

## La Télédétection des Écosystèmes de Carbone Bleu

### Partie 2: Cartographier les Marais Salants et les Herbiers Marins à L'aide de Télédétection

Brock Blevins (NASA ARSET), Kelly Luis (NASA JPL), Anthony Campbell (NASA GSFC), Cheryl Doughty (NASA JPL)

05 et décembre 2024



# Training Outline

Partie 1  
Aperçu des  
Écosystèmes de  
Carbone Bleu et  
Cartographie des  
Écosystèmes de  
Mangrove à  
L'aide de  
Télédétection  
03 et décembre  
2024  
10:00-11:30 EST

Partie 2  
**Cartographier les  
Marais Salants et  
les Herbiers  
Marins à L'aide de  
Télédétection**  
**05 et décembre  
2024**  
**10:00-11:30 EST**

## Devoirs

Ouverture le 5 décembre 2024 - Échéance le 19 décembre 2024 - Publication sur la page web de la formation

Un certificat d'achèvement sera délivré aux personnes qui auront assisté à toutes les sessions en direct et qui auront effectué le(s) devoir(s) à domicile avant la date d'échéance indiquée.



# Part 1 –Formateurs

## Dr. Anthony Campbell

Assistant Research Scientist &  
Geospatial Analyst  
NASA Goddard Space Flight  
Center



## Dr. Cheryl Doughty

Assistant Research Scientist  
NASA Goddard Space Flight  
Center



## Dr. Kelly Luis

Scientist  
NASA Jet Propulsion Laboratory



## Partie 2 Objectifs

À la fin de la partie 2, les participants seront capables de : Cartographier l'étendue des écosystèmes de marais salants et d'herbiers marins à l'aide d'observations par satellite

- Calculer les stocks de carbone des écosystèmes de marais salants et d'herbiers marins cartographiés
- Explorer les méthodes de synthèse pour estimer le carbone bleu à travers les écosystèmes



# Comment poser des questions

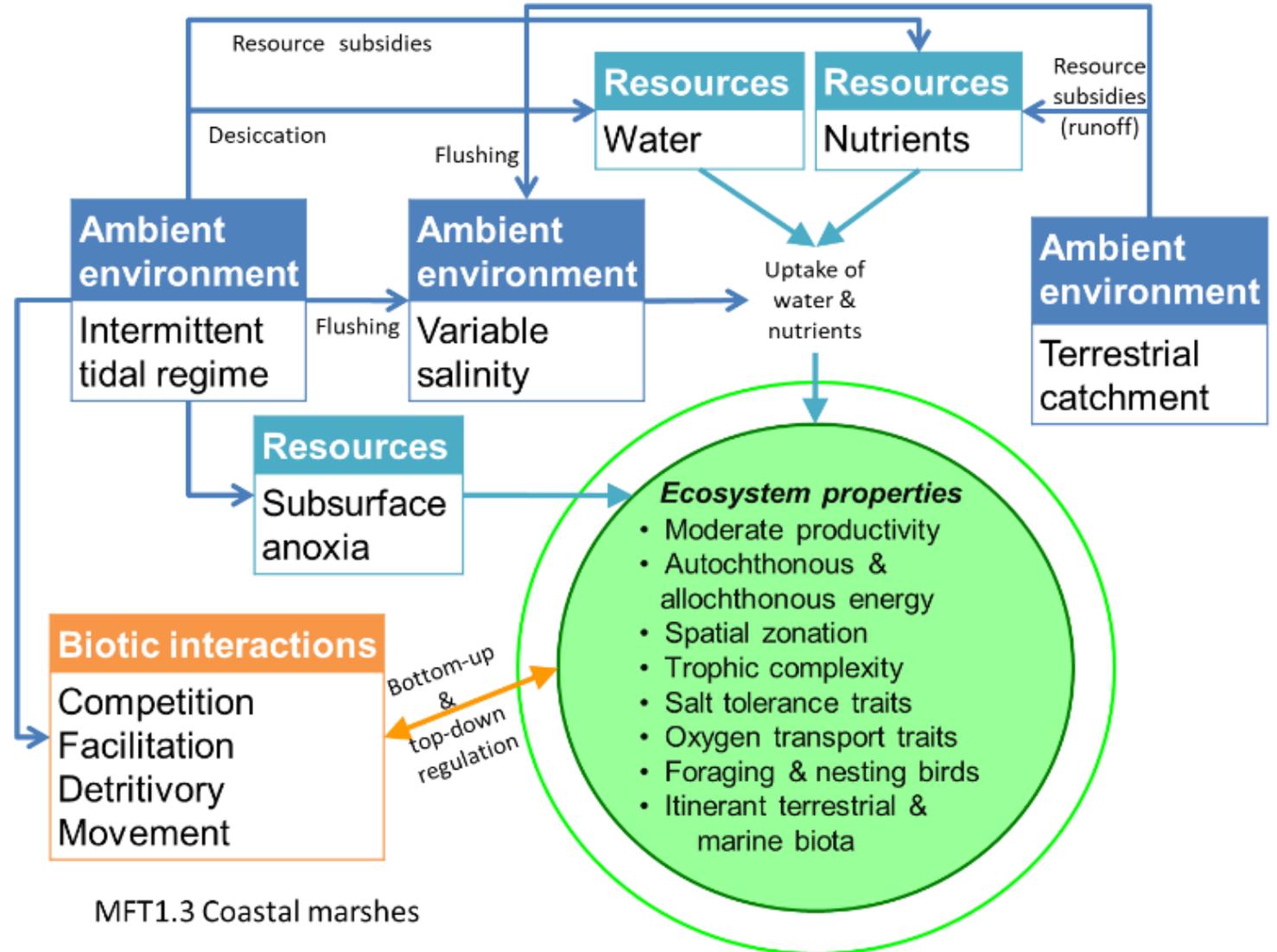
- Veuillez poser vos questions dans la boîte « Questions » et nous y répondrons à la fin du webinaire.
- N'hésitez pas à poser vos questions au fur et à mesure. Nous essaierons de répondre à toutes les questions lors de la session de questions-réponses qui suivra le webinaire.
- Les autres questions seront traitées dans le document Q&R, qui sera publié sur le site web de la formation environ une semaine après la formation.



# Qu'est-ce qu'un marais salant ?

Défini comme marais salé côtier et roselière dans la [typologie globale des écosystèmes](#).

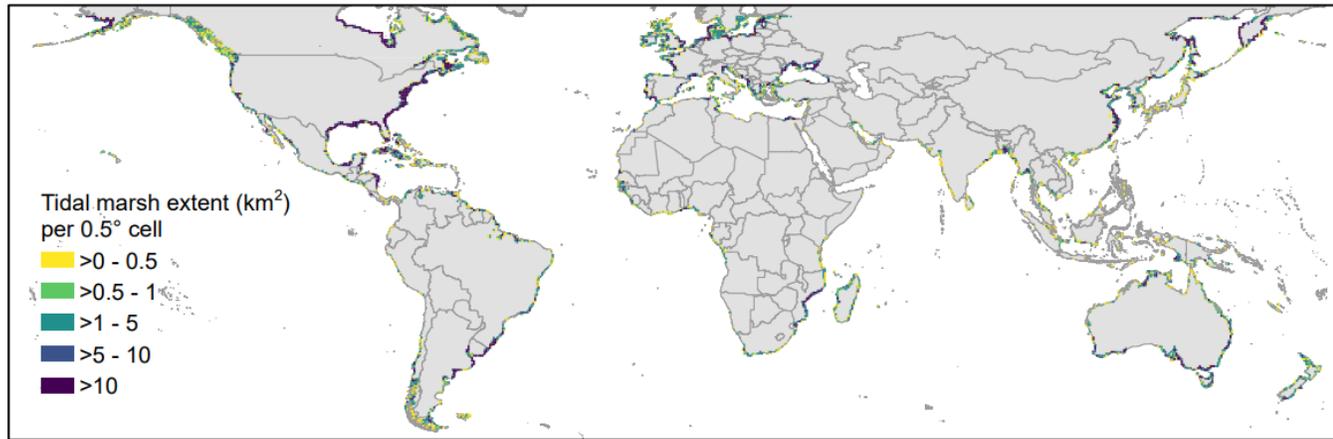
- Salinité
- Inondé par les marées
- Faible énergie



MFT1.3 Coastal marshes



# Ensemble de données mondiales sur le carbone bleu des marais salants



La distribution des marais intertidaux en 2020, les couleurs plus foncées représentant de plus grandes étendues de marais intertidaux (km<sup>2</sup>) dans un rayon de 0,5° (Worthington et al. 2023).

- Carte mondiale de 10 m pour 2020 ([Worthington et al. 2023](#); [données](#))
- Carte mondiale à 30 m des marais intertidaux, des estrans et des mangroves 2000-2020 ([Murray et al. 2022](#); [Données](#))
- Carte mondiale des zones humides à 30 m 2000-2022 ([Zhang et al. 2024](#); [Données](#))
- Changement global de 30 m et émissions de 2000 à 2019 ([Campbell et al. 2022](#); [Données](#))
- Carte mondiale du carbone organique des sols ([Maxwell et al. 2024](#); [Données](#)).
- Approche globale avec Google Earth Engine pour la cartographie des zones humides à marée (<https://zenodo.org/records/5968865> from [Murray et al. 2022](#))



# Propriétés des capteurs et besoins en cartographie des marais salants

- Résolution spatiale
- Résolution temporelle (temps de revisite)
- Résolution spectrale
- Élévation

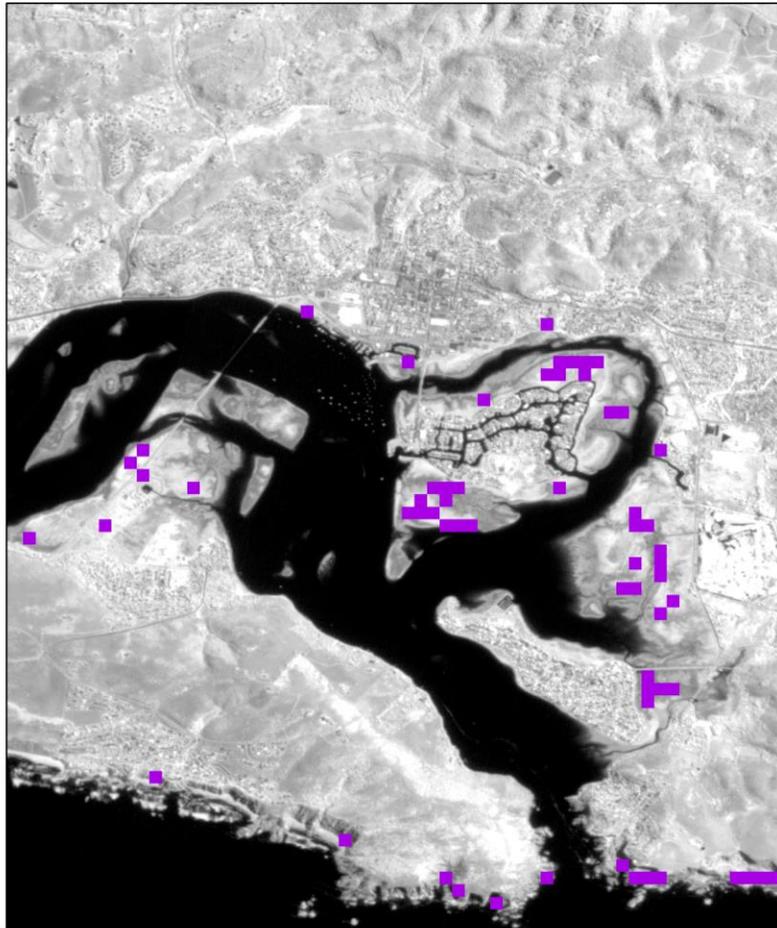


# Exemple de site : Estuaire de Knysna, Afrique du Sud

- Baie estuarienne
- Climat tempéré
- Microtidal (marnage de 1,36 m)
- Semi-diurne - deux marées basses et deux marées hautes par jour
- Les espèces végétales des zones humides comprennent : *Zostera capensis* (Seagrass), *Spartina martima*, *Bassia diffusa*, *Triglochin buchenai*, *Salicornia tegetaria*, and *Juncus Kraussi* (Adams et al. 2016).

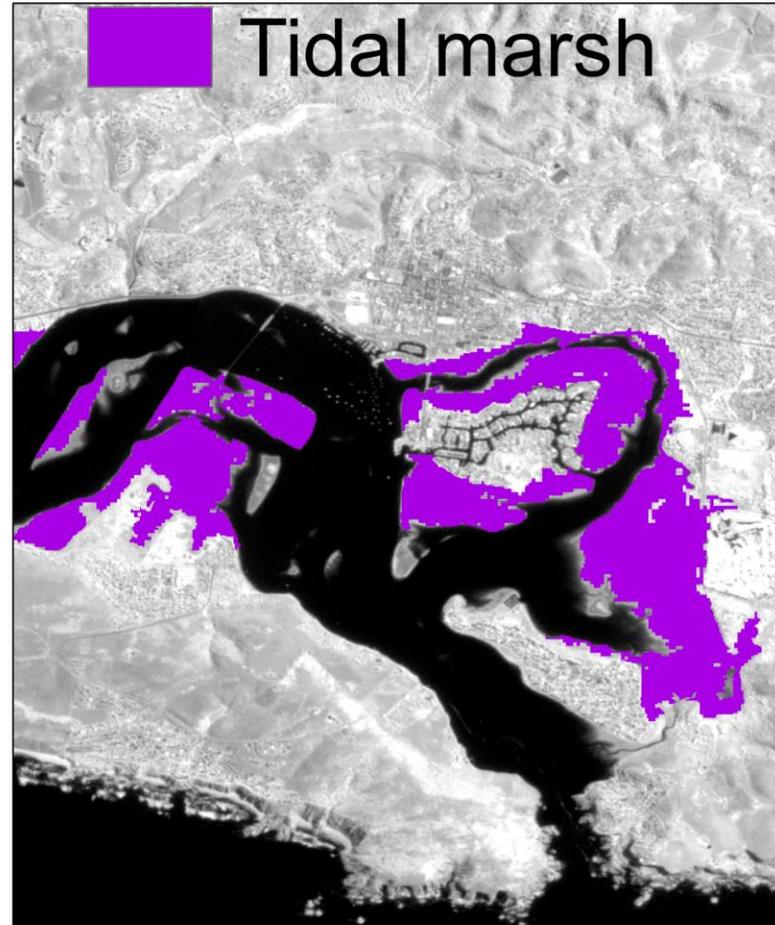


# Propriétés du capteur - Résolution spatiale

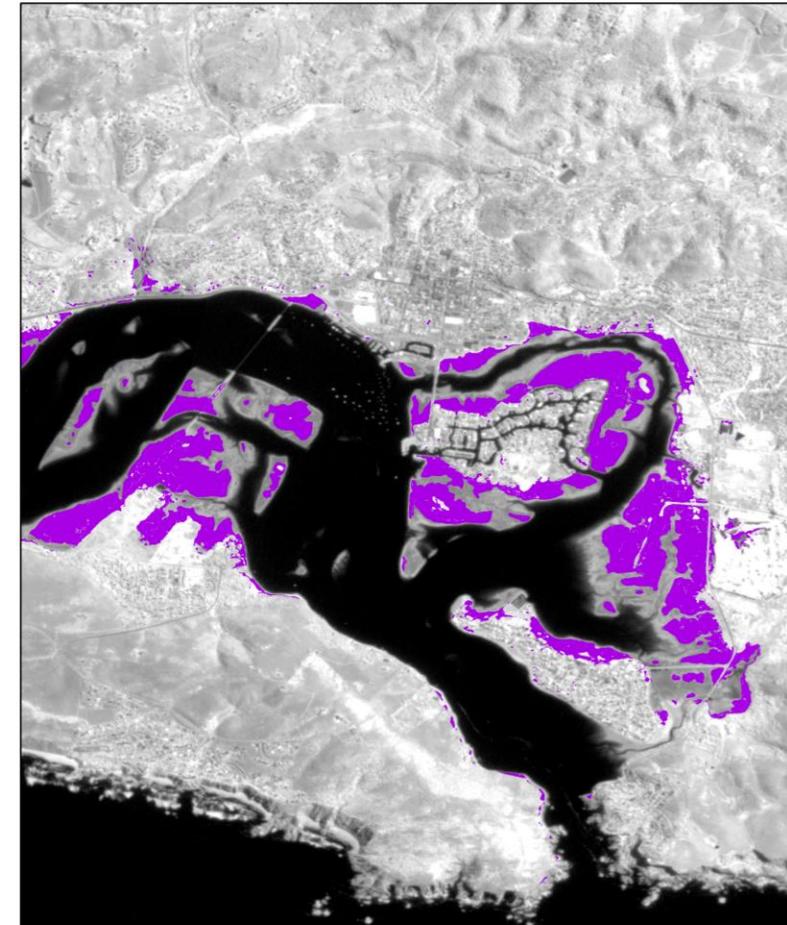


100 m

Donnée: [100 m](#); [10 m](#)



10 m

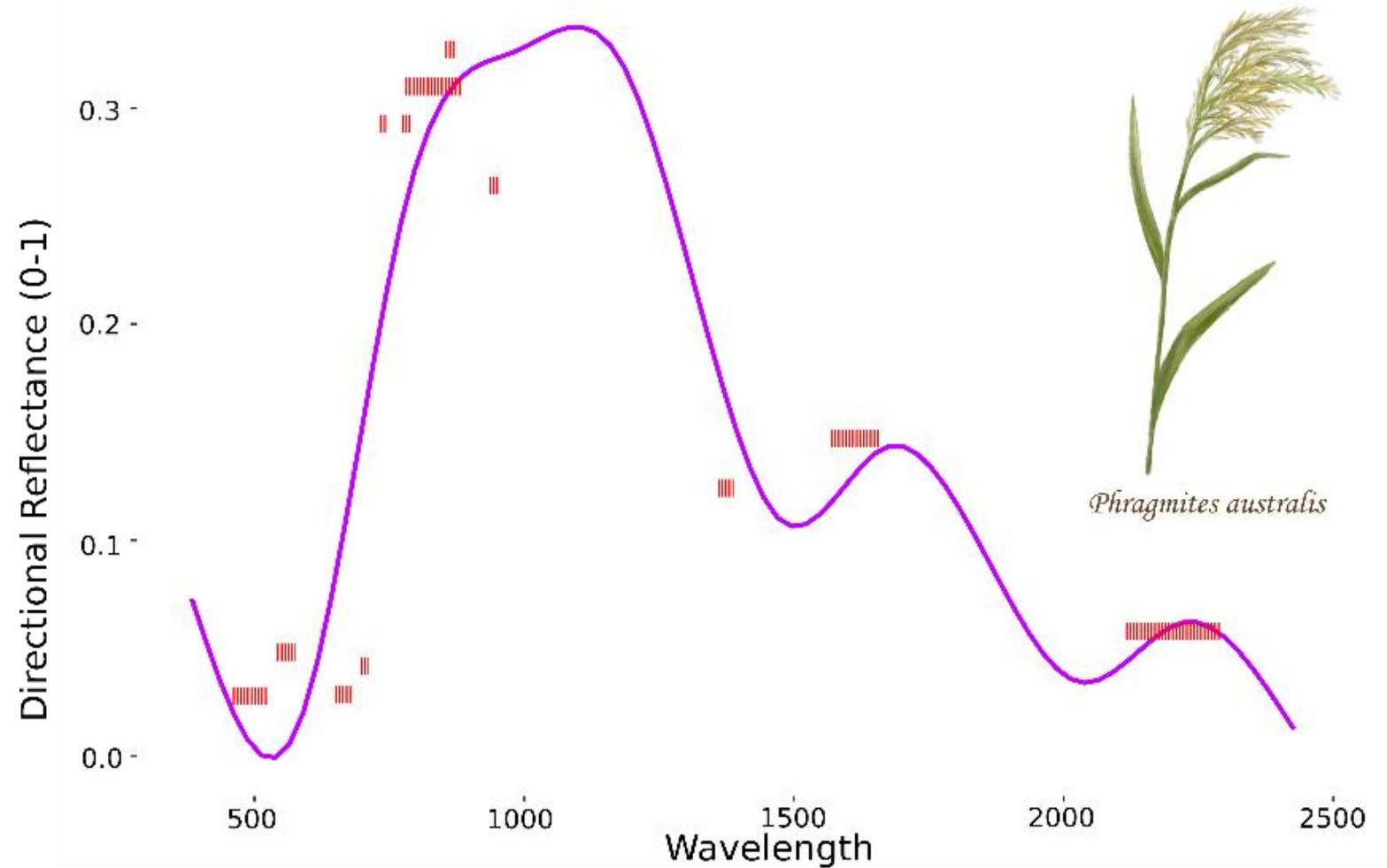


3 m



# Propriétés du capteur - Résolution spectrale

- Largeur de bande
- Couverture spectrale
- Plages spectrales d'intérêt (bord rouge)



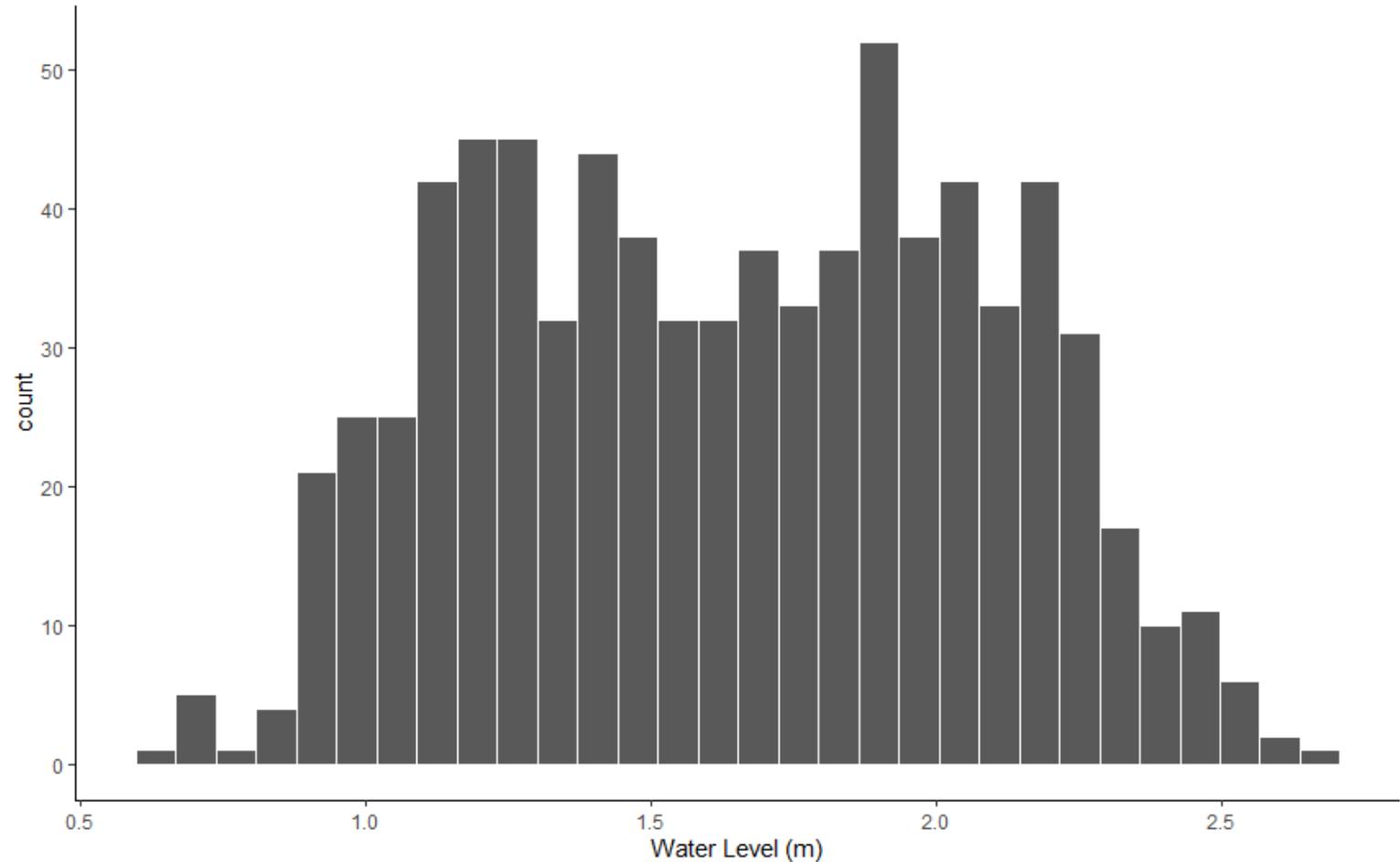
# Propriétés du capteur - Résolution temporelle

- Phénologie des marais salés tempérés - saisonnalité
- Couverture spectrale
- Pour une inondation minimale de la végétation, l'image idéale est proche de la moyenne des basses eaux pendant la saison de croissance.



# Propriétés du capteur - Résolution temporelle

- Quel niveau de marée est nécessaire pour la cartographie ?
- Les images de marée haute peuvent être éliminées de la cartographie, mais elles contiennent des informations importantes sur les processus côtiers et la distribution des écosystèmes.
- La moyenne des basses eaux inférieures (MLLW) à Knysna est de 1,2 m.
  - 17% des images Sentinel-2 ont été collectées à moins de 1,2 m.
  - 24 % des images Landsat-8 et 9 ont été collectées à moins de 1,2 m.



# Inondation due à la marée

- Pénétration limitée de l'eau
- Dépend de l'amplitude des marées
  - Variable d'un bout à l'autre du marais
  - L'impact varie en fonction du pourcentage de couverture et de la hauteur de la végétation
  - Informatif pour la classification avec un risque de mauvaise classification



(University of New Hampshire, 2018)



# Résumé de la démonstration

1. [Carte à marée haute – Sentinel-2](#)
2. [Carte à marée basse – Sentinel-2](#)
3. [Classification multidate – Sentinel-2](#)
4. [Classification multidate – Landsat-9](#)
5. [Ajouter une élévation](#)



# Démonstration - Cartographie de l'étendue des marais salants



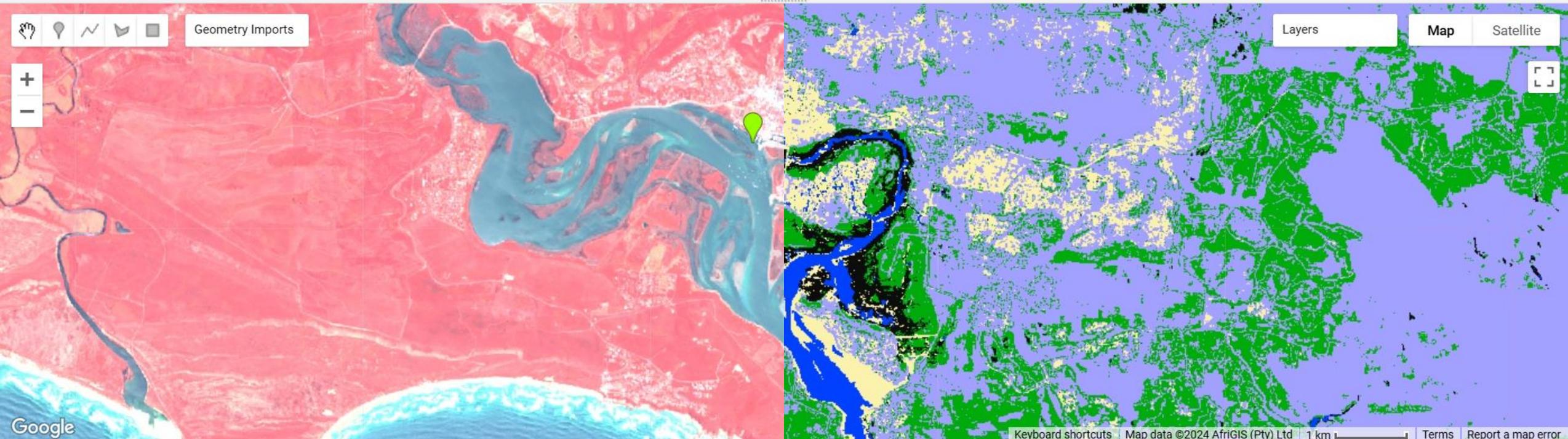
```
start_tides_low  Get Link Save Run Reset Apps
11 var rgbVis = {
12   min: -200.0,
13   max: 1500,
14   bands: ['B8', 'B3', 'B2'],
15 };
16 Map.addLayer(s2sr, rgbVis, 'RGB');
17 var classes = tidalmarsh.merge(Water)
18               .merge(tidalflat)
19               .merge(Seagrass)
20               .merge(upland);
21
22 var samples = s2sr.select(bands).sampleRegions({
23   collection: classes
```

Inspector Console Tasks

Training n = 400 JSON

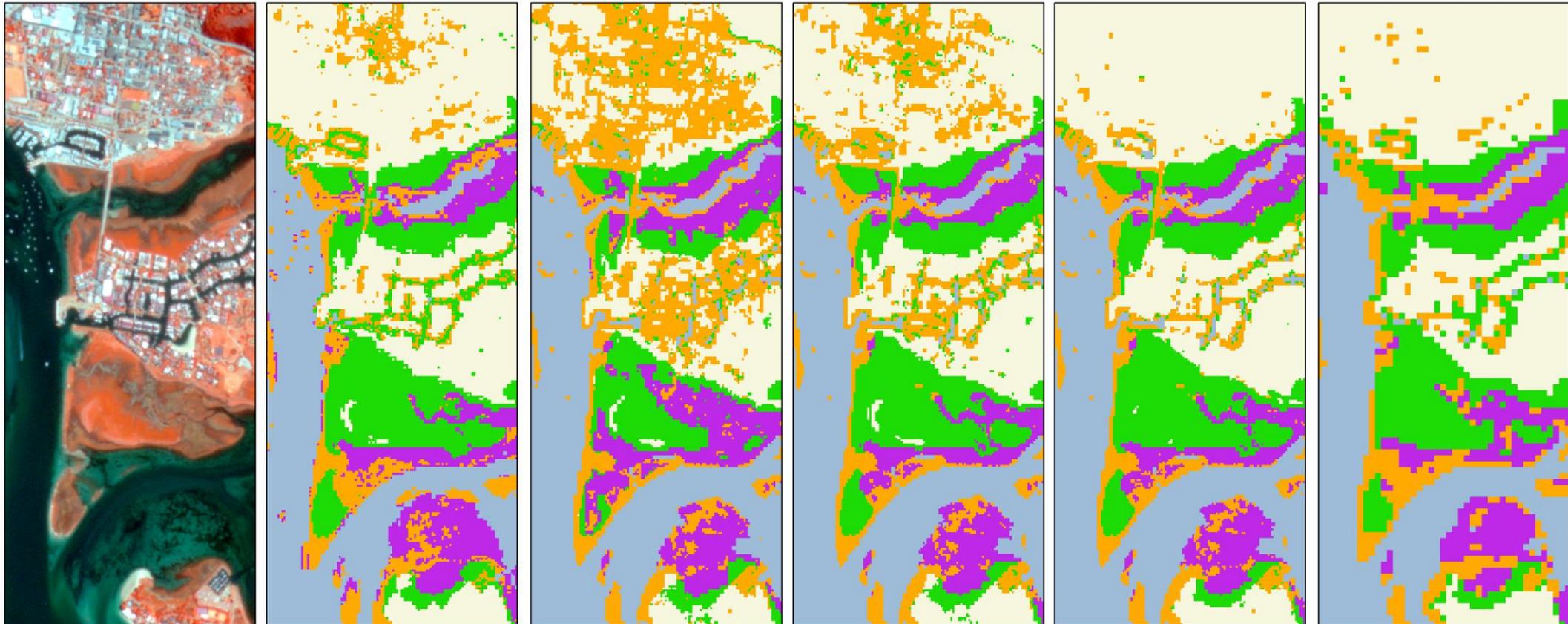
Testing n = 91 JSON

Validation error matrix RF: List (5 elements) JSON



# Résumé de la démonstration

Classification	Sentinel-2 Marée haute	Senitnel-2 Marée basse	Multidate	Multidate + Élévation + NDVI	Landsat 9 + Élévation + NDVI
Précision globale	90.17	92.85	93.75	95.54	92.86



# Principales considérations pour la cartographie des écosystèmes

L'objectif de la cartographie peut avoir une incidence sur le « niveau » de données requis.

Niveau 1 Utilisation de données par défaut / globales

Les méthodologies utilisent généralement des données d'activité qui sont spatialement cohérentes, telles que les estimations disponibles au niveau national ou mondial..

Niveau 2 Utilisation de données spécifiques au pays

Le niveau 2 s'applique aux facteurs d'émission et aux données d'activité définis par le pays ; des données d'activité à plus haute résolution sont généralement utilisées.

Niveau 3 Utilisation de méthodes avancées et de données détaillées spécifiques au pays

Niveau 3 - comprenant des modèles et des systèmes de mesure d'inventaire adaptés aux circonstances nationales, répétés dans le temps et basés sur des données d'activité à haute résolution et désagrégées à l'échelle infranationale et à l'échelle de la maille fine.



# Estimations de la superficie et du carbone -



1. Déterminer la zone [incertitude](#)
2. Landsat 9
  1. Marais salé:  $534 \pm 107$  ha
  2. Herbe de mer :  $281 \pm 56$  ha
3. Sentinel-2
  1. Marais salé:  $549 \pm 110$  ha
  2. Herbe de mer:  $242 \pm 48$  ha
4. [Couche mondiale de marais à marée](#): 653 ha
5. Les estimations globales du carbone des herbiers marins sont les suivantes :  $196.7 \pm 20.71$
6. Les estimations mondiales du carbone des marais salants sont les suivantes  $334.4 \pm 352$
7. Les estimations régionales du carbone des herbiers marins sont les suivantes  $177.7 \pm 122.33$
8. Les estimations régionales du carbone des marais salés sont de  $441,5 \pm 198,64$



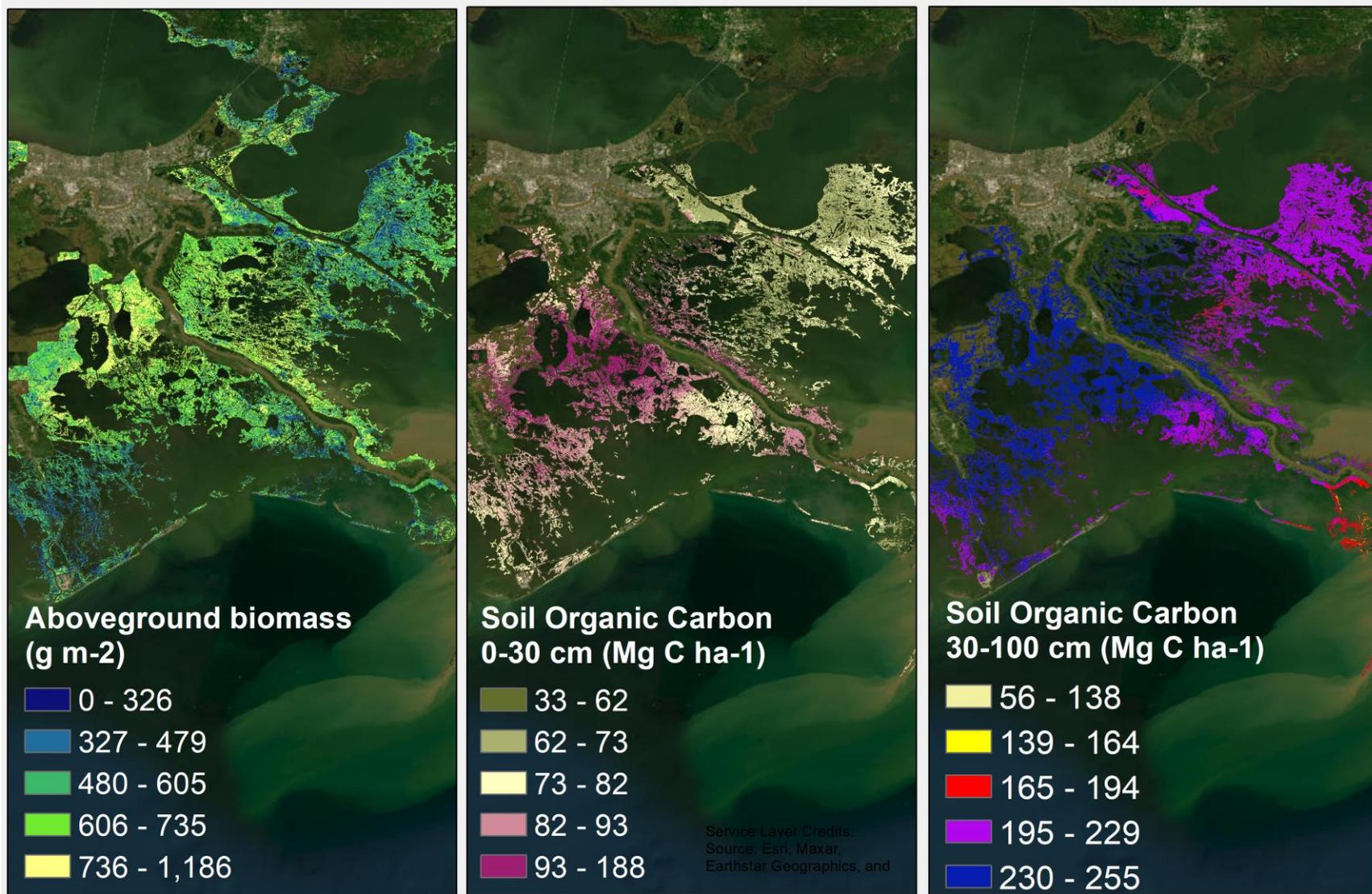
# Comptes carbone

- Propagation de l'incertitude avec le [propager](#) dans R
  - $Carbon\ Stock = Area\ (ha) * Carbon\ per\ ha$

	Landsat 9 (Tg)	Sentinel-2 (Tg)	<a href="#">Global Marais à marée</a> (Tg)
Marais à marée (Niveau 1/Global)	0.179 ± 0.04	0.184 ± 0.04	0.218
Marais à marée (niveau 2/local)	0.236 ± 0.12	0.243 ± 0.12	0.288
Herbiers marins (Niveau 1/Global)	0.055 ± 0.012	0.047 ± 0.036	NA
Herbiers marins (niveau 2/local)	0.050 ± 0.036	0.043 ± 0.031	NA



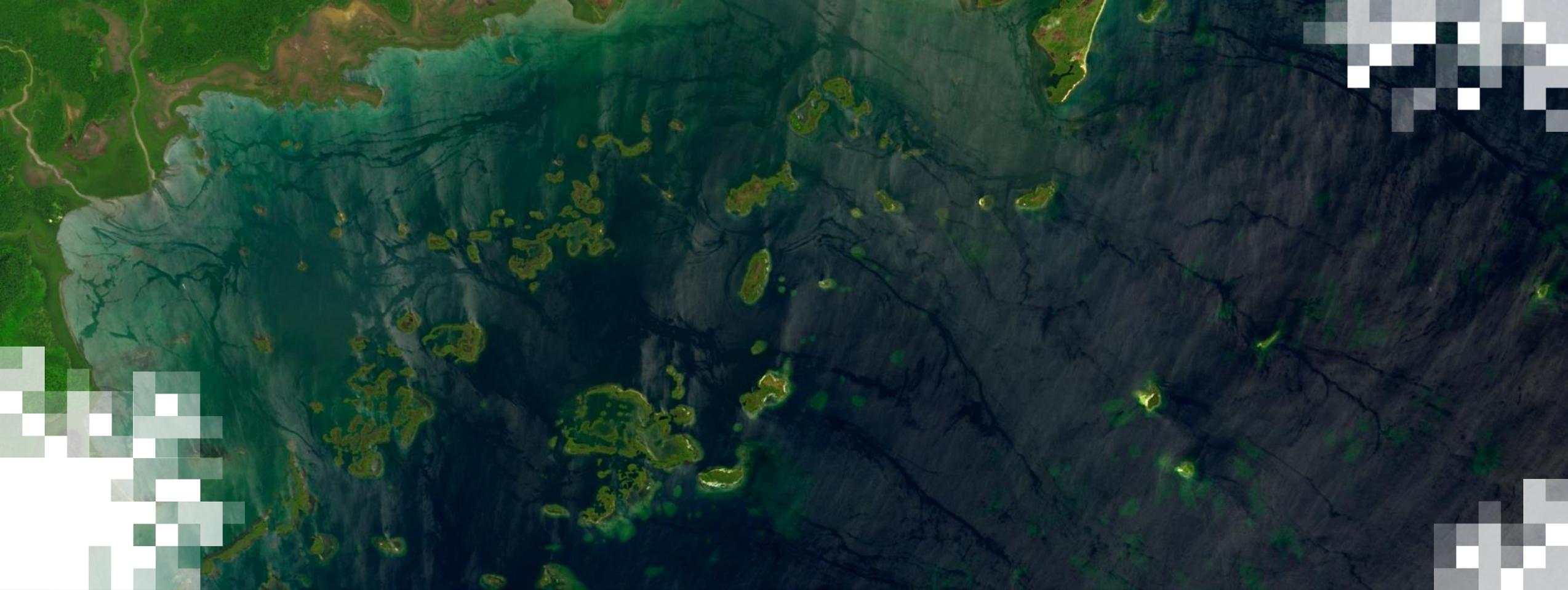
# Prédiction spatiale de l'AGB et du sol



# Résumé

- Présentation des écosystèmes des marais salants
- Discussion sur les ressources mondiales disponibles
- Besoins en matière de télédétection des marais salés
- Utilisation de Google Earth Engine pour la classification des marais salants
- Examen de l'approche de la comptabilisation du carbone





**Sous la surface : Exploration de la cartographie des herbiers marins à l'aide d'observations de la Terre**

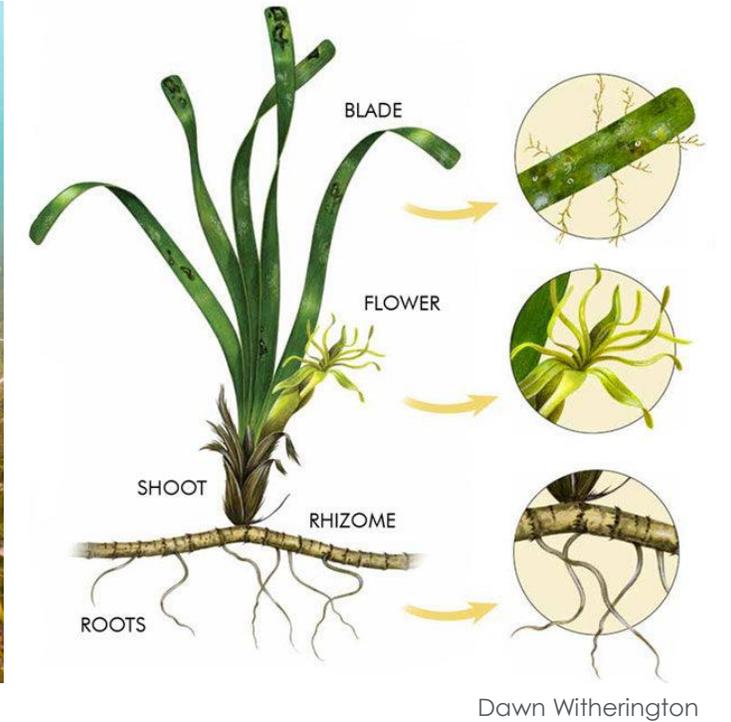
# Aperçu

- Contexte
- Télédétection
- Démonstration dans Google Earth Engine
- Principaux enseignements



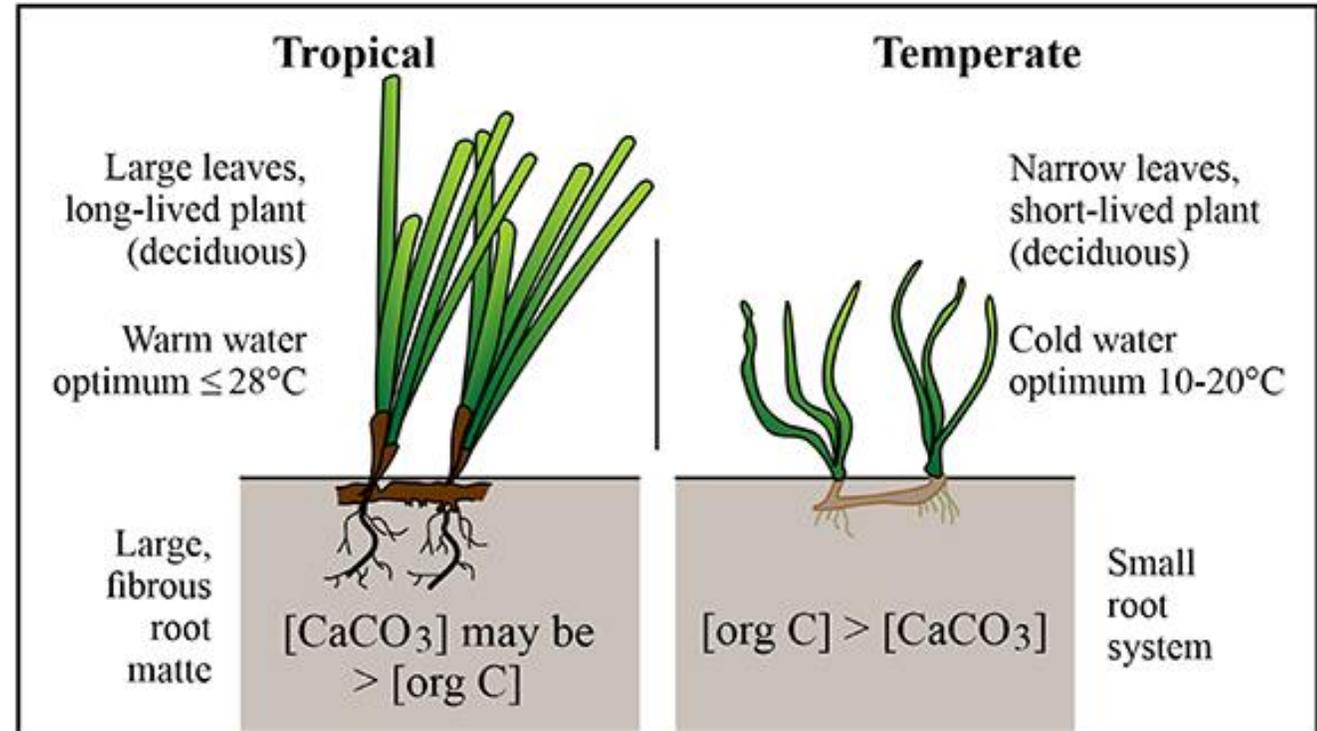
# Contexte : Qu'est-ce que l'herbier marin ?

- Plantes marines à fleurs
- Ingénieurs des écosystèmes
- Points chauds de la biodiversité



# Contexte : Séquestration du carbone

- ~10-18% d'enfouissement du carbone dans les océans
- Différences dans l'enfouissement du carbone selon les espèces, les sédiments et les conditions environnementales

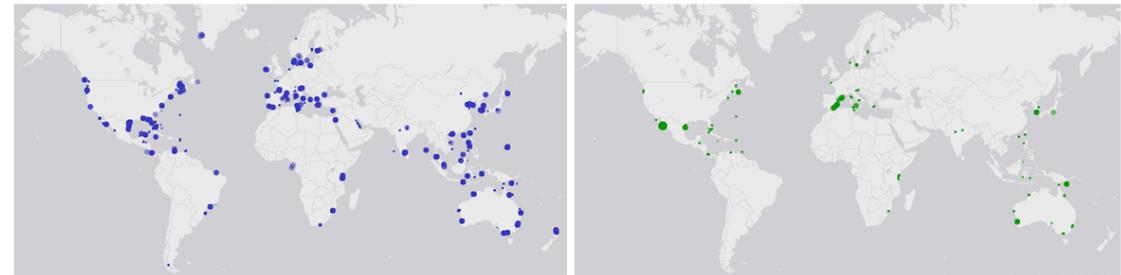
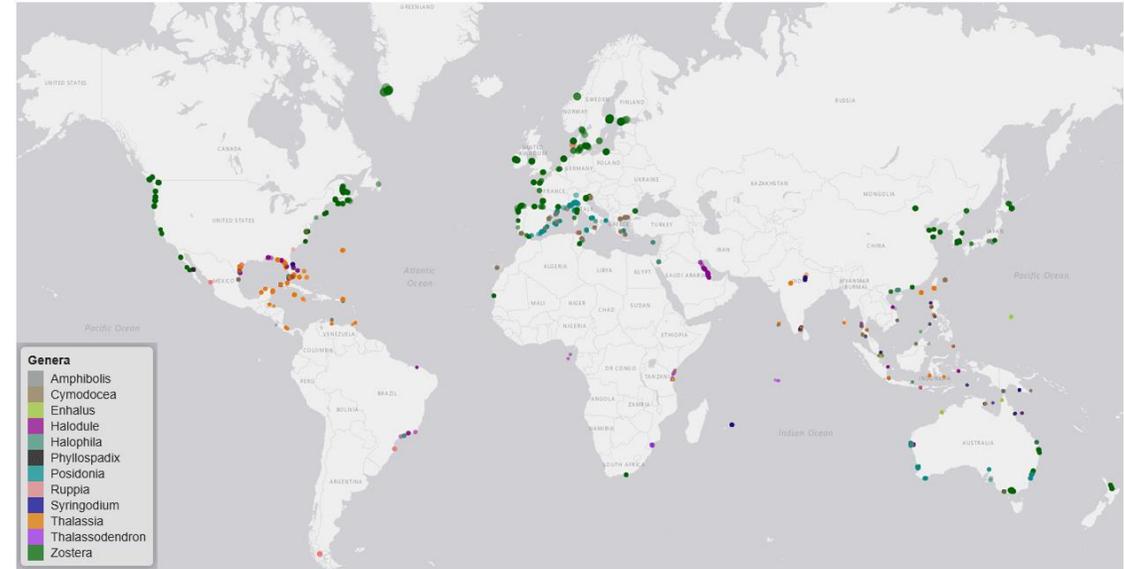


Johannessen 2022



# Contexte : Données disponibles

- Distribution mondiale des herbiers marins (UNEP-WCMC, Short FT, 2021)
- Structure des prairies, biomasse et production (Strydom et al. 2023)

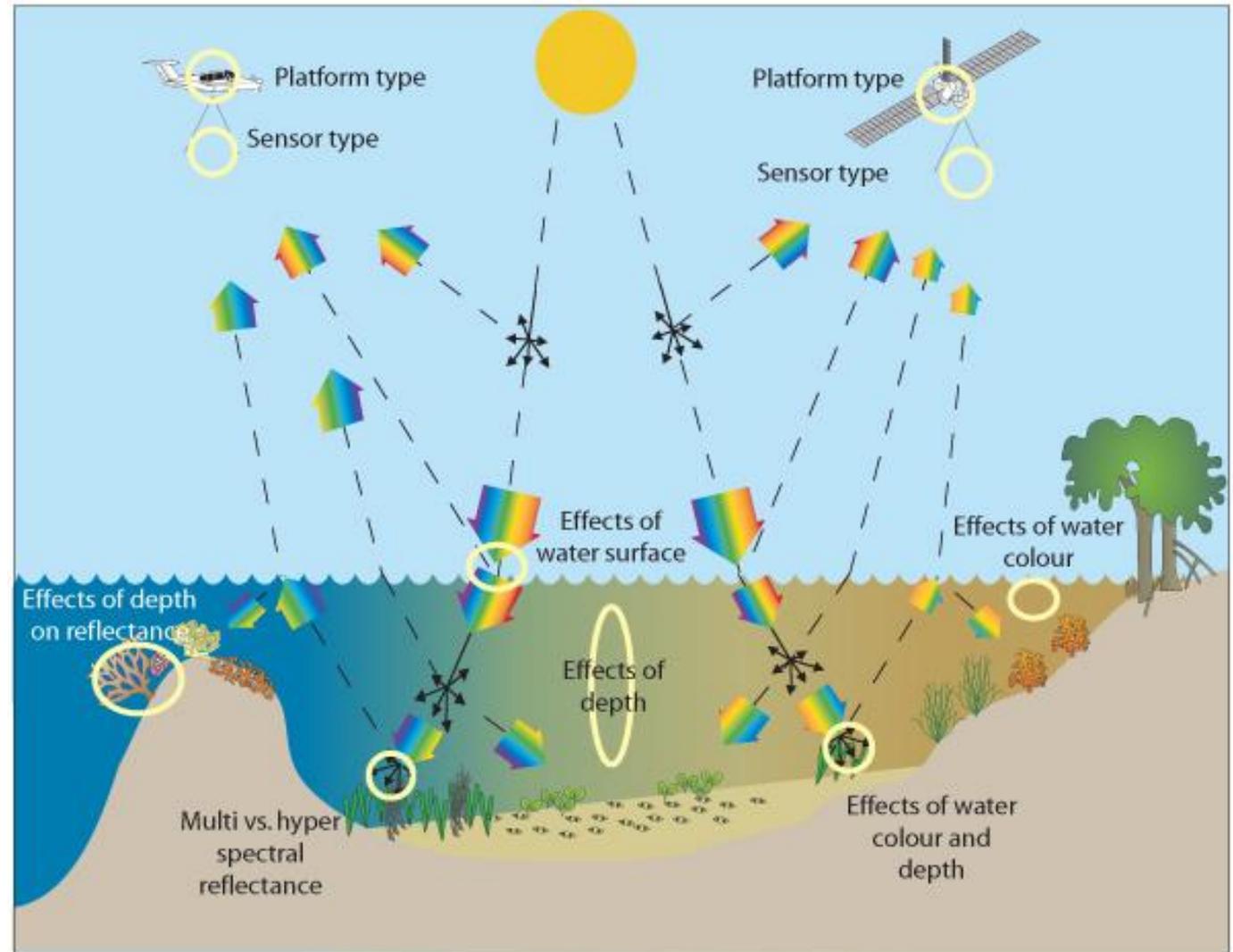


Strydom et al. 2023



# Téledétection : Herbiers de mer

- Télédétection optique passive
- La canopée exposée ou les conditions de marée basse sont idéales pour la détection des herbiers marins.
- Nécessité de tenir compte des impacts de l'atmosphère et de la colonne d'eau



# Téledétection : Résolution spatiale

## Seagrasses from above - drones and satellites

Example images from Lesbos, Greece. 39°09'30.6"N 26°32'01.8"E

Drone



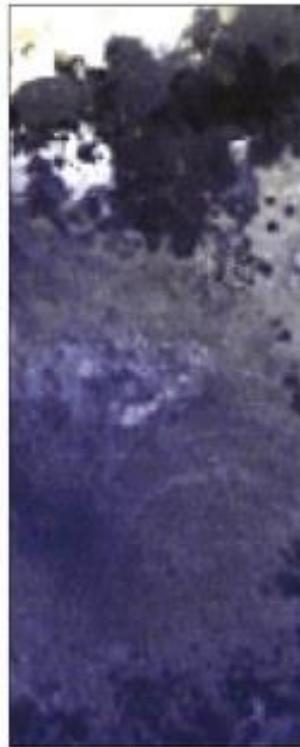
resolution: 4 cm

WVII PAN



resolution: 50 cm

WVII MUL



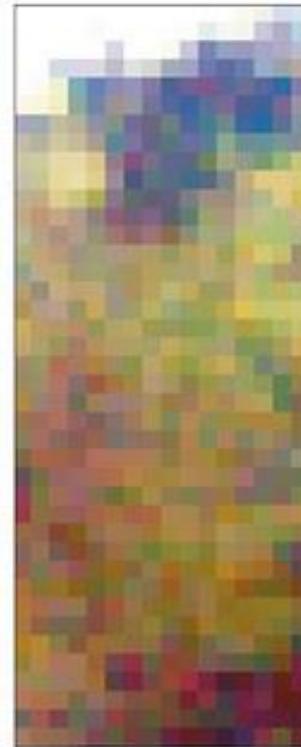
resolution: 2 m

PlanetScope



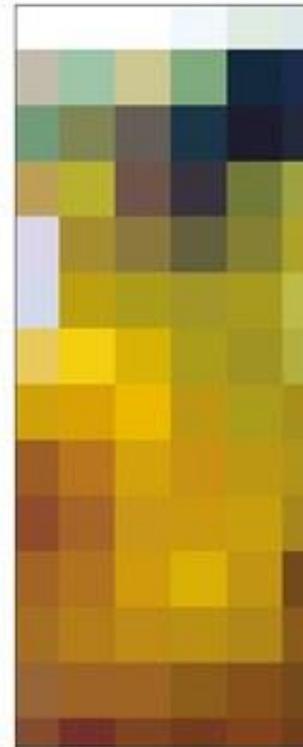
resolution: 3 m

Sentinel-2



resolution: 10 m

Landsat-8



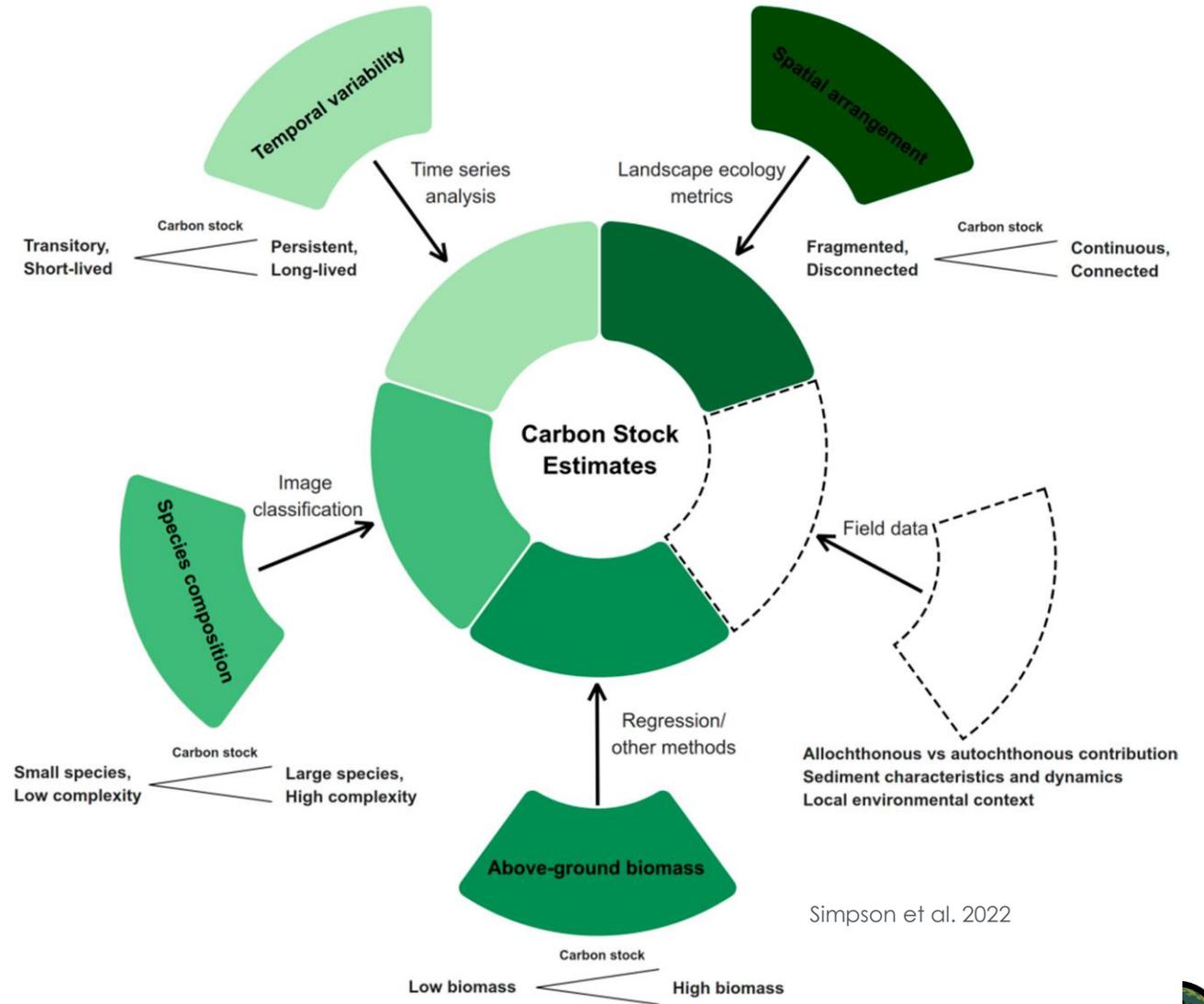
resolution: 30 m

Topouzelis et al. 2018



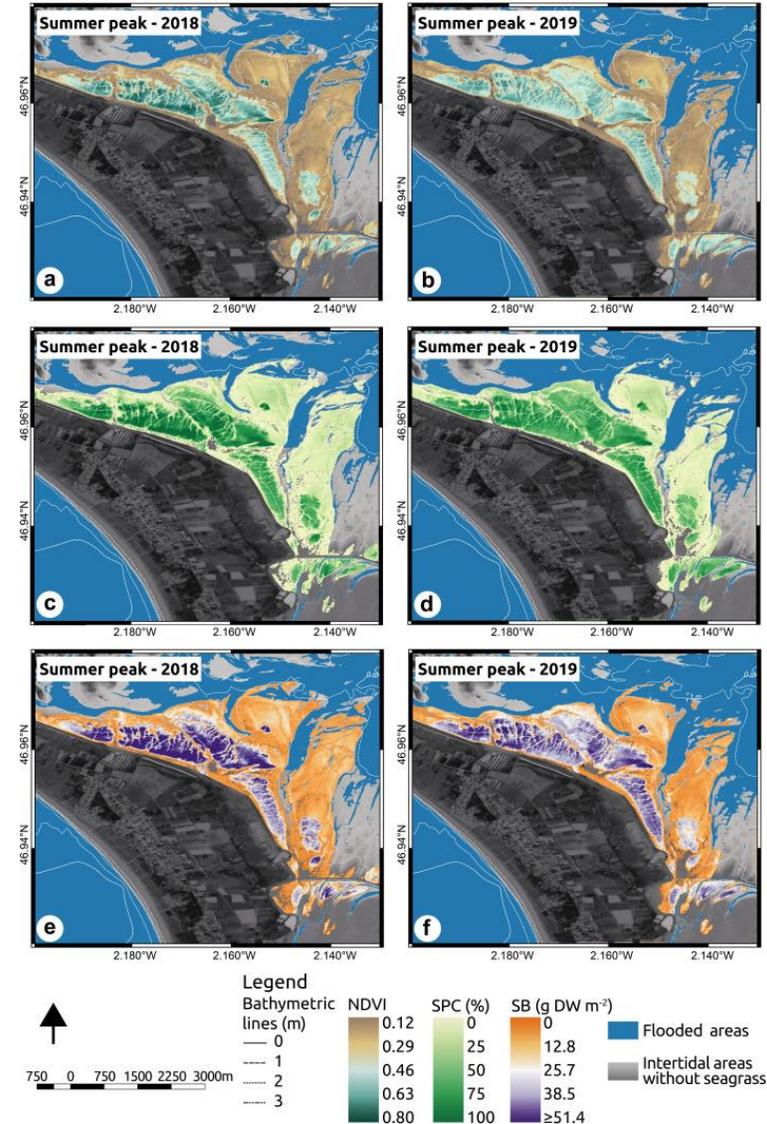
# Téledétection - Proxies de la séquestration du carbone

- Biomasse aérienne et disposition spatiale - Indice de végétation par différence normalisée (NDVI)
- Composition (benthique peu profonde) - Classification d'images
- Variabilité temporelle - Analyse des séries temporelles



# Téledéttection - Biomasse aérienne et disposition spatiale

- Région : Côte atlantique européenne
- Espèce : *Zostera Noltei*
- Capteur : Sentinel 2 MSI
- Produit satellite : NDVI (NIR-Rouge)/(NIR+Rouge)
- Produits générés par les données in situ : Pourcentage de couverture de l'herbier (SPC) et Biomasse foliaire de l'herbier (SB)

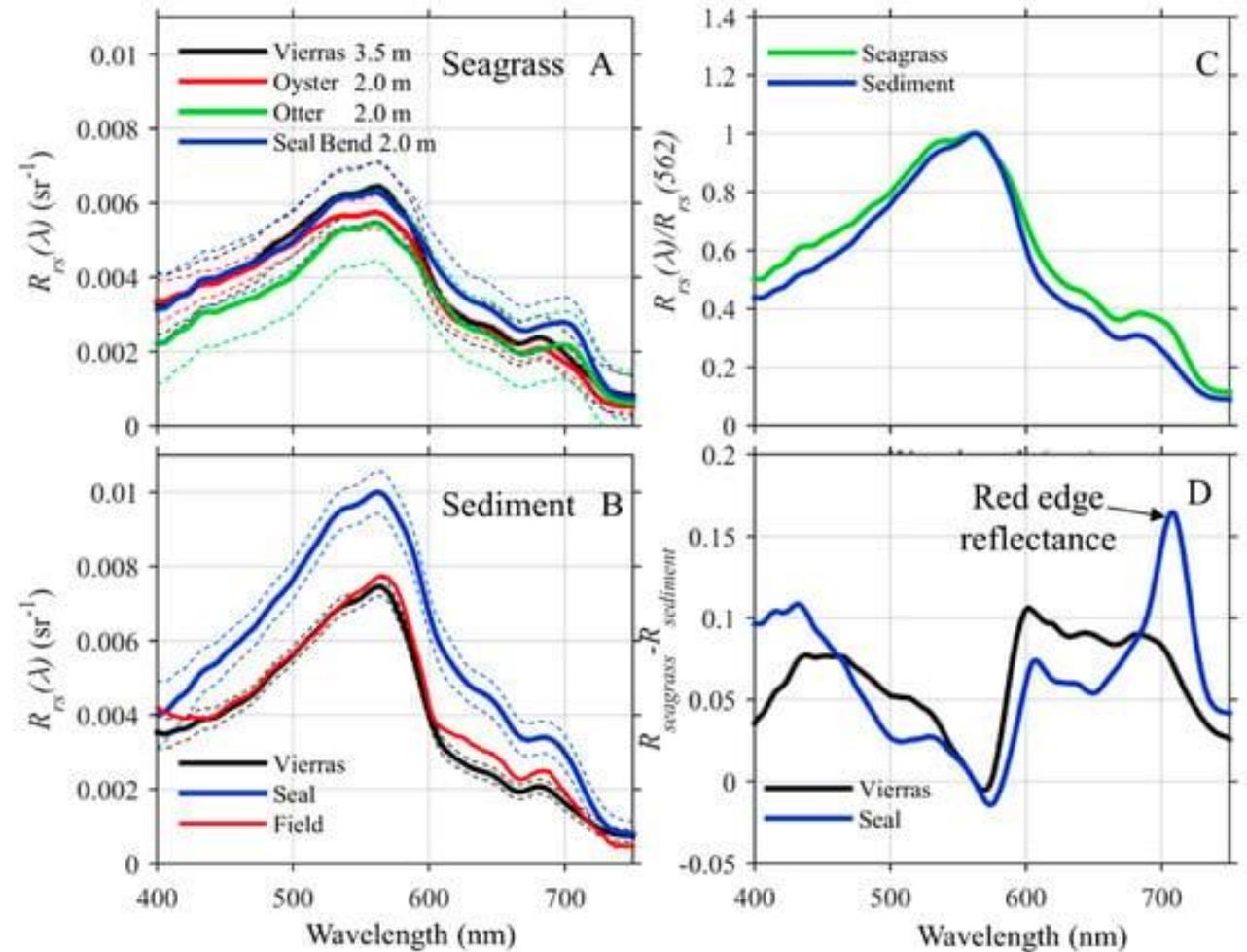


Zoffoli et al. 2020



# Téledétection – Composition

- Région: Elkhorn Slough, CA, USA
- Espèces: *Zostera marina*
- Capteur: PRISM (aéroportée)
- Produit satellite : Réflectance par télédétection

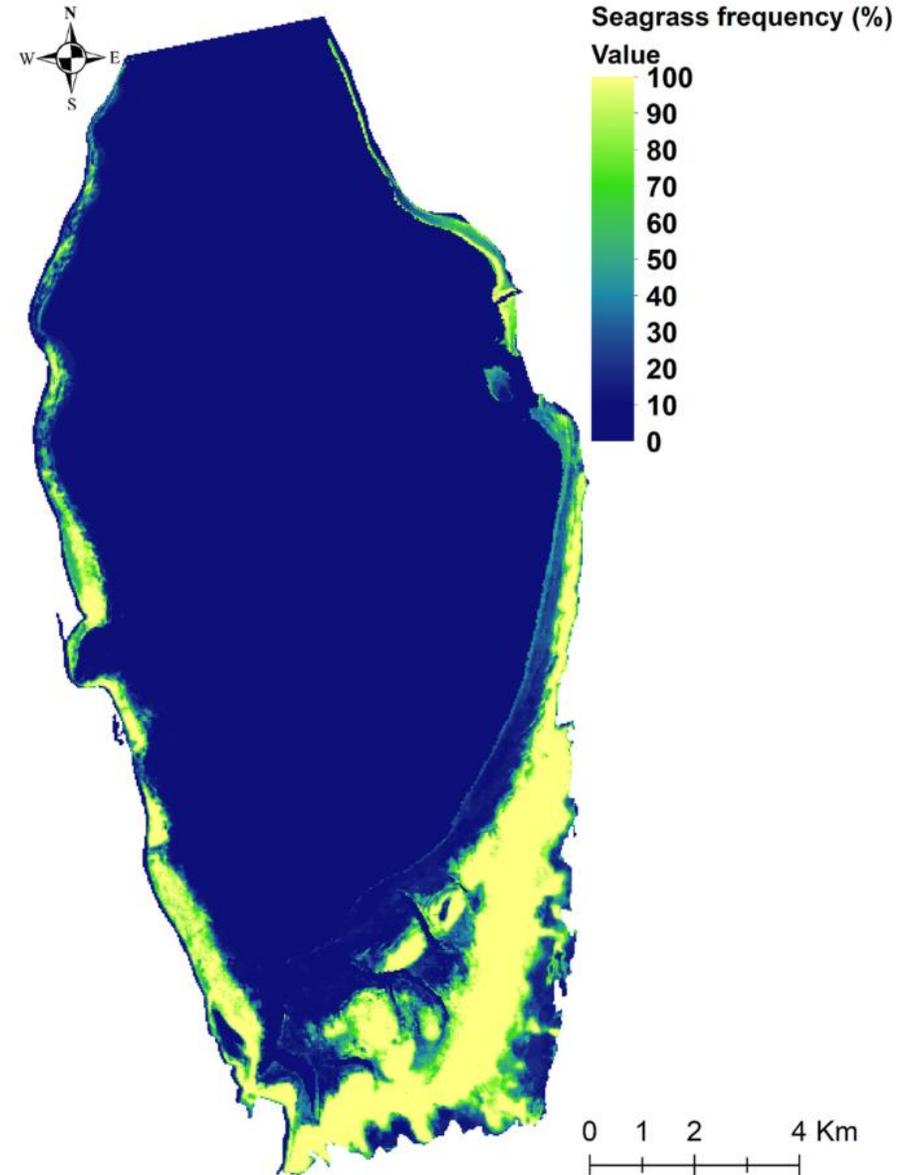


Diessen et al. 2019



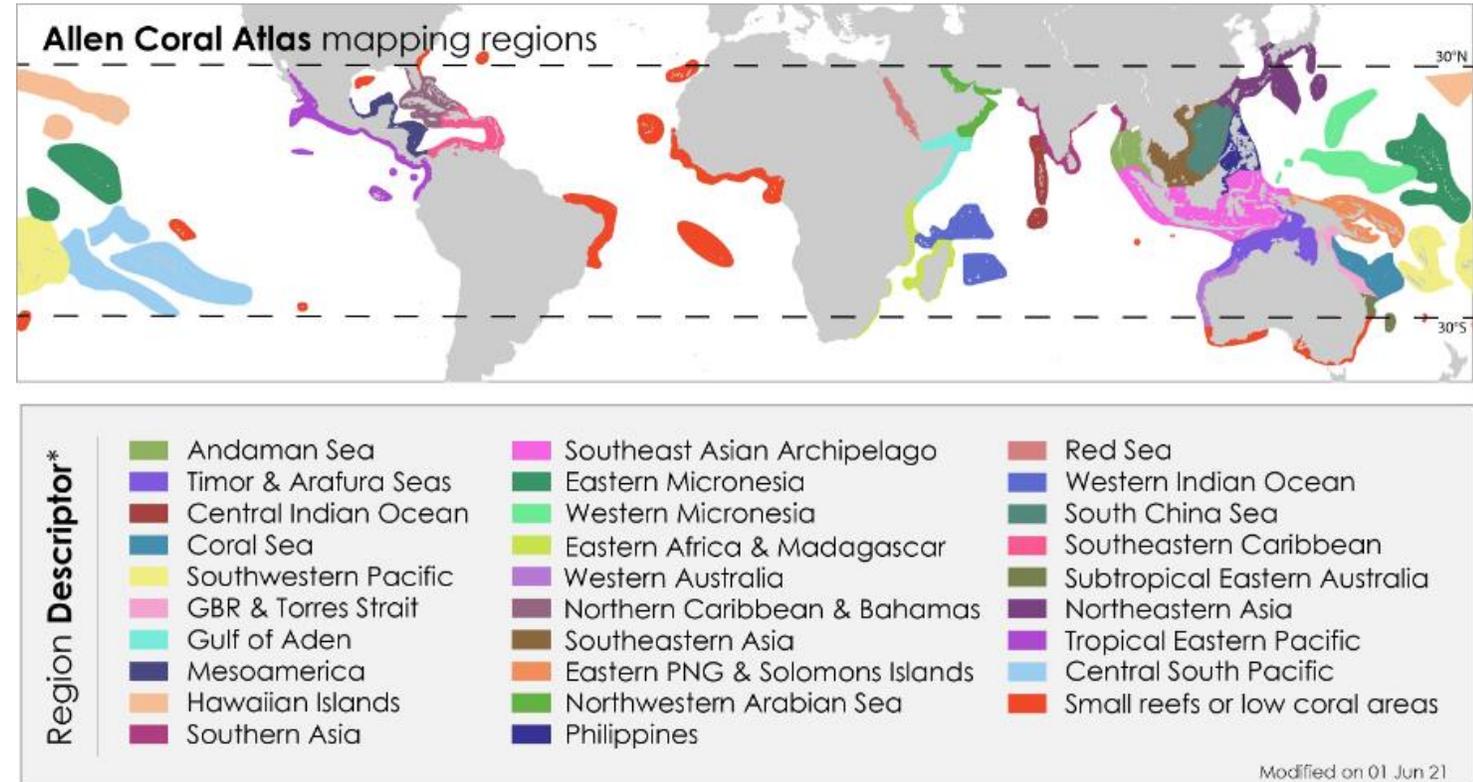
# Téledétection – Variabilité temporelle

- Région: St. Joseph Bay, Florida, USA
- Espèces: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Halophila* spp.
- Capteur: Landsat 5-8
- Produit satellite : Présence et étendue des herbiers marins
- Produits générés via des données in situ : indice de surface foliaire, carbone souterrain de la biomasse



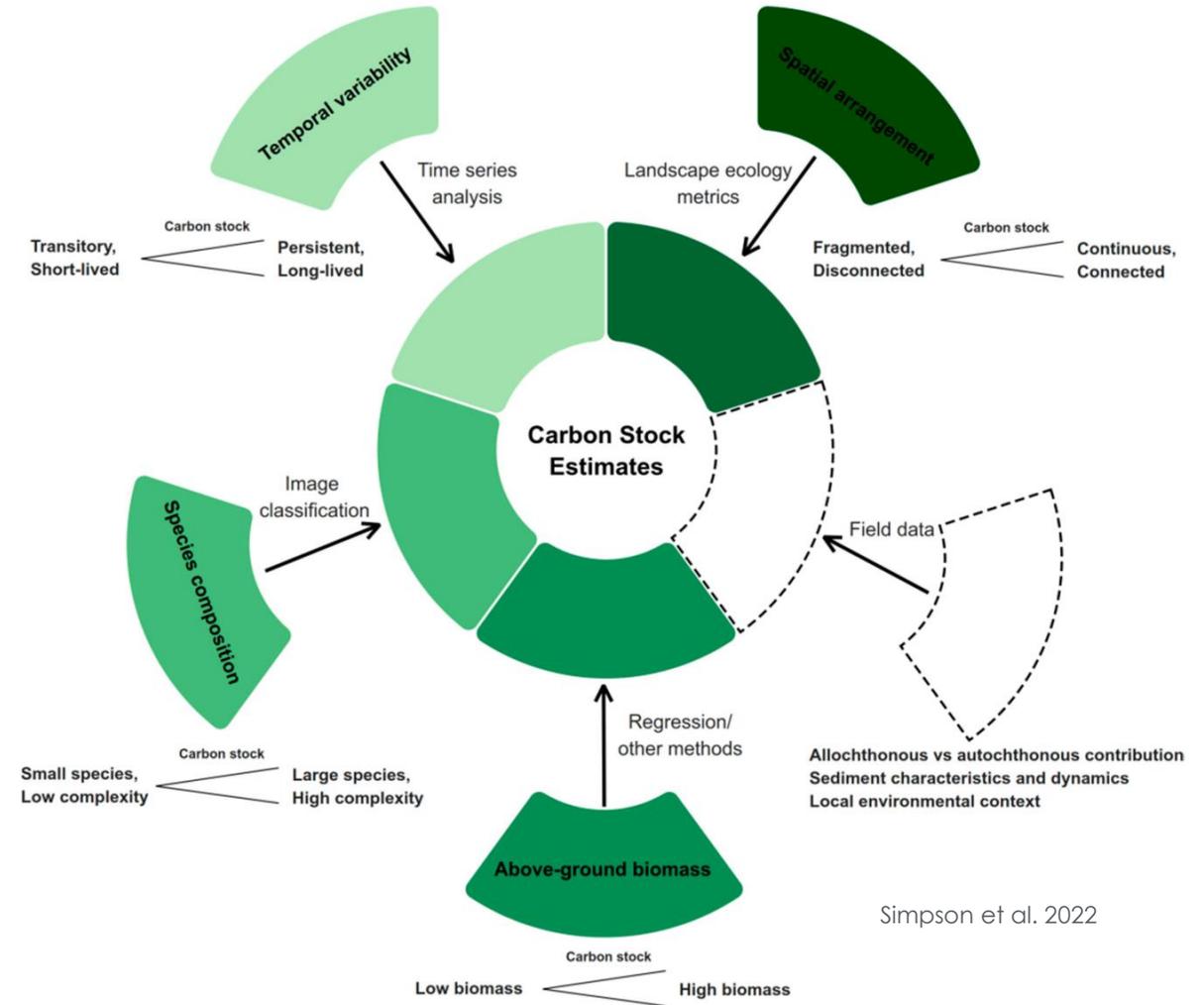
# Démonstration dans Google Earth Engine

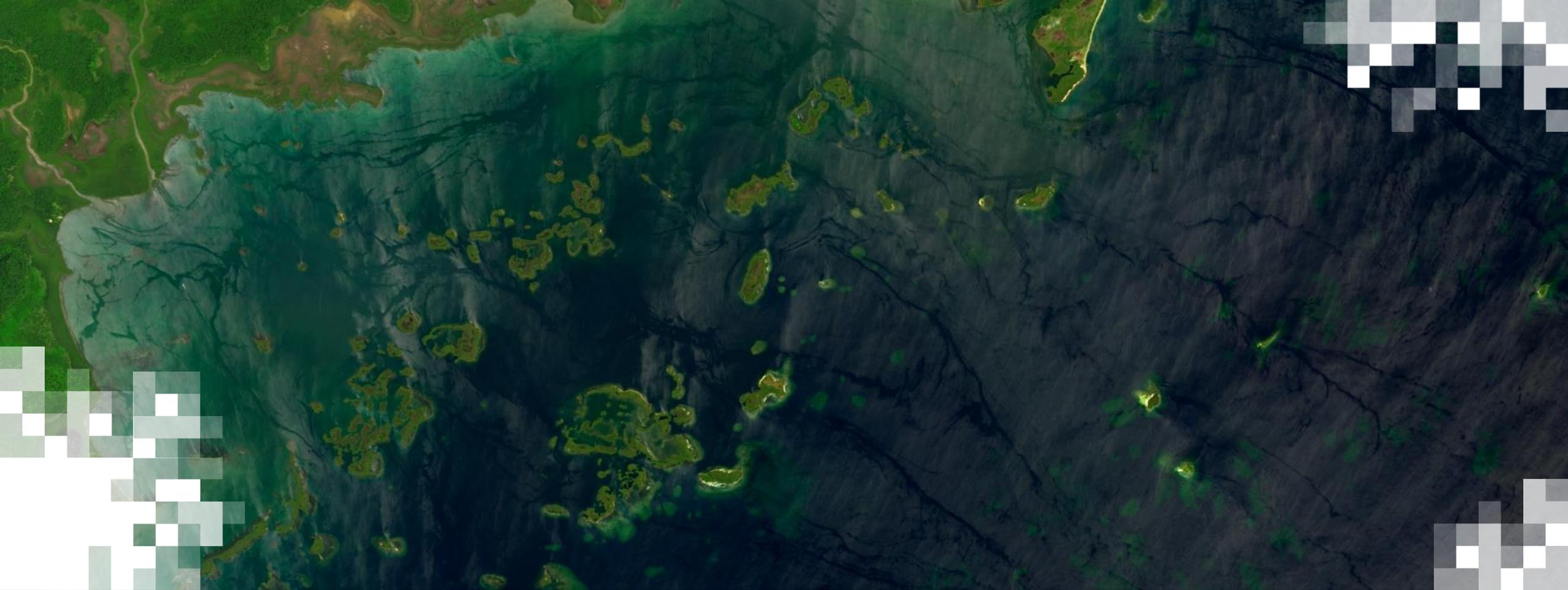
- Trouver et calculer la superficie des herbiers marins dans GEE
- Analyse des séries temporelles avec Sentinel 2



# Principaux enseignements

- Les prairies sous-marines sont des écosystèmes vitaux pour le carbone bleu et sont menacées par le changement climatique mondial et les activités anthropogéniques
- Les outils de télédétection ont été utilisés pour détecter, quantifier et évaluer la dynamique spatiale et temporelle des prairies sous-marines.
- Le couplage des données de terrain sur l'habitat des herbiers et la dynamique du carbone avec les observations de télédétection est essentiel pour obtenir des estimations précises de la séquestration du carbone dans les herbiers.

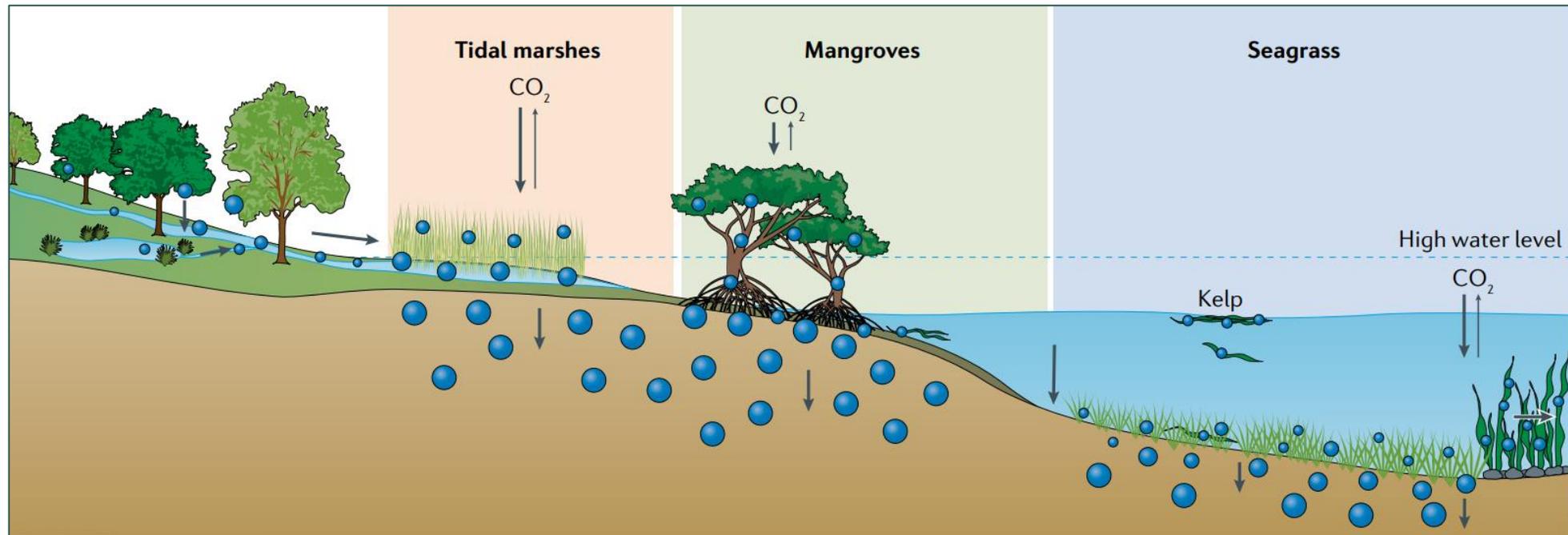




**Mesurer les cooccurrences des écosystèmes à  
carbone bleu**

# Aperçu

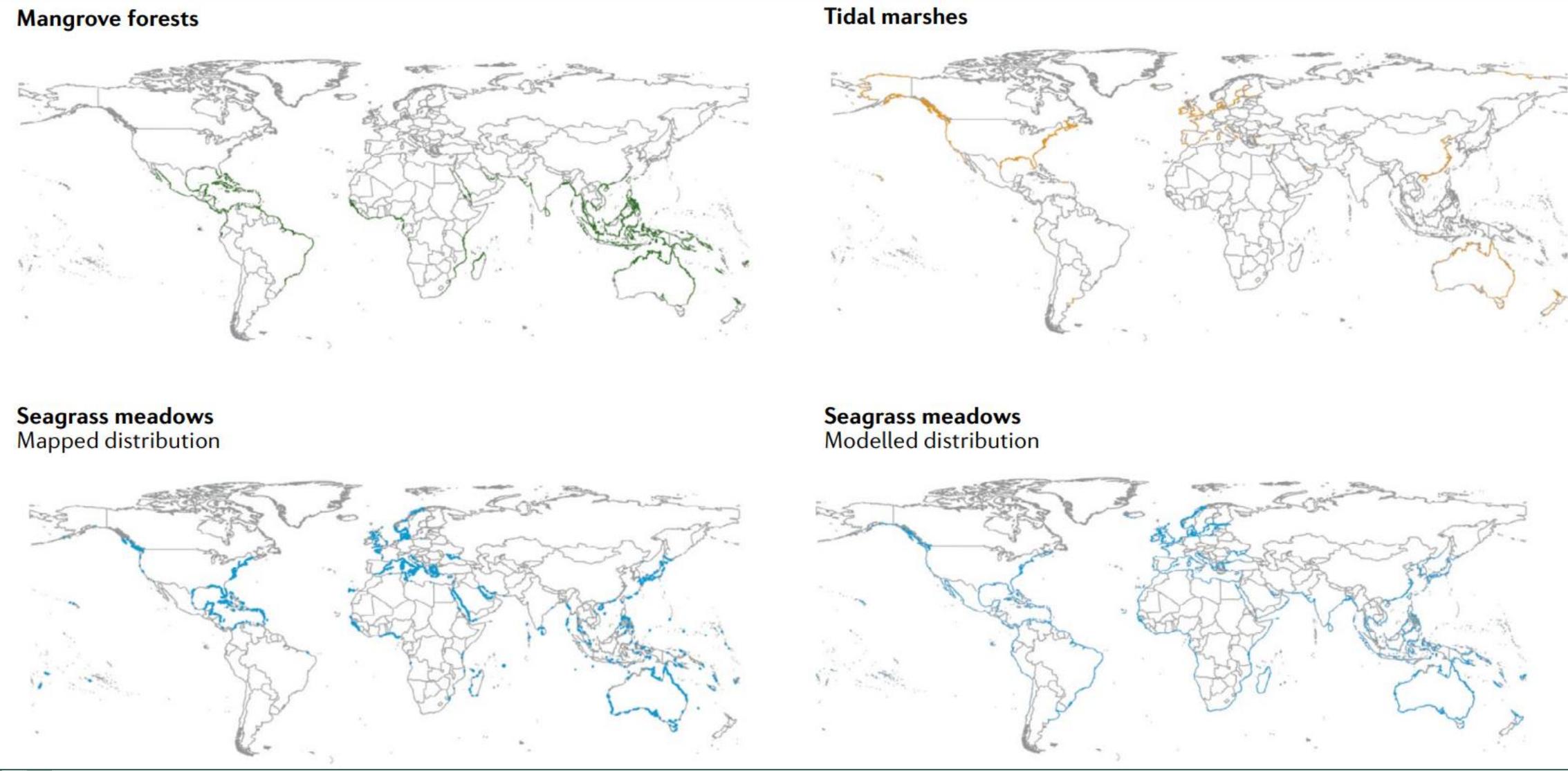
1. Comment synthétiser les estimations du carbone bleu dans l'ensemble des écosystèmes ?
  - Importance de la portée et de l'échelle
  - Fusionner les cartes et identifier les chevauchements
2. Rapport, suivi et comptabilité du carbone bleu
  - Exemples d'un écotone de marais salants et de mangroves
3. Combinaison de méthodes pour la comptabilisation future du carbone bleu



[Macreadie et al. 2021. Blue carbon as a natural climate solution](#)



# Comment synthétiser les estimations du carbone bleu dans les écosystèmes ?



[Macreadie et al. 2021. Blue carbon as a natural climate solution](#)



# Ensemble de données mondiales sur les écosystèmes à carbone bleu

## Marais salé

- Global 10 m map for 2020 ([Worthington et al. 2023](#); [Data](#))
- Carte mondiale à 30 m des marais intertidaux, des estrans et des mangroves 2000-2020 ([Murray et al. 2022](#); [Data](#))
- Carte mondiale des zones humides à 30 m 2000-2022 ([Zhang et al. 2024](#); [Data](#))
- Changement global de 30 m et émissions de 2000 à 2019 ([Campbell et al. 2022](#); [Data](#))
- Carte mondiale du carbone organique des sols ([Maxwell et al. 2024](#); [Data](#)).
- Approche globale avec Google Earth Engine pour la cartographie des zones humides à marée (<https://zenodo.org/records/5968865> from [Murray et al. 2022](#))

## Mangrove

- Mangrove Forests of the World MFW, [Giri et al. 2010](#)
- Global Mangrove Watch GMW, [Bunting et al. 2022](#)
- Couverture forestière mondiale continue des mangroves pour le 21e siècle GCMFC-21, [Hamilton and Casey 2016](#)
- Répartition mondiale des zones humides [CIFOR](#)
- Atlas des mangroves [Spalding et al. 2010](#)
- Biomasse aérienne [Hutchison et al. 2014](#);
- Hauteur de la canopée et biomasse [Simard et al. 2019](#) ([data](#))
- Soil Organic C [Sanderman et al. \(2018\)](#); [Rovai et al. \(2018\)](#); [Atwood et al. \(2017\)](#)

## Herbe de mer

- Ensemble de données mondiales sur la structure, la biomasse et la production des prairies sous-marines, [Strydom et al. 2022](#)
- UNEP WCMC Répartition mondiale des herbiers marins, [Green and Short 2003](#)



# Fusionner des cartes et identifier les chevauchements

## Global Distribution of Blue Carbon Ecosystems



# Fusionner des cartes et identifier les chevauchements

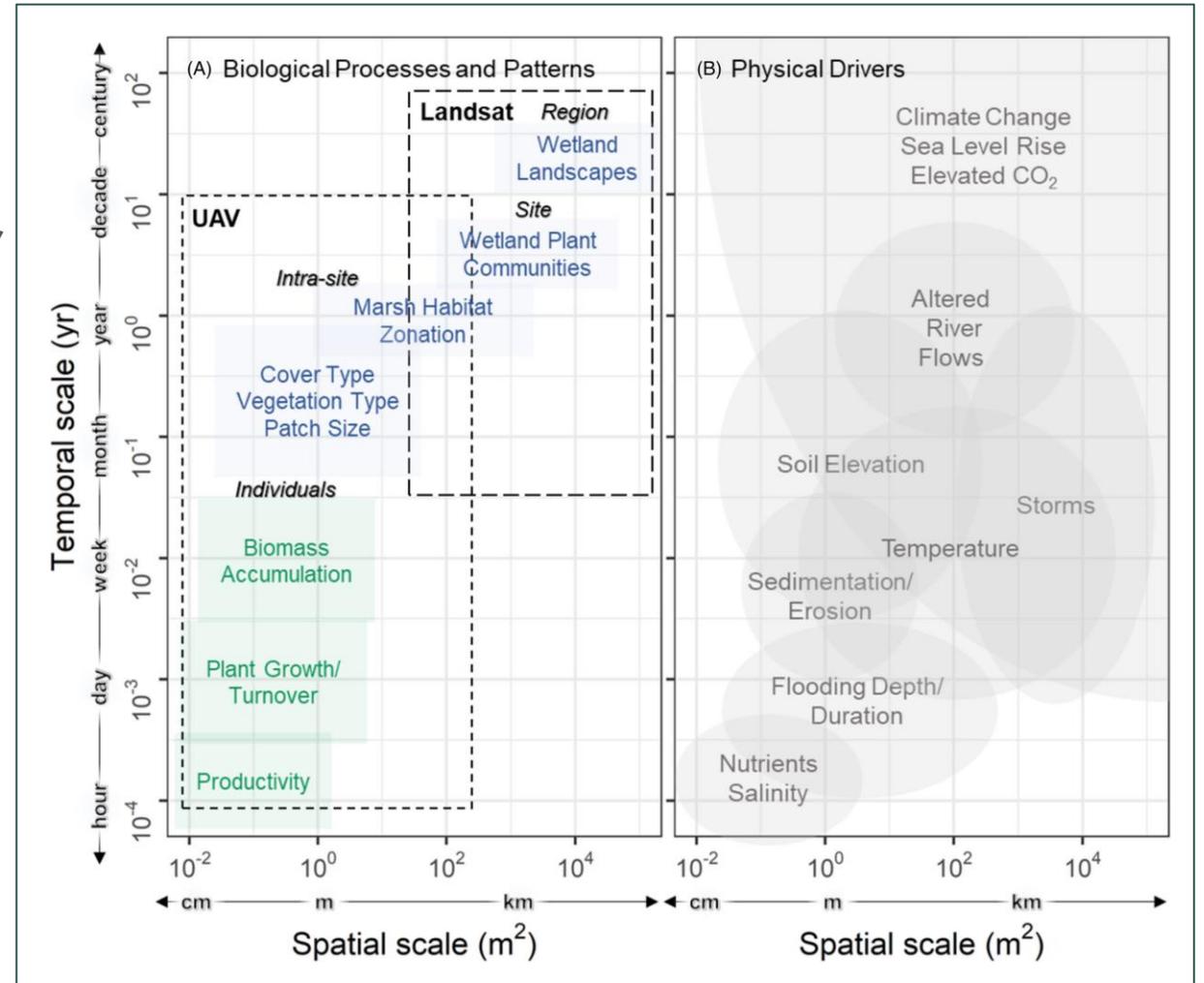
- Avantages et inconvénients des cartes mondiales existantes
- La fusion des cartes existantes et l'identification des chevauchements constituent un bon point de départ pour
  - Tester les données existantes en fonction de vos besoins, de vos questions, de votre étude
  - Identifier les besoins en données spatiales et/ou en résolution de données
  - Adapter les approches cartographiques aux écosystèmes bleus C coexistants



# Comment synthétiser les estimations du carbone bleu a travers les écosystèmes ?

## L'importance de la portée et de l'échelle

- L'étendue du domaine d'étude
- Compromis en matière de résolution spatiale, temporelle et spectrale
- L'étendue de l'analyse
  - Quelles sont les données disponibles ?
  - Quel indicateur de carbone bleu est mesuré ?
  - Quels sont les facteurs importants ?

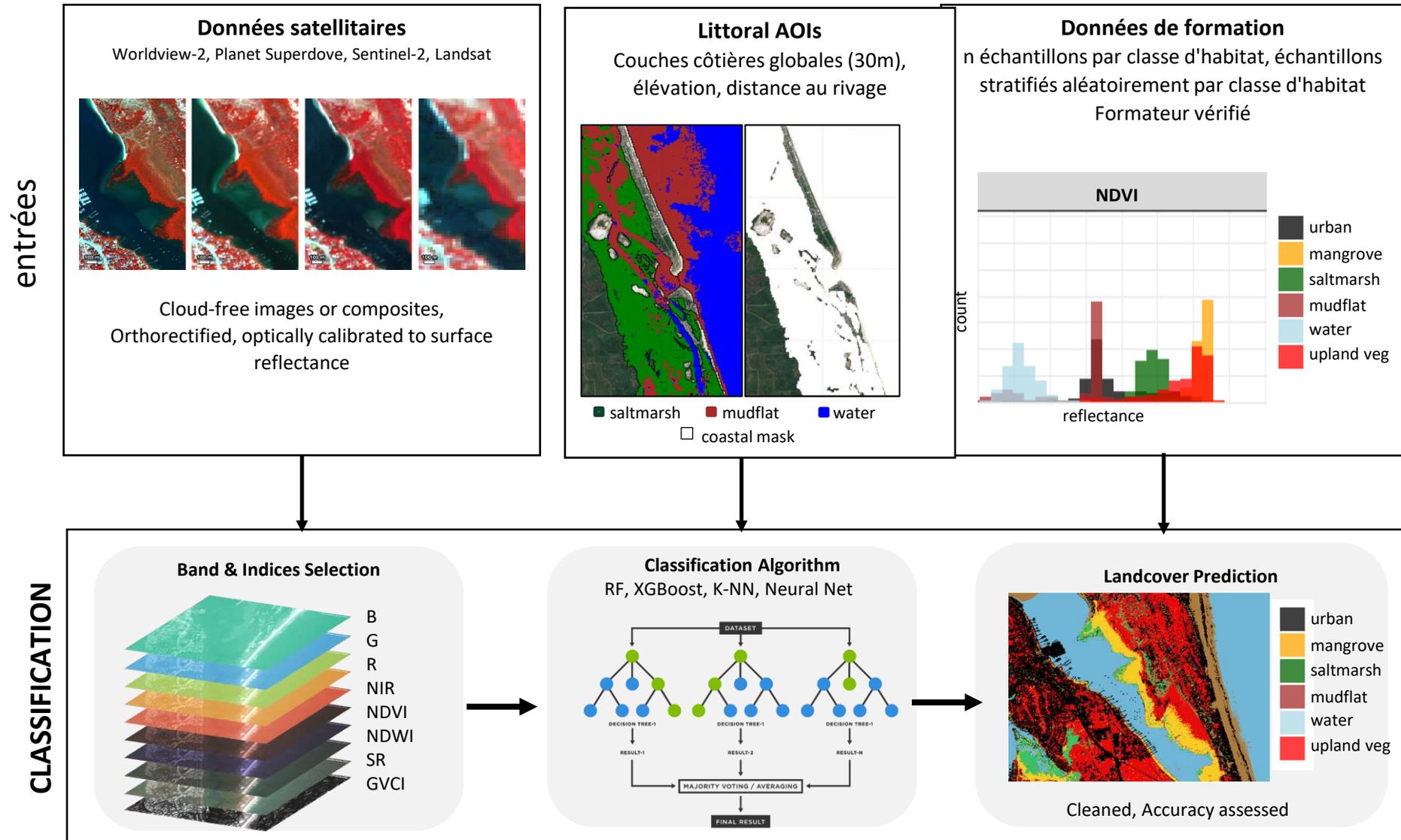


[Doughty et al. 2021. RSEC](#)



# Comment synthétiser les estimations du carbone bleu a travers écosystèmes ?

## Adaptation des approches d'apprentissage supervisé aux écosystèmes bleus coexistants



# Comment synthétiser les estimations du carbone bleu a travers les écosystèmes ?

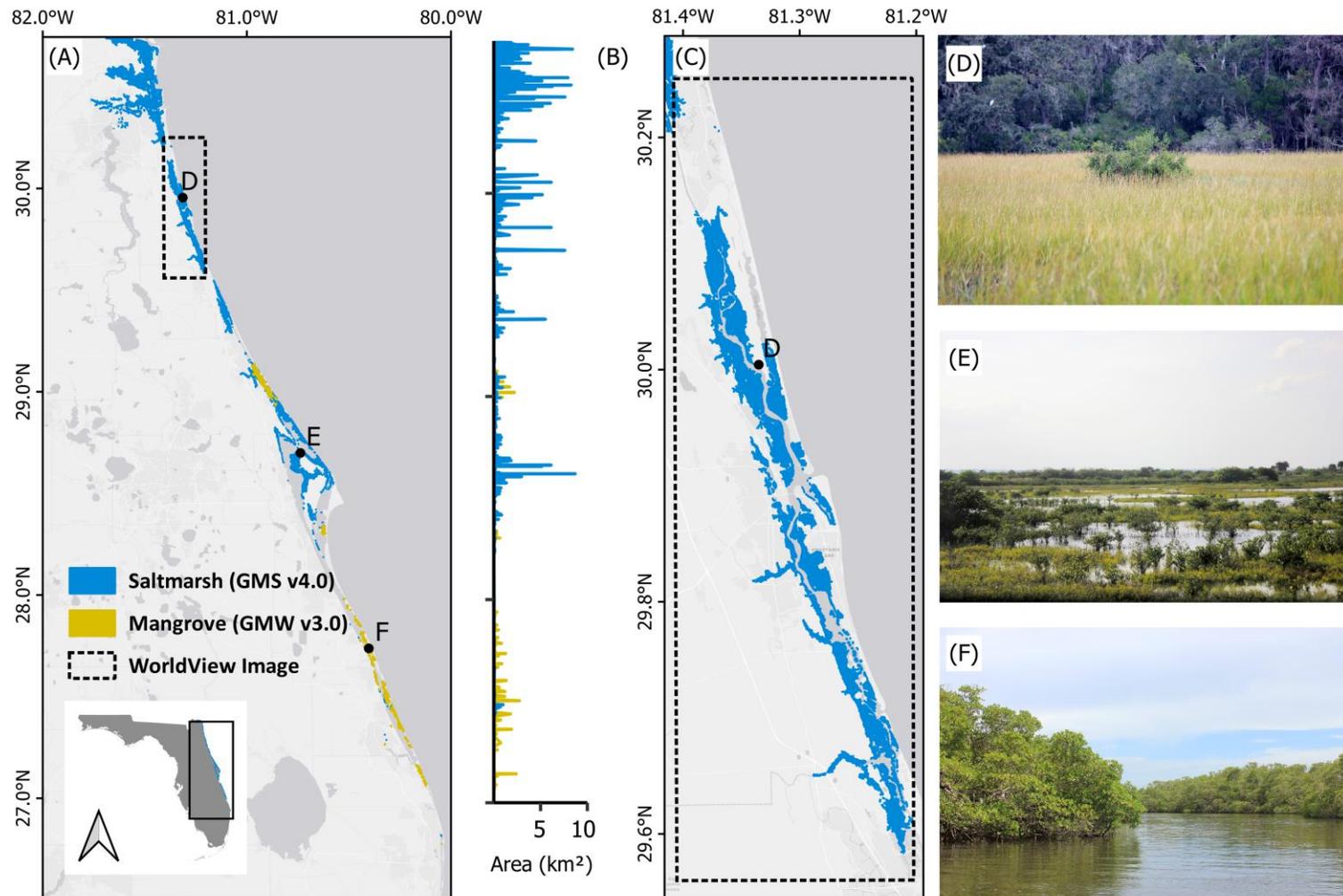
Exemples d'un écotone de marais salés et de mangroves



# Fusionner des cartes et identifier les chevauchements

## Exemples d'un écotone de marais salés et de mangroves

- Ecotone = zone de transition
- Sensible aux changements environnementaux
- Expansion de la mangrove avec le réchauffement climatique
- À l'avant-garde de la limite de l'aire de répartition,
  - Changements à petite échelle dans les habitats de l'espèce bleue
  - Changements plus rapides que ceux détectés par les systèmes d'observation de l'environnement actuels



# Fusionner des cartes et identifier les chevauchements

## GEE DEMO

### Lien vers le script GEE

1. Planter le décor
  - Importer des données auxiliaires utiles
2. Définissez votre région d'intérêt (ROI)
  - Dessiner une géométrie pour commencer l'exploration
3. Importer les couches bleues C
  - GEE ou téléchargez les vôtres
4. Identifier les limites des écosystèmes bleus C
5. Extraire les étendues du système bleu C
6. Exercices optionnels

The screenshot displays the Google Earth Engine (GEE) interface. At the top, the title bar reads "Google Earth Engine" with a search bar and the user's profile "ee-cdoughty". Below the title bar, there are buttons for "Get Link", "Save", "Run", "Reset", and "Apps". The main area is divided into three panels: a script editor on the left, a console on the right, and a map on the bottom.

The script editor contains the following code:

```
74
75
76 'class image to feature collection
77 :tor = seagrass.reduceToVectors({scale:100});
78
79 ititude
80 :LAT = seagrass_vector.sort('latitude', false).limit(1);
81 ee.Image().byte().paint({featureCollection: seagrass_maxLAT, color: 1, width: 15}), {palette: 'FF0000'},
82 seagrass_maxLAT.draw({color: 'FF0000', strokeWidth: 15}), {}, 'seagrass range limit');
83
84
85 ///////////////////////////////////////////////////
86 :a for each blue C ecosystem
87
88 :a = ee.Image.pixelArea().multiply(0.0001).updateMask(mangrove).reduceRegion(f
89
```

The console on the right shows the output of the script:

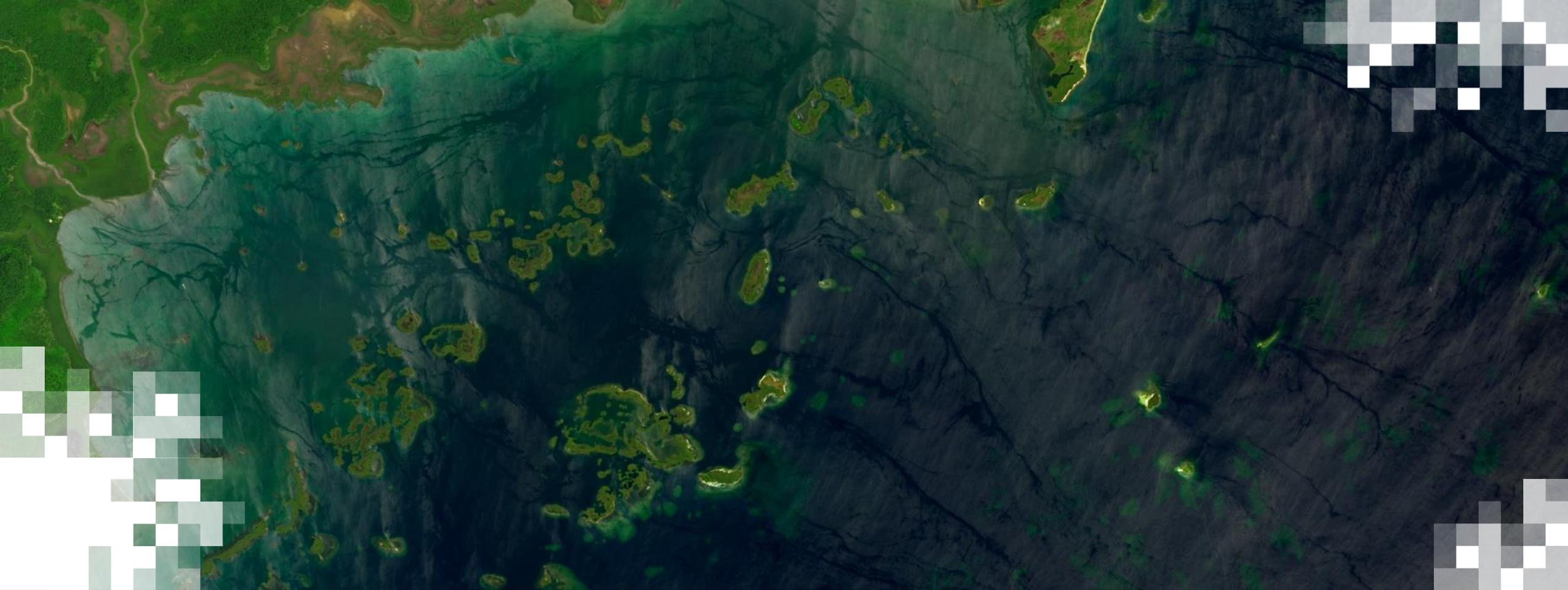
```
Use print(...) to write to this console.
mangrove area (ha) JSON
8026.14902194823
intertidal area (ha) JSON
29028.120938227778
seagrass area (ha) JSON
779.9438991873969
```

The map on the bottom shows a satellite view of a coastal area with several layers overlaid. The layers panel on the right lists the following layers:

- seagrass range limit
- mangrove range limit
- esa world cover
- seagrass
- mangrove
- intertidal
- roi
- elevation
- hydrobasins
- florida

The map shows a satellite image of a coastal area with several layers overlaid. The layers panel on the right lists the following layers:





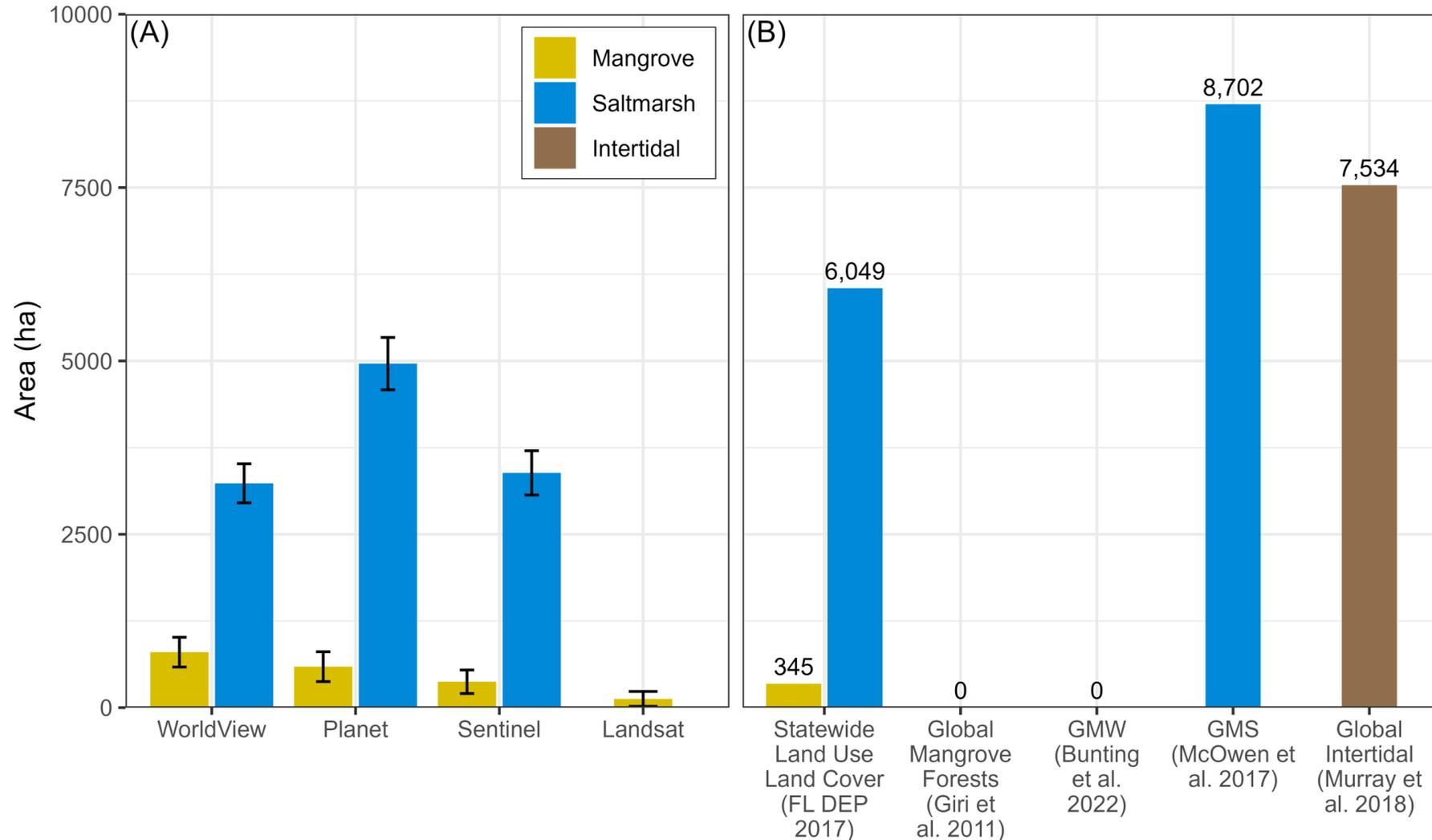
Rapport, suivi et comptabilité du carbone bleu





# Rapports sur le carbone bleu, suivi et comptabilité

## Exemples de l'écotone mangrove-marais salé de Floride



# Rapports sur le carbone bleu, suivi et comptabilité

## Exemples de l'écotone mangrove-marais salé de Floride

$$\text{Carbon Stock} = \text{Area (ha)} * \text{Carbon per ha}$$

Estimations globales de niveau 1:

[Alongi. 2020. Carbon Balance in Salt Marsh and Mangrove Ecosystems: A Global Synthesis.](#)

Mangrove  
739  
Mg C<sub>ORG</sub> ha<sup>-1</sup>

Marais salant  
334  
Mg C<sub>ORG</sub> ha<sup>-1</sup>

	WorldView (1.8 m)	Sentinel (10 m)
Mangrove (Tg C)	0.59 ± 0.16	0.28 ± 0.13
marais salant (Tg C)	1.08 ± 0.09	1.13 ± 0.11
Bleu total C (Tg)	1.67 ± 0.25	1.41 ± 0.24



# Combinaison de méthodes pour la comptabilisation future du carbone bleu

Besoin permanent de combiner des données facilement disponibles sur l'étendue, la hauteur, la biomasse et les stocks et flux de carbone des écosystèmes bleus du monde entier

## Box 3.1.1

### FRAMEWORK OF TIER STRUCTURE IN THE GOOD PRACTICE GUIDANCE

The **Tier 1** approach employs the basic method provided in the *IPCC Guidelines* (Workbook) and the default emission factors provided in the *IPCC Guidelines* (Workbook and Reference Manual) with updates in this chapter of the report. For some land uses and pools that were only mentioned in the *IPCC Guidelines* (i.e., the default was an assumed zero emissions or removals), updates are included in this report if new scientific information is available. Tier 1 methodologies usually use activity data that are spatially coarse, such as nationally or globally available estimates of deforestation rates, agricultural production statistics, and global land cover maps.

**Tier 2** can use the same methodological approach as Tier 1 but applies emission factors and activity data which are defined by the country for the most important land uses/activities. Tier 2 can also apply stock change methodologies based on country-specific data. Country-defined emission factors/activity data are more appropriate for the climatic regions and land use systems in that country. Higher resolution activity data are typically used in Tier 2 to correspond with country-defined coefficients for specific regions and specialised land-use categories.

At **Tier 3**, higher order methods are used including models and inventory measurement systems tailored to address national circumstances, repeated over time, and driven by high-resolution activity data and disaggregated at sub-national to fine grid scales. These higher order methods provide estimates of greater certainty than lower tiers and have a closer link between biomass and soil dynamics. Such systems may be GIS-based combinations of age, class/production data systems with connections to soil modules, integrating several types of monitoring. Pieces of land where a land-use change occurs can be tracked over time. In most cases these systems have a climate dependency, and thus provide source estimates with interannual variability. Models should undergo quality checks, audits, and validations.

Niveau 1 Utilisation de données par défaut / globales

Tier 2  
Use of country-specific data  
Niveau 2  
Utilisation de données spécifiques au pays

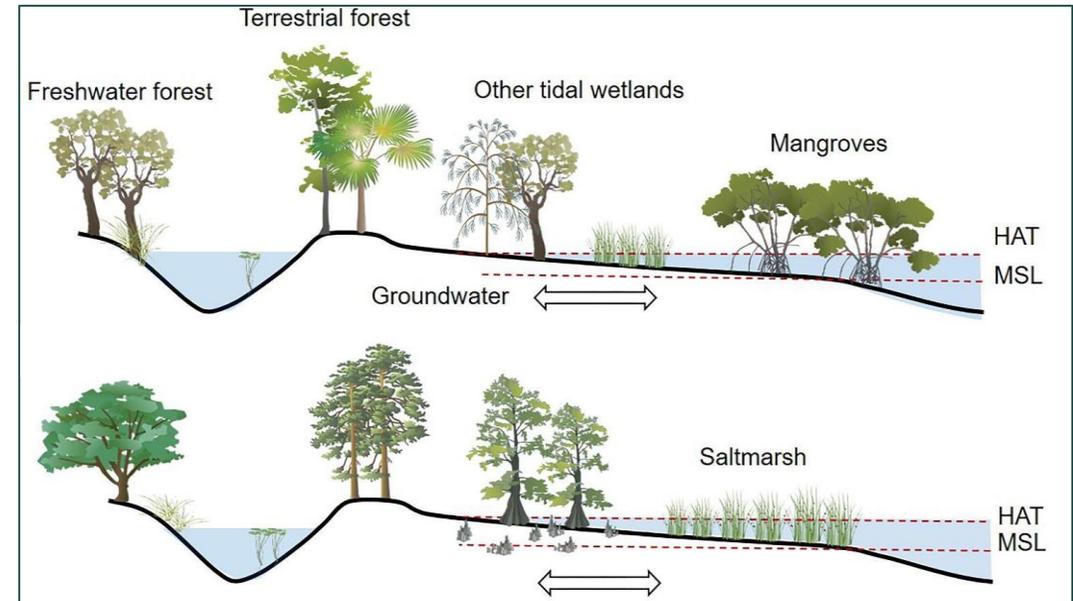
Niveau 3  
Utilisation de méthodes avancées et de données détaillées spécifiques au pays

IPCC (2003) Good Practice Guidance for LULUCF, Ch. 3



# Combinaison de méthodes pour la comptabilisation future du carbone bleu

- Besoins et domaines de recherche en cours :
  - Amélioration des estimations de l'étendue de l'écosystème bleu C
    - Progrès continus en matière de cartographie
    - Inclusion et cartographie de tous les systèmes bleus C cooccurrents
  - Réduction de l'incertitude concernant le flux de carbone bleu
    - Davantage de données in situ
    - Modélisation basée sur des données pour augmenter l'absorption de dioxyde de carbone et les émissions de méthane dans les zones humides en utilisant l'observation de la Terre
  - Quantification holistique du carbone bleu du système
    - Données à haute résolution sur l'étendue, la biomasse, la hauteur, le stock et le flux de carbone

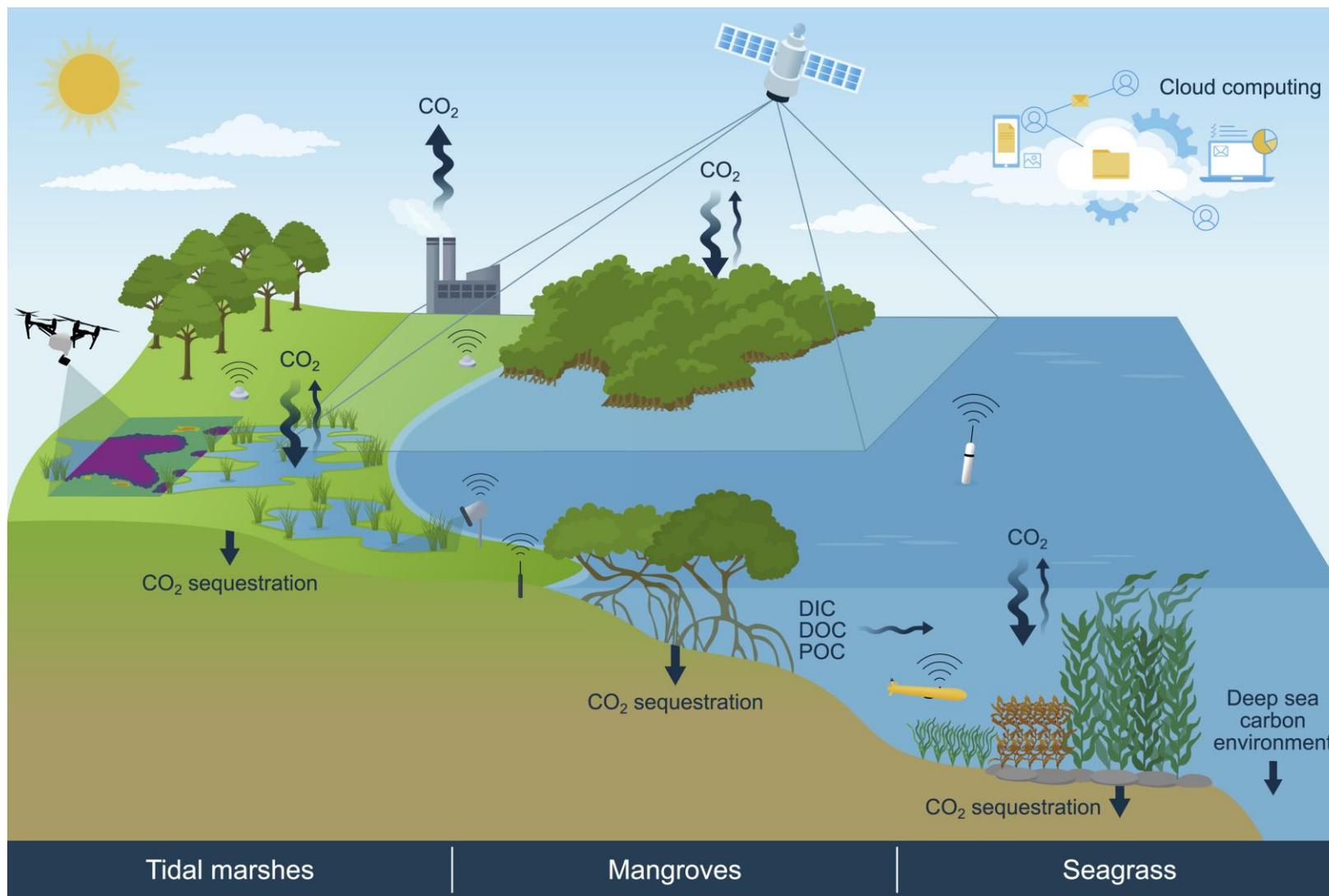


[Adame et al. 2024. All tidal wetlands are blue carbon ecosystems.](#)

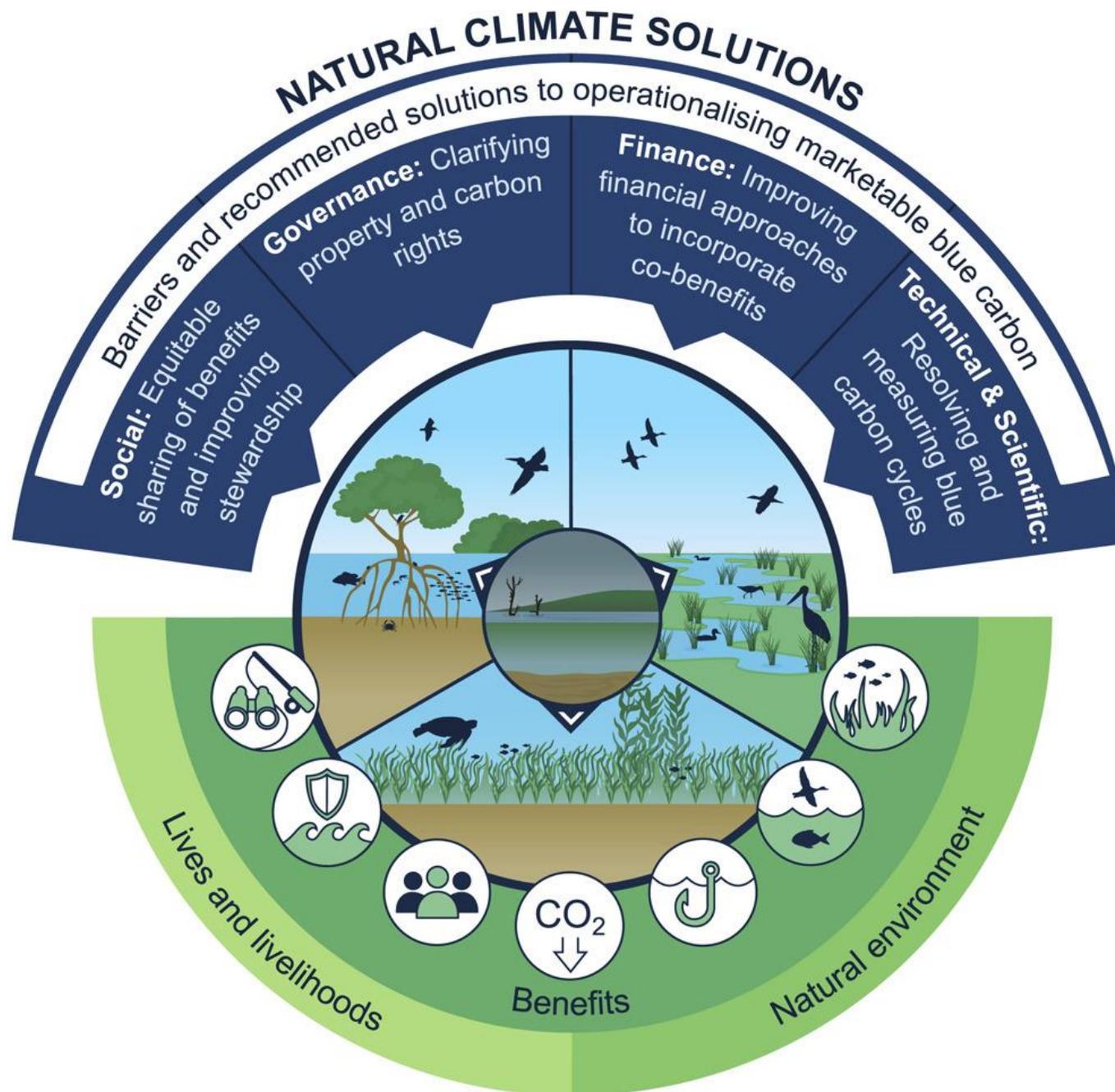


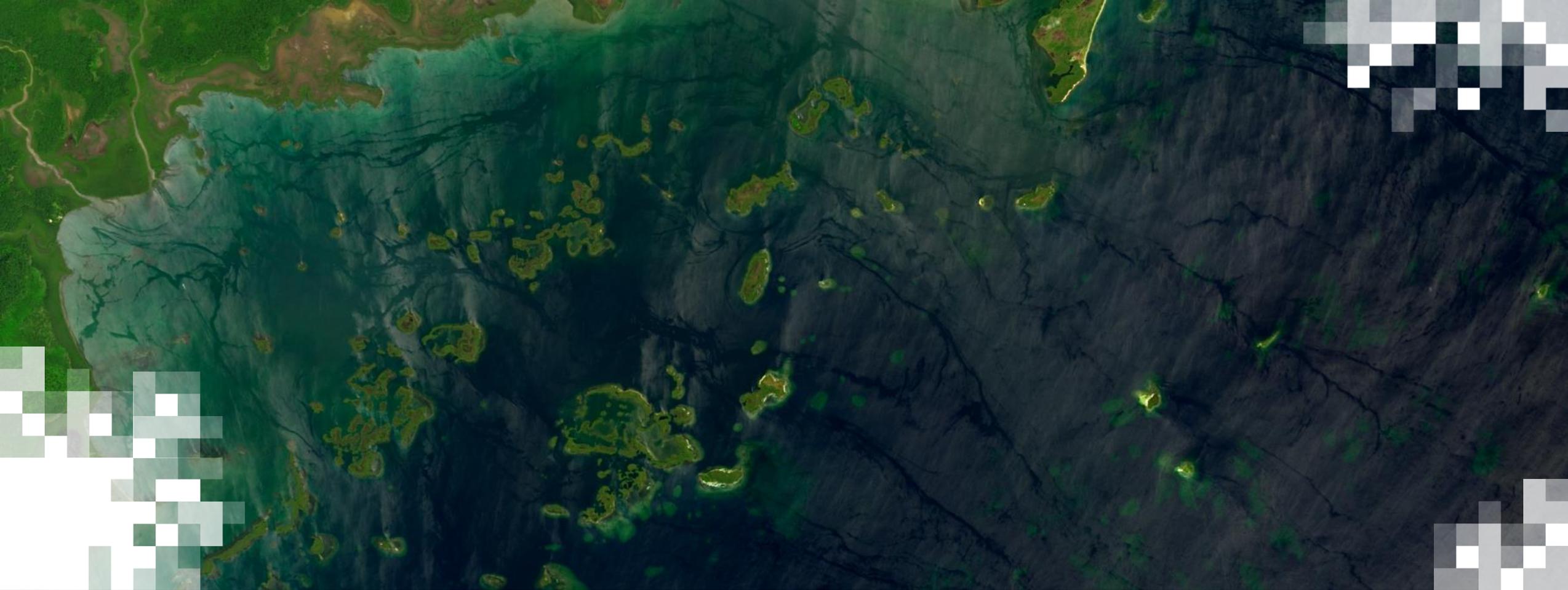
# Résumé

Améliorer la compréhension de Blue C grâce à des outils d'observation et d'analyse perfectionnés



# Résumé





## Résumé de la formation

# Résumé de la formation

- Le carbone bleu est le carbone capturé, éliminé et stocké par les systèmes océaniques, à la fois dans les composantes biotiques et abiotiques.
- Les mangroves, les herbiers marins et les marais salants partagent les caractéristiques suivantes :
  - présence de stocks de carbone élevés
  - preuve de stockage de carbone à long terme
  - capacité à gérer et à mesurer efficacement les émissions et les absorptions de GES résultant des changements dans ces écosystèmes.
- Le carbone bleu a une valeur d'atténuation du changement climatique, mais aussi d'autres fonctions et co-bénéfices.
- Une action urgente est nécessaire pour conserver, protéger et restaurer les écosystèmes de carbone bleu et nous devons développer des politiques efficaces qui peuvent soutenir cela.
- Des ensembles de données mondiaux sont disponibles en libre accès qui montrent l'étendue de la mangrove, la hauteur de la canopée et la biomasse.
- Critères de base pour évaluer la pertinence des ensembles de données et comment utiliser Google Earth Engine pour générer vos propres données sur l'étendue de la mangrove.
- Estimez la hauteur de la canopée de la mangrove, la biomasse et les stocks de carbone pour une estimation plus précise du stock de carbone de l'écosystème de la mangrove.
- Utilisation de données spatiales pour paramétrer les différentes composantes du carbone bleu (étendues, biomasse, hauteur, stocks de carbone, cycle ou flux de carbone).
- Comment cartographier l'étendue des écosystèmes de marais salants et d'herbiers marins à l'aide d'observations par satellite
- Approches et considérations pour calculer les stocks de carbone des écosystèmes de marais salants et d'herbiers marins cartographiés
- Méthodes de synthèse explorées pour estimer le carbone bleu dans les écosystèmes.



# Devoirs et certificats

- **Devoirs :**
  - Un devoir à domicile
  - Ouverture le 12/05/2024
  - -Accès à partir de la [page web de formation](#)
  - Soumis via Google Forms
  - **Échéance le 19 décembre 2024**
- **Certificat de completion :**
  - Assister aux trois webinaires en direct (la participation est enregistrée automatiquement)
  - Effectuer le travail à la maison avant le 19 décembre 2024
  - Vous recevrez un certificat par courriel environ deux mois après la fin du cours.



# Acknowledgements

## The Mangrove Science Team



**Lola Fatoyinbo, Ph.D.**



**Marc Simard, Ph.D.**



**Celio Resende De Sousa, Ph.D.**



**Atticus Stovall, Ph.D.**



**Abigail Barenblitt**



**Cheryl Doughty Ph.D.**



**Adia Bey, Ph.D.**



**Anthony Campbell, Ph.D.**



**Liza Goldberg**



**David Lagomasino, Ph.D.**



**Nathan Thomas, Ph.D.**



# Contact Information

## Trainers:

- Dr. Anthony Campbell
  - [anthony.d.campbell@nasa.gov](mailto:anthony.d.campbell@nasa.gov)
- Dr. Cheryl Doughty
  - [cheryl.l.doughty@nasa.gov](mailto:cheryl.l.doughty@nasa.gov)
- Dr. Kelly Luis
  - [kelly.m.luis@jpl.nasa.gov](mailto:kelly.m.luis@jpl.nasa.gov)
- Brock Blevins
  - [brock.blevins@nasa.gov](mailto:brock.blevins@nasa.gov)

- [ARSET Website](#)
- Follow us on Twitter!
  - [@NASAARSET](#)
- [ARSET YouTube](#)

## Visit our Sister Programs:



[DEVELOP](#)



[SERVIR](#)





**Merci !**





## Session de questions & réponses

