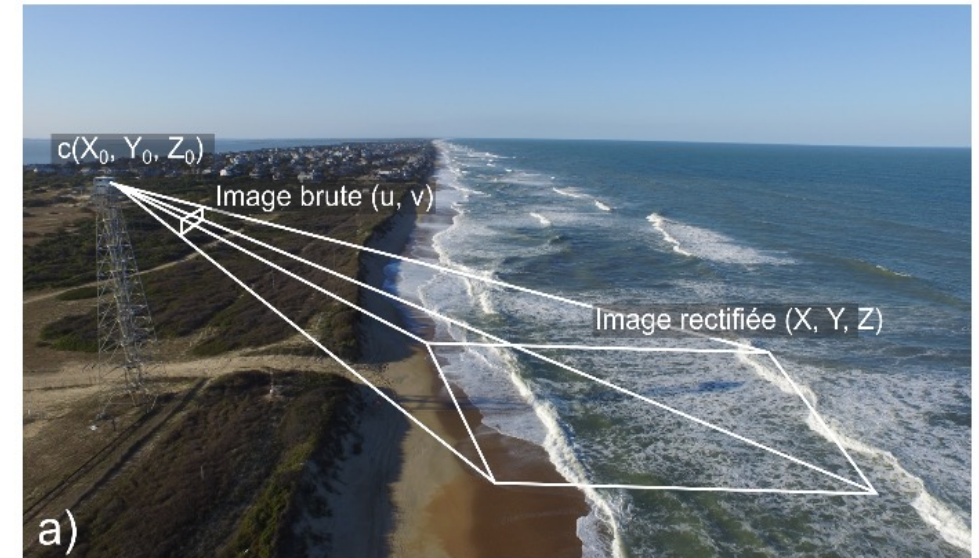
(2) Développement et application des algorithmes

➤ Géoréférencement des images

- Obtenir une information quantitative
- Transformation des pixels en coordonnées métriques
- Relation obtenue en connaissant certains paramètres de la caméra :
 - sa position (X_0, Y_0, Z_0)
 - sa distance focale D_f
 - son orientation* (tilt, azimuth et roll)

*déterminée en utilisant plusieurs points de références

- Angle de vue des caméras peut varier (pousse des arbres, vent, dilatation thermique)
- Nombreuses images nécessitent une rectification spécifique calculée après la prise de vue
- Lorsque l'image ne contient pas de repère fixe, ce qui est courant sur le littoral, un géoréférencement précis est impossible
- C'est le cas sur le site de Cité du Bac ou à Grande anse Macabou



(2) Développement et application des algorithmes

➤ Le système d'alerte

- Calcul automatique des quantités de sargasses (10h, 12h et 15h)
- Seuil prédéterminé => alerte => mail d'information
- Mail envoyé si aucune alerte déclenchée dans les 72 heures
- Actuellement, la liste de diffusion contient une quarantaine de personnes de différents organismes

$$\text{if } \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i > \text{Seuil}_{local} \ \&\& \ H_{Alert} - H_t > 72$$

$$\text{Alert}_t = 1$$

Site suivi	Seuil d'alerte	
	En nombre de pixel (n)	En superficie (m ²)
La baie du bourg du Marigot	-	1500
La plage du bourg de Sainte-Marie	-	1000
Cité du Bac (la Trinité)	500	-
Frégate Est (Le François)	-	1000
Grande anse Macabou (le Vauclin)	500	-
Baie du Diamant	-	2000

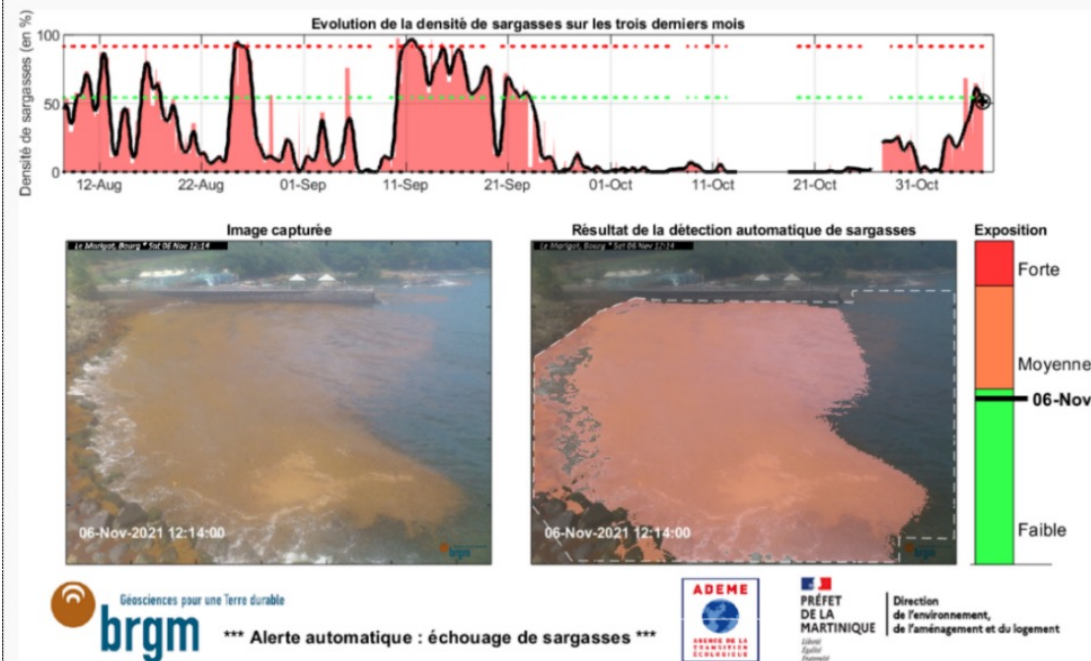
MESSAGE D'INFORMATION DU RESEAU DE SUIVI DE LA DYNAMIQUE DES ECHOUAGES DE SARGASSES EN MARTINIQUE (06-Nov-2021 11:40) :

Ce message automatique concerne le site de suivi : 01_Marigot_Bourg (<https://www.brgm-antilles-suivi-littoral.fr/brgm5/>). La superficie de sargasses estimée sur ce site est de 2302 m² pour la journée du 06-Nov-2021 (moyenne journalière). Sur ce site, le seuil d'alerte a été fixé à 1000 m² pour une occurrence maximale de 72 h.

La figure ci-jointe représente l'historique de la densité de sargasses sur les trois derniers mois et la photo prise le 06-Nov-2021 à 12h avec l'analyse automatique correspondante.

Ce dispositif de suivi est opéré par le BRGM et financé par l'ADEME, la DEAL et le BRGM dans le cadre du plan Sargasses. Son objectif est d'améliorer la connaissance et la compréhension des échouages de sargasses et leur impact sur le littoral.

***** Ce message est généré automatiquement, ne répondez pas à l'expéditeur *****



(3) Résultats

➤ Le Bourg du Marigot

▪ Jeu de données disponibles (01/2020 – 09/2022)

- 3900 images analysées (5/jours)
- Résultat satisfaisant à excellent pour 90 %
- Superficie couverte (~ 7000 m²)
- Sargasses dans le port ou échouées sur les galets non prises en compte

- Qualité des détections

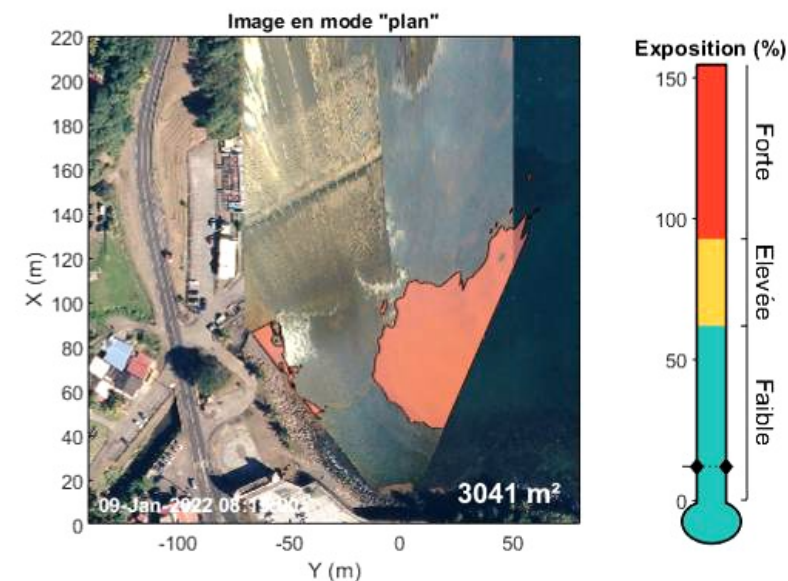
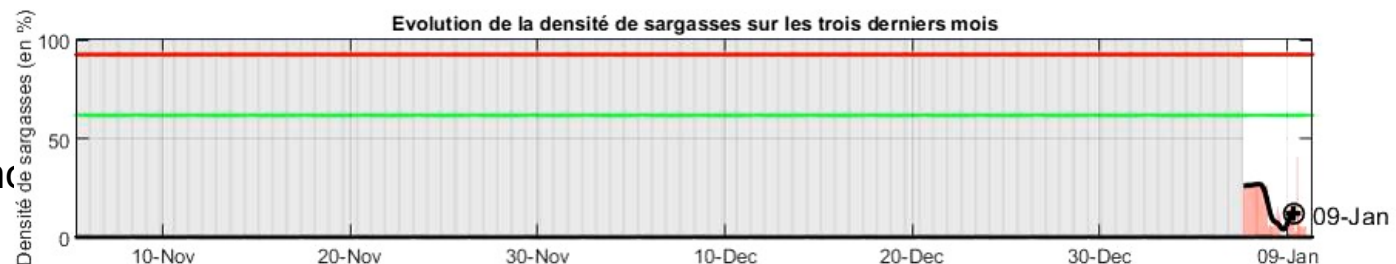
Excellente : toutes les sargasses sont détectées (>90 %)

Satisfaisant : la plupart des sargasses sont détectées (>50 %)

Moyenne : sargasses détectées mais les résultats ne sont pas représentatifs

Mauvaise (interprétation erronée)

Précision/Qualité	nombre d'images	%
Excellente	3123	77
Satisfaisant	564	14
Moyenne	297	7
Mauvaise	70	2
Total	3929	100

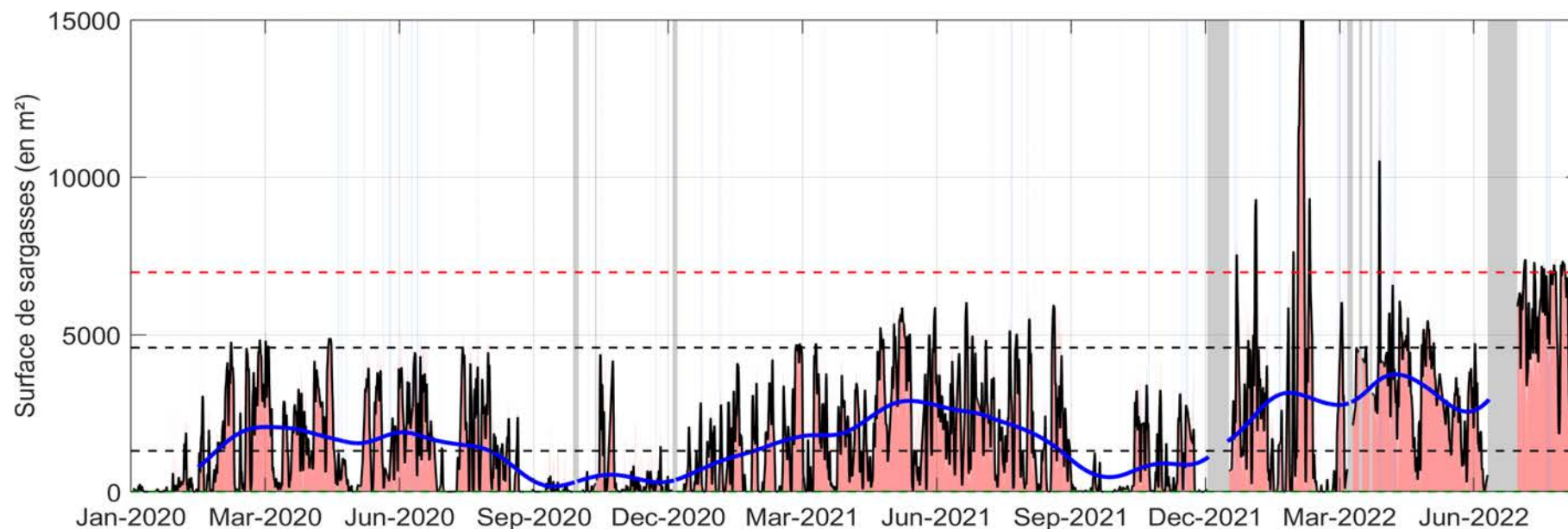
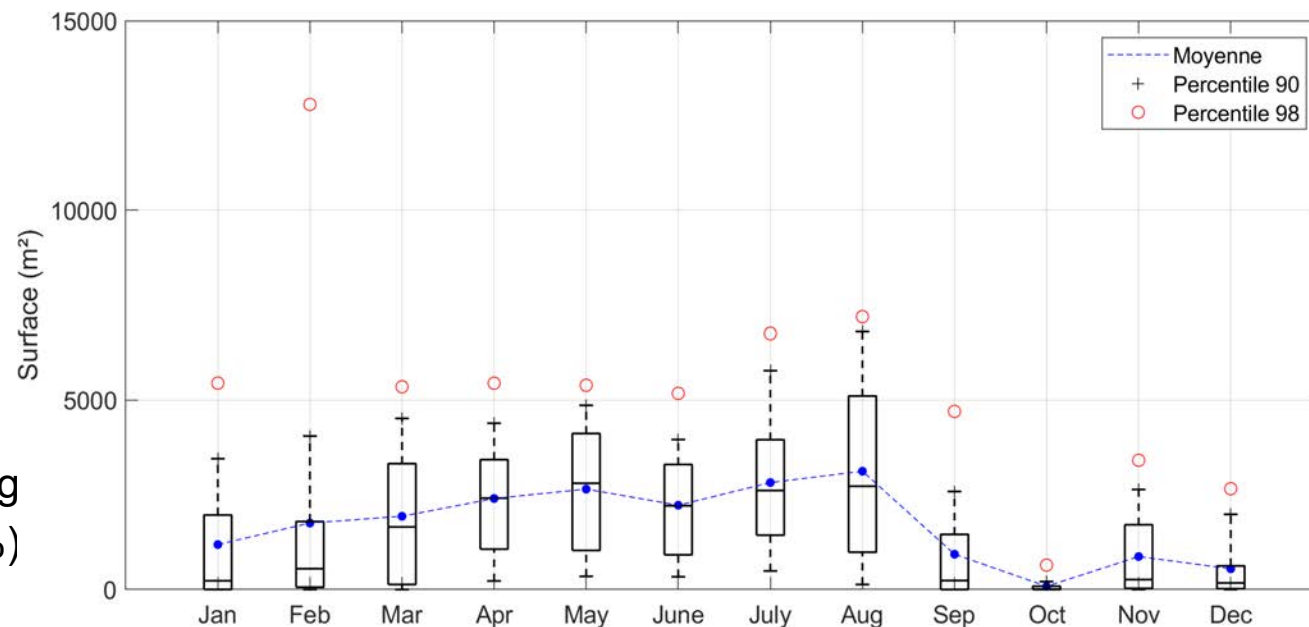


(3) Résultats

➤ Le Bourg du Marigot

▪ Janvier 2020 - septembre 2022

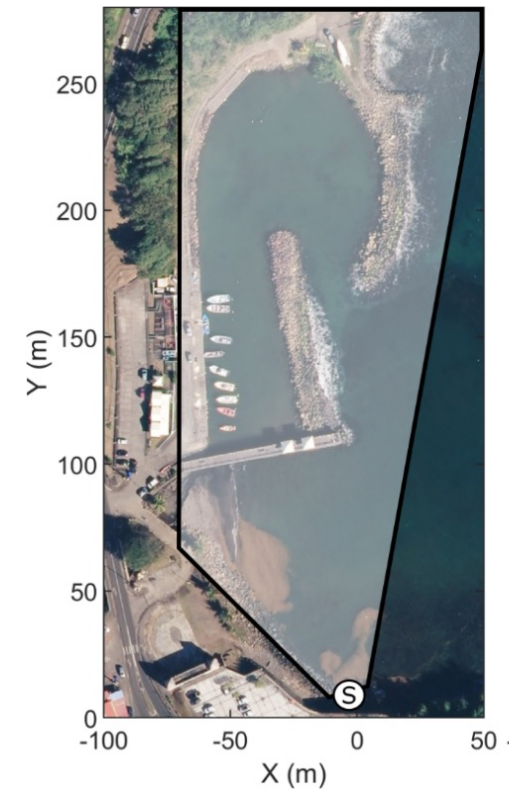
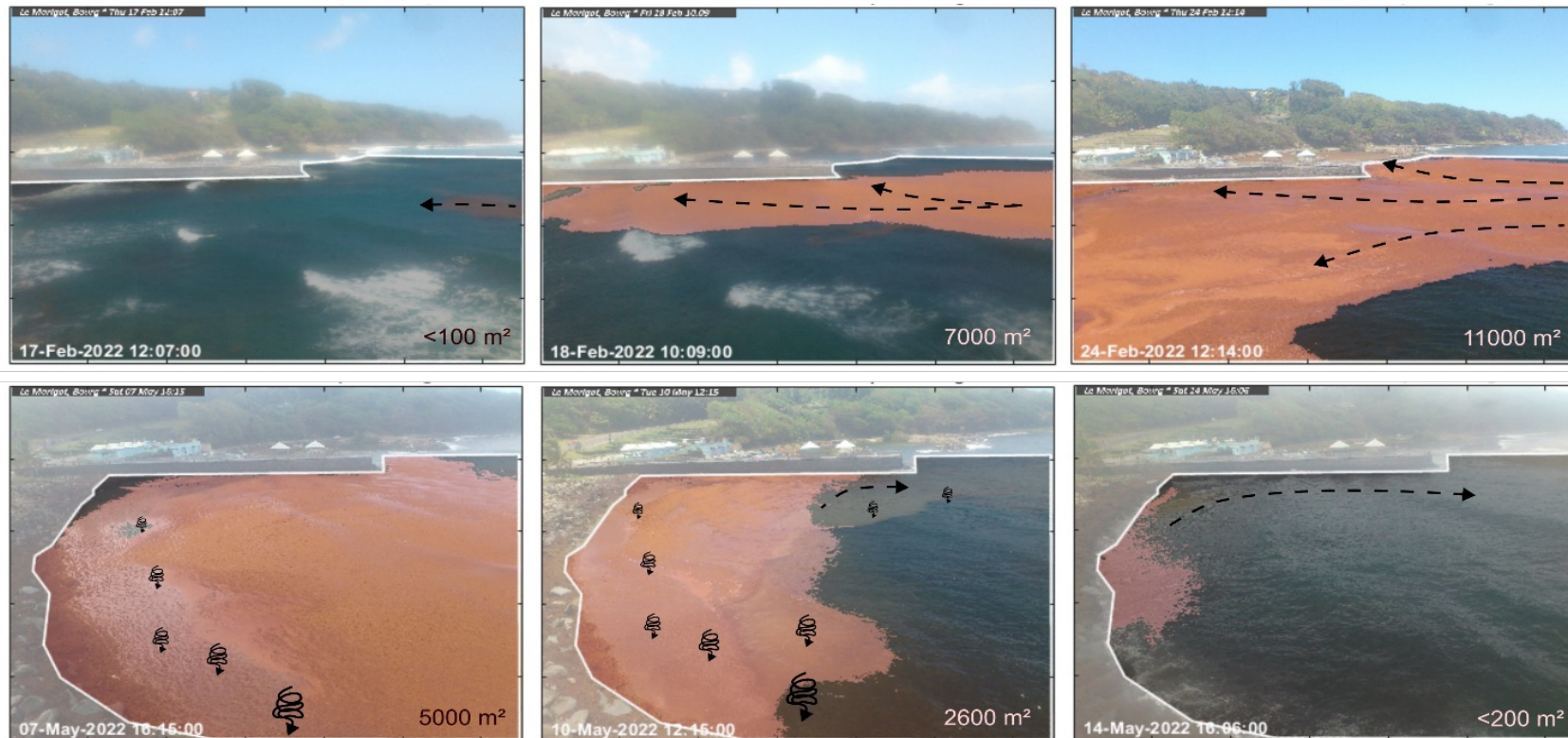
- Plus de 18 séquences d'arrivages par année
- Surface détectée en moyenne sur site : 1800 m²
- plus de 5000 m² lors des plus gros arrivages (Prc.90)
- Les nappes atteignent le port lors des plus gros arrivag
- Surface sous-estimée sur ces évènements (60 à 70 %)
- Variabilité saisonnière significative (facteur 2)
- Période d'arrivage : janvier et aout



(3) Résultats

➤ Le Bourg du Marigot - Diagnostic

- Propagation vers la côte le long de l'ouvrage portuaire et accumulation en surface dans le fond de la baie
- Possibilité d'atteindre la zone du port, en particulier pour un vent de secteur sud-sud-est
- Les algues peuvent rester plusieurs jours ou plusieurs semaines sur site selon les conditions de vagues
- Conditions de fortes vagues (Hs > 2 m, incidence est-nord-est) => mélange et renouvellement masse d'eau
- Au contraire, lorsque les conditions en mer sont plus calmes => sargasses coulent en profondeur



(3) Résultats

➤ Frégate est

▪ Jeu de données disponibles (01/2020 - 09/2022)

- 4229 images analysées (5/jour)
- Résultat satisfaisant à excellent pour 87 %
- Superficie couverte (~ 7000 m²)
- Sargasses échouées non prises en compte
- Seul le secteur du barrage est couvert
- Le calcul n'est pas réalisé au niveau de l'extrémité sud et les quantités peuvent alors être légèrement sous-estimées (< 20 %)

- Qualité des détections

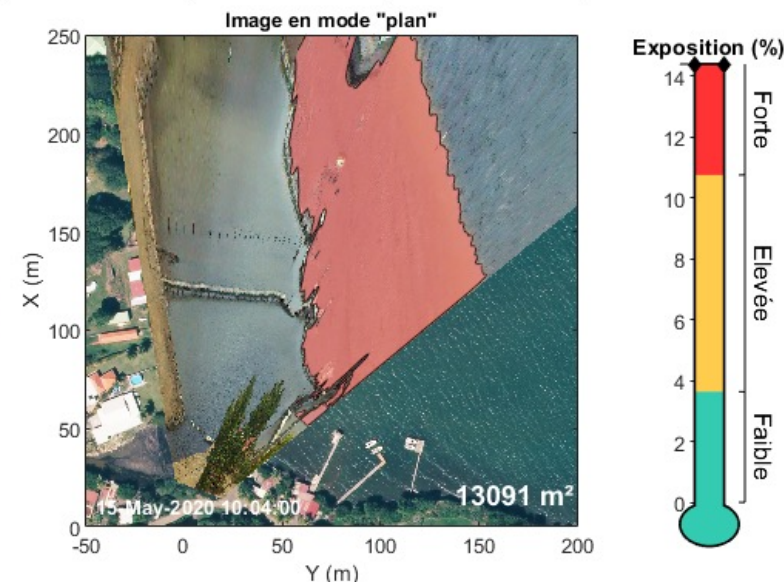
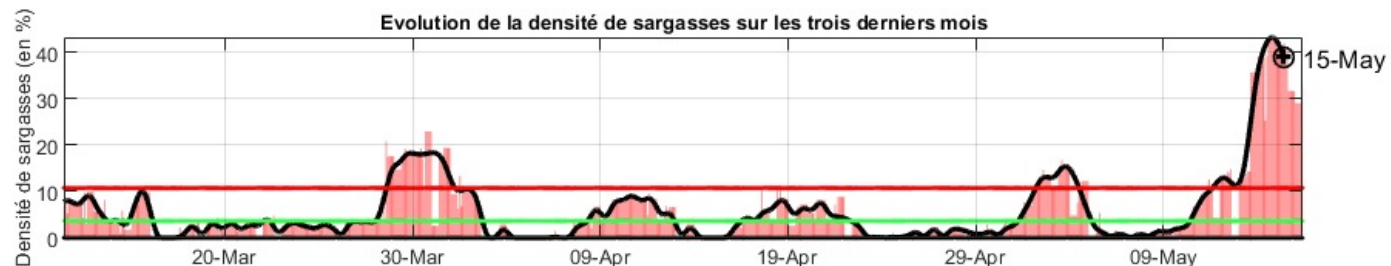
Excellente : toutes les sargasses sont détectées (>90 %)

Satisfaisant : la plupart des sargasses sont détectées (>50 %)

Moyenne : sargasses détectées mais les résultats ne sont pas représentatifs

Mauvaise (interprétation erronée)

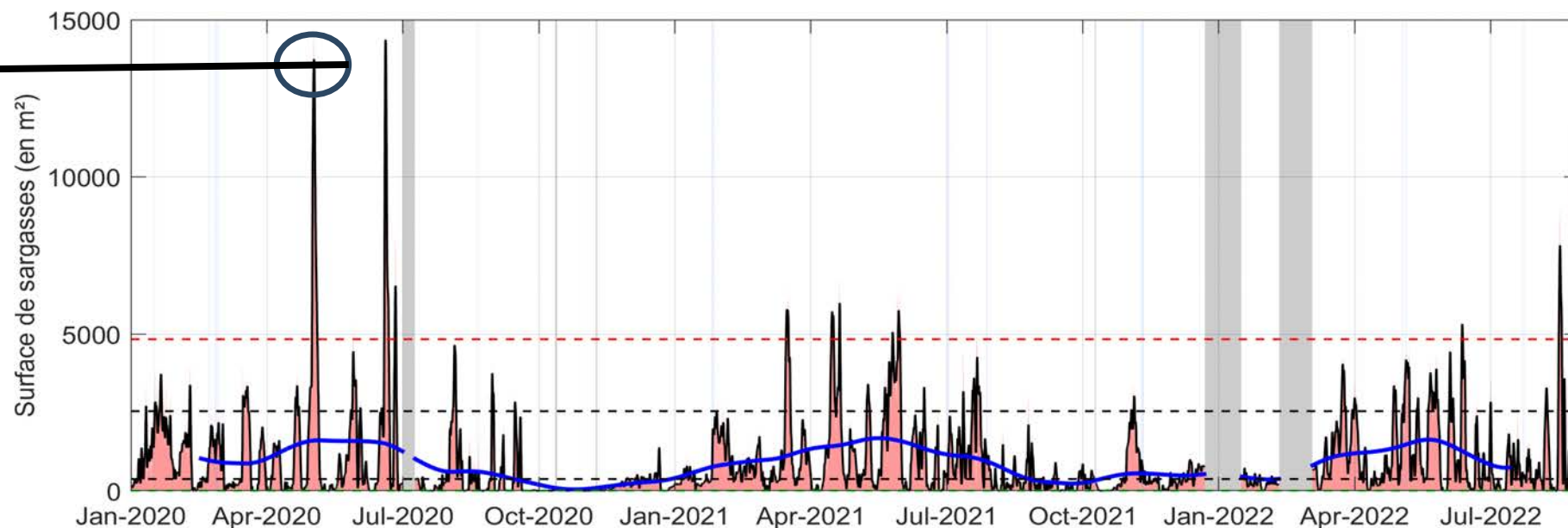
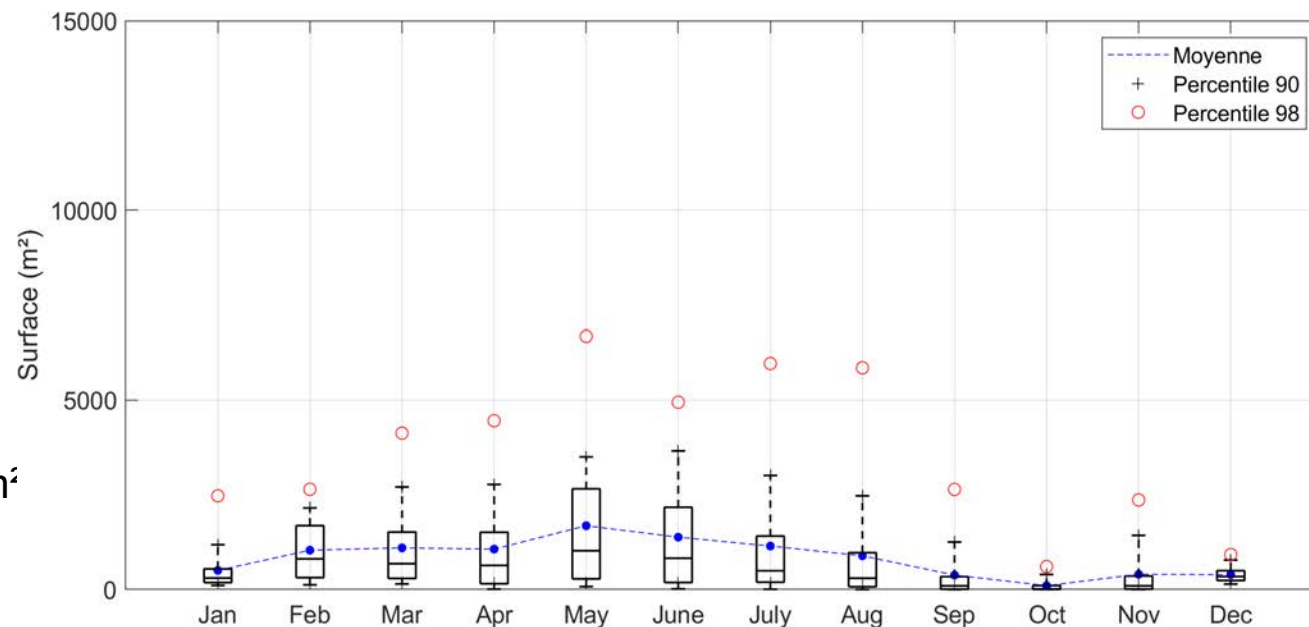
Précision/Qualité	N	%
Excellente	2999	71
Satisfaisant	684	16
Moyenne	476	11
Mauvaise	70	2
Total	4229	100

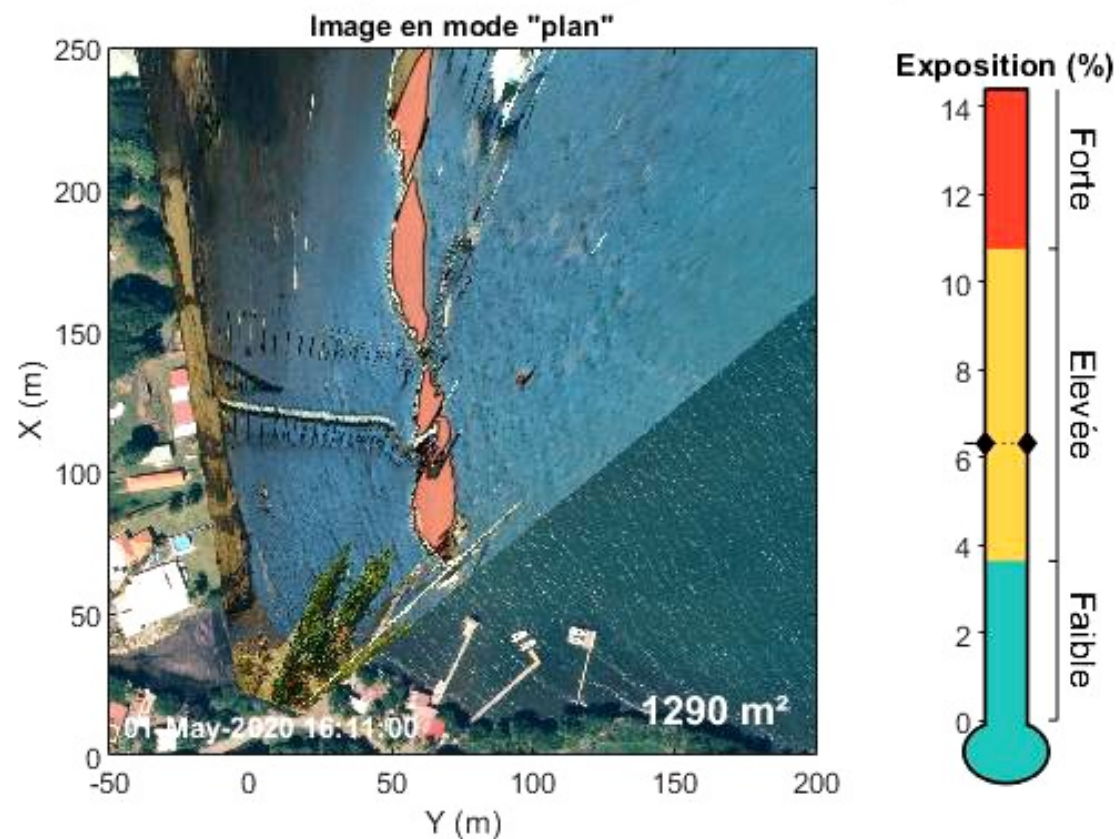
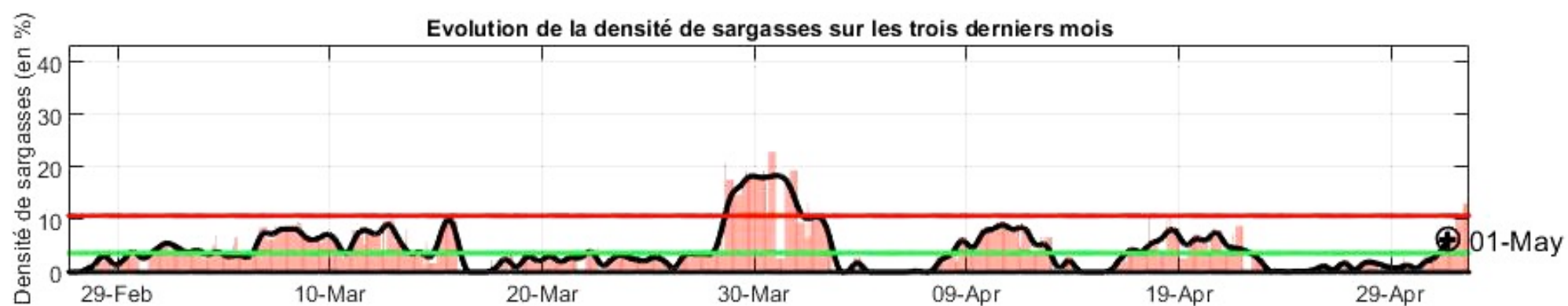


(3) Résultats

➤ Frégate est

- **Janvier 2020 à septembre 2022**
- Plus de 12 séquences d'arrivages par année
- Surface détectée en moyenne sur site : 1 000 m²
- plus de 5000 m² lors des plus gros arrivages (Prc.90)
- Record atteint le 15 mai et le 30 juin 2020 (> 13 000 m²)
- Surface sous-estimée sur ces évènements (~ 20 %)
- Variabilité saisonnière significative (facteur 3)
- Période d'arrivage : février et aout





(3) Résultats

➤ Frégate est – Diagnostic

- Arrivage des algues par le sud
- Sédimentation des algues (processus de coulée) au niveau du barrage et propagation vers la côte
- Une grande partie (> 50 %) se retrouvent à proximité de la côte (secteur sud) en l'espace de ~ 10 jours



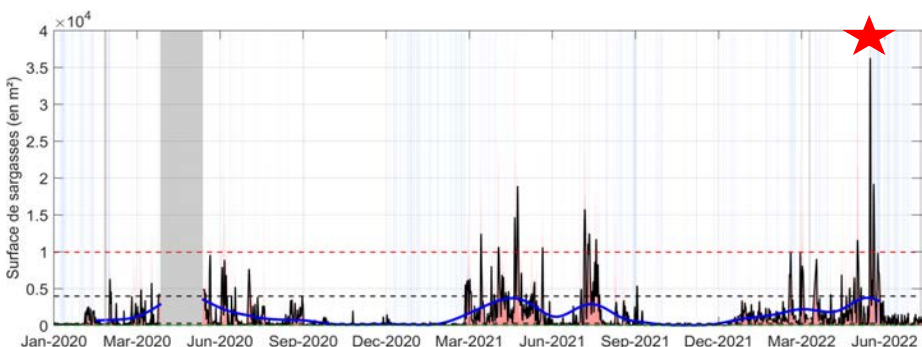
(4) Conclusion

➤ En quelques mots

- Réseau opérationnel sur 4 années consécutives
- Accessibilité des images à hauteur de 90%
- >120 000 images collectées
- Algorithme performant (4/6 => 90 % satisfaisant)
- Nombreuses sollicitations
- Utilisateurs => qualité de la détection (> 1)
- De nombreuses collaborations possibles, notamment pour la prévision des échouages!

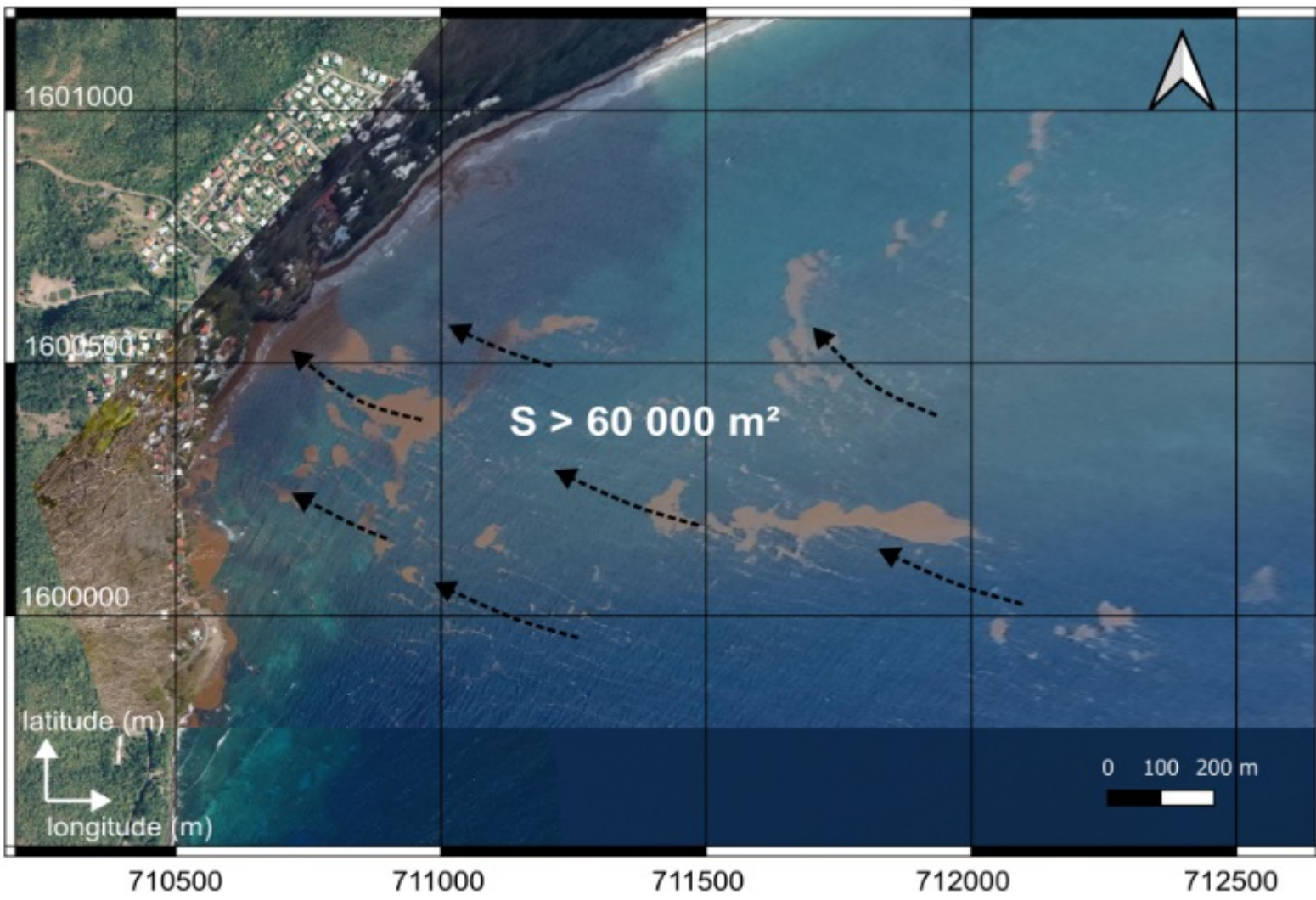


(4) Conclusion



➤ Des données indispensables

- Suivi local du phénomène sargasses
- Capitalisation de l'information
- Stratégies gestion (ouvrage, collecte,...)
- Communication d'une information quantitative (alerte, bulletin d'information)
- Validation amélioration des prévisions d'échouages
- Impact évolution du trait de côte
- La Martinique zone pilote (innovations transférables vers d'autres territoires)



Suivi des échouages de sargasses par caméras autonomes sur le littoral de la Martinique (2020-2022)

Clément Bouvier (BRGM)

13 janvier 2023