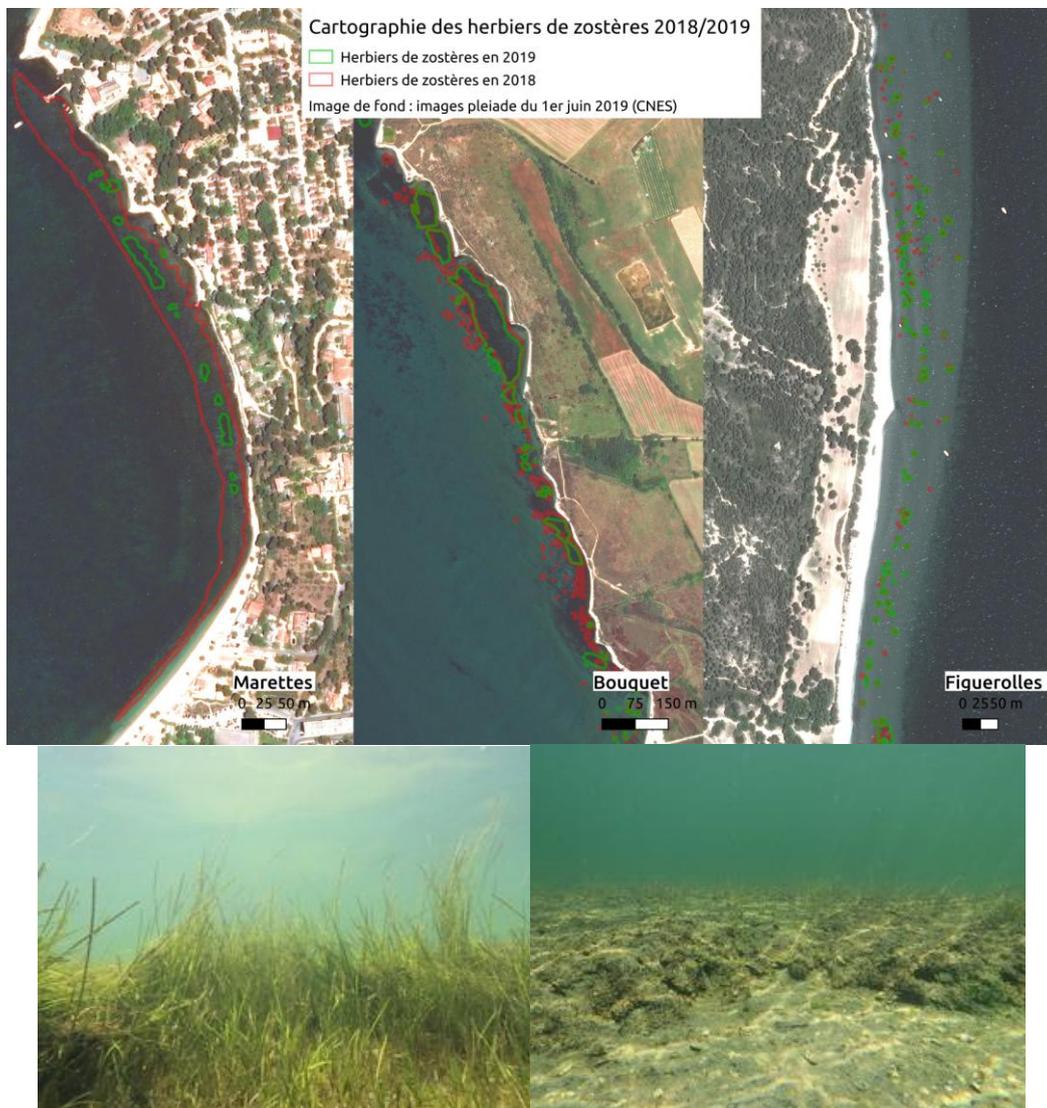


Cartographie des herbiers de zostères de l'étang de Berre en 2019 (via satellites Pléiades)



Mayot Nicolas, Faure Vincent, Grisel Raphaël

10 septembre 2019

Contient des informations © CNES (2019), Distribution Airbus DS, tous droits réservés

Sommaire

- Contexte..... 3
- 1 Acquisition des images Pléiades et méthodologie 4
- 2 Résultats 6
- 3 Conclusion et perspective 11

Contexte

L'étang de Berre est une lagune méditerranéenne située à l'ouest de Marseille. En raison des différents forçages anthropiques (industries, centrale hydroélectrique, etc.), les herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) qui recouvraient plus de 6 000 Ha en 1960, ont été réduits à 1.5 Ha en 2009. Depuis 2014, on assiste à une dynamique de progression de ces herbiers dans l'étang de Berre, en lien avec la diminution de l'eutrophisation observée depuis la mise en place des nouvelles modalités de rejets de la centrale hydroélectrique de Saint-Chamas en 2006.

Dans ce contexte, le suivi des herbiers est un enjeu fort pour la compréhension de la dynamique de restauration de l'étang de Berre. Ces herbiers jouent un rôle clé d'ingénieur d'écosystème et constituent des « hot-spots » de biodiversité. De plus, les zostères sont des espèces de référence au titre de l'indicateur Macrophyte de la Directive cadre sur l'eau pour lequel l'étang de Berre est classé mauvais et celui de Vaïne, moyen.

Pour suivre au plus près l'évolution des herbiers de zostères de l'étang de Berre, le Gipreb prévoit dans le cadre de l'Observatoire du milieu, un suivi annuel sur 31 stations côtières et un suivi tri-annuel par combinaison de photographies satellitaires haute définition et campagne de vérités terrains. Ces campagnes tri-annuelles peuvent être complétées si besoin par l'exploitation des photographies satellitaires courantes de moindre résolution. En 2017, une cartographie globale a été réalisée sur l'ensemble de l'étang de Berre en croisant différentes sources d'images avec des vérités terrains (en plongée). Ces sources d'images étaient: orthophotographies aériennes, orthophotographies hyperspectrales aéroportées, et orthophotographies satellites (Pleiades). Ce travail a permis de réaliser une cartographie assez précise des herbiers de zostères et d'estimer leur surface à 17.9 Ha.

En 2018, faute d'une qualité de recouvrement suffisante, la cartographie n'avait pu être réalisée sur l'ensemble de l'étang mais seulement sur certains secteurs où la transparence de l'eau et/ou l'absence de nuages permettait une photo-interprétation suffisante. Cette cartographie avait été réalisée avant la crise écologique de l'été 2018. Les conséquences de la crise sur les herbiers de zostères n'étaient donc pas mesurées.

Afin de poursuivre ce suivi de la surface des herbiers de zostères avec des images satellites, le GIPREB a effectué en janvier 2019 une demande d'images Pleiades via le site DINAMIS (<https://dynamis.teledetection.fr/>). La demande ayant été acceptée, une période de programmation a été définie entre le 14/04/2019 et 15/06/2019

La cartographie des herbiers de zostères 2019 décrite dans ce rapport se base ainsi sur une image satellite Pleiades réalisée le 1^{er} juin 2019 et des relevés terrains réalisés au cours de l'été 2019.

1 Acquisition des images Pléiades et méthodologie

Pour réaliser une cartographie d'herbiers sous-marins, il est nécessaire d'avoir des conditions météorologiques parfaites, incluant un vent nul ou faible, des conditions correctes de transparence de l'eau dans l'étang de Berre, ainsi qu'un créneau de disponibilité du satellite.

Le choix de la période du printemps s'explique par la nécessité d'avoir les herbiers les plus denses possibles, afin de pouvoir facilement les distinguer sur les orthophotographies. **Le cliché a été acquis dans de bonnes conditions le 1^{er} juin 2019.**



Figure 1 : Image Pleiades du 1er juin 2019 (contient des informations © CNES (2019), Distribution Airbus DS, tous droits réservés).

Les données du 1^{er} juin 2019 ont été transmises au GIPREB par l'IGN aux formats 16bits-JPEG2000 dallés puis au format 8bits-TIFF non dallé. La cartographie a été réalisée sur le produit au format 16 bits.

La Figure 1 présente une image en « vraies couleurs » de ce cliché. L'absence de vent, de nébulosité et une assez bonne transparence de l'eau ont permis de réaliser une cartographie globale des herbiers de zostères sur l'étang de Berre.

La méthode consiste à cartographier manuellement les herbiers à l'aide d'un SIG (QGIS 3.8). Les taches sombres sont « contournées » en se basant sur l'expérience de l'opérateur et la connaissance du terrain pour distinguer les herbiers de zostères.

Les campagnes de vérités terrains réalisées pendant l'été ont montré un taux de recouvrement de l'herbier très faible par rapport aux années précédentes. En effet, sur une même surface couverte par l'herbier, la densité de faisceaux était très faible. Afin de prendre en compte cette

dégradation, un attribut « Densité », exprimé en %, était renseigné pour chaque tache en fonction des vérités terrains. Ce ratio de densité est ensuite pris en compte pour calculer une surface de l'herbier « corrigée ». Cette valeur « corrigée » est ainsi plus réaliste que la surface couverte totale qui prend en compte les nombreux inter-mattes (zone sans herbier entre les taches) ainsi que la plus faible densité observée cette année par rapport aux années précédentes.

Les Figure 2 et Figure 3 ci-après illustrent les différences de densité entre un herbier avec une faible densité à Bouquet ou une densité satisfaisante (Ranquet). Il est important aussi de noter qu'un important épiphytisme a été observé sur les herbiers cette année. De manière inhabituelle, ces épiphytes étaient notamment constitués de naissain de moules chinoises invasives (*Arcuatula senhousia*) provoquant un alourdissement des feuilles et leur effondrement sur le sédiment et plus habituellement d'entéromorphes. En 2019, comme en 2018, les herbiers ont perdu leurs feuilles de manière précoce dans la saison (début août). Le poids des épiphytes et l'augmentation de la surface des feuilles que cela produit pourraient expliquer cette perte précoce des feuilles.



Figure 2 : A gauche : Pointe de Berre, herbiers de zostères dégradés (faible densité). A droite : Herbier de zostère en bonne santé (densité plus élevée). Droits photos : R. GRISEL.



Figure 3 : Epiphytes sur les herbiers de zostères dans le bassin de délimonage (à gauche) et à Bouquet (à droite). Droits photos : R. GRISEL.

2 Résultats

La cartographie a pu être réalisée sur l'ensemble de l'étang contrairement à l'année précédente. Des extraits de cartes sur les principaux secteurs d'herbiers sont présentés sur les Figure 4 et Figure 6. L'évolution des surfaces depuis 2017 (surface totale et surface d'herbiers principaux), est présentée dans le Tableau 1.

Cependant, il est important de rappeler que les valeurs estimées en 2018 et 2019 sont basées sur une image satellite dont la résolution (50 cm-2 m) est plus importante que les orthophotographies aériennes de 2017 (20 cm). En particulier, il est plus difficile de cartographier les inter-mattes (trous au sein des herbiers) avec des résolutions moins fines.

Tableau 1 : Comparaison des surfaces d'herbiers de zostères entre 2017 et 2019, sur différents secteurs de l'étang de Berre. *Pour 2019 les surfaces présentées sont les surfaces corrigées par la densité observée (la surface totale sans correction est indiquée entre parenthèses).

Secteur	Surface 2017	Surface 2018	Surface 2019*
Pointe de Berre	27 299 m ²	25 590 m ²	1 898 m ² (4 982)
Figuerolles (côte ouest)	1 146 m ²	2 407 m ²	2 597 m ² (3 944)
Côte est (Bouquet, sud de l'Arc)	25 196 m ²	34 893 m ²	7 632 m ² (35 178)
Marettes (étang de Vaine, à l'est)	19 849 m ²	20 976 m ²	294 m ² (1 689)
Bassin de délimonage	66 558 m ²	Non disponible	55 891 m ² (75 177)
Surface totale	17,93 ha	Non disponible	7,2 ha (13,1)

Note : Les études menées en 2017 sont détaillées sur le site internet du GIPREB : <https://etangdeberre.org/>

Sur la base de la cartographie réalisée en 2019 et des coefficients de corrections appliqués pour prendre en compte la dégradation des herbiers et les très faibles densités de faisceaux observées, la surface couverte par les herbiers est comprise entre 13 ha et 7,2 ha. La surface couverte en 2017 était estimée à près de 18 ha et des croissances importantes ont pu être observées en 2018 sur certains secteurs. Par conséquent, en 2019, **la perte de surface d'herbier est estimée entre 40 et 60 % par rapport à la situation du printemps 2018.**

Au niveau spatial, il existe des différences assez marquées. Ainsi, les herbiers de la côte ouest (Figuerolles, Ranquet) se sont bien maintenus et présentent des densités similaires ou juste légèrement inférieures aux années précédentes. L'apparition de nouvelles taches est également constatée (Figure 6) sur la côte ouest de l'étang. Les herbiers du bassin de délimonage se maintiennent et progressent même en surface totale depuis 2017 (Figure 7) malgré un état morphologique dégradé par un fort recouvrement d'épiphytes et de limons. Au contraire, les herbiers de la côte est (Bouquet, pointe de Berre) subissent une forte régression et les herbiers survivants présentent un état de vitalité médiocre avec un taux de recouvrement très faible et de nombreux inter-mattes. La perte sur l'herbier de la pointe de Berre est assez significatif avec une diminution estimée à près de 90 % (Figure 4 et 5). Dans l'étang de Vaine, l'herbier situé à proximité de la plage des Marettes et se prolongeant vers les Salins du lion a disparu (Figure 6). Il ne reste tout au plus que quelques taches n'ayant plus de fonctionnalité écologique. A la place de ces herbiers, on retrouve une matte morte, constituée des anciens rhizomes et racines, colonisée par du naissain de moules invasives (*Arcuatula senhousia*).



Figure 4 : Cartographie des herbiers de zostères à la Pointe de Berre en 2018 (photo : image Pleiades 2018, CNES)



Figure 5 : Cartographie des herbiers de zostères à la Pointe de Berre en 2019 (photo : image Pleiades 2019, CNES)

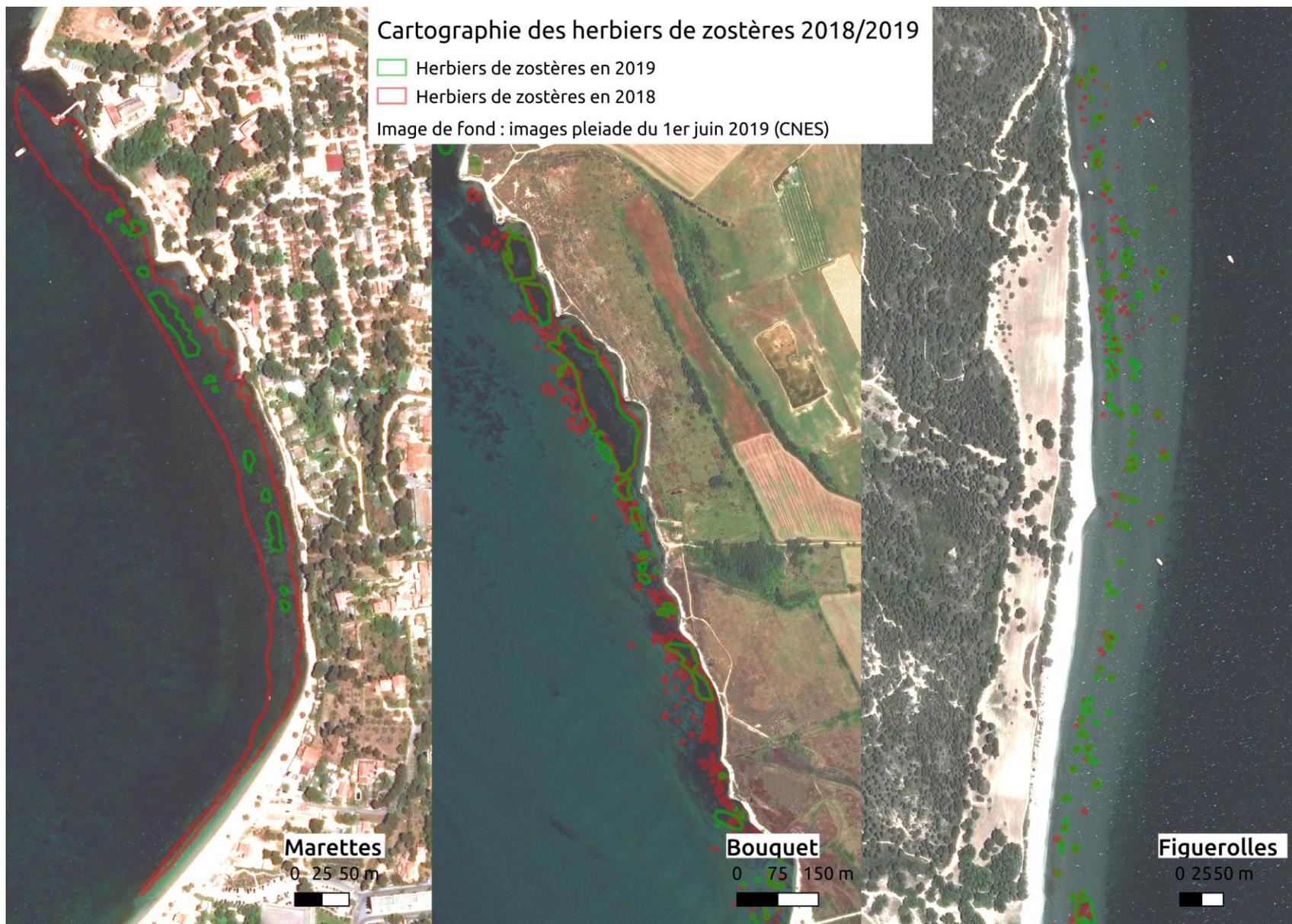


Figure 6 : Cartographie des herbiers de zostères en 2018 et 2019 (photo : image Pleiades 2019, CNES). De gauche à droite : Marettès (étang de Vaïne), Bouquet (côte est), Figuerolles (côte ouest).

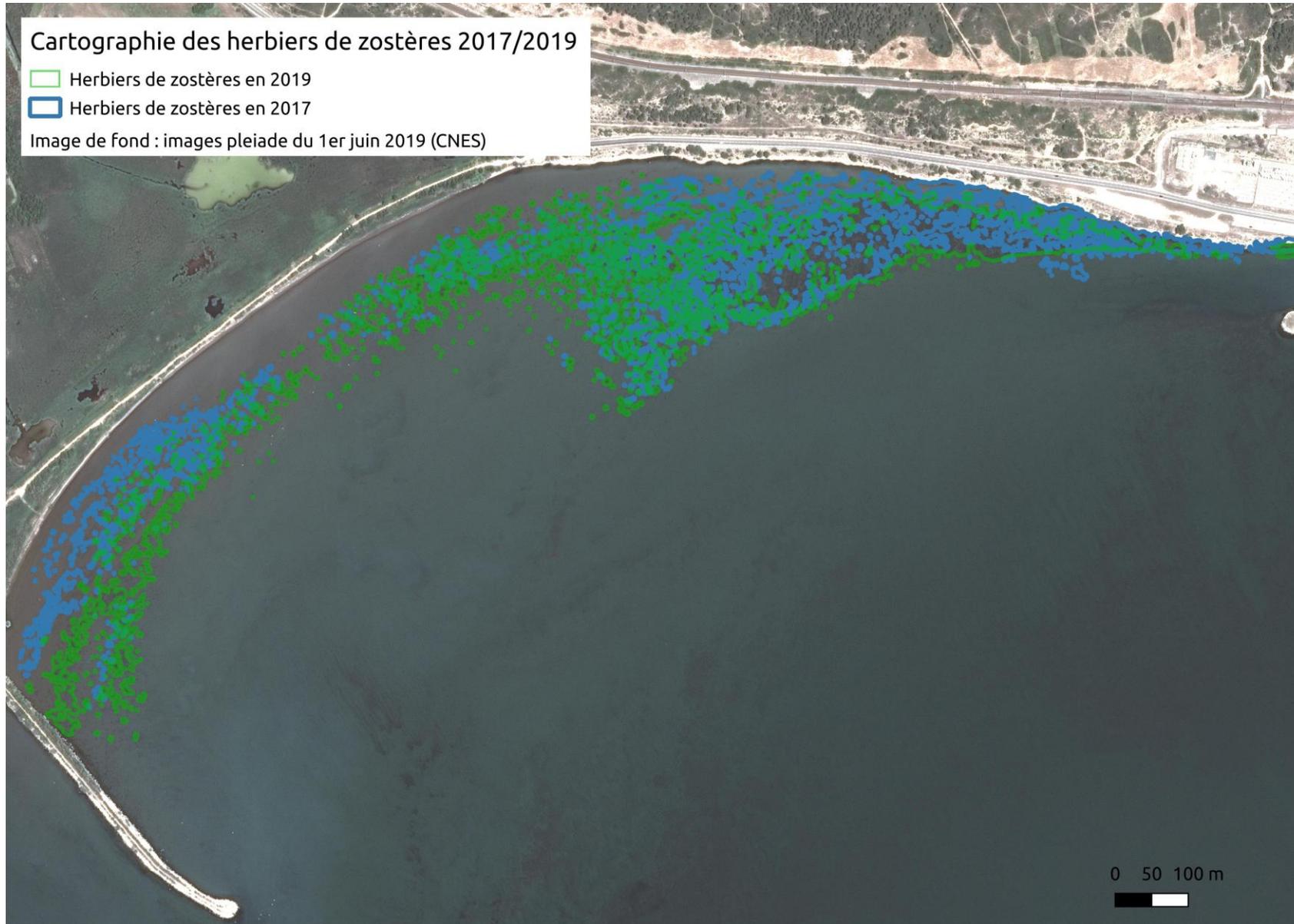


Figure 7 : Cartographie des herbiers de zostères du bassin de délimonage en 2017 et 2019 (photo : image Pleiades 2019, CNES).

3 Conclusion et perspective

L'utilisation des images satellites en 2019 a permis de mesurer l'impact de la crise anoxique et écologique de 2018 sur les herbiers de zostères. Ces herbiers ont été fortement impactés par cette crise avec **une perte estimée entre 40 et 60 %**. La surface couverte en 2019 est estimée à 7,2 ha en prenant en compte leur état de dégradation (densité faible). Pour rappel, en 2017, la surface estimée était de 17,9 ha et l'objectif de colonisation pour atteindre le bon état dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau est de 1 500 ha environ.

Au niveau spatial, si certains secteurs se sont maintenus, notamment à l'ouest (Ranquet, Figuerolles) et au nord (bassin de délimonage), les importants herbiers de la côte est (Bouquet, Pointe de Berre et étang de Vaine) ont été fortement atteints. Ils présentent des pertes de plus de 90 % en surface et les herbiers subsistants sont dans un état très dégradé avec des densités très faibles. Sur ces secteurs, il est même difficile de parler encore d'herbiers. Ils ne sont constitués que par quelques taches ou faisceaux de feuilles isolés. Dans cet état, il n'assure plus de rôle écologique.

Plusieurs hypothèses développées dans la littérature sur le sujet pourraient expliquer cette dégradation des herbiers au cours de la crise 2018 :

- la faible transparence des eaux entre juillet et novembre 2018, qui a limité leur potentiel de photosynthèse,
- des dégagements d'hydrogène sulfuré lors des épisodes anoxiques de l'été 2018, qui ont pu « brûler » les rhizomes.

Les mattes mortes qui ont résisté ont été rapidement colonisées par des moules invasives (*Arcuatula senhousia*) permettant une certaine stabilisation des sédiments et de cette matte.

A l'heure actuelle, il est difficile de prévoir l'évolution à court ou moyen terme : reprise d'une dynamique de progression ou poursuite de la dégradation ? En 2020, une cartographie complète est prévue dans le cadre de l'Observatoire du milieu (action A2-22 du Contrat d'étang). Cette cartographie s'appuiera sur des photographies aériennes et satellites à haute résolution et une campagne de vérités terrains pour permettre une nouvelle comparaison et dresser un nouveau bilan.