



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

# Compte-rendu des tests de terrain réalisés dans le cadre du volet 4c du programme VALOBS

*Version finale – le 9 juillet 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



**Préambule :**

Ce document est une compilation des 8 fiches test réalisées dans le cadre du volet 4c du programme VALOBS entre 2019 et 2020. L'auteur tient à remercier l'ensemble des personnes ayant participé aux travaux compilés ici.

**Pour citer ce document :**

Guyonnard, V., 2020. *Compte-rendu des tests de terrain réalisés dans le cadre du volet 4c du programme VALOBS*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 156 p.

## Sommaire

Fiche test N°1 : Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour cartographier les zones de mouillage en pleine eau .....	4
Fiche test N°2 : Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour évaluer la pression des mouillages sur les herbiers de zostère naine.....	14
Fiche test N°3 : Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour évaluer la pression de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine .....	40
Fiche test N°4 : Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies verticales à très haute résolution (6,5cm/pixel) prises depuis un ULM .....	64
Fiche test N°5 : Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies verticales haute résolution (10 à 13 cm/pixel) prises depuis un ULM .....	81
Fiche test N°6 : Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies obliques prises depuis un ULM .....	101
Fiche test N°7 : Compte-rendu d'une démonstration d'un système de cartographie déportée avec télémètre pour la spatialisation des mouillages et des oiseaux sur l'estran .....	119
Fiche test N°8 : Compte-rendu de la mise en place d'un système de comptabilisation automatique des embarcations à l'entrée du port de plaisance des Minimes .....	132



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°1 : Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour cartographier les zones de mouillage en pleine eau

*Version finale – le 8 mai 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



## Sommaire

Sommaire .....	2
1. Contexte et objectifs du test .....	6
1.1. La spatialisation précise des mouillages est un enjeu de connaissance du parc naturel marin dans le cadre des mesures de pression des mouillages sur les herbiers de zostère naine .....	6
1.2. Objectifs de ce test : .....	6
1.3. Contexte.....	7
1.4. Acteurs associés .....	7
2. Déroulement du test .....	7
2.1. Choix du site d'étude .....	7
2.2. Prise en compte du cadre réglementaire .....	8
2.3. Matériel utilisé .....	9
2.4. Acquisition .....	9
2.4.1. Conditions du test .....	9
2.4.2. Phase de terrain .....	10
2.5. Traitement des données .....	10
3. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	11
4. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire .....	11
5. Conclusion .....	12
Table des illustrations .....	13

### Pour citer ce document :

Guyonnard V., 2020, *Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour cartographier les zones de mouillage en pleine eau. Fiche test VALOBS n°1*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 10 p.

## 1. Contexte et objectifs du test

Ces expérimentations sont à rapprocher des autres tests effectués par drone dans le cadre du programme VALOBS en 2019 pour cartographier et pour mesurer les pressions des mouillages et de la pêche à pied sur les herbiers de zostère noltii.

### 1.1. La spatialisation précise des mouillages est un enjeu de connaissance du parc naturel marin dans le cadre des mesures de pression des mouillages sur les herbiers de zostère naine

Ces travaux sont justifiés par l'identification de l'enjeu des pressions et des impacts des mouillages sur les herbiers de zostère naine qui a été traduit dans le plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis par la sous-finalité 47.2 « des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères » (Tableau 1). Dans cette sous-finalité, un niveau d'exigence vise « une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères ».

Ces expérimentations visent donc à améliorer les connaissances sur ces problématiques en termes de mesure des impacts et de suivi des pressions.

Tableau 1 : La sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis relative à la réduction des pressions des activités de loisirs sur les herbiers de zostères

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères	<ul style="list-style-type: none"><li>→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères</li><li>→ Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied</li></ul>

### 1.2. Objectifs de ce test :

L'objectif de ce test est d'évaluer l'opérationnalité de l'utilisation des images prises par drone pour cartographier les zones de mouillage en pleine eau. Ce test consiste à produire, sur un site de mouillage, des images aériennes par drone pour ensuite les assembler afin de créer une orthomosaïque sous SIG permettant de localiser et de comptabiliser les mouillages. L'intérêt du test porte essentiellement sur la phase de post-traitement qui consiste à assembler les images sans point d'amer avec le logiciel Pix4D.

Ces observations ont également pour objectif plus large de tester l'utilisation de l'outil drone dans une approche d'étude des pressions d'une activité sur un habitat intertidal dans un contexte de Parc naturel marin.

### 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

### 1.4. Acteurs associés

Cette expérimentation a été réalisée par la plateforme Drones aériens, marin et télédétection de l'UMR LIENSS<sup>1</sup>. Les acquisitions terrains ont été réalisées par Nicolas Lachaussée (télépilote) et par Valentin Guyonnard (Chargé d'étude du programme VALOBS). Les traitements cartographiques ont été réalisés par Natacha Volto (ingénieure d'étude).

## 2. Déroulement du test

### 2.1. Choix du site d'étude

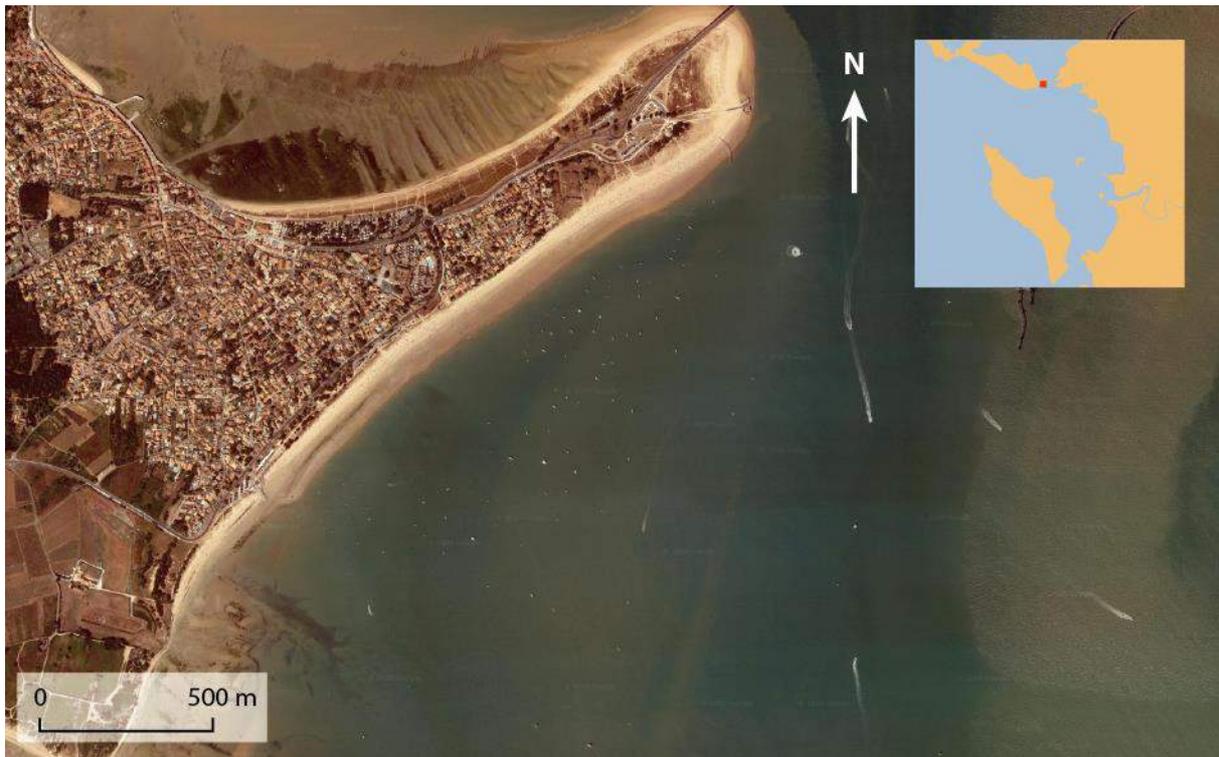
*Photo 1 : Zone de mouillage au sud de la commune de Rivedoux-Plage sur l'île de Ré le 9 juillet 2018*



---

<sup>1</sup> <https://lienss.univ-larochelle.fr/Plateforme-drones-aeriens-marins-et-teledetection>

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude



Source : fond : Google.cn Satellites.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Le choix du site s'est porté sur la zone de mouillage située au sud de Rivedoux-Plage sur l'île de Ré. Cette zone est appropriée car elle regroupe de nombreux mouillages en pleine eau. Ces mouillages sont matérialisés par de nombreuses bouées. Ce site est également prisé des plaisanciers pour le mouillage de courte durée à l'ancre (Photo 1 ; Figure 1).

La zone d'étude est une zone marine d'environ 60 hectares. Elle s'étend vers le large sur environ 700 mètres depuis le trait de côte et comprend 835 mètres de linéaire côtier.

## 2.2. Prise en compte du cadre réglementaire

L'utilisation d'un drone dans le cadre professionnel relève de la réglementation relative à l'aviation civile intitulée « activités particulières ». L'ensemble des détails du cadre réglementaire est disponible sur le site du Ministère de la Transition écologique et solidaire<sup>2</sup>. Les principales obligations de ce règlement sont :

- que le télépilote détienne un certificat d'aptitude théorique de pilote d'aéronef habité.

---

<sup>2</sup> Ministère de la Transition écologique et solidaire, Drone – Usages professionnels [en ligne] Disponible sur : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/drones-usages-professionnels#e0> (consulté le 11 février).

- que certaines zones dites « sensibles » soient interdites de vol ou soumises à autorisation préalable auprès de la préfecture.
- que la prise de vues aériennes soit réalisée en respectant la vie privée ;
- que la hauteur de vol ne dépasse pas 150 mètres.
- un périmètre de sécurité correspondant à une aire de décollage et d'atterrissage doit être délimité au sol évitant à des tiers d'y pénétrer.

Dans le cadre de ce test, la zone survolée étant située « hors zone peuplée » aucune autorisation préfectorale n'était nécessaire. Néanmoins, la zone survolée étant située proche de l'aéroport de La Rochelle – Île de Ré, un protocole d'accord avec ce dernier a été suivi consistant à demander l'autorisation à la tour de contrôle avant de lancer le survol. De plus, le vol ayant été réalisé dans le cadre du scénario S2 permettant de voler au-dessus de 50 mètres, une déclaration auprès des services de l'armée a été effectuée.

Par ailleurs, la mairie de la commune où les survols ont eu lieu a été prévenue 24 à 48h avant le survol par mail et par téléphone à l'accueil de la mairie.

### 2.3. Matériel utilisé

Le drone utilisé est un aéronef de modèle eBee produit par la société SenseFly. Il est de type aile volante et mesure 700g pour une envergure de 96 cm. Son autonomie, donnée par le constructeur, est de 45 minutes et il peut voler dans des conditions maximales de vent de 45 km/h (12m/s). Le capteur utilisé est un appareil photo RVB<sup>3</sup> de type Canon Powershot Elph 110 HS d'une résolution de 16 millions de pixels permettant d'obtenir une résolution de 4,6 cm/pixel à 150 m de haut. Ce type de drone est généralement préconisé pour couvrir de grandes surfaces.

Le logiciel eMotion<sup>4</sup> est utilisé pour préparer le plan de vol, le charger dans l'appareil et gérer l'aéronef pendant l'acquisition. Ce logiciel est installé sur un ordinateur portable qui est connecté au drone via un récepteur radio.

### 2.4. Acquisition

#### 2.4.1. Conditions du test

---

<sup>3</sup> Le RVB pour « Rouge, Vert, Bleu » correspond à la représentation des nuances par la synthèse additive de ces trois couleurs. Un appareil photo RVB est donc un appareil photo numérique classique.

<sup>4</sup> eMotion [en ligne] disponible sur : <https://www.sensefly.com/software/emotion/> (consulté le 24 février 2020)

Le survol a été réalisé le 13 juin 2019 entre 10 et 11h du matin. Les tests de traitements cartographiques ont été réalisés en juin 2019. Une dizaine de bateaux étaient présents au mouillage lors du test. Plusieurs bouées de mouillage étaient visibles depuis la plage.

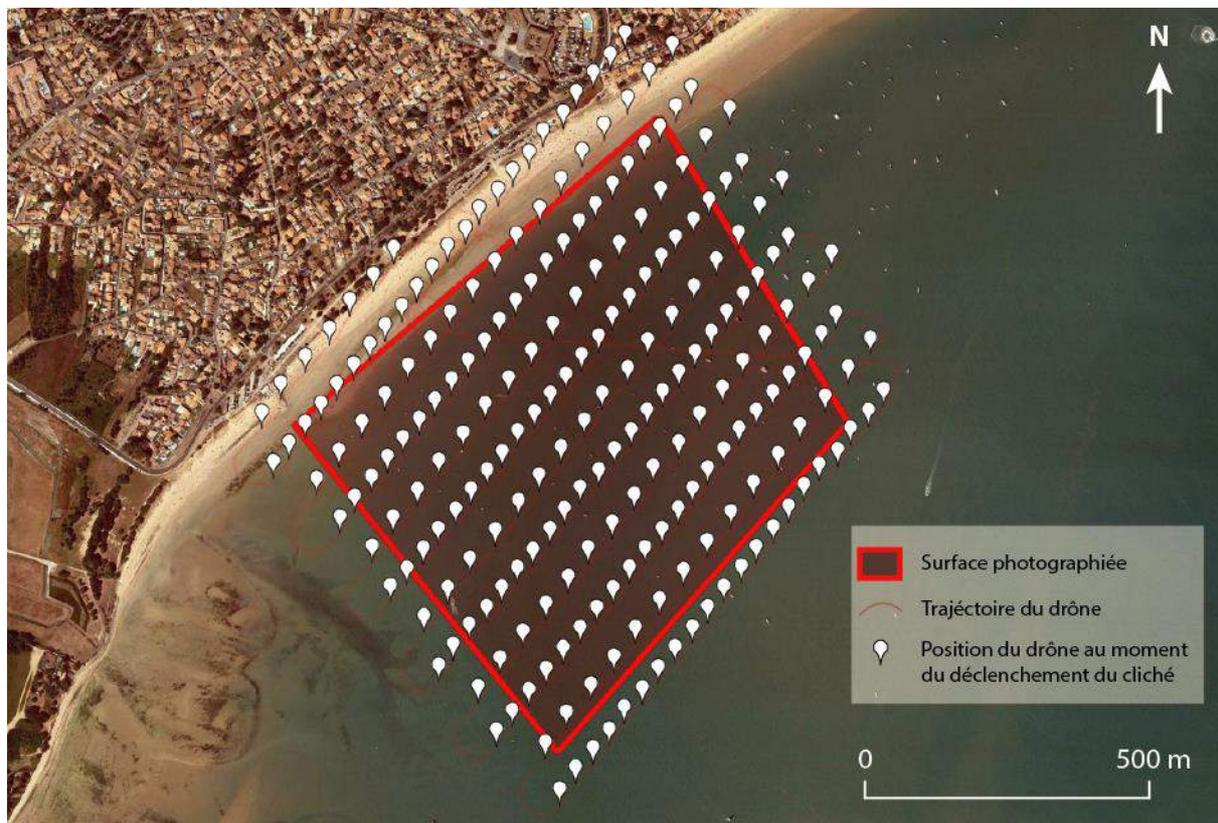
Conditions météo : ciel partiellement couvert ; vent faible à medium (7 à 12 nds) direction SSO ; température : 14°C

Marée : marée montante au moment du test (BM : 6h49, coef 58)

### 2.4.2. Phase de terrain

Le drone a été programmé pour survoler la zone à 130 mètres d'altitude. Le vol a duré environ 15 minutes. Au total, 225 clichés ont été pris durant le survol avec un taux de recouvrement de 70% (Figure 2).

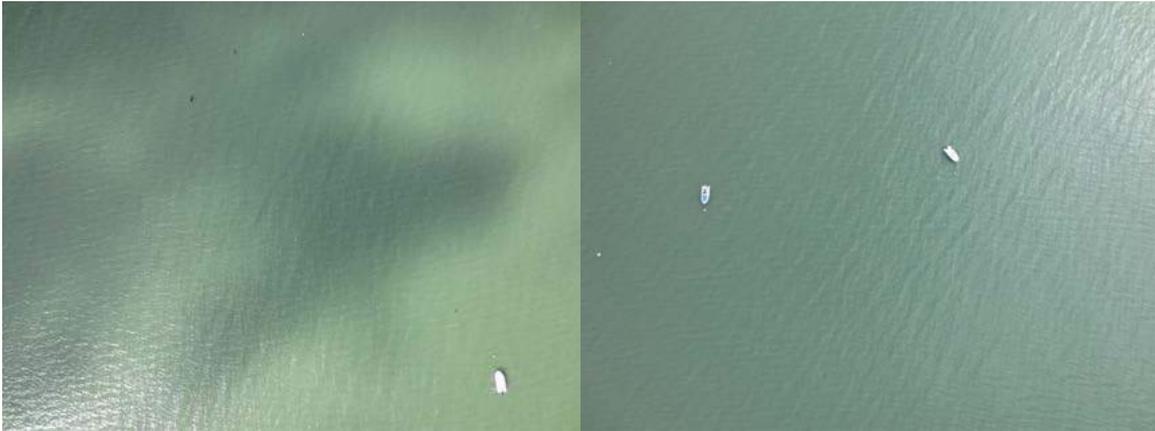
Figure 2 : Plan de vol du drone lors du survol de la zone sud de Rivedoux-Plage le 13 juin 2019



### 2.5. Traitement des données

Les essais de création d'orthomosaïques ont été réalisés avec le logiciel Pix4D. Ces tests n'ont pas été concluants car le logiciel ne détecte pas de points de calage identiques sur plusieurs images permettant d'assembler les clichés (Photo 2).

Photo 2 : Exemples de clichés recueillis lors de la campagne



Cette solution ne semble donc pas adaptée<sup>5</sup>.

### 3. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

- La mission de terrain comprenant la préparation de la mission, les survols et la création des orthomosaïques ont fait l'objet d'une mise à disposition des moyens humains et financiers de la plateforme drone de l'UMR LIENSs de la Rochelle. Les coûts de cette prestation se sont élevés à 315 €.
- La préparation de la mission a mobilisé un télépilote pendant une demi-journée ;
- la phase de terrain a mobilisé un télépilote (Nicolas Lachaussée) et un assistant (Valentin Guyonnard) pendant une demi-journée ;
- la phase de post-traitement (création d'orthomosaïques) a mobilisé une ingénieure (Natacha Volto) pendant une demi-journée.

### 4. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire

Bien que cette méthode ne soit pas opérationnelle, des devis ont été demandés pour réaliser des prestations de survol de drone à la plateforme drone du laboratoire LIENSs. Ils s'élèvent à environ 2000 euros par survol et comprennent également la livraison des orthomosaïques géoréférencées.

---

<sup>5</sup> D'autres logiciels de photogrammétrie n'ont pas été testés dans le cadre du programme VALOBS mais pourraient donner des résultats plus concluants comme le logiciel Agisoft Metashape.

## 5. Conclusion

Bien que l'utilisation du drone soit dans sa partie terrain facile et séduisante pour cartographier des zones de quelques hectares, les images recueillies d'une zone de mouillage en pleine eau sont inexploitable du fait de l'impossibilité de produire une orthomosaïques sans point d'amer fixe sur les images.

## Table des illustrations

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude .....	8
Figure 2 : Plan de vol du drone lors du survol de la zone sud de Rivedoux-Plage le 13 juin 2019.....	10
Photo 1 : Zone de mouillage au sud de la commune de Rivedoux-Plage sur l'Île de Ré le 9 juillet 2018	7
Photo 2 : Exemples de clichés recueillis lors de la campagne .....	11



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°2 : Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour évaluer la pression des mouillages sur les herbiers de zostère naine

*Version finale : le 08 mai 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



**Remerciements :**

L'auteur tient à remercier Pierre-Guy Sauriau, Fabien Aubert, Natacha Volto, Claire Sanchez et Luc Vacher du laboratoire LIENSs CNRS – La Rochelle Université pour les nombreux échanges concernant l'analyse des images. L'auteur tient également à remercier Nicolas Lachaussée (télépilote de la plateforme Drones aériens, marin et télédétection de l'UMR LIENSs) pour sa disponibilité et la réalisation des phases de terrain.

**Pour citer ce document :**

Guyonnard V., 2020, *Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour évaluer la pression des mouillages sur les herbiers de zostère naine. Fiche test VALOBS n°2*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 26 p.

## Sommaire

Sommaire .....	16
1. Contexte et objectifs du test .....	17
1.1. Les pressions des mouillages sur les herbiers de zostère naine sont un enjeu du Parc naturel marin 17	
1.2. Objectif du test : .....	17
1.3. Contexte.....	18
1.4. Acteurs associés .....	18
2. Déroulement de la phase de terrain.....	19
2.1. Choix du site d'étude .....	19
2.2. Prise en compte du cadre réglementaire .....	20
2.3. Matériel utilisé .....	21
2.4. Acquisitions .....	22
2.4.1. Conditions du test .....	22
2.4.2. Phase de terrain .....	22
2.4.3. Données recueillies .....	23
3. Traitement des données.....	26
3.1. Des surfaces impactées correspondant aux zones de raguage des lignes des mouillages et des embarcations.....	26
3.2. Évaluation et mesures des surfaces d'impact.....	28
3.3. Qualification de l'impact par l'approche comparative avec une zone sans pression de mouillage.....	34
4. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	35
5. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire .....	36
6. Conclusion .....	36
6.1. Un outil opérationnel.....	36
6.2. Des données permettant de qualifier l'impact des mouillages concluant .....	37
6.3. Des analyses permettant d'alimenter la réflexion sur l'évaluation des pressions des mouillages sur les herbiers à l'échelle du Parc .....	38
6.4. Approche avantages-inconvénients dans le cadre d'une étude sur les pressions des mouillages sur les herbiers .....	38
Bibliographie .....	39
Table des illustrations .....	39

## 6. Contexte et objectifs du test

Ces expérimentations sont à rapprocher des autres tests effectués par drone dans le cadre du programme VALOBS en 2019 pour cartographier des sites de mouillage en pleine eau et pour mesurer la pression de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine.

### 6.1. Les pressions des mouillages sur les herbiers de zostère naine sont un enjeu du Parc naturel marin

Ces travaux sont justifiés par l'identification de l'enjeu des pressions et des impacts des mouillages sur les herbiers de zostère naine qui a été traduit dans le plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis par la sous finalité 47.2 « des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères » (Tableau 1). Dans cette sous-finalité, un niveau d'exigence vise « une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères ».

Ces expérimentations visent donc à améliorer les connaissances sur ces problématiques en termes de mesure des impacts et de suivi des pressions.

Tableau 2 : La sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis relative à la réduction des pressions des activités de loisirs sur les herbiers de zostères

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères	→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères → Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied

### 6.2. Objectif du test :

L'objectif de ce test est de recueillir, à l'échelle d'un site de mouillage, des images aériennes prises par drone pour étudier l'impact des mouillages sur les herbiers.

Plus précisément, ces observations visent d'abord à alimenter une réflexion sur la construction d'un indicateur de pression des mouillages sur des herbiers de zostère naine à l'échelle du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. Cet indicateur s'appuie sur une mesure de surface d'herbier impactée par un mouillage. L'analyse précise des impacts des mouillages par image drone doit permettre d'affiner la métrique qui sera proposée

Ces observations ont également pour objectif plus large de tester l'utilisation de l'outil drone dans une approche sur l'étude des pressions d'une activité sur un habitat intertidal dans un contexte de Parc naturel marin. Cette approche novatrice doit permettre d'aborder le potentiel de cet outil comme ses

limites à la fois au niveau opérationnel (avantages et contraintes d'utilisation) mais également en rapport avec le potentiel des données recueillies dans une étude des pressions des activités de mouillage sur les herbiers de zostère naine.

Ainsi, les questions auxquelles ce test doit contribuer à répondre sont :

- Quelle est la surface d'herbier impactée par un mouillage ?
- Quelles méthodes d'analyse des images et quelles données peut-on utiliser pour qualifier et cartographier les impacts (images visibles, NIR<sup>6</sup>, multi-spectrales). Quel indice peut-on utiliser ?
- Peut-on identifier des impacts différents en fonction du type de mouillage (permanent, saisonnier, à l'ancre) ?
- Quelles sont les contraintes de l'utilisation de ce type d'outil (préparation de la mission, hauteur de vol, post-traitement, réglementation, acceptation, météo, etc.) ?
- Dans quelles mesures l'outil drone est-il pertinent pour l'étude et le suivi des impacts des mouillages sur les herbiers intertidaux dans un Parc naturel marin ?

### 6.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

Plus largement, ces expérimentations s'inscrivent aussi dans le contexte où l'outil drone est de plus en plus utilisé dans les milieux scientifiques et chez les gestionnaires de la nature. Cette démocratisation du drone est à mettre également en parallèle avec l'amélioration de la qualité des capteurs d'images à moindre prix et l'augmentation des puissances de calcul des ordinateurs grand public permettant de traiter facilement ces informations.

### 6.4. Acteurs associés

Cette expérimentation a été réalisée par la plateforme Drones aériens, marin et télédétection de l'UMR LIENSs<sup>7</sup>. Les acquisitions terrains ont été réalisées par Nicolas Lachaussée (télépilote) et par Valentin Guyonnard (Chargé d'étude du programme VALOBS). Les traitements cartographiques ont

---

<sup>6</sup> NIR : *Near Infra Red* (Proche Infra Rouge)

<sup>7</sup> <https://lienss.univ-larochelle.fr/Plateforme-drones-aeriens-marins-et-teledetection>

été réalisés par Natacha Volto (ingénieure d'étude), Claire Sanchez (assistante ingénieure) et Valentin Guyonnard. L'analyse des images a été réalisée par Valentin Guyonnard avec l'aide de Pierre-Guy Sauriau, Fabien Aubert et Luc Vacher.

## 7. Déroulement de la phase de terrain

Les tests se sont déroulés en juin et en septembre sur une commune de l'île de Ré.

### 7.1. Choix du site d'étude

Le choix du site s'est porté sur la zone de mouillage située au nord de Rivedoux-Plage sur l'île de Ré (Photo 3). Cette zone est appropriée car d'une part elle est recouverte d'herbiers de zostère naine et d'autre part elle concentre une vingtaine de mouillages sur corps-morts (Photo 4).

L'ensemble de la zone survolée correspond à la zone recouverte d'herbiers de zostère naine d'une surface d'environ 760 mètres sur 320 mètres.

*Photo 3 : Zone d'étude du test au nord de la commune de Rivedoux-Plage*



Source : fond : Google.cn Satellites (août 2018).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Photo 4 : Zone de mouillage au nord de la commune de Rivedoux-Plage sur l'Île de Ré le 9 juillet 2018



## 7.2. Prise en compte du cadre réglementaire

L'utilisation d'un drone dans le cadre professionnel relève de la réglementation relative à l'aviation civile intitulée « activités particulières ». L'ensemble des détails du cadre réglementaire est disponible sur le site du Ministère de la Transition écologique et solidaire<sup>8</sup>. Les principales obligations de ce règlement sont :

- que le télépilote détienne un certificat d'aptitude théorique de pilote d'aéronef habité.
- que certaines zones dites « sensibles » soient interdites de vol ou soumises à autorisation préalable auprès de la préfecture.
- que la prise de vues aériennes soit réalisée en respectant la vie privée ;
- que la hauteur de vol ne dépasse pas 150 mètres.
- qu'un périmètre de sécurité correspondant à une aire de décollage et d'atterrissage soit délimité au sol évitant à des tiers d'y pénétrer.

Dans le cadre de ce test, la zone survolée étant située en zone urbaine selon la carte aéronautique en vigueur, une autorisation de la préfecture a été demandée et obtenue en quelques jours. De plus, la zone survolée étant située proche de l'aéroport de La Rochelle – Île de Ré, un protocole d'accord avec

---

<sup>8</sup> Ministère de la Transition écologique et solidaire, Drone – Usages professionnels [en ligne] Disponible sur : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/drones-usages-professionnels#e0> (consulté le 11 février).

ce dernier a été suivi consistant à demander l'autorisation à la tour de contrôle avant de lancer le survol. Notons que l'ensemble de ces démarches sont réalisées par le télépilote.

Par ailleurs, la mairie de la commune où les survols ont eu lieu a été prévenue 24 à 48h avant les survols par courrier de la préfecture, par mail et par téléphone à l'accueil de la mairie.

### 7.3. Matériel utilisé

Le drone utilisé est un aéronef de modèle eBee produit par la société SenseFly. Il est de type aile volante et mesure 700g pour une envergure de 96 cm. Son autonomie, donnée par le constructeur, est de 45 minutes et il peut voler dans des conditions maximales de vent de 45 km/h (12m/s). Ce type de drone est généralement préconisé pour couvrir de grandes surfaces. Deux capteurs ont été utilisés. Le premier est un appareil photo RVB<sup>9</sup> de type Canon Powershot Elph 110 HS d'une résolution de 16 millions de pixels permettant d'obtenir une résolution de 4,6 cm/pixel à 150 m de haut. Le second est un capteur infra-rouge de type Canon S110 NIR captant les bande verte, rouge et proche infrarouge.

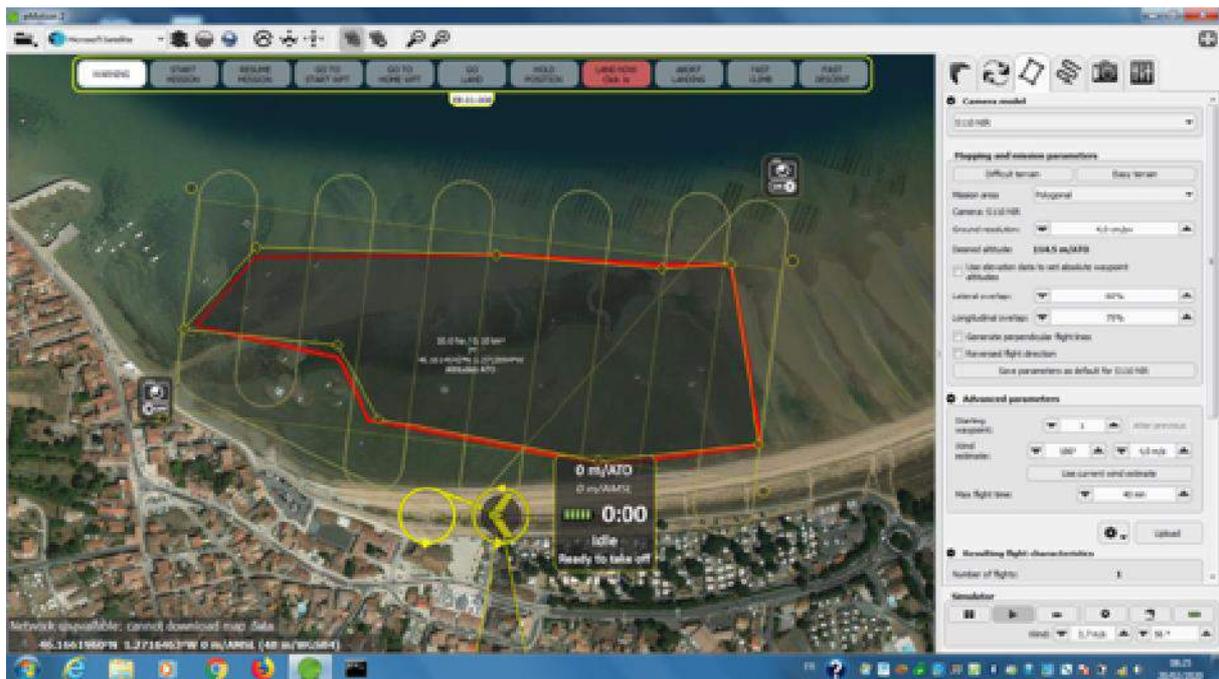
Le logiciel eMotion<sup>10</sup> est utilisé pour préparer le plan de vol, le charger dans l'appareil et gérer l'aéronef pendant l'acquisition. Ce logiciel (Figure 3) est installé sur un ordinateur portable qui est connecté au drone via un système d'émetteur/récepteur radio.

---

<sup>9</sup> Le RVB pour « Rouge, Vert, Bleu » correspond à la représentation des nuances par la synthèse additive de ces trois couleurs. Un appareil photo RVB est donc un appareil photo numérique classique.

<sup>10</sup> eMotion [en ligne] disponible sur : <https://www.sensefly.com/software/emotion/> (consulté le 24 février 2020)

Figure 3 : Capture d'écran du logiciel eMotion



## 7.4. Acquisitions

### 7.4.1. Conditions du test

Deux campagnes ont été réalisées.

La première le 13 juin 2019 entre 8h et 9h du matin.

Conditions météo : ciel partiellement couvert ; vent faible à medium (7 à 12 nds) direction SSO ; température : 14°C

Marée : marée montante au moment du test (basse à 6h49, coef 58)

La seconde a été réalisée le 11 septembre 2019 entre 9h et 10h du matin.

Conditions météo : ciel partiellement couvert ; vent faible (3 à 7 nds) direction NNE à N ; température : 14-17°C

Marée : marée descendante au moment du test (basse à 10h21 coef 67)

### 7.4.2. Phase de terrain

Le drone a été programmé pour survoler la zone à 130 mètres d'altitude permettant une résolution au sol d'environ 4cm/pixel. Les vols ont duré environ 7 à 10 minutes.

5 cibles ont été disposées aux extrémités de la zone survolée puis pointées au GPS différentiel de type Hiper Topcon (précision centimétrique) afin de pouvoir recalculer la mosaïque d'images qui sera créée dans la phase de post-traitement dans un repère géographique. Cette tâche suppose qu'un opérateur

humain parcourt la zone pour aller placer les cibles et les relever aux GPS avant le vol, puis les retire une fois le vol effectué. Un GPS de type Garmin GPSMAP a été utilisé pour accéder à la position des cibles.

Des talkies walkies ont été utilisés pour que le télépilote et l'assistant plaçant les cibles puissent communiquer et se coordonner.

Au total, la phase de terrain (hors temps de transport) a duré environ 1 heure.

### 7.4.3. Données recueillies

Deux vols ont été réalisés à chaque campagne permettant de recueillir des images de type « RVB » (photographie couleurs classiques) et des images du proche infra-rouge (NIR pour Near Infra-Red) générant un poids total de données d'environ 2,7 Go.

Tableau 3 : Détails des données recueillies pendant les deux campagnes

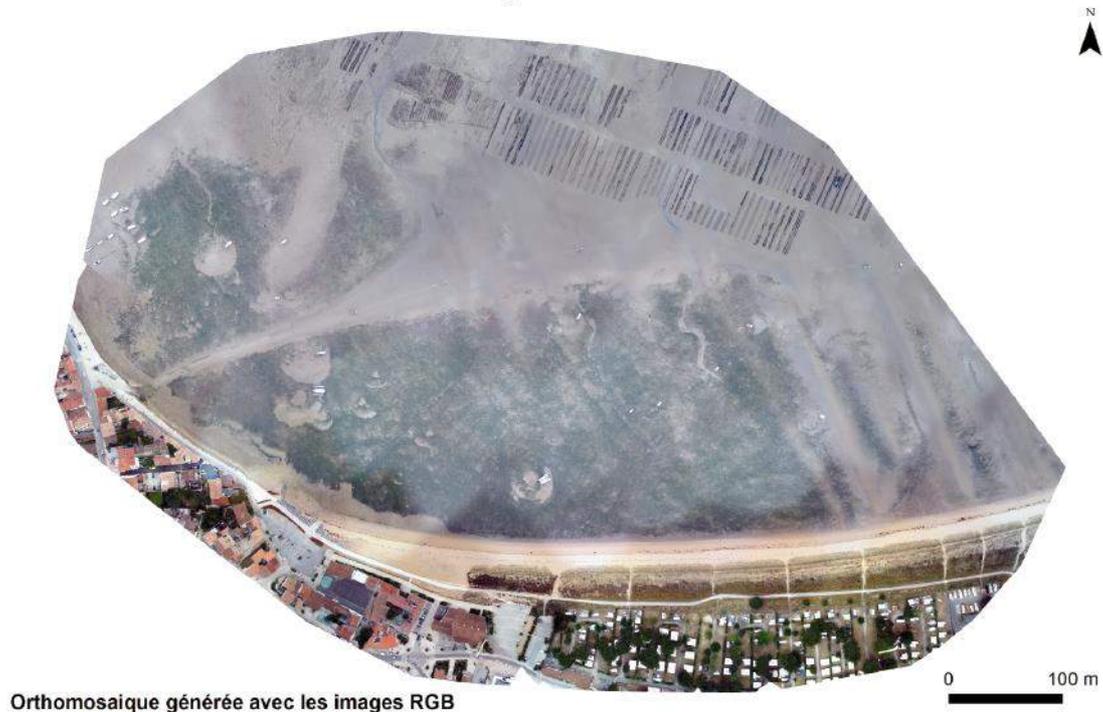
Date	Images RGB	Images NIR
13 juin 2019 Surface au sol des prises de vue 0,389 km <sup>2</sup>	76 photos format jpeg (280 Mo)	88 images format jpeg (613 Mo) + 88 images format raw (1,3 Go)
11 septembre 2019 Surface au sol des prises de vue 0,3 km <sup>2</sup>	58 photos format jpeg (203 Mo)	64 images format jpeg (432 Mo) + 88 images format raw (935 Mo)

Les images recueillies ont été assemblées à l'aide du logiciel Pix4D afin de créer des orthomosaïques (Figure 4 et Figure 5). Ces orthomosaïques ont été géoréférencées également sous le logiciel Pix4D<sup>11</sup>.

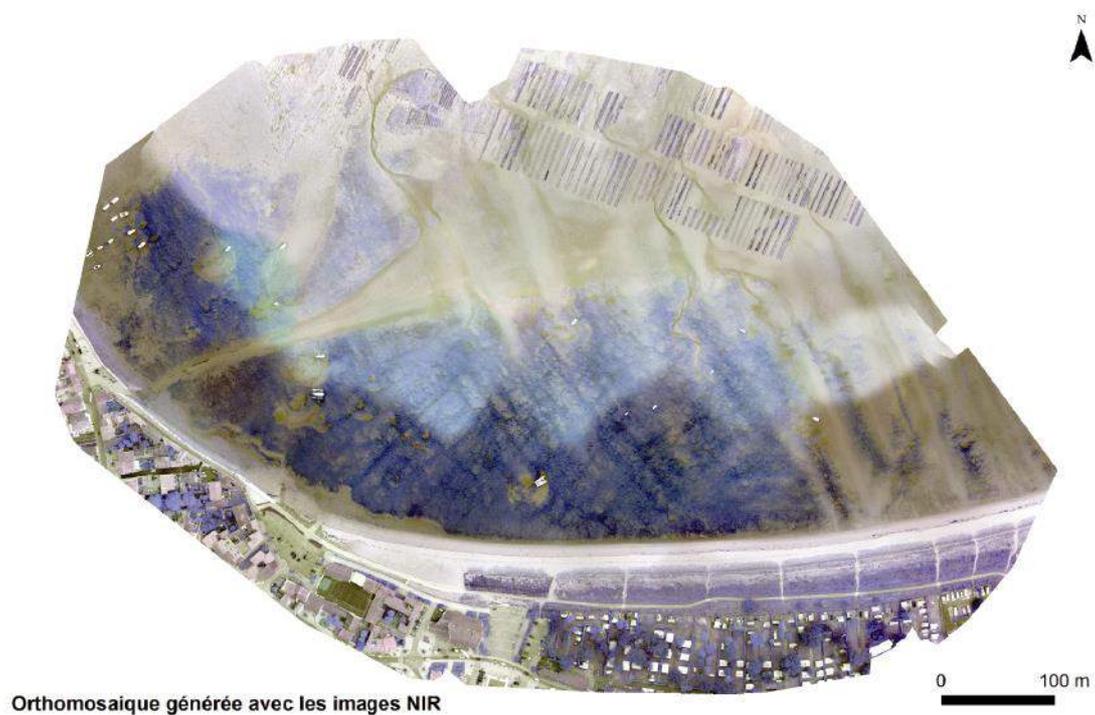
<sup>11</sup> Pix4D [en ligne] Disponible sur : <https://www.pix4d.com/> (consulté le 11 février)

Figure 4 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 13 juin 2019

## Le 13 juin 2019



Auteur : Natacha Volto, UMR LIENSs, 2019



Auteur : Natacha Volto, UMR LIENSs, 2019

Figure 5 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 11 septembre 2019

## Le 11 septembre 2019



**Orthomosaïque générée par les images RGB**

Auteur : Natacha Volto, UMR LIENSs, 2019.



**Orthomosaïque générée par les images NIR**

Auteur : Natacha Volto, UMR LIENSs, 2019.

En parallèle de ces campagnes d'acquisition par drone, des relevés des mouillages sur la zone ont été effectués sur le terrain par GPS. L'objectif était de disposer d'une couche de mouillages la plus à jour

possible. Ces relevés ont été effectués à pied avec un GPS de type Garmin FORETREX 301 le 25 juillet et le 16 août 2019.

## 8. Traitement des données

Les traitements réalisés sur ces données ont eu pour but de qualifier l'impact des mouillages sur les herbiers de zostère naine. Ils ont abordé deux échelles d'analyse. D'abord à l'échelle d'un mouillage nous avons à partir des données recueillies identifié puis mesuré l'impact sur l'herbier. Ensuite, à l'échelle d'un ensemble de mouillages (zone sous pression) et d'une zone sans pression où les résultats obtenus permettent d'avoir une approche plus objective des impacts provoqués par les mouillages sur les herbiers de zostère naine.

### 8.1. Des surfaces impactées correspondant aux zones de raguage des lignes des mouillages et des embarcations

Dans le but final de mesurer les surfaces d'herbiers impactées par les mouillages à l'échelle du Parc, il nous a paru important d'analyser dans un premier temps finement les formes et les tailles de ces impacts à l'échelle de mouillages pris individuellement. Ces premières analyses ont été réalisées par photo-interprétation.

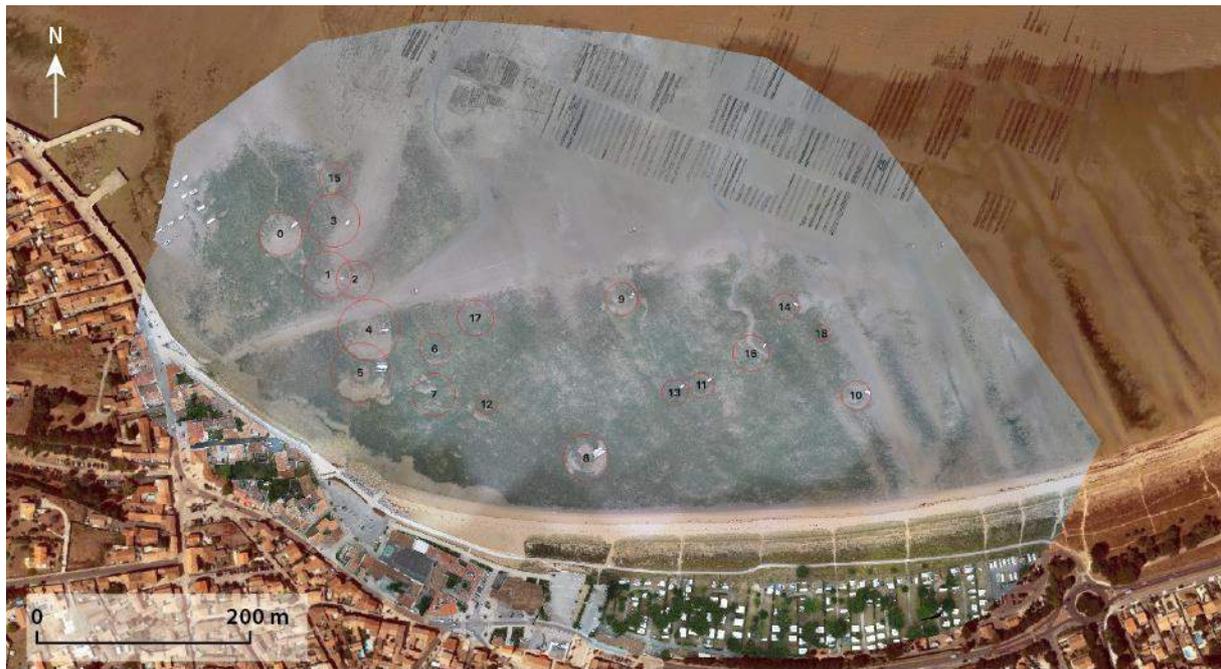
Les images montrent que les « zones d'impact » des mouillages sur le substrat prennent une forme circulaire. Ces formes se repèrent à partir de la différence visible de recouvrement en herbiers entre les surfaces situées hors de ces zones et les surfaces situées dans ces zones. En effet, à l'intérieur de ces zones, le raguage du fond par la chaîne de mouillage et de l'embarcation entraîne une mise à nu du sédiment ou un mitage du recouvrement de la végétation visible sur les images. La zone d'impact d'un mouillage correspond donc à un cercle dont le rayon est égal à la longueur de la ligne de mouillage (chaîne mère et chaîne secondaire) à laquelle s'ajoute la longueur de l'embarcation.

Afin d'en proposer une vision cartographique et une analyse plus fine, nous les avons dessinés dans un système d'information géographique sous format *shapefile*. Certaines de ces zones sont clairement visibles. D'autres le sont moins. Il semble en effet que sur cette zone, certains mouillages soient utilisés de manière fréquente ou permanente, alors que d'autres sont utilisés seulement durant la saison estivale ce qui expliquerait les différences d'impacts visibles sur les images. Par ailleurs, nous avons observé sur le terrain plusieurs points de mouillage qui semblaient abandonnés. Pour être certain d'identifier les mouillages ayant été fréquentés en 2019, nous avons utilisé en plus des images recueillies par drone, des images prises par avion et ULM durant le mois d'août à trois dates différentes. Lorsque sur ces photos un mouillage était fréquenté, nous l'avons inclus dans notre analyse.

Au total, 19 mouillages utilisés durant l'été 2019 ont été identifiés clairement dans cette zone (Figure 6).

Les surfaces de ces zones ont été mesurées (Tableau 4). Les résultats montrent qu'en fonction de la taille de l'embarcation et de la longueur du mouillage les surfaces impactées présentent une grande variabilité puisque sur notre échantillon, la taille de ces zones varie de 257 m<sup>2</sup> à 2500 m<sup>2</sup> (moyenne : 991 m<sup>2</sup>). Ces valeurs paraissent cohérentes avec les valeurs connues des zones de ragoage des ZMEL<sup>12</sup> même si l'étude de la taille des systèmes de mouillage (chaînes et longueur des navires) dans trois ZMEL du Parc naturel marin à partir des documents d'autorisation préfectorales (Boyarville, La Perroche et La Flotte-en-Ré) place cette valeur plutôt dans la limite basse des zones de ragoage des systèmes mis en place dans les ZMEL.

Figure 6 : Localisation des zones d'impact des mouillages identifiées



Source : Fond: Google.cn Satellites ; Orthomosaique : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Tableau 4: Surfaces des zones d'impact

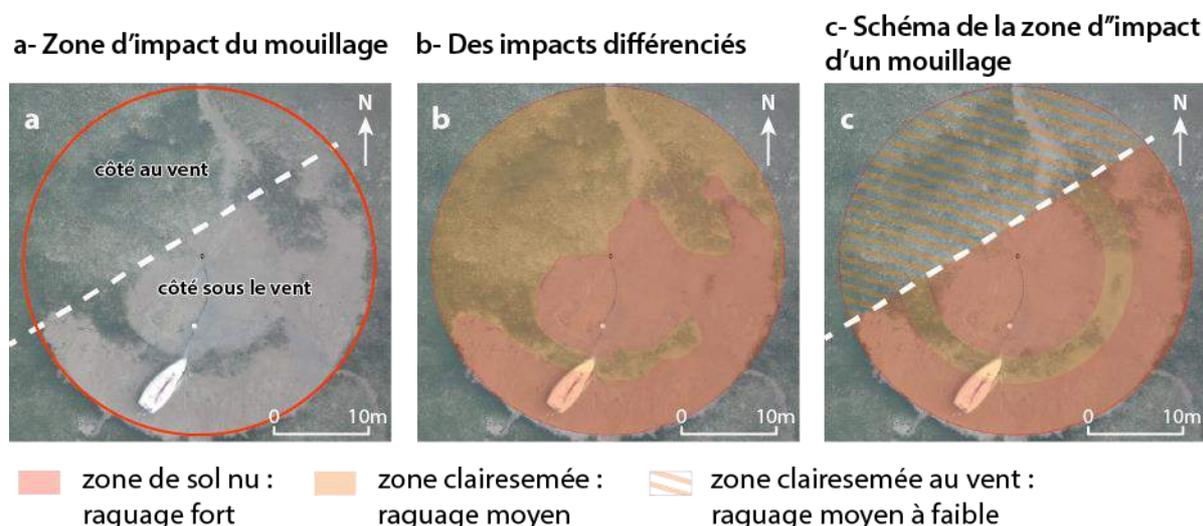
ID	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Surface (en m <sup>2</sup> )	1231	1481	909	1824	2488	2340	605	1178	1463	704	554	409	257	435	477	598	859	834	183

Si l'on analyse maintenant ces zones de manière individuelle, on remarque que l'impact visuel du ragoage des chaînes et des embarcations sur le substrat ne paraît pas homogène. En effet, les images montrent que sur une moitié de ces zones, la mise à nu du sédiment semble plus forte (Figure 7-a). Les raisons de ce constat proviennent de la conjugaison des vents dominants et des courants de marée qui entraînent l'embarcation et provoquent le ragoage d'un côté du mouillage de manière plus fréquente que l'autre côté. Il en résulte alors à l'intérieur de cette zone des impacts différenciés (Figure 7-b) où

<sup>12</sup> ZMEL : Zone de mouillage en Équipements Légers

les zones de raguage fort sous le vent du mouillage provoquent une mise à nu du sédiment alors qu'ailleurs dans la zone d'impact le raguage est moins fréquent mais provoque tout de même un mitage du recouvrement en herbier.

Figure 7 : Schématisation de l'impact d'un mouillage sur l'herbier par photo-interprétation en zone intertidale



Source : orthomosaïque : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

L'impact d'un mouillage peut donc être schématisé en quatre zones (Figure 7-c). La première est la zone centrale de la zone d'impact où le raguage de la chaîne de mouillage est le plus fort. Une seconde zone prend la forme d'une auréole correspondant à la bande entre la chaîne de mouillage et l'embarcation où le contact entre le substrat et la ligne de mouillage est moins fréquent que dans la première zone. Dans cette zone, la couverture d'herbier est soit inexistante (sol nu), soit fortement clairesemée. La troisième zone prend également la forme d'une auréole qui correspond à la zone où l'embarcation échoue à marée basse de manière fréquente, c'est-à-dire sous le vent. Dans cette zone, le substrat est mis à nu comme dans la zone centrale. Enfin, la dernière zone se situe au vent du mouillage. Cette zone paraît moins impactée par le mouillage que les trois autres zones du fait de la fréquence plus rare du raguage de la chaîne de mouillage et de l'embarcation.

## 8.2. Évaluation et mesures des surfaces d'impact

Une fois les surfaces d'impact définies, la qualification de l'impact s'est faite à partir de la mesure des surfaces fortement impactées par le raguage des lignes de mouillage et des embarcations.

Pour cela, nous avons utilisé l'indice de végétation par différence normalisée NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Cet indice parfois appelé indice de Tucker (Tucker, 1979) est calculé à partir du comportement spectral de la végétation dans les canaux du rouge et du proche infrarouge. Les valeurs de cet indice sont comprises entre -1 et 1. Les valeurs négatives correspondent aux surfaces autres que la végétation comme l'eau ou les surfaces humides, la neige ou encore les nuages. Pour les formations végétales, le NDVI est compris généralement entre 0,1 et 0,7, les valeurs les plus élevées correspondant aux couvertures végétales les plus denses. Cet indice est sensible à plusieurs facteurs

qui peuvent limiter son interprétation. C'est notamment le cas de la présence de l'atmosphère qui peut modifier les valeurs de la réflectance ou encore des nuages. Néanmoins, contrairement aux images satellites soumises à ces limites, les images prises par drone à faible altitude sont moins concernées par ces artefacts même si la luminosité liée au moment de la journée ou à la couverture nuageuse peut jouer sur les résultats.

Cet indice est largement utilisé par la communauté scientifique pour cartographier les couverts végétaux. En France, plusieurs études l'ont utilisé pour cartographier les herbiers de zostère naine, notamment dans le bassin d'Arcachon (Froidefond et al., 2014), sur l'île de Ré (Lafon et al., 2014) ou encore en Baie de Bourgneuf (Bargain, 2012).

Les orthomosaïques de l'indice NDVI ont été produites sous le logiciel Pix4D. Elles ont ensuite été affichées en compositions colorées dans un système d'information géographique permettant d'apprécier l'étalement de la couverture d'herbiers sur la zone (Figure 8).

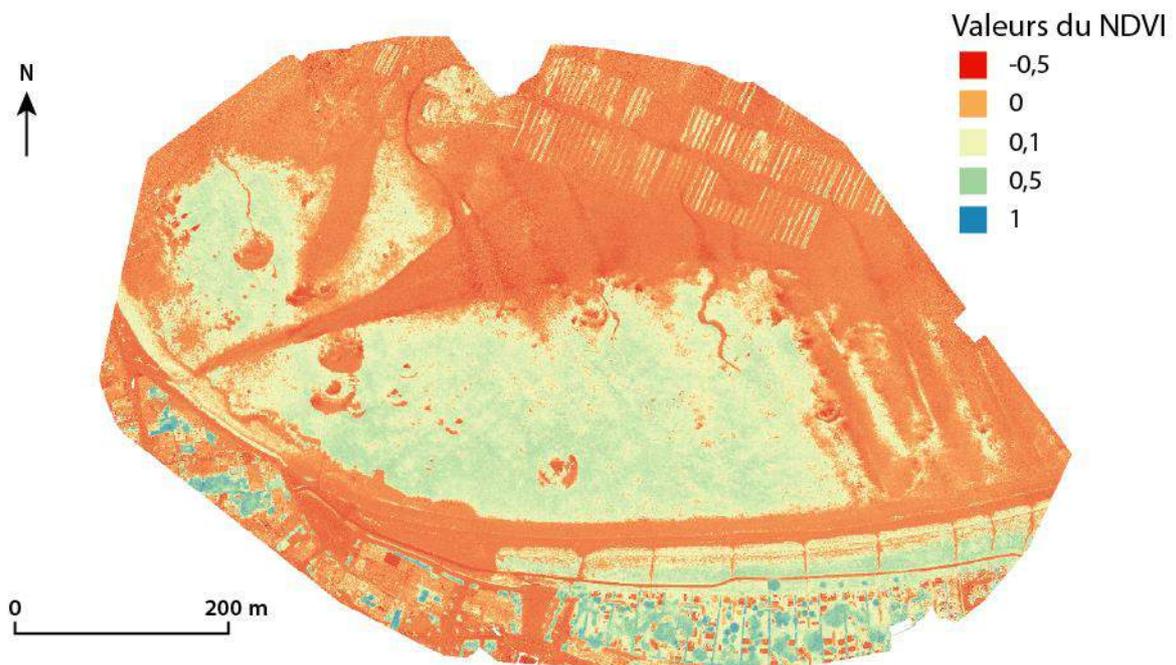
L'analyse des valeurs du NDVI par photo-interprétation dans les zones d'impact montrent dans notre cas que les sols d'aspect nu ont une valeur inférieure à -0,1. Cette valeur basse est due à la réflectance de l'humidité. Les surfaces avec un couvert en herbiers très peu dense sont généralement comprises entre -0,1 et 0. A partir de l'analyse des images, ces surfaces correspondent à des surfaces en limites des surfaces nues où le ravage de la chaîne de mouillage des embarcations est important. Ces zones restent fortement impactées par les mouillages. Puis, les surfaces dont le NDVI est supérieur à 0 montrent des surfaces où l'herbier paraît peu dense à très dense.

Afin de qualifier l'impact, nous avons choisi de mesurer à l'intérieur des zones d'impact les zones les plus impactées, c'est-à-dire celles qui sont totalement nues ou celles où la densité de l'herbier est très peu dense. Nous avons pour cela appliqué une classification du raster NDVI avec le classement suivant :

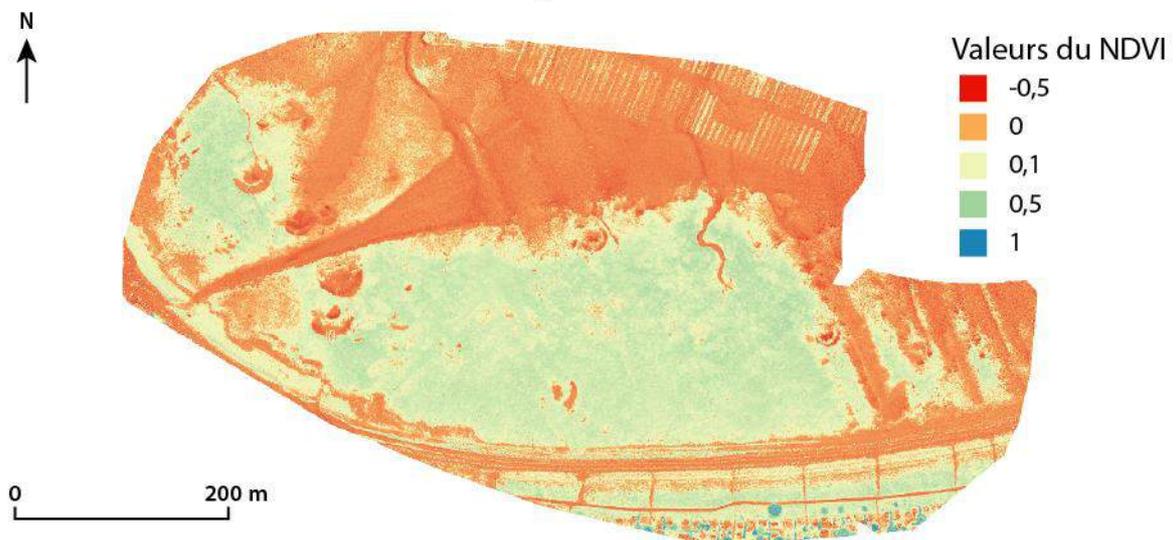
- Inférieur ou égal à 0 : zone nue ou à l'herbier très peu dense : surface d'impact la plus forte
- Supérieur à 0 : zone de couverture d'herbier peu dense à forte : surface d'impact moyenne à faible

Figure 8 : représentation de l'indice NDVI par composition colorée des deux survols de drone réalisés dans le cadre du test

## Le 16 juin 2019



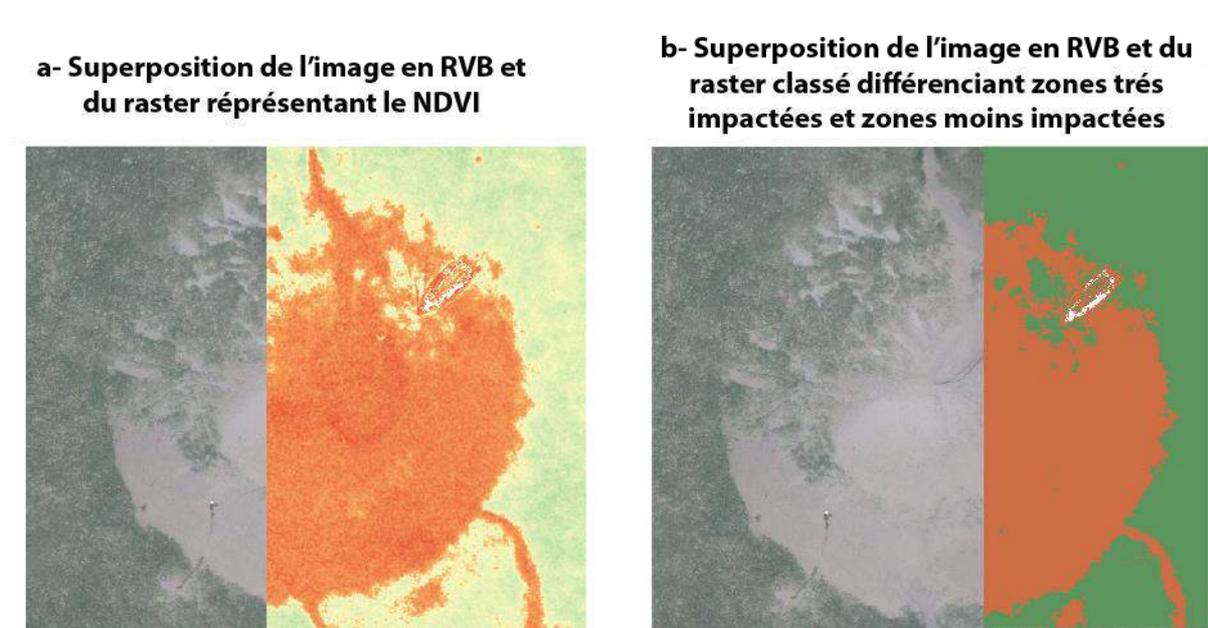
## Le 11 septembre 2019



Source : Fond: Google.cn Satellites ; Orthomosaique : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Ce traitement paraît satisfaisant pour représenter les sols les plus impactés par les mouillages à l'intérieur des zones d'impact (Figure 9).

Figure 9 : Représentation des traitements du NDVI par composition colorée puis après le reclassement sur une zone d'impact



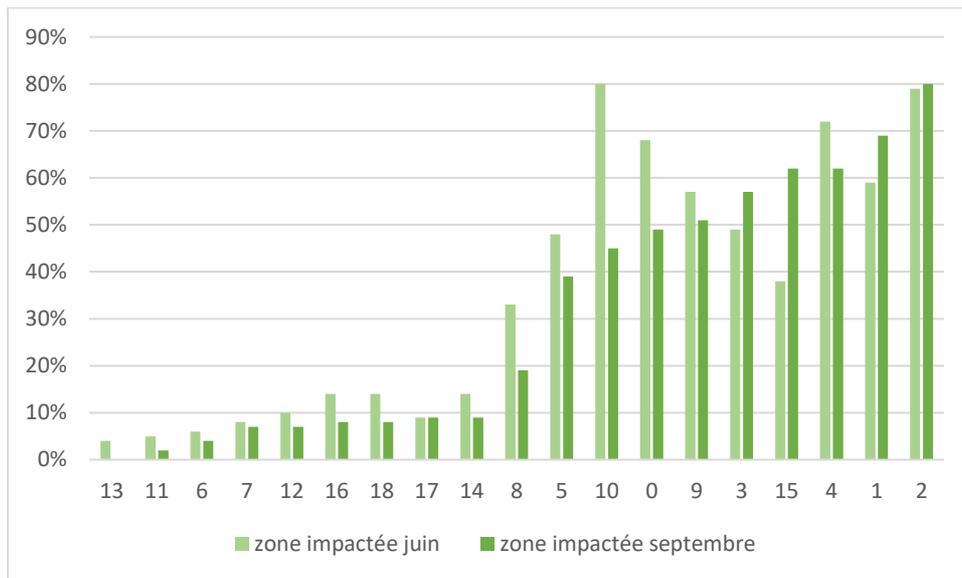
Source : Orthomosaique : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Les surfaces de sol nu ou avec herbier très peu dense ont été calculées à l'intérieur de chaque zone d'impact et pour les deux campagnes de survol. Les résultats montrent que selon les zones d'impacts identifiées il y a une grande variabilité du taux d'emprise de ces surfaces dans ces zones (Figure 11).

En prenant comme référence les données calculées à partir de la situation de septembre qui est la période où le développement de l'herbier est au maximum, on distingue d'abord que certaines zones possèdent des surfaces nues ou avec herbier très peu dense supérieures à 35 % de l'emprise totale de la zone. Pour les valeurs les plus extrêmes notamment (zone 2, 1, 4, 15 et 3) le mouillage n'est sûrement pas la seule cause de la mise à nu du substrat. Les zones d'impact concernées étant souvent en limite de la zone recouverte d'herbier. Néanmoins, certaines zones comme la zone 0, la zone 1 ou la zone 9 ne semblent pas être concernées par cet effet de bord. Notre connaissance du site nous permet de proposer l'hypothèse que ces mouillages sont utilisés de manière permanente pour expliquer le fort taux de dégradation du substrat dans ces zones bien qu'aucun suivi spécifique n'ait été mis en place pour confirmer cela.

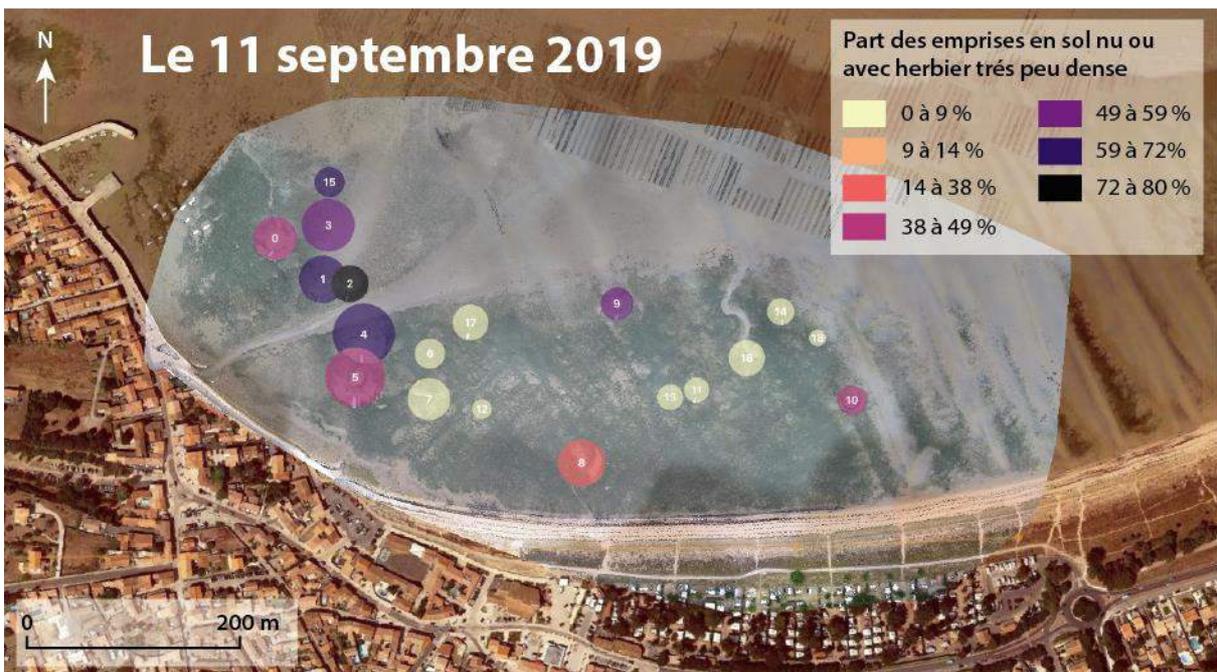
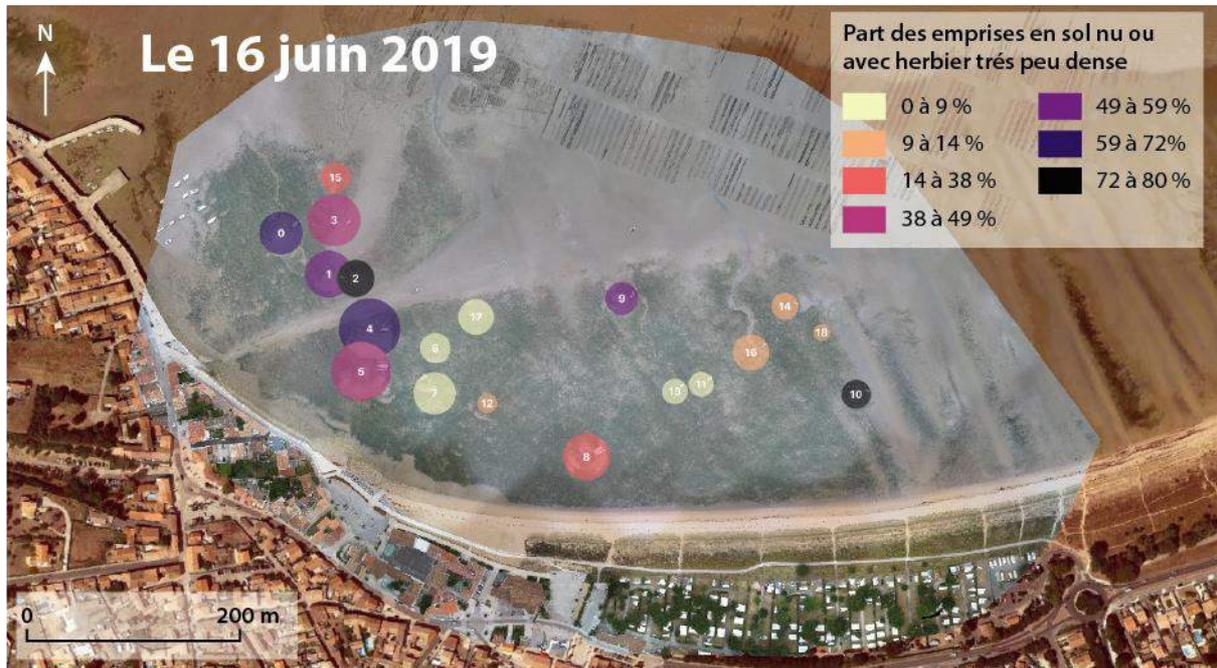
Un second groupe de zones d'impact se détache et est caractérisé par des surfaces nues ou avec herbier peu dense inférieur à 20 % de la surface totale de la zone. L'hypothèse une nouvelle fois du temps de présence des embarcations au mouillage permet d'expliquer les différences observées.

Figure 10 : Part des zones nues ou avec herbier très peu dense dans les zones d'impact des mouillages du test



Enfin, l'application de la méthode aux deux campagnes a montré que pour 15 zones sur 19, les zones nues ont réduit entre le mois de juin et le mois de septembre, ce qui paraît logique, la période estivale étant la période de développement de l'herbier et malgré le fait que cette période est également celle où la fréquentation des mouillages est la plus forte. Pour les quatre zones où ce n'est pas le cas, les raisons peuvent être recherchées au niveau des conditions hydrodynamiques particulières dans ces zones. Par ailleurs, ces 4 zones d'impact sont des zones où l'emprise des surfaces nues font partis des plus importantes de notre échantillon mais nos observations ne permettent pas d'affirmer de lien de causalité entre ces deux phénomènes.

Figure 11 : représentation des zones d'impact des mouillages en fonction de l'emprise des surfaces nues ou avec herbier très peu dense



**Part de l'emprise des surfaces en sol nu ou avec herbier très peu dense par zone d'impact**

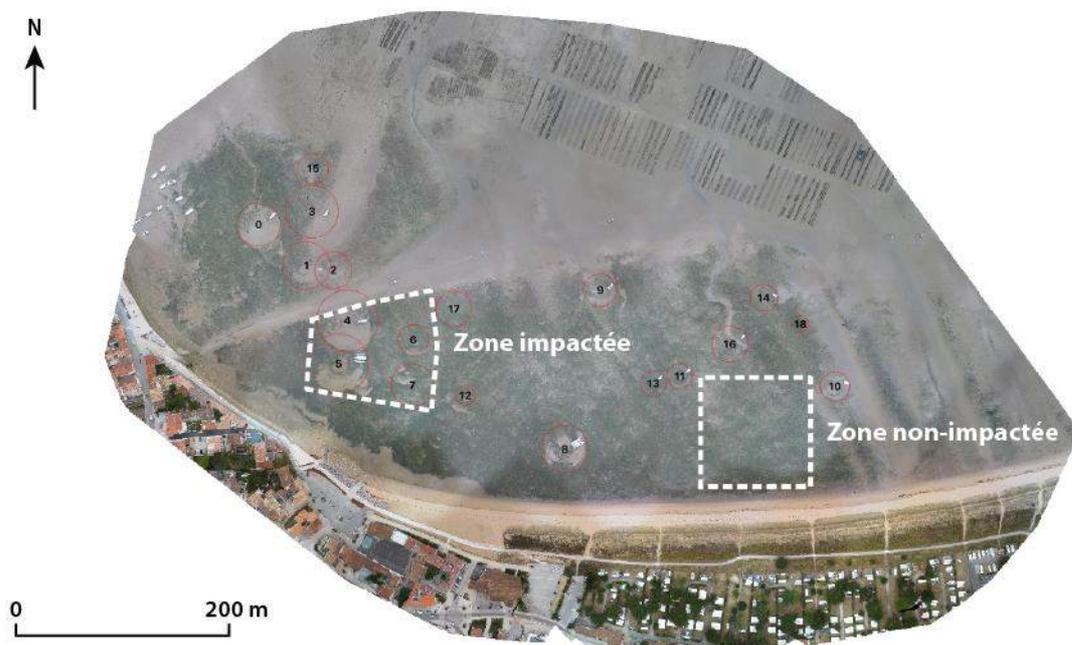
ID	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>zone impactée juin</b>	68%	59%	79%	49%	72%	48%	6%	8%	33%	57%	80%	5%	10%	4%	14%	38%	14%	9%	14%
<b>zone impactée septembre</b>	49%	69%	80%	57%	62%	39%	4%	7%	19%	51%	45%	2%	7%	0%	9%	62%	8%	9%	8%

Source : Orthomosaïque : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

### 8.3. Qualification de l'impact par l'approche comparative avec une zone sans pression de mouillage

Une dernière manière de qualifier l'impact des mouillages a été explorée à partir de ces données. Elle consiste à analyser les superficies de substrat nu ou avec herbier très peu dense et les valeurs du NDVI dans des zones plus larges (Figure 12). Pour cela, deux nouvelles zones de notre espace d'étude ont été créées. La première est située à l'ouest de notre zone et est considérée comme une zone sous pression. Elle concentre 4 mouillages. La seconde est située à l'est de notre zone d'étude et est considérée comme une zone sans pression puisqu'aucun mouillage n'a été relevé dans cette zone à partir de nos observations.

Figure 12 : Localisation de la zone d'étude sous pression des mouillages et de la zone d'étude sans pression



Orthomosaïque : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Le Tableau 5 montre que la zone sous pression possède une part de son substrat impacté plus importante que la zone sans pression. Dans notre exemple, la part de la surface nue ou avec herbier très peu dense est environ 13 fois supérieure dans la zone sous pression par rapport à la zone sans pression.

Par ailleurs, dans notre exemple, si entre le mois de juin et le mois de septembre les surfaces nues ou avec un herbier très peu dense ont baissé dans les deux zones, cette baisse a été moins forte dans la zone sous pression. En effet, dans la zone sous pression, les surfaces nues ou à herbier très peu dense ont baissé de 24,9% alors que dans la zone sans pression ces surfaces ont diminué de 87,5%.

Tableau 5 : Tableau de comparaison des valeurs de substrat nu ou très peu végétalisé

Type de zone	Surface (en m2)	Juin	Septembre
		Part en surface nue ou avec herbier très peu dense	Part en surface nue ou avec herbier très peu dense
<b>Zone sans pression du mouillage</b>	10019	1,6%	0,2%
<b>Zone avec mouillage</b>	10089	22,1%	16,6%

Le Tableau 6 résume les statistiques des valeurs du NDVI dans les deux zones d'analyse. Outre le constat logique que les valeurs moyennes et médianes du NDVI dans la zone sous pression soient moins élevées que dans la zone sans pression, l'observation de l'écart-type nous informe sur la dispersion des valeurs. Il est intéressant de voir que l'écart type de la zone sous pression est environ 2 fois plus important que dans la zone sans pression. Cet écart traduit une dispersion des valeurs plus importante que l'on peut interpréter comme le témoignage de facteurs de pression non naturelle liés aux mouillages.

Tableau 6 : Résumé statistique des valeurs du NDVI dans les deux zones

Type de zone	Surface (en m2)	Juin			Septembre		
		Moyenne NDVI	Médiane NDVI	Écart-Type NDVI	Moyenne NDVI	Médiane NDVI	Écart-Type NDVI
<b>Zone sans pression du mouillage</b>	10019	0,24	0,25	0,10	0,30	0,31	0,08
<b>Zone avec mouillage</b>	10089	0,14	0,19	0,17	0,18	0,22	0,17

## 9. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

- La mission de terrain comprenant la préparation de la mission, les survols et la création des orthomosaïques ont fait l'objet d'une mise à disposition des moyens humains et financiers de la plateforme drone de l'UMR LIENSs de la Rochelle. Les coûts de cette prestation se sont élevés à 630 €.

- La préparation de la mission a mobilisé un télépilote pendant une demi-journée ;

- la phase de terrain a mobilisé un télépilote (Nicolas Lachaussée) et un assistant (Valentin Guyonnard) pendant une demi-journée ;

- la phase de post-traitement (création d'orthomosaïques) a mobilisé une ingénieure (Natacha Volto) pendant une demi-journée ;

- la phase d'analyse a mobilisé un ingénieur de recherche (Valentin Guyonnard) et une assistante ingénieure pendant une dizaine de jours.

## 10. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire

Des devis ont été demandés pour réaliser ce type de prestation à la plateforme drone du laboratoire LIENSs et s'élèvent à environ 2000 euros par survol et comprennent également la livraison des orthomosaïques géoréférencées mais pas l'analyse.

## 11. Conclusion

Ce test a montré que le drone est aujourd'hui un produit « sur étagère » permettant de recueillir des données facilement sur les surfaces d'herbiers. Les tests de traitement de ces images pour qualifier l'impact des mouillages sur l'habitat se sont révélés satisfaisants

### 11.1. Un outil opérationnel

Le drone est aujourd'hui un outil qui apparaît comme très opérationnel pour étudier et suivre les problématiques sur les habitats intertidaux dans les parcs naturels marins. Bien qu'il nécessite des habilitations pour l'utiliser dans le cadre professionnel, son utilisation est aujourd'hui facilitée par des appareils et des outils de préparation et de traitement des données de plus en plus performants

Néanmoins, l'échelle d'observation de ces engins reste relativement faible par rapport à d'autres systèmes aériens comme l'avion, l'ULM ou l'hélicoptère. L'engin utilisé dans le cadre de ce test permet de réaliser des campagnes d'études à l'échelle de site d'environ 0,5 km<sup>2</sup> si l'on souhaite une résolution similaire (ici de l'ordre de 4 cm). Pour des surfaces plus importantes, soit il faut un engin avec davantage d'autonomie, soit il faut multiplier les vols.

Du point de vue réglementaire, bien que la zone survolée dans le cadre de ce test ait nécessité des autorisations particulières, ces dernières ont été données au télépilote sans plus de problème.

Sur la question de l'acceptation de l'utilisation du drone, notamment par les municipalités des communes sur lesquelles se sont déroulés les tests, aucun problème n'a été relevé. Néanmoins, il ne serait pas étonnant que ce type d'engin soit mal vu par les municipalités, notamment parce qu'elles doivent faire face à diverses problématiques liées à une utilisation pour le loisir de plus en plus importante et moins encadrée.

Enfin, ces outils permettent d'embarquer différents capteurs d'images en fonction des problématiques. Les capteurs RVB produisent des photographies traditionnelles au format numérique.

Les capteurs infrarouges permettent de produire des cartographies d'indice de végétation comme le NDVI. Les capteurs multi-spectraux (non testés ici) permettent de produire des cartographies allant jusqu'à l'identification de l'espèce.

## 11.2. Des données permettant de qualifier l'impact des mouillages concluant

Les données recueillies ont permis après analyse de qualifier l'impact des mouillages sur l'habitat herbier de zostère naine à différentes échelles.

Cet impact est matérialisé très clairement par une zone de raguage en forme de cercle dont le rayon est égal à la longueur des lignes de mouillage (chaîne mère et chaîne secondaire) et à laquelle s'ajoute la longueur de l'embarcation.

Le raguage de ces surfaces dépend de l'orientation du vent et du courant dominant sur site provoquant un frottement plus important dans le lit du vent. Le raguage provoque une détérioration de l'herbier matérialisée par une baisse de la densité voire une mise à nu du substrat.

L'utilisation des images infra-rouges et de l'indice NDVI s'est révélée concluante pour analyser plus finement ces impacts. Dans notre échantillon, certaines zones d'impacts étaient mises à nu ou avec une densité d'herbier très peu dense à plus de 50%. D'autres zones d'impacts présentent des surfaces nues ou avec herbier très peu dense beaucoup plus faibles (en dessous de 20%). L'hypothèse explicative de ces différences est la fréquence d'utilisation du mouillage : plus un mouillage est utilisé de manière permanente, plus les zones mises à nu ou avec herbier très peu dense sont importantes.

L'utilisation du NDVI paraît a priori concluante pour comparer des situations à différentes périodes. Il est néanmoins important dans ce cas d'utiliser des capteurs identiques et des processus de traitement similaires. De même, les survols doivent être réalisés en conditions météorologiques (couvertures nuageuses) équivalentes et au même moment de la journée afin de limiter les biais liés à l'albédo.

Notons quand même que dans le cadre d'une étude à plus grande échelle souhaitant des résultats totalement fiables, des vérifications terrain devront être réalisées en parallèle des survols, notamment pour identifier la présence d'autres espèces végétales et algales ou encore pour mesurer la signature spectrale des différentes espèces à l'aide d'un spectromètre.

Ce test ne nous a pas permis d'identifier des impacts différents en fonction des types de mouillage (sur ancre, sur corps-mort, etc.) car les techniques de mouillage étaient identiques dans la zone d'étude. Néanmoins, à l'ouest de la zone sont présents des mouillages sur filières (amarrés à l'avant et à l'arrière des embarcations). Ce type de mouillage semble limiter le phénomène de pivotement (évitage de l'embarcation non-libre) des embarcations autour du point de mouillage au grès du vent et concentre sur des surfaces restreintes davantage de navires que sur des mouillages amarrés à partir d'un seul point. Même si nos tests ne se sont pas portés sur ces cas-là, il semblerait que les surfaces d'impacts des mouillages sur filières soient moins importantes que pour des mouillages classiques avec évitage libre.

### 11.3. Des analyses permettant d'alimenter la réflexion sur l'évaluation des pressions des mouillages sur les herbiers à l'échelle du Parc

Ces tests ont permis d'affiner nos réflexions sur le choix de la métrique proposé dans le cadre de l'indicateur de pression des mouillages sur les herbiers. Pour rappel, cet indicateur propose de calculer la somme des surfaces impactées par les mouillages de plaisance dans le Parc en s'appuyant sur le croisement de couches de répartition des mouillages et la cartographie des herbiers.

L'analyse des formes impactées à partir des images prises lors de ce test montre que les surfaces d'impact correspondent aux surfaces de ravalement des chaînes de mouillage et de l'embarcation.

La longueur des chaînes et des embarcations au mouillage dans les ZMEL étant recensée dans les demandes d'AOT, le calcul des surfaces impactées pourrait être réalisé à partir de ces données dans le cas où les zones de mouillage sont des ZMEL. Dans le cas où les mouillages sont sauvages, l'utilisation d'une moyenne de surface impactée par mouillage semble être la solution la plus appropriée.

### 11.4. Approche avantages-inconvénients dans le cadre d'une étude sur les pressions des mouillages sur les herbiers

Avantages	Inconvénients
Facilité d'utilisation	Nécessite des habilitations pour devenir télépilote mais de plus en plus de prestataires sur le marché
Coût d'utilisation	Zone d'observation limitée par survol
Produit sur étagère composé de tous les outils de préparation et de post traitement	Réglementation qui peut être contraignante pour certaines zones
Possibilité d'installer plusieurs types de capteurs en fonction des besoins (visible, infra-rouge, multi-spectral)	Impossibilité d'effectuer la mission en cas de pluie ou vent fort
Des indices de végétation faciles à utiliser et à interpréter	

## Bibliographie

Bargain, A., 2012. *Etude de la structure et de la dynamique des herbiers de Zostera noltei par télédétection multi et hyperspectrale*. Thèse de géographie. Université de Nantes. 251 p.

Froidefond, J.-M., Lafon, V. & De Montaudouin, X., 2014. Variations saisonniere et annuelle de l'indice ndvi en relation avec les herbiers de zosteres (zostera noltei) par images satellites SPOT : exemple du bassin d'Arcachon (France). *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 197, pp.52–62.

Lafon, V., Dehouck, A. & Curti, C., 2014. *Cartographie de l'herbier à Zostera noltei de l'île de Ré - masse d'eau FRGC53 par teledetection spatiale*. Rapport Final - GEO-Transfert/ADERA, 37p.

Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), pp.127–150. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034425779900130> [Consulté le: 17 February 2020].

## Table des illustrations

Figure 1 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 13 juin 2019 .....	24
Figure 2 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 11 septembre 2019 .....	25
Figure 3 : Localisation des zones d'impact des mouillages identifiées .....	27
Figure 4 : Schématisation de l'impact d'un mouillage sur l'herbier par photo-interprétation en zone intertidale .....	28
Figure 5 : représentation de l'indice NDVI par composition colorée des deux survols de drone réalisés dans le cadre du test .....	30
Figure 6 : Représentation des traitements du NDVI par composition colorée puis après le reclassement sur une zone d'impact .....	31
Figure 7 : Part des zones nues ou avec herbier très peu dense dans les zones d'impact des mouillages du test.....	32
Figure 8 : représentation des zones d'impact des mouillages en fonction de l'emprise des surfaces nues ou avec herbier très peu dense .....	33
Figure 9 : Localisation de la zone d'étude sous pression des mouillages et de la zone d'étude sans pression .....	34
Tableau 1 : La sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis relative à la réduction des pressions des activités de loisirs sur les herbiers de zostères .....	6
Tableau 2 : Détails des données recueillies pendant les deux campagnes.....	23
Tableau 3: Surfaces des zones d'impact.....	27
Tableau 4 : Tableau de comparaison des valeurs de substrat nu ou très peu végétalisé.....	35
Tableau 5 : Résumé statistique des valeurs du NDVI dans les deux zones .....	35
Photo 1 : Zone d'étude du test au nord de la commune de Rivedoux-Plage.....	19
Photo 2 : Zone de mouillage au nord de la commune de Rivedoux-Plage sur l'Île de Ré le 9 juillet 2018 .....	20



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°3 : Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour évaluer la pression de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine

*Version finale – le 8 mai 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



**Remerciements :**

L'auteur tient à remercier Pierre-Guy Sauriau, Fabien Aubert, Natacha Volto, Claire Sanchez et Luc Vacher du laboratoire LIENSs CNRS – La Rochelle Université pour les nombreux échanges concernant l'analyse des images. L'auteur tient également à remercier Nicolas Lachaussée (télépilote de la plateforme Drones aériens, marin et télédétection de l'UMR LIENSs) pour sa disponibilité et la réalisation des phases de terrain.

**Pour citer ce document :**

Guyonnard V., 2020, *Compte-rendu des campagnes d'images aériennes par drone pour évaluer la pression de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine. Fiche test VALOBS n°3*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 24 p.

## Sommaire

Sommaire .....	42
1. Contexte et objectifs du test .....	43
1.1. Les pressions de la pêche à pied de loisir sur les herbiers de zostère naine sont un enjeu du Parc naturel marin .....	43
1.2. Objectif du test : .....	43
1.3. Contexte.....	44
1.4. Acteurs associés .....	44
2. Déroulement de la phase de terrain.....	45
2.1. Choix des sites d'étude .....	45
2.2. Prise en compte du cadre réglementaire .....	48
2.3. Matériel utilisé .....	48
2.4. Acquisitions .....	49
2.4.1. Conditions du test .....	49
2.4.2. Phase de terrain .....	50
2.4.3. Données recueillies .....	51
3. Traitement des données.....	54
3.1. Les images du site d'Oulme non adaptées aux expérimentations sur la cartographie du piétinement.....	54
3.2. Test de classification de l'identification du piétinement sur les images prises par drone ..	55
3.3. Qualification de l'impact de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine par la comparaison des valeurs du NDVI dans des zones soumises à des pressions différentes.....	58
4. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	58
5. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire .....	59
6. Conclusion .....	59
6.1. Un outil opérationnel.....	59
6.2. Une difficulté à détecter les surfaces piétinées de manière automatique .....	60
6.3. Des analyses permettant d'alimenter la réflexion sur l'évaluation des pressions des mouillages sur les herbiers à l'échelle du Parc .....	60
6.4. Approche avantages-inconvénients dans le cadre d'une étude sur les pressions de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine .....	61
Bibliographie .....	62
Table des illustrations .....	62

## 1. Contexte et objectifs du test

Ces expérimentations sont à rapprocher des autres tests effectués par drone dans le cadre du programme VALOBS en 2019 pour cartographier des sites de mouillage en pleine eau et pour mesurer la pression des mouillages sur les herbiers de zostère naine.

### 1.1. Les pressions de la pêche à pied de loisir sur les herbiers de zostère naine sont un enjeu du Parc naturel marin

Ces travaux sont justifiés par l'identification de l'enjeu des pressions et des impacts de la pêche à pied de loisir sur les herbiers de zostère naine qui a été traduit dans le plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis par la sous-finalité 47.2 « des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères » (Tableau 1). Dans cette sous-finalité, un niveau d'exigence vise « une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères ».

Ces expérimentations visent donc à améliorer les connaissances sur ces problématiques en termes de mesure des impacts et de suivis des pressions.

Tableau 7 : La sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis relative à la réduction des pressions des activités de loisirs sur les herbiers de zostères

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères	→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères → Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied

### 1.2. Objectif du test :

L'objectif de ce test est de recueillir, à l'échelle d'un site de pêche à pied, des images aériennes prises par drone pour étudier l'impact de l'activité de pêche sur les herbiers.

Plus précisément, ces observations visent d'abord à alimenter une réflexion sur la construction d'un indicateur de pression de la pêche à pied sur des herbiers de zostère naine à l'échelle du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.

L'indicateur proposé dans le cadre du programme VALOBS s'appuie sur trois métriques :

- la fréquentation des sites
- le taux de pêcheurs utilisant des outils de grattage du sédiment
- le taux de piétinement d'un site de pêche à pied sur herbier permettant de répondre au besoin de suivi du niveau d'exigence exprimé dans le plan de gestion.

Ce test vise à explorer les méthodes de traitement d'images prises par drone afin de développer une méthode permettant d'évaluer le taux de piétinement d'un site.

Ces observations ont également pour objectif plus large de tester l'utilisation de l'outil drone dans une approche sur l'étude des pressions d'une activité sur un habitat intertidal dans un contexte de Parc naturel marin. Cette approche novatrice doit permettre d'aborder le potentiel de cet outil comme ses limites à la fois au niveau opérationnel (avantages et contraintes d'utilisation) mais également en rapport avec le potentiel des données recueillies dans une étude des pressions des activités de mouillage sur les herbiers de zostère naine.

Ainsi, les questions auxquelles ce test doit contribuer à répondre sont :

- Comment mesurer la surface d'herbiers piétinée par les pêcheurs à pied ?
- Quelles méthodes d'analyse des images et quelles données peut-on utiliser pour qualifier et cartographier les impacts (images visibles, NIR<sup>13</sup>, multi-spectrales). Quel indice peut-on utiliser ?
- Quelles sont les contraintes de l'utilisation de ce type d'outil ? (Préparation de la mission, hauteur de vol, post-traitement, réglementation, acceptation, météo, etc.)
- Dans quelles mesures l'outil drone est-il pertinent pour l'étude et le suivi des impacts de la pêche à pied sur les herbiers intertidaux dans un Parc naturel marin ?

### 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

Plus largement, ces expérimentations s'inscrivent aussi dans le contexte où l'outil drone est de plus en plus utilisé dans les milieux scientifiques et chez les gestionnaires de la nature. Cette démocratisation du drone est à mettre également en parallèle avec l'amélioration de la qualité des capteurs d'images à moindre prix et l'augmentation des puissances de calcul des ordinateurs grand public permettant de traiter facilement ces informations.

### 1.4. Acteurs associés

---

<sup>13</sup> NIR : *Near Infra Red* (Proche Infra Rouge)

Cette expérimentation a été réalisée par la plateforme Drones aériens, marin et télédétection de l'UMR LIENSs<sup>14</sup>. Les acquisitions terrains ont été réalisées par Nicolas Lachaussée (télépilote) et par Valentin Guyonnard (Chargé d'étude du programme VALOBS). Les traitements cartographiques ont été réalisés par Natacha Volto (ingénieure d'étude), Claire Sanchez (assistante ingénieure) et Valentin Guyonnard. L'analyse des images a été réalisée par Valentin Guyonnard avec l'aide de Pierre-Guy Sauriau, Fabien Aubert et Luc Vacher.

## 2. Déroulement de la phase de terrain

Les tests ont consisté en deux survols en juillet et en octobre et se sont déroulés sur deux sites distincts sur l'île d'Oléron.

### 2.1. Choix des sites d'étude

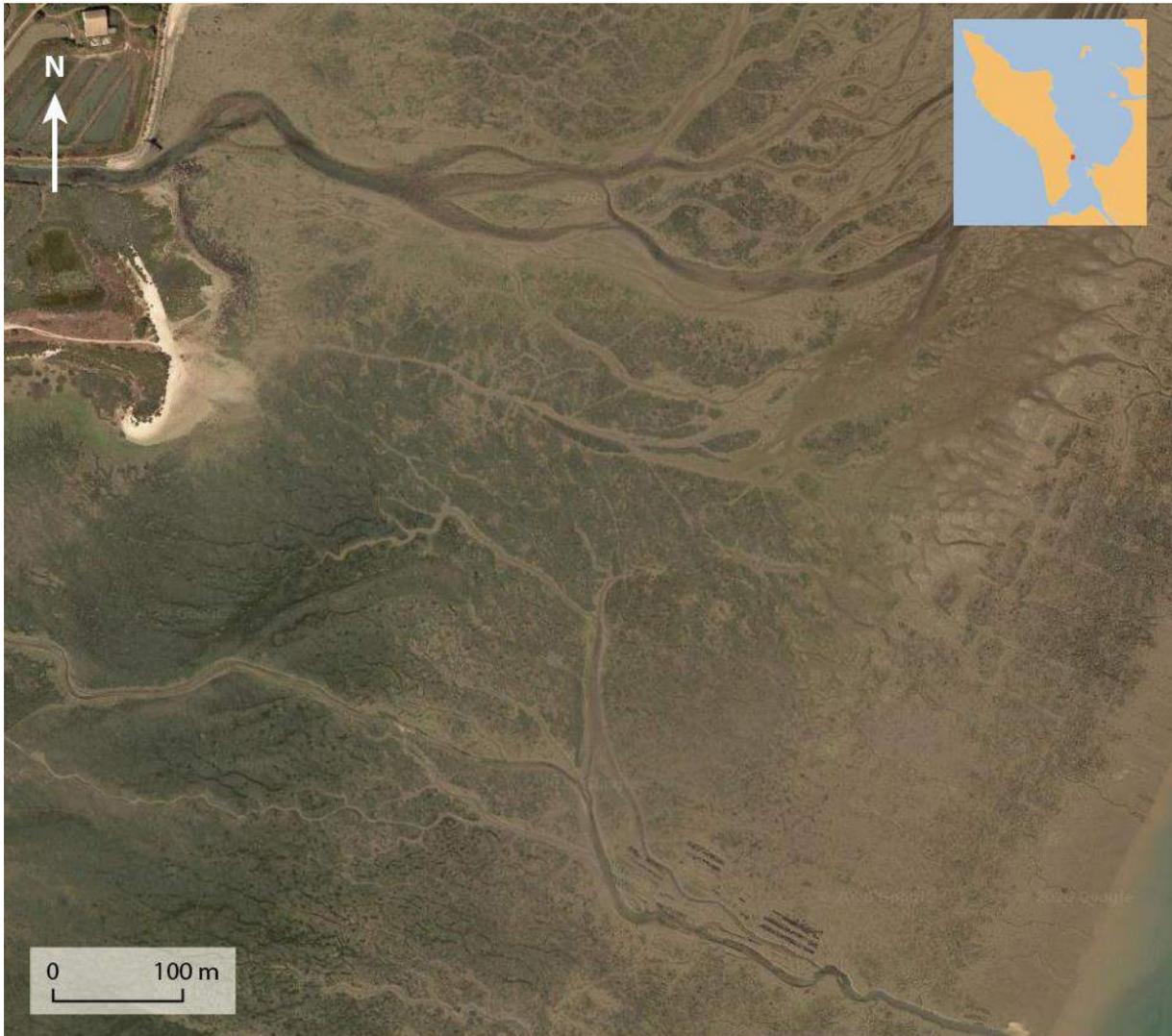
Le premier site d'étude est le site à la hauteur de la pointe d'Oulme sur la commune du Château-d'Oléron (Figure 13). Ce site, bien que reconnu pour la pêche à pied sur l'Île d'Oléron est un site avec une fréquentation faible à moyenne. Par ailleurs, ce site est recouvert fortement par de l'herbier de zostère naine. Lors de la phase de terrain, nous avons remarqué qu'il était également fortement recouvert d'algues vertes (ulve) et d'algues rouges (genre *Gracilaria*) (Photo 4).

*Photo 5 : Zone de pêche à pied au niveau de la pointe d'Oulme au Château d'Oléron le 8 juillet 2019. (Auteur : Valentin Guyonnard, 2019)*



<sup>14</sup> <https://lienss.univ-larochelle.fr/Plateforme-drones-aeriens-marins-et-teledetection>

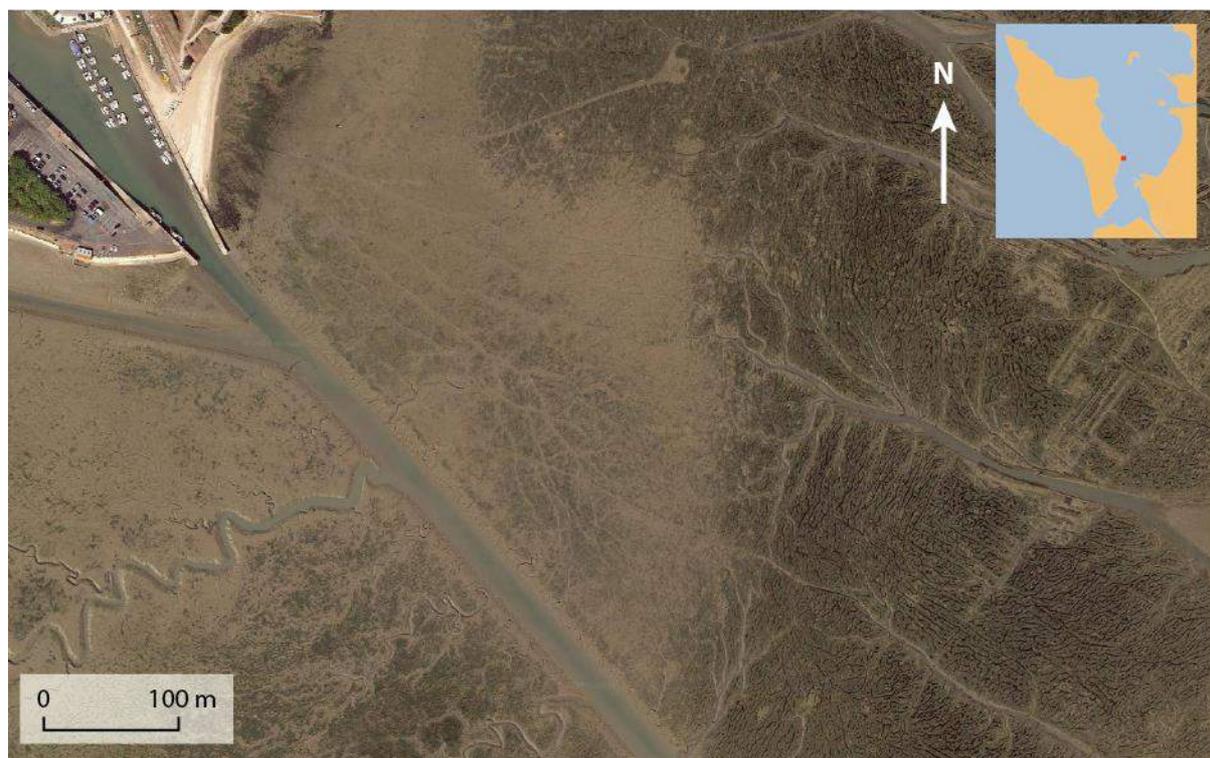
Figure 13 : Image aérienne de la vasière de la pointe d'Oulme où a eu lieu le premier survol



Source : fond : Google.cn Satellites.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Le second site d'étude se situe sous la citadelle du Château d'Oléron (Figure 14) à l'extrémité sud de la Réserve naturelle nationale de Moëze-Oléron et au nord du chenal d'accès au port du Château. Ce site est, contrairement à l'autre site, très fréquenté par les pêcheurs à pied. C'est donc un site fortement modifié par les usagers (piétinement, grattage du sédiment, Photo 6). Par ailleurs, ce site comprend une station de suivi du réseau de contrôle de surveillance DCE de la masse d'eau côtière « FRFC02 – Pertuis charentais » pour les herbiers de zostère naine. Ces suivis qualifient l'herbier sur ce site de très peu dense (Aubert et al. 2019).

Figure 14 : Image aérienne du site d'étude au Château d'Oléron



Source : fond : Google.cn Satellites.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Photo 6 : Des pêcheurs à pied sur le site du Château le 14 septembre 2018 (Auteur : Valentin Guyonnard, 2018)



## 2.2. Prise en compte du cadre réglementaire

L'utilisation d'un drone dans le cadre professionnel relève de la réglementation relative à l'aviation civile intitulée « activités particulières ». L'ensemble des détails du cadre réglementaire est disponible sur le site du Ministère de la Transition écologique et solidaire<sup>15</sup>. Les principales obligations de ce règlement sont :

- que le télépilote détienne un certificat d'aptitude théorique de pilote d'aéronef habité.
- que certaines zones dites « sensibles » soient interdites de vol ou soumises à autorisation préalable auprès de la préfecture.
- que la prise de vues aériennes soit réalisée en respectant la vie privée ;
- que la hauteur de vol ne dépasse pas 150 mètres.
- qu'un périmètre de sécurité correspondant à une aire de décollage et d'atterrissage soit délimité au sol évitant à des tiers d'y pénétrer.

Dans le cadre de ce test, la zone survolée étant située « hors zone peuplée » aucune autorisation préfectorale n'était nécessaire. Par contre, le vol ayant été réalisé dans le cadre du scénario S2 permettant de voler au-dessus de 50 mètres, une déclaration auprès des services de l'armée a été effectuée.

Par ailleurs, la mairie de la commune où les survols ont eu lieu a été prévenue 24 à 48h avant les survols par mail.

## 2.3. Matériel utilisé

Deux types de drones ont été utilisés.

Sur le premier site – **le site d'Oulme**, le drone utilisé est un aéronef de modèle eBee produit par la société SenseFly. Il est de type aile volante et mesure 700g pour une envergure de 96 cm. Son autonomie, donnée par le constructeur, est de 45 minutes et il peut voler dans des conditions maximales de vent de 45 km/h (12m/s). Ce type de drone est généralement préconisé pour couvrir de grandes surfaces. Deux types de capteurs ont été utilisés. Le premier est un appareil photo RVB<sup>16</sup> de type Canon Powershot Elph 110 HS d'une résolution de 16 millions de pixels permettant d'obtenir une résolution de 4,6 cm/pixel à 150 m de haut. Le second est un capteur infra-rouge de type Canon S110 NIR captant les bandes verte, rouge et proche infrarouge.

---

<sup>15</sup> Ministère de la Transition écologique et solidaire, Drone – Usages professionnels [en ligne] Disponible sur : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/drones-usages-professionnels#e0> (consulté le 11 février).

<sup>16</sup> Le RVB pour « Rouge, Vert, Bleu » correspond à la représentation des nuances par la synthèse additive de ces trois couleurs. Un appareil photo RVB est donc un appareil photo numérique classique.

Le logiciel eMotion<sup>17</sup> est utilisé pour préparer le plan de vol, le charger dans l'appareil et gérer l'aéronef pendant l'acquisition. Ce logiciel est installé sur un ordinateur portable qui est connecté au drone via un système d'émetteur/récepteur radio.

Sur le second survol sur **le site de la citadelle**, le drone utilisé est un Phantom 4 pro V2<sup>18</sup> de la marque DJI. Il est de type multi-rotor et pèse environ 1,3 kg. Son autonomie, donnée par le constructeur, est de 28 minutes et il peut voler dans des conditions de vent plus fort (plus de 70 km/h selon le constructeur. Il était équipé de deux capteurs. Le premier est le capteur intégré au drone d'une résolution de 20 millions de pixels. Le second est un capteur de type Sequoia<sup>19</sup>. C'est un capteur multispectral (Vert, Rouge, Red Edge et proche infrarouge). Il dispose également d'un capteur RVB de 16 millions de pixels.

Le logiciel GS PRO<sup>20</sup> a été utilisé pour préparer le plan de vol, le charger dans l'appareil et gérer l'aéronef pendant l'acquisition. Ce logiciel (Figure 15) est installé sur une tablette connectée au drone via un système d'émetteur/récepteur radio.

## 2.4. Acquisitions

Les campagnes ont été réalisées le 8 juillet sur le site d'Oulme et le 25 octobre sur le site du Château d'Oléron.

### 2.4.1. Conditions du test

Le 8 juillet sur le site d'Oulme :

Conditions météo : Beau temps ; vent moyen à fort (17 à 20 nds) direction NE ; température : 25°C

Marée : Marée descendante au moment du test (basse à 15h59 coef 72)

Le 25 octobre sur le site de la citadelle :

Conditions météo : Nuageux ; vent moyen (13 à 15 nds) direction SSO ; température : 17°C

Marée : Marée basse, début du montant au moment du test (basse à 8h54 coef 80)

---

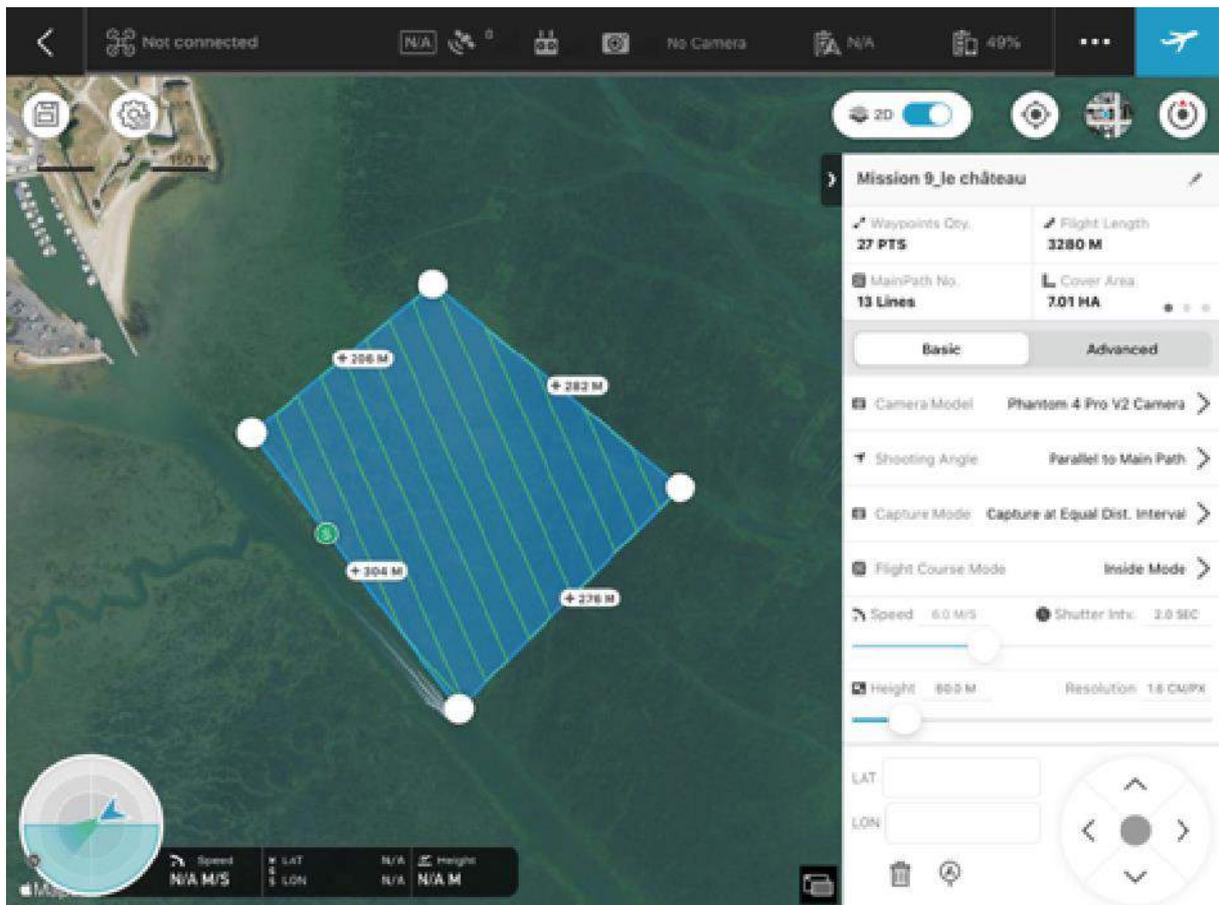
<sup>17</sup> eMotion [en ligne] disponible sur : <https://www.sensefly.com/software/emotion/> (consulté le 24 février 2020)

<sup>18</sup> Phantom 4 Pro [en ligne] Disponible sur : <https://www.dji.com/fr/phantom-4-pro/info#specs> (Consulté le 18 février).

<sup>19</sup> Parrot SEQUOIA+ [en ligne] disponible sur : <https://www.parrot.com/solutions-business/parrot-professional/parrot-sequoia> (consulté le 18 février 2020).

<sup>20</sup> DJI GS PRO [en ligne] Disponible sur : <https://www.dji.com/fr/ground-station-pro> (consulté le 24 février 2020)

Figure 15 : Capture d'écran du logiciel GS PRO



### 2.4.2. Phase de terrain

Sur le site d'Oulme, le drone a été programmé pour survoler la zone à 130 mètres d'altitude permettant une résolution au sol de 4cm/pixel. Les vols ont duré environ 10 minutes.

Sur le site de la citadelle, le drone a été programmé pour survoler la zone à 60 mètres d'altitude permettant une résolution au sol de 1,6 cm/pixel.

Sur les deux survols, 5 cibles ont été disposées aux extrémités de la zone survolée puis pointées au GPS différentiel de type Hiper Topcon (précision centimétrique) afin de pouvoir recalibrer la mosaïque d'images qui sera créée dans la phase de post-traitement dans un repère géographique. Cette tâche suppose qu'un opérateur humain parcourt la zone pour aller placer les cibles et les relever aux GPS avant le vol, puis les retire une fois le vol effectué.

Un GPS de type Garmin GPSMAP a été utilisé pour accéder à la position des cibles. Néanmoins, sur la campagne du 25 octobre, ce GPS n'était pas opérationnel à cause de problèmes de batterie.

Des talkies-walkies ont été utilisés pour que le télépilote et l'assistant plaçant les cibles puissent communiquer et se coordonner.

Au total, la phase de terrain (hors temps de transport) a duré environ 1h30.

### 2.4.3. Données recueillies

Sur le premier site – le site d'Oulme, deux vols ont été réalisés permettant de recueillir des images de type « RGB » (photographies couleurs classiques) et des images du proche infra-rouge (NIR pour Near Infra-Red) générant un poids total de données d'environ 1,9 Go.

Tableau 8 : Détails des données recueillies sur le site d'Oulme

Date	Images RGB	Images NIR
8 juillet Surface au sol des prises de vue 0,390 km <sup>2</sup>	85 photos format jpeg (384 Mo)	91 images format jpeg + 01 images format CR2 (1,5 Go)

Les images recueillies ont été assemblées à l'aide du logiciel Pix4D afin de créer des orthomosaiques (Figure 4 et Figure 5). Ces orthomosaiques ont été géoréférencées également sous le logiciel Pix4D<sup>21</sup>.

Sur le second site au niveau de la citadelle, un seul survol a été pris en compte. Sur les images prises à partir du capteur multispectral, on repère plusieurs artefacts sur l'image sous forme de bandes (Figure 18). Ces artefacts rendent l'utilisation des images multispectrales impossible. Par ailleurs les valeurs de radiométrie de chaque bande n'ont pas pu être calculées. Seul l'indice du NDVI a pu être corrigé et utilisé.

Tableau 9 : Détails des données recueillies sur le site de la citadelle

Date	Images RGB (capteur interne)	Images RGB + multispectrales (capteur Sequoia)
8 juillet Surface au sol des prises de vue 0,390 km <sup>2</sup>	444 photos format jpeg (4 Go)	753 images format jpeg (RGB et TIF (GRE, NIR, RED, REG)(1,5 Go)

<sup>21</sup> Pix4D [en ligne] Disponible sur : <https://www.pix4d.com/> (consulté le 11 février)

Figure 16 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 8 juillet sur le site d'Oulme

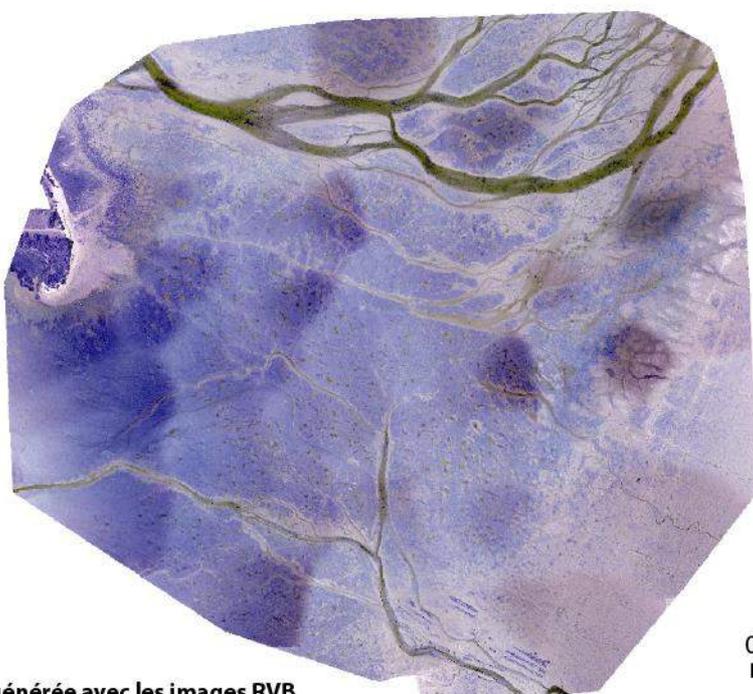
## Site d'Oulme - le 8 juillet 2019



0 100 m

Orthomosaïque générée avec les images RVB

Auteur : Natacha Volto, UMR LIENSs, 2019



0 100 m

Orthomosaïque générée avec les images RVB

Auteur : Natacha Volto, UMR LIENSs, 2019

Figure 17 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 25 octobre 2019

## Site de la citadelle - le 25 octobre 2019

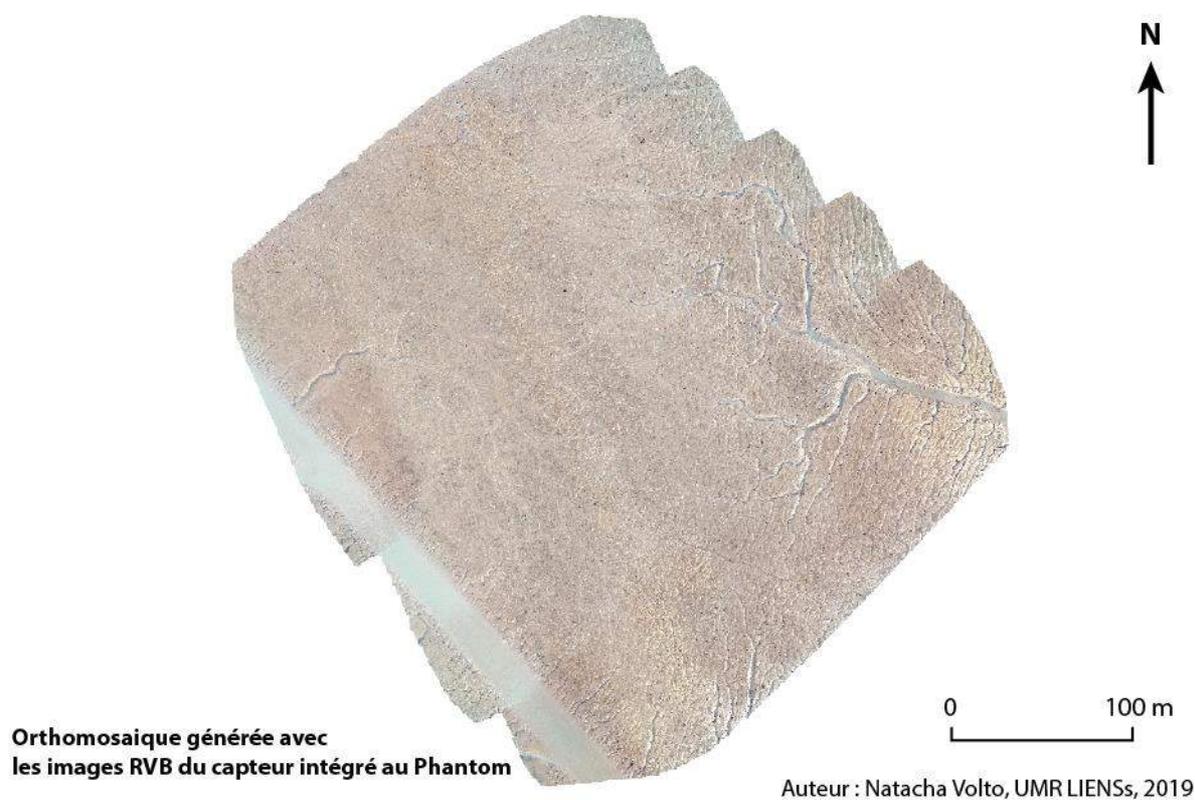
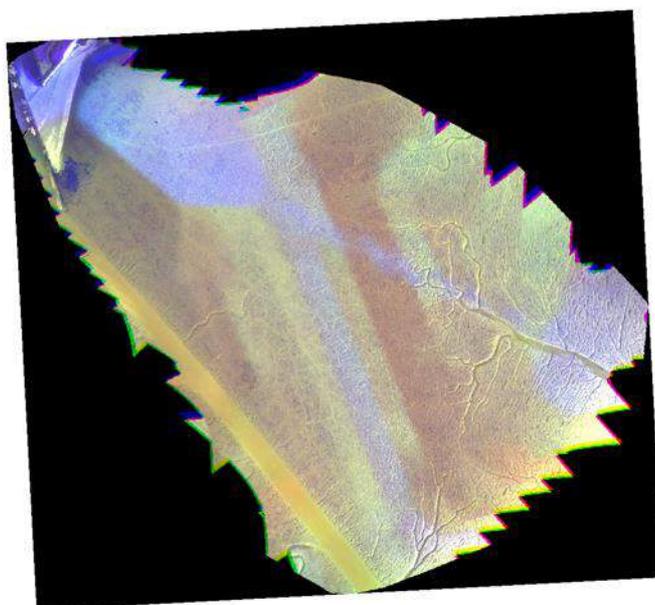


Figure 18 : Composition des 4 bandes spectrales acquises à partir du capteur Sequoia présentant des artéfacts



### 3. Traitement des données

Des traitements ont été réalisés sur ces images avec pour premier objectif de cartographier le piétinement des herbiers par les pêcheurs à pied.

#### 3.1. Les images du site d'Oulme non adaptées aux expérimentations sur la cartographie du piétinement

L'identification sur les images recueillies des traces de pas ou des zones piétinées s'est révélée impossible sur les données du site d'Oulme (le 8 juillet) et cela pour plusieurs raisons :

- La résolution des images n'était pas suffisante pour qu'un opérateur humain identifie avec certitude les traces de pas sur les images pour ensuite tenter de faire une classification automatique (Photo 7). Ce vol ayant été réalisé à 130 mètres de haut, la résolution au sol de 4,37 cm du pixel n'est donc pas suffisante dans le cadre de ces expérimentations.
- à très fort zoom, les images paraissaient floutées, peut-être dû au fait qu'il y avait du vent assez fort le jour du survol
- La forte présence d'algues vertes et rouges sur la zone au moment du survol a tendance à perturber la photo-interprétation et l'analyse à partir d'indices de végétation de type NDVI.

*Photo 7 : Zoom sur l'orthomosaïque du site d'Oulme*



Il en résulte que les images prises durant cette campagne n'ont pas permis de tester des traitements plus spécifiques. C'est pour cela que le choix a été fait de réaliser un second survol avec une plus grande résolution sur un site que nous savions fortement piétiné par la pêche à pied.

Sur le second site, le site de la citadelle, le vol a été effectué à plus basse altitude (60 mètres) pour une résolution de 1,7 cm pour l'image RVB et 0,6 cm pour le multispectral. L'orthomosaïque créée à partir du capteur RVB est de bonne qualité et permet d'identifier facilement à l'œil nu les zones (Photo 8).

La date du survol étant tardive par rapport à la période où l'herbier est le plus développé, la densité de l'herbier était faible.

Photo 8 : Zoom d'une photographie RVB prise lors du survol le 25 octobre 2019

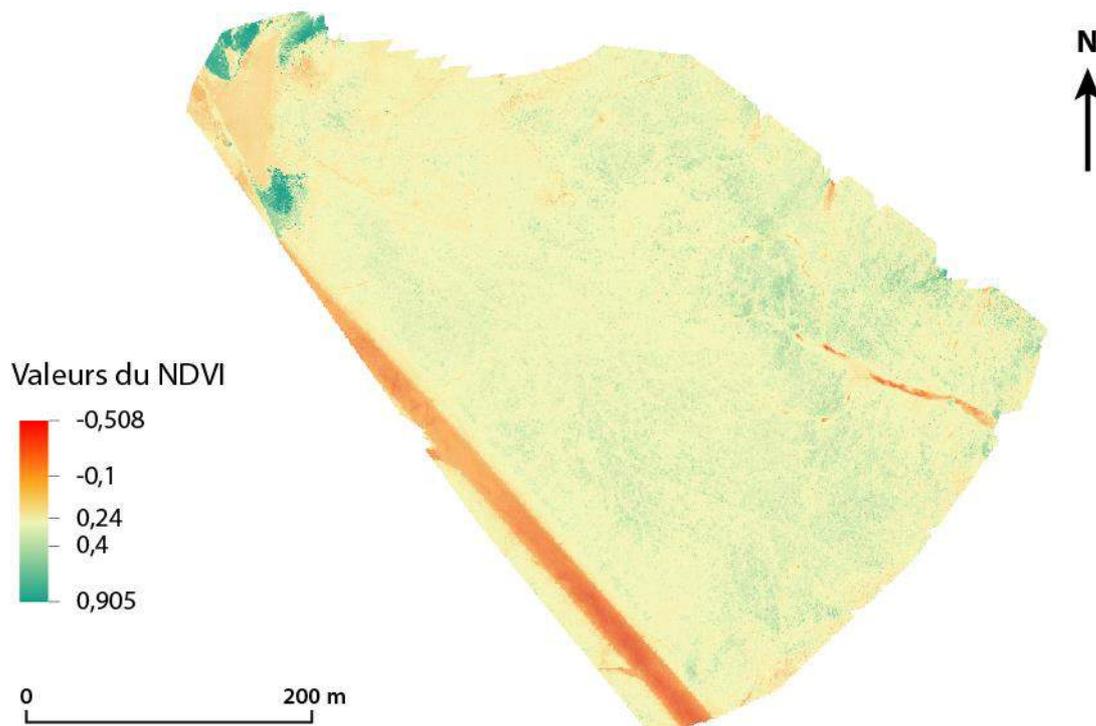


### 3.2. Test de classification de l'identification du piétinement sur les images prises par drone

Plusieurs méthodes de classification des images recueillies le 25 octobre 2019 ont été testées à la fois sur les images RVB et sur l'orthomosaïque du NDVI. Les résultats ont été dans l'ensemble peu concluants pour cartographier les zones piétinées. En effet, ces dernières ont des réflectances proches des zones humides ou des zones sans piétinements.

La classification ayant produit les résultats les plus intéressants, a été réalisée à partir de la carte du NDVI (Figure 19). Le NDVI est l'indice de végétation par différence normalisée NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Cet indice parfois appelé indice de Tucker (Tucker, 1979) est calculé à partir du comportement spectral de la végétation dans les canaux du rouge et du proche infrarouge. Les valeurs de cet indice sont comprises entre -1 et 1. Les valeurs négatives correspondent aux surfaces autres que la végétation comme l'eau ou les surfaces humides, la neige ou encore les nuages. Pour les formations végétales, le NDVI est compris généralement entre 0,1 et 0,7, les valeurs les plus élevées correspondant aux couvertures végétales les plus denses. Cet indice est sensible à plusieurs facteurs qui peuvent limiter son interprétation. C'est notamment le cas de la présence de l'atmosphère qui peut modifier les valeurs de la réflectance ou encore des nuages. Néanmoins, contrairement aux images satellites soumises à ces limites, les images prises par drone à faible altitude sont peu limitées par ces contraintes.

Figure 19 : Orthomosaïque des valeurs du NDVI sur le site du Château d'Oléron le 25 octobre 2019



Source : Orthomosaïque : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

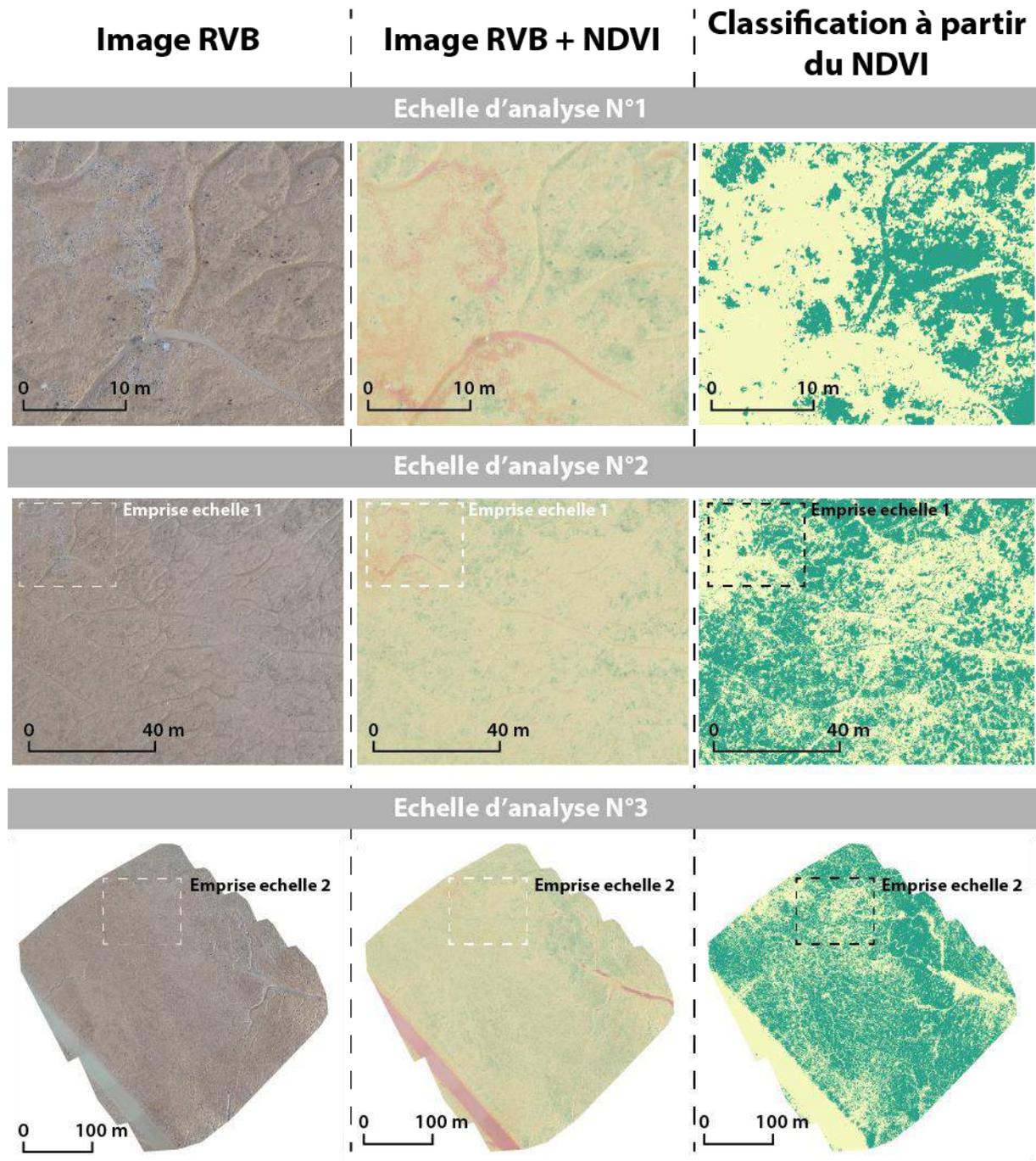
L'analyse de la représentation du NDVI par photo-interprétation a permis d'identifier des valeurs seuils permettant de distinguer les zones piétinées des zones avec de la végétation. A partir du pointage de plusieurs zones, les seuils du NDVI qui ont été identifiés sont :

- Pour les zones avec présence d'herbier : supérieur à 0,24
- Pour les zones piétinées : entre 0,04 et 0,24

La classification a été réalisée sous le logiciel ArcMap 10.6 avec l'outil « Reclassification » de *Spatial Analyst*. Dans l'ensemble, les résultats ne sont pas totalement concluants. En effet, si à première vue, la distinction entre zones piétinées et zones non piétinées peut paraître correcte, ce n'est pas le cas lorsqu'on regarde en détails. Sur la Figure 20 au niveau de l'échelle d'analyse la plus fine, on distingue correctement les traces les plus fraîches avec un indice NDVI proche de 0 et une représentation colorée qui tend vers le rouge. Ces traces fraîches possèdent une valeur d'indice NDVI proche des surfaces recouvertes d'eau. A l'opposé, les zones d'herbiers, bien que peu denses ressortent aussi correctement vers le vert et des valeurs du NDVI supérieures à 0,3.

La classification des indices NDVI montre plusieurs incohérences et ne paraît pas satisfaisante. Le long des chenaux par exemple, les zones ressortent comme des zones non-piétinées alors qu'elles sont soumises à de forts piétinements.

Figure 20 : Différentes échelles de représentation de la zone survolée par images RVB, NDVI et classification



Source : Orthomosaique : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
 Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Par ailleurs, si à une échelle très fine, les erreurs de classification peuvent paraître limitées, lorsqu'on observe en détails d'autres zones sur l'estran, on se rend compte que la distinction zones piétinées, zones non piétinées n'est pas correcte.

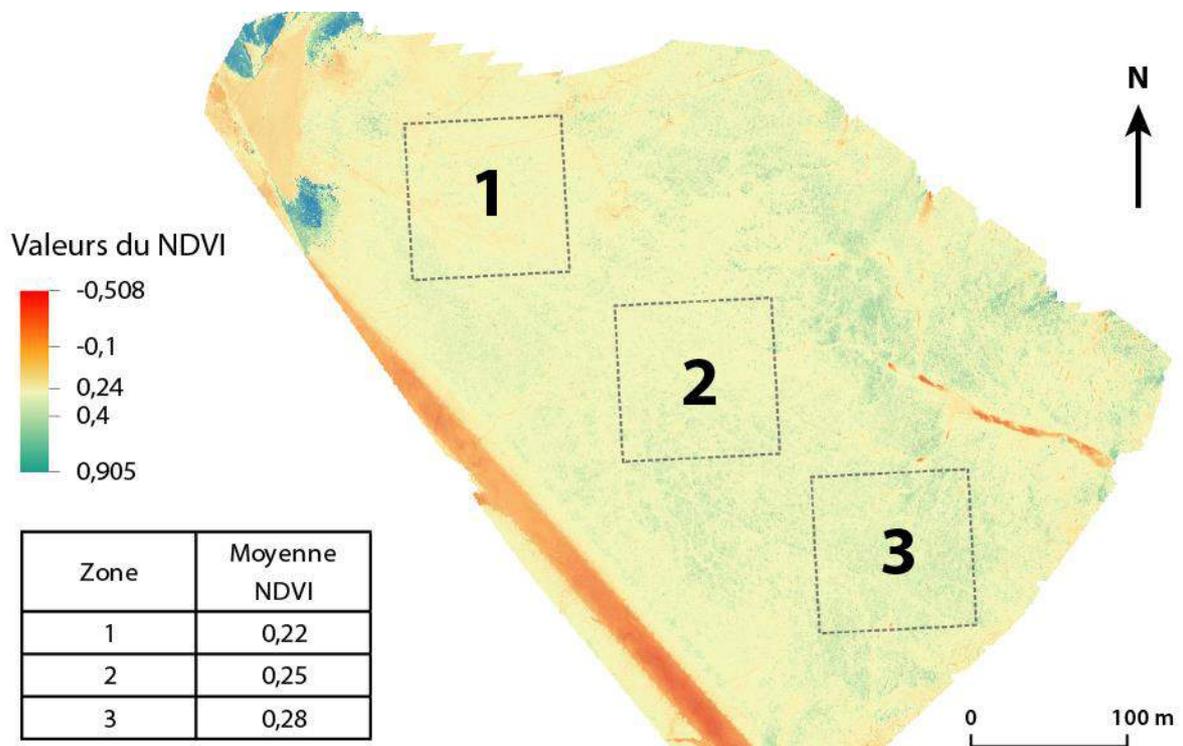
### 3.3. Qualification de l'impact de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine par la comparaison des valeurs du NDVI dans des zones soumises à des pressions différentes

Si l'identification des zones piétinées paraît à ce stade difficile, il est possible d'évaluer à partir du NDVI la densité moyenne de l'herbier.

Pour cela, nous partons de l'hypothèse que plus une zone est piétinée, plus la valeur moyenne du NDVI va être faible. Nous avons donc calculé dans 3 zones d'un hectare chacune, réparties du haut vers le bas de l'estran, les valeurs moyennes du NDVI en partant de l'hypothèse que les zones situées les plus proches en haut d'estran étaient fréquentées donc plus piétinées (Figure 21).

Les résultats confirment que la valeur du NDVI des zones utilisées accroît à mesure que l'on se rapproche du bas de l'estran avec des écarts de 0,6 points entre la zone la plus en haut et la zone du bas.

Figure 21 : localisation des zones dans lesquelles les valeurs moyennes du NDVI ont été calculées



Source : Orthomosaique : Plateforme drone UMR 7266 LIENSs (Natacha Volto).  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 4. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

- La mission de terrain comprenant la préparation de la mission, les survols et la création des orthomosaïques a fait l'objet d'une mise à disposition des moyens humains et financiers de la plateforme drone de l'UMR LIENSs de la Rochelle. Les coûts de cette prestation se sont élevés à 630 €.
- La préparation des deux missions a mobilisé un télépilote pendant une demi-journée ;
- la phase de terrain a mobilisé un télépilote (Nicolas Lachaussée) et un assistant (Valentin Guyonnard) pendant une demi-journée ;
- la phase de post-traitement (création d'orthomosaïques) a mobilisé une ingénieure (Natacha Volto) pendant une demi-journée ;
- la phase d'analyse a mobilisé un ingénieur de recherche (Valentin Guyonnard) et une assistante ingénieure pendant 3 à 5 jours.

## 5. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire

Des devis ont été demandés pour réaliser ce type de prestation à la plateforme drone du laboratoire LIENSs et s'élèvent à environ 2000 euros par survol et comprennent également la livraison des orthomosaïques géoréférencées.

## 6. Conclusion

Ce test a montré que le drone est aujourd'hui un produit « sur étagère » permettant de recueillir des données facilement sur les surfaces d'herbiers. Les tests de traitement de ces images pour qualifier l'impact de la pêche sur l'habitat se sont révélés moyennement satisfaisants

### 6.1. Un outil opérationnel

Le drone est aujourd'hui un outil qui apparaît comme très opérationnel pour étudier et suivre les problématiques sur les habitats intertidaux dans les parcs naturels marins. Bien qu'il nécessite des habilitations pour l'utiliser dans le cadre professionnel, son utilisation est aujourd'hui facilitée par des appareils et des outils de préparation et de traitement des données de plus en plus performants

Néanmoins, l'échelle d'observation de ces engins reste relativement faible par rapport à d'autres systèmes aériens comme l'avion, l'ULM ou l'hélicoptère. L'engin utilisé dans le cadre de ce test permet de réaliser des campagnes d'études à l'échelle de site d'environ 0,5 km<sup>2</sup> si l'on souhaite une résolution similaire (ici de l'ordre de 4 cm). Une résolution supérieure permettrait peut-être une meilleure détection des zones piétinées mais restreindrait la surface observée. Pour des surfaces plus importantes, soit il faut un engin avec davantage d'autonomie, soit il faut multiplier les vols.

Du point de vue réglementaire, bien que la zone survolée dans le cadre de ce test n'ait pas nécessité d'autorisation particulière, dans certaines zones proches des agglomérations, proches d'un aéroport ou d'un aérodrome ou encore au-dessus d'une réserve naturelle, des autorisations spécifiques sont nécessaires.

Enfin, ces outils permettent d'embarquer différents capteurs d'images en fonction des problématiques. Les capteurs RVB produisent des photographies traditionnelles au format numérique. Les capteurs infrarouges permettent de produire des cartographies d'indice de végétation comme le NDVI. Les capteurs multispectraux permettent de produire des cartographies allant jusqu'à l'identification de l'espèce. Néanmoins, des problèmes de calibration des bandes spectrales ne nous ont pas permis dans le cadre de ce test de mobiliser les données recueillies.

## **6.2. Une difficulté à détecter les surfaces piétinées de manière automatique**

Les zones de piétinements sont clairement visibles sur les photographies RVB à très haute résolution. Néanmoins, les tests de classification des images n'ont pas été satisfaisants. En effet, avec les méthodes testées ici, les piétinements se confondent avec des zones en eaux. Par ailleurs, les piétinements sur des zones d'herbiers ne sont pas correctement identifiés.

Néanmoins, l'utilisation de l'indice du NDVI permet d'évaluer un impact de l'activité de pêche à pied sur un site en herbiers de zostère naine. Cet indice qui utilise les canaux Rouge et Infrarouge permet d'évaluer la densité de la végétation. Sur une même image, nous avons pu comparer les valeurs du NDVI sur des zones de 100 m<sup>2</sup> à différents endroits du site et nous avons remarqué que les zones en haut de l'estran les plus fréquentées possédaient des valeurs du NDVI inférieures à celles situées en bas de l'estran dans des zones moins accessibles.

L'utilisation du capteur multispectral devrait en théorie permettre d'avoir de meilleurs résultats sur la détection des zones de piétinement puisqu'il devrait permettre de qualifier plus précisément les différents types d'occupations du sol. Malheureusement, les problèmes techniques déjà exposés ne nous ont pas permis d'explorer cette voie.

## **6.3. Des analyses permettant d'alimenter la réflexion sur l'évaluation des pressions des mouillages sur les herbiers à l'échelle du Parc**

Ces tests ont permis d'affiner nos réflexions sur le choix de la métrique proposé dans le cadre de l'indicateur de pression de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine. Il semble qu'une métrique permettant de suivre les zones piétinées sur un site n'est en l'état pas opérationnelle. Néanmoins, le suivi de la densité de l'herbier à partir d'images NDVI paraît envisageable.

#### 6.4. Approche avantages-inconvénients dans le cadre d'une étude sur les pressions de la pêche à pied sur les herbiers de zostère naine

Avantages	Inconvénients
Facilité d'utilisation	Nécessite des habilitations pour devenir télépilote mais de plus en plus de prestataires sur le marché
Coût d'utilisation	Zone d'observation limitée par survol
Produit sur étagère composée de tous les outils de préparation et de post-traitement	Réglementation qui peut être contraignante pour certaines zones
Possibilité d'installer plusieurs types de capteurs en fonction des besoins (visible, infra-rouge, multispectral)	Impossibilité d'effectuer la mission en cas de pluie ou vent fort
Des indices de végétation faciles à utiliser et à interpréter	

## Bibliographie

Aubert, F., Sauriau, P.-G. & Guenneteau, S., 2019. Contrôle de surveillance DCE 2018 de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final. Cohabys, CNRS, Agence de L'eau Adour-Garonne, IFREMER, 56 p.

Bargain, A., 2012. *Etude de la structure et de la dynamique des herbiers de Zostera noltei par télédétection multi et hyperspectrale*. Thèse de géographie. Université de Nantes. 251 p.

Froidefond, J.-M., Lafon, V. & De Montaudouin, X., 2014. Variations saisonniere et annuelle de l'indice ndvi en relation avec les herbiers de zosteres (*zostera noltei*) par images satellites SPOT : exemple du bassin d'Arcachon (France). *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 197, pp.52–62.

Lafon, V., Dehouck, A. & Curti, C., 2014. *Cartographie de l'herbier à Zostera noltei de l'île de Ré - masse d'eau FRGC53 par teledetection spatiale*. Rapport Final - GEO-Transfert/ADERA, 37p.

Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), pp.127–150. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034425779900130> [Consulté le: 17 February 2020].

## Table des illustrations

Figure 1 : Image aérienne de la vasière de la pointe d'Oulme où a eu lieu le premier survol.....	46
Figure 2 : Image aérienne du site d'étude au Château d'Oléron .....	47
Figure 3 : Capture d'écran du logiciel GS PRO .....	50
Figure 4 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 8 juillet sur le site d'Oulme.....	52
Figure 5 : Orthomosaïques construites à partir d'images prises le 25 octobre 2019 .....	53
Figure 6 : Composition des 4 bandes spectrales acquises à partir du capteur Sequoia présentant des artéfacts.....	53
Figure 7 : Orthomosaïque des valeurs du NDVI sur le site du Château d'Oléron le 25 octobre 2019 ..	56
Figure 8 : Différentes échelles de représentation de la zone survolée par images RVB, NDVI et classification .....	57
Figure 9 : localisation des zones dans lesquelles les valeurs moyennes du NDVI ont été calculées ....	58

Tableau 1 : La sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis relative à la réduction des pressions des activités de loisirs sur les herbiers de zostères .....

43

Tableau 2 : Détails des données recueillies sur le site d'Oulme .....

51

Tableau 3 : Détails des données recueillies sur le site de la citadelle.....

51

Photo 1 : Zone de pêche à pied au niveau de la pointe d'Oulme au Château d'Oléron le 8 juillet 2019. (Auteur : Valentin Guyonnard, 2019).....

45

Photo 2 : Des pêcheurs à pied sur le site du Château le 14 septembre 2018 (Auteur : Valentin Guyonnard, 2018).....	47
Photo 3 : Zoom sur l'orthomosaique du site d'Oulme .....	54
Photo 4 : Zoom d'une photographie RVB prise lors du survol le 25 octobre 2019.....	55



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°4 : Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies verticales à très haute résolution (6,5cm/pixel) prises depuis un ULM

*Version finale – le 9 juillet 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



**Remerciements :**

L'auteur tient à remercier Claire Sanchez pour le traitement des données et Luc Vacher du laboratoire LIENSs CNRS – La Rochelle Université pour les nombreux échanges concernant l'analyse des images.

**Pour citer ce document :**

Guyonnard V., 2020, *Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies verticales à très haute résolution (6,5cm/pixel) prises depuis un ULM. Fiche test VALOBS n°4*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 17 p.

## Sommaire

Sommaire .....	66
1. Contexte et objectifs du test .....	67
1.1. Des méthodes qui répondent à plusieurs enjeux de connaissance du Parc.....	67
1.2. Objectif du test .....	68
1.3. Contexte.....	68
1.4. Acteurs associés.....	68
2. Acquisition des images .....	69
2.1. Contraintes concernant les conditions de prises de vues .....	69
2.2. Matériel utilisé, hauteur et plan de vol .....	69
2.3. Date des prises de vues et conditions météo .....	71
2.4. Données acquises et fournies par le prestataire .....	71
3. Types de pratiques observées .....	72
3.1. Les pratiques de plaisance .....	72
3.2. Les sports nautiques .....	73
3.3. Les pratiques sur l'estran.....	74
4. Méthode de traitement pour spatialiser les activités sur la bande côtière .....	75
5. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	76
6. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire .....	76
7. Conclusion .....	77
7.1. Des données et une méthode adaptées à la spatialisation d'une majorité d'activités sur la bande côtière .....	77
7.2. Des coûts élevés justifiés par la qualité des données fournies (très haute résolution) .....	77
7.3. Approche avantages-inconvénients dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour spatialiser les activités de loisirs sur la bande côtière. ....	78
8. Approche comparative des méthodes de prises de vues aériennes testées dans le cadre du programme VALOBS pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière .....	78
Bibliographie .....	80
Table des illustrations .....	80

## 1. Contexte et objectifs du test

Ce test consiste à évaluer l'opérationnalité d'un protocole d'observation permettant la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière à partir d'images à haute résolution (6,5 cm/px) prises depuis un ULM.

Les protocoles utilisant des prises de vues aériennes sont des méthodes largement utilisées dans le cadre des campagnes d'amélioration de la connaissance dans les aires marines protégées. Son principal avantage est de permettre de couvrir des superficies importantes dans un laps de temps limité (Peuziat & Le Berre, 2015). Dans le cadre de l'observation des usages de loisirs, son utilisation concerne le plus souvent l'étude de la fréquentation des plages (Guyonnard, 2017 ; Vacher et al., 2014) et le comptage des mouillages ou des embarcations (Le Berre et al., 2010 ; Peuziat, 2009 ; Widmer & Underwood, 2006).

Cette fiche fait état du compte-rendu du test réalisé à partir de photographies prises depuis un ULM avec une résolution de 6,5 cm/px maximum autour de l'île de Ré.

Nous avons par ailleurs testé d'autres méthodes d'acquisitions d'images aériennes dans le but de sélectionner dans le cadre de l'observatoire celles qui répondent le mieux à notre besoin et à nos moyens. Au final, deux protocoles utilisant des prises de vues verticales et un utilisant des prises de vues obliques ont été testés.

Une fiche par protocole a été produite et une approche comparative avec les 2 autres sera proposée à la fin de cette fiche.

### 1.1. Des méthodes qui répondent à plusieurs enjeux de connaissance du Parc

Ce test alimente les réflexions sur les méthodes mobilisables pour acquérir des données sur la spatialisation des pratiques permettant de répondre à plusieurs finalités de connaissance concernant les usages de loisirs dans le Parc. Deux sont directement ciblées (Tableau 1) :

- la première est la meilleure connaissance et la mesure de la diversité des activités de loisirs dans le Parc naturel marin, traduit dans le plan de gestion par la finalité 44 concernant le maintien de cette diversité.
- La seconde concerne l'évaluation et le suivi des pressions des mouillages sur les herbiers de zostère, traduit par la sous-finalité 47.2 du plan de gestion.

Tableau 10 : La finalité 44 et la sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 44 : la diversité des activités de loisirs est maintenue	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
44.1 : La diversité des pratiques est maintenue	Maintien de la diversité des pratiques (niveaux de référence à préciser)
44.2 : La diversité des types d'accueil des plaisanciers est maintenue	Maintien de la diversité des types d'accueil des plaisanciers, dans les ports et aux mouillages.

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères</li> <li>→ Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied</li> </ul>

## 1.2. Objectif du test

L'objectif de ce test est d'évaluer l'opérationnalité de ce type d'observations aériennes pour spatialiser les activités de loisir sur la bande côtière. Plus concrètement, les questions auxquelles ce test doit contribuer à répondre sont :

- Quelles sont les activités qui peuvent être spatialisées à partir de ce protocole d'observation et des données recueillies ?
- Comment traiter et valoriser ces données ?
- Quels sont les moyens humains (temps de travail et compétences) et financiers à mobiliser ?

Pour cela, des prestataires de photographies aériennes ont été contactés. La demande consistait à fournir une base de données de photographies aériennes géoréférencées couvrant en bande d'espace côtier autour de l'île de Ré de 1 km vers le large au minimum afin de cartographier les activités de loisirs qui s'y déroulent au moment du survol.

## 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

## 1.4. Acteurs associés

Le prestataire sélectionné pour l'acquisition des photographies est la société L'Europe vue du Ciel<sup>22</sup>, spécialisée dans la photographie aérienne. Le traitement des images et la production des données vectorielles ont été réalisés par Valentin Guyonnard.

<sup>22</sup> L'Europe vue du ciel SARL [en ligne] Disponible sur : <http://www.leuropevueduciel.com/index.php> (consulté le 27 février 2020)

## 2. Acquisition des images

Les acquisitions ont été réalisées le 13 août 2019 en suivant un cahier des charges relatif aux conditions de vol. Un pilote et un opérateur photo de la société prestataire ont été mobilisés pour cette campagne. Deux capteurs photos ont été utilisés pour couvrir une bande côtière de 1 km de large.

### 2.1. Contraintes concernant les conditions de prises de vues

Un cahier des charges comprenant les conditions de prises de vues à réunir a été fourni au prestataire. Ces conditions sont :

- La période de l'année : les prises de vues devaient être réalisées entre le 14 juillet et 15 août 2019.
- Le moment de la journée : le moment des prises de vues devait correspondre avec le moment de la journée où la fréquentation pour des pratiques de tourisme et de loisir est la plus forte. C'est pourquoi les prises de vues devaient être réalisées entre 14h30 et 17h.
- Marée : L'objectif était de pouvoir observer le maximum d'activités. C'est pourquoi les photographies devaient être prises à marée haute. La contrainte était donc que le jour de la campagne la marée haute devait être entre 15h30 et 17h30. Cette contrainte est assez forte puisqu'elle réduit le nombre de jours où les conditions sont réunies à 10 entre le 14 juillet et le 15 août (Tableau 11).

Tableau 11 : les 10 jours qui réunissent les conditions de marée pour le survol

Jours possibles	Horaire marée haute et coefficient de marée
Lundi 14 juillet	16h21 - 66
Lundi 15 juillet	16h57 - 71
Mardi 16 juillet	17h30 - 75
Lundi 29 juillet	15h41 - 61
Mardi 30 juillet	16h30 - 74
Mercredi 31 juillet	17h17 - 86
Dimanche 11 août	15h29 - 51
Lundi 12 août	16h11 - 59
Mardi 13 août	16h46 - 66
Mercredi 14 août	17h17 - 73

- Conditions météo : Les conditions météo devaient correspondre à une journée estivale favorable à la fréquentation de la zone côtière pour des pratiques de tourisme et de loisirs. Les contraintes étaient que la météo devait prévoir une journée de beau temps et des températures maximales supérieures à 21°C.

### 2.2. Matériel utilisé, hauteur et plan de vol

Le prestataire sélectionné a réalisé le vol avec un avion léger Green Observer spécialement conçu et équipé pour la prise de vue (Figure 22). Cet ULM est décrit comme très économique (14 litres d'essence à l'heure pour 200 km parcourus) et particulièrement silencieux<sup>23</sup>.

Figure 22 : Le Green Observer utilisé pour la campagne (© L'Europe vue du ciel)



La hauteur de vol a été de 1000 mètres/sol et la trajectoire pour la plus grande partie en mer avec pour la majorité des cas 1 seul passage.

Le matériel de prise de vue est composé de deux appareils qui se déclenchaient de manière instantanée :

- Un capteur Phase one 100 millions de pixels qui permet une résolution au sol d'environ 6,5 cm/pixel. Ce capteur permet à cette altitude une fauchée au sol d'environ 750m, dont 500 mètres en mer et 250 mètres à terre (Figure 23).

- Le second capteur est un capteur Canon 50 millions de pixels permettant une résolution native au sol de 17 cm/pixel. La fauchée est d'environ 1500 mètres dont environ 1000 mètres en mer.

Le déclenchement de chaque photo est effectué de façon automatique par un système de gestion de vol embarqué développé par le prestataire (Air-Photo-Nav <sup>24</sup>).

---

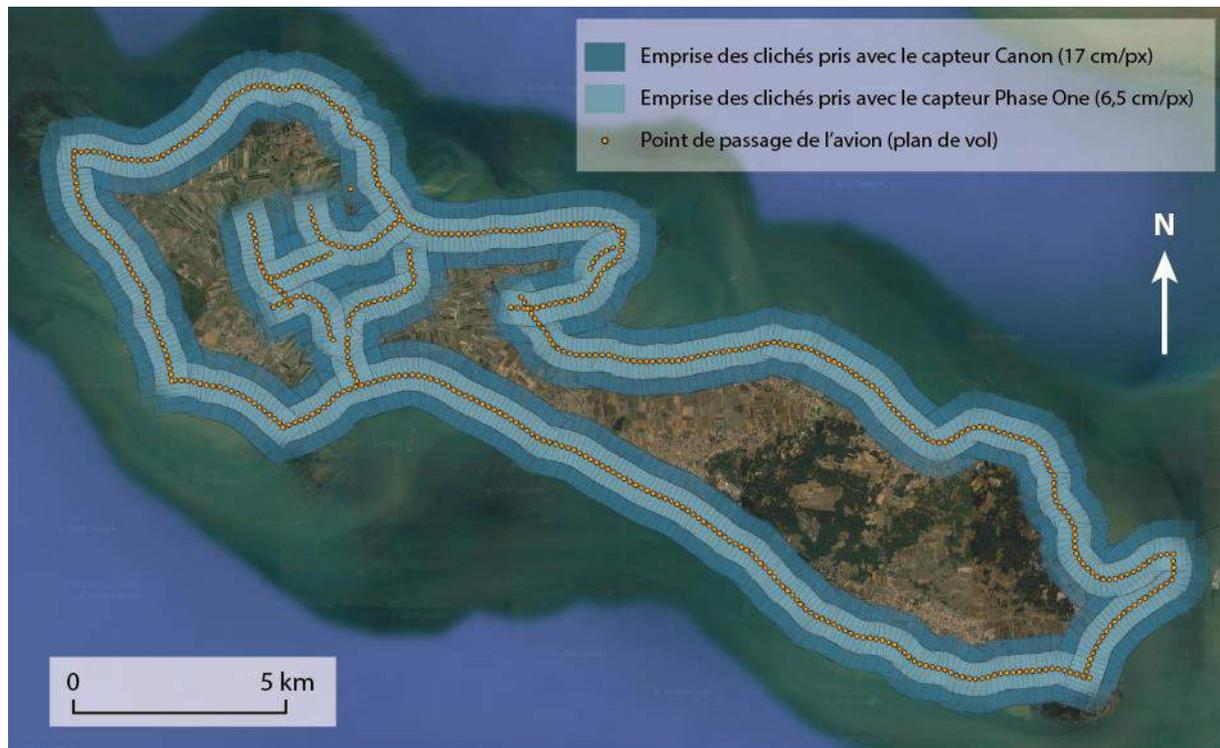
<sup>23</sup> Pour plus d'information, veuillez consulter le site du prestataire : L'Europe vue du ciel SARL [en ligne] Disponible sur : <http://www.leuropevueduciel.com/index.php> (consulté le 27 février 2020)

<sup>24</sup> Air-Photo-Nav.com. Flight management system for Aerial Survey and Aerial Photography [en ligne] Disponible sur : <http://www.air-photo-nav.com/fr/> (consulté le 26 février 2020)

Un appareil photo-numérique a également été utilisé pour prendre des photos obliques vers le large lorsque des activités étaient observées.

Le plan de vol a été réalisé avec un seul passage sur quasiment toute la zone survolée afin de limiter le temps d'acquisition et les doubles comptages.

Figure 23 : Emprise des clichés et plan de vol



Source : fond : Google.cn Satellites.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

### 2.3. Date des prises de vues et conditions météo

L'ensemble des contraintes météo n'ont pas pu être respectées puisque le jour du survol, les températures maximales étaient de seulement 19°C. Néanmoins, le vol a quand même été lancé en accord avec le responsable du projet.

La campagne de prises de vues a été réalisée le 13 août 2018

- Heures de survol : entre 14h30 et 15h30
- Température maximale : 19°C (à l'ombre)
- Conditions de vent : Ouest 8 à 10 nœuds
- Couverture nuageuse : journée de beau temps avec quelques nuages. Ciel totalement dégagé pendant le survol.

### 2.4. Données acquises et fournies par le prestataire

Les données acquises et fournies se composent d'un ensemble de photographies assemblées sous forme d'orthomosaïques. La résolution est de 6,5 cm natif sur les 500 premiers mètres en mer puis de 17 cm natif ré-échantillonné en pixel 6,5 cm jusqu'à 1000 mètres vers le large. Les photographies brutes sont au format .tiff. L'orthomosaïque est au format .ecw géoréférencée dans le système de projection Lambert 93 (EPSG 2154) (Figure 24).

L'ensemble des données livrées pèse 300 Go.

Figure 24 : Orthomosaïque créée à partir des images acquises lors du survol



Source : L'Europe vue du ciel, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

### 3. Types de pratiques observées

Les images recueillies ont été analysées par photo-interprétation (c'est-à-dire visionnage des photographies par un opérateur humain) afin d'identifier les activités observables à partir de ces données. Nous aborderons ici seules les activités ayant été identifiées à partir de cette campagne.

#### 3.1. Les pratiques de plaisance

Les données recueillies permettent de localiser les activités de plaisance la plupart du temps de manière aisée.

La résolution de 6,5 cm est assez précise pour identifier de manière certaine les embarcations au mouillage (Figure 25-A et B). Il est également possible de qualifier le type d'embarcation (à voile ou à

moteur). Les bouées de mouillage sont aussi correctement détectées même si en cas de vent et de clapot, les bouées peuvent être confondues avec les reflets blancs du soleil sur l'eau. Pour un pointage précis des mouillages et des bouées de mouillage, il semble important de privilégier la marée basse et le moment de la journée où le soleil est au zénith afin de limiter cet artefact.

Les embarcations en navigation sont également bien identifiées sur la partie de l'image à 6,5 cm de résolution comme sur la partie de l'image à 17 cm même si la qualification précise du type d'embarcation peut s'avérer plus difficile (Figure 25-C). Par contre, sur certaines zones au sud de l'île de Ré, la réflexion du soleil pose problème et masque totalement l'image (Figure 25-D). Ici s'il est possible de détecter une embarcation à partir du sillage de l'embarcation, il est impossible de la qualifier.

Figure 25 : Visualisation des activités de plaisance sur l'orthomosaïque



Auteur : L'Europe vue du ciel, 2019.

Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

### 3.2. Les sports nautiques

Les sports nautiques sont également détectés facilement sur ce type d'images. Les pratiquants de planche à voile, de *stand-up paddle* et de canoë-kayak sont facilement identifiables avec une résolution de 6,5 cm/px (Figure 26-A). Il en est de même pour les pratiquants de surf puisque leurs planches sont facilement détectables sur les images (Figure 26-B).

A une résolution moins précise, les embarcations de voile légère sont également identifiables (Figure 26-C) même si comme pour le cas des embarcations de plus grandes tailles, le problème du reflet de l'eau reste très contraignant sur certaines zones (Figure 26-D).

Figure 26 : Visualisation des activités de sports nautiques sur l'orthomosaique



Auteur : L'Europe vue du ciel, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

### 3.3. Les pratiques sur l'estran

L'analyse des portions de plage avec une résolution des photos à 6,5 cm montre que sur la plage, le nombre d'utilisateurs installés peut être comptabilisé même si la résolution ne doit pas être moins précise. L'ensemble des engins et embarcations et aménagements sur la plage peut également être correctement identifié (Photo 9).

Néanmoins, ce type de données ne permet pas d'identifier d'autres types de pratiques telles que les pratiques de pêche de bord en surfcasting ou les pratiques de promenade où les usagers seraient confondus avec d'autres personnes pratiquant d'autres activités sur le même site.

Par ailleurs, les prises de vues ayant été acquises à marée haute, on ne peut pas ici montrer d'exemple de détection de pratiquants de pêche à pied.

Photo 9 : Visualisation des activités sur l'estran sur l'orthomosaïque



Auteur : L'Europe vue du ciel, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

#### 4. Méthode de traitement pour spatialiser les activités sur la bande côtière

Afin de produire des données permettant de spatialiser les activités sur la bande côtière, la méthode consiste ici à créer une couche de points dans un système d'information géographique et de pointer un par un les objets à cartographier.

Dans le cadre de ce test, les embarcations au mouillage ou échouées ainsi que les bouées de mouillage ont été pointées dans un système d'information géographique. Au total, le pointage de 914 objets sur l'image a été réalisé en 2 à 3 jours (Figure 27).

Figure 27 : Localisation des mouillages (en points violets) à partir des données utilisées



Source : Orthomoaïque 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 5. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

- La préparation de la mission comprenant la rédaction du cahier des charges et les échanges avec le prestataire a mobilisé une personne pendant environ 10 à 15 jours.
- Le pointage des données de mouillage a mobilisé une personne pendant 2 à 3 jours.
- Le coût de la prestation d'acquisition de photographies aériennes dans le cadre du programme VALOBS a été de 5770 € HT.

## 6. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire

Le coût d'une prestation d'acquisition de données pour l'ensemble du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis s'élève à 39 984 € TTC (devis établi le 28 mai 2019).

## 7. Conclusion

### 7.1. Des données et une méthode adaptées à la spatialisation d'une majorité d'activités sur la bande côtière

Les données commandées aux prestataires se sont révélées de bonne qualité. A 6,5 cm du pixel, elles permettent d'identifier très clairement et de manière précise l'ensemble des embarcations nécessaire à l'identification des pratiques.

Pour le cas des mouillages, il est très clair qu'il faille privilégier les moments de marée basse pour limiter les artefacts causés par les reflets sur l'eau qui peuvent gêner la détection des bouées de mouillage. Cette attention est d'autant plus importante pour des images dont la résolution est moins précise que celle utilisée dans le cadre de ce test.

Pour ce qui est des autres activités en mer, la marée haute reste le moment favorable pour localiser une majorité de pratiques dans la bande des 1 kilomètre de zone côtière. La résolution à 17 cm du pixel est apparue comme opérationnelle dans le cas où le reflet du soleil ne gêne pas la détection. Pour limiter ce biais, il semble important de privilégier les moments où le soleil est au zénith. Néanmoins, pour ces raisons, cette méthode semble moins adaptée à la spatialisation des activités au-delà d'une certaine distance de la côte.

Les pratiques sur l'estran n'ont pas pu être testées. Néanmoins, nous pouvons partir du principe que les activités sans support ou objet spécifique et voyant comme la pêche ou la promenade sont difficilement détectables via cette méthode.

L'un des avantages de cette méthode est qu'elle permet de couvrir des zones importantes en un temps restreint. Néanmoins, sa principale contrainte réside dans la représentativité des données récoltées par rapport au fait qu'elles ne représentent qu'une situation à un moment donné. Pour limiter ce biais, deux méthodes peuvent être utilisées. D'abord bien identifier les conditions optimales de vol permettant de réaliser la campagne dans des conditions les plus représentatives. Ensuite la solution est de multiplier les survols.

Par ailleurs, la limitation des jours possibles liés à la marée s'est révélée contraignante. En effet, elle s'est ajoutée aux contraintes de visibilité liées aux fortes chaleurs du mois de juillet dont le risque est de réduire la visibilité sur les images. Il est donc important de travailler avec des prestataires étant disponibles et pouvant s'adapter à ces imprévus.

### 7.2. Des coûts élevés justifiés par la qualité des données fournies (très haute résolution)

Le coût de ce type de données est plutôt élevé. Néanmoins, le fait que les données photographiques soient déjà géoréférencées dans un format lisible sous SIG permet de limiter le temps de post-traitement. Par ailleurs, le capteur utilisé qui possède une résolution très élevée (100 millions de pixels)

permet d'avoir un meilleur rapport hauteur de vol/résolution au sol/surface photographiée que des capteurs moins puissants ne peuvent obtenir.

Ce post- traitement nécessite par ailleurs des compétences de base en géomatique.

### 7.3. Approche avantages-inconvénients dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour spatialiser les activités de loisirs sur la bande côtière.

Avantages	Inconvénients
L'ensemble des activités de loisirs en zone côtière peut être observé	Méthode contrainte par les conditions météorologiques
Livrables des données directement opérationnelles sous forme d'orthomosaïques pour être traitées sous SIG avec des compétences de base	Méthode qui permet de spatialiser les pratiques à un instant donné et non de manière continue
Méthode qui permet de couvrir des zones très étendues en un minimum de temps	Méthode relativement coûteuse
Méthode qui permet de produire des cartes de répartitions précises, utiles si l'on veut croiser ces couches d'informations avec des couches sur les habitats ou les espèces dans une approche sur les pressions.	

### 8. Approche comparative des méthodes de prises de vues aériennes testées dans le cadre du programme VALOBS pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière

Figure 28 : Tableau comparatif des trois protocoles testés

	<b>Protocole à partir des images verticales très haute résolution (6,5cm/px)</b>	<b>Protocole à partir des images verticales haute résolution (10-13 cm/px)</b>	<b>Protocole à partir des images obliques</b>
<b>Type d'activité observé</b>	L'ensemble des activités sur l'estran et la zone côtière qui peut être repéré par un type d'embarcation ou un type d'équipement	La plaisance et les activités de mouillage. Les sports nautiques si embarcation de grosse taille	L'ensemble des activités sur l'estran et la zone côtière (limité sur la plage) qui peut être repéré par un type d'embarcation ou un type d'équipement
<b>largeur de la surface observée au sol</b>	1500 mètres dont 1000 mètres en zone marine	900 mètres dont 700 mètres en zone marine	Plusieurs centaines de mètres de zones marine (non mesuré précisément)
<b>Temps de post-traitement</b>	2 à 3 jours	15 à 20 jours (des ajustements du protocole devraient permettre de diminuer ce temps)	2 à 3 jours
<b>Compétences nécessaires pour le post-traitement</b>	Compétences en géomatique de base	Compétences en géomatique moyennes	Compétences en géomatique de base
<b>Type de valorisation cartographique</b>	Cartographie précise des activités	Cartographie précise des activités	Cartographie des activités par zones
<b>Coûts de l'acquisition des données pour l'île de Ré</b>	6 500 euro	2 500 euros	entre 300 et 600 euros (1 à 2 heures de vol)

Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## Bibliographie

- Le Berre, S., Courtel, J. & Brigand, L., 2010. *Etude de la fréquentation nautique du Bassin d'Arcachon. Rapport final*. p. 97 p.
- Guyonnard, V., 2017. *Dimensions cachées et attentes spatiales dans un espace de pratique de tourisme et de loisirs. Une analyse géographique de la plage en Charente-Maritime (France)*. Thèse de géographie. UMR 7266 LIENSs CNRS - Université de La Rochelle. 393 p.
- Peuziat, I., 2009. *Plaisance et environnement Pratiques, représentations et impacts de la fréquentation nautique*. Thèse de doctorat de géographie. Université de Bretagne Occidentales. Institut Universitaire Européen de la Mer. GEOMER LETG UMR 6554 CNRS. 336 p.
- Peuziat, I. & Le Berre, I., 2015. *CARTAHU : Cartographie des activités humaines en mer côtière - Expérimentations en mer côtière - Rapport de recherches*. LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest, 87 p.
- Vacher, L. (dir) et al., 2014. *Atlas de la fréquentation des plages de Charente-Maritime, Campagne 2014*. La Rochelle, Observatoire des Pratiques de Tourisme et de Loisir-ECOP, UMR LIENSs, CNRS - Université de La Rochelle, 318 p.
- Widmer, W.M. & Underwood, A.J., 2006. Factors affecting traffic and anchoring patterns of recreational boats in Sydney Harbour , Australia. , 66(2004), pp.173–183.

## Table des illustrations

Figure 1 : Le Green Observer utilisait pour la campagne (© L'Europe vue du ciel).....	70
Figure 2 : Emprise des clichés et plan de vol.....	71
Figure 3 : Orthomosaïque créée à partir des images acquises lors du survol.....	72
Figure 4 : Visualisation des activités de plaisance sur l'orthomosaïque .....	73
Figure 5 : Visualisation des activités de sports nautiques sur l'orthomosaïque .....	74
Figure 6 : Localisation des mouillages (en points violets) à partir des données utilisées.....	76
Figure 7 : Tableau comparatif des trois protocoles testés .....	79
Tableau 1 : La finalité 44 et la sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.....	67
Tableau 2 : les 10 jours qui réunissent les conditions de marée pour le survol .....	69
Photo 1 : Visualisation des activités sur l'estran sur l'orthomosaïque .....	75



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°5 : Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies verticales haute résolution (10 à 13 cm/pixel) prises depuis un ULM

*Version finale – le 9 juillet 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



**Remerciements :**

L'auteur tient à remercier Claire Sanchez pour le traitement des données et Luc Vacher du laboratoire LIENSs CNRS – La Rochelle Université pour les nombreux échanges concernant l'analyse des images.

**Pour citer ce document :**

Guyonnard V., 2020, *Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies verticales haute résolution (10 à 13 cm/pixel) prises depuis un ULM. Fiche test VALOBS n°5*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 20 p.

## Sommaire

Sommaire .....	83
1. Contexte et objectifs du test .....	84
1.1. Des méthodes qui répondent à plusieurs enjeux de connaissance du Parc.....	84
1.2. Objectif du test .....	85
1.3. Contexte.....	85
1.4. Acteurs associés.....	85
2. Acquisition des images .....	86
2.1. Contraintes concernant les conditions de prises de vues .....	86
2.2. Matériel utilisé, hauteur et plan de vol .....	87
2.3. Dates des prises de vues et conditions météo .....	88
2.4. Données recueillies.....	89
3. Géoréférencement des images .....	90
4. Types de pratiques observées .....	92
4.1. Les pratiques de plaisance .....	92
4.2. Les sports nautiques .....	93
5. Méthode de traitement pour spatialiser les activités sur la bande côtière .....	94
6. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	96
7. Conclusion .....	96
7.1. Une méthode adaptée à la spatialisation des activités de mouillage .....	96
7.2. Des coûts peu élevés mais un travail de post-traitement important.....	97
7.3. Des pistes pour réduire le temps de post-traitement avec l'utilisation de logiciel de constructions d'orthomosaïques .....	97
7.4. Approche avantages-inconvénients dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour spatialiser les activités de loisirs sur la bande côtière. ....	98
8. Approche comparative des méthodes de prises de vues aériennes testées dans le cadre du programme VALOBS pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière .....	98
Bibliographie .....	100
Table des illustrations .....	100

## 1. Contexte et objectifs du test

Ce test consiste à évaluer l'opérationnalité d'un protocole d'observation permettant la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière à partir d'images à haute résolution (entre 10 et 13 cm/px) prises depuis un ULM.

Les méthodes de prises de vues aériennes sont des méthodes largement utilisées dans le cadre des campagnes d'amélioration de la connaissance dans les aires marines protégées. Son principal avantage est de permettre de couvrir des superficies importantes dans un laps de temps limité (Peuziat & Le Berre, 2015). Dans le cadre de l'observation des usages de loisirs, son utilisation concerne le plus souvent l'étude de la fréquentation des plages (Guyonnard, 2017 ; Vacher et al., 2014) et le comptage des mouillages ou des embarcations (Le Berre et al., 2010 ; Peuziat, 2009 ; Widmer & Underwood, 2006).

Cette fiche fait le compte-rendu du test réalisé à partir de photographies prises depuis un ULM et d'une résolution comprise entre 10 et 13 cm/px maximum autour de l'Île de Ré.

Nous avons par ailleurs testé d'autres méthodes d'acquisitions d'images aériennes dans le but de sélectionner dans le cadre de l'observatoire celles qui correspondent le mieux à notre besoin et à nos moyens. Au final, deux protocoles utilisant des prises de vues verticales et un utilisant des prises de vues obliques ont été testés.

Une fiche par protocole a été produite et une approche comparative avec les 2 autres sera proposée à la fin de cette fiche.

### 1.1. Des méthodes qui répondent à plusieurs enjeux de connaissance du Parc

Ce test alimente les réflexions sur les méthodes mobilisables pour acquérir des données sur la spatialisation des pratiques permettant de répondre à plusieurs finalités de connaissance concernant les usages de loisirs dans le Parc. Deux sont directement ciblées (Tableau 1) :

- la première est la meilleure connaissance et la mesure de la diversité des activités de loisirs dans le Parc naturel marin, traduit dans le plan de gestion par la finalité 44 concernant le maintien de cette diversité.
- La seconde concerne l'évaluation et le suivi des pressions des mouillages sur les herbiers de zostère, traduit par la sous-finalité 47.2 du plan de gestion.

Tableau 12 : La finalité 44 et la sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 44 : la diversité des activités de loisirs est maintenue	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
44.1 : La diversité des pratiques est maintenue	Maintien de la diversité des pratiques (niveaux de référence à préciser)
44.2 : La diversité des types d'accueil des plaisanciers est maintenue	Maintien de la diversité des types d'accueil des plaisanciers, dans les ports et aux mouillages.

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères	→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères → Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied

## 1.2. Objectif du test

L'objectif de ce test est d'évaluer l'opérationnalité de ce type d'observations aériennes pour spatialiser les activités de loisir sur la bande côtière. Plus concrètement, les questions auxquelles ce test doit contribuer à répondre sont :

- Quelles sont les activités qui peuvent être spatialisées à partir de ce protocole d'observation et des données recueillies ?
- Comment traiter et valoriser ces données ?
- Quels sont les moyens humains (temps de travail et compétences) et financiers à mobiliser ?

Pour cela, des prestataires de photographies aériennes ont été contactés. La demande consistait à fournir une base de données de photographies aériennes couvrant une bande d'espace côtier autour de l'Île de Ré de 500 à 700 mètres vers le large au minimum afin de cartographier les activités de loisirs qui s'y déroulent au moment du survol.

## 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

## 1.4. Acteurs associés

Le prestataire sélectionné pour l'acquisition des photographies est la société D'Clic Aéro<sup>25</sup>, spécialisée dans la photographie aérienne. Pour cette campagne, la société D'Clic Aéro s'est associée avec la

<sup>25</sup> D'Clic Aero [en ligne] Disponible sur : <https://www.dclic-aero.fr/accueil> (consulté le 27 février 2020)

Société Ecav Aviation<sup>26</sup>. Le traitement des images et la production de données vectorielles ont été réalisés par Claire Sanchez (Assistante ingénieure géomatique) et Valentin Guyonnard.

## 2. Acquisition des images

Les acquisitions ont été réalisées le 13 août 2019 en suivant un cahier des charges relatif aux conditions de vol. Un pilote et un opérateur photo ont été mobilisés pour cette campagne. Un capteur photo a été utilisé pour couvrir une fauchée (surface au sol) d'environ 600 mètres de surface marine

### 2.1. Contraintes concernant les conditions de prises de vues

Un cahier des charges comprenant les conditions de prises de vues à réunir a été fourni au prestataire. Ces conditions sont :

- La période de l'année : les prises de vues devaient être réalisées entre le 14 juillet et 15 août 2019.
- Le moment de la journée : le moment des prises de vues devait correspondre avec le moment de la journée où la fréquentation pour des pratiques de tourisme et de loisir est la plus forte. C'est pourquoi les prises de vues devaient être réalisées entre 14h30 et 17h.
- Marée : L'objectif était de pouvoir observer le maximum d'activités. C'est pourquoi les photographies devaient être prises à marée haute. La contrainte était donc que le jour de la campagne la marée haute devait être entre 15h30 et 17h30. Cette contrainte est assez forte puisqu'elle réduit le nombre de jours où les conditions sont réunies à 10 entre le 14 juillet et le 15 août (Tableau 11).

Tableau 13 : les 10 jours qui réunissent les conditions de marée pour le survol

Jours possibles	Horaire marée haute et coefficient de marée
Lundi 14 juillet	16h21 - 66
Lundi 15 juillet	16h57 - 71
Mardi 16 juillet	17h30 - 75
Lundi 29 juillet	15h41 - 61
Mardi 30 juillet	16h30 - 74
Mercredi 31 juillet	17h17 - 86
Dimanche 11 août	15h29 - 51
Lundi 12 août	16h11 - 59
Mardi 13 août	16h46 - 66
Mercredi 14 août	17h17 - 73

- Conditions météo : Les conditions météo devaient correspondre à une journée estivale favorable à la fréquentation de la zone côtière pour des pratiques de tourisme et de loisirs. Les contraintes étaient que la météo devait prévoir une journée de beau temps et des températures maximales supérieures à 21°C.

<sup>26</sup> Ecav Aviation [en ligne] Disponible sur : <http://ecav-aviation.wifeo.com/> (consulté le 27 février 2020)

## 2.2. Matériel utilisé, hauteur et plan de vol

Le prestataire sélectionné a réalisé le vol à partir d'un ULM de type G1 SPYL. Une installation spécifique a été confectionnée par le prestataire pour répondre aux besoins de la campagne (Photo 10). Il s'agit d'un caisson permettant de fixer plusieurs capteurs (appareil photo, caméra pour retour vidéo en direct).

*Photo 10 : L'ULM utilisé par le prestataire D'Clic Aéro. Le caisson en aluminium a été spécialement confectionné par le prestataire pour répondre à la demande (auteur : Valentin Guyonnard, 2019).*



La hauteur de vol a été de 700 mètres/sol et la trajectoire pour la plus grande partie en mer à longée le trait de côte à entre 2 et 300 mètres de distance. Pour les zones où des activités étaient éloignées de plus de 500 mètres de la côte, un deuxième passage a été nécessaire (Figure 29).

Figure 29 : Plan de vol de l'ULM durant la campagne du 13 août 2019



Source : fond : Google.cn Satellites.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Le matériel de prises de vues utilisé est un appareil de type NIKON D3300 déclenché manuellement par l'opérateur photo à bord. Cet appareil possède une résolution de 24 millions de pixels. Vol embarqué développé par le prestataire (Air-Photo-Nav<sup>27</sup>).

### 2.3. Dates des prises de vues et conditions météo

L'ensemble des contraintes météo n'a pas pu être respecté puisque le jour du survol, les températures maximales étaient de seulement 19°C. Néanmoins, le vol a quand même été lancé en accord avec le responsable du projet.

La campagne de prises de vues a été réalisée le 13 août 2019.

- Heures de survol : entre 14h30 et 15h30
- Température maximale : 19°C (à l'ombre)
- Conditions de vent : Ouest 8 à 10 nœuds
- Couverture nuageuse : journée de beau temps avec quelques nuages. Ciel totalement dégagé pendant le survol.

<sup>27</sup> Air-Photo-Nav.com. Flight management system for Aerial Survey and Aerial Photography [en ligne] Disponible sur : <http://www.air-photo-nav.com/fr/> (consulté le 26 février 2020)

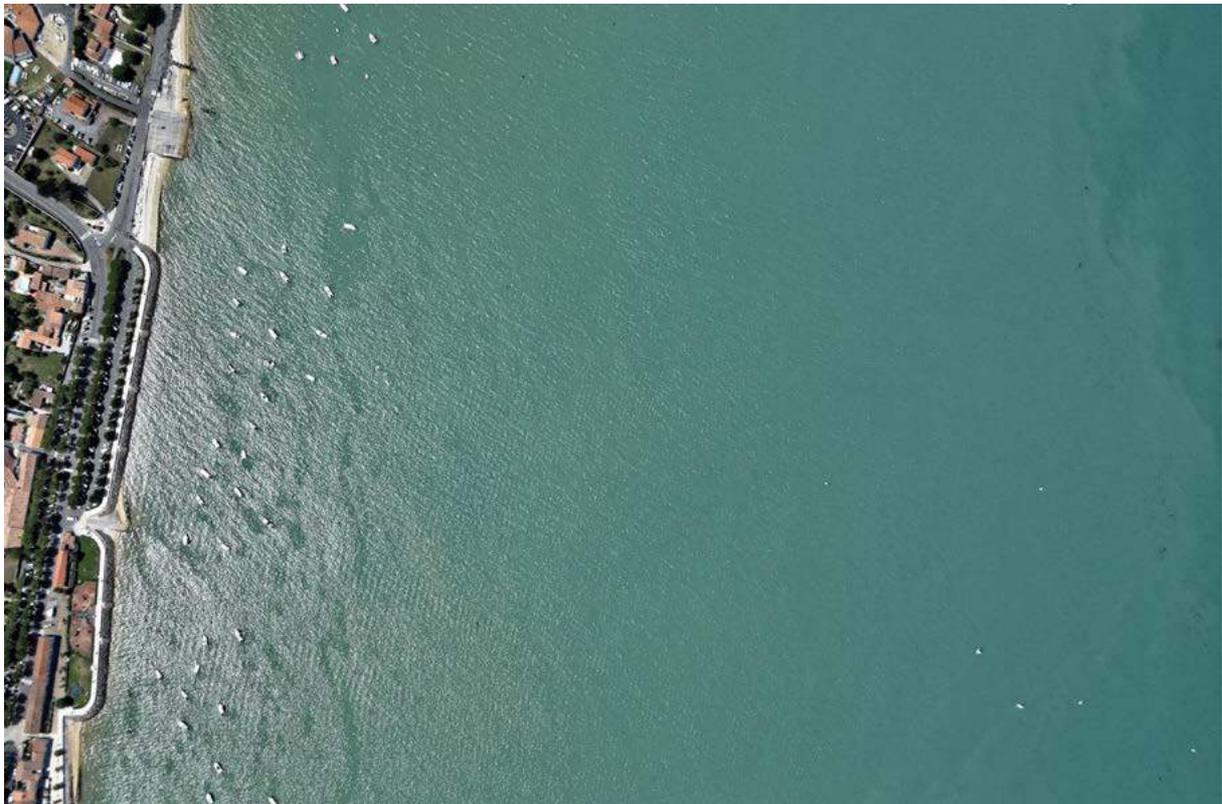
## 2.4. Données recueillies

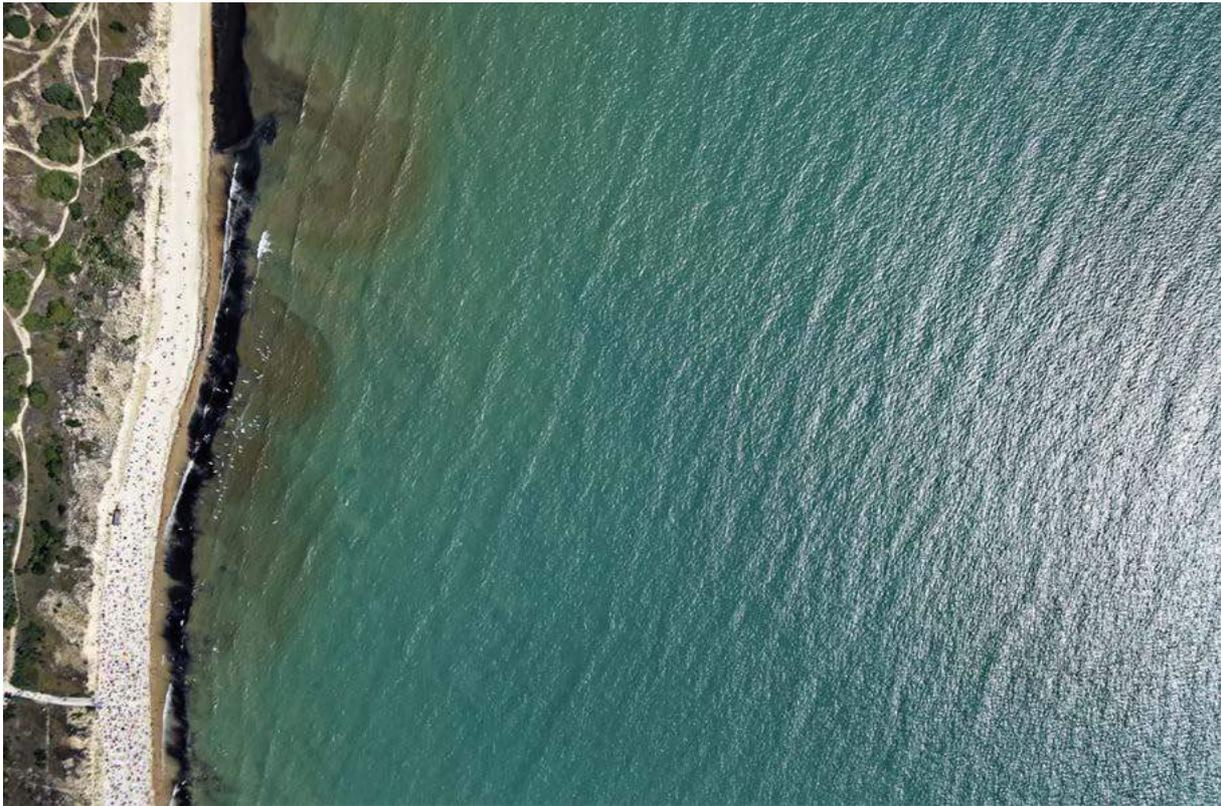
Les données recueillies se composent d'un ensemble de photographies verticales sélectionnées par le prestataire. Ces photographies possèdent des coordonnées GPS (celles de la position de l'appareil photo au moment du déclenchement de chaque cliché) mais ne sont pas géoréférencées. Elles possèdent un taux de recouvrement qui varie selon les formes du trait de côte observée entre 20 et 70%.

La résolution au sol annoncée à 15 cm est au final de meilleure qualité puisque les vérifications réalisées donnent des résultats entre 10 cm et 13 cm du pixel.

Au total, 390 photographies ont été fournies pour l'ensemble du tour de l'île de Ré pour un poids d'ensemble de 11 Go.

*Photo 11 : Image d'origine fournie par D'Clic Aéro au niveau de La Flotte-en-Ré (auteur : D'CLIC AERP - ECAV)*





### 3. Géoréférencement des images

Afin d'utiliser ces images et de produire des couches d'informations, les photographies fournies ont été géoréférencées. La méthode utilisée a été développée par le Centre de Traitement de l'Information Géographique (CTIG) dans le cadre des travaux de l'Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs (ECOP) du laboratoire LIENSs de La Rochelle. Cette méthode a été développée dans le cadre de la production d'atlas de fréquentation des plages entre 2008 et 2014 (Vacher et al., 2014).

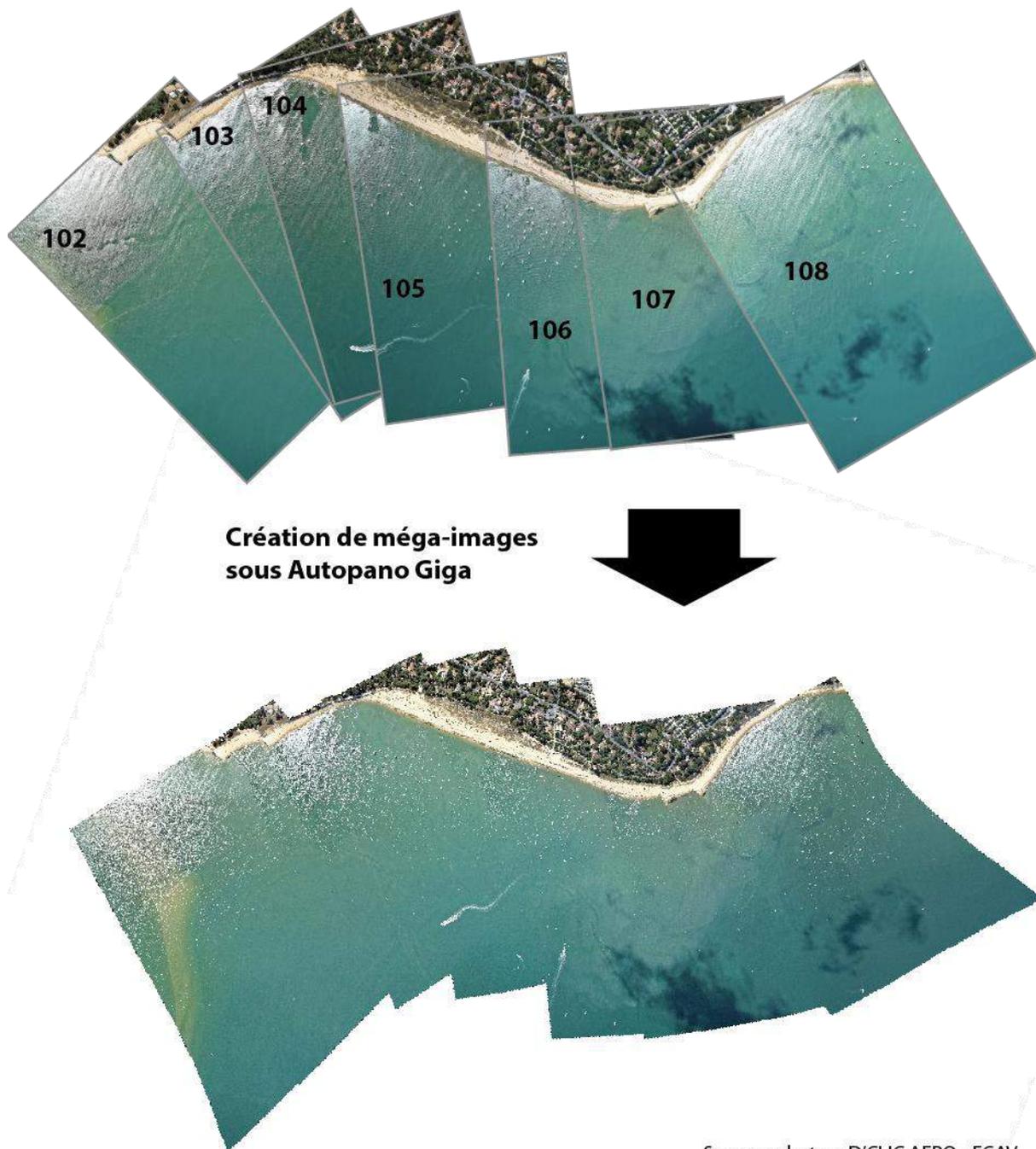
Deux étapes ont été nécessaires. La première a consisté à créer des « méga-images » à partir du logiciel Autopano Giga<sup>28</sup>. Ces méga-images sont des assemblages de 5 à 10 photos (Figure 30). Au total, 52 méga-images ont été créées.

La seconde étape consiste à géoréférencer ces 52 méga-images dans un système d'information géographique. Cette étape a été réalisée sous ArcMap 10.2 avec l'outil « géoréférencement ». Le repère géographique utilisé est la BD ORTHO de l'IGN qui date du printemps 2018.

---

<sup>28</sup> Ce logiciel n'est aujourd'hui plus développé. D'autres peuvent être utilisés pour cette étape. Des essais concluants ont été réalisés avec la fonction « Photomerge » sous Photoshop CS6. Il existe également des logiciels gratuits tels que Hugin ou Microsoft Image Composite Editor.

Figure 30 : Assemblage des photographies et création de méga-images sous Autopano Giga



Sources photos : D'CLIC AERO - ECAV.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Les résultats du géoréférencement sont assez concluants lorsqu'on est très proche de la côte. Néanmoins, plus on s'éloigne du rivage et plus le risque d'erreurs est important compte tenu de l'absence de points de contrôle dans l'eau qui permet de caler et de redimensionner les images à géoréférencer. Ce risque d'erreurs est d'autant plus important que la campagne a été réalisée à marée haute, ce qui ne permet pas d'utiliser des points de calage sur l'estran.

Cette étape est très chronophage et dépend grandement des logiciels et de la puissance de l'ordinateur utilisé car les fichiers générés sont des fichiers lourds et la puissance de calcul est importante pour assembler les méga-images. Dans le cadre de ce test, l'ordinateur utilisé est équipé d'un processeur de type Intel Xeon (R) 2,3 Ghz (2 processeurs) qui est un modèle assez ancien (2013) sous windows 7 avec 16 Go de RAM. Cette étape a mobilisé une personne pendant 10 à 15 jours.

Figure 31 : Exemple de résultat du géoréférencement d'une méga-image représentant le nord-est de l'île de Ré



Sources photos : D'CLIC AERO - ECAV.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 4. Types de pratiques observées

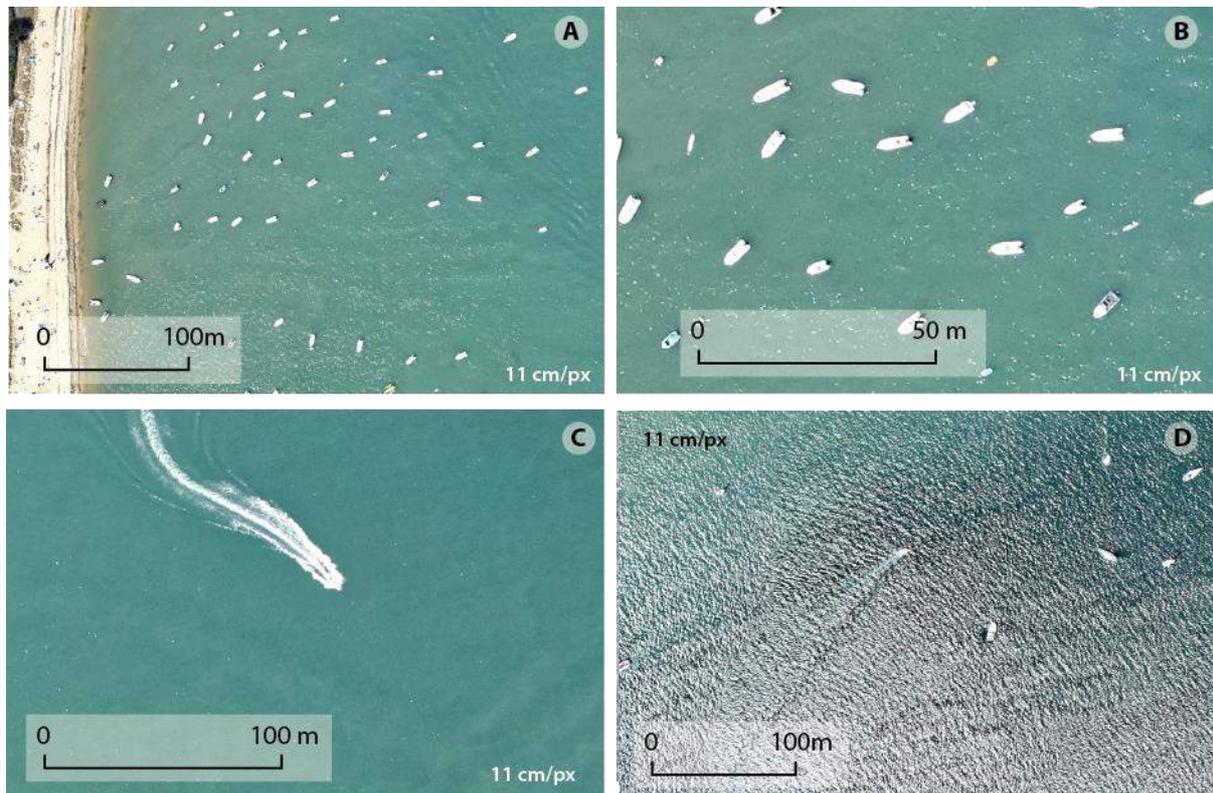
Les images recueillies ont été analysées afin d'évaluer leur opérationnalité pour spatialiser les différentes activités présentes dans la bande côtière. Nous aborderons ici seulement les activités ayant été identifiées à partir de cette campagne.

### 4.1. Les pratiques de plaisance

Les données recueillies permettent de localiser les embarcations de plaisance de manière aisée, qu'elles soient en navigation ou au mouillage (Figure 25-A). Néanmoins, la résolution (10 à 13 cm/px) de l'image rend difficile la localisation des bouées de mouillages à marée haute à cause notamment des reflets du soleil (Figure 25-B). Il faut donc partir du principe qu'il y a un taux d'erreurs non

négligeable sur la détection de ces objets. En navigation, les embarcations sont également bien détectables (Figure 25-C). Par contre, sur certaines, la réflexion du soleil pose problème et masque totalement l'image (Figure 25-D). Ici il est possible de détecter une embarcation à partir du sillage de l'embarcation, mais il est parfois difficile de la qualifier.

Figure 32 : Visualisation des activités de plaisance sur l'orthomosaique



Sources photos : D'CLIC AERO - ECAV, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

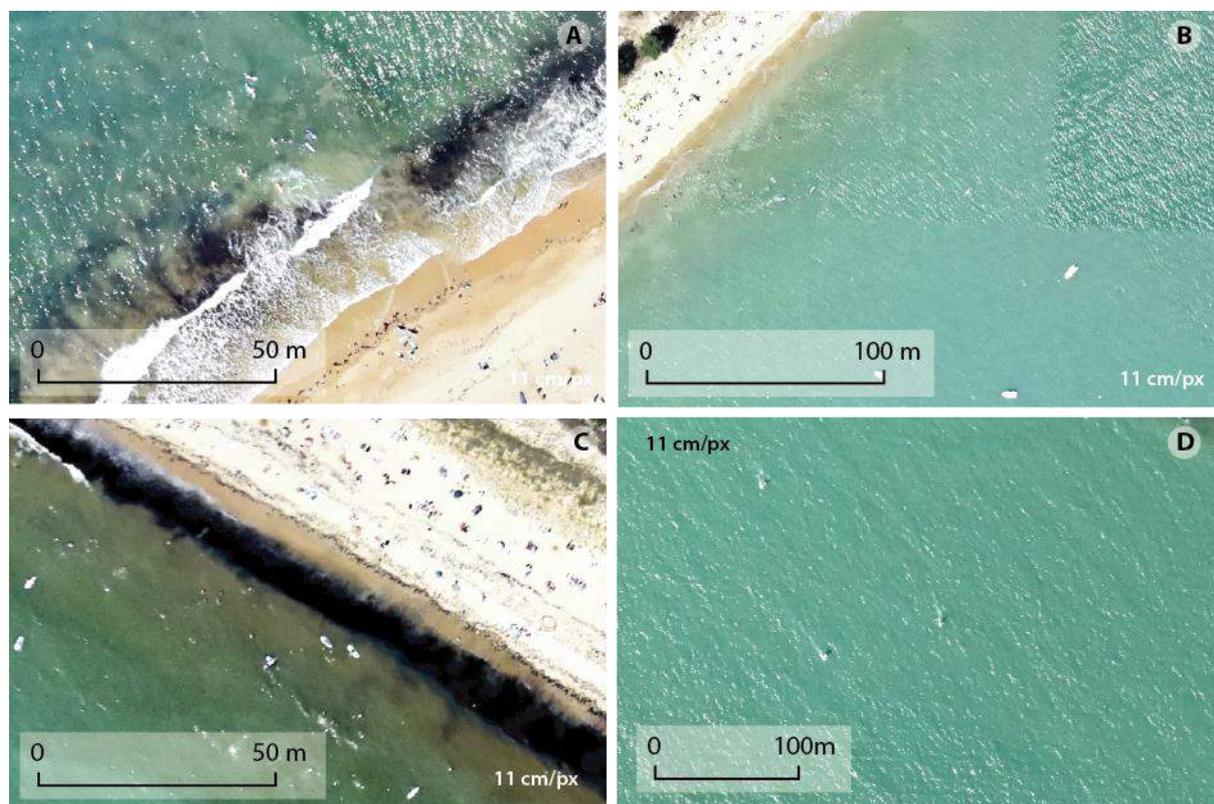
## 4.2. Les sports nautiques

Les embarcations et les usagers de sports nautique sont difficilement détectables avec ce type de données. Si l'on distingue bien des planches de surf sur les photos (Figure 26-A), il est difficile de les dénombrer correctement. En ce qui concerne les autres supports qui pourraient être identifiés, les *stand-up paddle* paraissent détectables avec un œil avisé même si l'on ne peut affirmer que ce ne sont pas des planches à voile (Figure 26-B et C). Les embarcations de voile légère de petite taille sont également difficilement identifiables sur les images que nous avons recueillies (Figure 26-D).

La résolution et la qualité de ce type d'images n'est donc pas opérationnelle pour détecter des embarcations autres que les embarcations de plaisance. Les bouées de mouillage peuvent également être détectées mais il faudra privilégier la marée basse ou effectuer un vol moins haut afin

d'augmenter la résolution au sol. Les pratiques sur l'éstran ou la plage sont également difficilement identifiables et comptabilisables (Figure 26-C)<sup>29</sup>.

Figure 33 : Visualisation des activités de sports nautiques sur l'orthomosaïque



Sources photos : D'CLIC AERO - ECAV, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 5. Méthode de traitement pour spatialiser les activités sur la bande côtière

Afin de produire des données permettant de spatialiser les activités sur la bande côtière, la méthode consiste ici à créer une couche de points dans un système d'information géographique et de pointer un par un les objets à cartographier.

Dans le cadre de ce test, les embarcations au mouillage fixe ou forain (sur ancre) et échouées ainsi que les bouées de mouillage identifiables ont été pointées dans un système d'information géographique. Au total, le pointage de 874 objets sur l'image a été réalisé en 2 à 3 jours.

<sup>29</sup> Il est néanmoins possible en effectuant un vol moins haut et en modifiant la focale de l'appareil d'obtenir une résolution plus fine de l'ordre de 4 cm. C'est ce protocole qui a été utilisé dans le cadre de la production d'atlas de la fréquentation des plages par l'Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs (ECOP) (Vacher et al., 2014).

Le pointage des embarcations et des bouées a été évalué lors de la saisie. Un code a été donné lorsque le pointage était totalement sûr et lorsque l'opérateur avait un doute. Sur environ 10% des pointages des bouées de mouillage, l'opérateur a estimé qu'il n'était pas sûr. Pour ce qui est des embarcations, l'opérateur ayant réalisé le pointage a estimé identifier pratiquement 100% des embarcations. Par ailleurs, la difficulté réside également dans la distinction entre des mouillages fixes (sur corps-mort) et des mouillages forains (sur ancre) puisque les bouées sont difficilement identifiables. Cette distinction se fait essentiellement à partir des connaissances du terrain et de la position globale des zones de mouillages fixes.

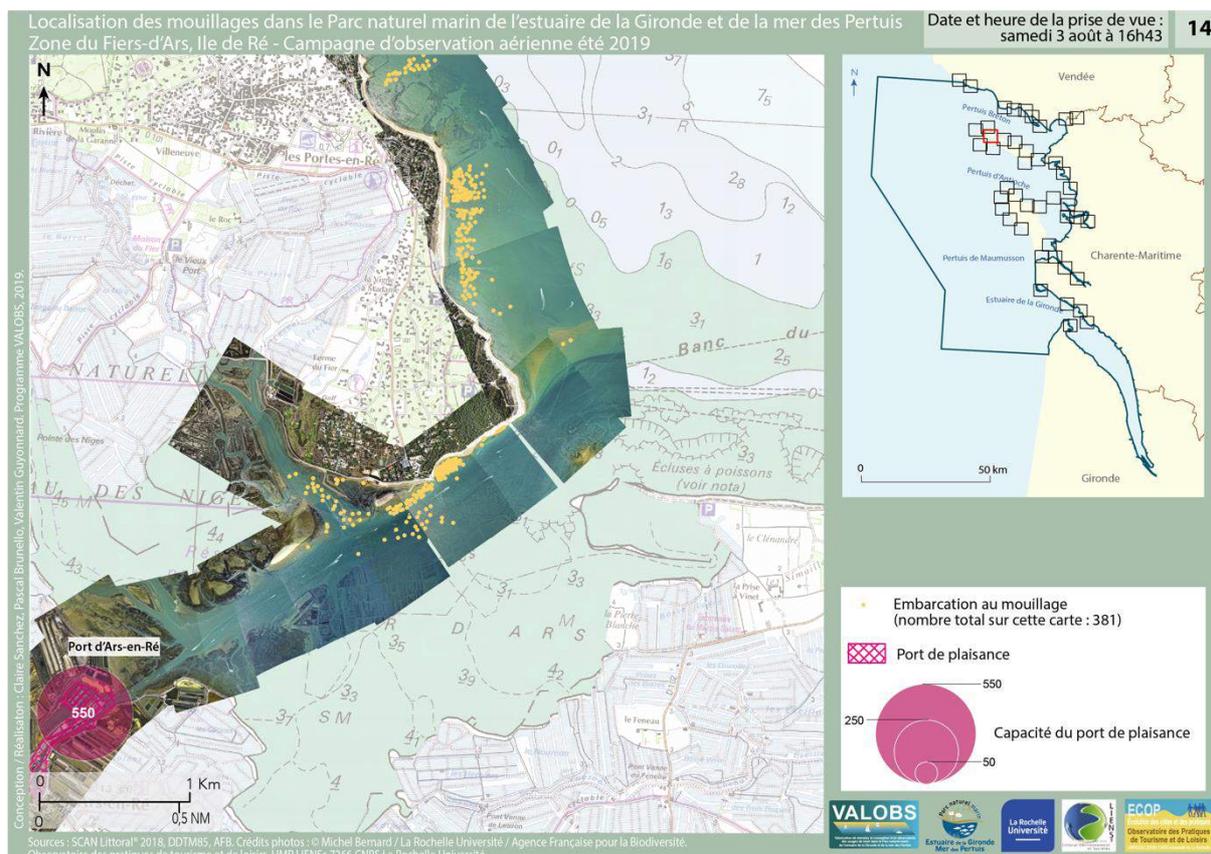
Figure 34 : Pointage des embarcations au mouillage sur les photographies dans un système d'information géographique



Sources photos : D'CLIC AERO - ECAV, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Dans le cadre du programme VALOBS, des données similaires acquises également durant le mois d'août 2019 ont été valorisées sous forme d'atlas comprenant 45 planches et recensant l'ensemble des zones du Parc où ont été détectés des mouillages (Figure 35).

Figure 35 : Planche tirée de l'atlas des mouillages produit dans le cadre de VALOBS avec la même méthode durant l'été 2019



## 6. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

- La préparation de la mission comprenant la rédaction du cahier des charges et les échanges avec le prestataire a mobilisé une personne pendant environ 10 à 15 jours.

Le géoréférencement des images a mobilisé une personne pendant 10 à 15 jours.

- Le pointage des données de mouillage a mobilisé une personne pendant 2 à 3 jours.

- Le coût de la prestation d'acquisition de données dans le cadre du programme VALOBS a été de 2000,22 € HT.

## 7. Conclusion

### 7.1. Une méthode adaptée à la spatialisation des activités de mouillage

Les données commandées via ce prestataire avec une résolution de 10 à 13 cm/px se sont révélées opérationnelles pour cartographier les activités de plaisance. Néanmoins, il paraît très clair qu'il faille privilégier les moments de marée basse pour limiter les artefacts causés par les reflets sur l'eau qui peuvent gêner la détection des bouées de mouillage. Cette attention est d'autant plus importante pour des images dont la résolution est moins précise, que celle utilisée dans le cadre de ce test.

Pour ce qui est des autres activités en mer, la marée haute reste le moment favorable pour localiser une majorité de pratiques dans la bande des 1 kilomètre de zone côtière. La résolution et la qualité des images sont apparues non opérationnelles pour observer les activités de sport nautique avec précision

L'un des avantages de cette méthode est qu'elle permet de couvrir des zones importantes en un temps restreint. Néanmoins, sa principale contrainte réside dans la représentativité des données récoltées par rapport au fait qu'elles ne représentent qu'une situation à un moment donné. Pour limiter ce biais, deux méthodes peuvent être utilisées. D'abord bien identifier les conditions optimales de vol permettant de réaliser la campagne dans des conditions les plus représentatives. Ensuite la solution est de multiplier les survols.

Par ailleurs, la limitation des jours possibles liée à la marée s'est révélée contraignante. En effet, elle s'est ajoutée aux contraintes de visibilité liées aux fortes chaleurs du mois de juillet dont le risque est de réduire la visibilité sur les images. Il est donc important de travailler avec des prestataires étant disponibles et pouvant s'adapter à ces imprévus.

## **7.2. Des coûts peu élevés mais un travail de post-traitement important**

Le coût de ce type de données est peu élevé. Néanmoins, le temps de post-traitement pour géoréférencer les images est important et peut être limitant.

Ce post-traitement nécessite par ailleurs des compétences de base en géomatique.

## **7.3. Des pistes pour réduire le temps de post-traitement avec l'utilisation de logiciel de constructions d'orthomosaïques**

Il existe aujourd'hui des logiciels permettant d'automatiser ces étapes. Il s'agit des logiciels qui automatisent la création des orthomosaïques et qui se développent aujourd'hui en parallèle du développement de la prise de photos aérienne par drone et des applications de photogrammétrie.

Des tests ont été réalisés à partir des images recueillies via ce protocole sur l'île de Ré sur les logiciels Pix4D<sup>30</sup> et Agisoft Metashape<sup>31</sup>. Les résultats sont les plus encourageants sur le logiciel Metashape. Sur plusieurs zones des orthomosaïques ont été créés correctement. Il s'agit des zones où le taux de recouvrement des photos est le plus important. Il semble donc qu'il faille garantir un taux de recouvrement d'au moins 60% pour utiliser ce logiciel. Par ailleurs, il est également important d'avoir une focale fixe sur l'ensemble des images utilisées pour générer la mosaïque.

#### 7.4. Approche avantages-inconvénients dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour spatialiser les activités de loisirs sur la bande côtière.

Avantages	Inconvénients
Une méthode adaptée à la spatialisation des mouillages	Une résolution et une qualité d'images trop peu précises pour spatialiser d'autres activités
Méthode qui permet de couvrir des zones très étendues en un minimum de temps	Méthode contrainte par les conditions météorologiques
Méthode qui permet de produire des cartes de répartitions précises, utiles si l'on veut croiser ces couches d'informations avec des couches sur les habitats ou les espèces dans une approche sur les pressions.	Méthode qui permet de spatialiser les pratiques à un instant donné et non de manière continue
Acquisition des données peu coûteuses	Temps de post-traitement long mais des pistes existent pour réduire ce temps

#### 8. Approche comparative des méthodes de prises de vues aériennes testées dans le cadre du programme VALOBS pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière

<sup>30</sup> Pix4D [en ligne] disponible sur : <https://www.pix4d.com/> (consulté le 1 mars 2020)

<sup>31</sup> Metashape – photogrammetric processing of digital images and 3D spatial data generation [en ligne] disponible sur <https://www.agisoft.com/> (consulté le 1 mars 2020)

Figure 36 : Tableau comparatif des trois protocoles testés

	<b>Protocole à partir des images verticales très haute résolution (6,5cm/px)</b>	<b>Protocole à partir des images verticales haute résolution (10-13 cm/px)</b>	<b>Protocole à partir des images obliques</b>
<b>Type d'activité observé</b>	L'ensemble des activités sur l'estran et la zone côtière qui peut être repéré par un type d'embarcation ou un type d'équipement	La plaisance et les activités de mouillage. Les sports nautiques si embarcation de grosse taille	L'ensemble des activités sur l'estran et la zone côtière (limité sur la plage) qui peut être repéré par un type d'embarcation ou un type d'équipement
<b>largeur de la surface observée au sol</b>	1500 mètres dont 1000 mètres en zone marine	900 mètres dont 700 mètres en zone marine	Plusieurs centaines de mètres de zones marine (non mesuré précisément)
<b>Temps de post-traitement</b>	2 à 3 jours	15 à 20 jours (des ajustements du protocole devraient permettre de diminuer ce temps)	2 à 3 jours
<b>Compétences nécessaires pour le post-traitement</b>	Compétences en géomatique de base	Compétences en géomatique moyennes	Compétences en géomatique de base
<b>Type de valorisation cartographique</b>	Cartographie précise des activités	Cartographie précise des activités	Cartographie des activités par zones
<b>Coûts de l'acquisition des données pour l'île de Ré</b>	6 500 euro	2 500 euros	entre 300 et 600 euros (1 à 2 heures de vol)

Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## Bibliographie

- Le Berre, S., Courtel, J. & Brigand, L., 2010. *Etude de la fréquentation nautique du Bassin d'Arcachon. Rapport final*. p. 97 p.
- Guyonnard, V., 2017. *Dimensions cachées et attentes spatiales dans un espace de pratique de tourisme et de loisirs. Une analyse géographique de la plage en Charente-Maritime (France)*. Thèse de géographie. UMR 7266 LIENSs CNRS - Université de La Rochelle. 393 p.
- Peuziat, I., 2009. *Plaisance et environnement Pratiques, représentations et impacts de la fréquentation nautique*. Thèse de doctorat de géographie. Université de Bretagne Occidentales. Institut Universitaire Européen de la Mer. GEOMER LETG UMR 6554 CNRS. 336 p.
- Peuziat, I. & Le Berre, I., 2015. *CARTAHU : Cartographie des activités humaines en mer côtière - Expérimentations en mer côtière - Rapport de recherches*. LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest, 87 p.
- Vacher, L. (dir) et al., 2014. *Atlas de la fréquentation des plages de Charente-Maritime, Campagne 2014*. La Rochelle, Observatoire des Pratiques de Tourisme et de Loisir-ECOP, UMR LIENSs, CNRS - Université de La Rochelle, 318 p.
- Widmer, W.M. & Underwood, A.J., 2006. Factors affecting traffic and anchoring patterns of recreational boats in Sydney Harbour , Australia. , 66(2004), pp.173–183.

## Table des illustrations

Figure 1 : Plan de vol de l'ULM durant la campagne du 13 août 2019 .....	88
Figure 2 : Assemblage des photographies et création de méga-images sous Autopano Giga .....	91
Figure 3 : Exemple de résultat du géoréférencement d'une méga-image représentant le nord-est de l'île de Ré .....	92
Figure 4 : Visualisation des activités de plaisance sur l'orthomosaïque .....	93
Figure 5 : Visualisation des activités de sports nautiques sur l'orthomosaïque .....	94
Figure 6 : Pointage des embarcations au mouillage sur les photographies dans un système d'information géographique .....	95
Figure 7 : Planche tirée de l'atlas des mouillages produit dans le cadre de VALOBS avec la même méthode durant l'été 2019 .....	96
Figure 8 : Tableau comparatif des trois protocoles testés .....	99
Tableau 1 : La finalité 44 et la sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis .....	84
Tableau 2 : les 10 jours qui réunissent les conditions de marée pour le survol .....	86
Photo 1 : L'ULM utilisé par le prestataire D'Clic Aéro. Le caisson en aluminium a été spécialement confectionné par le prestataire pour répondre à la demande (auteur : Valentin Guyonnard, 2019)..	87
Photo 2 : Image d'origine fournie par D'Clic Aéro au niveau de La Flotte-en-Ré (auteur : D'CLIC AERP - ECAV) .....	89
Photo 3 : Image d'origine fournie par D'Clic Aéro au niveau du Bois-Plage-en-Ré (auteur : D'CLIC AERP - ECAV) .....	90



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°6 : Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies obliques prises depuis un ULM

*Version finale – le 9 juillet 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



**Remerciements :**

L'auteur tient à remercier Claire Sanchez pour le traitement des données et Luc Vacher du laboratoire LIENSs CNRS – La Rochelle Université pour les nombreux échanges concernant l'analyse des images.

**Pour citer ce document :**

Guyonnard V., 2020, *Observations aériennes pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière. Protocole à partir de photographies obliques prises depuis un ULM. Fiche test VALOBS n°6.* Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 18 p.

## Sommaire

Sommaire .....	103
1. Contexte et objectifs du test .....	104
1.1. Des méthodes qui peuvent être mobilisées pour répondre à plusieurs enjeux de connaissance du Parc.....	104
1.2. Objectif du test .....	105
1.3. Contexte.....	105
1.4. Acteurs associés .....	105
2. Acquisition des images .....	105
2.1. Matériel utilisé, hauteur et plan de vol .....	106
2.2. Dates des prises de vues et conditions météo .....	107
2.3. Protocole de prises de vues et données recueillies .....	107
3. Post-traitement des images par création de diaporama.....	108
4. Types de pratiques observées .....	109
4.1. Les pratiques de plaisance .....	109
4.2. Les sports nautiques .....	110
4.3. Les pratiques sur l'estran et sur le bord du rivage.....	111
5. Traitement et production de cartographies .....	112
5.1. Création des zones de comptage.....	112
5.2. Comptage des objets et alimentation de la table attributaire de la couche polygone .....	113
6. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	114
7. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire .....	114
8. Conclusion .....	115
8.1. Approche avantages-inconvénients dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour spatialiser les activités de loisirs sur la bande côtière. ....	115
9. Approche comparative des méthodes de prises de vues aériennes testées dans le cadre du programme VALOBS pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière .....	116
Bibliographie .....	118
Table des illustrations .....	118

## 1. Contexte et objectifs du test

Ce test consiste à évaluer l'opérationnalité d'un protocole d'observation permettant la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière à partir d'images obliques prises depuis un ULM.

Les méthodes de prises de vues aériennes sont des méthodes largement utilisées dans le cadre des campagnes d'amélioration de la connaissance dans les aires marines protégées. Son principal avantage est de permettre de couvrir des superficies importantes dans un laps de temps limité (Peuziat & Le Berre, 2015). Dans le cadre de l'observation des usages de loisirs son utilisation concerne le plus souvent l'étude de la fréquentation des plages (Guyonnard, 2017 ; Vacher et al., 2014) et le comptage des mouillages ou des embarcations (Le Berre et al., 2010 ; Lemahieu, 2015 ; Peuziat, 2004 ; Widmer & Underwood, 2006)

Cette fiche fait le compte-rendu du test réalisé à partir de photographies obliques prises depuis un ULM autour de l'Île de Ré. Nous avons néanmoins testé d'autres méthodes d'acquisitions d'images aériennes afin de sélectionner dans le cadre de l'observatoire celles qui correspondent le mieux à notre besoin et à nos moyens. Au final, deux méthodes de prises de vues verticales et une méthode de prises de vues obliques ont été testées.

Une fiche par protocole a été produite et une approche comparative avec les 2 autres protocoles testés sera proposée à la fin de cette fiche.

### 1.1. Des méthodes qui peuvent être mobilisées pour répondre à plusieurs enjeux de connaissance du Parc

Ce test alimente les réflexions sur les méthodes mobilisables pour acquérir des données sur la spatialisation des pratiques permettant de répondre à plusieurs finalités de connaissance concernant les usages de loisirs dans le Parc. Deux sont directement ciblées (Tableau 1) :

- La première concerne la meilleure connaissance et la mesure de la diversité des activités de loisirs dans le Parc naturel marin, traduit dans le plan de gestion par la finalité 44 concernant le maintien de cette diversité.
- La seconde concerne l'évaluation et le suivi des pressions des mouillages sur les herbiers de zostère, traduit par la sous-finalité 47.2 du plan de gestion.

Tableau 14 : La finalité 44 et la sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 44 : la diversité des activités de loisirs est maintenue	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
44.1 : La diversité des pratiques est maintenue	Maintien de la diversité des pratiques (niveaux de référence à préciser)
44.2 : La diversité des types d'accueil des plaisanciers est maintenue	Maintien de la diversité des types d'accueil des plaisanciers, dans les ports et aux mouillages.

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères</li> <li>→ Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied</li> </ul>

## 1.2. Objectif du test

L'objectif de ce test est d'évaluer l'opérationnalité de ce type d'observations aériennes pour spatialiser les activités de loisir sur la bande côtière. Plus concrètement, les questions auxquelles ce test doit contribuer à répondre sont :

- Quelles sont les activités qui peuvent être spatialisées à partir de ce protocole d'observation et des données recueillies ?
- Comment traiter et valoriser ces données ?
- Quels sont les moyens humains (temps de travail et compétences) et financiers à mobiliser ?

## 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

## 1.4. Acteurs associés

Le prestataire sélectionné est la société D'Clic Aéro<sup>32</sup>, spécialisée dans la photographie aérienne. Les photos ont été prises par Valentin Guyonnard qui a embarqué à bord de l'avion. Le traitement des images et la production de données vectorielles a été réalisé par Valentin Guyonnard.

## 2. Acquisition des images

Les acquisitions ont été réalisées le 21 août 2019. Un pilote et un observateur ont été mobilisés pour cette campagne.

<sup>32</sup> D'Clic Aero [en ligne] Disponible sur : <https://www.d clic-aero.fr/accueil> (consulté le 27 février 2020)

## 2.1. Matériel utilisé, hauteur et plan de vol

Ce survol a été réalisé suite à la proposition du gérant de D'CLIC AERO. L'ULM utilisé est de type G1 SPYL. Cet aéronef est équipé de portes latérales pouvant être retirées pour permettre à l'observateur d'avoir une bonne visibilité pour prendre des photos (Photo 10).

*Photo 13 : L'ULM utilisé par le prestataire D'Clic Aéro (auteur : Valentin Guyonnard, 2019).*



La hauteur de vol a été de 700 mètres/sol et la trajectoire pour la plus grande partie en mer à environ 1000 à 1200 mètres du trait de côte avec un parcours parallèle au rivage. (Figure 29).

Figure 37 : Plan de vol de l'ULM durant la campagne du 26 août 2019



Source : fond : Google.cn Satellites.

Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

Le matériel de prises de vues utilisé à bord est un appareil de type NIKON D7100 avec un objectif 70-200 mm. Cet appareil possède une résolution de 24 millions de pixels. Aucun autre objectif n'a été emmené à bord de l'appareil durant le survol alors qu'un zoom moins important aurait permis d'avoir des plans plus larges.

## 2.2. Dates des prises de vues et conditions météo

Le survol a été réalisé le 21 août 2019 entre 17h et 18h15

- Heures de survol : entre 17h et 18h15
- Température maximale : 23°C (à l'ombre)
- Conditions de vent : NNO 8 à 10 nœuds
- Couverture nuageuse : journée de beau temps avec quelques nuages. Ciel dégagé pendant le survol.
- marée : mi marée (pleine mer à 20h47 – coef 62)

## 2.3. Protocole de prises de vues et données recueillies

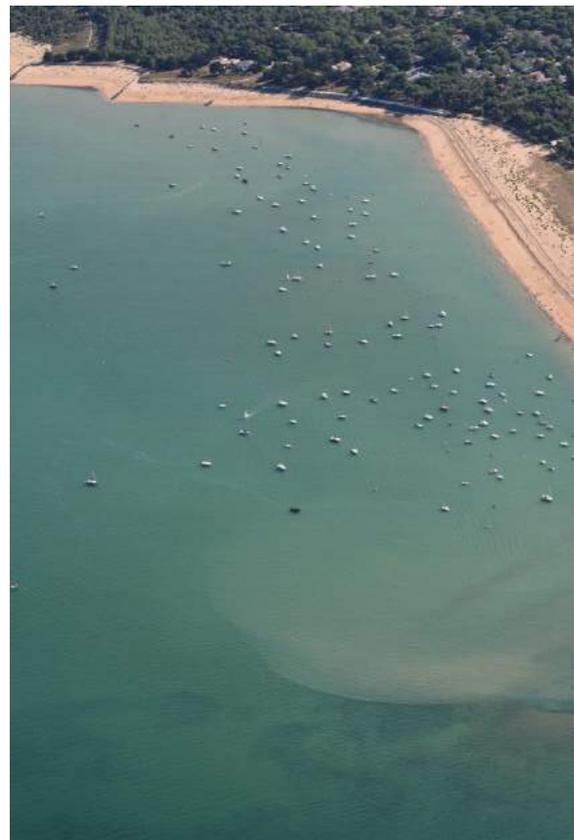
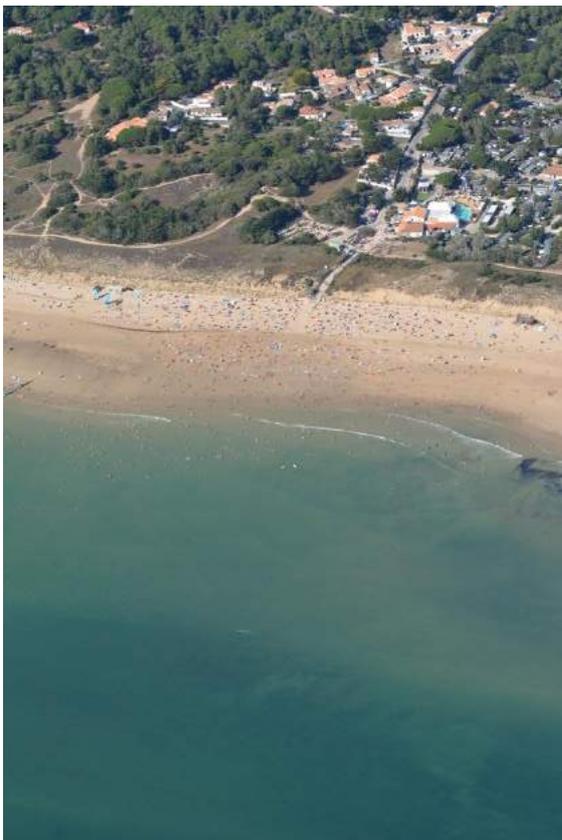
Le protocole consiste pour l'observateur posté à droite de l'aéronef, à détecter des zones avec présence d'activités de loisir. Puis lors du passage de l'aéronef au niveau de ces zones, l'observateur doit prendre des clichés successifs avec un recouvrement important de ces zones. Ce protocole a par ailleurs été utilisé par Anne Lemahieu dans le cadre de ses travaux de thèse à La Réunion (Lemahieu, 2015).

Pour ce test, l'observateur s'est concentré sur la prise de clichés des zones de mouillages et de quelques zones d'activités nautiques pour le test. Les données recueillies se composent d'un ensemble de photographies obliques prises en direction du rivage. Ces photographies possèdent des coordonnées GPS (celles de la position de l'appareil photo au moment du déclenchement de chaque cliché).

L'angle de ces photographies n'est pas totalement à 90° de la trajectoire de l'avion. En effet, les haubans qui maintiennent les ailes de l'ULM passent dans l'axe des 90° de l'observateur et seraient au centre des photos prises avec cet angle. Il existe des ULM pour lesquels les ailes sont situées plus à l'arrière du cockpit. Dans le cas du déploiement de cette méthode, nous conseillons si possible de privilégier ce type d'appareil.

Au total, 500 clichés ont été pris pour l'ensemble du tour de l'île de Ré pour un poids d'ensemble de 3,5 Go.

*Photo 14 : Exemples de photos prises lors du survol (auteur : D'CLIC AERP - ECAV)*



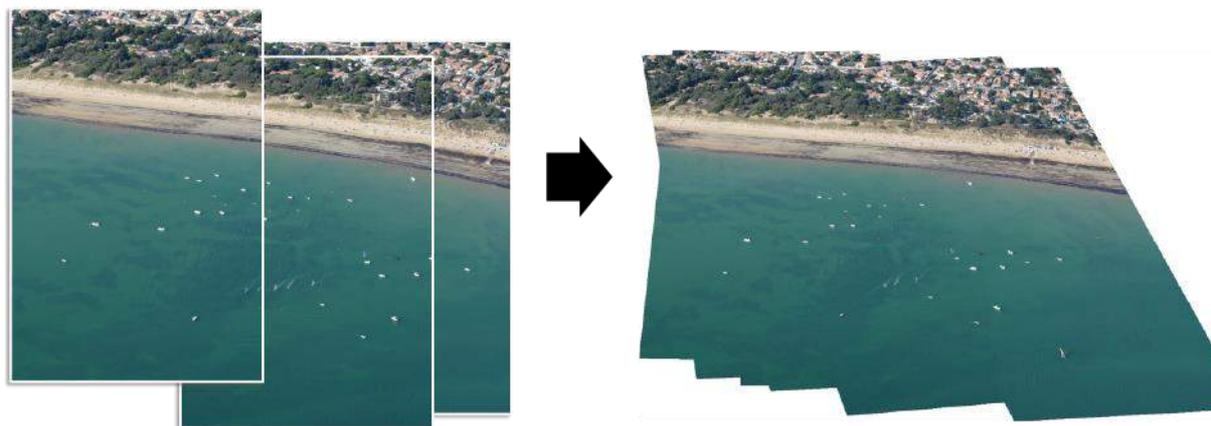
### 3. Post-traitement des images par création de diaporama

Afin de ne pas devoir jongler avec des dizaines de photographies pour identifier et dénombrer les activités sur les photos, la méthode proposée consiste à créer des panoramas constitués de 2 à 10

photos représentant des zones de pratique. Ces panoramas ont été créés avec l'outil « Photomerge » sur Adobe Photoshop CS6<sup>33</sup>. Ils permettent de limiter les doubles comptages des objets identifiés.

Au total 33 panoramas ont été créés selon cette méthode. Aucune compétence particulière n'est nécessaire. Pour les clichés pris sur l'Île de Ré cette étape a mobilisé une personne pendant 2 journées.

Figure 38 : La création de panoramique représentant des zones de pratique de plage à partir de plusieurs clichés obliques pris depuis un ULM (auteur : Valentin Guyonnard, 2019)



Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 4. Types de pratiques observées

Les panoramas ainsi créés ont été analysés par photo-interprétation (c'est-à-dire visionnage des photographies par un opérateur humain) afin d'évaluer leur opérationnalité pour spatialiser les différentes activités présentes sur la bande côtière. Nous aborderons ici seules les activités ayant été identifiées à partir de cette campagne.

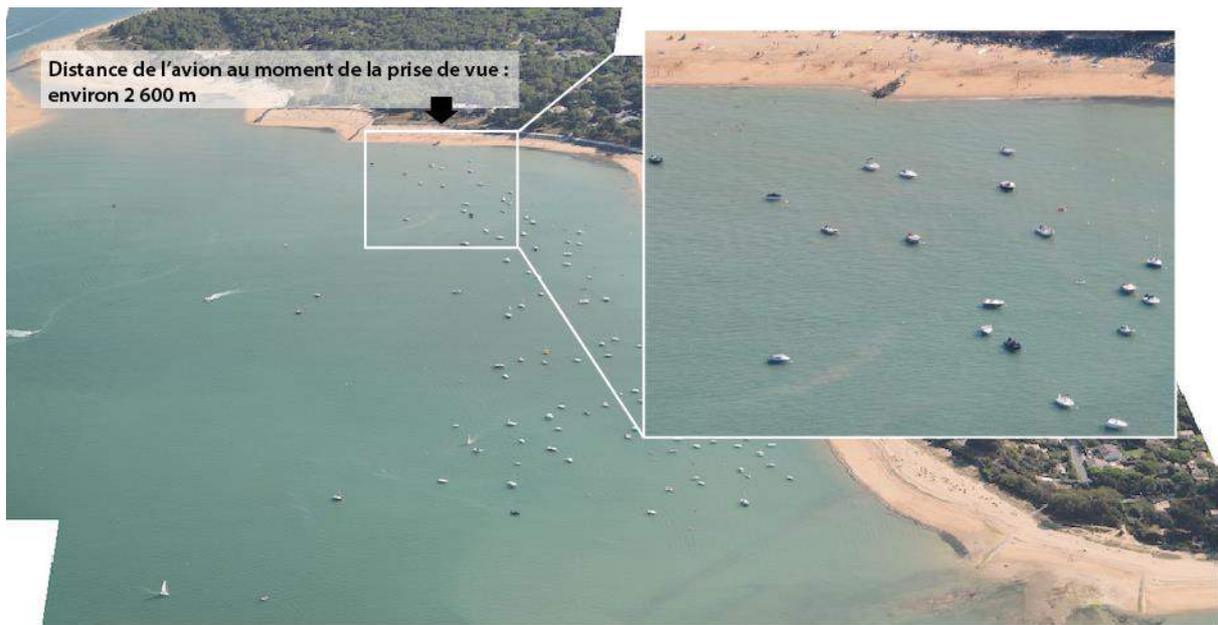
### 4.1. Les pratiques de plaisance

Les données recueillies permettent d'identifier clairement les embarcations de plaisance sur les panoramas photographiques, qu'elles soient en navigation ou au mouillage (Figure 25). La qualité des images permet aussi d'identifier des bouées de mouillages.

Sur la Figure 25 on distingue clairement les bouées du chenal d'accès à la plage (de couleur jaune) des autres bouées dans une zone située à plus de 2600 mètres de l'avion.

<sup>33</sup> Il existe des logiciels gratuits qui permettent de réaliser ces tâches comme le logiciel Hugin – Panorama photo stitcher (<http://hugin.sourceforge.net/>)

Figure 39 : Visualisation des embarcations de plaisance sur les panoramas photographiques



Auteur : Valentin Guyonnard, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

#### 4.2. Les sports nautiques

Les embarcations et les usagers de sports nautiques sont également facilement détectables sur ces photos (Figure 26). Que ce soit les embarcations de voile légère, les planches à voile ou encore les *stand-up paddle*, aucune difficulté n'a été identifiée pour les identifier et les comptabiliser.

Figure 40 : Visualisation des activités de sports nautiques sur les panoramas photographiques



Auteur : Valentin Guyonnard, 2019.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

### 4.3. Les pratiques sur l'estran et sur le bord du rivage

Les activités sur l'estran et sur le bord du rivage sont également bien identifiées sur les panoramas photographiques (Figure 41).

Le fait d'avoir une vision oblique permet de distinguer très clairement les personnes debout. Ainsi, cette méthode paraît adaptée dans le cadre d'études de fréquentation des sites de pêche à pied. Par contre, la comptabilisation des personnes installées sur la plage est plus difficile, notamment lorsqu'elles sont couchées sur leurs serviettes et qu'il faut les distinguer les unes des autres.

Figure 41 : Visualisation des activités de l'estran sur les panoramas photographiques



Auteur : Valentin Guyonnard, 2019.

Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 5. Traitement et production de cartographies

Avec ce type de méthode d'acquisition, la spatialisation précise des activités n'est pas possible. Il est en effet impossible de recaler un objet identifié sur une photo oblique (un bateau par exemple) de manière précise dans un repère géographique en plan comme cela est fait avec des photographies verticales lors de la phase de géoréférencement (voir fiche test VALOBS n°5). La raison est que sur la partie marine des images, il n'y a aucun point de repère fixe sur lequel nous pourrions recaler les photos dans un repère géographique.

C'est pourquoi la méthode proposée ici consiste à reporter des données de fréquentation des usages observées sur les photos obliques dans des zones dont les limites sont repérables sur ces photos. Ces zones seront ensuite cartographiées sous SIG.

### 5.1. Création des zones de comptage

Le choix a été ici de créer des zones correspondant à des transects de 2 km du rivage (Figure 30). Ces zones ont été créées dans un SIG via un fichier de forme au format polygone. Dans le cas où de telles observations sont répétées, il est nécessaire d'utiliser le même découpage afin de pouvoir effectuer une approche comparée dans le temps.

Ces zones possèdent des surfaces différentes puisque ces dernières dépendent de la forme du rivage. Pour ce test, le Fiers d'Ars a fait l'objet d'un traitement particulier puisqu'une seule zone a été créée

pour l'ensemble de la baie. Mis à part cette zone, les surfaces des espaces créés à partir des transects sont situées entre 1,7 et 2,3 km<sup>2</sup>.

Figure 42 : Transects utilisés pour comptabiliser les pratiques à partir des photos obliques



Source : fond : Google.cn Satellites.  
Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

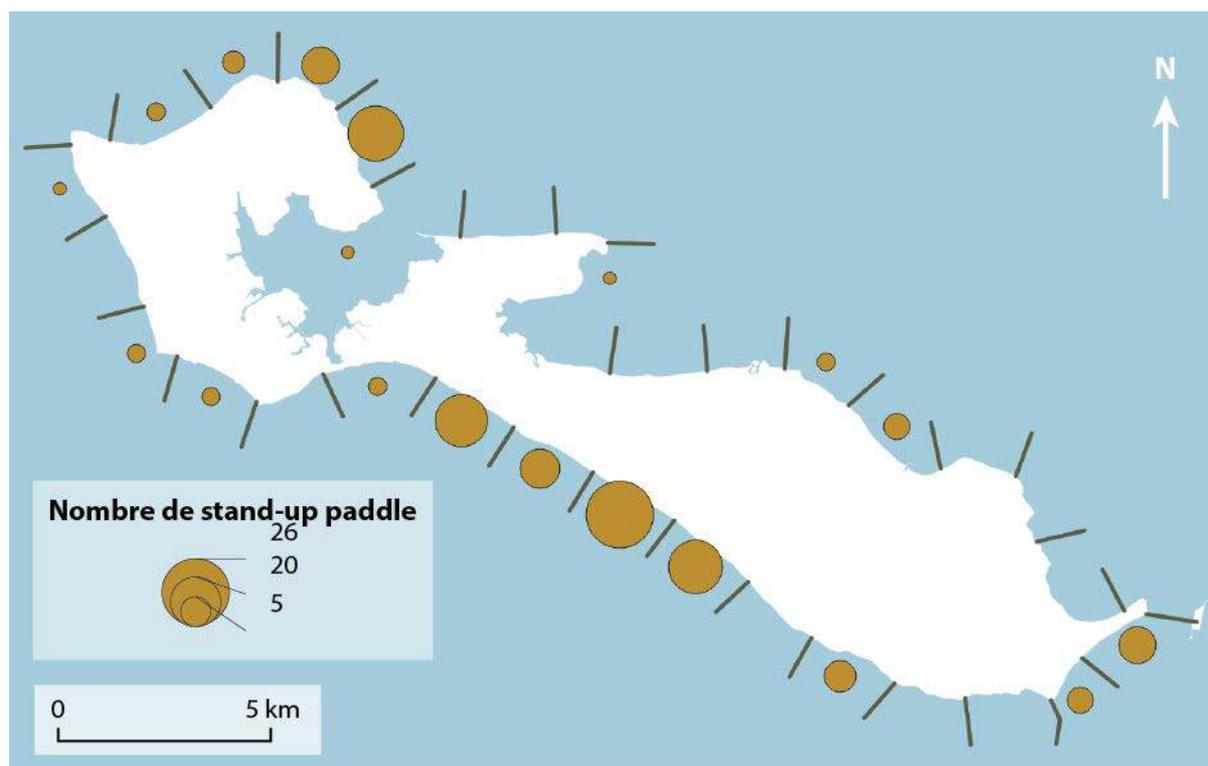
## 5.2. Comptage des objets et alimentation de la table attributive de la couche polygone

L'étape suivante consiste à compter sur les panoramas photographiques les objets à observer et à reporter dans la table attributive sous SIG le nombre d'objets identifiés. Aucune difficulté majeure n'a été identifiée pour cette étape même s'il faut parfois chercher pendant quelques secondes des points de correspondance à la fois dans le SIG avec une couche de photos aériennes type IGN ou GoogleMaps et sur les panoramas pour fixer les limites des zones.

L'utilisation d'un compteur manuel pour cette étape s'est avérée utile pour ne pas se perdre dans le comptage.

La comptabilisation des pratiquants de *stand-up paddle* en activité a été réalisée à partir de ces images pour valider la méthode et une cartographie a été produite (Figure 43). Au total, 132 pratiquants en train de pratiquer ont été identifiés sur les panoramas autour de l'île de Ré au moment du survol. Cette étape a mobilisé une personne pendant une demi-journée.

Figure 43 : Carte de la répartition des pratiquants de stand-up paddle en activité le 21 août 2019 entre 17h et 18h.



Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## 6. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

- La préparation de la mission, c'est-à-dire les échanges avec le pilote de l'ULM et la création du plan de vol a mobilisé une personne pendant environ 1 jour.
- La création des panoramas photographiques a mobilisé une personne pendant 2 jours
- Le comptage des *stand-up paddle* a mobilisé une personne pendant une demi-journée
- Ce test n'a pas mobilisé de coût spécifique, le pilote d'ULM ayant proposé de réaliser ce survol gratuitement.

## 7. Coût de ce type de prestation dans le cadre du déploiement de l'observatoire

Ce type de méthode est considéré comme peu coûteux puisqu'il nécessite seulement des coûts d'heures de vol si l'observateur est un agent de l'observatoire. Le coût d'une heure de vol en ULM varie entre 150 et 300 euros.

## 8. Conclusion

Cette méthode de prises de vues s'est révélée efficace pour identifier une grande majorité d'activités présentes sur la bande côtière. Que ce soit les activités de plaisance, les activités de sports nautiques et les activités sur l'estran, cette méthode semble adaptée à leur détection et leur comptabilisation. Il n'y a que pour la comptabilisation des personnes sur la plage que cette méthode est limitée.

Ce test n'a cependant pas permis d'identifier clairement la profondeur de la bande côtière qu'il est possible d'observer via ce protocole. Nous pensons qu'en effectuant le vol à une distance de plus de 2000 mètres du rivage il est possible d'obtenir une profondeur de zone observée de 600 à 1000 mètres au sol. Néanmoins, des tests doivent être réalisés pour préciser ces valeurs, notamment dans la bonne adéquation entre la distance à la côte de la trajectoire de l'avion et la longueur de la focale de l'appareille dont dépend l'angle de champ.

Cette méthode d'observation est par contre limitée pour l'observation des objets vers le large. Elle ne peut être adaptée pour comptabiliser seulement les activités situées à quelques centaines de mètres du rivage.

L'un des avantages de cette méthode est qu'elle permet de couvrir des zones importantes en un temps restreint. Néanmoins, sa principale contrainte réside dans la représentativité des données récoltées par rapport au fait qu'elles ne représentent qu'une situation à un moment donné. Pour limiter ce biais, deux méthodes peuvent être utilisées. D'abord bien identifier les conditions optimales de vol permettant de réaliser la campagne dans des conditions les plus représentatives. Ensuite la solution est de multiplier les survols.

L'usage des photographies obliques ne permet pas de localiser précisément les objets détectés dans l'espace mais de les comptabiliser seulement dans des zones de pratique.

Le coût d'acquisition des données est peu élevé. Néanmoins, le temps de post-traitement peut s'avérer important dans le cas de l'utilisation de ce protocole sur des grandes zones ou sur des campagnes répétées.

Enfin, comme pour tous les protocoles qui mobilisent des moyens aériens, la contrainte de la météo reste à prendre en compte.

### 8.1. Approche avantages-inconvénients dans le cadre de l'utilisation de cette méthode pour spatialiser les activités de loisirs sur la bande côtière.

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

Une méthode adaptée à l'observation de pratiquement toutes les activités de loisir sur la bande côtière.	Protocole qui ne permet pas d'identifier les activités à plus de quelques centaines de mètres du rivage
Méthode qui permet de couvrir des zones très étendues en un minimum de temps	Méthode contrainte par les conditions météorologiques
Méthode qui permet de produire des cartes de répartition par zone	Méthode qui permet de spatialiser les pratiques à un instant donné et non de manière continue
Acquisition des données peu coûteuse	

## 9. Approche comparative des méthodes de prises de vues aériennes testées dans le cadre du programme VALOBS pour la spatialisation des activités de loisirs sur la bande côtière

Figure 44 : Tableau comparatif des trois protocoles testés

	<b>Protocole à partir des images verticales très haute résolution (6,5cm/px)</b>	<b>Protocole à partir des images verticales haute résolution (10-13 cm/px)</b>	<b>Protocole à partir des images obliques</b>
<b>Type d'activité observé</b>	L'ensemble des activités sur l'estran et la zone côtière qui peut être repéré par un type d'embarcation ou un type d'équipement	La plaisance et les activités de mouillage. Les sports nautiques si embarcation de grosse taille	L'ensemble des activités sur l'estran et la zone côtière (limité sur la plage) qui peut être repéré par un type d'embarcation ou un type d'équipement
<b>largeur de la surface observée au sol</b>	1500 mètres dont 1000 mètres en zone marine	900 mètres dont 700 mètres en zone marine	Plusieurs centaines de mètres de zones marine (non mesuré précisément)
<b>Temps de post-traitement</b>	2 à 3 jours	15 à 20 jours (des ajustements du protocole devraient permettre de diminuer ce temps)	2 à 3 jours
<b>Compétences nécessaires pour le post-traitement</b>	Compétences en géomatique de base	Compétences en géomatique moyennes	Compétences en géomatique de base
<b>Type de valorisation cartographique</b>	Cartographie précise des activités	Cartographie précise des activités	Cartographie des activités par zones
<b>Coûts de l'acquisition des données pour l'île de Ré</b>	6 500 euro	2 500 euros	entre 300 et 600 euros (1 à 2 heures de vol)

Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, Programme VALOBS, 2020.

## Bibliographie

- Le Berre, S., Courtel, J. & Brigand, L., 2010. *Etude de la fréquentation nautique du Bassin d'Arcachon. Rapport final*. 97 p.
- Guyonnard, V., 2017. *Dimensions cachées et attentes spatiales dans un espace de pratique de tourisme et de loisirs. Une analyse géographique de la plage en Charente-Maritime (France)*. Thèse de géographie. UMR 7266 LIENSs CNRS - Université de La Rochelle. p. 393 p.
- Lemahieu, A. et al., 2013. Élaboration d'un protocole de suivi de la fréquentation au sein de la Réserve naturelle marine de la Réunion, France, Océan Indien. *VertigO*, 13(1), pp.1–33. Disponible sur: <http://vertigo.revues.org/13379#authors> [Consulté le: 29 September 2015].
- Lemahieu, A., 2015. *Fréquentation et usages littoraux dans la Réserve Naturelle Marine de La Réunion*. Thèse de géographie. Université Paris I Panthéon Sorbonne. 368 p.
- Peuziat, I., 2004. Plaisanciers en quête d'espaces naturels et de tranquillité : illusion ou réalité ? *Norois*, (193), pp.103–115. Disponible sur: <http://norois.revues.org/813>.
- Peuziat, I. & Le Berre, I., 2015. *CARTAHU : Cartographie des activités humaines en mer côtière - Expérimentations en mer côtière - Rapport de recherches*. LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest, p. 87 p.
- Vacher, L. (dir) et al., 2014. *Atlas de la fréquentation des plages de Charente-Maritime, Campagne 2014*. La Rochelle, Observatoire des Pratiques de Tourisme et de Loisir-ECOP, UMR LIENSs, CNRS - Université de La Rochelle, p. 318 p.
- Widmer, W.M. & Underwood, A.J., 2006. Factors affecting traffic and anchoring patterns of recreational boats in Sydney Harbour , Australia. , 66(2004), pp.173–183.

## Table des illustrations

Figure 1 : Plan de vol de l'ULM durant la campagne du 26 août 2019 .....	107
Figure 2 : La création de panoramique représentant des zones de pratique de plage à partir de plusieurs clichés obliques pris depuis un ULM (auteur : Valentin Guyonnard, 2019).....	109
Figure 3 : Visualisation des embarcations de plaisance sur les panoramas photographiques .....	110
Figure 4 : Visualisation des activités de sports nautiques sur les panoramas photographiques.....	111
Figure 5 : Visualisation des activités de l'estran sur les panoramas photographiques.....	112
Figure 6 : Transects utilisés pour comptabiliser les pratiques à partir des photos obliques .....	113
Figure 7 : Carte de la répartition des pratiquants de stand-up paddle en activité le 21 août 2019 entre 17h et 18h. ....	114
Figure 8 : Tableau comparatif des trois protocoles testés .....	117
Tableau 1 : La finalité 44 et la sous-finalité 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.....	104
Photo 1 : L'ULM utilisé par le prestataire D'Clic Aéro (auteur : Valentin Guyonnard, 2019).....	106
Photo 2 : Exemples de photos prises lors du survol (auteur : D'CLIC AERP - ECAV) .....	108



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°7 : Compte-rendu d'une démonstration d'un système de cartographie déportée avec télémètre pour la spatialisation des mouillages et des oiseaux sur l'estran

*Version finale – le 8 mai 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS



## Sommaire

Sommaire .....	120
1. Contexte et objectifs du test .....	121
1.1. Le test d'un outil permettant de répondre à plusieurs besoins d'observation .....	121
1.2. Objectifs du test : .....	122
1.3. Contexte .....	122
2. Matériel testé .....	122
3. Conditions du test .....	123
4. Déroulement du test .....	124
4.1. Préparation des couches à renseigner sur ARPENGIS .....	124
4.2. Cartographie des bateaux au mouillage .....	124
4.3. Spatialisation des oiseaux sur l'estran .....	127
5. Récupération des données et post-traitement .....	128
6. Coût de la solution testée .....	129
7. Conclusion .....	129
Table des illustrations .....	131

### Pour citer ce document :

Guyonnard V., 2020, *Compte-rendu d'une démonstration d'un système de cartographie déportée avec télémètre pour la spatialisation des mouillages et des oiseaux sur l'estran. Fiche test VALOBS n°7.* Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 13 p.

## 1. Contexte et objectifs du test

Ce test alimente les réflexions sur les méthodes mobilisables dans le cadre des observations sur plusieurs thématiques du Parc naturel marin. Les télémètres sont historiquement utilisés pour observer la faune sauvage terrestre. Néanmoins, des protocoles sont aujourd'hui à l'étude dans les aires marines protégées et utilisent l'outil télémètre pour cartographier les usages et les espèces d'avifaune.

### 1.1. Le test d'un outil permettant de répondre à plusieurs besoins d'observation

Le test de cet outil alimente les réflexions sur les méthodes mobilisables pour acquérir des données sur la spatialisation des pratiques, en particulier les mouillages, et la spatialisation des oiseaux sur l'éstran.

Pour ce qui est de la première thématique, cet outil pourra répondre au besoin d'observation des zones de mouillage dans l'étude et le suivi des sites d'accueil des plaisanciers de la pression des mouillages sur les herbiers en rapport avec les sous-finalités 44.2 et 47.2 du plan de gestion du Parc.

Figure 45 : les sous-finalités 44.2 et 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin

<b>Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif</b>	
<b>Finalité 44 : la diversité des activités de loisirs est maintenue</b>	
<b>44.2 : La diversité des types d'accueil des plaisanciers est maintenue</b>	Maintien de la diversité des types d'accueil des plaisanciers, dans les ports et aux mouillages.
<b>Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif</b>	
<b>Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc</b>	
<b>Sous-finalités</b>	<b>Niveaux d'exigence</b>
<b>47.2 : Des activités de loisirs aux pressions réduites sur les herbiers de zostères</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Une tendance significative à la baisse du nombre de mouillages impactant les herbiers de zostères</li> <li>→ Une tendance significative à la baisse du niveau de piétinement des herbiers de zostères par les pêcheurs à pied</li> </ul>

Pour ce qui concerne la seconde thématique identifiée, ce test permettra d'identifier l'opérationnalité de cet outil dans le cadre du protocole développé par RNF et l'OBF sur l'évaluation et le suivi du dérangement de l'avifaune en rapport avec la finalité 11 et la sous-finalité 47.1 du plan de gestion du Parc.

Figure 46 : La finalité 11 et la sous-finalité 47.1 du plan de gestion du Parc naturel marin

Enjeu : la fonction d'alimentation pour les oiseaux de l'estran	
Finalité 11	Niveau d'exigence
Des ressources alimentaires suffisantes et accessibles sont maintenues, pour les oiseaux d'eau.	→ Maintien des ressources alimentaires pour les oiseaux d'eau (en quantité et en qualité)

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 47 : des activités et manifestations de loisirs aux pressions réduites sur les espèces et habitats à enjeu majeur pour le Parc	
Sous-finalité 47.1	Niveau d'exigence
Le dérangement des espèces à enjeu majeur est réduit, en particulier l'avifaune et les mammifères marins	Diminution significative du dérangement de l'avifaune et des mammifères marins

## 1.2. Objectifs du test :

L'objectif de ce test est d'évaluer l'opérationnalité d'un système de cartographie déportée comprenant un télémètre et un carnet de terrain numérique pour spatialiser a) des embarcations aux mouillages en pleine eau ou échouées et b) des limicoles côtiers sur des vasières.

Les principaux questionnements concernent, d'une part, la facilité d'utilisation de la solution proposée (logiciel, outils, etc.) et, d'autre part, la faisabilité de la cartographie de points déportée pour des objets de tailles différentes (embarcations, bouées de mouillage, oiseaux) et à des distances différentes.

## 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

## 2. Matériel testé

Le matériel testé est composé d'un télémètre de type Tupulse 360<sup>34</sup> et d'un carnet de terrain TRIMBLE 150<sup>35</sup> (précision sub-métrique) équipé du logiciel de cartographie nomade ArpentGIS<sup>36</sup> sous Android. Les deux appareils sont connectés en Bluetooth.

<sup>34</sup> Documentation en ligne : [https://www.d3e.fr/gps/gps\\_telemetre-trupulse.html](https://www.d3e.fr/gps/gps_telemetre-trupulse.html) (consulté le 17 octobre 2019)

<sup>35</sup> Documentation en ligne : [https://www.d3e.fr/gps/Trimble\\_TDC150\\_2019a.html](https://www.d3e.fr/gps/Trimble_TDC150_2019a.html) (consulté le 17 octobre 2019)

<sup>36</sup> Documentation en ligne. [https://www.d3e.fr/gps/ArpentGIS\\_2016a.html](https://www.d3e.fr/gps/ArpentGIS_2016a.html) (consulté le 17 octobre 2019)

Photo 15 : Télémètre Trupulse 360 (à gauche) et Trimble 360 avec logiciel ArpentGIS (à droite). Auteur : Valentin Guyonnard, 2019.



Le carnet de terrain est fixé à une perche en carbone de 1,20 mètre qui lui permet d'être à la bonne hauteur lors de la prise de mesure GPS. Le télémètre n'était pas fixé mais il est possible de le fixer sur une plus grande perche avec à mi-hauteur le carnet de terrain, et à hauteur des yeux le télémètre. L'ensemble est léger et peut être transporté par une personne.

### 3. Conditions du test

Le test a été réalisé avec Alexis Rivière, Responsable Commercial Sud de l'entreprise D3E ELECTRONIQUE le mercredi 18 septembre 2019 entre 14h et 16h30 à Port Neuf – La Rochelle (Figure 47). Ce site a l'avantage de concentrer dans un faible périmètre une zone de mouillage et un estran vaseux et rocheux permettant l'observation d'embarcations et d'oiseaux côtiers.

Contact Alexis Rivière :

Tel : 07 86 86 29 46

Mel : [alexis.riviere@d3e.fr](mailto:alexis.riviere@d3e.fr)

Conditions météo : Beau temps ; vent medium à fort (16-20 nds, rafales à 33 nœuds) direction NE ; température : 23°C

Marée : marée basse au moment du test (BM à 14h03, coef 76)

Figure 47 : Localisation du lieu de test sur photographies aériennes (BD ORTHO IGN) et carte littorale (SCAN LITO IGN-SHOM). Source : Géoportail, 2019.



## 4. Déroulement du test

### 4.1. Préparation des couches à renseigner sur ARPENGIS

Le test a commencé par des explications sur la création des couches à renseigner sur ARPENGIS (logiciel de bureau). Il est possible de créer différentes couches d'informations composées de plusieurs champs et de plusieurs attributs<sup>37</sup>. Ces champs seront sélectionnables par menu déroulant lors de la saisie. Nous n'avons pas créé de couches spécifiques pour ce test et avons utilisé des couches déjà créées avec des identifiants correspondant à du mobilier urbain.

De manière générale, l'utilisation du carnet de terrain et du logiciel d'ARPENGIS sous Android est apparue comme simple et intuitive, ce qui permettrait une prise en main rapide pour des personnes non spécialistes.

L'écran est totalement tactile et s'utilise sans stylet (même s'il est possible d'en utiliser un), ce qui peut être un inconvénient en cas de port de gants, dans ce cas l'utilisation du stylet est obligatoire.

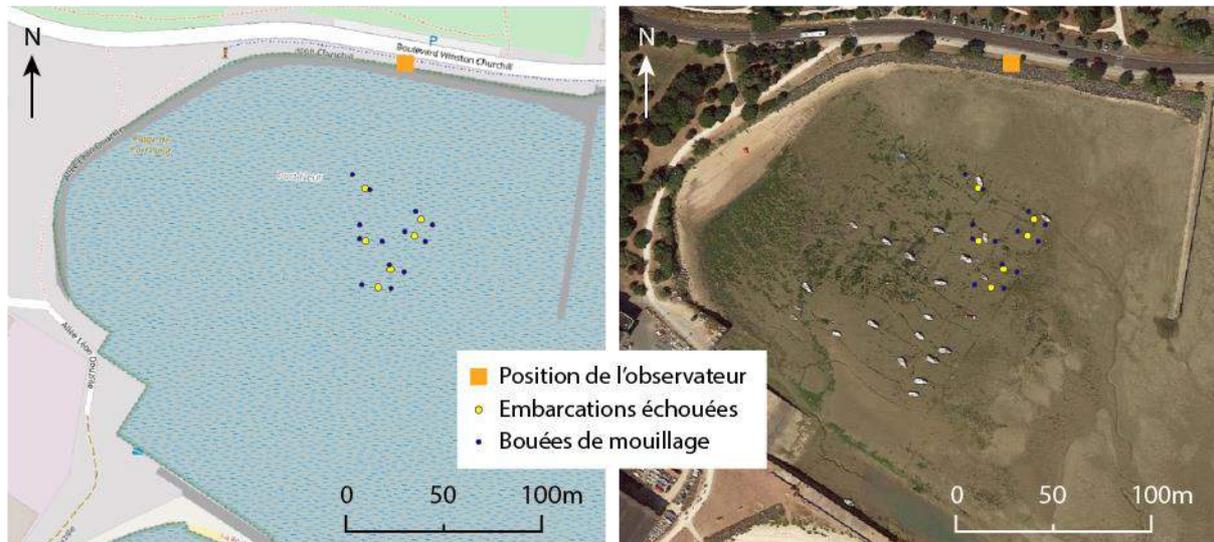
L'appareil était couplé avec un téléphone mobile en partage de connexion afin de pouvoir charger les flux de fonds de cartes (IGN, Google, OpenStreetMap, etc.).

### 4.2. Cartographie des bateaux au mouillage

<sup>37</sup> Un manuel d'utilisation détaillé à jour et en français est disponible ici : [https://www.d3e.fr/gps/gps\\_arpentgis.html](https://www.d3e.fr/gps/gps_arpentgis.html) (consulté le 18 octobre 2019)

Nous nous sommes positionnés devant la zone de mouillage et nous avons pointé les coques des bateaux ainsi que les bouées d'amarrage avec le télémètre. Les embarcations et les bouées étaient situées entre 60 et 120 mètres de l'observateur (Figure 48).

Figure 48 : Pointage d'embarcations et des bouées de mouillage avec un télémètre



\*La photographie aérienne ne correspond pas à la situation du jour des observations

Sources : OpenStreetMap, Google.cn Satellites  
Conception-réalisation : Valentin Guyonnard, 2019.

A cette distance, le pointage des coques de bateaux et des bouées ne pose aucun problème mis à part lorsqu'un de ces objets est situé derrière un autre de taille plus importante.

Pour pointer un objet, plusieurs manipulations sont nécessaires :

1 - Pointer l'objet avec le télémètre (Photo 16)

2 – Prendre un point gps avec le carnet de terrain en renseignant le type d'objets déportés.

L'ensemble de ces manipulations prend environ 30 secondes (maximum observé durant le test, ce temps peut sûrement varier selon la qualité de la réception du GPS et/ ou la difficulté d'établir une mesure avec le télémètre en fonction de la distance et de la taille de l'objet).

Photo 16 : Pointage d'une embarcation au mouillage par télémètre. A droite de la photo des embarcations situées à environ 100 mètres. Une embarcation au mouillage en pleine eau est également visible et est éloignée d'environ 800 mètres de l'observateur. (Auteur : Valentin Guyonnard, 2019)



La précision du pointage n'a pas été comparée avec un autre appareil de mesure. Cependant, le carnet de terrain annonçait une précision inférieure à 1 mètre.

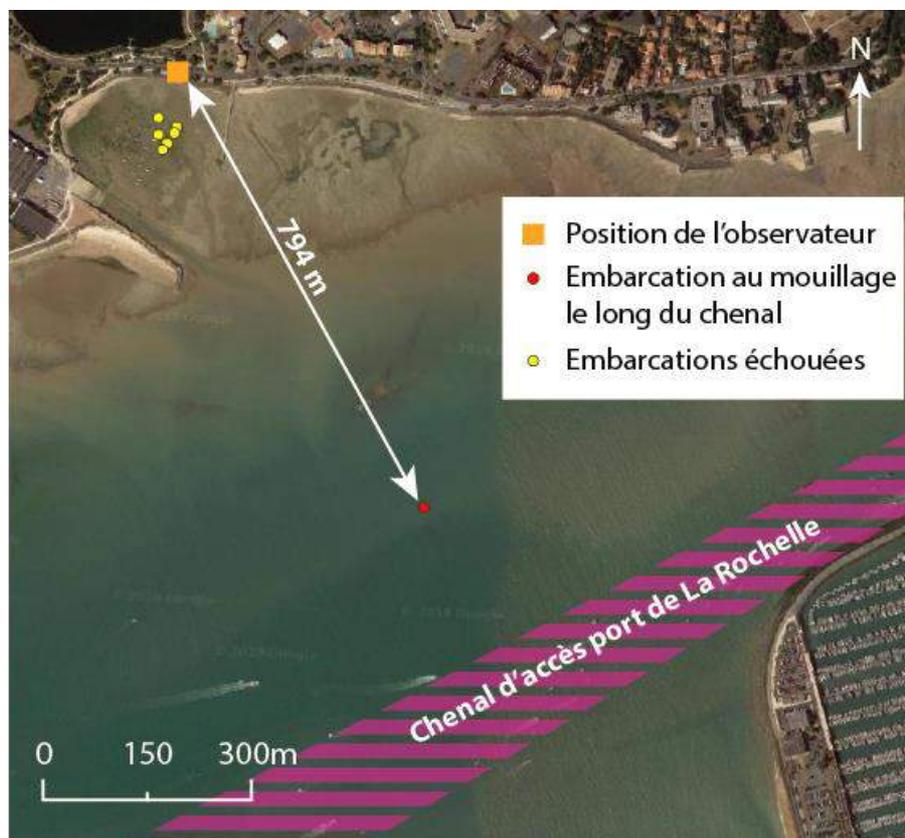
Des tests de relevés d'embarcations plus éloignées ont également été réalisés. Une embarcation était située à environ 800 mètres de l'observateur (Figure 49). La mesure avec le télémètre a pu être réalisée. Des difficultés ont néanmoins été observées en raison des rafales de vent qui ont eu tendance

à déstabiliser l'observateur au moment du pointage alors qu'il est nécessaire que le télémètre soit immobile lors de la mesure. L'utilisation d'une perche équipée d'un pied de stabilisation sur laquelle est fixé le télémètre pour réaliser des mesures éloignées apparaît donc comme indispensable.

Des essais de relevés sur des embarcations passant dans le chenal d'accès au port à environ 1000 mètres de l'observateur ont également été réalisés mais cette fois-ci sans succès car ces embarcations étaient trop éloignées et en mouvement, ce qui, dans les conditions du test n'a pas permis de les détecter.

Par ailleurs, le télémètre disposant d'un grossissement faible (x7), plus les objets sont éloignés ou de petites dimensions, plus la mesure est difficile.

Figure 49 : Pointage d'une embarcation au mouillage le long du chenal d'accès au port



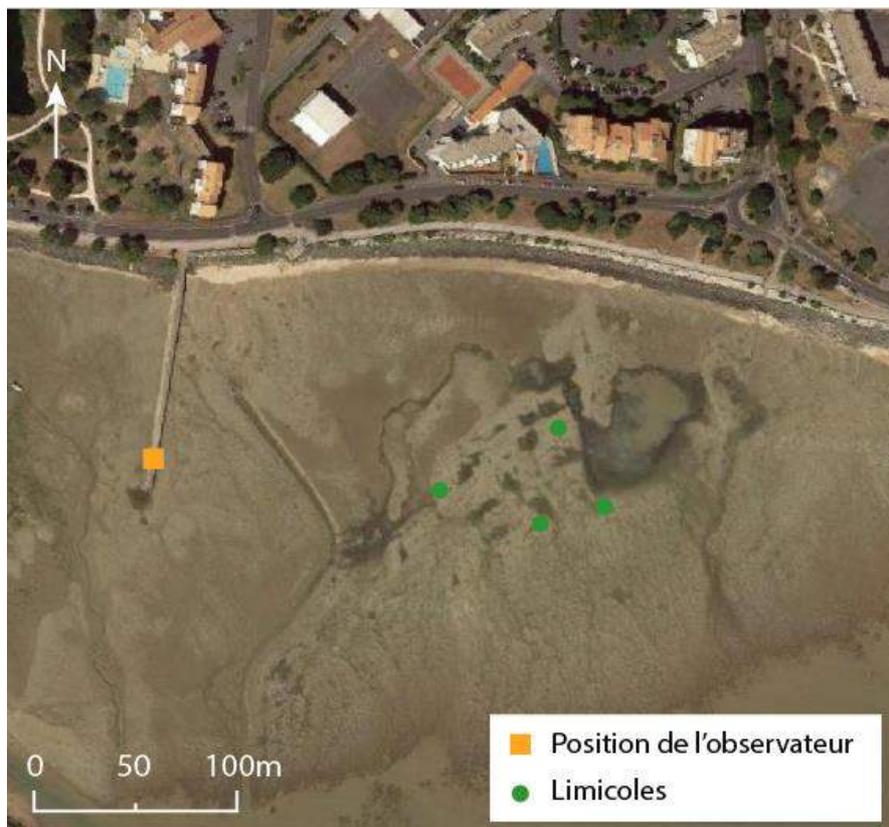
Sources : OpenStreetMap, Google.cn Satellites  
Conception-réalisation : Valentin Guyonnard, 2019.

### 4.3. Spatialisation des oiseaux sur l'estran

Nous avons ensuite effectué des tests de spatialisation d'oiseaux sur l'estran. Un groupe d'oiseaux limicoles était présent sur l'estran rocheux à l'est de la zone de mouillage.

Nous nous sommes positionnés à 150 mètres des premiers oiseaux (Figure 50) sur une digue à environ 2 mètres au-dessus de l'estran. Le pointage au télémètre a posé quelques difficultés du fait des rafales de vent qui empêchaient l'observateur de faire une visée en restant parfaitement immobile montrant que l'utilisation d'une canne pour le télémètre et d'un pied sont indispensables. Les oiseaux les plus éloignés ont été pointés environ à 220 mètres. L'absence d'oiseaux plus éloignés ne nous a pas permis de tester la méthode avec des distances plus importantes. Cela méritera un autre test avec utilisation d'un pied.

Figure 50: Cartographie déportée de groupes d'oiseaux sur l'estran avec un télémètre



Sources : OpenStreetMap, Google.cn Satellites  
Conception-réalisation : Valentin Guyonnard, 2019.

## 5. Récupération des données et post-traitement

Pour ce test, les données ont été récupérées par câble USB sur un ordinateur portable équipé d'ArpentGIS. Elles ont été exportées au format .shp, .csv et .kml.

Une couche par type d'objet a été récupérée. La table attributaire comporte plusieurs champs (Figure 51) :

- [Name] : nom de l'objet
- [Photo] : lien vers une photographie si utilisation de l'appareil intégré au carnet de terrain
- [Obs] : observation notée par l'utilisateur lors de la saisie

- [X] : indique la longitude du point déporté en Lambert 93
- [Y] : indique la latitude du point déporté en Lambert 93
- [Z\_TN] : indique l'altitude du point déporté en mètres
- [Precision] : indique la précision du point de référence (position de l'observateur à partir de laquelle la mesure a été déportée). Les valeurs sont exprimées en mètres (soit 16,8cm pour la première ligne de la Figure 51). La précision des points déportés ne peut pas être calculée par le système car cela dépend de la précision de la visée au télémètre. Selon le commercial de D3E, nous constatons généralement une dizaine de centimètres d'erreur. Ainsi, la précision de la borne 6 est d'environ 30cm. Lors du test nous avons utilisé un abonnement de correction gratuit (le réseau Euref). Les abonnements payants (Teria, Orpheon ou VRS) permettent d'avoir une précision centimétrique (ou décimétrique suivant l'outil).

Figure 51 : Table attributive exportée de localisation des embarcations au mouillage

	Name	Photo	Obs	X	Y	Z_TN	Precision
1	Borne 6			377085,065	6570009,346	1,670	0,168
2	Borne 5			377084,757	6570036,652	1,554	0,175
3	Borne 4			377091,485	6569985,281	1,854	0,172
4	Borne 3			377097,949	6569994,788	1,236	0,158
5	Borne 2			377110,107	6570012,049	1,356	0,156
6	Borne 1		bateau	377113,742	6570020,650	1,624	0,151

## 6. Coût de la solution testée

Un devis comprenant la solution ArpentGIS avec TRUMBLE TDC 150 précision sub-métrique + le logiciel ARPEMGIS EXPERT BASIC (logiciel de bureau) + le télémètre TRUPULSE 360 + la canne carbone, le pied + les fixations et la sacoche a été transmis par D3E et s'élève à 7308,00€. Une formation d'une journée sur site coûte 1950 €.

## 7. Conclusion

Cet outil paraît adapté à la spatialisation des mouillages sur une zone de mouillage depuis la terre. Pour la question des oiseaux, il semble que cela soit plus limité, notamment en cas de vent fort. Pour ce dernier objectif, d'autres expérimentations sont nécessaires.

Avantages	Inconvénients
Système léger permettant d'être transporté sur le terrain par une personne seule.	Difficulté de réaliser des mesures dans des conditions ventées ; nécessite un pied de stabilisation.
Temps de post-traitement réduit.	Utilisation pour cartographie d'oiseaux sur l'estran au-dessus de 220 mètres n'est pas totalement confirmée et nécessite un autre test avec un pied de stabilisation.
Solution ARPENGIS intuitive et facile d'utilisation	Pour les objets les plus éloignés, l'observateur doit être immobile, ce qui exclut l'utilisation de ce système à partir d'une embarcation
Export des données en formats multiples	Grossissement du télémètre faible (x7)
Rapidité de la saisie d'informations	Possible sous estimation de la fréquentation (embarcations) si des petites embarcations se retrouvent cachées derrière des plus grosses
Opérationnelle pour la cartographie des embarcations au mouillage jusqu'à au moins 800 mètres.	

## Table des illustrations

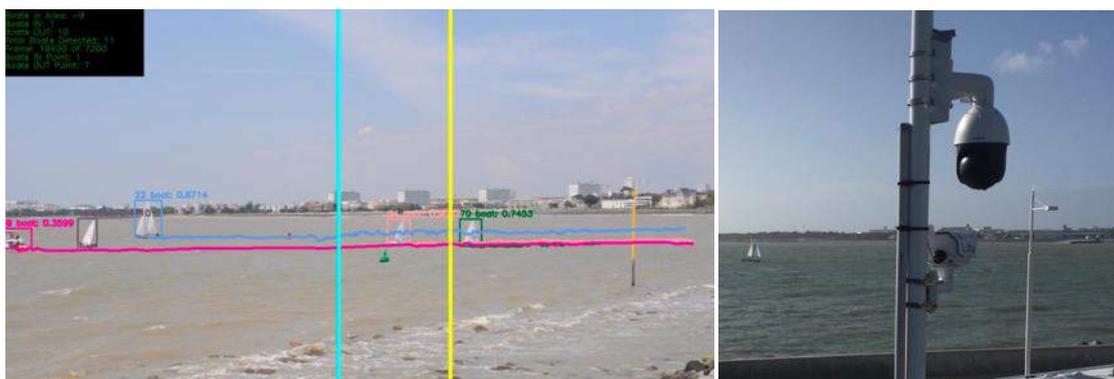
Figure 1 : les sous- finalités 44.2 et 47.2 du plan de gestion du Parc naturel marin .....	121
Figure 2 : La finalité 11 et la sous-finalité 47.1 du plan de gestion du Parc naturel marin.....	122
Figure 3 : Localisation du lieu de test sur photographies aériennes (BD ORTHO IGN) et carte littorale (SCAN LITO IGN-SHOM). Source : Géoportail, 2019.....	124
Figure 4 : Pointage d'embarcations et des bouées de mouillage avec un télémètre .....	125
Figure 5 : Pointage d'une embarcation au mouillage le long du chenal d'accès au port .....	127
Figure 6: Cartographie déportée de groupes d'oiseaux sur l'estran avec un télémètre.....	128
Figure 7 : Table attributaire exportée de localisation des embarcations au mouillage.....	129
Photo 1 : Télémètre Trupulse 360 (à gauche) et Trimble 360 avec logiciel ArpentGIS (à droite). Auteur : Valentin Guyonnard, 2019. ....	123
Photo 2 : Pointage d'une embarcation au mouillage par télémètre. A droite de la photo des embarcations situées à environ 100 mètres. Une embarcation au mouillage en pleine eau est également visible et est éloignée d'environ 800 mètres de l'observateur. (Auteur : Valentin Guyonnard, 2019).....	126



## VALOBS

Valorisation de données et conception d'un observatoire des usages de loisir dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

### Fiche test N°8 : Compte-rendu de la mise en place d'un système de comptabilisation automatique des embarcations à l'entrée du port de plaisance des Minimes



*Version finale – le 8 mai 2020*

Auteur : Valentin Guyonnard, Chargé d'étude du programme VALOBS  
 En collaboration avec Bruno Lescalier et Michel Ménard (L3i) et avec la participation d'Alain Bouju (L3i) et Luc Vacher (LIENSs)



**Pour citer ce document :**

Guyonnard V., 2020, *Compte-rendu de la mise en place d'un système de comptabilisation automatique des embarcations à l'entrée du port de plaisance des Minimes. Fiche test VALOBS n°8*. Observatoire des pratiques de tourisme et de loisirs, UMR 7266 LIENSs CNRS – La Rochelle Université, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. 25 p.

## Sommaire

Sommaire .....	134
1. Contexte et objectifs du test .....	135
1.1. La meilleure connaissance de l'importance et de la diversité des activités de loisirs comme enjeu de connaissance du Parc naturel marin .....	135
1.2. Objectifs du test .....	135
1.3. Contexte .....	135
1.4. Acteurs associés .....	136
2. Calendrier des expérimentations .....	136
3. Phase préparatoire : évaluation de la faisabilité du test .....	137
3.1. La constitution d'un groupe de chercheurs pluridisciplinaires .....	137
3.2. Le rapprochement avec les gestionnaires du port de plaisance de La Rochelle .....	137
3.3. Le choix et l'installation du matériel d'acquisition vidéo .....	138
4. Prise en compte du cadre réglementaire .....	139
4.1. Demande d'autorisation préfectorale .....	139
4.2. Conformité du système avec le Règlement général sur la protection des données (RGPD) 141	
5. 1er test des algorithmes à partir d'images prises avec un appareil photo numérique .....	142
6. Installation du système .....	143
7. Acquisitions et premiers résultats .....	145
7.1. Types d'images obtenues .....	145
7.2. Détection et classification automatique des embarcations sur les images .....	146
7.3. Développement d'un système de comptage .....	148
7.4. Résultats .....	149
7.4.1. Résultats du 8 février 2020 .....	150
7.4.2. Résultats du 21 février 2020 .....	151
7.5. Pistes d'améliorations .....	152
8. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS .....	153
9. Coût de la mise en place de ce système dans le cadre d'un observatoire .....	154
10. Conclusion .....	154
10.1. Approche avantages-inconvénients du système testé .....	155
Tables des illustrations .....	156

## 1. Contexte et objectifs du test

La technologie testée dans le cadre de cette action est expérimentale. En effet, ce système est totalement innovant et les tests réalisés correspondent à une action de recherche et développement.

### 1.1. La meilleure connaissance de l'importance et de la diversité des activités de loisirs comme enjeu de connaissance du Parc naturel marin

Ces travaux sont justifiés par la finalité 44 du plan de gestion du Parc qui vise le maintien de la diversité des activités de loisirs. L'une des actions qui permettra d'atteindre cette finalité est le développement de méthodes pour l'amélioration de la connaissance de l'importance des pratiques en mer qui sont aujourd'hui mal connues. Les données recherchées concernent dans le cadre de ce test la fréquentation des espaces marins pour des pratiques de loisirs.

Figure 52 : Finalité 44 du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis visant le maintien de la diversité des activités de loisirs

Enjeu : des activités de loisirs multiples et très pratiquées sur un plan d'eau exceptionnel et un littoral attractif	
Finalité 44 : la diversité des activités de loisirs est maintenue	
Sous-finalités	Niveaux d'exigence
44.1 : La diversité des pratiques est maintenue	Maintien de la diversité des pratiques (niveaux de référence à préciser)
44.2 : La diversité des types d'accueil des plaisanciers est maintenue	Maintien de la diversité des types d'accueil des plaisanciers, dans les ports et aux mouillages.
Principes d'action (non exhaustifs)	
Connaissance	→ Approfondir la connaissance de la diversité des sites et des espaces de pratique en mer et sur le littoral à l'échelle du Parc (fréquentation des sites, profils des usagers, retombées sociales et économiques des activités) → Approfondir la connaissance et mettre en place un suivi de la capacité d'accueil des plaisanciers à l'échelle du Parc

### 1.2. Objectifs du test

L'objectif de ce test est de mettre en place puis d'évaluer l'opérationnalité d'un système innovant de comptabilisation automatique des embarcations à l'entrée du port des Minimes à partir d'images vidéo. S'il est fonctionnel, ce type de système pourra être installé dans d'autres ports et permettra de recueillir des données précieuses sur la fréquentation maritime et l'importance des activités de plaisance dans le Parc naturel marin.

Ce test consiste à sélectionner et installer du matériel d'acquisition vidéo, recueillir des séries d'images allant d'une à plusieurs heures, et élaborer puis tester des algorithmes de détection et de comptage des embarcations. Ces acquisitions doivent permettre également de tester la robustesse du système en conditions réelles, à la fois en termes de traitement des informations, mais également de résistance et de fonctionnement du système (positionnement des webcams, gestion de l'énergie, transmission des données, protection, etc.).

### 1.3. Contexte

Cette expérimentation entre dans le cadre des expérimentations du programme VALOBS (volet 4c) ayant pour but de tester des solutions d'observation des usages de loisirs. Ces solutions doivent à terme permettre de recueillir des données pouvant alimenter les indicateurs d'évaluation du plan de gestion du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis concernant les usages de loisirs.

Ce test s'inscrit également dans le contexte de la suite du projet DYNAFLUX<sup>38</sup> qui, en 2015, avait permis de concevoir un premier prototype de système de comptabilisation et de reconnaissance d'embarcations de plaisance à partir d'images vidéo. Les tests de 2019 permettent de reprendre les acquis de ce premier programme et de l'adapter avec des nouveaux algorithmes issus de la technologie du *deep learning*<sup>39</sup>. L'objectif est également de pouvoir tester le système de comptabilisation sur une période plus longue que lors du projet DYNAFLUX, en réalisant des comptabilisations sur plusieurs heures.

#### 1.4. Acteurs associés

Pour réaliser ces expérimentations, plusieurs acteurs et organismes ont été associés. L'équipe de recherche est composée de chercheurs des laboratoires LIENSs et L3i de La Rochelle Université :

- Pour le L3i : Alain Bouju (MCF HDR informatique), Bruno Lescalier (informaticien, chercheur associé, responsable du programme DYNAFLUX), Michel Ménard (PR informatique) ;
- Pour le LIENSs : Luc Vacher (MCF HDR Géographie, responsable du programme VALOBS), Valentin Guyonnard (Chargé de mission VALOBS).

Les expérimentations ont été réalisées au port de plaisance des Minimes à La Rochelle. Pour cela, de nombreux échanges ont été nécessaires avec Bertrand Moquay (directeur du port), Patrice Bernier (chef du port), Sylvain Moinard (responsable informatique du port de plaisance), Xavier Dupré (Service achat et travaux du port).

## 2. Calendrier des expérimentations

Ce test a été réalisé entre novembre 2018 et février 2020. Plusieurs phases ont été nécessaires afin d'expérimenter l'ensemble du processus d'installation et de traitement des données recueillies.

---

<sup>38</sup> Plus d'information sur ce projet ici : <https://lienss.univ-larochelle.fr/DYNAFLUX> (consulté le 4 novembre 2019)

<sup>39</sup> Le *deep learning* (apprentissage profond en français) est un système d'apprentissage automatique qui s'appuie sur des réseaux de neurones artificiels. Dans notre application, le principe est basé sur la reproduction du fonctionnement du cerveau humain qui permet d'apprendre au fur et à mesure par des exemples à un algorithme à reconnaître des objets.

Tableau 15 : Calendrier des différentes phases du test

	nov-18	déc-18	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	mai-19	juin-19	juil-19	août-19	sept-19	oct-19	nov-19	déc-19	janv-20	févr-20
Phase préparatoire : évaluation de la faisabilité du test																
Prises de contacts avec chercheurs laboratoire L3i																
Prise de contacts et échanges avec les gestionnaires du port																
Identification des sites potentiels pour l'installation du système																
Choix du matériel																
Prise en compte du cadre réglementaire																
Prise de contact avec le délégué à la protection des données de l'université																
Evaluation de la conformité au Règlement général sur la protection des données (RGPD)																
Construction d'une convention de partenariat entre le port de plaisance de la Rochelle et La Rochelle Université																
Demande d'autorisation préfectorale pour l'installation de caméras de vidéo surveillance																
Tests et adaptation des algorithmes de traitement à partir d'images prise avec appareil photo numérique																
Acquisition images																
Tests des algorithmes de traitement par chercheurs L3i et stagiaires L3 informatique																
Validation du site d'installation																
Installation du système au port de plaisance																
configuration des webcams en laboratoire																
installation des webcam																
tests d'acquisitions d'images																
Acquisitions																
Test de traitements																

### 3. Phase préparatoire : évaluation de la faisabilité du test

La phase préparatoire de ce test a consisté à évaluer la faisabilité de l'expérimentation.

#### 3.1. La constitution d'un groupe de chercheurs pluridisciplinaires

Un rapprochement avec plusieurs chercheurs en informatique du laboratoire L3i travaillant sur la détection d'objets sur des images a été réalisé fin 2018. Ces chercheurs ont déjà travaillé sur un système de comptage des navires dans le cadre du projet DYNAFLUX et coordonnent également des recherches en cours sur l'utilisation de nouveaux algorithmes issus du *deep learning* pour la détection d'objets et le tracking en milieu marin. Ils ont accepté de participer au test car c'est la possibilité pour eux de travailler à partir de nouvelles images et de confronter leurs recherches à des applications concrètes.

#### 3.2. Le rapprochement avec les gestionnaires du port de plaisance de La Rochelle

Les gestionnaires du port de plaisance de La Rochelle ont également été contactés afin de leur proposer d'effectuer ces tests à partir du port des Minimes. Leur intérêt ayant été validé, de nombreux échanges ont eu lieu durant le premier semestre 2019 pour identifier les sites potentiels pour l'installation du système et s'adapter au cadre réglementaire (voir ci-dessous).

Le choix du site d'installation devait répondre à plusieurs besoins :

- Être positionné de manière à ce que les webcams puissent avoir un angle de visée perpendiculaire au chenal.
- Être situé à moins de 300 mètres du chenal.

- Posséder un support permettant d'installer les webcams en hauteur afin qu'elles ne soient pas accessibles à quiconque.
- Posséder un accès à un réseau internet.
- Posséder un accès à du courant 220 volt.
- Être à proximité d'un local fermé permettant le stockage de matériel informatique (ordinateur, disque de stockage).

Un bâtiment abritant des sanitaires au niveau du parking de la digue du Lazaret répond à l'ensemble de ces critères. Ce site a donc été retenu pour y installer le système (Figure 53).

Figure 53 : Localisation du bâtiment permettant l'installation du système de comptabilisation



Source : © INPN, MTEs, MNHN, IGN, Soluris  
 Conception - réalisation : Valentin Guyonnard, programme VALOBS, 2019.

### 3.3. Le choix et l'installation du matériel d'acquisition vidéo

Le matériel installé est composé de :

- Une caméra dôme de type Hiwatch DS-P1420 : caméra rotative avec 1,3MP de résolution et un zoom optique de x20<sup>40</sup>
- Une caméra thermique FLIR FC-618 s : caméra fixe 640 x 480 pixels avec objectif de 35 mm<sup>41</sup> (l'objectif est d'utiliser les images thermiques pour améliorer la détection des embarcations. Faute de temps, ces images n'ont néanmoins pas été utilisées dans le cadre de VALOBS).
- Un ordinateur de type PC durci sous linux

L'ensemble du système est relié au réseau internet du port de plaisance équipé de la fibre optique et accessible à distance via un réseau SSH (protocole de connexion à distance sécurisé) permettant à l'équipe de recherche de piloter les webcams à distance (réglages divers, programmation des créneaux d'acquisition, etc.).

## 4. Prise en compte du cadre réglementaire

Dans un souci de respect du cadre réglementaire relatif au respect de la vie privée, le délégué à la protection des données de La Rochelle Université a été consulté à partir du mois d'avril 2019. Cette consultation ainsi que les rencontres avec les personnels du port de plaisance ont permis d'identifier que le système mis en place est considéré comme un système de caméra de vidéosurveillance sur la voie publique nécessitant une autorisation préfectorale.

### 4.1. Demande d'autorisation préfectorale

Le port de plaisance possédant déjà une autorisation préfectorale depuis le 17 mars 2017 pour les caméras de vidéosurveillance présentes sur leur site, un avenant à leur autorisation a été produit en y ajoutant les deux caméras du projet. Afin de légitimer cette nouvelle demande, une convention de partenariat et de collecte de données a été signée entre la régie du Port de Plaisance de La Rochelle et La Rochelle Université.

Au final, la convention de partenariat a été signée le 1<sup>er</sup> juillet 2019. L'autorisation préfectorale a été demandée le 16 juillet 2019 et reçue le 8 octobre 2019. Cette autorisation liste les personnes ayant accès aux images ainsi que les mesures à prendre pour assurer la confidentialité des images (chiffrement et accès aux sauvegardes).

Par ailleurs, plusieurs dispositions sont prises afin de garantir le respect de la vie privée :

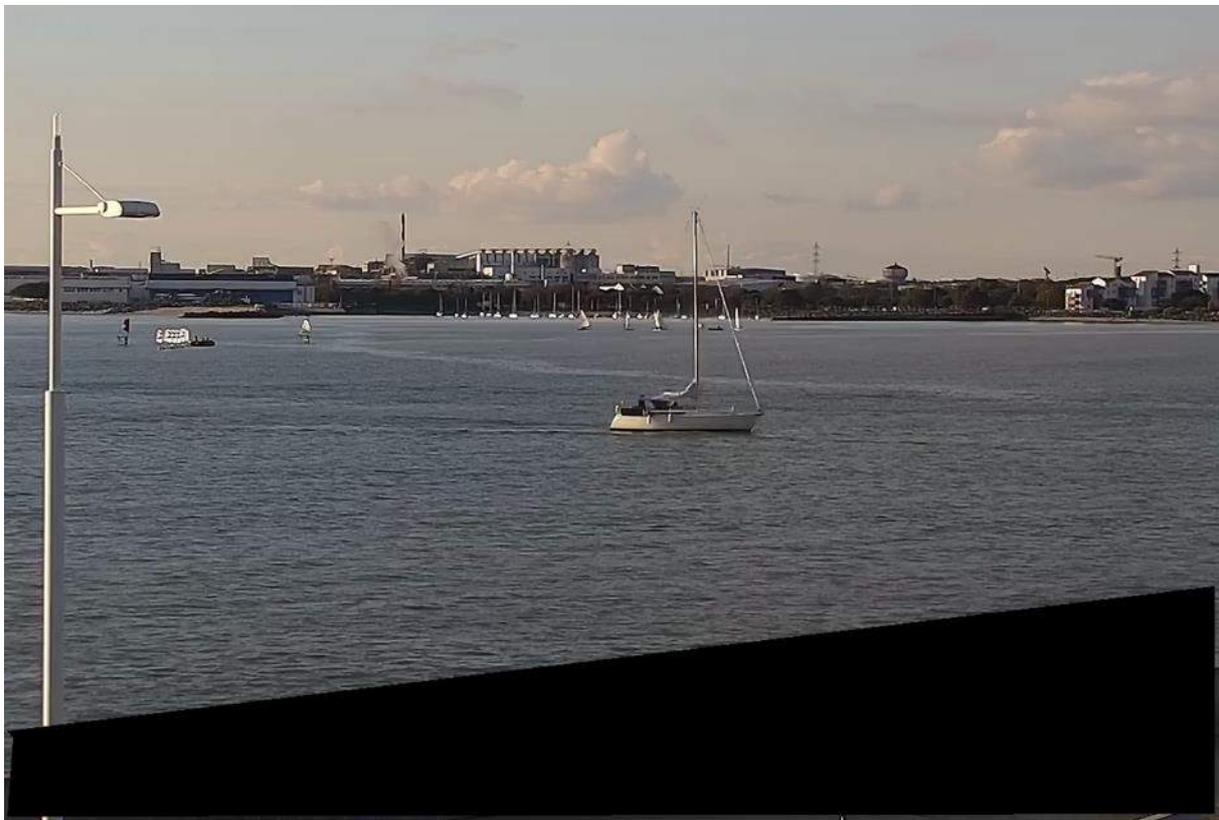
---

<sup>40</sup> Voir descriptif complet ici : <https://www.reichelt.com/de/fr/cam-ra-de-surveillance-ext-rieure-lan-ip-poe-hiwatch-ds-p1420-p212054.html> (consulté le 13 novembre 2019)

<sup>41</sup> Voir descriptif complet ici : <https://www.avsupply.com/ITM/30753/FC-618%20S.html> (consulté le 13 novembre 2019)

- L'accès au local où il y a l'ordinateur et le disque qui enregistre les images est réglementé puisqu'il est seulement accessible aux personnels du port ainsi qu'à l'entreprise effectuant le nettoyage des sanitaires.
- L'ordinateur et le disque sont placés en hauteur dans une caisse aérée fermée par deux cadenas.
- La résolution des images ne permet pas d'atteindre la qualité nécessaire à l'identification des personnes sur les embarcations ni à lire les identifiants des embarcations ou encore les numéros de voile des voiliers.
- Concernant les zones aux abords de la caméra où une identification pourrait être susceptible de se produire sur les passants, ces zones sont automatiquement et numériquement masquées ou floutées sur chaque image (Figure 54).

*Figure 54 : Image RGB acquise à partir du système (le bas de l'image est masqué avant l'enregistrement pour empêcher l'identification potentielle des passants sur la digue au premier plan).*



L'autorisation préfectorale autorise la visualisation des images par les chercheurs de La Rochelle Université impliqués dans le projet. Les images peuvent être sauvegardées pour une durée d'un mois maximum. Par ailleurs, une affiche à destination des usagers du port a été fournie au port de plaisance afin d'être installée sur un panneau d'informations. Cette affiche informe sur l'existence du système de vidéosurveillance et l'identité de l'organisme qui le gère. Elle indique également que toute personne peut demander au responsable du système à avoir accès aux enregistrements qui la concernent ou à vérifier leur effacement dans le délai prévu. Les coordonnées du responsable du projet apparaissent également sur ce support d'information (Figure 55).

Figure 55 : modèle du panneau d'informations affiché dans les locaux du port de plaisance



#### 4.2. Conformité du système avec le Règlement général sur la protection des données (RGPD)

La base légale du traitement est « l'intérêt légitime » (cf. article 6.1.f du Règlement général sur la protection des données).

Selon le Règlement général sur la protection des données (article 4 – définitions<sup>42</sup>) on entend par « données à caractère personnel », toute information se rapportant à une personne physique identifiée ou identifiable (ci-après dénommée « personne concernée ») ; est réputée être une « personne physique identifiable » une personne physique qui peut être identifiée, directement ou indirectement, notamment par référence à un identifiant, tel qu'un nom, un numéro d'identification, des données de localisation, un identifiant en ligne, ou à un ou plusieurs éléments spécifiques propres à son identité physique, physiologique, génétique, psychique, économique, culturelle ou sociale ; »

Selon cette définition, les données recueillies par le système ne peuvent pas être considérées comme des données à caractère personnel dans la mesure où elles ne permettent pas d'identifier des individus ou une embarcation en particulier. C'est pourquoi aucune mesure restrictive relative à la RGPD ne s'applique dans le cas de ce système, mis à part la tenue d'un registre de traitement par le Délégué à la protection des données de La Rochelle Université.

<sup>42</sup> Le Règlement général sur la protection des données – RGPD. CHAPITRE I - Dispositions générales [en ligne] Visible sur : <https://www.cnil.fr/fr/reglement-europeen-protection-donnees/chapitre1#Article4> (consulté le 19 novembre 2019)

## 5. 1er test des algorithmes à partir d'images prises avec un appareil photo numérique

Des premiers tests d'acquisition d'images à partir d'appareils photo-numériques ont été réalisés durant les mois d'avril et de mai 2019. Les images recueillies avaient pour but de 1) valider l'emplacement futur des caméras et 2) de tester des algorithmes de détection par le laboratoire L3i. Au total, environ 4 heures d'images ont été récoltées.

1) Des images prises depuis plusieurs emplacements ont été récoltées afin de tester différents angles de prises de vue. Au final, l'emplacement a été choisi en fonction de l'éloignement au chenal et de la présence d'un support (lampadaire) permettant de fixer les webcams (Photo 17).

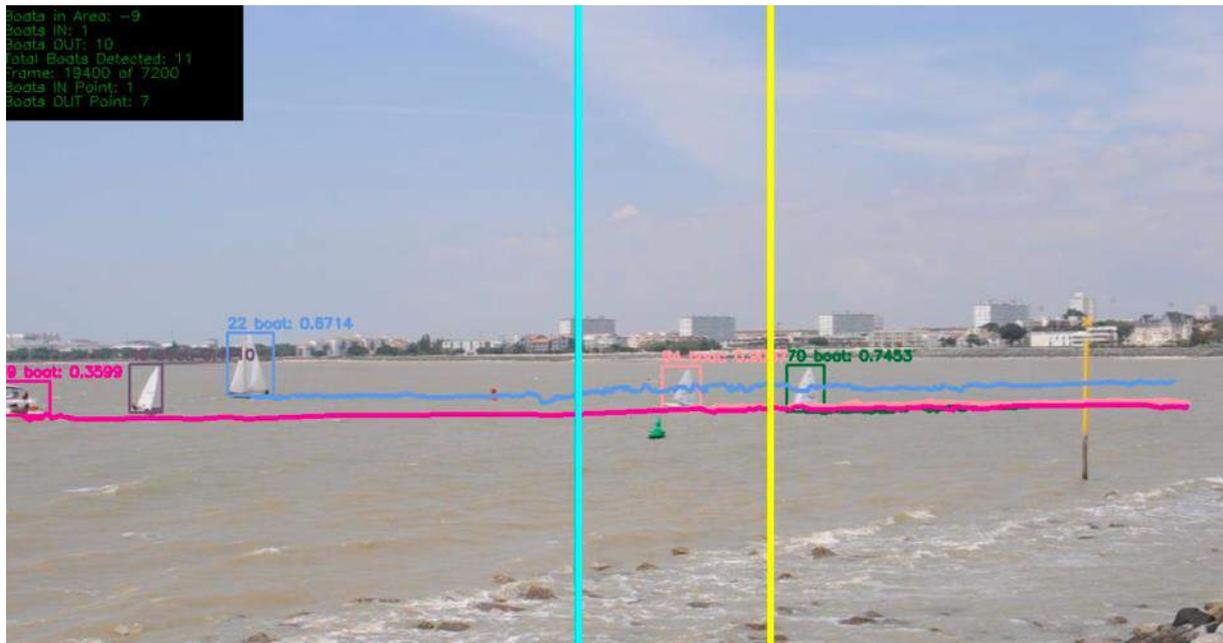
*Photo 17 : Acquisitions d'images depuis différents emplacements au port de plaisance des Minimes*



2) Les images recueillies ont permis d'effectuer des premiers tests des algorithmes de détection et de suivi des embarcations sur les vidéos (Figure 56). Ces images ont également alimenté 6 stages de 7 semaines de licence 3 informatique qui ont travaillé sur :

- l'adaptation d'algorithmes de détection et de comptage,
- le développement d'une application de visualisation des données,
- le développement d'une application d'entraînement de l'algorithme.

Figure 56 : Test des algorithmes de détection et de tracking sur des séquences d'images prises depuis un appareil photo numérique



Sources : Bouju, Guyonnard, Lescalier, Menard, Vacher, 2019.

## 6. Installation du système

Les webcams ont été configurées durant les mois de juillet et août 2019. Les méthodes permettant de planifier les acquisitions et de créer les masques sur les images ont également été réalisées durant cette période.

Le système composé des deux webcams, de l'ordinateur et des différents câblages a été installé fin septembre (Photo 18 & Photo 19). Les branchements ont été protégés afin d'éviter des éventuels problèmes d'humidité, à la fois à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment où a été installé le système.

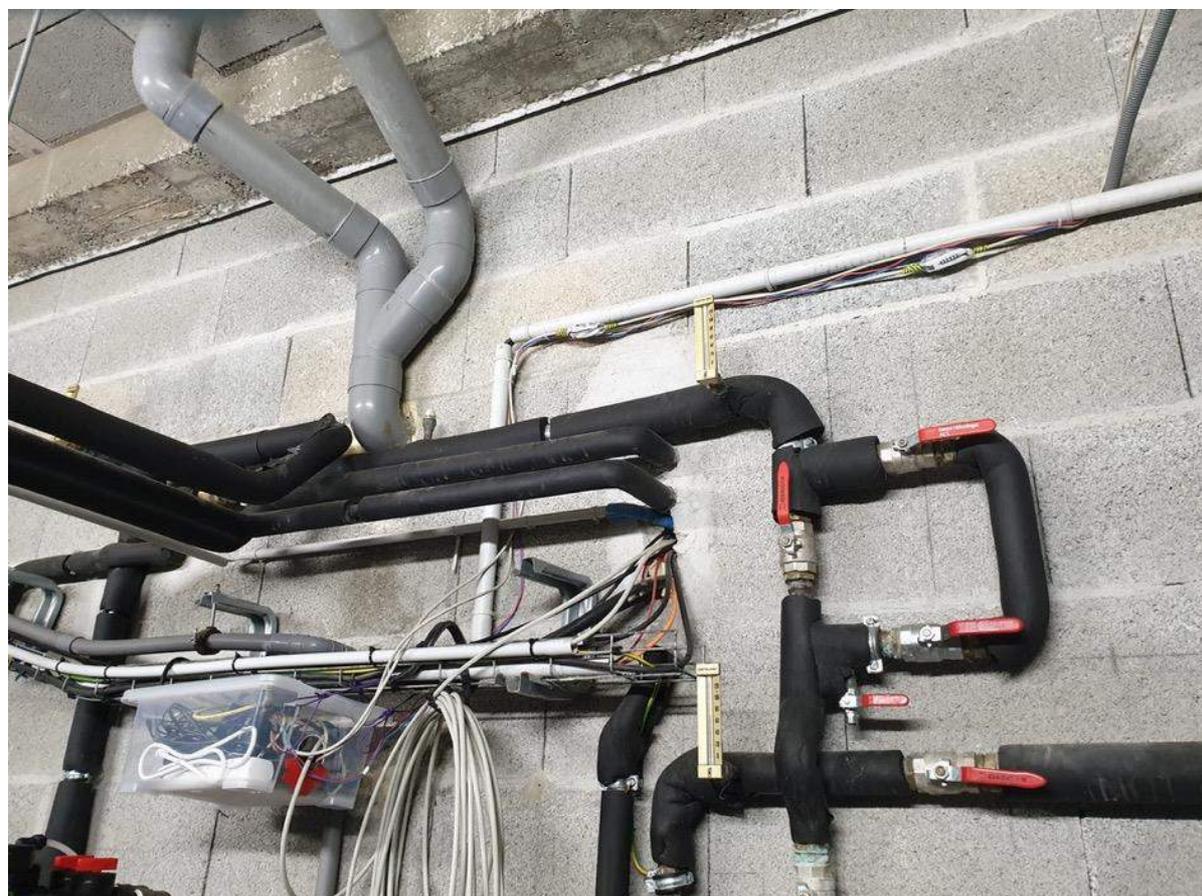
Des tests d'acquisition des images ont ensuite été réalisés durant la première quinzaine du mois d'octobre. Ils ont permis de relever des problèmes de connexion entre l'ordinateur et les webcams, provoquant des pauses de plusieurs secondes durant les acquisitions. Ces problèmes ont ensuite été résolus afin de ne pas avoir d'incidence sur les traitements des images.

Il est à noter que, par mesure de précaution pour le matériel, les webcams ont été désinstallées en prévision de la tempête Amélie du premier weekend de novembre puis remises ensuite.

Photo 18 : Les webcams thermiques et RGB installées (auteur : Valentin Guyonnard, le 24 septembre 2019)



Photo 19 : Arrivée des câbles des webcams (en haut à droite de l'image) et boîte regroupant les branchements (auteur : Valentin Guyonnard, le 24 septembre 2019)



## 7. Acquisitions et premiers résultats

Les acquisitions se sont déroulées principalement durant la fin de l'année 2019 et surtout durant le début de l'année 2020. Elles étaient réalisées essentiellement le weekend.

Les travaux d'amélioration des algorithmes portent sur deux problématiques distinctes : la détection et le comptage. L'ensemble de ces travaux est assuré par les chercheurs en informatique du L3i investis dans le projet.

### 7.1. Types d'images obtenues

Les acquisitions ont pour le moment été réalisées seulement à partir de la webcam RGB, la webcam thermique ayant été retirée avant la fin de l'année et pas encore réinstallée à la fin du mois de janvier. Les vidéos acquises ont une définition de 1920 x 1080 et possèdent 30 images par seconde.

La webcam est orientée en direction de Port Neuf et couvre la baie (Figure 57) qui à cet endroit fait environ 1 kilomètre de large. Elle couvre donc les entrées et les sorties du port de plaisance au premier plan. A l'arrière-plan, elle couvre également une zone qui, à marée haute est utilisée par les écoles de voile pour pratiquer.

Figure 57 : Exemples d'images récupérées à partir de la webcam RGB



Sources : Bouju, Lescalier, Ménard, Vacher, Guyonnard, La Rochelle Université, 2020.

## 7.2. Détection et classification automatique des embarcations sur les images

La détection et la classification sont réalisées à partir de l'algorithme YOLO V3<sup>43</sup> qui est un réseau de neurones *open source* spécialisé dans la détection et l'analyse d'objets dans l'image. Si cet algorithme est réputé efficace pour la détection de voitures par exemple, il l'est moins pour les bateaux.

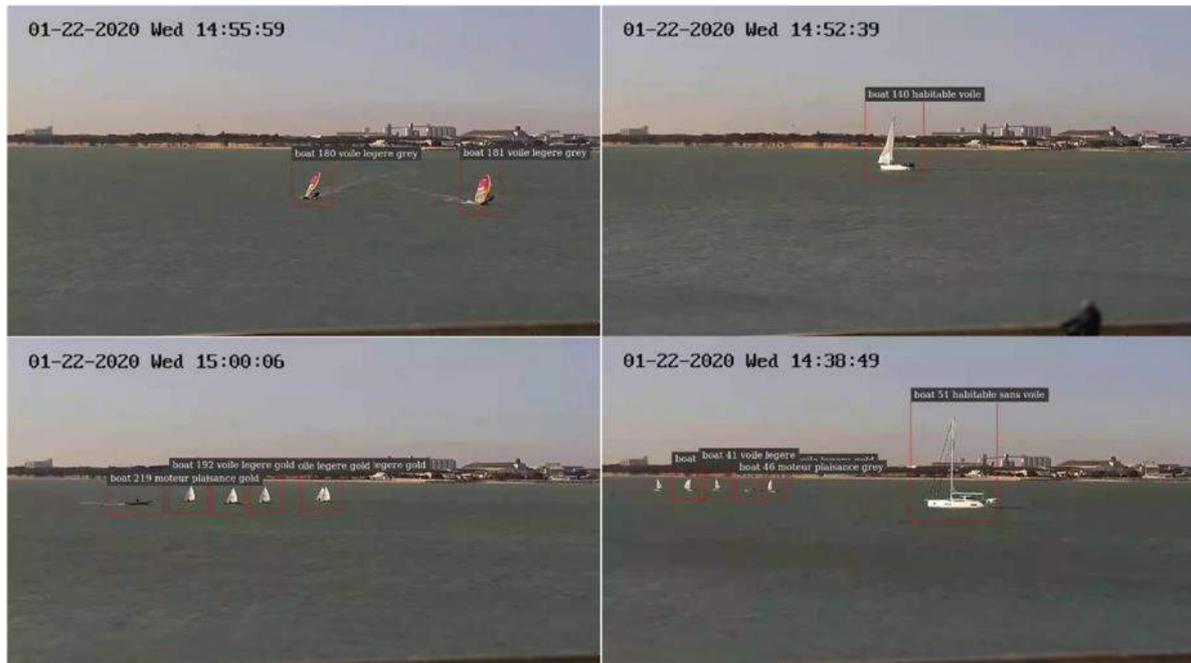
Ces algorithmes fonctionnent en deux étapes. La première consiste à détecter des parties de l'image qui correspondent à une embarcation. Ces zones dans l'image sont visibles car l'algorithme dessine des boîtes englobantes autour des objets détectés (Figure 58).

---

<sup>43</sup> What's new in YOLO v3? [en ligne] disponible sur : <https://towardsdatascience.com/yolo-v3-object-detection-53fb7d3bfe6b> (consulté le 24 février 2019)

Pour qu'un même objet détecté puisse être retrouvé sur deux images différentes à la suite, une méthode utilisant des algorithmes de tracking est utilisée.<sup>44</sup>

Figure 58 : Exemple d'embarcations détectées et entourées par des boîtes englobantes sur des images prises depuis la webcam RGB



Sources : Bouju, Lescalier, Ménard, Vacher, Guyonnard, La Rochelle Université, 2020.

La seconde étape consiste à classer ces objets détectés correctement. Cette classification utilise une architecture de type Resnet-18. Ce classement dépend du niveau d'apprentissage de l'algorithme. Sur la Figure 58 par exemple, les planches à voile détectées sur la première image ne sont pas classées correctement puisqu'elles apparaissent comme des embarcations de type « voile légère ».

Afin d'améliorer la détection et la classification, une base de données d'images a été produite à partir des vidéos acquises. Ces images représentent des embarcations selon une typologie créée en 10 classes :

- les voiliers habitables sous voile : regroupent toutes embarcations de type voilier habitable (+ de 5,5 mètres) en train de naviguer à la voile ;
- les voiliers habitables sans voile : regroupent toutes les embarcations de type voilier habitable (+ de 5,5 mètres) en train d'évoluer au moteur ;
- les bateaux à moteur de plaisance : regroupent l'ensemble des embarcations de plaisance sans voile : semi-rigide, open boat, pêche promenade ;
- les planches à voile ;
- Les embarcations de voile légère : dériveurs simples ou doubles et catamarans

<sup>44</sup> La méthode utilisée est la méthode Nv-adapted Discriminative Correlation Filter (NvDCF). Plus d'informations disponibles ici : <https://docs.nvidia.com/metropolis/deepstream/4.0/DeepStream Plugin Manual.pdf> (consulté le 08 mai 2020).

- Les canoë-kayaks ;
- Les avirons ;
- Les *stand-up paddle*
- les jet- skis

Au final, cette base de données d'imagettes regroupe environ 34 000 images<sup>45</sup> des différents types d'embarcations dont l'algorithme s'est servi pour l'apprentissage. Pour certaines classes le nombre d'imagettes dépasse les 5000 ce qui peut paraître suffisant. Pour d'autres types de support, la base de données manque encore d'imagettes. Ceci est dû au fait que cette collecte d'imagettes a été réalisée durant l'hiver et que les petites embarcations sont peu courantes à cette période comparée à l'été.

Pour plus d'efficacité, la constitution de cette base de données est automatisée selon les tâches suivantes :

- acquisition sur des séquences de 3h.
- découpage des séquences en séquences de 45 minutes
- extraction des images des séquences
- détection, suivi et classifications
- extraction des imagettes des embarcations détectées
- et insertion dans la base de données (partie manuelle)

Tableau 16 : Nombre d'imagettes par classe

Type	Nombre d'imagettes
Voilier habitable sous voile	4855
Voilier habitable sans voile	5513
Bateaux à moteur de plaisance	5476
Navire à passagers	317
Planche à voile	1939
Embarcations de voile légère	9328
Canoë kayak	0
Aviron	3535
Stand-up paddle	51
VNM (jet-ski)	0

En ce qui concerne le matériel, l'apprentissage est réalisé par Michel Ménard avec une machine de calculs puissante équipée de deux cartes graphique GPU TITAN X de chez Nvidia. L'apprentissage dure environ 24 heures de calculs. L'inférence, utilise une Jetson Xavier et son kit de développement.

### 7.3. Développement d'un système de comptage

<sup>45</sup> Comptabilisation au 24 février 2020. Ce chiffre est susceptible d'évoluer

Le principe du comptage des embarcations est de fixer des lignes verticales sur l'image appelées « sondes » qui comptent lorsqu'une boîte englobante les croise. Pour le moment, seule une sonde est disposée sur la droite de l'image de la webcam (Figure 59).

Figure 59 : Position de la sonde de comptage des embarcations



Sources : Bouju, Lescalier, Ménard, Vacher, Guyonnard, La Rochelle Université, 2020.

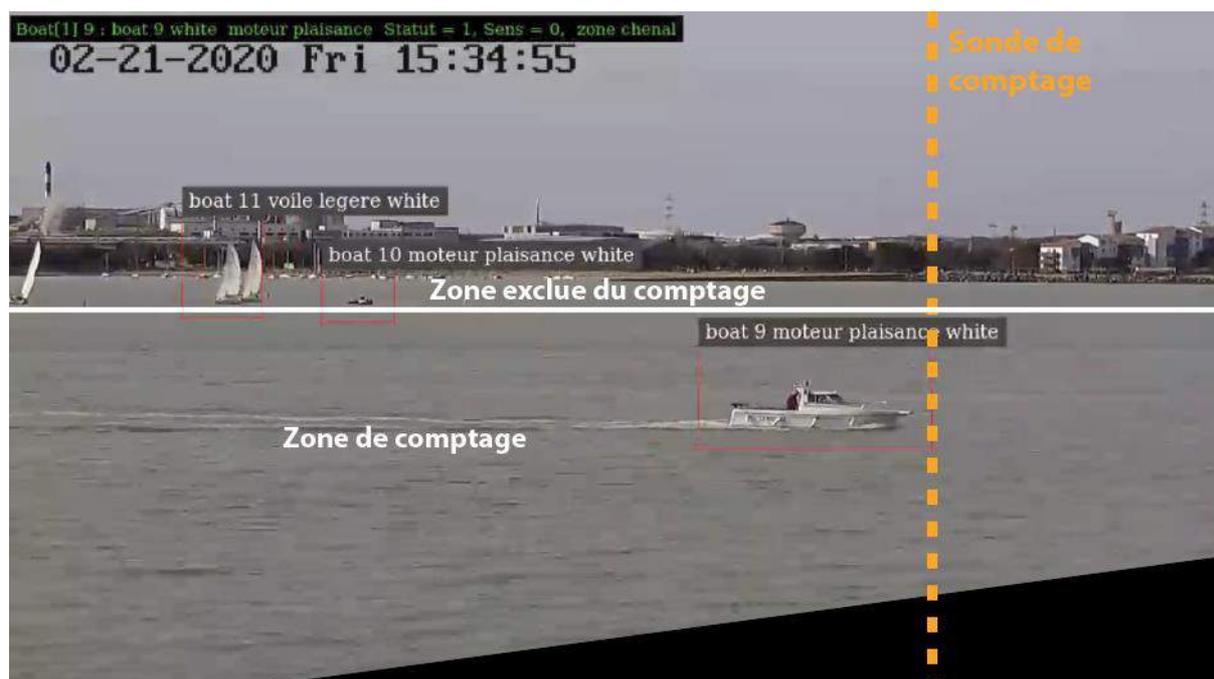
#### 7.4. Résultats

L'algorithme de détection et de classification a été continuellement amélioré à partir du mois de novembre. Les premiers tests montraient une détection assez aléatoire (moins de 50% des bateaux qui passaient étaient détectés) et une très mauvaise classification.

Au cours de ces expérimentations, plusieurs ajustements ont été réalisés. Sur la zone couverte par la webcam, la détection et la classification ne sont pas homogènes. Les embarcations passant proches de la webcam au premier plan sont en général très bien détectées et classées. Par contre, plus les embarcations étaient loin de la webcam, moins la détection et le classement étaient de bonne qualité. Ainsi, 3 zones ont été identifiées sur les images : la zone du chenal au premier plan, la « zone baie » au second plan, et la zone de pratiques à l'arrière-plan fréquentée par les écoles de voile. C'est dans cette dernière zone que la détection et la classification sont les moins bonnes.

C'est pourquoi la zone de comptage a été limitée aux zones proches correspondant au chenal d'accès et à la « zone baie » (Figure 60) qui sont les deux zones utilisées pour l'entrée et la sortie du port de plaisance.

Figure 60 : Distinction de la zone de comptage (zone chenal et zone baie) et de la zone exclue du comptage



Sources : Bouju, Lescalier, Ménard, Vacher, Guyonnard, La Rochelle Université, 2020.

Les derniers résultats ont été calculés à partir de vidéos acquises le 8 février et le 21 février 2020. Ces résultats ne concernent que les embarcations qui sont passées dans la zone de comptage en rentrant ou en sortant. Les embarcations situées plus loin n'étaient pas prises en compte.

#### 7.4.1. Résultats du 8 février 2020

Sur 121 embarcations qui sont passées dans le chenal (entrées et sorties), seules 2 (1,6%) non pas été détectées. Il s'agissait d'un optimist qui est resté caché derrière un autre bateau du même type et d'un jet-ski.

Pour ce qui est de la classification, 75% des embarcations qui ont été détectées l'ont été correctement dans les bonnes catégories. Selon ces dernières, le taux de bonne reconnaissance varie (Tableau 17). Pour les voiliers sans voile il est très bon (100%). Les navires à passagers et les avirons montrent aussi des taux de 100% mais sont basés sur très peu d'effectifs (2 et 4). D'autres tests de classifications devront être effectués pour confirmer ces résultats.

Les embarcations de voile légère sont très souvent correctement détectées (88%) avec un effectif assez conséquent (51) permettant d'avoir une estimation fiable. Lorsqu'elles sont mal classées, ces embarcations sont logiquement classées (du fait de leurs formes qui peuvent être proches) le plus souvent comme planches à voile ou comme voiliers. Ce constat est également valable dans le sens inverse : les mauvaises détections des voiliers sous voile (26% des cas) le sont souvent au profit de la catégorie « voile légère ». La bonne classification des embarcations à moteur possède un taux similaire (75%). Les mauvais classements sont cependant plus dispersés dans les différentes classes.

Tableau 17 : Résultats de détection et de classification automatique des embarcations à l'entrée du port de La Rochelle le 8 février 2020 de 14h15 à 17h15

		Classe estimée par le classificateur											Pas détecté	Effectifs totaux				
		Voilier sans voile	Voilier avec voile	Bateau à moteur	Planche à voile	Embarcation voile légère	Stand-up Paddle	Navire à passagers	VNM (jet-ski)	Aviron	Canoë-kayak	Autre			Non classé			
Classes réelles	Voilier sans voile	100%													11			
	Voilier avec voile	4%	74%			19%			4%						27			
	Bateau à moteur			76%	6%	6%		6%	6%						17			
	Planche à voile						Absence de données											0
	Embarcation voile légère	2%	2%		6%	88%								2%	51			
	Stand-up Paddle						Absence de données											0
	Navire à passagers						100%								2			
	VNM (jet-ski)			33%	17%			0%					33%	17%	6			
	Aviron								100%						4			
	Canoë-kayak														0			
	Autre					67%		33%				0%			3			
	Non classé														0			
	Effectifs totaux		13	21	15	5	53	0	4	0	6	0	0	2	2	121		

Pour les autres classes, les effectifs sont trop faibles pour avoir des conclusions. Pour les catégories planche à voile, VNM, stand-up paddle et canoë-kayak notamment, l'algorithme doit encore être enrichi car il a pour le moment peu appris sur ces types d'embarcations.

#### 7.4.2. Résultats du 21 février 2020

Pour le 21 février, un nouvel apprentissage a été réalisé sur l'algorithme de détection et de classification (Tableau 18).

Tableau 18 : Résultats de détection et de classification automatique des embarcations à l'entrée du port de La Rochelle le 21 février 2020 de 14h15 à 17h15

		Classe estimée par le classificateur											Pas détecté	Effectifs totaux				
		Voilier sans voile	Voilier avec voile	Bateau à moteur	Planche à voile	Embarcation voile légère	Stand-up Paddle	Navire à passagers	VNM (jet-ski)	Aviron	Canoë-kayak	Autre			Non classé			
Classes réelles	Voilier sans voile	96%		4%											28			
	Voilier avec voile	6%	88%			6%									16			
	Bateau à moteur	8%		86%				6%							36			
	Planche à voile						Absence de données											0
	Embarcation voile légère		11%			79%								11%	19			
	Stand-up Paddle						Absence de données											0
	Navire à passagers						100%								1			
	VNM (jet-ski)														0			
	Aviron			10%					70%				10%	10%	10			
	Canoë-kayak			50%									50%		2			
	Autre														0			
	Non classé														0			
	Effectifs totaux		31	16	34	0	16	0	3	0	7	0	0	2	3	112		

Sur les 112 embarcations qui sont passées devant la webcam, seulement 3 n'ont pas été détectées ce qui représente un taux de détection de 97,5%. Le taux de bonne classification est légèrement supérieur aux tests du 8 février et s'élève à 79%. Les embarcations de plaisance, c'est-à-dire les voiliers et les bateaux à moteurs ont des taux de bonne classification très bons, supérieurs à 85%. Les erreurs correspondent à des voiliers avec voile classés comme étant sans voile ou à des grosses embarcations à moteur considérées comme navires à passagers. De nouveaux apprentissages devraient permettre de limiter ces erreurs.

Le taux de bonne reconnaissance des embarcations de voile légère est par contre moins bon. Plusieurs de ces embarcations ont été détectées en tant que voiliers avec voiles. D'autres ont également été oubliées au moment de passer la sonde de comptage. Il s'agissait d'optimists qui étaient masqués par d'autres au moment de leur passage.

Les avirons sont plutôt bien reconnus. Néanmoins, ces embarcations étant de petites tailles, la bonne classification dépend grandement de la distance à laquelle elles passent de la webcam. Enfin, les 2 canoë-kayaks n'ont pas été classés correctement.

## 7.5. Pistes d'améliorations

Les principales pistes d'amélioration concernent en premier lieu l'amélioration de la classification avec l'apprentissage de l'algorithme pour les types d'embarcations dont la classification automatique est faible. Il s'agit des planches à voile, des jet-skis, des canoë-kayaks et des *stand-up paddle*.

La question se pose également de rajouter de nouvelles catégories permettant d'affiner le classement des embarcations et des pratiques. Les premières acquisitions ont montré par exemple que les vieux gréements étaient assez présents certains jours à la sortie du port de plaisance. C'est également le cas pour les embarcations de travaux maritimes comme les dragueuses ou les embarcations de travaux maritimes (type Phares et Balises). En théorie, il peut également être possible de relever des informations quant à la taille des embarcations détectées.

Pour un comptage et une bonne détection les plus efficaces, il semble que la zone de visée de la webcam doive être la moins étendue possible. En effet, plus les embarcations qui passent sont éloignées, plus la détection et la classification perdent en qualité. Ainsi, pour les expérimentations au Port des Minimes, la webcam pourrait être orientée vers la droite à l'endroit où le chenal est le plus étroit. Par ailleurs, l'apport de la caméra thermique n'a pas été évalué dans le cadre de ce test par manque de temps. Ces nouvelles données devraient permettre d'améliorer la classification des embarcations.

Le système de comptage doit encore être affiné. Les choix de la position et du nombre de sondes n'ont pas encore été arrêtés. Pour le moment les tests sont faits avec une seule sonde mais il est possible qu'une méthode permettant de multiplier les sondes de comptage et d'effectuer ensuite une moyenne permettrait d'affiner encore les résultats et de limiter les erreurs liées aux bateaux qui se superposent en cas de fréquentation importante.

Pour le moment, le comptage et la détection en live ne sont pas encore assez robustes et n'apportent pas d'assez bons résultats. Un post-traitement est encore nécessaire pour traiter certains cas particuliers.

D'autres pistes d'améliorations sont aujourd'hui à l'étude et concernent l'analyse automatique des comportements des embarcations pour améliorer la distinction entre embarcations et la classification. Il s'agit notamment de la prise en compte des types de trajectoire qui permettrait de distinguer les

embarcations de voile légère des autres puisqu'elles ont des trajectoires plus aléatoires et moins rectilignes.

Le couplage de ces données avec les données AIS semblent également être une bonne piste d'amélioration pour mieux comprendre les pratiques de plaisance. En effet, les données de comptages issues du système automatique et les données de comportement (trajectoire) produites à partir des AIS sont complémentaires et leurs analyses croisées via une automatisation permettrait de mieux comprendre les fréquentations des espaces de la plaisance dans le Parc naturel marin.

En ce qui concerne le matériel, une caméra avec une meilleure résolution, une meilleure stabilisation et un meilleur autofocus permettrait d'améliorer les résultats.

D'autres pistes d'amélioration sont également identifiées et concernent la gestion de l'énergie et des données. Le système tel qu'il est pensé aujourd'hui n'est pas autonome puisqu'il doit être alimenté sur secteur et qu'il doit être connecté à un réseau internet. Un axe de développement consisterait donc à développer un système autonome avec énergie solaire et transmission des données par réseau mobile.

## 8. Moyens humains et financiers mis en œuvre dans le cadre du programme VALOBS

-Une implication très forte des chercheurs du L3i a été faite durant le projet, notamment en ce qui concerne le paramétrage du système et l'écriture des algorithmes. Le temps de travail de ces chercheurs correspond à plusieurs semaines de travail.

- Les tâches du chargé de projet VALOBS ont consisté à apporter une expertise sur les pratiques de tourisme et de loisirs, former le groupe de travail, effectuer les achats, coordonner les échanges avec le port de plaisance, installer le système, effectuer la maintenance des webcams et mettre en forme certains résultats. Le temps de travail alloué à ces tâches s'élève également à plusieurs semaines.

- Une personne chargée de la valorisation de la recherche à La Rochelle Université a également participé au projet en écrivant la convention de partenariat avec le port de plaisance.

La Régie du port de plaisance, le L3i et le LIENSs ont fourni du matériel qui n'a pas fait l'objet d'achat dans le cadre du programme VALOBS. Il s'agit :

- De l'ordinateur durci (L3i)
- La caméra thermique (L3i)
- Une caisse de rangement (LIENSs)
- Du câble réseau reliant le système à la baie de brassage du port de plaisance (Régie du port)

Les dépenses directes sur ce test ont concerné l'achat de matériel et ont été inférieures à 800 euros.

Dépenses	Coût
----------	------

Achat caméra dôme et support	331,23 €
Achat disque dur externe de sauvegarde et clé USB	100 €
Achat connectiques réseaux, multiprises, câbles, caisse de rangement, onduleur, hub réseau etc.	318,78 €
<b>Total</b>	<b>750,01 €</b>

## 9. Coût de la mise en place de ce système dans le cadre d'un observatoire

Le coût de la mise en place de ce système dans le cadre d'un observatoire n'est pas encore déterminé car son développement n'est pas terminé. Seul les coûts liés au matériel peuvent être identifiés et s'élèvent au maximum à 5000 € environ.

## 10. Conclusion

Le système testé montre des résultats très encourageants de détection et de classification des embarcations qui permettront à terme de mesurer l'importance de l'activité de plaisance sur l'espace marin et le bassin de navigation de La Rochelle. La suite du projet permettra de continuer à alimenter les phases d'apprentissage de l'algorithme pour arriver à un niveau de détection et de classification limitant les marges d'erreur. Par ailleurs, le test du système sur des périodes estivales ou printanières de fortes fréquentations permettra d'évaluer la fiabilité du système, notamment dans le cas où les embarcations se croisent et se superposent sur les images. Enfin, le comptage en live n'est pas encore opérationnel.

La qualité de la caméra utilisée a été satisfaisante. Le fait que la caméra puisse être réglable à distance (zoom, orientation) a permis de tester différents paramètres. Néanmoins, dans le cas du développement de cette méthode il semble plus pratique d'avoir une alimentation de la caméra en PoE<sup>46</sup>. Par ailleurs, dans le cadre de ce test, la mise à disposition de locaux, la possibilité de se brancher sur le secteur et d'utiliser le réseau internet du port a grandement facilité le déroulement et la réussite des expérimentations.

Les contraintes règlementaires liées à ce type d'installation sont fortes. Nous avons dans le cadre de ce test profité de l'autorisation préfectorale du Port de La Rochelle, ce qui a permis d'alléger les démarches. Pour ce qui concerne la RGPD, notre système ne manipulant pas de données à caractère personnel, aucune démarche particulière (mis à part la déclaration du projet dans le registre de traitements de l'université) n'a été réalisée. Notre principale contrainte était de devoir effacer les images au bout d'un mois maximum, ce qui limite la possibilité de travailler sur le temps long ainsi que les comparaisons des résultats à différentes périodes. Néanmoins, dans le cas du traitement en temps réel des images, les images ne seront pas enregistrées, seules les statistiques de comptage seront sauvegardées.

---

<sup>46</sup> PoE : Power over Ethernet : alimentation électrique par câble Ethernet : permet de limiter le nombre de câbles

### 10.1. Approche avantages-inconvénients du système testé

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Solution automatique qui permet de se passer d'un opérateur humain pour compter	Solution qui doit encore être développée pour être totalement opérationnelle (détection de certaines classes, live)
Solution peu onéreuse au regard du coût d'un ETP	Contraintes réglementaires qui peuvent être contraignantes
Solution qui à terme permettra d'obtenir des données en continu	Contraintes liées à l'accès obligatoire à une source d'énergie et à du réseau

## Tables des illustrations

Figure 1 : Finalité 44 du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis visant le maintien de la diversité des activités de loisirs .....	135
Figure 2 : Localisation du bâtiment permettant l'installation du système de comptabilisation .....	138
Figure 3 : Image RGB acquise à partir du système (le bas de l'image est masqué avant l'enregistrement pour empêcher l'identification potentielle des passants sur la digue au premier plan). .....	140
Figure 4 : modèle du panneau d'informations affiché dans les locaux du port de plaisance .....	141
Figure 5 : Test des algorithmes de détection et de tracking sur des séquences d'images prises depuis un appareil photo numérique .....	143
Figure 6 : Exemples d'images récupérées à partir de la webcam RGB .....	146
Figure 7 : Exemple d'embarcations détectées et entourées par des boîtes englobantes sur des images prises depuis la webcam RGB.....	147
Figure 8 : Position de la sonde de comptage des embarcations.....	149
Figure 9 : Distinction de la zone de comptage (zone chenal et zone baie) et de la zone exclue du comptage.....	150
Tableau 1 : Calendrier des différentes phases du test.....	137
Tableau 2 : Nombre d'images par classe .....	148
Tableau 3 : Résultats de détection et de classification automatique des embarcations à l'entrée du port de La Rochelle le 8 février 2020 de 14h15 à 17h15 .....	151
Tableau 4 : Résultats de détection et de classification automatique des embarcations à l'entrée du port de La Rochelle le 21 février 2020 de 14h15 à 17h15 .....	151
Photo 1 : Acquisitions d'images depuis différents emplacements au port de plaisance des Minimes .....	142
Photo 2 : Les webcams thermiques et RGB installées (auteur : Valentin Guyonnard, le 24 septembre 2019).....	144
Photo 3 : Arrivée des câbles des webcams (en haut à droite de l'image) et boîte regroupant les branchements (auteur : Valentin Guyonnard, le 24 septembre 2019).....	144