



# Macroalgues intertidales : Apport de la télédétection hyperspectrale pour le suivi sectoriel dans le cadre de la DCE/DCSMM

A. Le Bris, T. Perrot, P.-O. Liabot, C. Daniel, S. Richier

## CEVA

CENTRE D'ÉTUDE  
& DE VALORISATION  
DES ALGUES

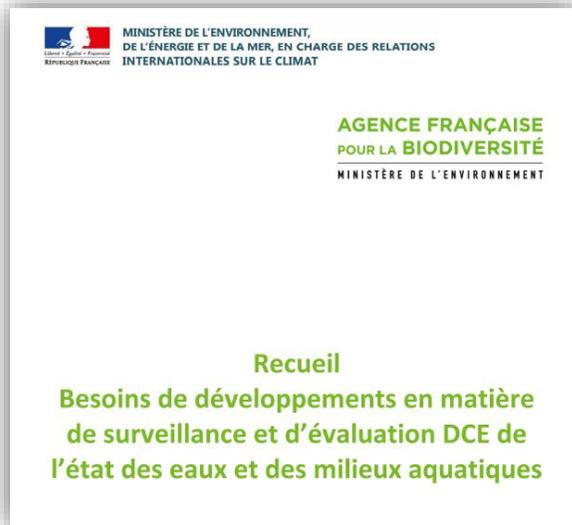
ALGAE  
TECHNOLOGY  
& INNOVATION CENTER



# Contexte

---

- Développer des approches innovantes et reproductibles pour la surveillance de la qualité des eaux côtières



## 4.2 Soutien technique aux opérations de la surveillance et de l'évaluation hydrobiologique

### 4.2.1 Support aux opérateurs de la surveillance réglementée

- Utilisation des moyens de télédétection et/ou d'autres méthodes de prospection surfacique (remote-sensing) applicables pour les besoins de surveillance DCE / DCSMM : passage d'une mesure « ponctuelle » sur le terrain à la spatialisation (approches novatrices, analyse de la faisabilité technique et financière) [MELIT].



# Contexte

---

- Les macroalgues intertidales ont été identifiées comme un indicateur pertinent, retenu par la DCE pour évaluer le fonctionnement et la qualité des MEC.
- Indicateur Macroalgues intertidales : **CCO** (Cover, Characteristic species, Opportunistic species)
  - 3 métriques :
    - Métrique 1 : couverture globale des communautés algales
    - Métrique 2 : nombre d'espèces caractéristiques par **ceintures algales**
    - Métrique 3 : la couverture des espèces opportunistes



Avantages	Inconvénients
Vision précise de la structure /composition de la flore en fonction de la répartition et de la zonation altimétrique des macroalgues à l'échelle d'un site	Pas de vision global de la répartition des algues à l'échelle d'une ME  <b>27 quadrats de 0,1m<sup>2</sup> (~3m<sup>2</sup>)</b>



# Objectifs de l'étude

---

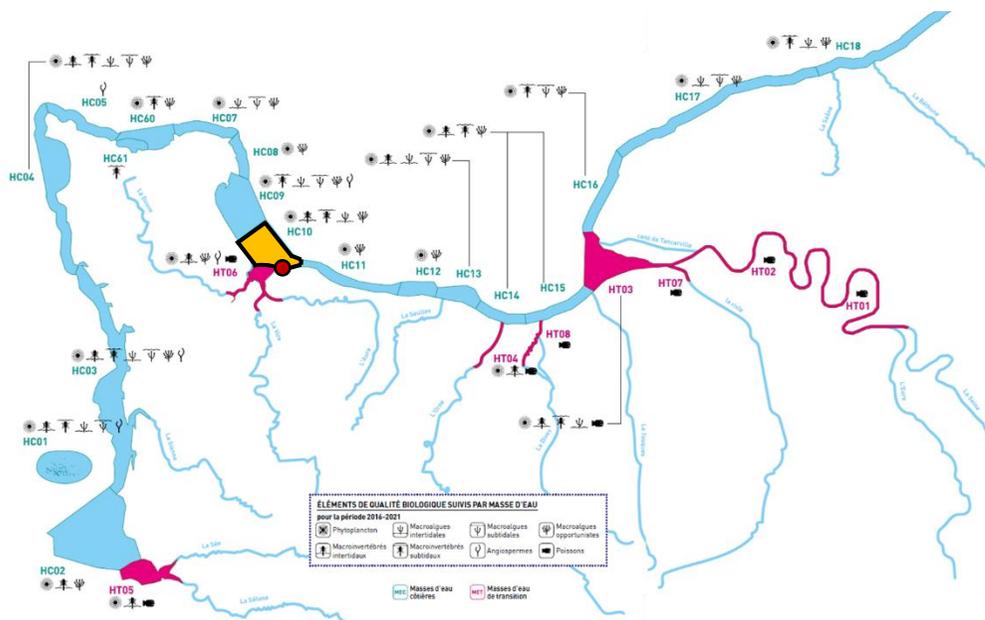
1. Traiter les données hyperspectrales 2018  $\Leftrightarrow$  Comparaison données *in situ* des recouvrements (CEVA) et des données stationnelles (CCO)
2. Définir des métriques / EQR sectoriel  $\Leftrightarrow$  Comparaison avec les EQR existants
3. Evaluer les variations saisonnières



# Acquisition des données hyperspectrales

## Site d'étude

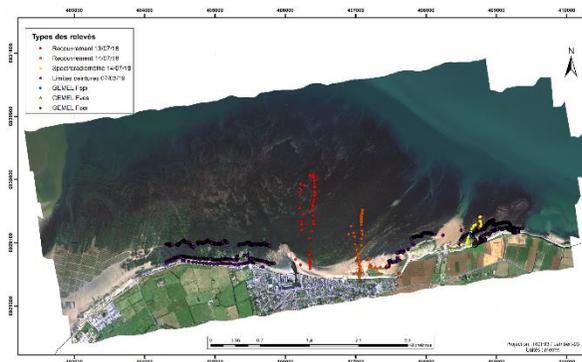
### FRHC 10 – Grandcamp-Maisy



118 km<sup>2</sup> dont 16 km<sup>2</sup> de zone intertidale (13%)



## AISA 2018

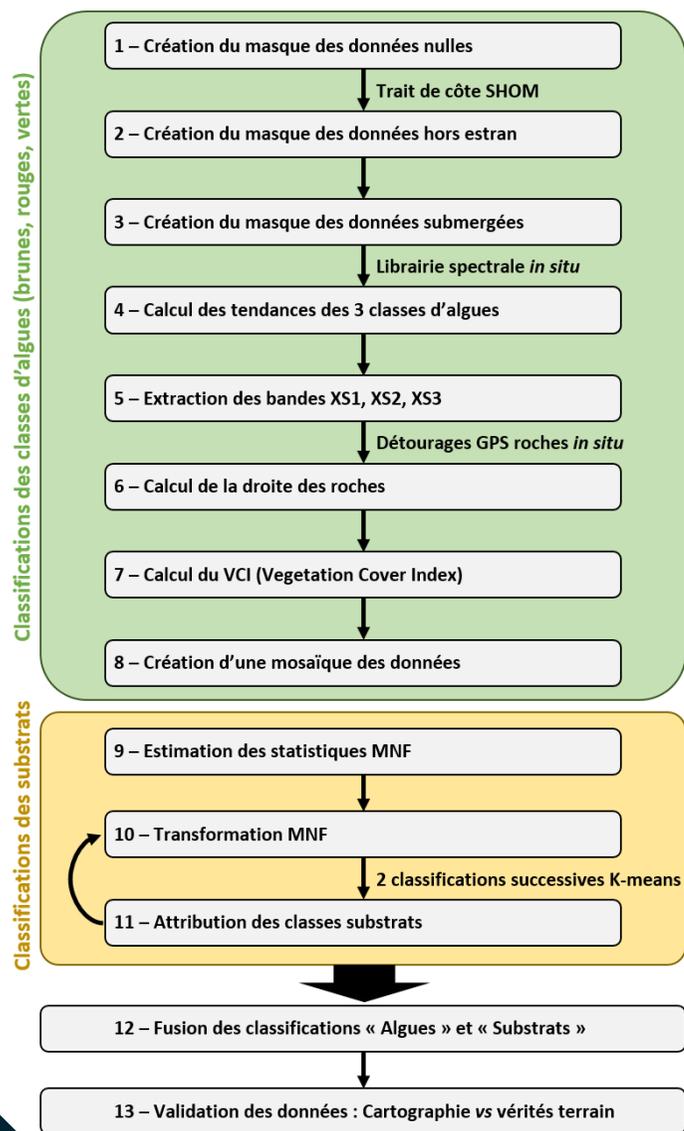


- **Date :**  
14/07/2018
- **Coefficient :**  
105
- **Hauteur d'eau :**  
1,3 m
- **Gamme spectrale :**  
400 – 970nm
- **Résolution spectrale :**  
5nm
- **Nombre de bandes spectrales :**  
126
- **Résolution spatiale :**  
60cm



# Traitements - images hyperspectrales -

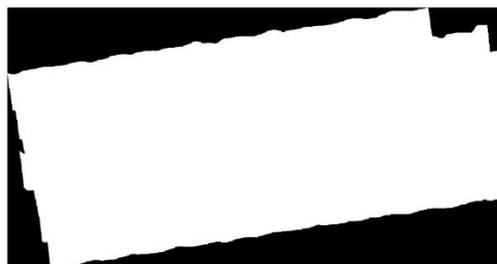
- Une chaîne de traitement automatique développée spécifiquement
- Utilisation d'une librairie spectrale couplée aux données terrain



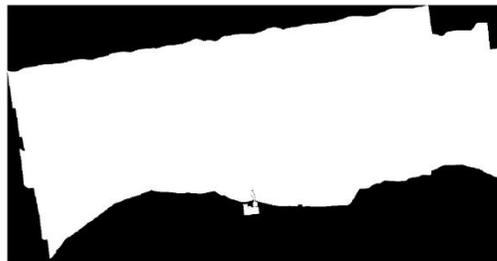
Mosaïque hyperspectrale 2018  
Composition colorée RVB



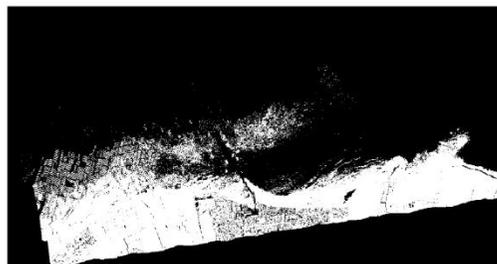
Masque  
données nulles



Masque  
données terrestres

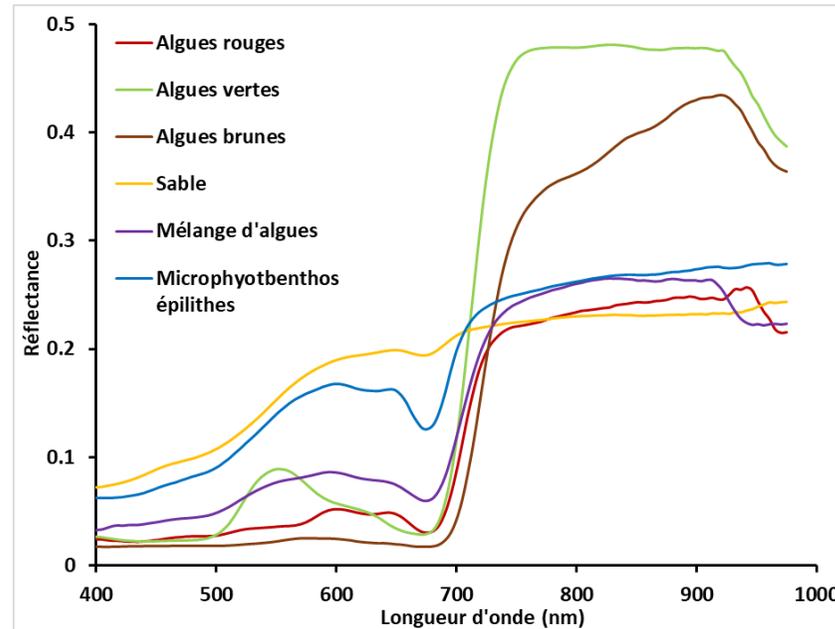
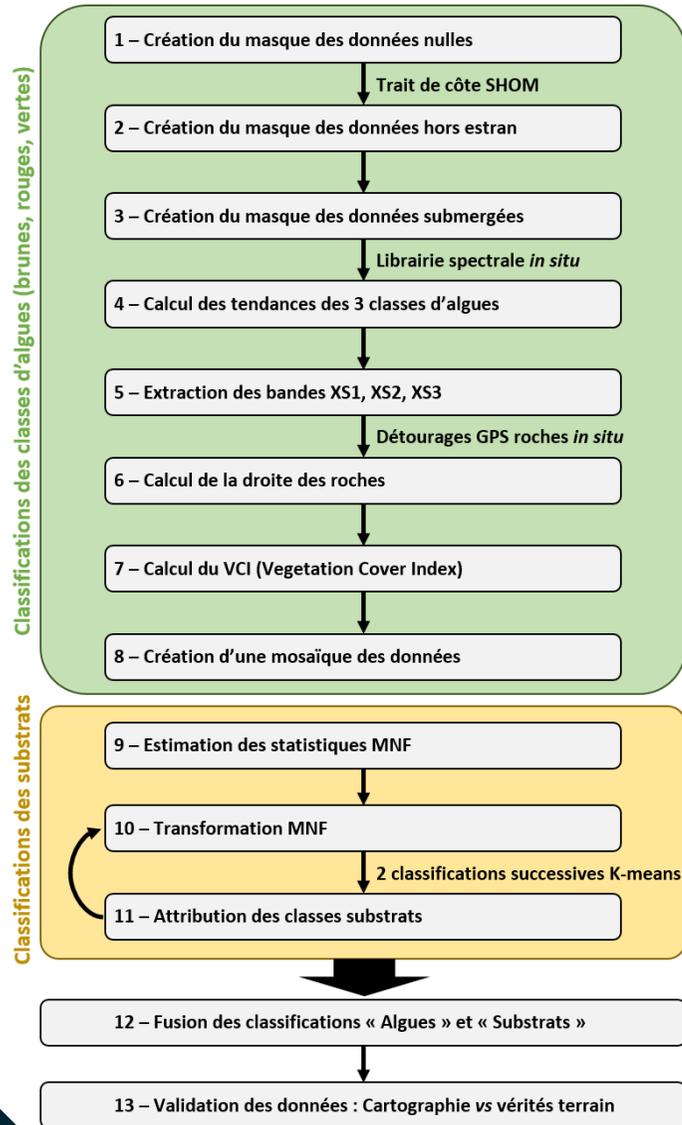


Masque  
données immergées



# Traitements - images hyperspectrales -

- Une chaîne de traitement automatique développée spécifiquement
- Utilisation d'une librairie spectrale couplée aux données terrain



**Continuum removed**

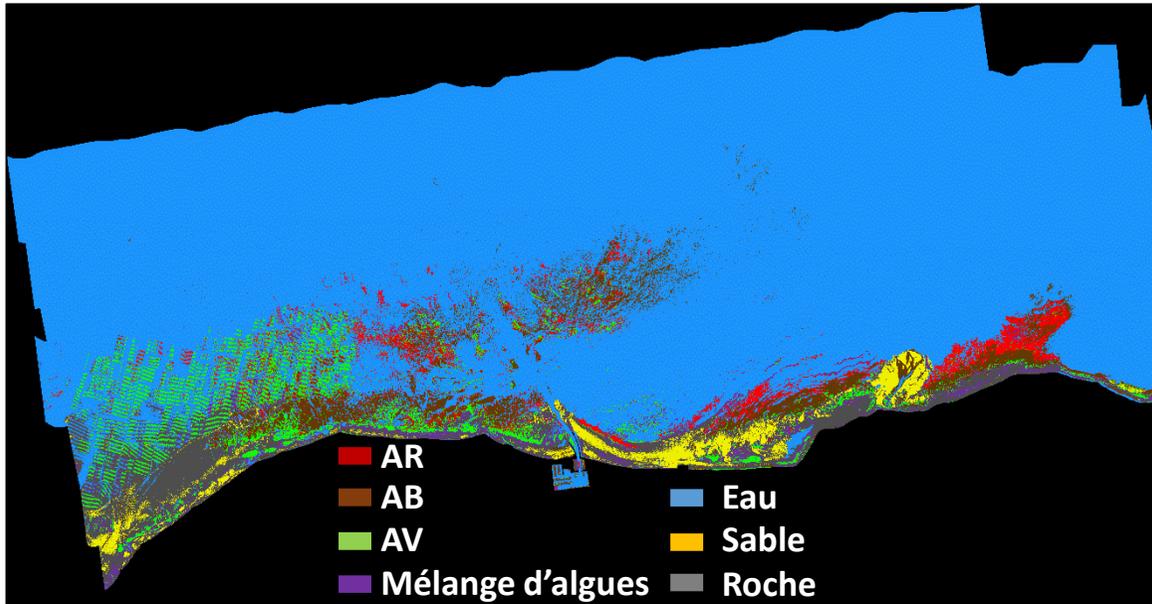
**+**

**Shape Matching algorithm**



# Résultats - Cartographies -

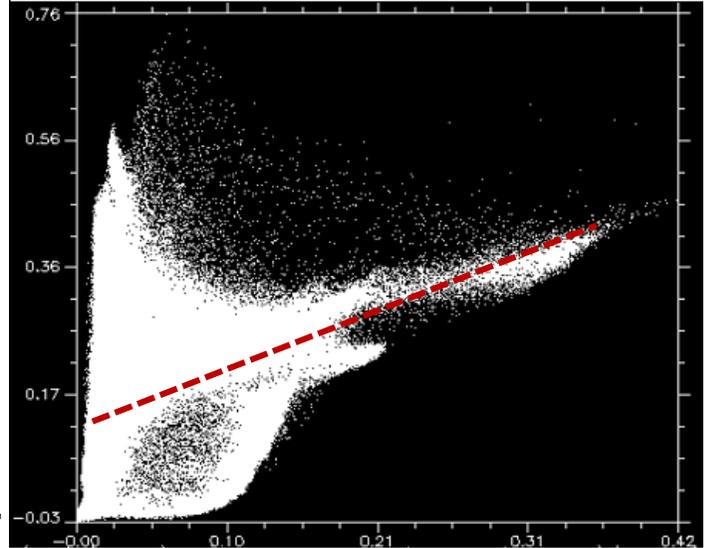
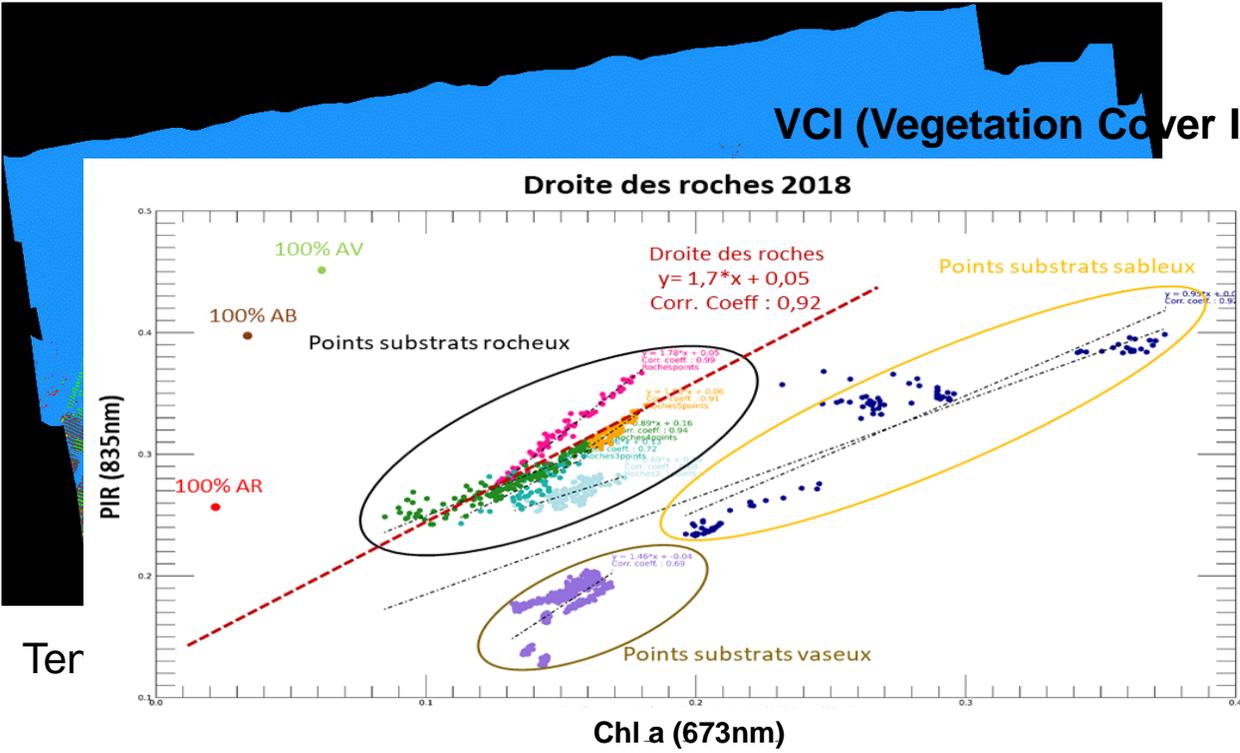
---



Tendance classes algues

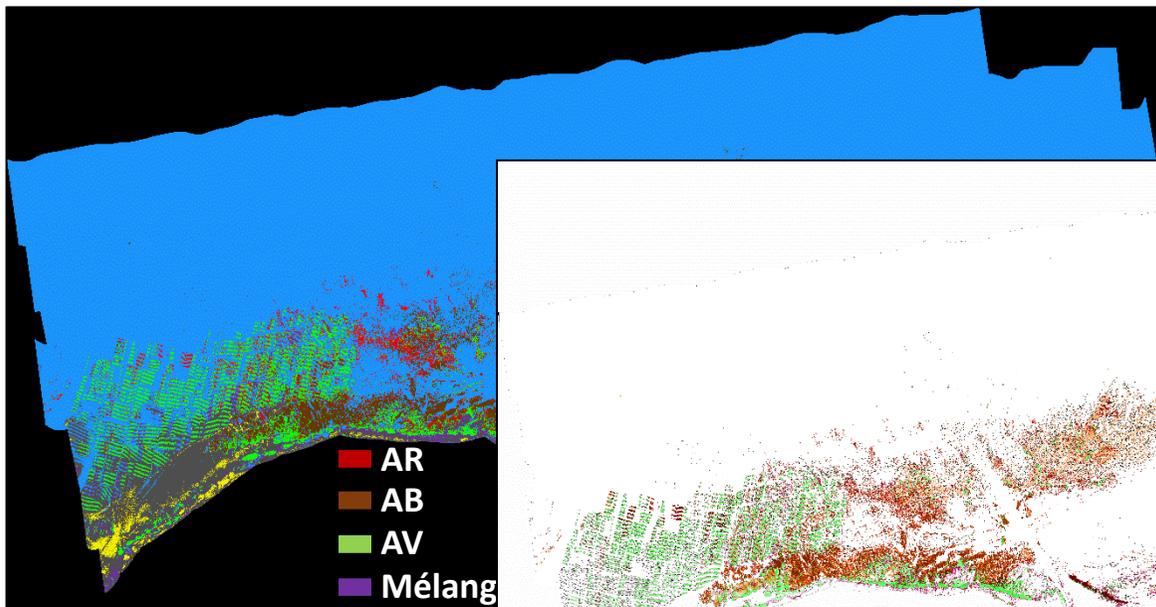
# Résultats - Cartographies -

## VCI (Vegetation Cover Index)

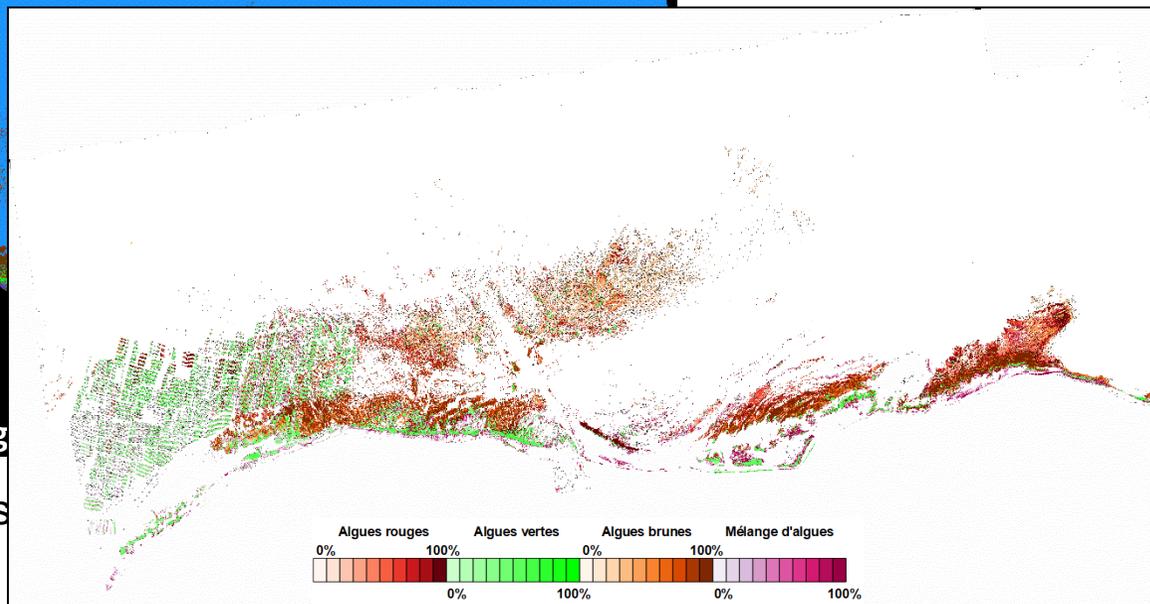


# Résultats - Cartographies -

---

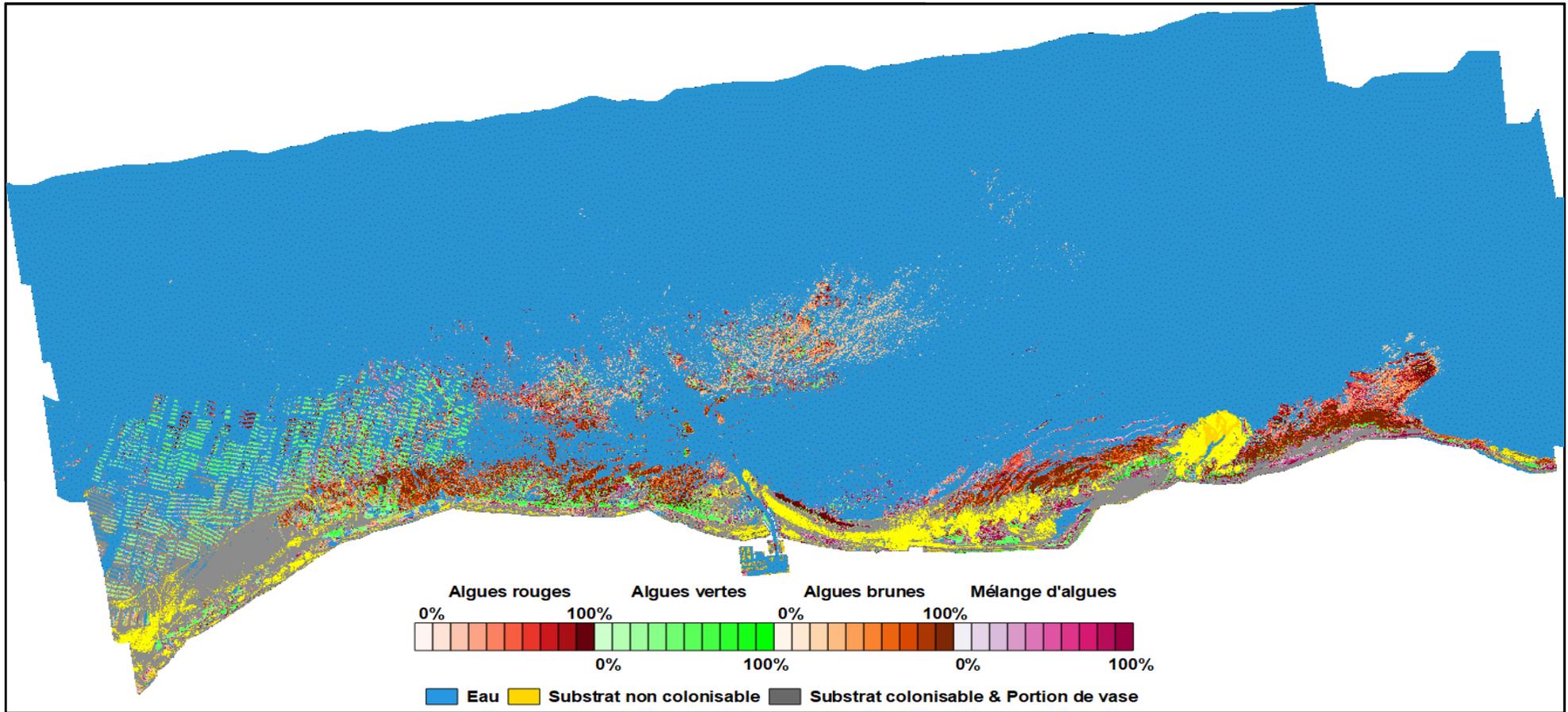


Tendance classes algues



Tendance classes algues + pourcentage de recouvrement

# Résultats - Cartographies -

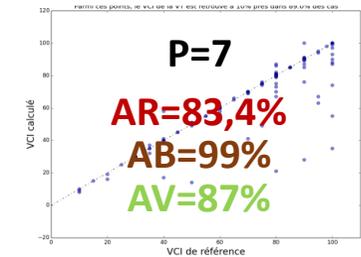
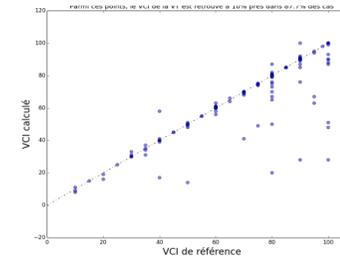
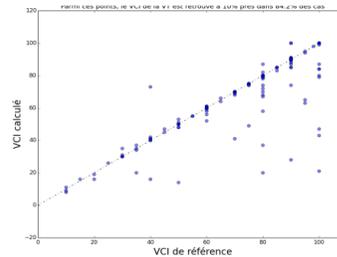
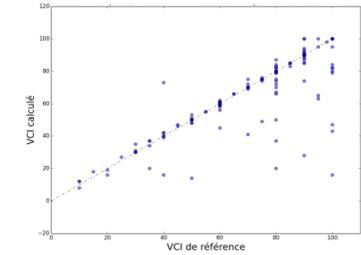
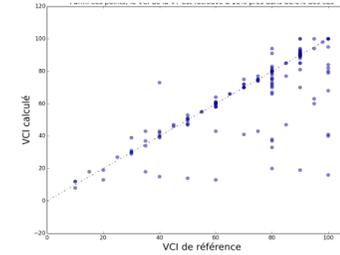
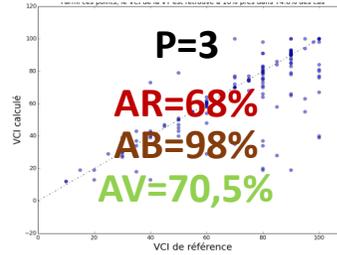
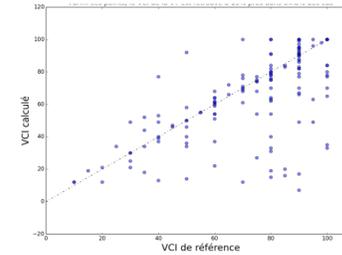
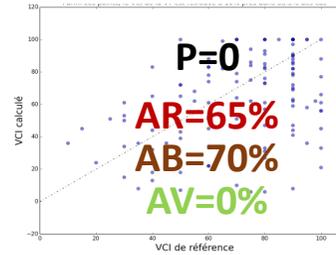
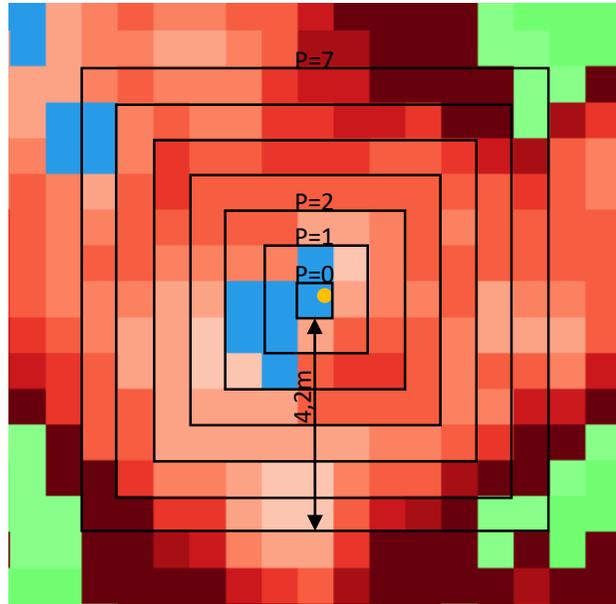


Tendance classes algues + pourcentage de recouvrement + substrats affinés

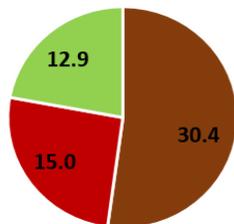
	2018
Surface totale	45.4
% végétalisé	81.5
Surface Algues rouges (ha)	4.5
Surface Algues vertes (ha)	6.4
Surface Algues brunes >90% (ha)	11.8

# Résultats - Validation -

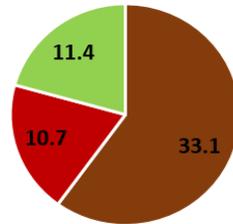
## Biais du positionnement GPS *in situ*



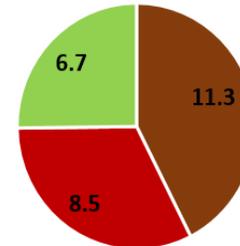
Proportion des algues  
Relevés terrain 2018



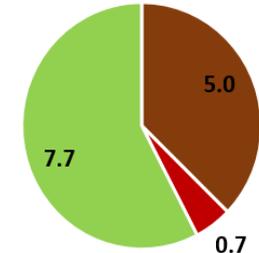
Proportion des algues  
Image hyperspectrale 2018



Proportion des algues  
Relevés terrain 2018



Proportion des algues  
Image hyperspectrale 2018



Algues brunes

Algues rouges

Algues vertes



## Comparaison Hyperspectrale VS stationnel

# Résultats - Métriques et EQR -

➤ Proposition indicateur sectoriel Macroalgues intertidales par télédétection

➤ 4 métriques :

- Taux de couverture végétale globale **par ceinture d'algues**  
*CCO (Etat de santé de la ceinture d'algues)*
- Taux de couverture des algues vertes **par ceinture d'algues**  
*CCO (algues opportunistes → Eutrophisation)*
- Taux de couverture des algues rouges par rapport aux algues brunes  
*(structure de la ceinture d'algues)*
- Taux de couverture des algues brunes par rapport à une surface de référence  
*HPI - Helgoland Phytothetic Index (structure de la ceinture d'algues)*

## Métrique 1

Recouvrement (%)	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5 et 6
[0-2.5[	0	0	0	0	0
[2.5-5[	2	2	1	1	1
[5-10[	4	3	2	2	2
[10-25[	5	5	3	3	3
[25-50[	6	6	5	4	3
[50-75[	7	7	6	5	4
[75-100]	9	8	7	6	5

## Métrique 2

Classe de recouvrement	Score
0-5%	6
5-25%	4
25-50%	2
50-75%	1
75-100%	0

## Métrique 3

%AR / %AB	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5 et 6
[>10]	0	0	0	0	0
[5 - 10[	2	2	1	1	1
[2.5 - 5[	4	3	2	2	2
[1 - 2.5[	5	5	3	3	3
[0.5 - 1[	6	6	5	4	3
[0.25 - 0.5[	7	7	6	5	4
[0 - 0.25[	9	8	7	6	5

## Métrique 4

Classe de recouvrement	Score
[150 - 90[	6
[90 - 75[	4
[75 - 60[	2
[60 - 45[	1
[45 - 0]	0



# Résultats - Métriques et EQR -

- Proposition indicateur sectoriel Macroalgues intertidales par télédétection
- 4 métriques :
  - Taux de couverture végétale globale **par ceinture d'algues**  
*CCO (Etat de santé de la ceinture d'algues)*
  - Taux de couverture des algues vertes **par ceinture d'algues**  
*CCO (algues opportunistes → Eutrophisation)*
  - Taux de couverture des algues rouges par rapport aux algues brunes  
*(structure de la ceinture d'algues)*
  - Taux de couverture des algues brunes par rapport à une surface de référence  
*HPI - Helgoland Phytobenthic Index (structure de la ceinture d'algues)*

$$EQR_m = EQR_{sup} - [(((Valeur_{métrique} - seuil_{sup}) / (seuil_{inf} - seuil_{sup})) \times (EQR_{sup} - EQR_{inf}))]$$

## EQR

Métrique 1	Métrique 2	Métrique 3	Métrique 4	EQR	Etat écologique
[40 - 35[	[30 - 25[	[40 - 35[	[150 - 90[	[1 - 0,8[	Très bon
[35 - 25[	[25 - 20[	[35 - 25[	[90 - 75[	[0,8 - 0,6[	Bon
[25 - 15[	[20 - 15[	[25 - 15[	[75 - 60[	[0,6 - 0,4[	Moyen
[15 - 10[	[15 - 10[	[15 - 10[	[60 - 45[	[0,4 - 0,2[	Médiocre
[10 - 0]	[10 - 0]	[10 - 0]	[45 - 0]	[0,2 - 0]	Mauvais



# Résultats - Métriques et EQR -

## Indicateur macroalgues sectoriel (hyperspectral - 2018)

Métrique 1	<i>Fucus serratus</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus spiralis</i>
% végétalisé	63.1	29.6	21.1
Score	7	6	3
ΣScore		16	
Total sur 40 points		26.7	
<b>EQRm1</b>	<b>0.63</b>		

Métrique 2	<i>Fucus serratus</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus spiralis</i>
% Algues vertes	11.4	7.7	5.4
Score	4	4	4
ΣScore		12	
Total sur 30 points		20	
<b>EQRm2</b>	<b>0.60</b>		

Métrique 3	<i>Fucus serratus</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus spiralis</i>
%AR / %AB	0.3	0.1	0.3
Score	7	8	6
ΣScore		21	
Total sur 30 points		35.0	
<b>EQRm3</b>	<b>0.80</b>		

Métrique 4	2007 (Référence)	2018
ha fucales > 90%	10.7	11.8
% par rapport à la référence		109
<b>EQRm4</b>	<b>0.86</b>	

<b>EQR final</b>	<b>0.71</b>	
<b>EQS</b>	<b>BON</b>	

## Indicateur macroalgues stationnel (CCO)

- Pas d'EQR en 2018
- Calculs EQR sur 3 années
- 2017 : 2 saisons  
(Octobre = **Etat BON**)

Métrique		Indicateur DCE	Indicateur DCE	Indicateur DCE 2017	
		2007-2008-2009	2010-2011-2012	Mai	Octobre
1- Couvert végétalisé	/40	36,7	30	30	31
2- Espèces caractéristiques	/30	8,3	11,7	10	8,3
3- Algues opportunistes	/30	23,3	20	16,7	20
Note totale	/100	68,3	61,7	56,7	60
				58,3	
<b>EQR</b>		<b>0,68</b>	<b>0,62</b>	<b>0,58</b>	
<b>EQS</b>		<b>BON</b>	<b>BON</b>	<b>MOYEN</b>	



# Conclusions / Recommandations

---

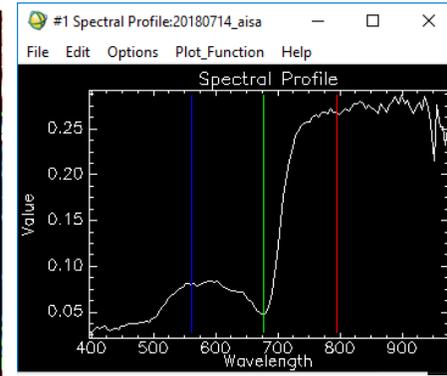
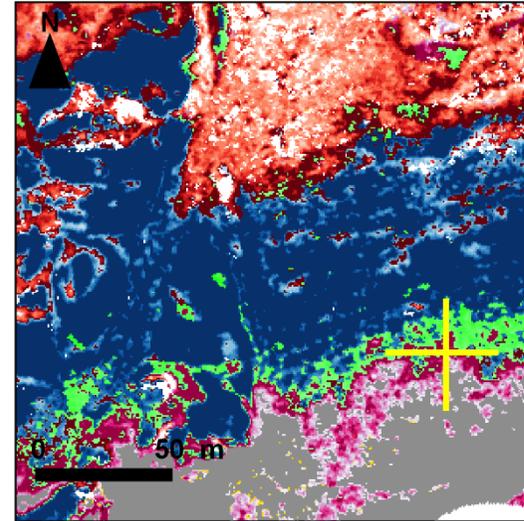
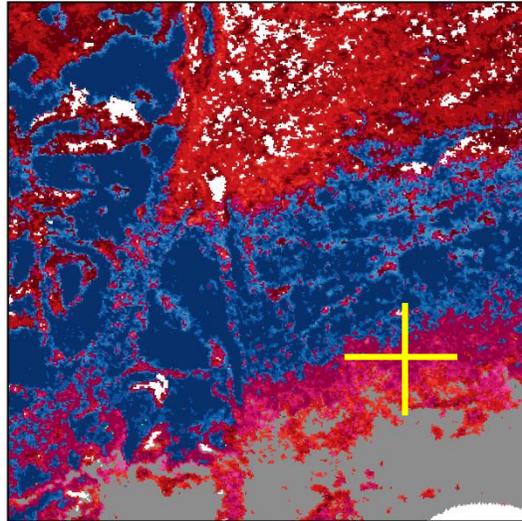
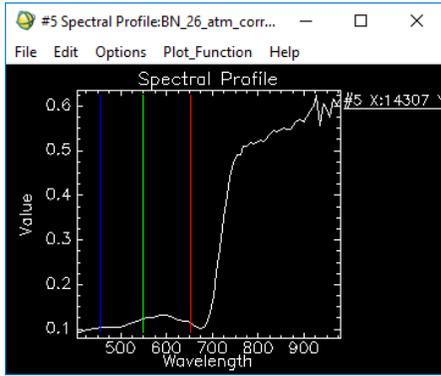
- Imagerie hyperspectrale
  - Possibilité de cartographier les algues brunes / vertes / rouges
    - les mélanges d'algues
    - le microphytobenthos
  - Possible utilisation comme outil complémentaire au stationnel
- Acquisitions d'images hyperspectrales sur 2 saisons
- Acquisitions d'images hyperspectrales sur d'autres masses d'eau
- Couplage avec d'autres données d'images (satellitaire / aéroportée / drone)
- Traitements de démixage pixellaire



# Perspectives - Démixages -

Printemps

Eté



58% AB  
10% AV  
21% AR

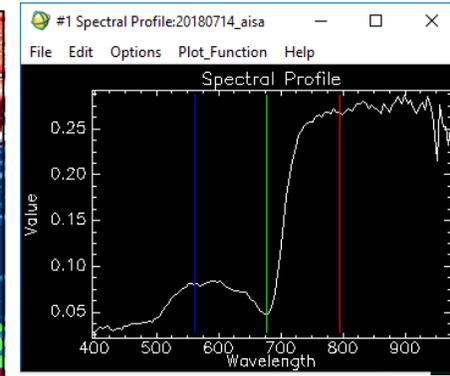
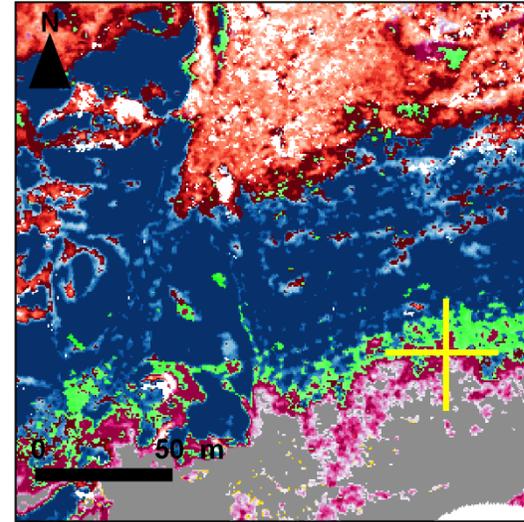
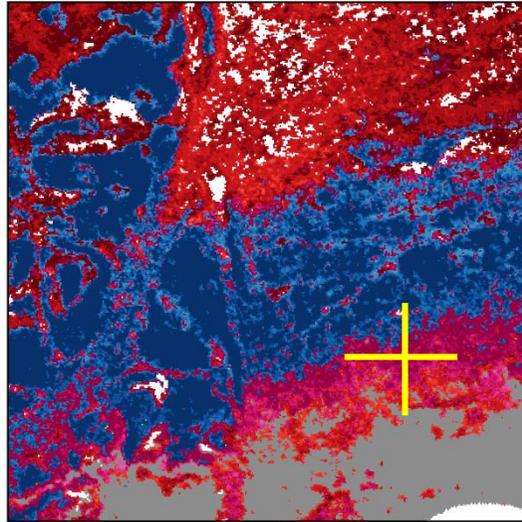
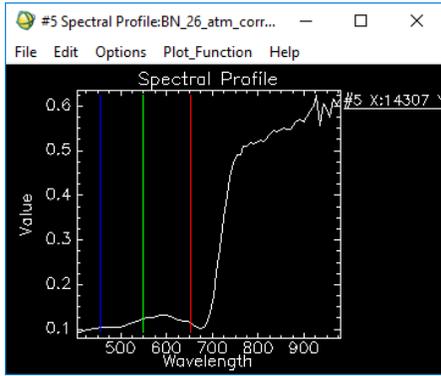
18% AB  
68% AV  
22% AR



# Perspectives - Démixages -

Printemps

Eté



58% AB  
10% AV  
21% AR

18% AB  
68% AV  
22% AR



# Perspectives - Analyse technique et financière -

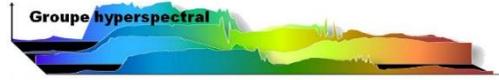
Plateforme	Capteur	Coûts acquisition (€/km <sup>2</sup> )	Résolution spatiale	Couverture d'une scène	Complexité des traitements	Déploiement opérationnel	Résolution temporelle
Satellite	Multispectral	1,8 €/km <sup>2</sup> (Pléiades) Gratuit (Sentinel-2)	10m	~100km*100km	Accessible	selon météo et marée basse	2-5 jours
Satellite	Hyperspectral (EnMAP)	En développement	10-30m	~30km*30km	Elevée	selon météo et marée basse	4-7 jours
Aéroportée	Hyperspectral	600-800 €/km <sup>2</sup>	<1m	Limitée	Elevée	Rapide	/
Drone	Multispectral	10-12,5 k€/km <sup>2</sup> (2000 à 2500 € pour environ 20 ha)	1cm	Limitée	Moyennement Accessible	Rapide	/

- Imagerie hyperspectrale : Coûts élevés  
Pas opérationnel à l'échelle des côtes françaises
- Développement d'un capteur **multispectrale amélioré** : Choix des bandes à partir des données hyperspectrales



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**





AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



anthony.lebris@ceva.fr

CENTRE D'ÉTUDE & DE VALORISATION DES ALGUES