

Impact des vents et autres forçages métaocéaniques sur les radeaux de Sargasses dans les Antilles



Marine Laval

Marine.laval@mio.osupytheas.fr

Directeur de thèse
Co-encadrants

Christophe ROOS (L3MA)
Cristèle CHEVALIER, René DORVILLE, Pascal ZONGO, Thierry THIBAUT

Les Algues Sargasses

Algue brune

2011 : Prolifération en Atlantique

Échouements massifs :
Mexique, Antilles, Ouest Afrique



Algue Sargasse



Radeau vue aérienne

Problèmes:

- Environnementaux
- Économiques
- Sanitaires

Problématiques

Est-ce que le vent (ou d'autres paramètres océaniques) ont un impact sur les radeaux de Sargasses sur:

- **La morphologie des radeaux de sargasses ? (Forme et taille des radeaux)**
- **La quantité en Sargasses ?**
- **La distribution de la taille des radeaux de Sargasses ?**

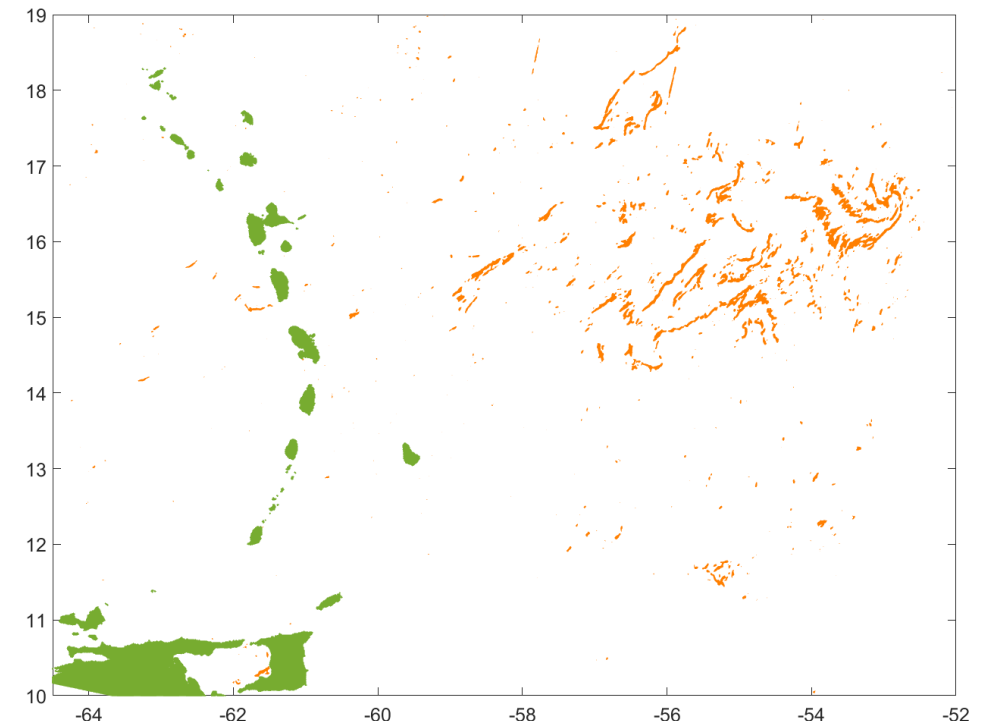
Les Images Sargasses

Téledétection et Deep Learning (Laval et al., 2023)¹

→ Plus performante que les méthodes standards (téledétection):

- moins de fausses détections
- radeaux mieux définis

Satellites	Sentinel-3A et Sentinel-3B
Lancement	2016 (S-2A) et 2017 (S-2B)
Capteur	Ocean and Land Colour Instrument (OLCI)
Revisite	1 jour
Résolution	300 m



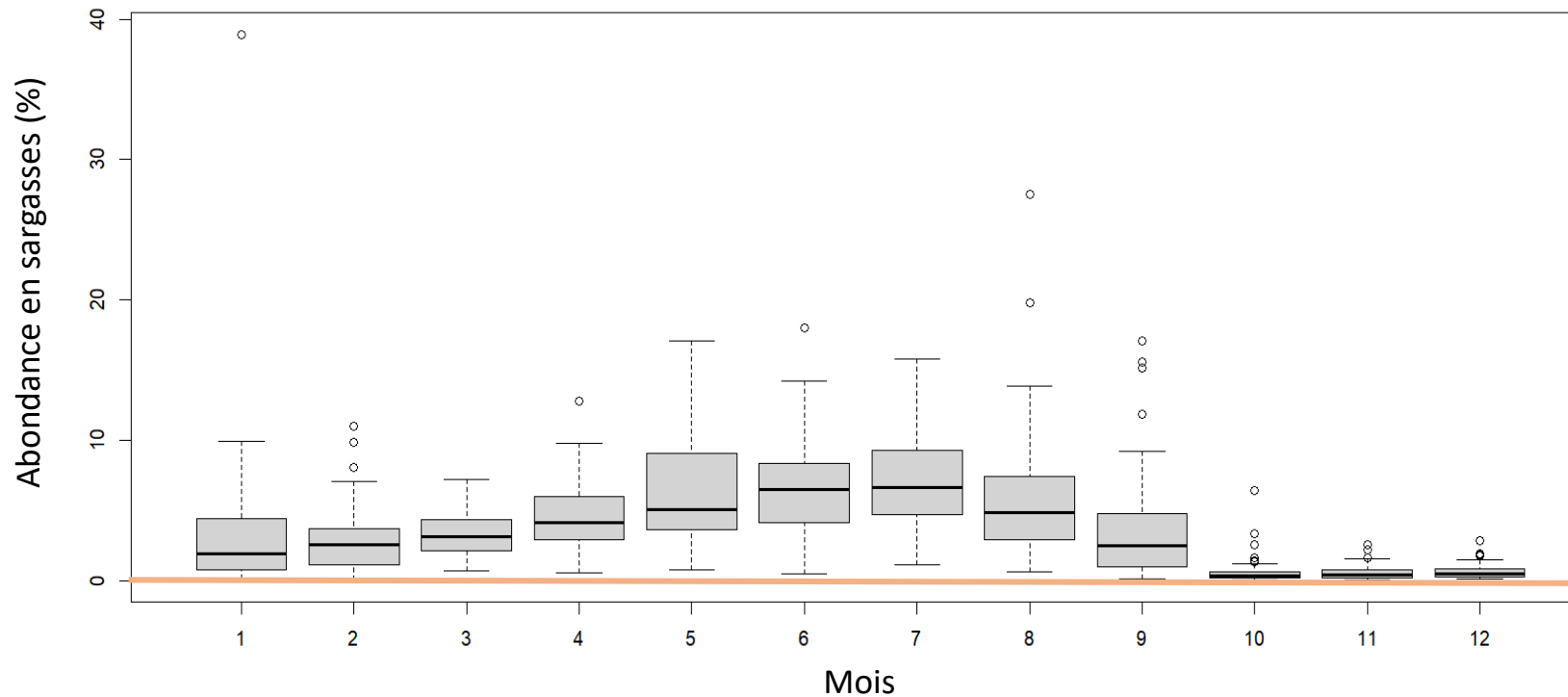
Détection de Sargasses (orange) à partir d'une image satellite du capteur OLCI dans la région Antilles au 1^{er} janvier 2021 traité avec la méthode de Laval et al (2023)¹.

¹Laval, M.; Belmouhcine, A.; Courtrai, L.; Descloitres, J.; Salazar-Garibay, A.; Schamberger, L.; Minghelli, A.; Thibaut, T.; Dorville, R.; Mazoyer, C.; Zongo, P.; Chevalier, C. Detection of *Sargassum* from Sentinel Satellite Sensors Using Deep Learning Approach. *Remote Sens.* **2023**, *15*, 1104. <https://doi.org/10.3390/rs15041104>

Les Images Sargasses: la Base de Données

- Images satellites Sentinel-3
- **1400 images**
- **2019 à 2022**
- **Zone Antilles**

Boxplot de l'abondance en Sargasses dans les Antilles entre 2019 et 2021 (%) en fonction du mois

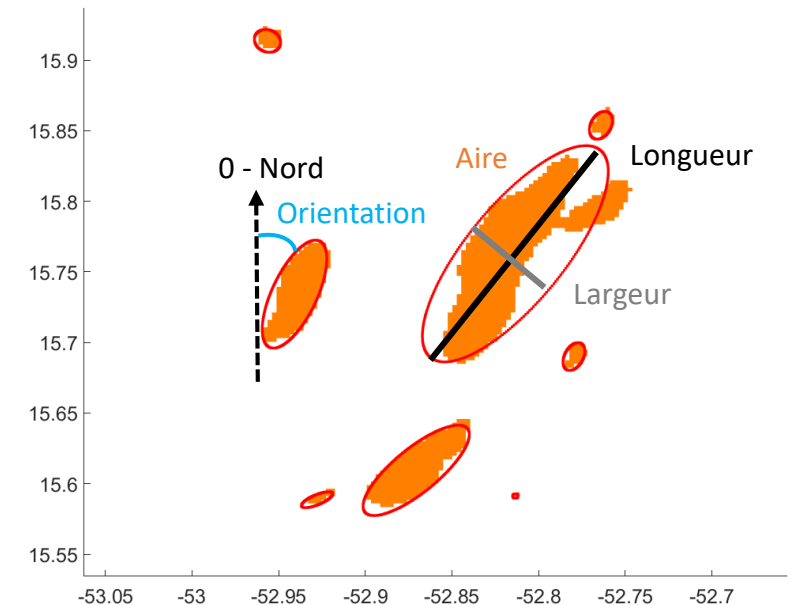


La Base de Données Radeaux: Variables Radeaux

- Extraction des radeaux à partir des images Sargasses
- **2019 à 2021**
- **1,5 Million de radeaux**

Variables radeaux

- **Aire:** nb total pixels d'un radeaux
- **Longueur (I):** Longueur ellipse (en pixel)
- **Largeur (L):** Largeur ellipse (en pixel)
- **Orientation:** Angle en par rapport au Nord (dégrées)
- **Rapport I / L:** information sur la forme



Détection de radeaux de Sargasses à partir d'une image satellite du capteur OLCI dans la région Antilles au 1^{er} janvier 2021 traité avec la méthode de Laval et al (2023).

La Base de Données Radeaux: Variables Océaniques

Site Copernicus

- **Intensité et direction vent**

Jeu de données: ERA5

Données: Composante u et v du vent à 10m

Résolution: 0.25°

- **Intensité et direction du courant**

Jeu de données: Global ocean reanalysis

(Simulation (TOPEX-POSEIDON) x altimètre (ERS-1))

Données: Composante u et v du courant

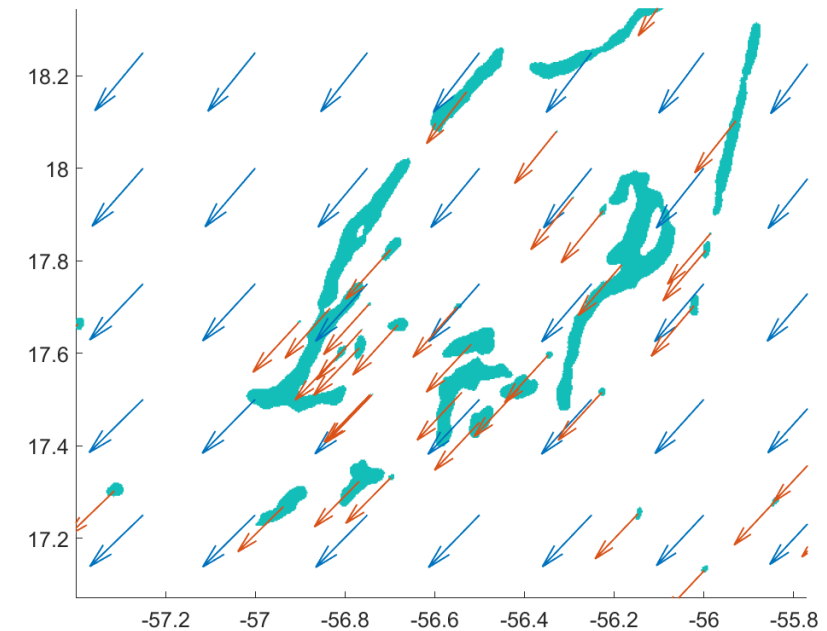
Résolution: 0.083°

- **Intensité et direction de la houle + hauteur de la houle**

Jeu de données: Global wave reanalysis - Simulation (GLORYS12) x altimètre (Sentinel 1 SAR et SWIM)

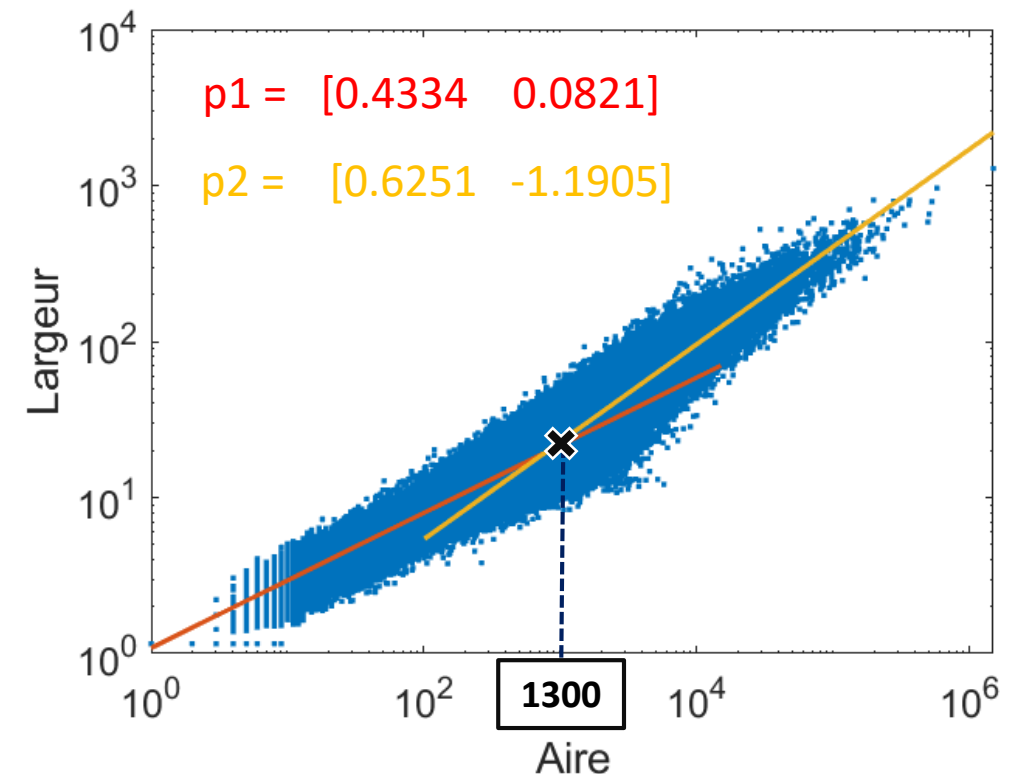
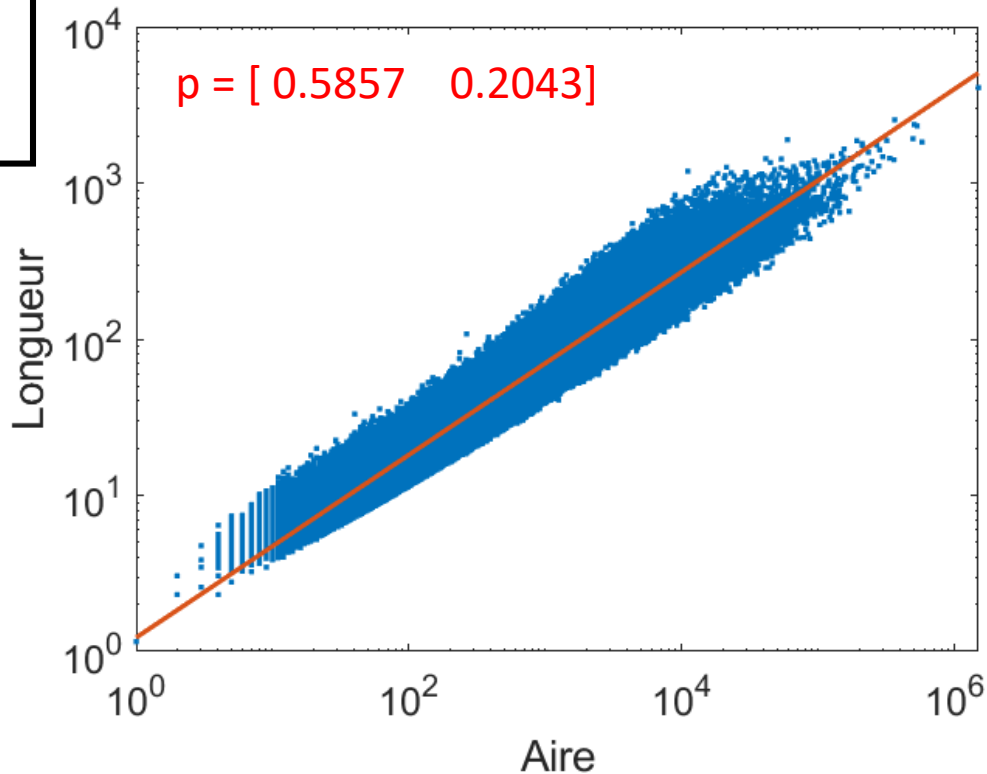
Données: Composante u et v de la dérive de Stokes / hauteur de la houle

Résolution: 0.2° (2018-2021) et 0.083° (2021-2022)



Corrélation entre Variables Radeaux

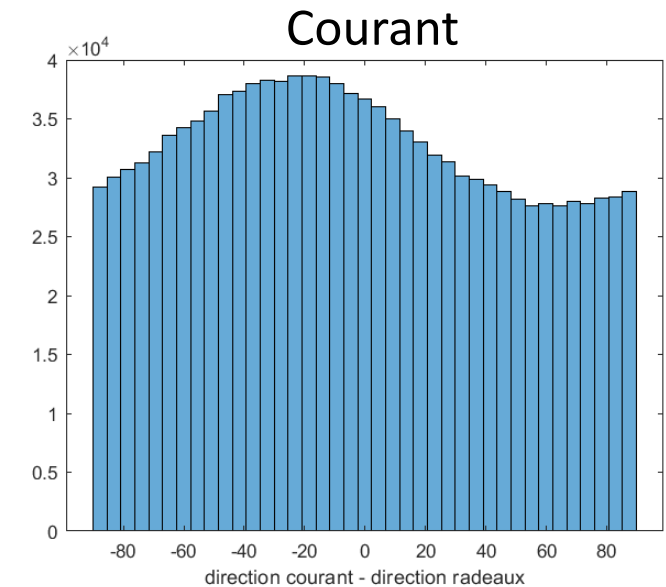
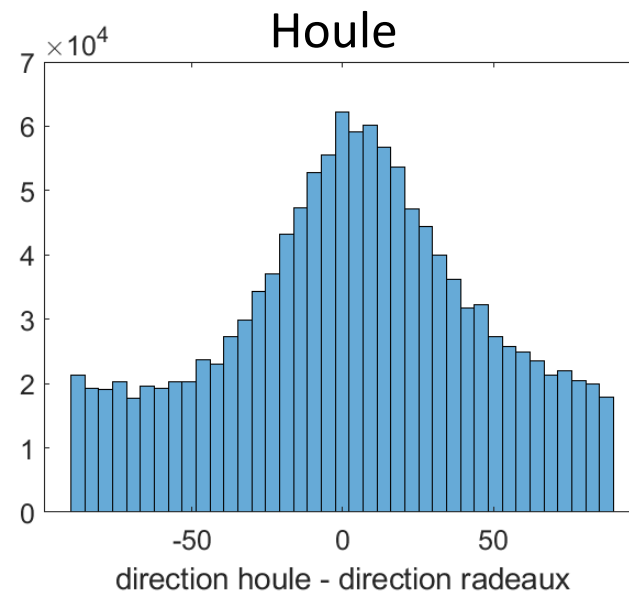
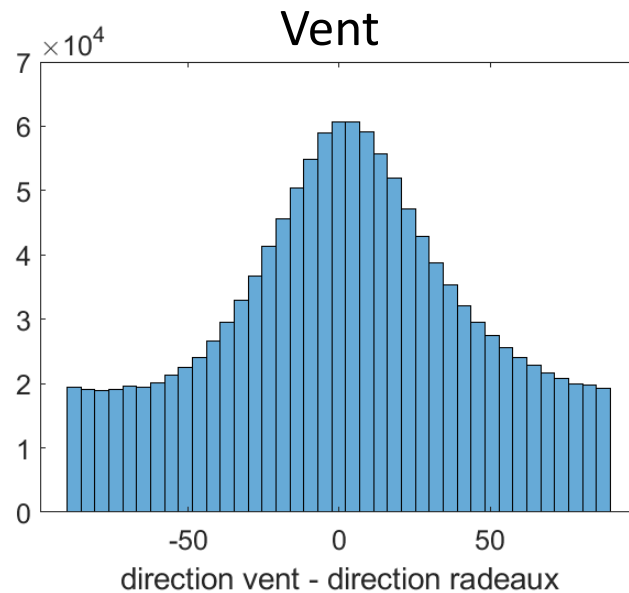
Aire des radeaux de Sargasses en fonction de la longueur (gauche) et de la largeur (droite) dans les Antilles entre 2019. Echelle logarithmique.



La distribution de l'aire des radeaux est corrélée à la longueur et largeur des radeaux

Influence de la Direction du Vent, Houle et Courant

Histogramme de la différence entre la direction des radeaux et du vent (gauche), de la houle (milieu) et du courant (droite) dans les Antilles entre 2019 et 2021

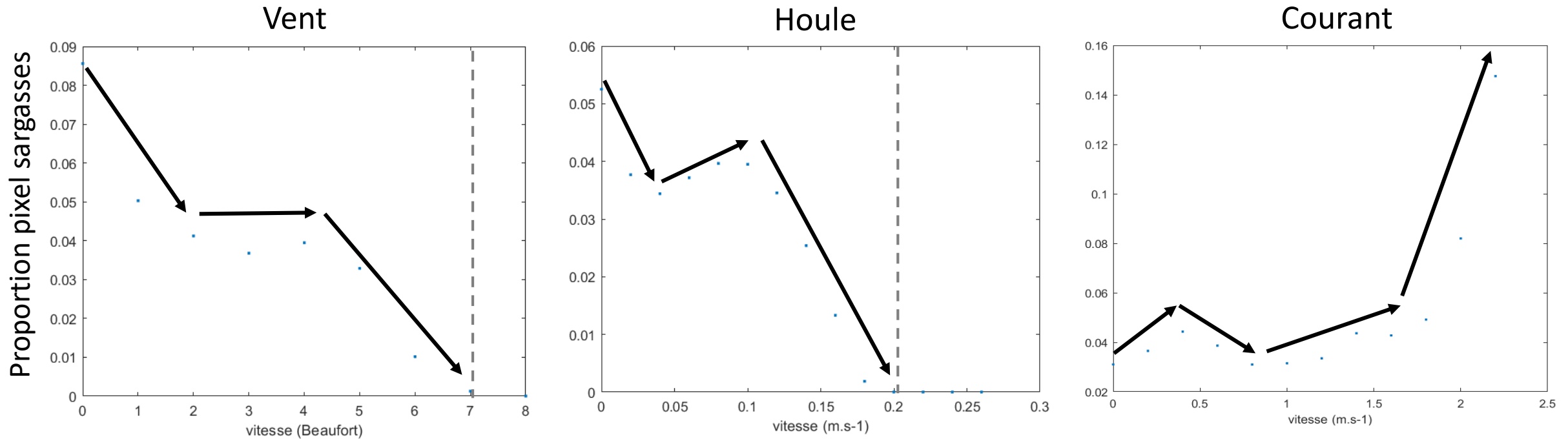


- Différence avec la direction du vent et de la houle: **pic proche de zéro** pour la différence
- Différence avec la direction du courant: **pic à ~25°**

Influence de la direction du vent et de la houle sur la direction des radeaux

Impact de l'Intensité du Vent, Courant et Houle sur l'Abondance en Sargasses

Abondance en Sargasses en fonction de la vitesse du vent (gauche), de la houle (milieu) et du courant (droite) dans les Antilles entre 2019 et 2021



- **Diminution** de l'abondance en Sargasses en fonction de l'intensité du **vent** et de la **houle**
- **Augmentation** de l'abondance **avec les courants**

Impact de l'Intensité du Vent sur la Distribution des Aires Radeaux

Fractales:

$$N_i = L_i^{-\frac{\log b}{\log a}}$$

a : est le facteur qui divise ici la longueur

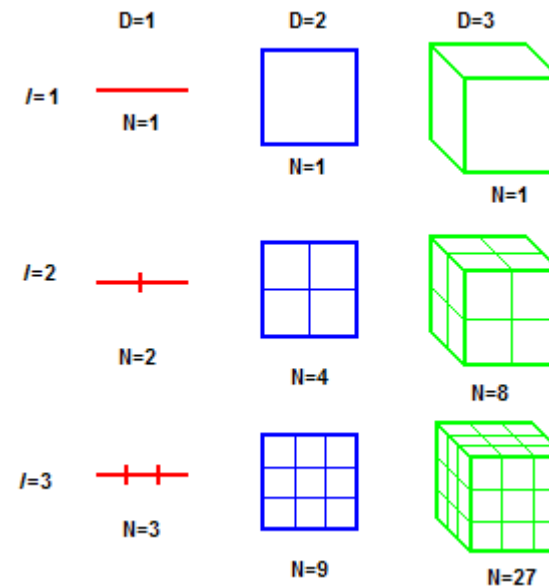
b : est le facteur du nombre obtenu après la division par a

L_i : est la longueur a subdivisé

N_i : est le nombre totale de subdivision obtenue

Dimension fractale d'homothétie:

$$D = \frac{\log b}{\log a}$$



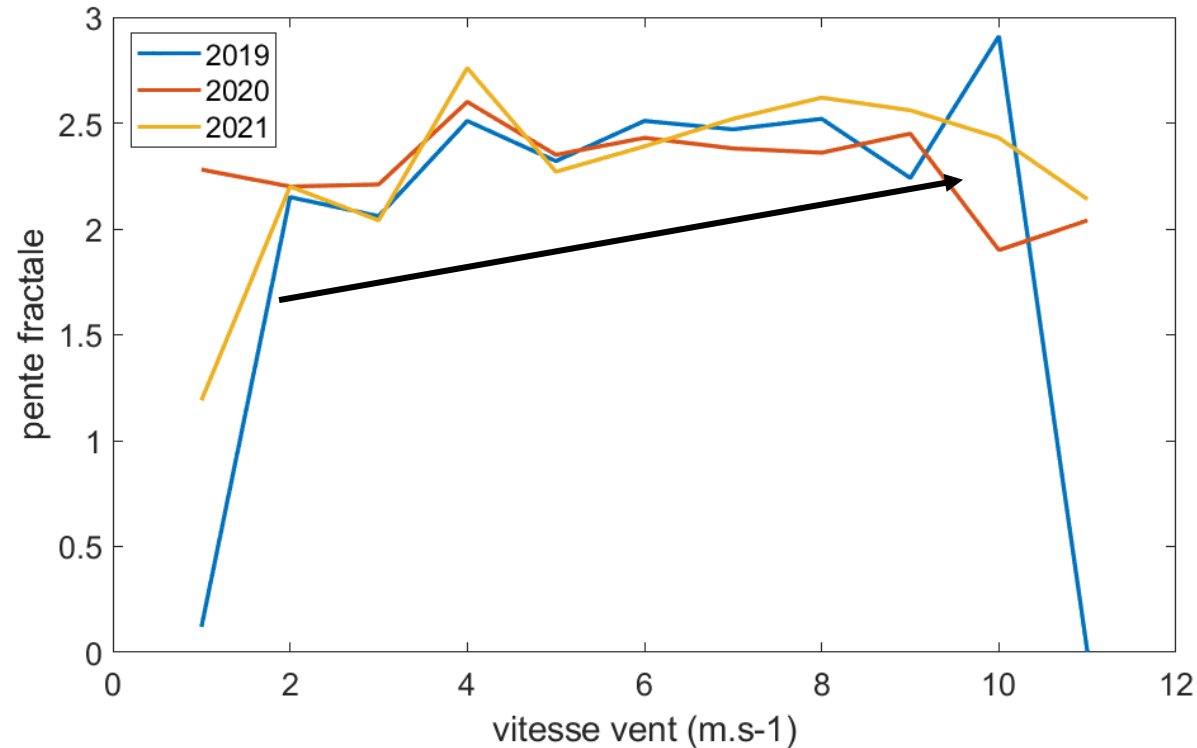
https://fr.wikipedia.org/wiki/Dimension_fractale

Impact de l'Intensité du Vent sur la Distribution des Aires Radeaux

Vitesse du vent (en m.s-1) en fonction de la dimension fractale de l'aire des radeaux dans les Antilles pour trois années différentes 2019,2020 et 2021

Dimension fractale
d'homothétie:

$$D = \frac{\log b}{\log a}$$



Augmentation de la dimension fractale entre **2 et 10 m.s-1**

Augmentation des petits radeaux par rapport aux grands radeaux avec le vent

Conclusion

Le vent, le courant et la houle ont un impact sur les radeaux de Sargasses sur:

- **La direction du vent et de la houle influence la direction des radeaux**
- **L'intensité du vent, houle et courant a un impact sur la distribution des Sargasses observé:**
 - L'abondance en sargasses **diminue** avec l'intensité du vent et de la houle
 - L'abondance en sargasses **augmente** avec l'intensité des courants
 - En proportion **plus de petits radeaux** avec l'**augmentation** de l'intensité du vent

Annexes

Indices de télédétection et Deep Learning

1. Les indices de télédétections

- **Opérations arithmétiques** entre certaines **bandes spectrales** d'une image satellite
bandes spectrale = 1 longueur d'onde envoyée par le satellite
- **Révèle la présence de végétation** (longueurs d'ondes dans le proche infra-rouge)

- **Pour les Sargasses:**

MCI (Maximum Chlorophyll Index, Gower et al., 2006)

AFAI (Alternative Floating Algae Index, Wang et Hu., 2016)

- **Limitations: fausses détections** liés aux nuages, leur ombres, réflexion du soleil, terres...

Le deep Learning → solutions aux limitations des indices

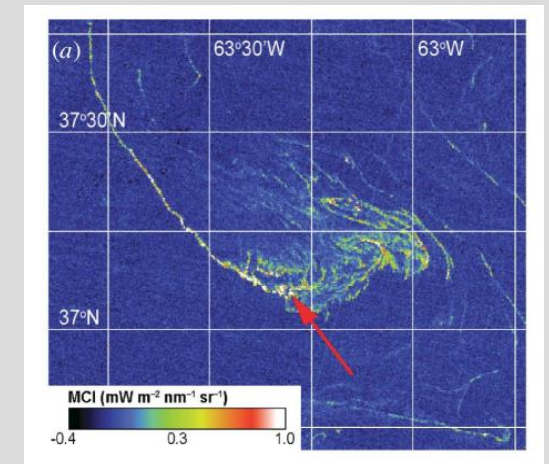


Image MCI, Gulf Stream, capteur MERIS – Gower and King., 2011

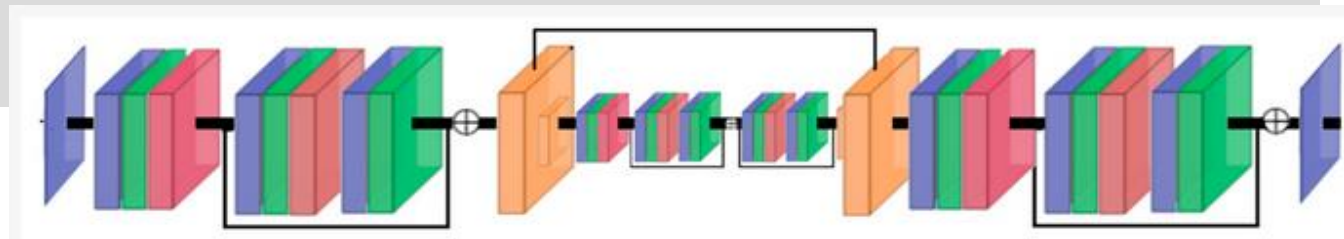
Conclusion

2. Le Deep Learning

Permet de prendre en compte plus d'information que les indices Spectrale (pas uniquement certaine longueur d'onde)
Spatiale

Nos réseaux de neurones :

- 2 réseaux de neurone : **spécifique** et **adapté** pour la **détection des radeaux de sargasses**
- Réseaux de neurones convolutif (CNN)
- Architecture encoder-décoder



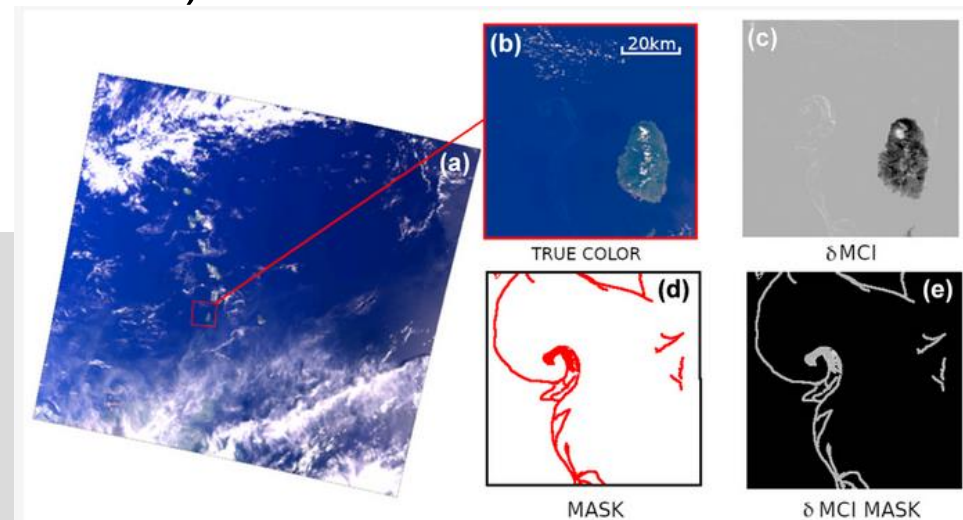
Annexe

2. Le Deep Learning

Permet de prendre en compte plus d'information que les indices Spectrale (pas uniquement certaine longueur d'onde)
Spatiale

Nos réseaux de neurones :

- 2 réseaux de neurone : **spécifique** et **adapté sargasses**
- Réseaux de neurones convolutif (CNN)
- Architecture encoder-décoder



- **Entrée:** image satellites avec toutes ses bandes spectrale
- **Sortie:** Image de sargasses (image binaire ou avec indice)
- **La vérité terrain** des radeaux de sargasses: Pas de données in-situ
Image traité avec des indices de télédétection + annotation manuelle des radeaux sur ces images

Annexes

Plus performant que d'autres réseaux de neurones testés
F1-score meilleur

Plus performant que la méthode par indice:

Moins de fausses détections
Nouveaux radeaux détectés
Radeaux globalement mieux formés

