

# Définition et caractérisation des habitats récifolagoneaux, et usages de leurs cartographies

Serge Andréfouët  
Claude Payri  
Michel Kulbicki  
Julie Scopéltis  
Mathilde Scamps  
Guillaume Dirberg  
Mayeul Dalleau  
Colette Wabnitz

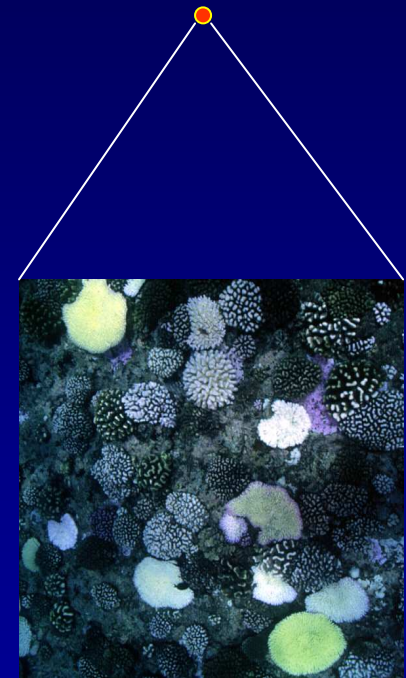
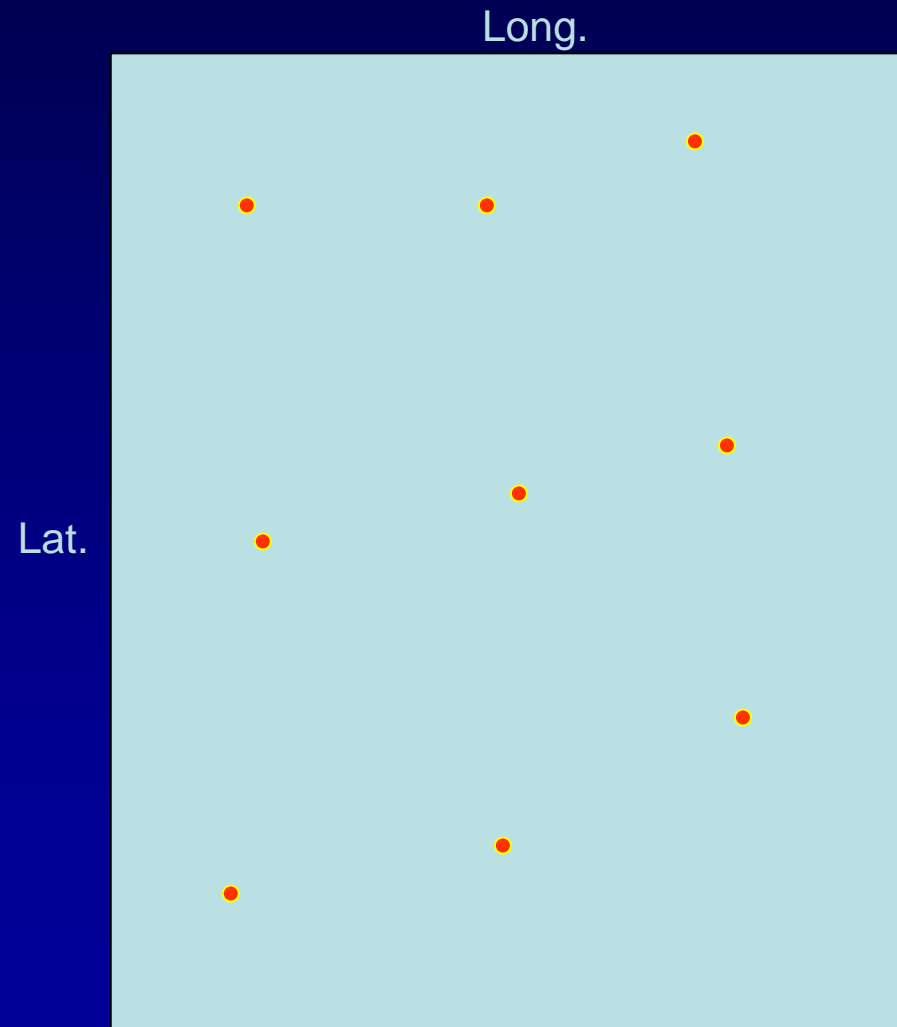
Institut de Recherche pour le Développement



# Plan

- Préambule ZoNéCo
- Pourquoi les habitats?
- Définitions et échelles
- Cartographie par télédétection
- Applications potentielles (NC et ailleurs)
- Applications ZoNéCo
- Synthèse

# Données ponctuelles de terrain Généralisation dans l'espace?



Données ponctuelles de terrain  
Généralisation spatiale possible via imagerie satellitaire

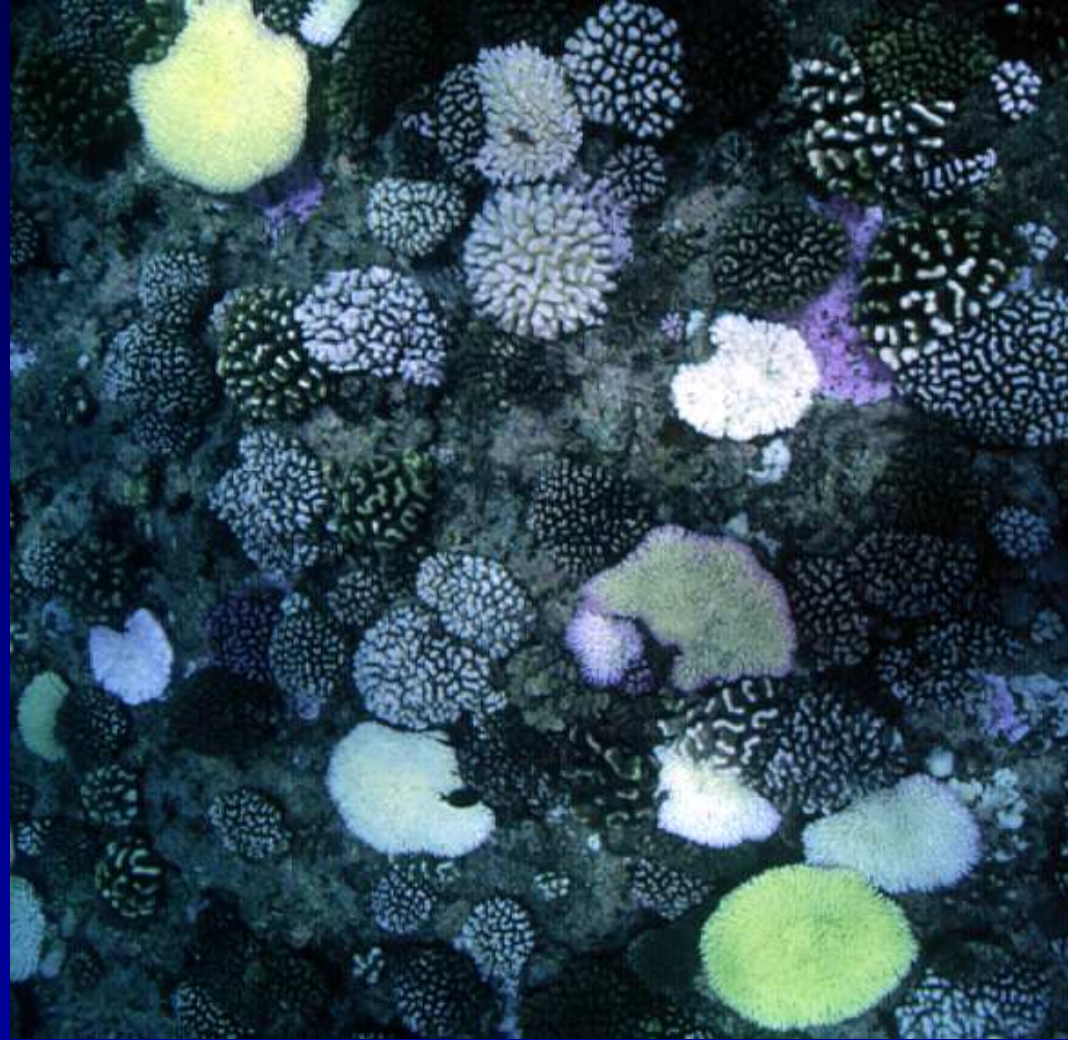


Signal optique (couleurs, textures) spatialement explicite (lat., long.)



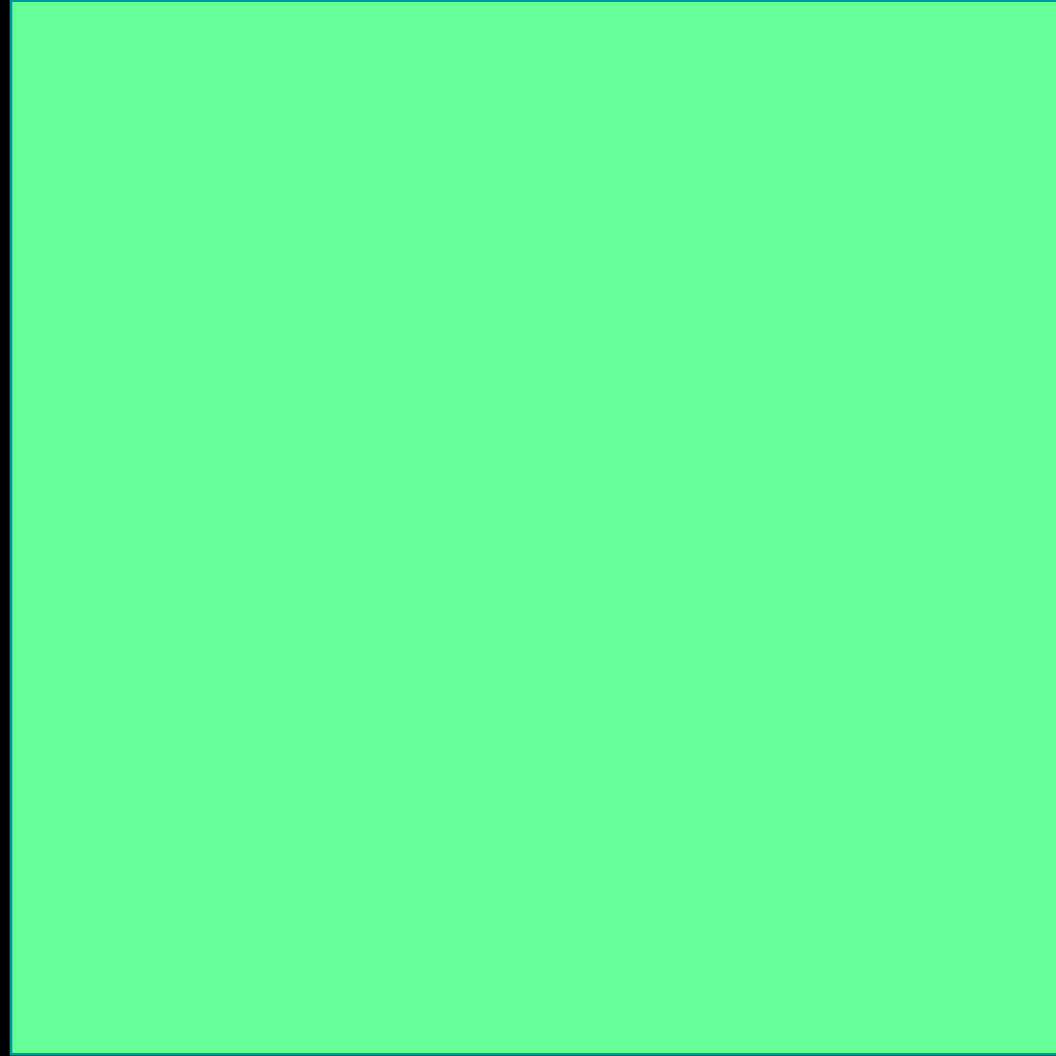
1-10 meters

1-10 meters



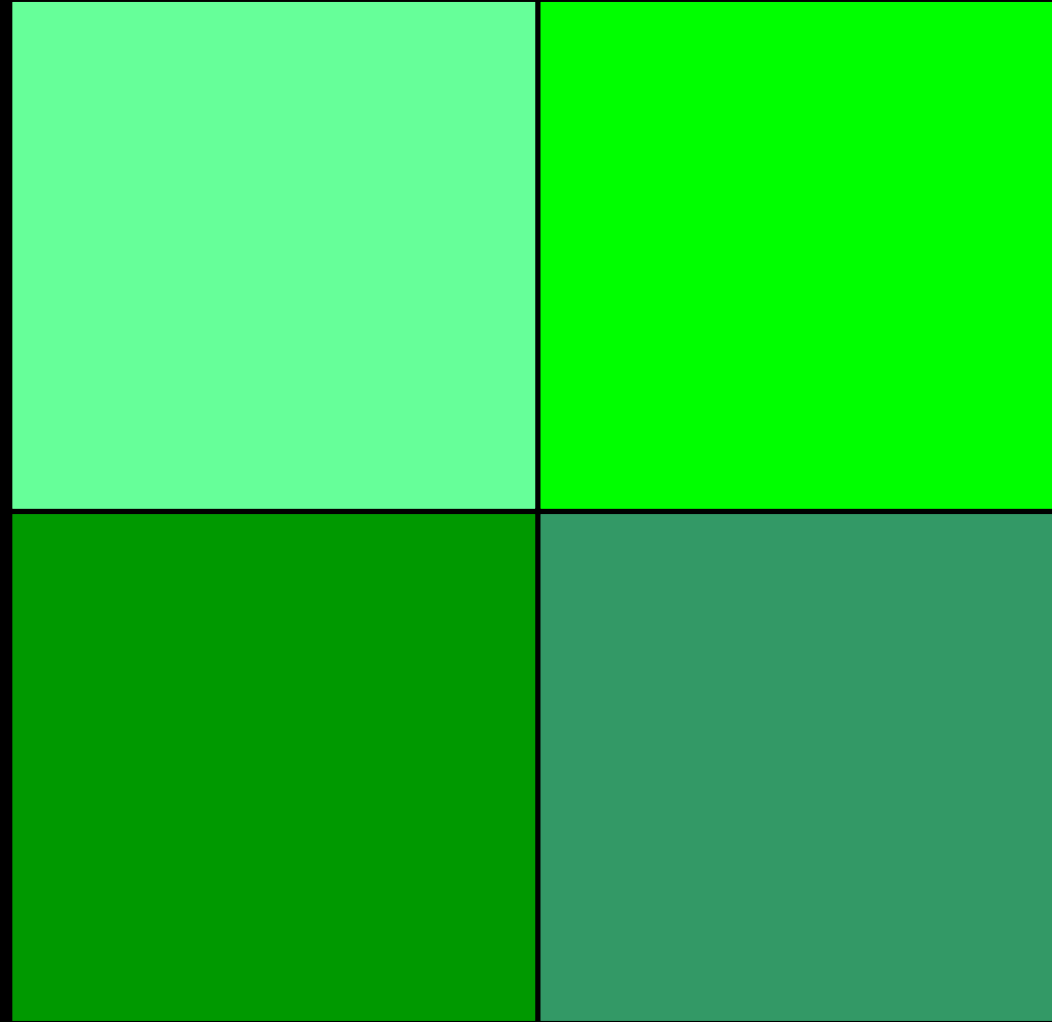
**1-10 meters**

**1-10 meters**



4-40 meters

4-40 meters



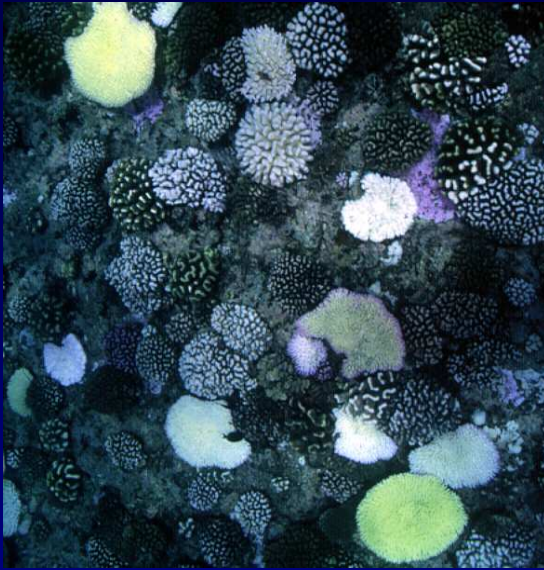
300 meters



300 meters



1-10 meters



Niveau de variabilité (statistique) similaire  
mais à deux échelles spatiales différentes

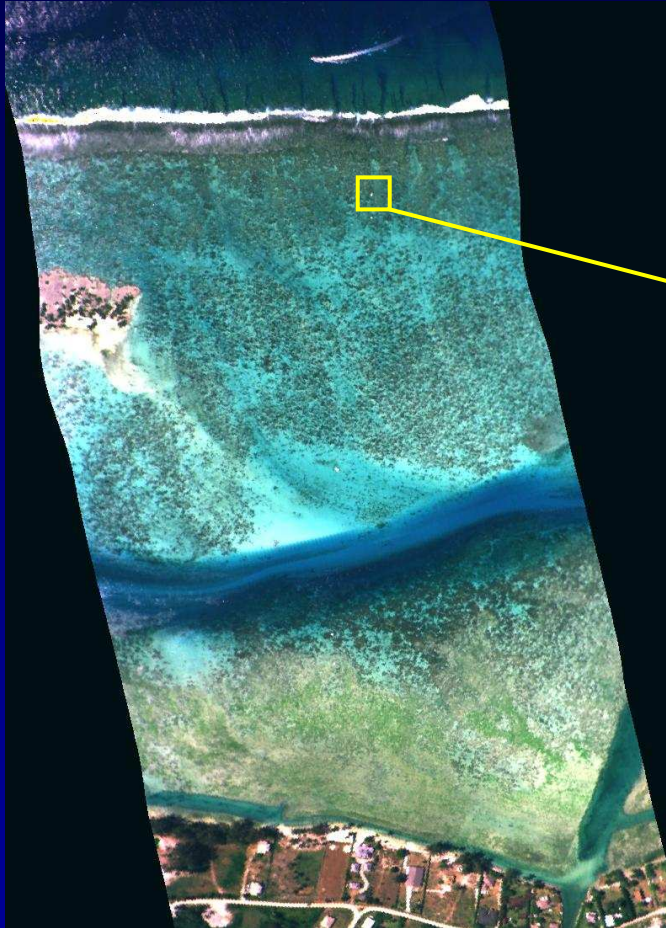


Saut et transfert d'échelle spatiale  
Saut et transfert de niveaux écologiques  
d'organisations

300 meters



## Minimum Discernable Unit (MDU)



CASI image:  
PixelSize= 1 meter



2 x 2 m :



5 x 5 m = MDU

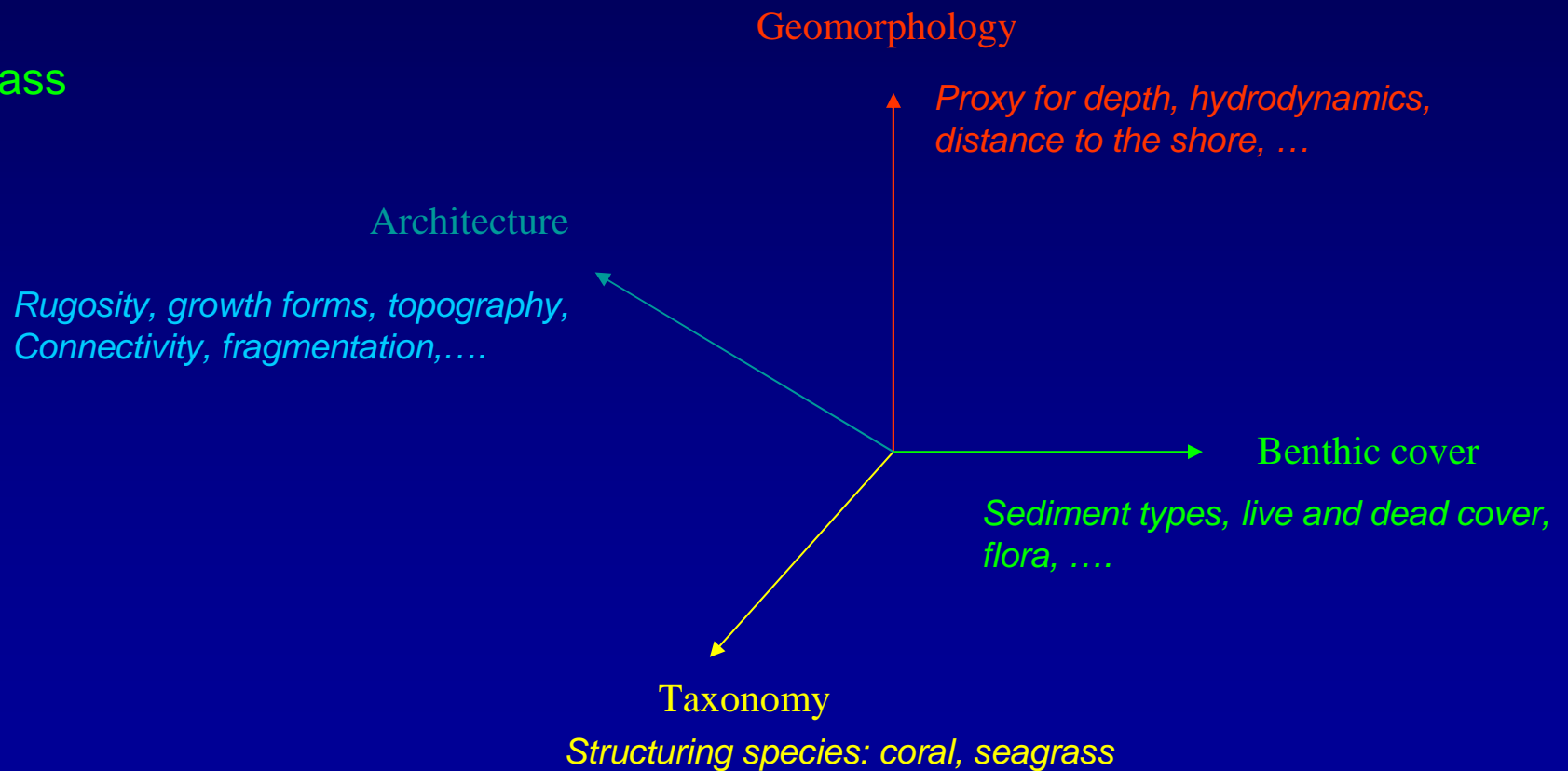
- Pour un MDU de 5m minimum, le niveau d'organisation bio-physique le plus immédiatement accessible pour généraliser des résultats dans l'espace est celui des « habitats » (communautés, biotopes, type de fonds, reefscape, etc...).
- L'habitat est l'entité spatialement la plus petite possible pour faire du transfert d'échelle via un moyen d'observation et de mesures quantitatives qui est l'imagerie spatiale (pas de modélisation):
  - Scaling de biomasse (halieutique)
  - Scaling de production (carbone)
  - Scaling de capacité de charge trophique (nbre d'individus)
  - Scaling de valeurs économiques (€)
  - Scaling de (beta-)diversité (n/a)
  - ....

# Habitat (=f(MDU))

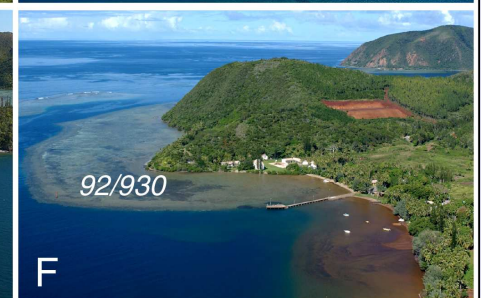
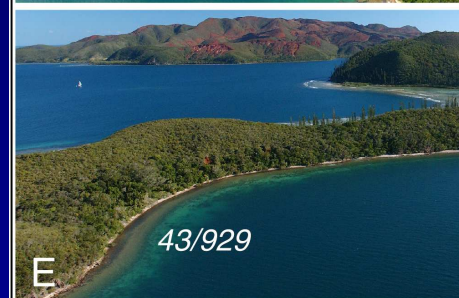
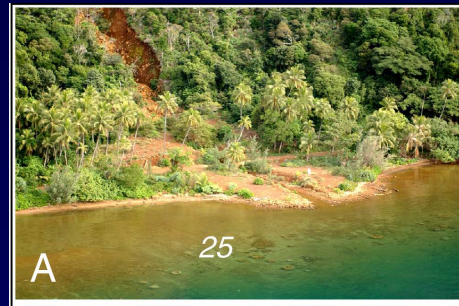
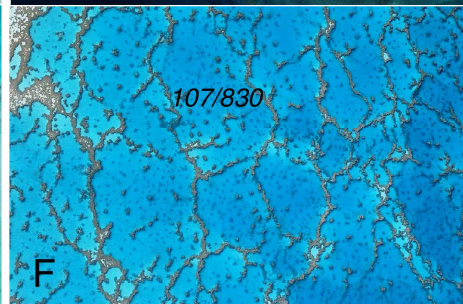
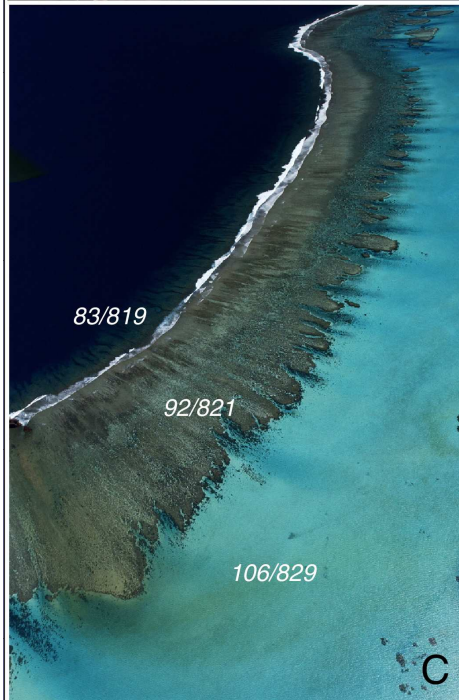
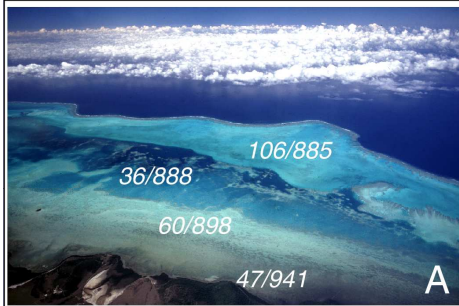
## Habitant

- Fish
- Invertebrate
- Coral
- Seagrass

## Habitat:



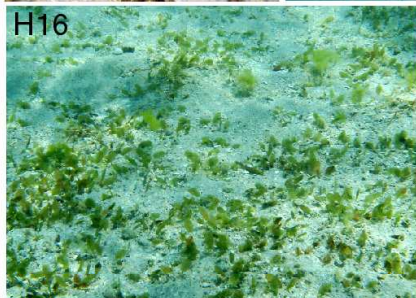




Andréfouët et Torres-Pulliza (2004) / Photos: Martial Dosdane



# Andréfouët et Dirberg 2006



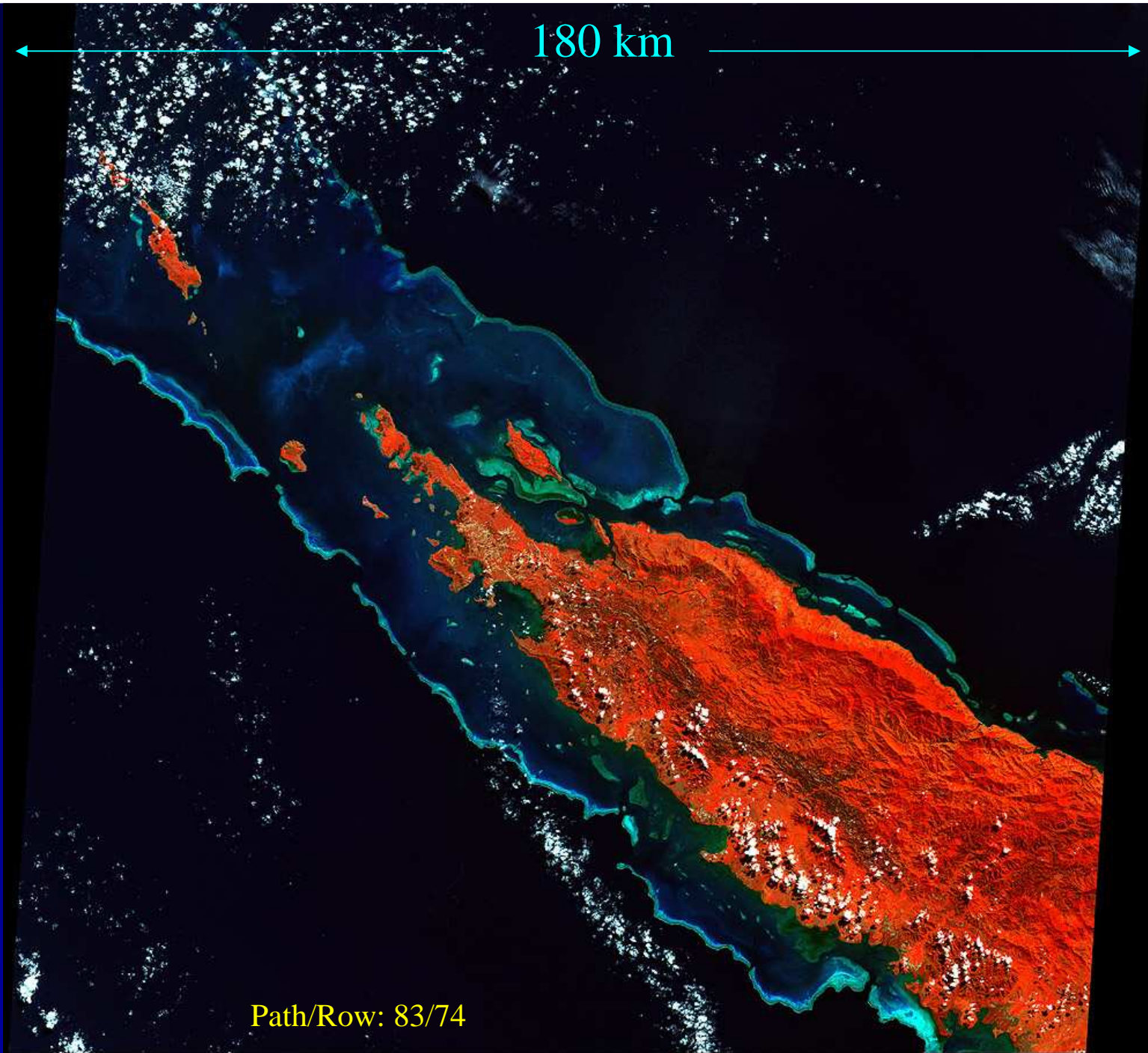


# Reconnaissance d'habitat par télédétection et cartographie

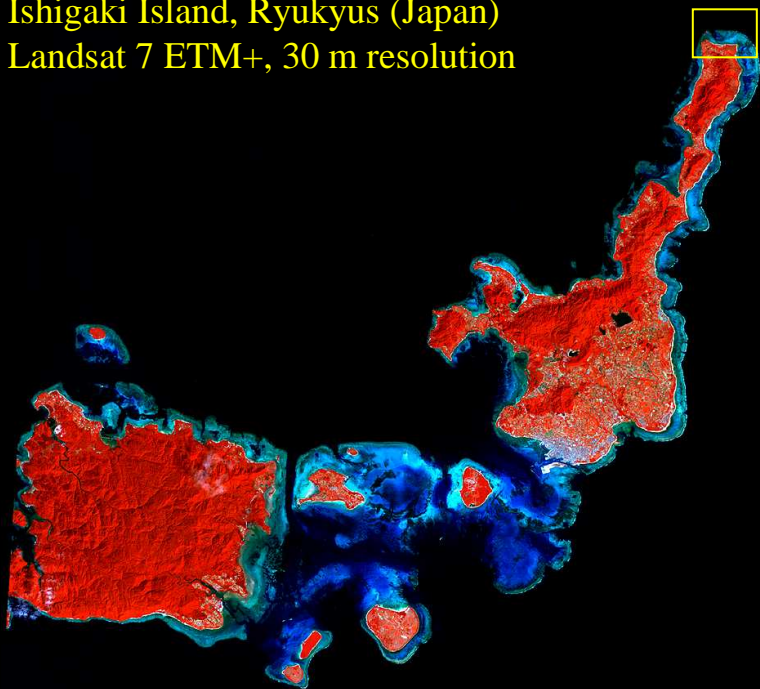
- Ce dont on ne parle pas ici:
  - Acoustique et Lidar (méthodes actives), méthodes plutôt bathymétriques
  - Hyperspectral (passif, optique): connu et calibré, mais pas opérationnel à très haute résolution (pas de capteurs commerciaux). 2014?
- On parle de données satellitaires, multispectral, haute résolution (1-30m), facilement accessible (commerciallement, entre 10 et 20 US\$/km<sup>2</sup>), voire gratuite.
- On est dans la gamme 0 - 30 mètres de profondeur
- Appliqué, pas de recherche méthodologique

# Cartographie

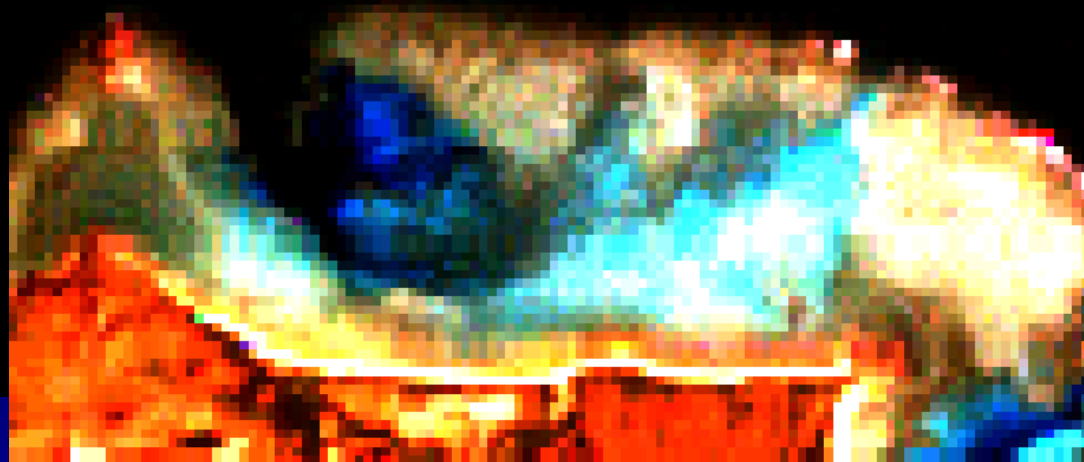
- Simplification spatialement explicite de la réalité pour une application donnée
- Labellisation d'une entité spatiale à l'aide d'une typologie
- Incertitude, erreur, et précision (échelle, thèmes)
- Méthodes (analyse d'images)



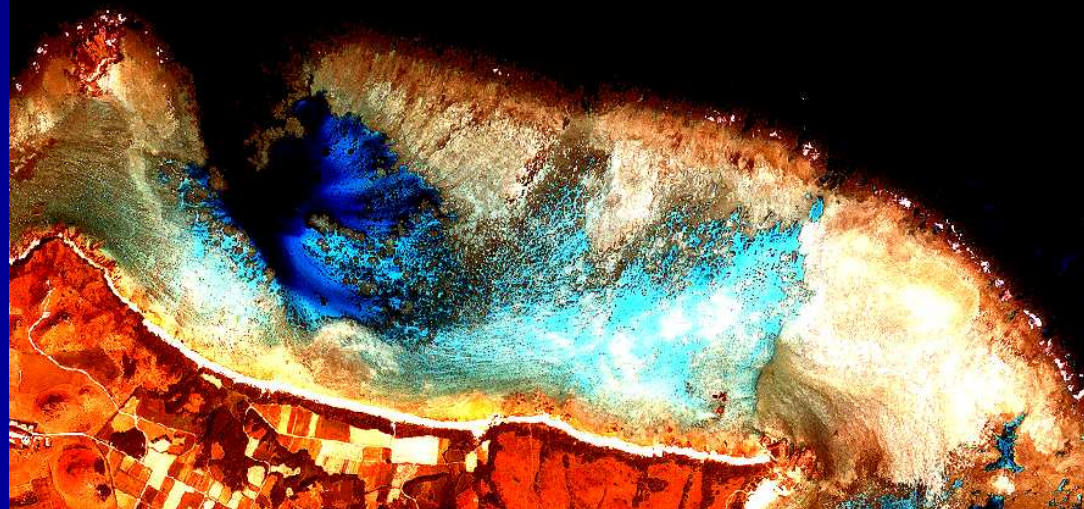
Ishigaki Island, Ryukyus (Japan)  
Landsat 7 ETM+, 30 m resolution



Urasaki Reef Landsat ETM+, 30 m resolution (NASDA-NIES)



Urasaki Reef Ikonos 4 m resolution (Space Imaging, NASA SDB)





# Cartographie des habitats récifo-lagonaires (Historique)

- Recherche de la description la plus détaillée possible des fonds sous-marins
  - Applications de type inventaires, mais non contraint cad « typologie libre » (e.g. surface des frangeants, surface des herbiers, surface des herbiers à *Halophila* spp, surface des communautés coralliennes à massifs de *Porites* spp)
  - Avec quelle méthode?
  - Quelle erreur?
  - *Période 1990-2004, suite à la prolifération et amélioration des capteurs*
- Depuis 2004, applications ciblées (cf. ZoNéCo)

# Cartographie des habitats récifo-lagonaires

- Applications ciblées récurrentes (gestion/recherche)
  - Suivi de l'état de santé et monitoring (couverture corallienne d'une zone, blanchissement, impacts divers)
  - Inventaires d'habitats ciblés (typologie fixée, valeur patrimoniale ou économique)
  - Gestion des pêches: état d'un stock halieutique lié à un habitat
  - Spatialisation des communautés (e.g. stades ontogéniques et habitats) et structuration de la diversité spécifique en fonction des habitats
  - Identification d'aires de conservation prioritaires *via* les habitats
  - Connectivité des populations marines *via* les habitats
  - Vulnérabilité des habitats au changement climatique et aux aléas
  - Valuation économique des habitats



## Volet 1: mesure et suivi de la couverture corallienne

(Andréfouët et al. 2002, Elvidge et al. 2004  
Scopéltis et al. 2009, 2010, soumis)

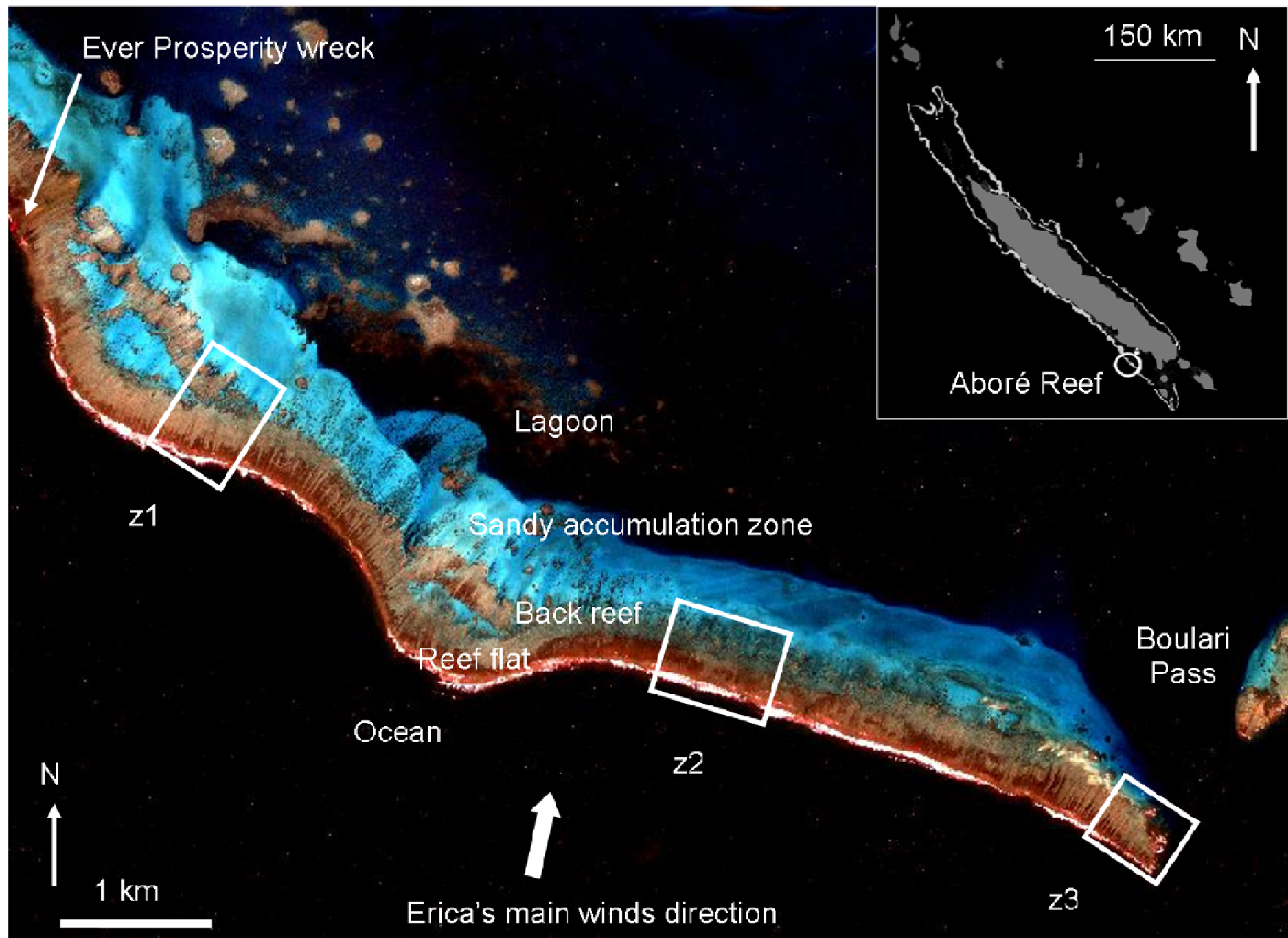
Est-il possible de mesurer la couverture corallienne d'un site par télédétection?

Si oui, à quelle précision, et peut-on en faire le suivi?

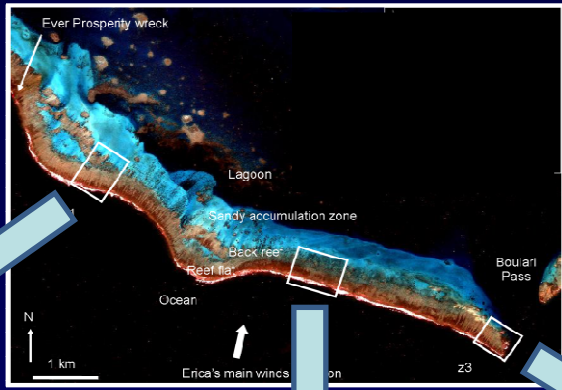
Si non, comment s'en approcher?

# Evolution du sujet

- Evaluation de l'impact du cyclone Erica en 2003, récif Aboré
- Généralisation à plusieurs sites (La Réunion, Australie)
- Séries temporelles photos aériennes et images satellitaires de plus de 30 ans
- Thèse J. Scopélitis (University of Queensland, IRD, U. La Réunion)



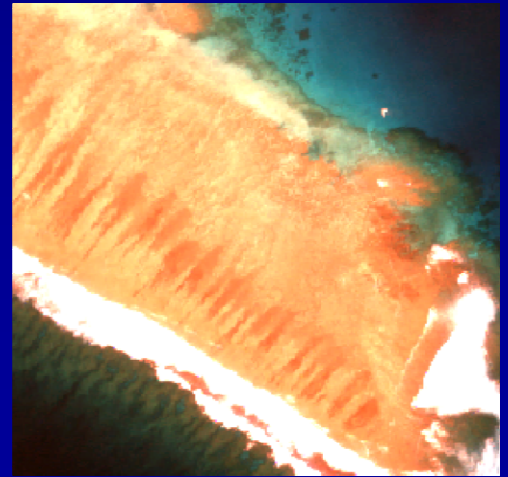
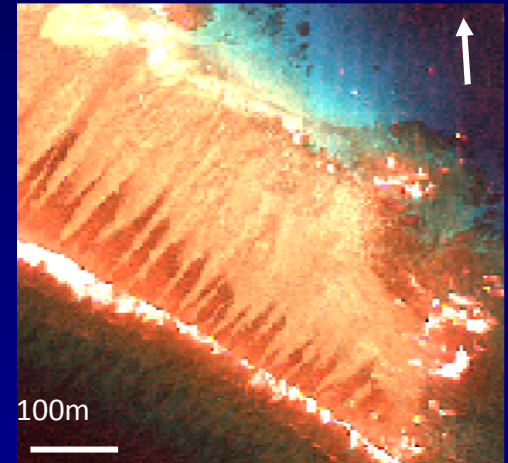
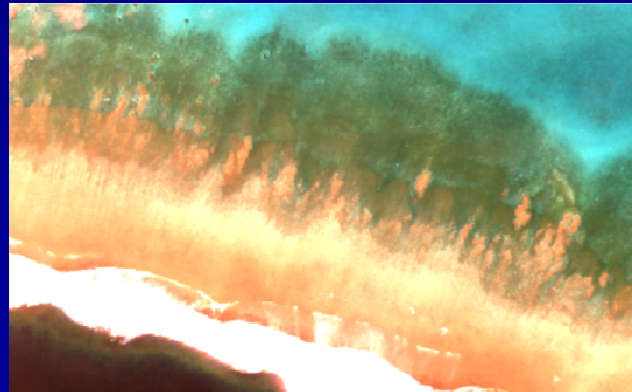
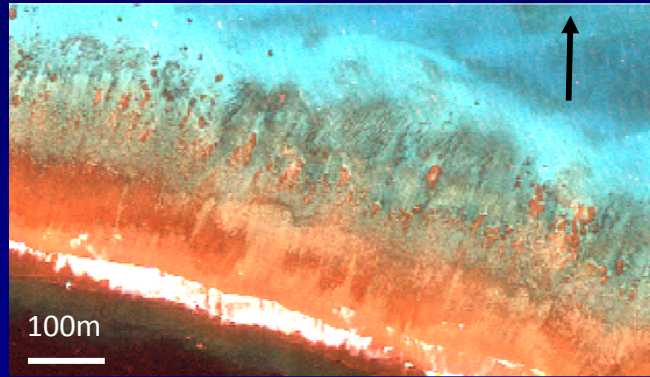
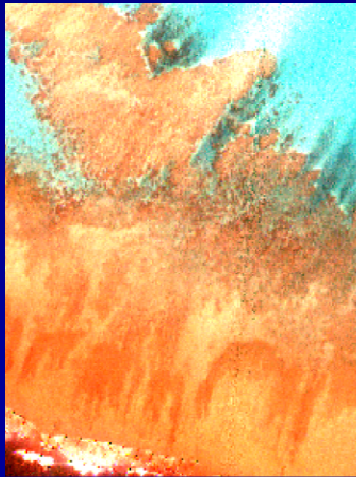
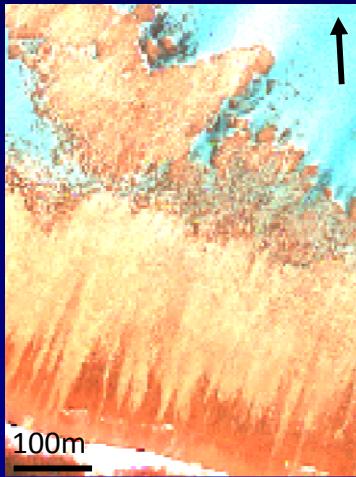
Scopélitis et al. 2010



Before

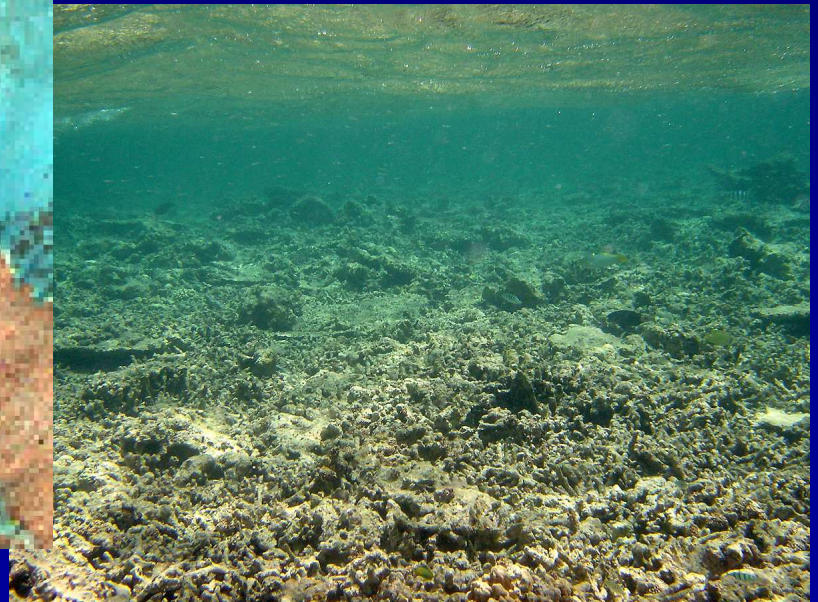
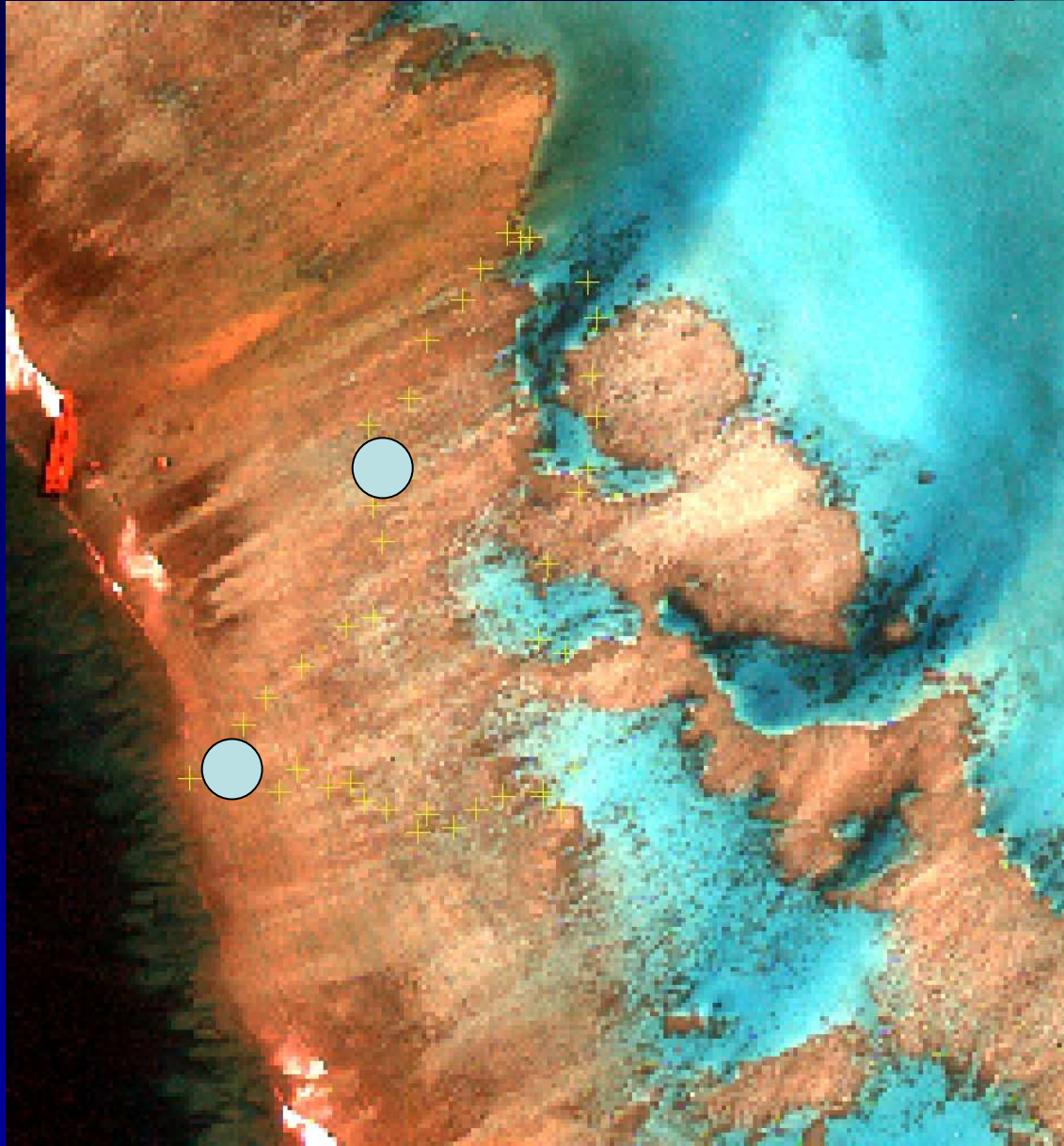
Cyclone

After



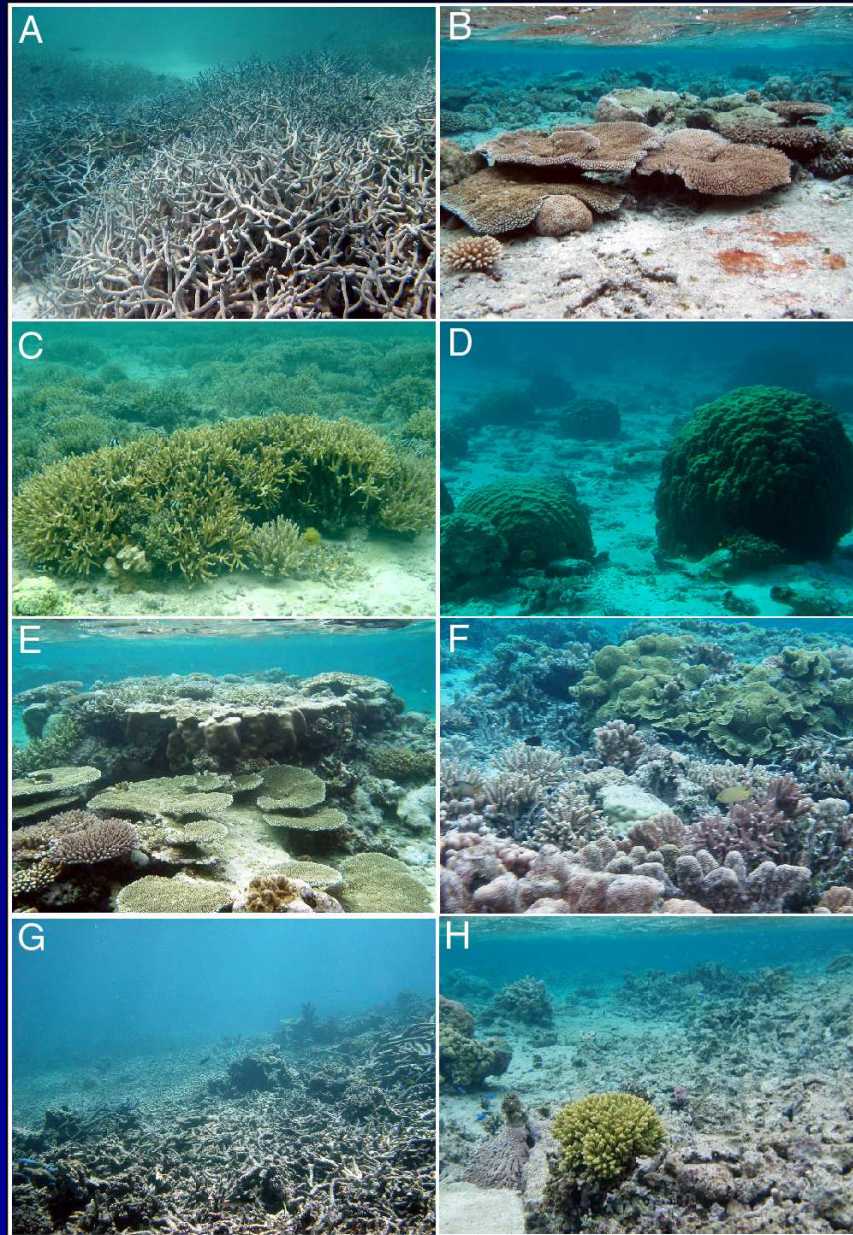


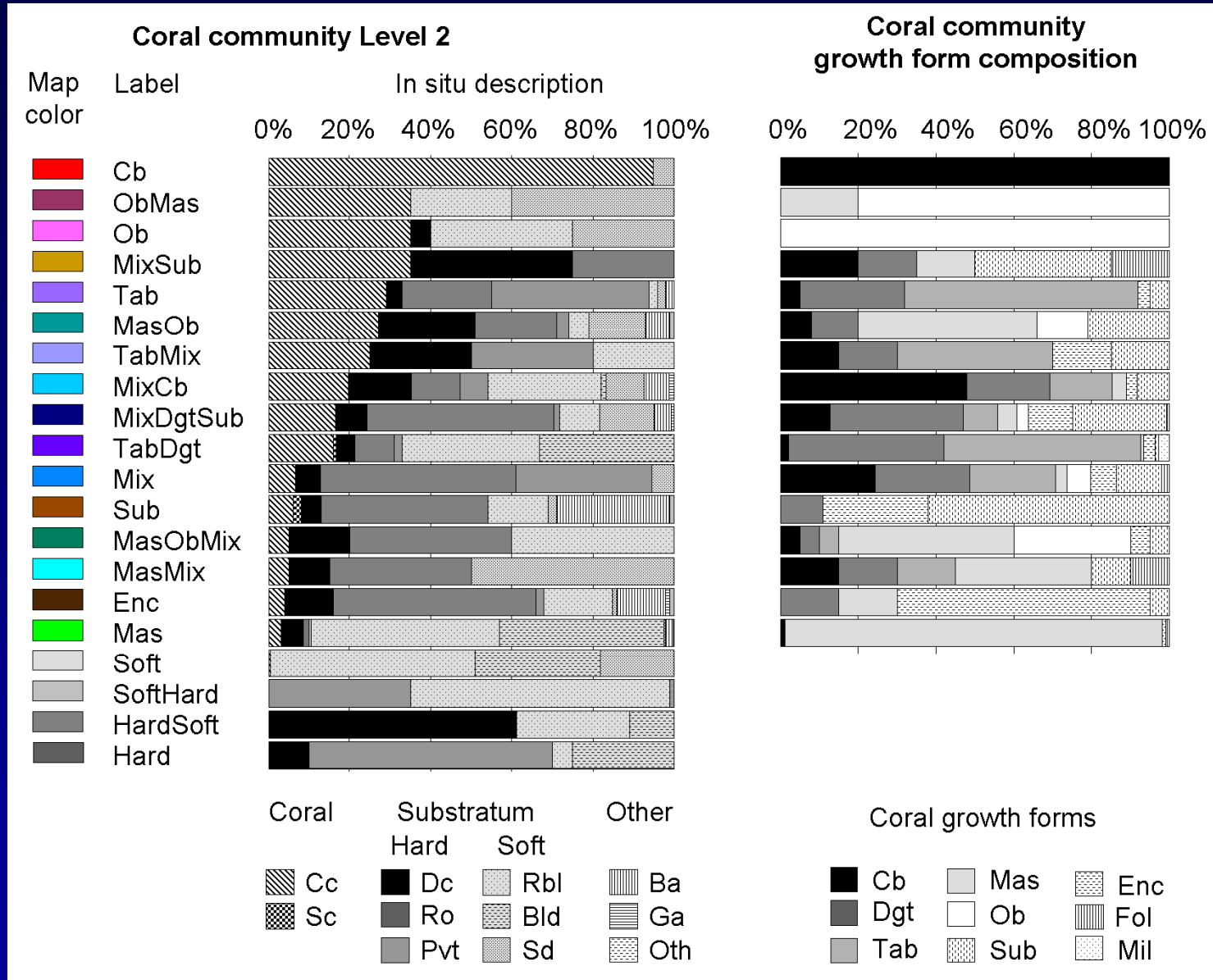
Stations 6, 14





## Habitats coralliens (>25)

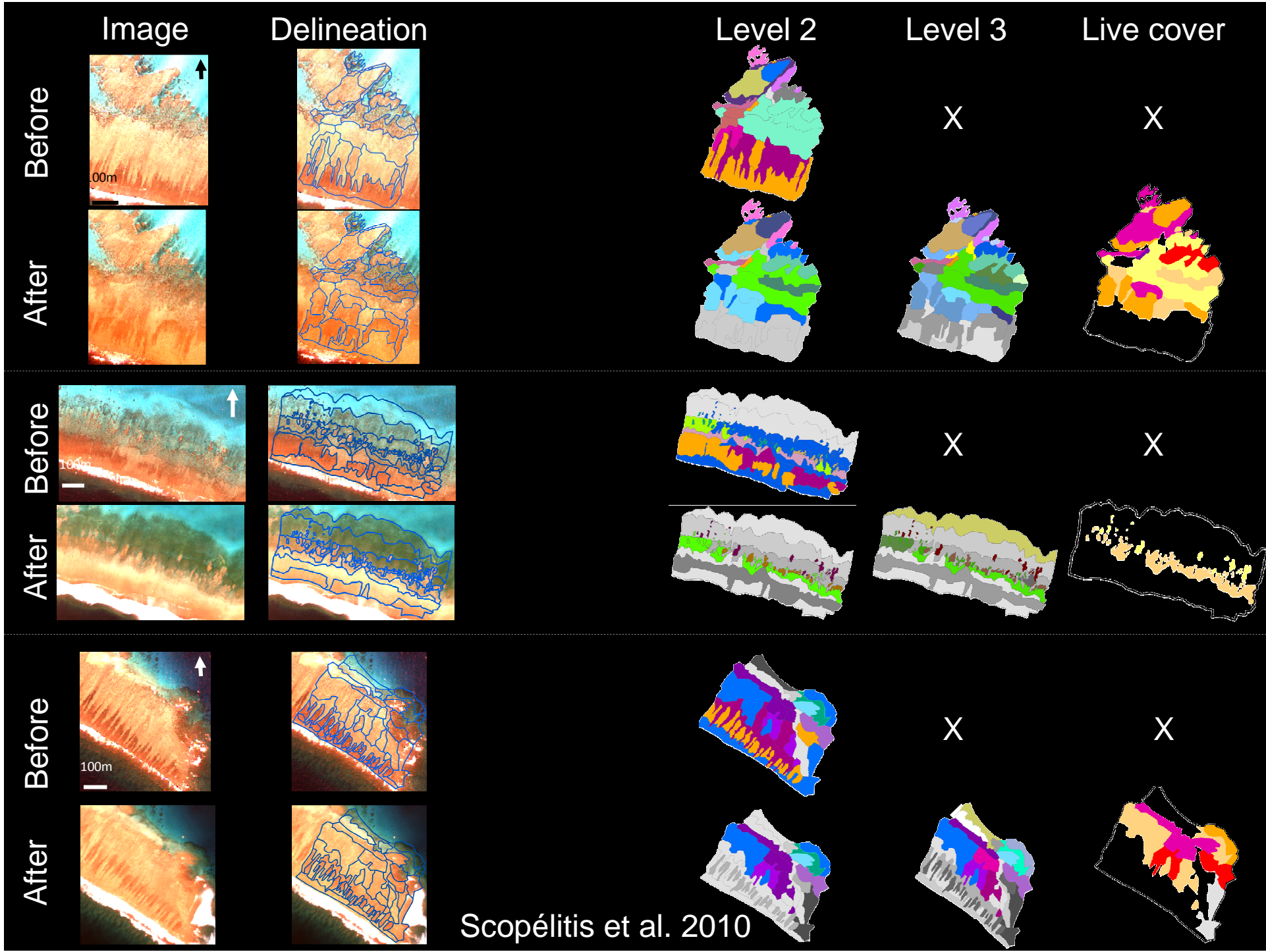




# Résultats

- Aucune méthode de traitement ne permet d'approcher directement la couverture corallienne avec précision, même dans le cas favorable d'Aboré (pas d'algues, fort gradient de couverture, peu profond)
- La cartographie des communautés est possible en détail (25 communautés) avec précision, à différents niveaux
- On peut suivre une évolution sur les platiers
- Processus coûteux (vérité terrain dédié, traitement par photo-interprétation)
- La variabilité des impacts et de la reprise est forte, même sur un unique récif, pour une perturbation donnée
- Généralisation à d'autres sites est possible





Scopéltis et al. 2010

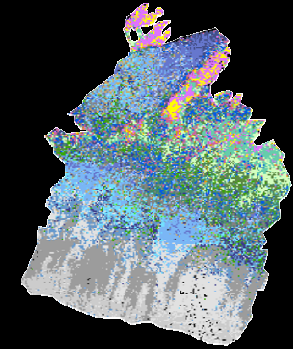
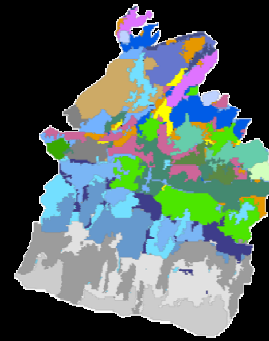
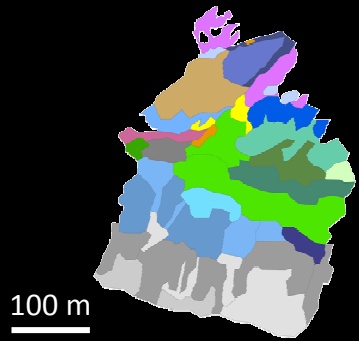
After

Expertise-based

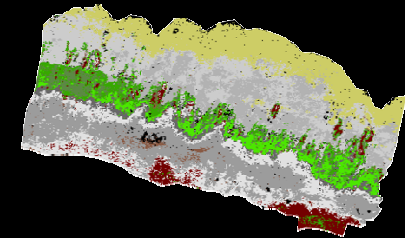
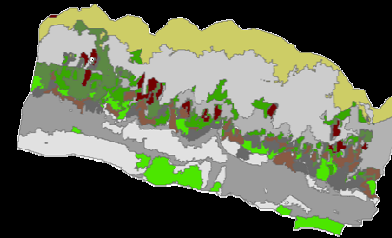
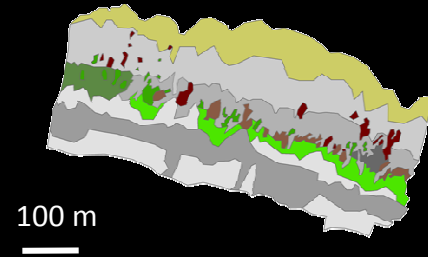
Object-based

Pixel-based

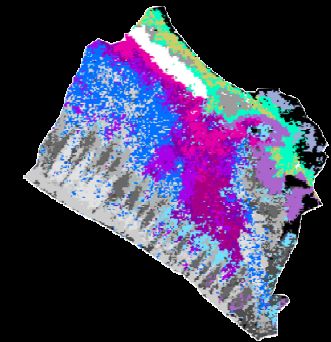
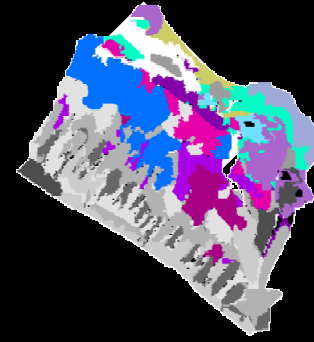
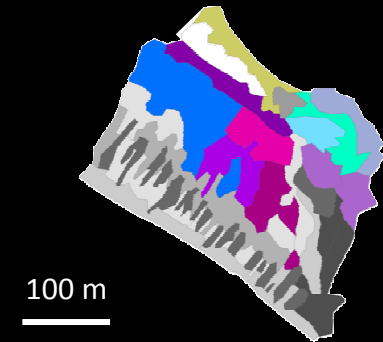
z1



z2



z3



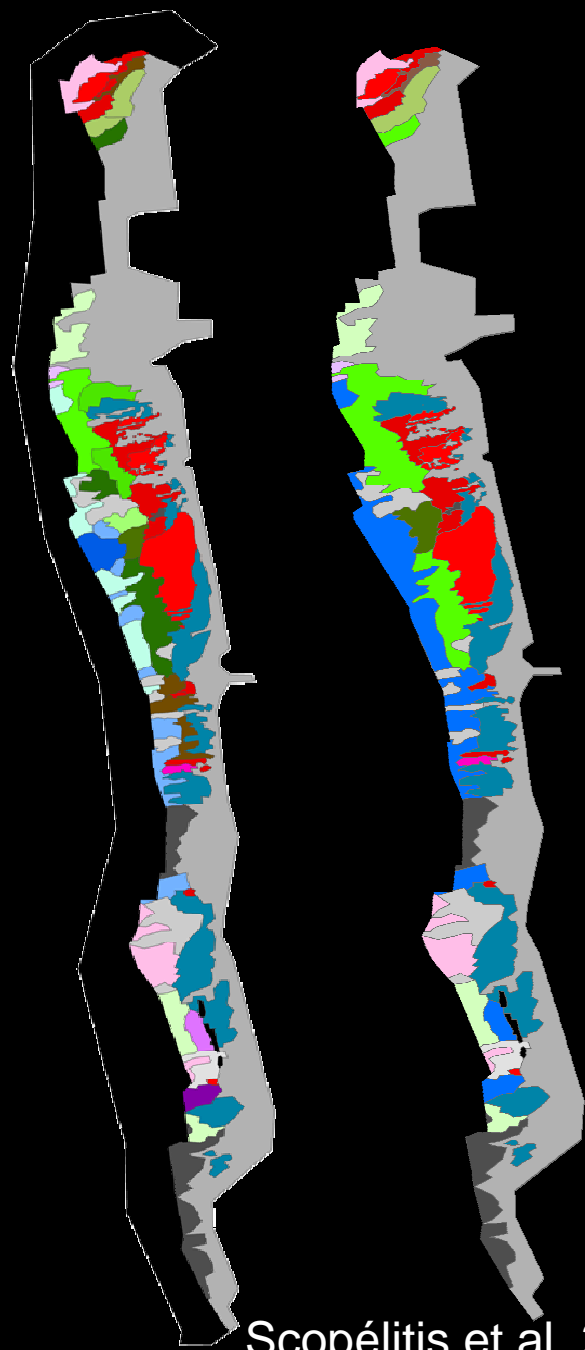
Overall agreements with Expertise-based  
40-60%

Scopéltis et al. 2010





Lines = GPS tracks



Scopéltis et al. 2009

Level 2



Scopelitis et al. 2009

1973

1978

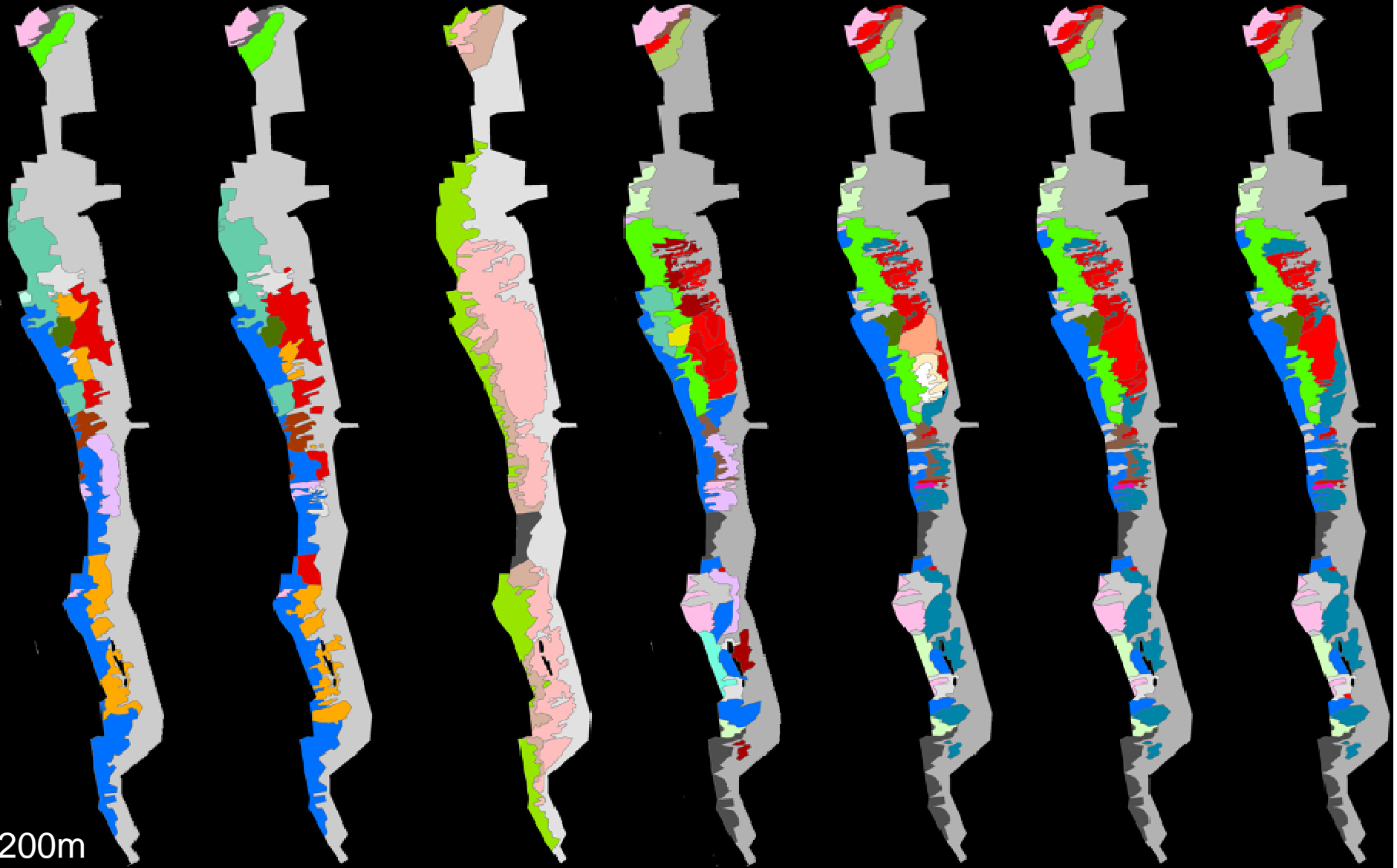
1989

1997

2002

2003

2006



200m



1972

1979

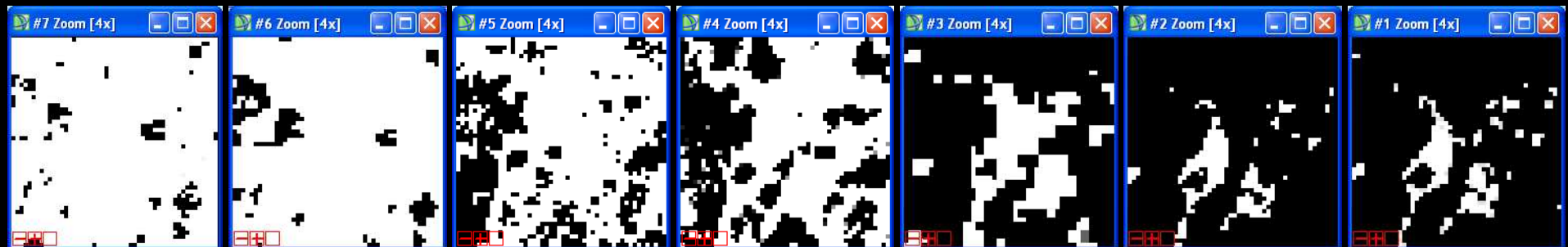
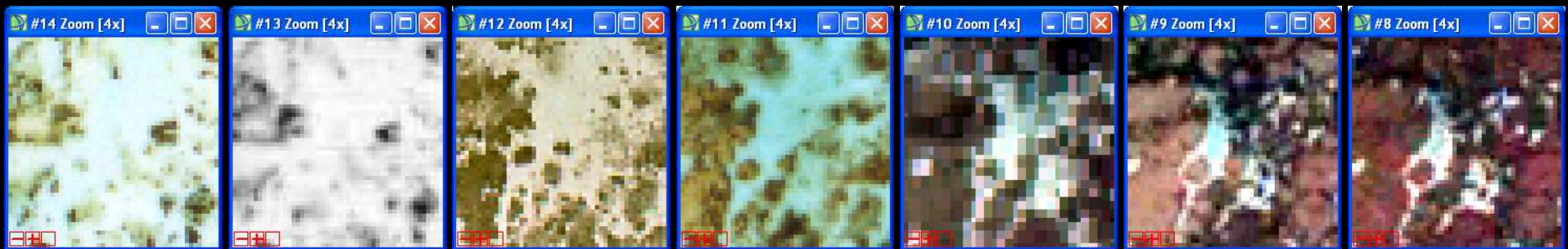
1990

1992

2002

2006

2007



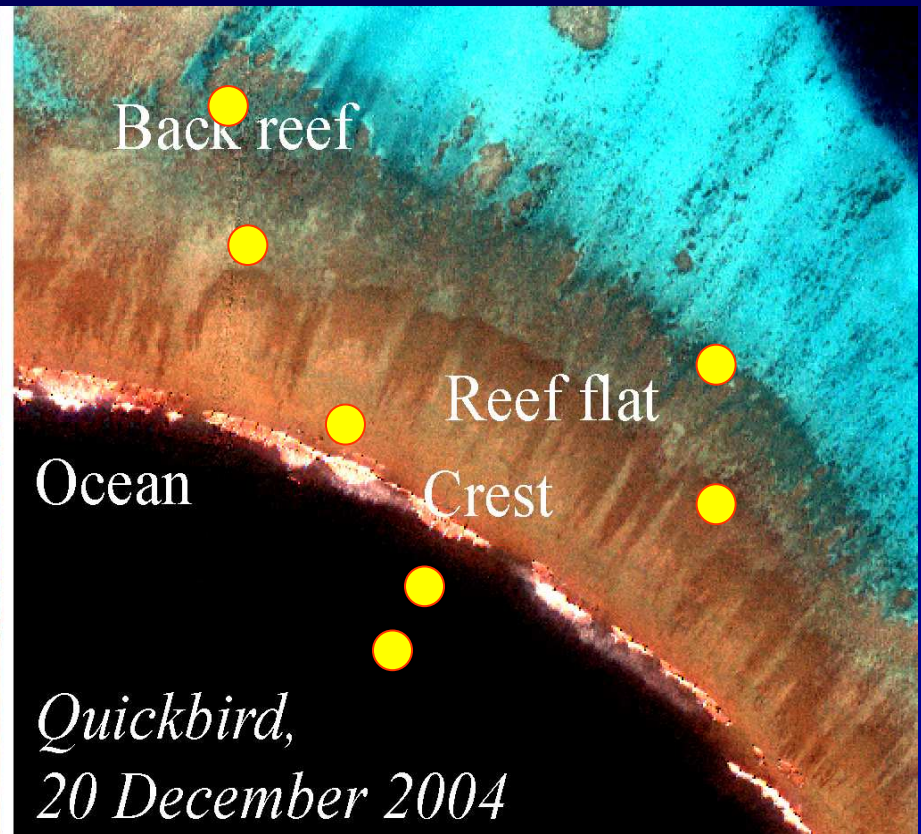
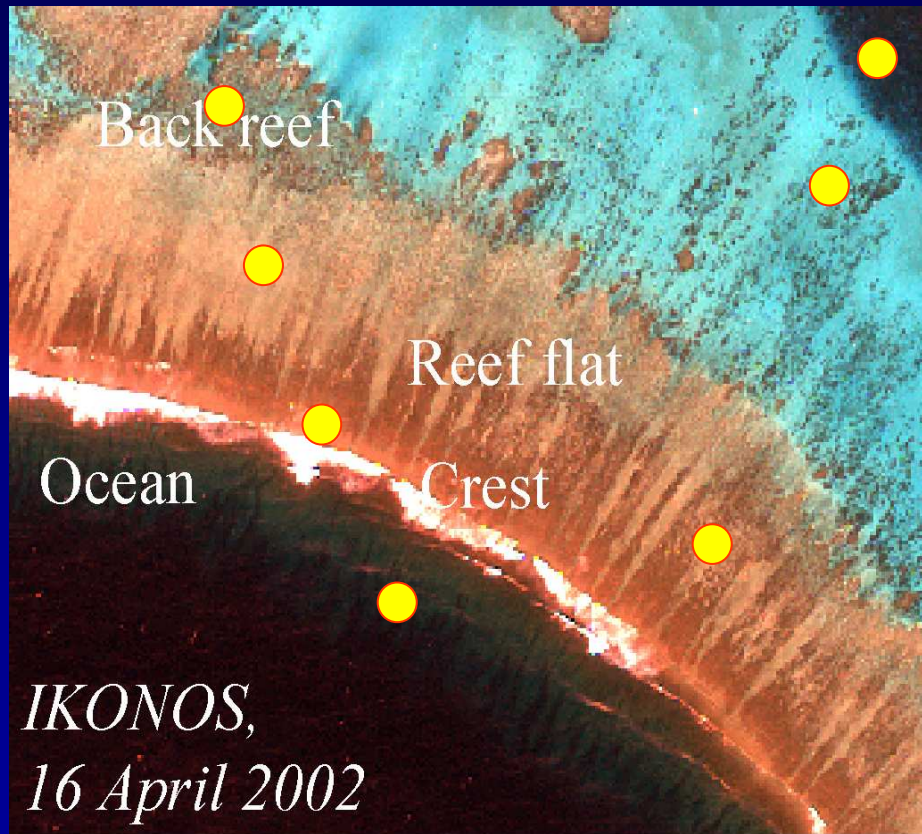
Scopelitis et al. en révision

# Conclusion

- Pas d'imagerie adéquate pour mesure directe de la couverture corallienne, mais pour le suivi des communautés
- Travail in situ, optimisé par l'imagerie
- Forte variabilité de la réponse à une perturbation à l'échelle d'un récif implique que la stratégie de monitoring de sites coralliens est à revoir
- Échelle d'un récif est l'échelle à considérer (et non l'échelle de la station)
- Suivi annuel n'est pas nécessaire, mais un suivi quadriennal, ou en fonction d'événements
- Représentativité du site est à quantifier précisément

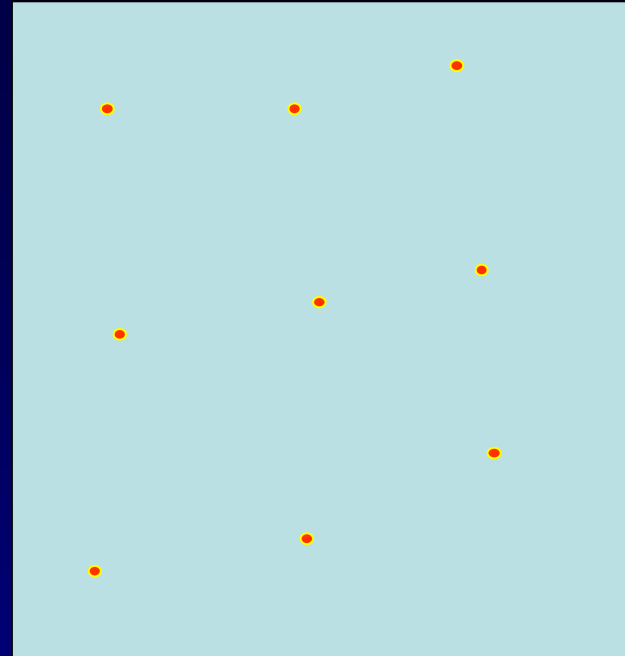


Monitoring adaptatif  
Quadriennal ou événementiel  
échelle d'un récif



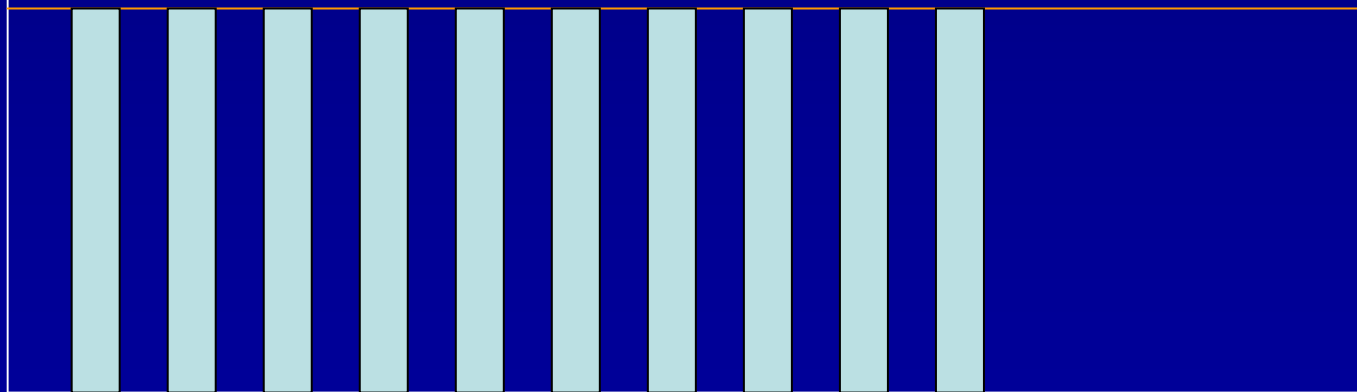
2002.....2003.....2004

Budget coût donné annuel



n stations aléatoires dispersées, de représentativité inconnue  
n stations fixes revisitées périodiquement

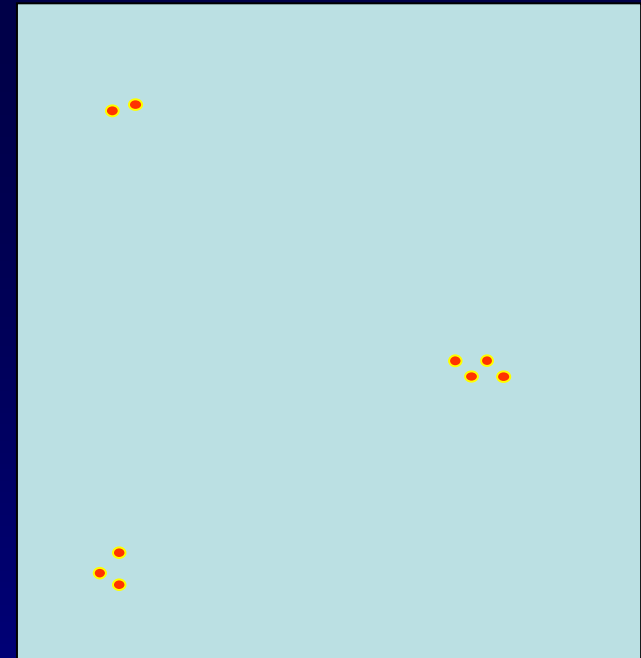
n



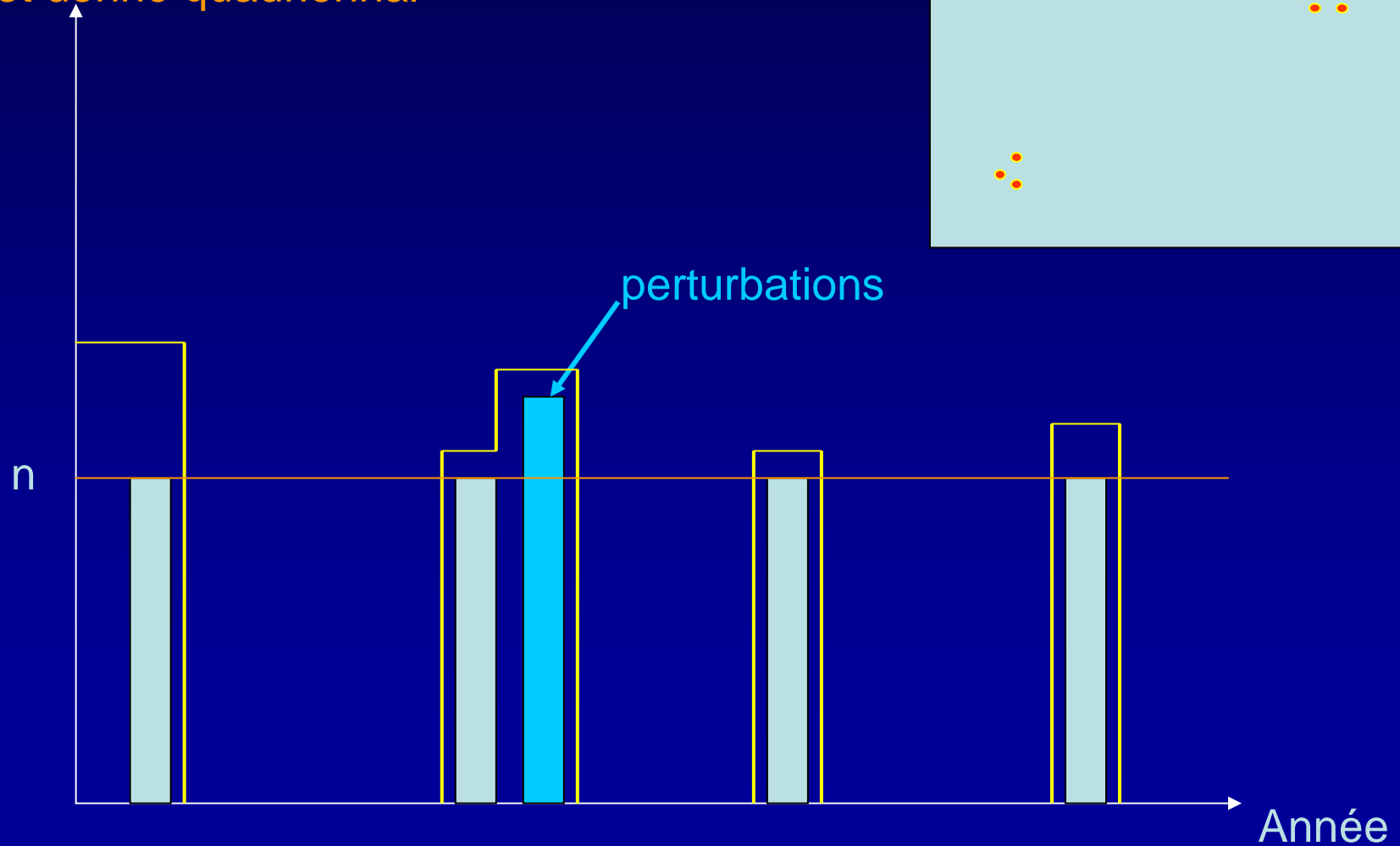
Année



n stations représentatives  
n stations non-fixes revisitées périodiquement  
n peut varier  
les stations peuvent varier même à n constant



Budget donné quadriennal



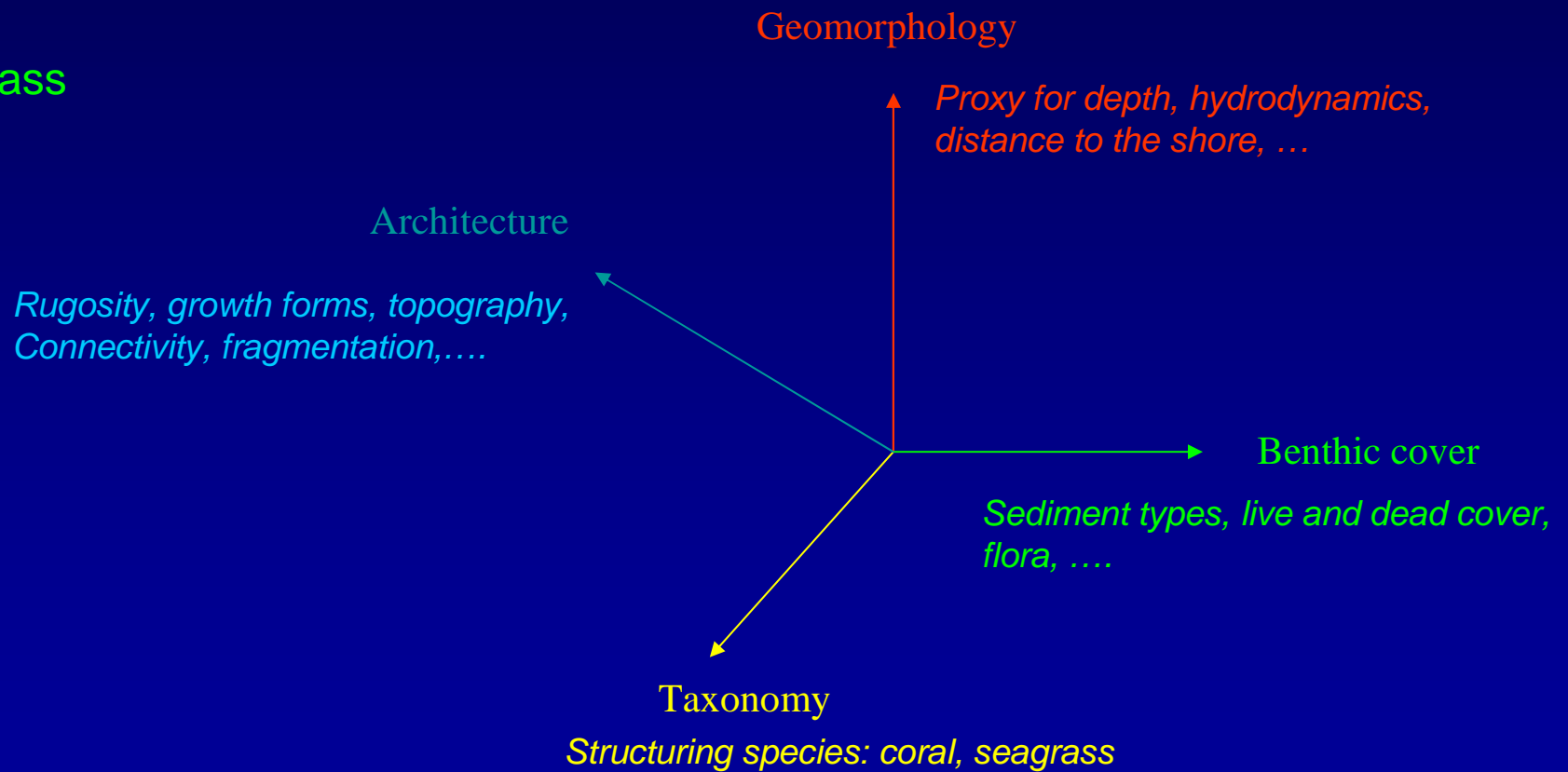
## Volet 2: Cartographie des habitats à la résolution thématique maximale

# Habitat

## habitant:

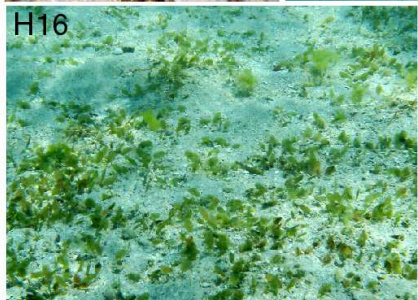
- Fish
- Invertebrate
- Coral
- Seagrass

## Habitat:

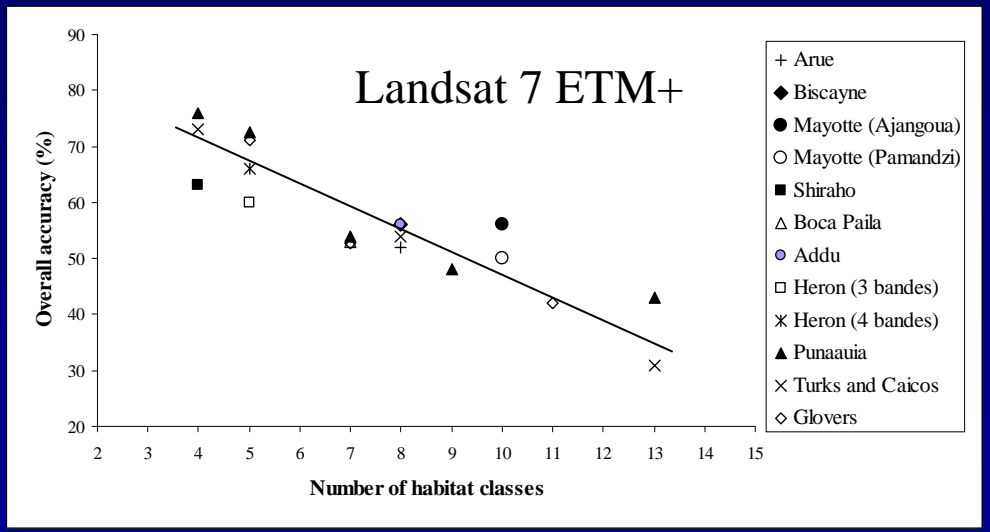
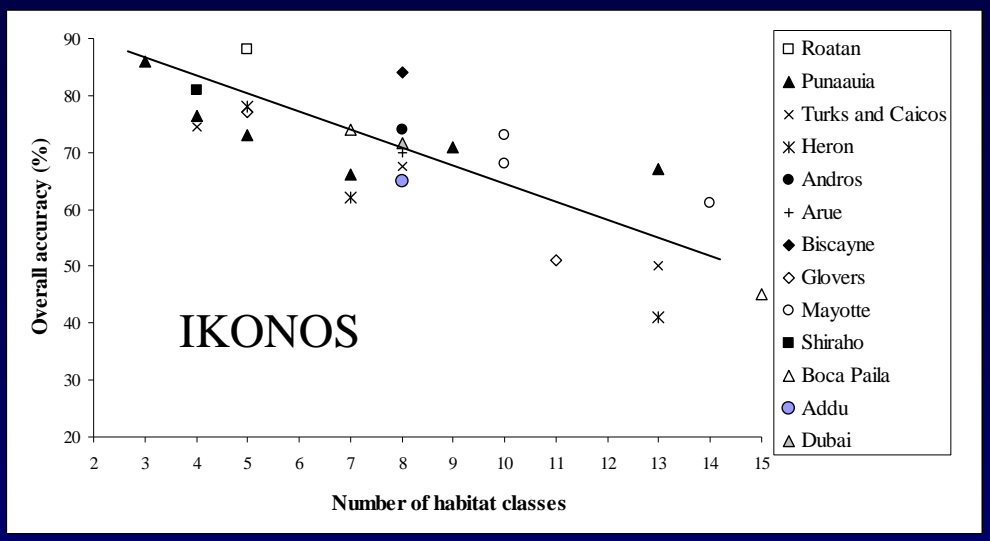
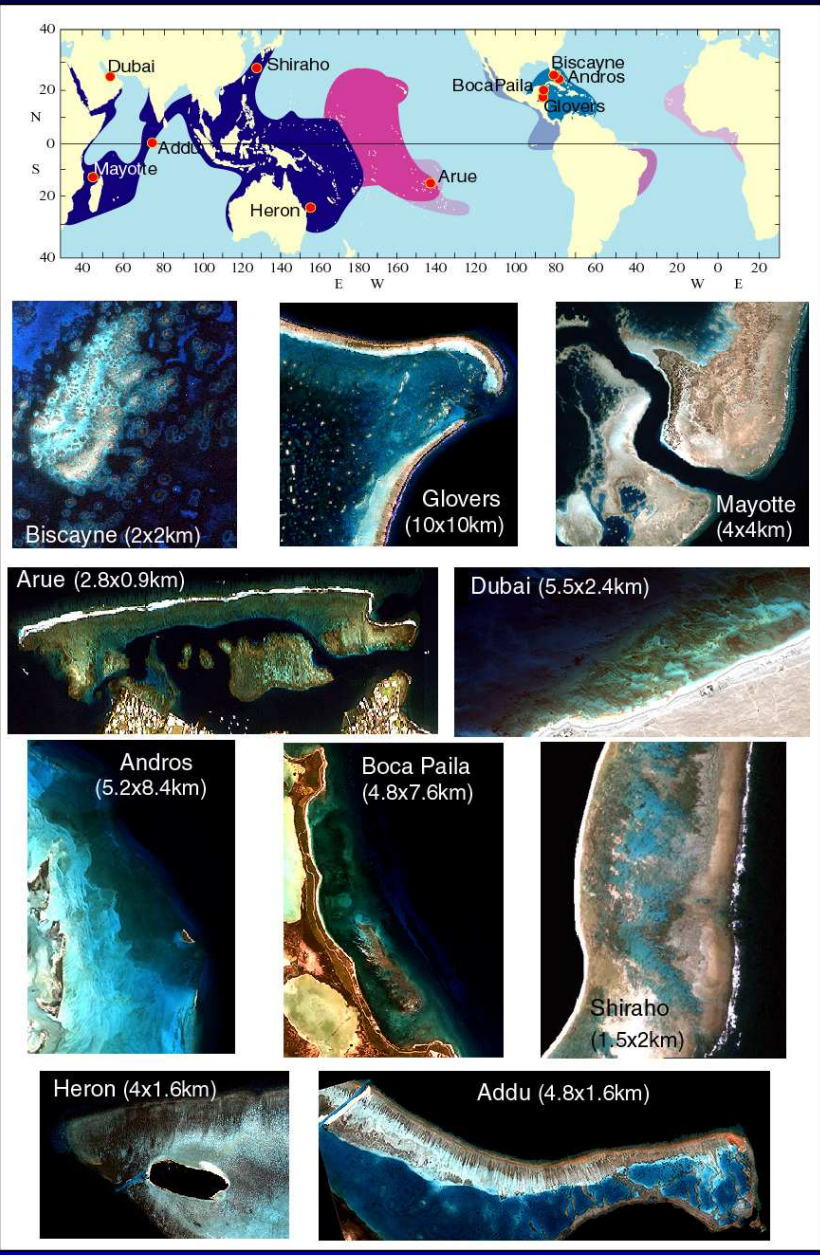




# Andréfouët et Dirberg 2006







Andréfouët et al. (2003)

Une haute précision (>90%) implique peu de classes (<20)....

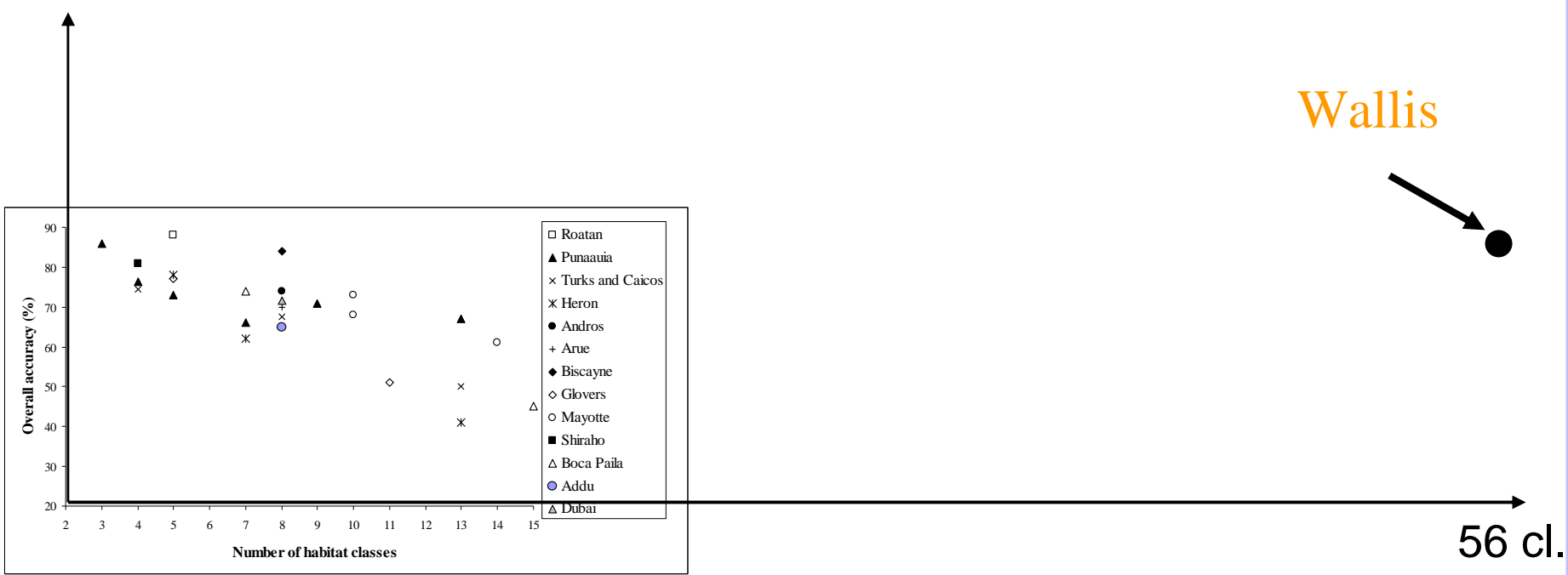


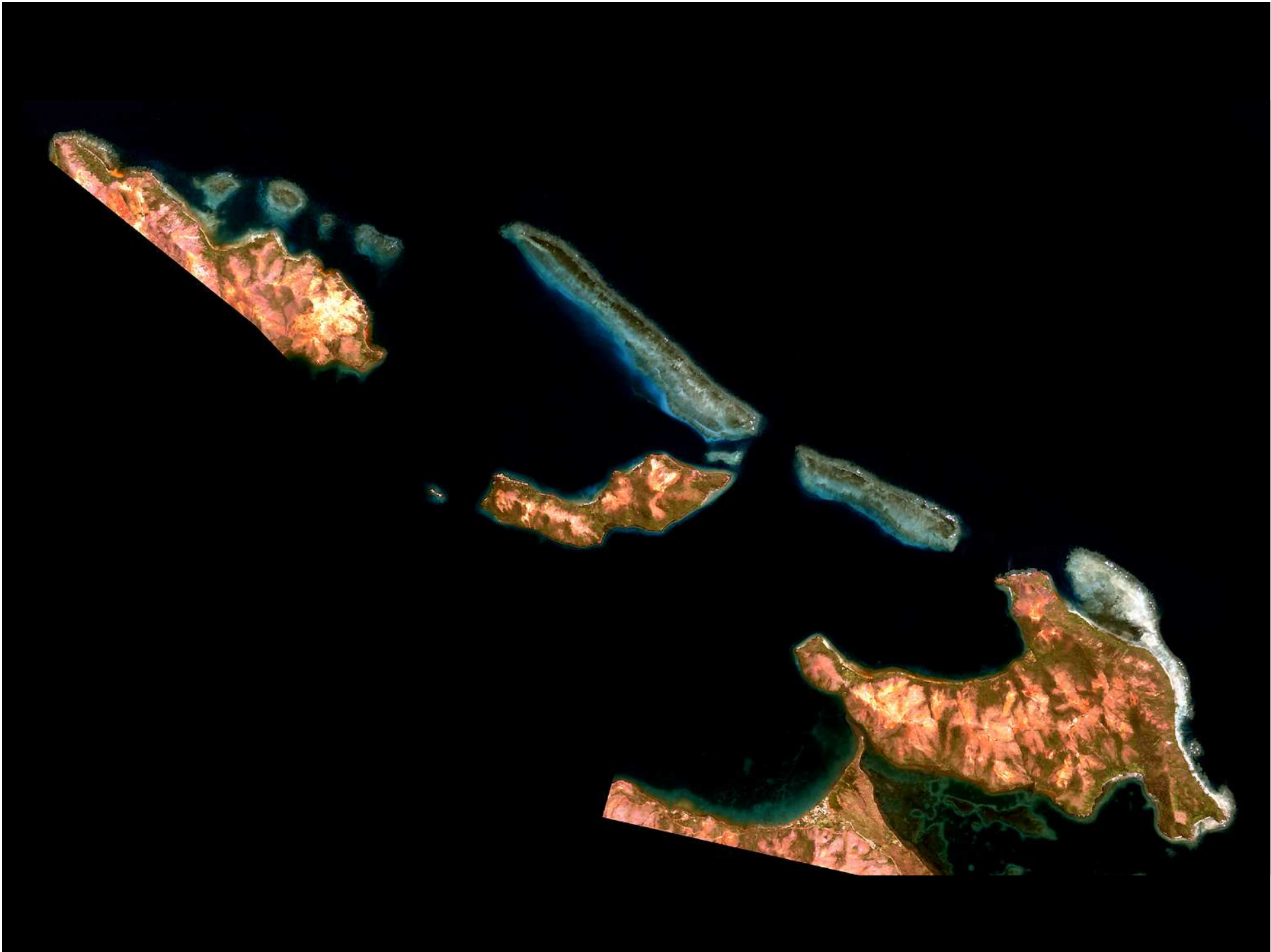
### PRODUCER'S FLOW CHART

1. Definition of thematic goal and area of interest
2. Selection of adequate remote sensing data (spatial and spectral resolutions)
3. Design of in situ statistically correct sampling scheme for ground truthing (training)
4. Field survey for training
5. Definition of the relevant habitat typology
6. Radiometric correction
7. Geometric correction
8. Atmospheric and sea surface correction
9. Water column correction of images (with or without depth data)
10. Classification of images (using ground-truth training information)
11. A posteriori contextual editing
12. Design of in situ sampling scheme for statistically correct accuracy assessment
13. Field survey for accuracy assessment
14. Accuracy assessment and validation
15. Raster-to-vector transformation for GIS applications

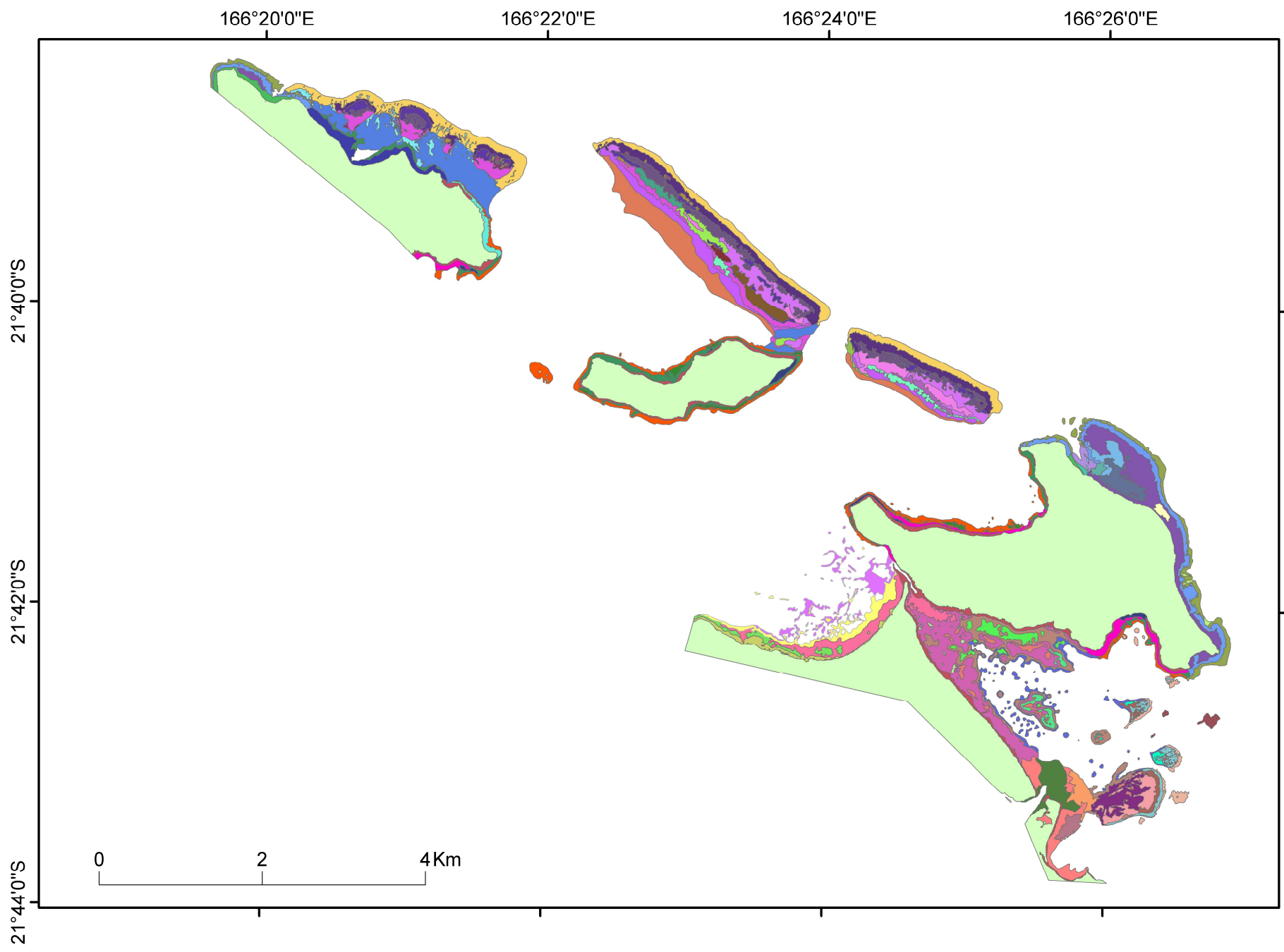
### USER'S FLOW CHART

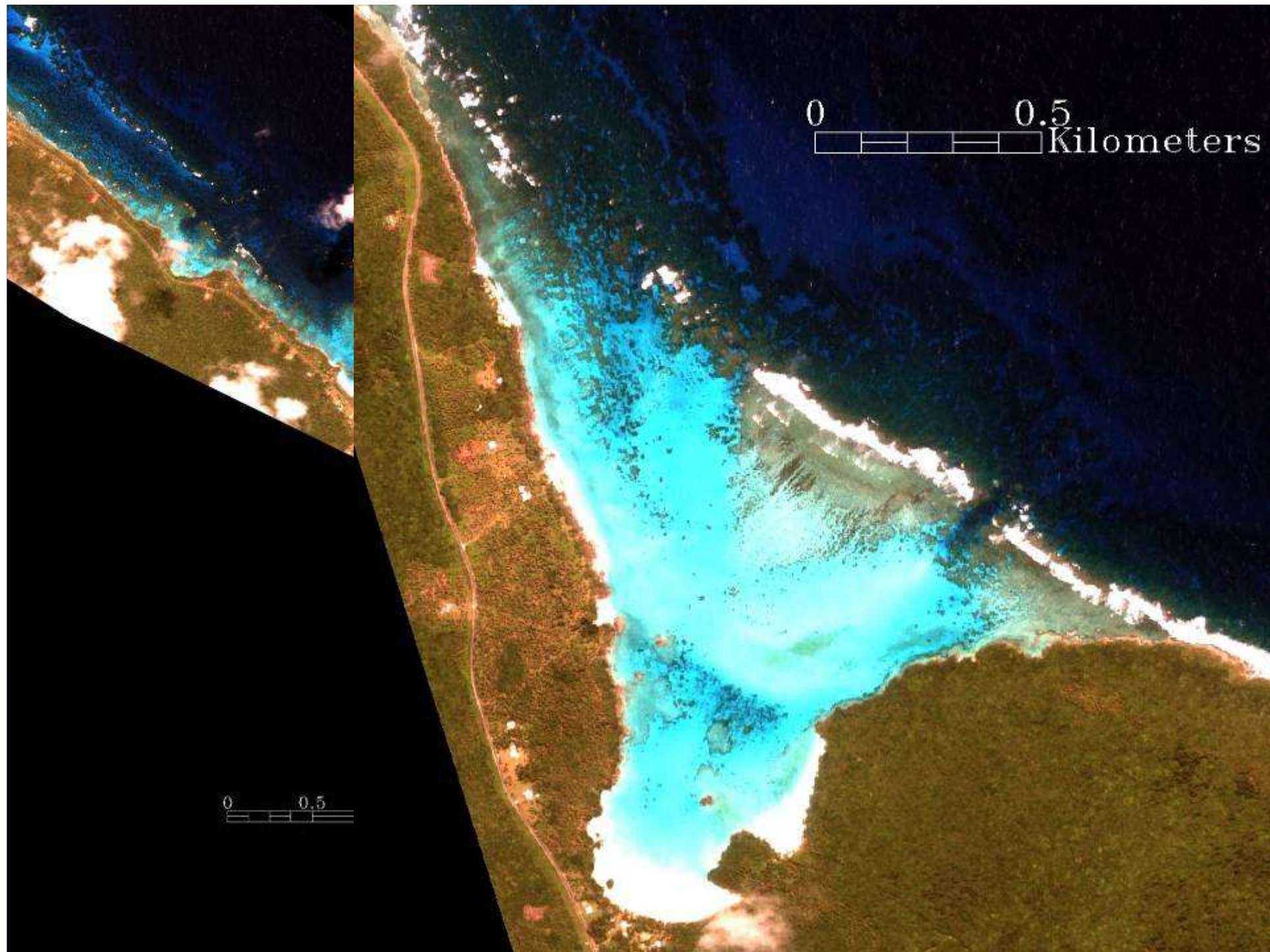
1. Definition of thematic goal and area of interest
2. Selection of adequate remote sensing data (spatial and spectral resolution)
3. Sea surface correction of images
4. Design of in situ sampling scheme for ground truthing (training & accuracy assessment)
5. Field survey for training and accuracy assessment and geometric correction of images
6. Definition of the relevant habitat typology
7. A priori contextual editing and segmentation
8. Classification of images in each segment
9. Merging of the different segments
10. Accuracy assessment and validation
11. Raster-to-vector transformation for GIS applications

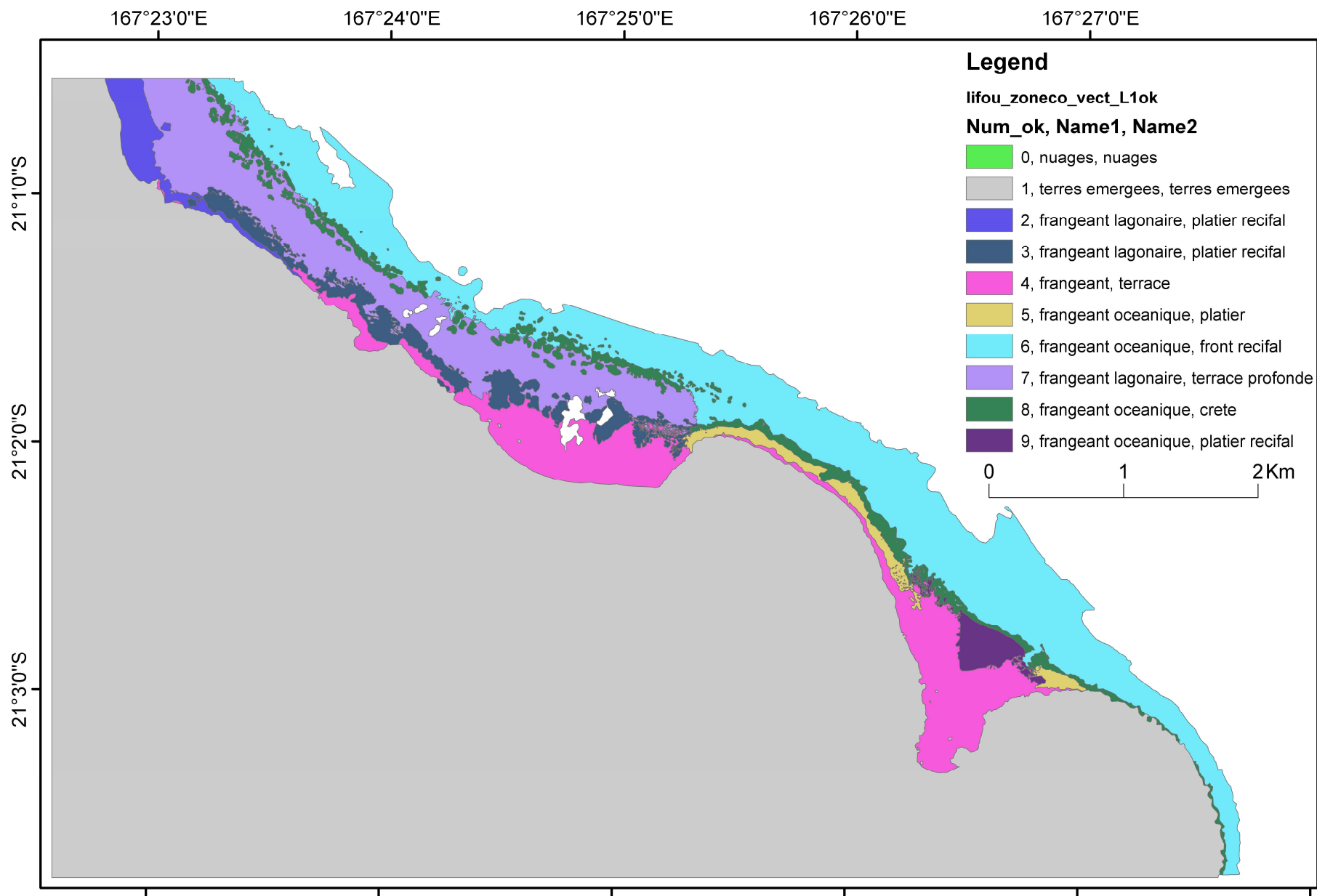




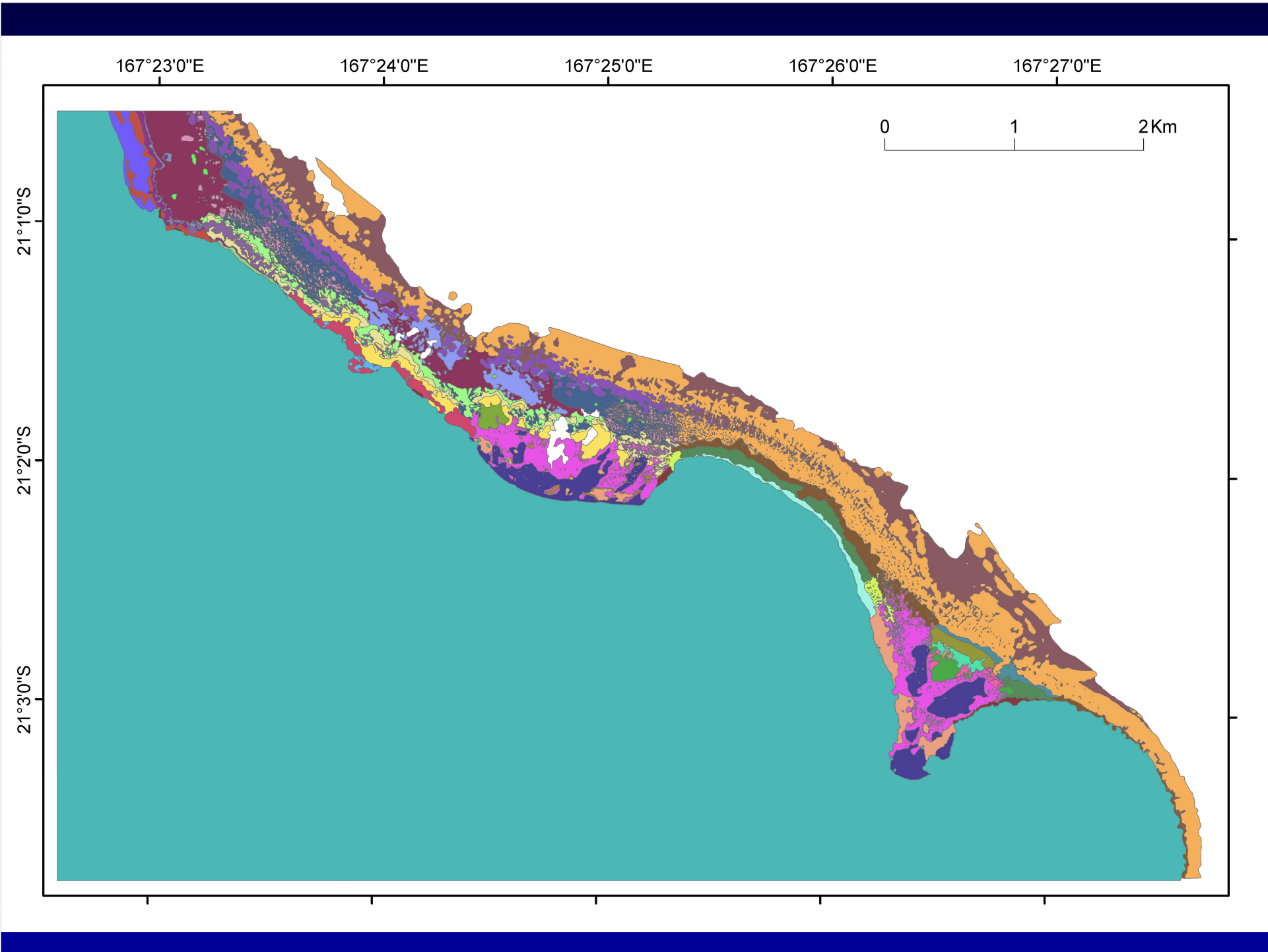








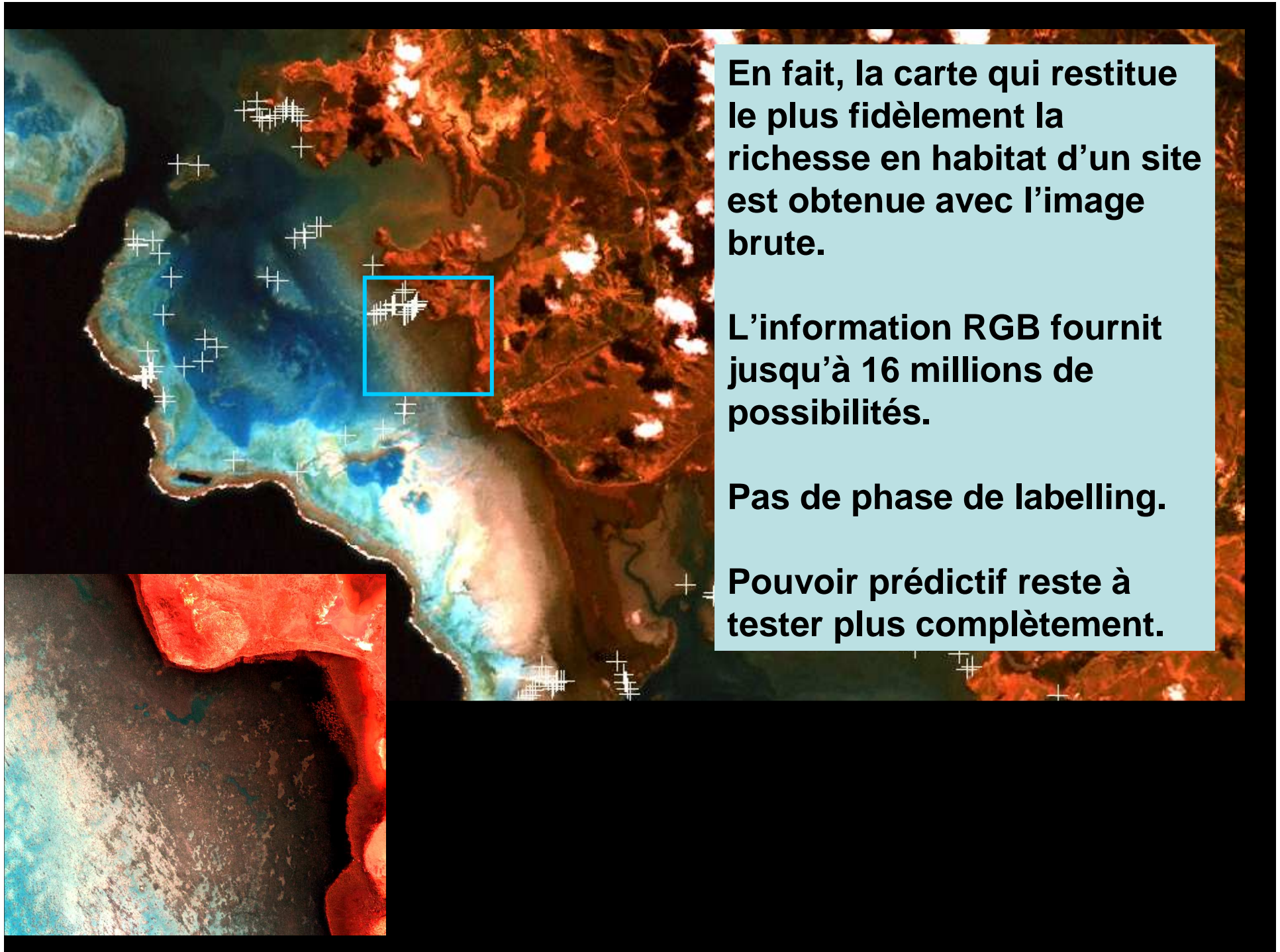




- Cartographie thématique précise (>50 habitats cartographiés pour une zone complexe) possible, mais pas de méthodes automatiques et rapides miracles.
- Utilisation des cartes d'habitats complexes: flop
- Tendances:
  - 2003: limitation de la richesse thématique en raison des méthodes de traitement d'images
  - 2006: augmentation drastique de la richesse thématique avec méthode adaptée
  - 2006-??: blocage du à l'impossibilité de valoriser ces cartes

- Applications (ZoNéCo ou non) montrent qu'en général:
  - On n'a pas besoin de toute cette richesse thématique, mais que de quelques habitats seulement (*applications en stock halieutique*)
  - On ne dispose pas d'assez de données biologiques in situ, aux échelles inférieures, pour exploiter la richesse thématique (stratification complexe impossible) (*applications en structuration de la biodiversité, relations poissons-habitats*)
- Toutefois, il reste intéressant d'utiliser la richesse en habitat pour certaines applications (*identification d'aires prioritaires de conservation*)
  - Variabilité des types d'habitats dans un voisinage donné constitue le paramètre le plus important
  - Indice de richesse ou de diversité d'habitats qui est utilisé
  - Ce n'est donc pas le label des classes qui est important, mais simplement que les classes soient différentes
  - Or, la partie coûteuse de la cartographie, c'est de mettre un label, de manière exacte



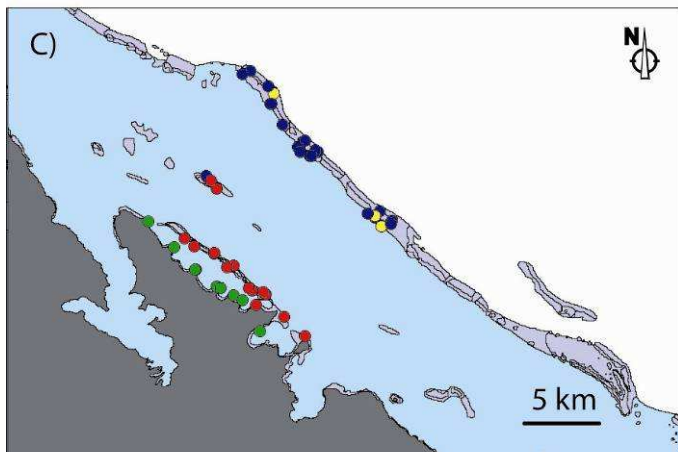
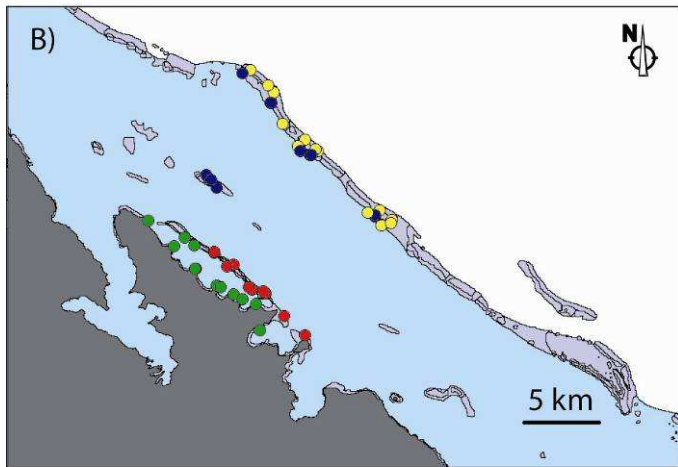
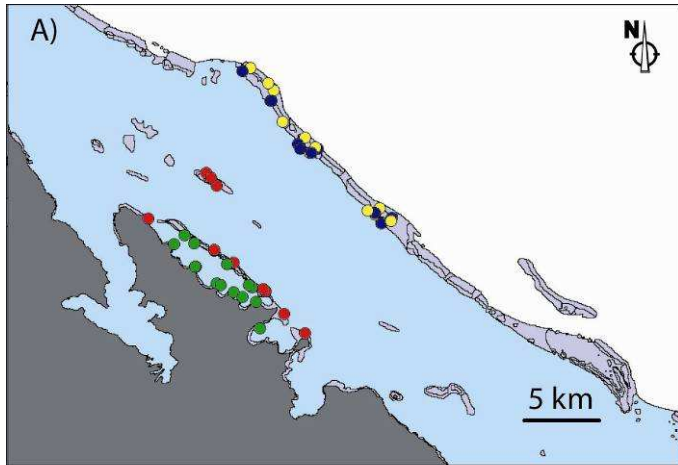


**En fait, la carte qui restitue le plus fidèlement la richesse en habitat d'un site est obtenue avec l'image brute.**

**L'information RGB fournit jusqu'à 16 millions de possibilités.**

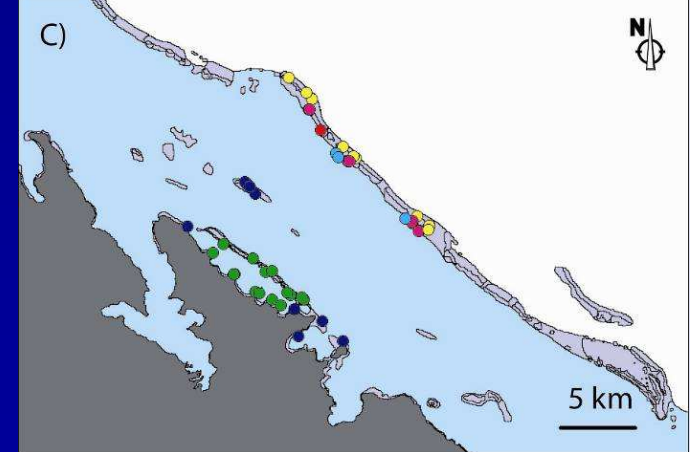
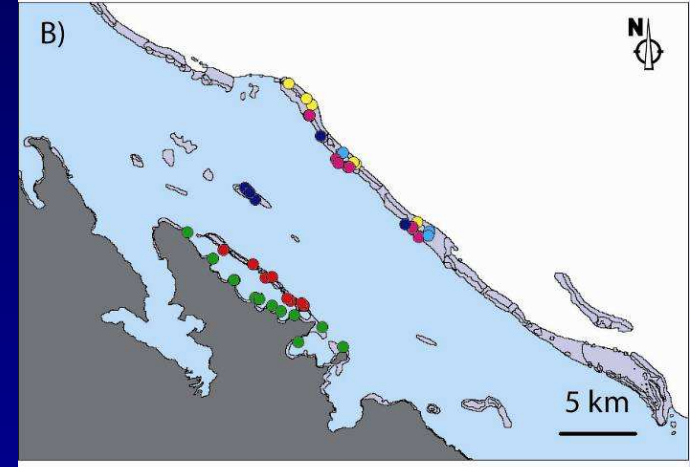
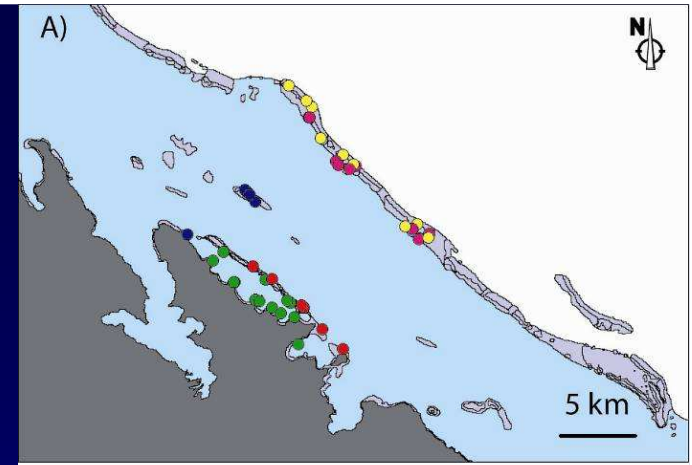
**Pas de phase de labelling.**

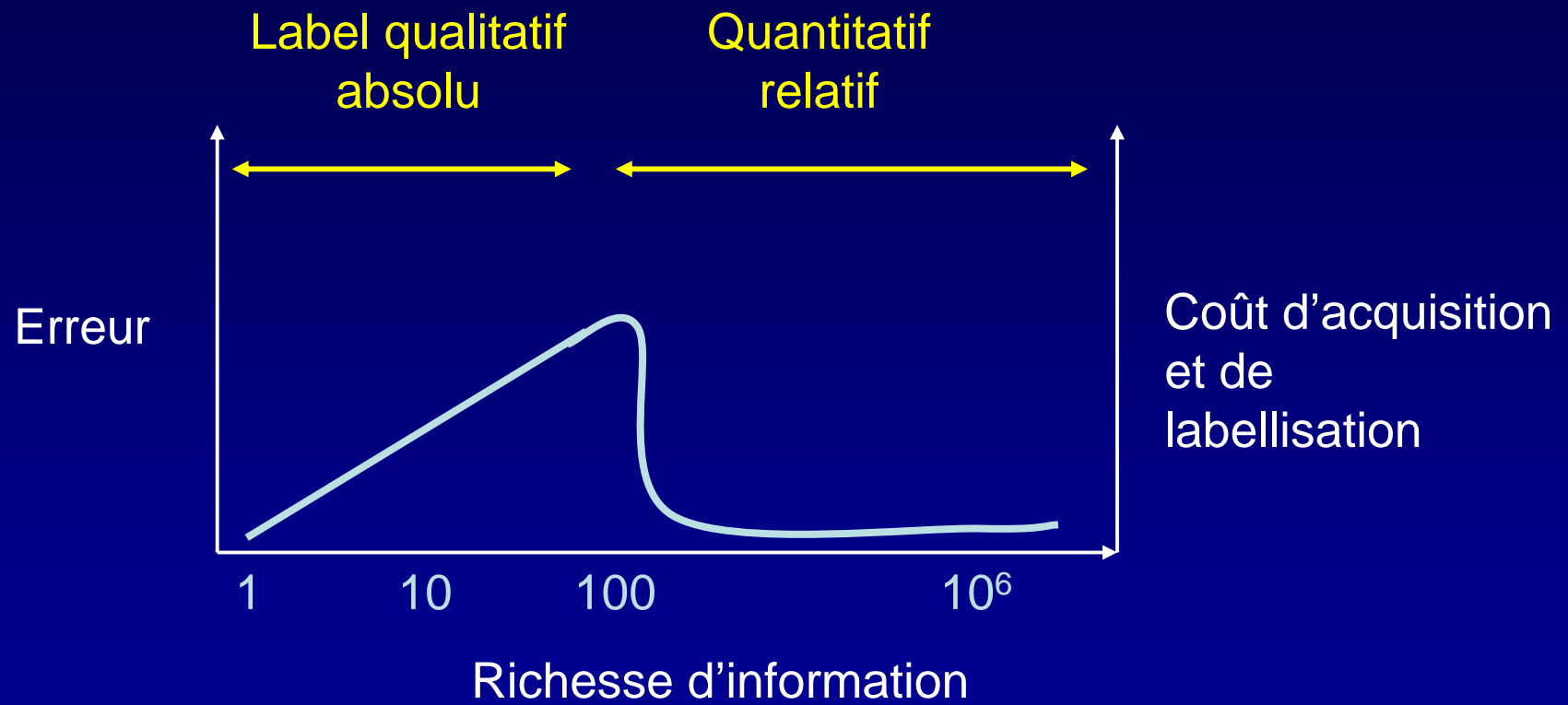
**Pouvoir prédictif reste à tester plus complètement.**



Comparaison des classifications des stations réalisées à partir des variables faunistiques (A), de l'ensemble des variables radiométriques (B) et d'un sous-ensemble de variables radiométriques ici la moyenne de Bleu (C) : exemple de Ouasse, classification en 4 classes réalisée à partir d'une image Landsat à un rayon de 300m.

Comparaison des classifications des stations réalisées à partir (A) des variables faunistiques, (B) de l'ensemble des classes géomorphologiques et (C) d'un sous-ensemble de classes géomorphologiques, ici classification en 6 classes réalisée à partir d'une cartographie L4 à un rayon de 700 m.







## Habitats caractérisés par des différences spectrales, sans labellisation

- Futur axe important de la recherche en biodiversité / télédétection récifale
- Intéressant pour de nombreuses applications
- Changement d'habitudes...production de cartes sans légendes (« barcoding d'images »)
- La poursuite de cartes d'habitats légendées de plus grande complexité possible n'est pas forcément la meilleure approche en terme de coût-efficacité

### PRODUCER'S FLOW CHART

1. Definition of thematic goal and area of interest
2. Selection of adequate remote sensing data (spatial and spectral resolutions)
3. Design of in situ statistically correct sampling scheme for ground truthing (training)
4. Field survey for training
5. Definition of the relevant habitat typology
6. Radiometric correction
7. Geometric correction
8. Atmospheric and sea surface correction
9. Water column correction of images (with or without depth data)
10. Classification of images (using ground-truth training information)
11. A posteriori contextual editing
12. Design of in situ sampling scheme for statistically correct accuracy assessment
13. Field survey for accuracy assessment
14. Accuracy assessment and validation
15. Raster-to-vector transformation for GIS applications

### USER'S FLOW CHART

1. Definition of thematic goal and area of interest
2. Selection of adequate remote sensing data (spatial and spectral resolution)
3. Sea surface correction of images
4. Design of in situ sampling scheme for ground truthing (training & accuracy assessment)
5. Field survey for training and accuracy assessment and geometric correction of images
6. Definition of the relevant habitat typology
7. A priori contextual editing and segmentation
8. Classification of images in each segment
9. Merging of the different segments
10. Accuracy assessment and validation
11. Raster-to-vector transformation for GIS applications

## Volet 3: Herbiers

A quelle précision thématique peut-on cartographier les herbiers peu profonds de Nouvelle-Calédonie par télédétection?

Quelle est la distribution de ces herbiers peu profonds et leurs surfaces ?

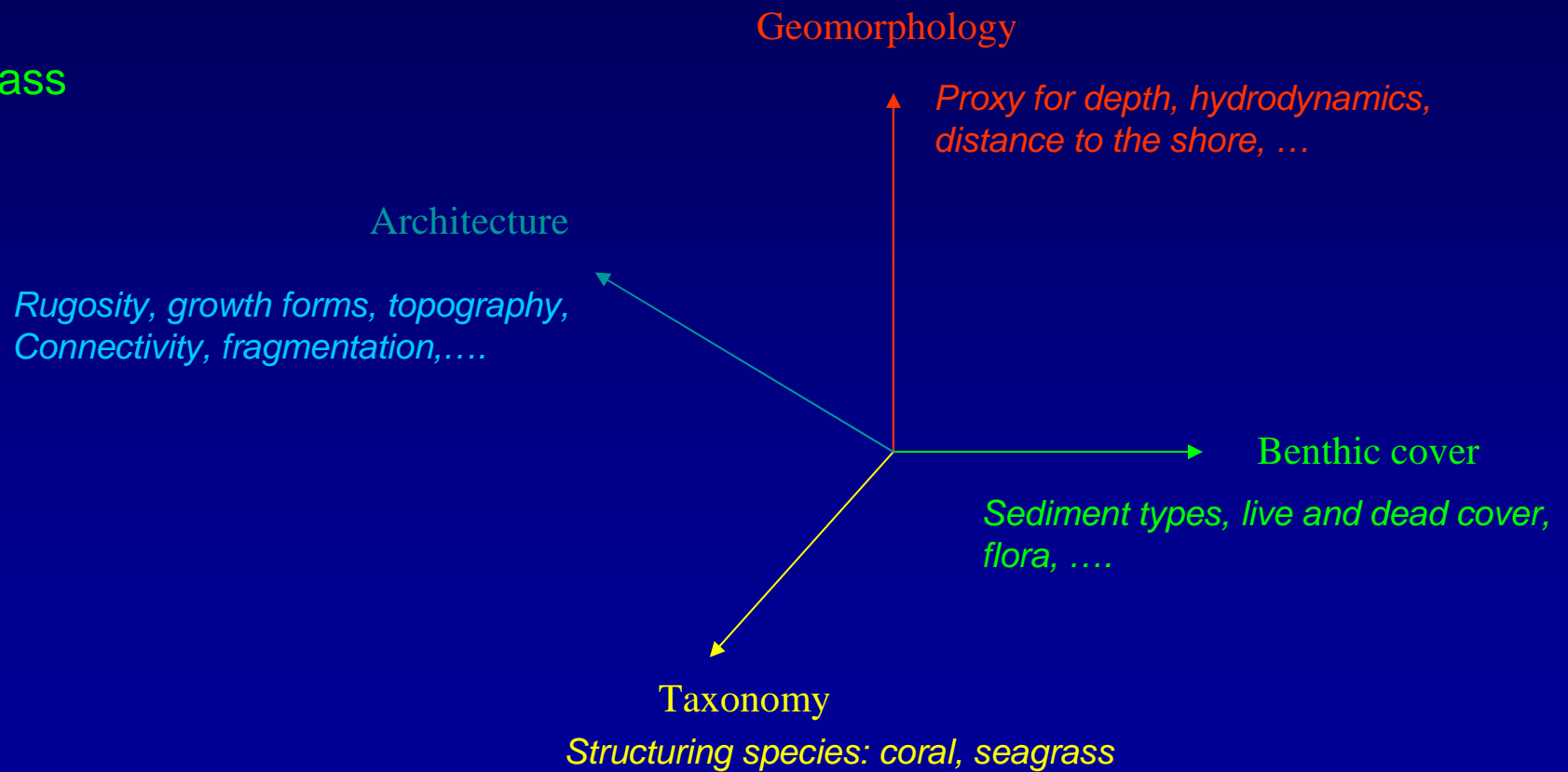


# Habitat

## habitant:

- Fish
- Invertebrate
- Coral
- Seagrass

## Habitat:



# Contexte

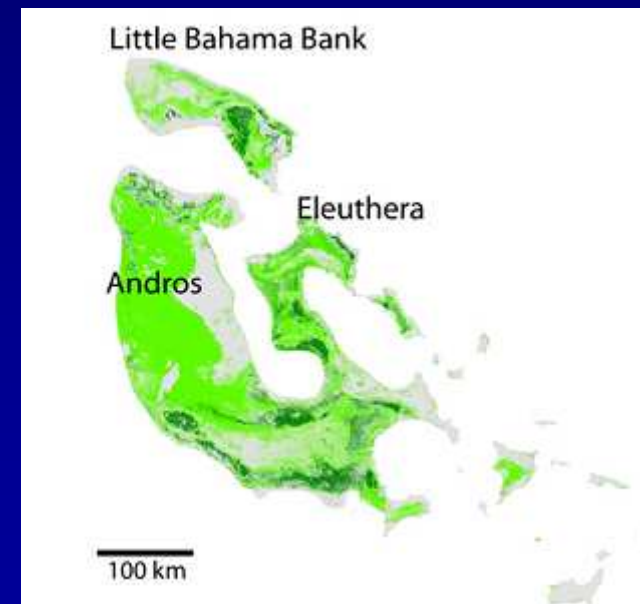
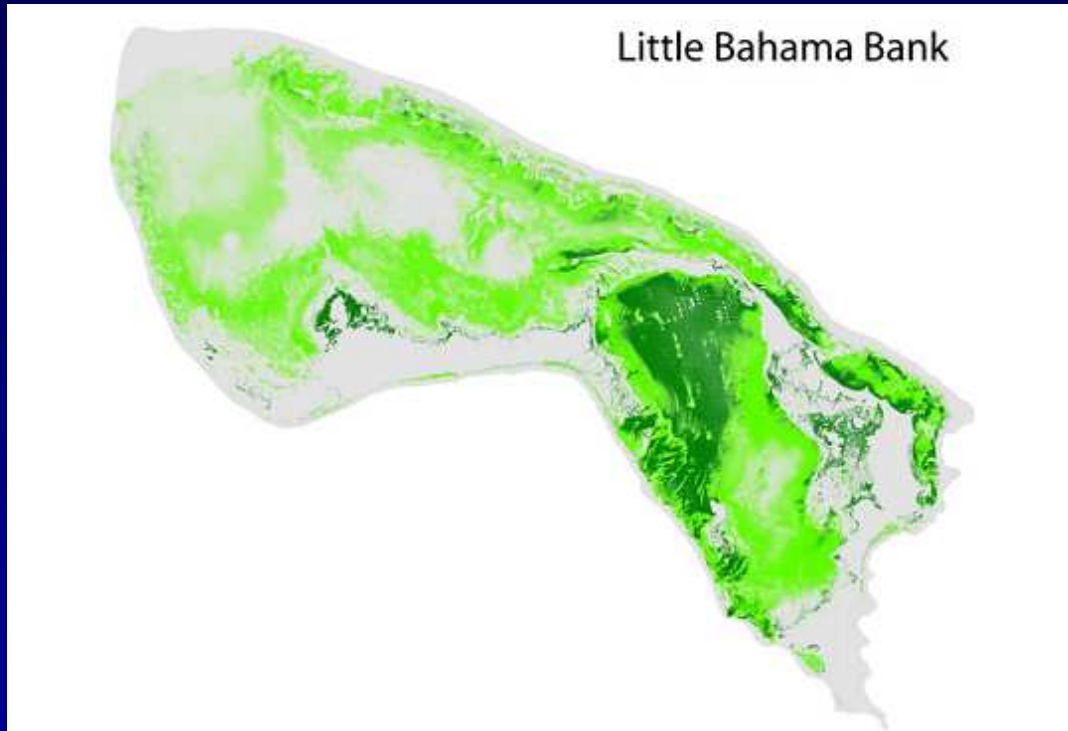
## Entre

Wabnitz, C., S. Andréfouët, D. Torres-Pulliza, F. Müller-Karger, and P. Kramer. 2008. Regional-scale seagrass habitat mapping in the Wider Caribbean region using Landsat sensors: applications to conservation and ecology *Remote Sensing of Environment* **112**:3455-3467.

## Et

Phinn, S. R., C. Roelfsema, A. Dekker, V. Brando, and J. Anstee. 2008. Mapping seagrass species, cover and biomass in shallow waters: an assessment of satellite multi-spectral and airborne hyper-spectral imaging systems in Moreton Bay (Australia). *Remote Sensing of Environment* **112**:3413-3425.

Cartographie régionale (Caraïbes) avec imagerie Landsat  
Pas de vérité terrain  
Vérité terrain "virtuelle" avec imagerie Quickbird et par la littérature  
2 classes d'herbiers (densité)



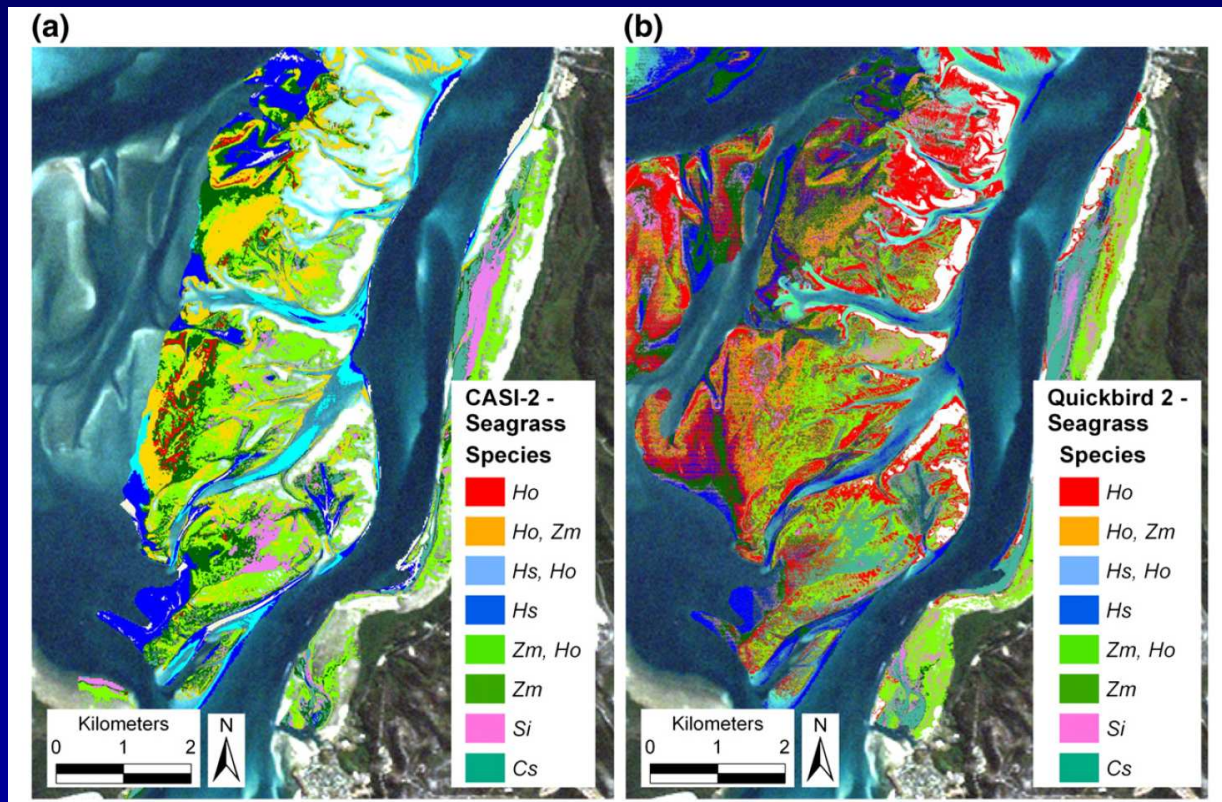
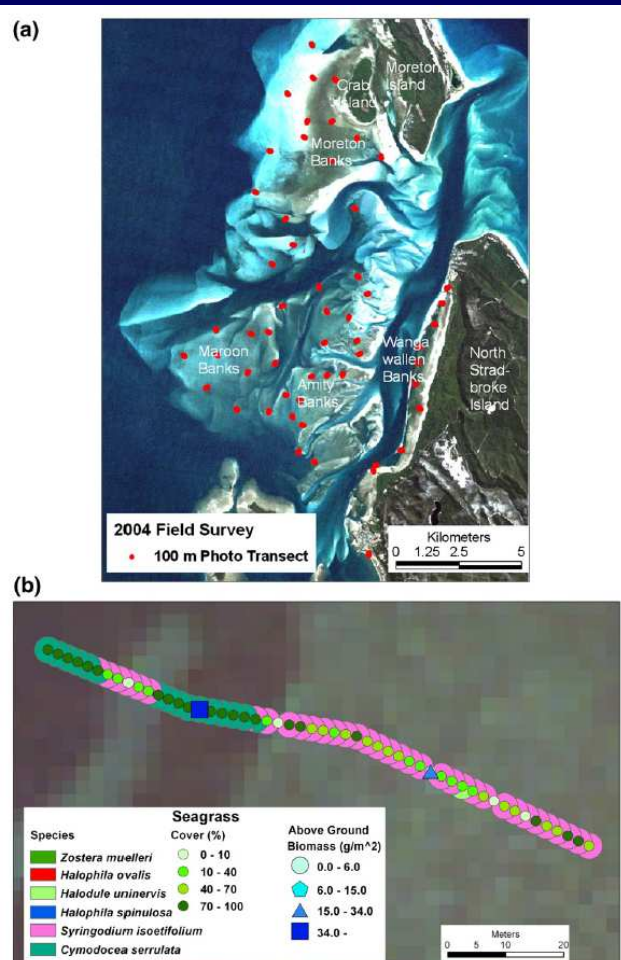
Précision variable 46% to 88% (moyenne = 68%);  
Mais erreurs sont entre les 2 classes d'herbiers  
Cartes plus utiles que ce que les taux d'erreurs pourraient  
indiquer

Wabnitz et al. (2008)

Small targeted area: >>1 Landsat Path-row  
 Producer-oriented project (sensor and method evaluation)  
 Specific detailed ground truth data  
 Multi-sensor study

Phinn et al. (2008)

- Very high thematic resolution (species, biomass, cover...)
- Overall accuracy values: 46% to 70%





# Contexte NC

- 5 Landsat images pour couvrir le domaine
- Demi-douzaines d'image Quickbird pour quelques sites sélectionnés
- Vérité terrain possible

# Evolution du sujet initial

- Initialement (2004-2005):
  - Apprentissage et typologie d'herbier calé d'après 3 sites initiaux (Balabio, Koné, Lagon Sud-Ouest) décrits en taxonomie, couverture, biomasse
  - Généralisation des résultats avec des images Landsat
- Constat que 3 sites sont insuffisants
- Passage à une approche hiérarchique intégrale sur la NC (2005-2008), basée d'abord sur la taxonomie des assemblages



Balabio-Pam

Kone

Southwest Lagoon

# Observations *in situ* quantitatives

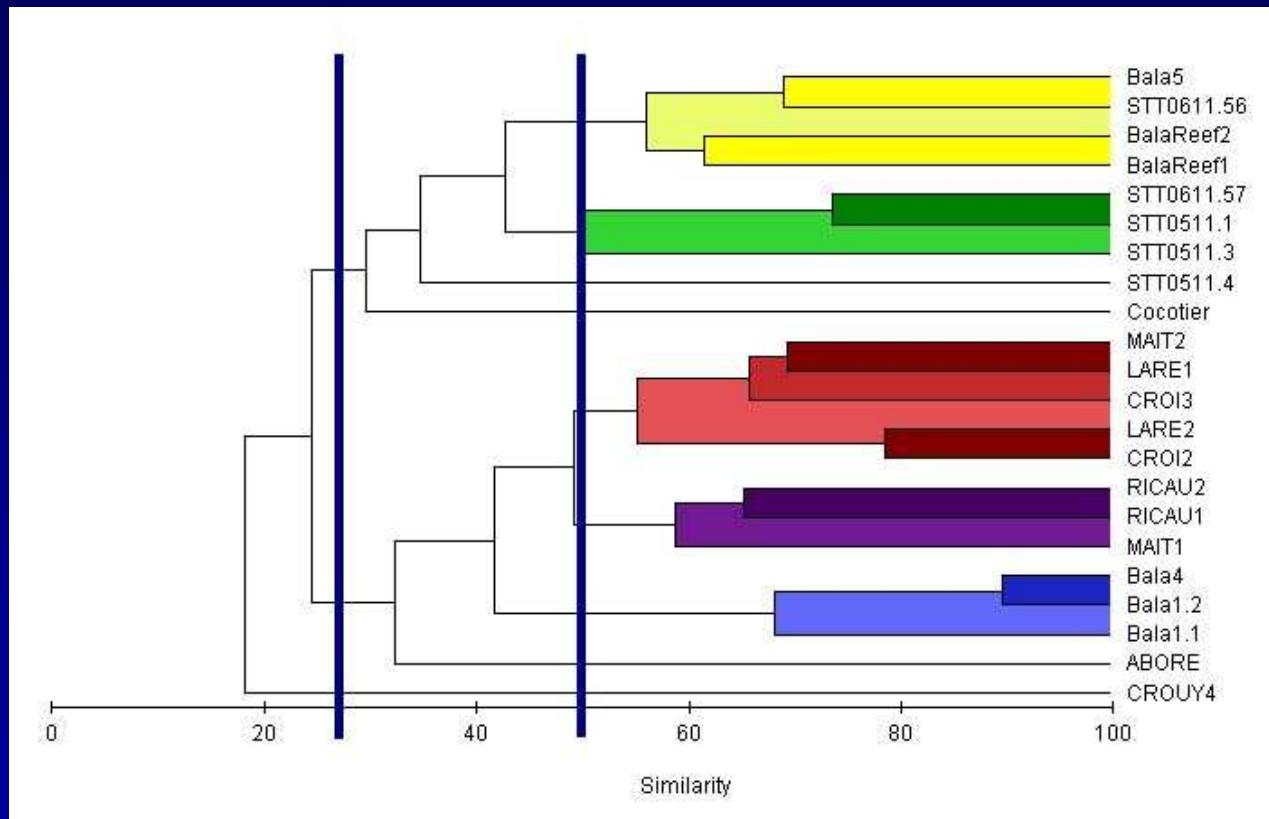
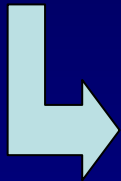
- Quantitative observations:
  - 22 sites (4 replicates /site) for the design of the typology
  - Biomass (quadrats) and cover (transects)
  - Floral composition and contribution to the biomass
  - Diversity index (Shannon)
- Qualitative observations :
  - several hundreds, for maps' accuracy assessment
  - Rapid observation of the type of beds, dominant species and cover





# Typologie d'herbiers

- Diversité
- Couverture
- Biomasse



Scamps (2005)

# Approche hiérarchique

- Unique, pas d'équivalent mondial
- Contexte et représentativité explicite d'un niveau à l'autre

Liste d'espèces (11)

Typologie d'herbiers exhaustive / In situ (29)

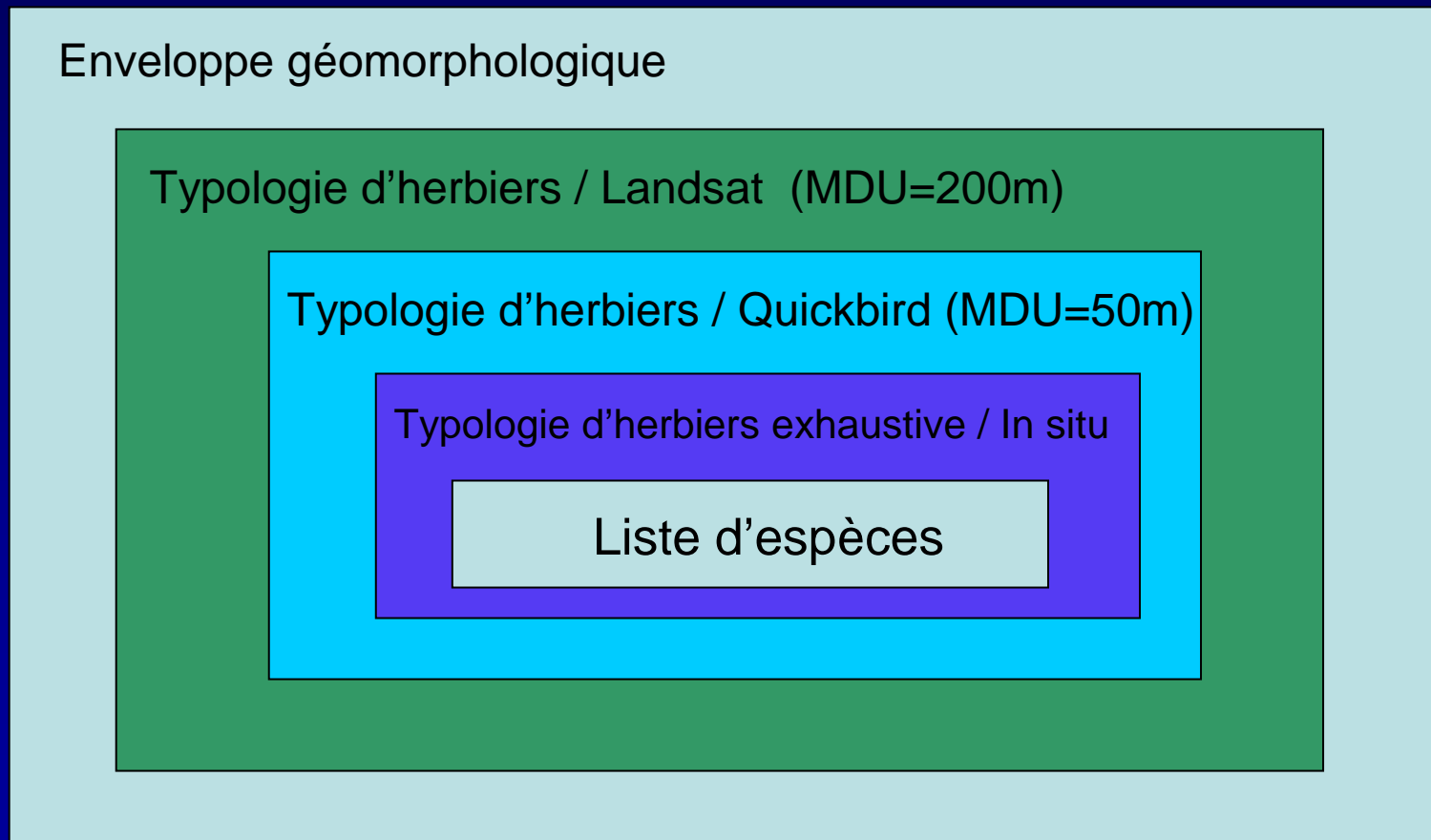
Typologie d'herbiers / Quickbird (6)

Typologie d'herbiers / Landsat (3)

Enveloppe  
géomorphologique

# Approche hiérarchique

- Couverture spatiale



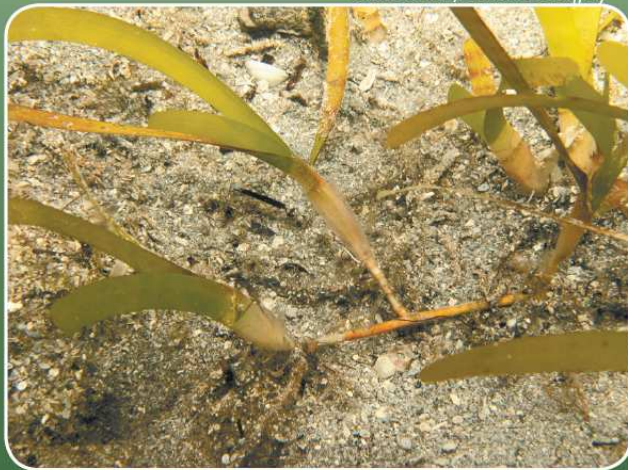
Genre : *Cymodocea*  
Espèce : *serrulata*

PH2

P  
O  
T  
A  
M  
O  
G  
E  
T  
O  
N  
A  
C  
E  
A  
E



Cliché © IRD/Catherine Geoffroy

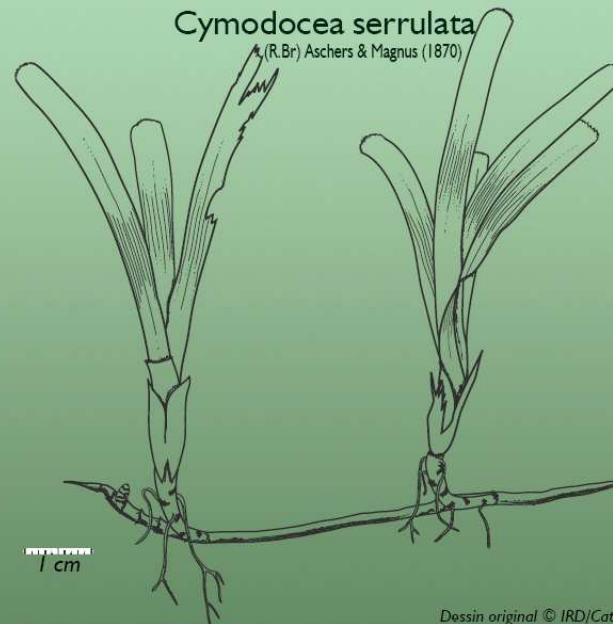


Cliché © IRD/Jean-Louis Menou

Espèce commune, abondante à très abondante sur les franges littorales sableuses et autour des îlots, de 0 à 10 m de profondeur.

*Cymodocea serrulata*

(R.Br) Aschers & Magnus (1870)



Dessin original © IRD/Catherine Geoffroy

Plante au rhizome herbacé lisse et robuste produisant à chaque noeud des racines fibreuses et ramifiées et une tige courte dressée portant 2 à 5 feuilles. Les feuilles en lanière sont souvent incurvées, 5 à 9 mm de large et jusqu'à 15 cm de long avec 13 à 17 nervures longitudinales; la ligule mesure 1 mm de haut. L'extrémité de la feuille est obtuse et dentée. Les cellules à tanin forment des tâches sombres circulaires.

La gaine translucide et pourpre a une forme triangulaire rétrécie à la base. A sa chute elle laisse une cicatrice qui n'entoure pas complètement la tige. Elle peut être confondue avec *Cymodocea rotundata* et *Thalassia hemprechii*. L'examen du sommet de feuilles, des cicatrices foliaires, du rhizome et l'absence de ligule chez la dernière lève toute ambiguïté.

En Nouvelle-Calédonie, *Cymodocea serrulata* est généralement associée aux autres espèces.

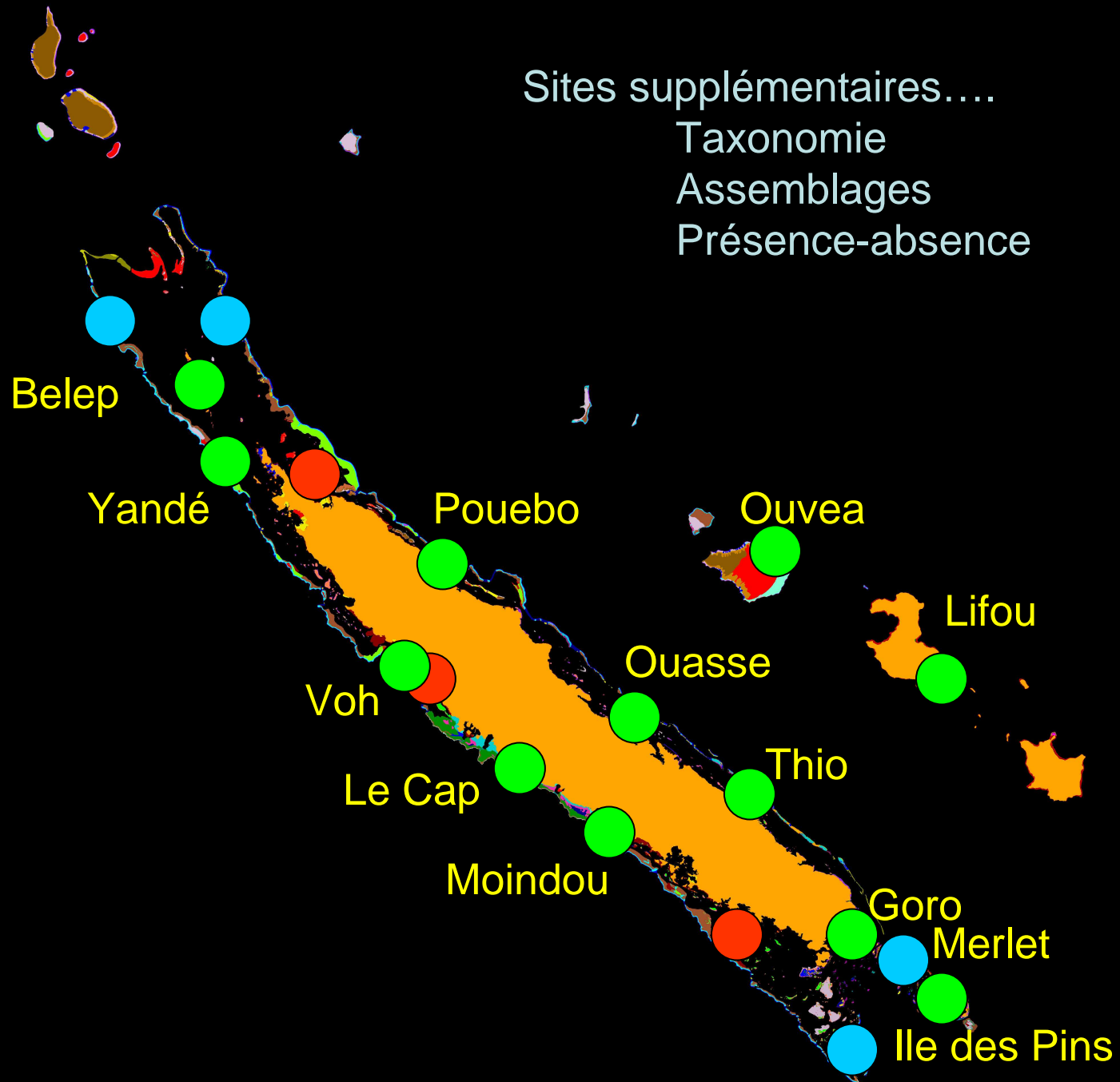


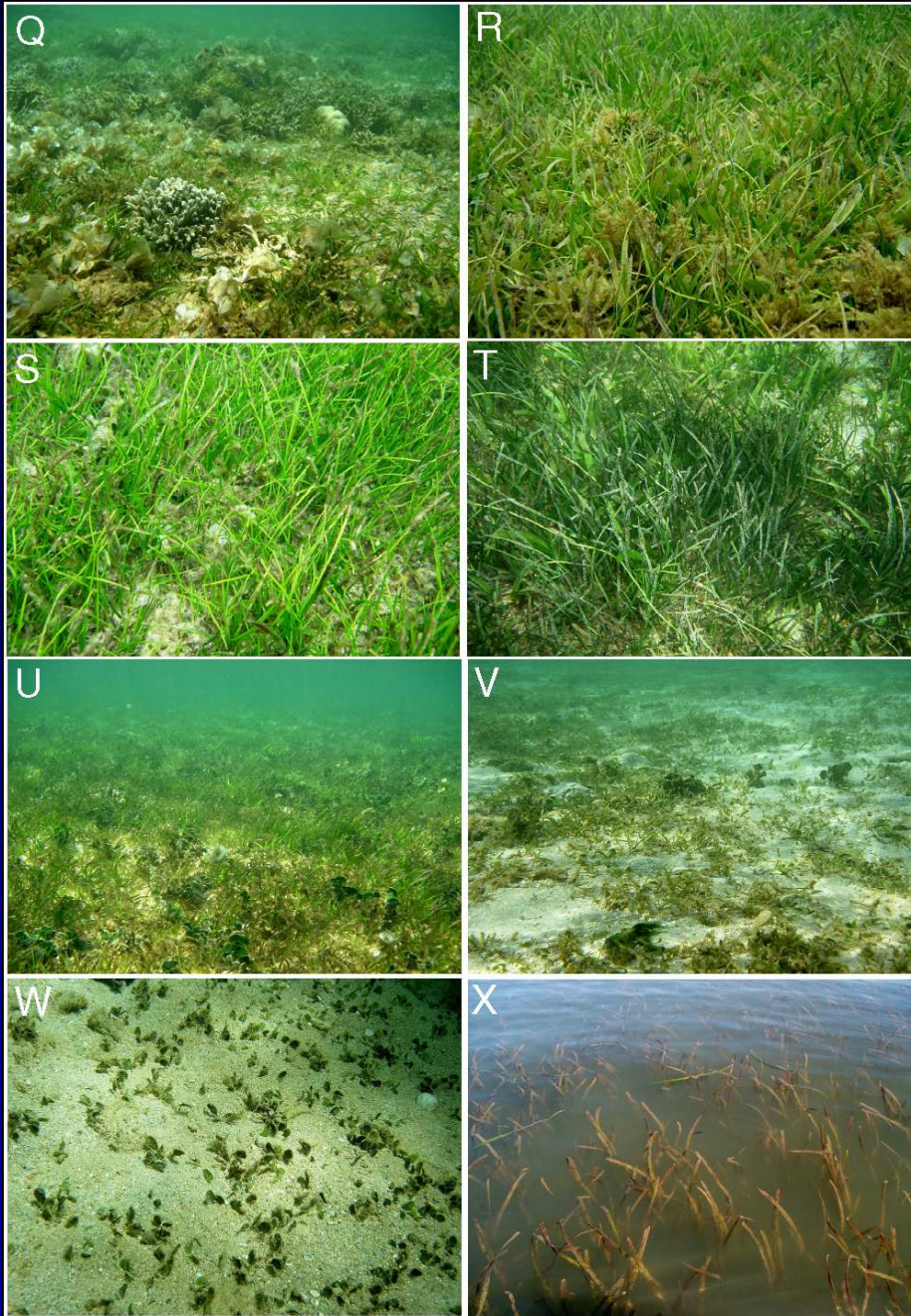
Sites supplémentaires....

Taxonomie

Assemblages

Présence-absence





**10 shallow species:**

*Halodule uninervis*

*Halodule pinifolia*

*Cymodocea serrulata*

*Cymodocea rotundata*

*Syringodium isoetifolium*

*Thalassia hemprichii*

*Enhalus acoroides*

*Halophila decipiens*

*Halophila minor*

*Halophila ovalis*

(+ *Halophila capricorni*)

**Dominant seagrass species**

*Halodule uninervis*  
*Halodule uninervis*  
*Halodule uninervis*  
*Halodule uninervis* and *Cymodocea serrulata*  
*Halodule uninervis* and *Cymodocea serrulata*  
*Halodule uninervis* and *Cymodocea serrulata*  
*Halodule uninervis* and *Cymodocea serrulata*  
*Halodule uninervis*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*

*Thalassia hemprichii*  
*Thalassia hemprichii*  
*Thalassia hemprichii*  
*Thalassia hemprichii* and *Enhalus acoroides*  
*Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata* and *Halodule uninervis*  
*Thalassia hemprichii*, *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata* and *Halodule uninervis*

*Enhalus acoroides*  
*Enhalus acoroides*

*Cymodocea serrulata*  
*Cymodocea serrulata*  
*Cymodocea serrulata* and *Syringodium isoetifolium*  
*Cymodocea serrulata* and *Syringodium isoetifolium*  
*Cymodocea serrulata* and *Halodule uninervis*  
*Cymodocea serrulata* and *Thalassia hemprichii*

*Cymodocea rotundata* and *Syringodium isoetifolium*  
*Cymodocea rotundata*

*Syringodium isoetifolium*  
*Syringodium isoetifolium*

*Halophila ovalis*

**No dominance**

*Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*  
*Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis*

**Companion seagrass species**

*Halophila ovalis* and *H. minor*  
*Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis* and *Thalassia hemprichii*  
*Cymodocea rotundata*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis* and *Thalassia hemprichii*  
*Syringodium isoetifolium*  
*Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis*  
*Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis* and *Thalassia hemprichii*  
*Halophila ovalis*

*Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides* and rare *Halophila* spp.  
*Cymodocea rotundata* and *Halophila ovalis*  
*Cymodocea rotundata* and rare *Syringodium isoetifolium*  
*Cymodocea serrulata* and *Syringodium isoetifolium*, and rare *Cymodocea rotundata*  
*Syringodium isoetifolium*, and *Halophila* spp  
*Halophila* spp and rare *Syringodium isoetifolium*.

rare *Halophila* spp and *Halodule pinifolia*  
rare *Thalassia hemprichii*, *Halophila* spp

*Halodule uninervis*  
*Halodule uninervis*  
*Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*  
*Syringodium isoetifolium*  
*Syringodium isoetifolium*, *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis* and *Halodule uninervis*

*Thalassia hemprichii*  
*Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis* and *Halodule uninervis*

rare *Halodule uninervis*

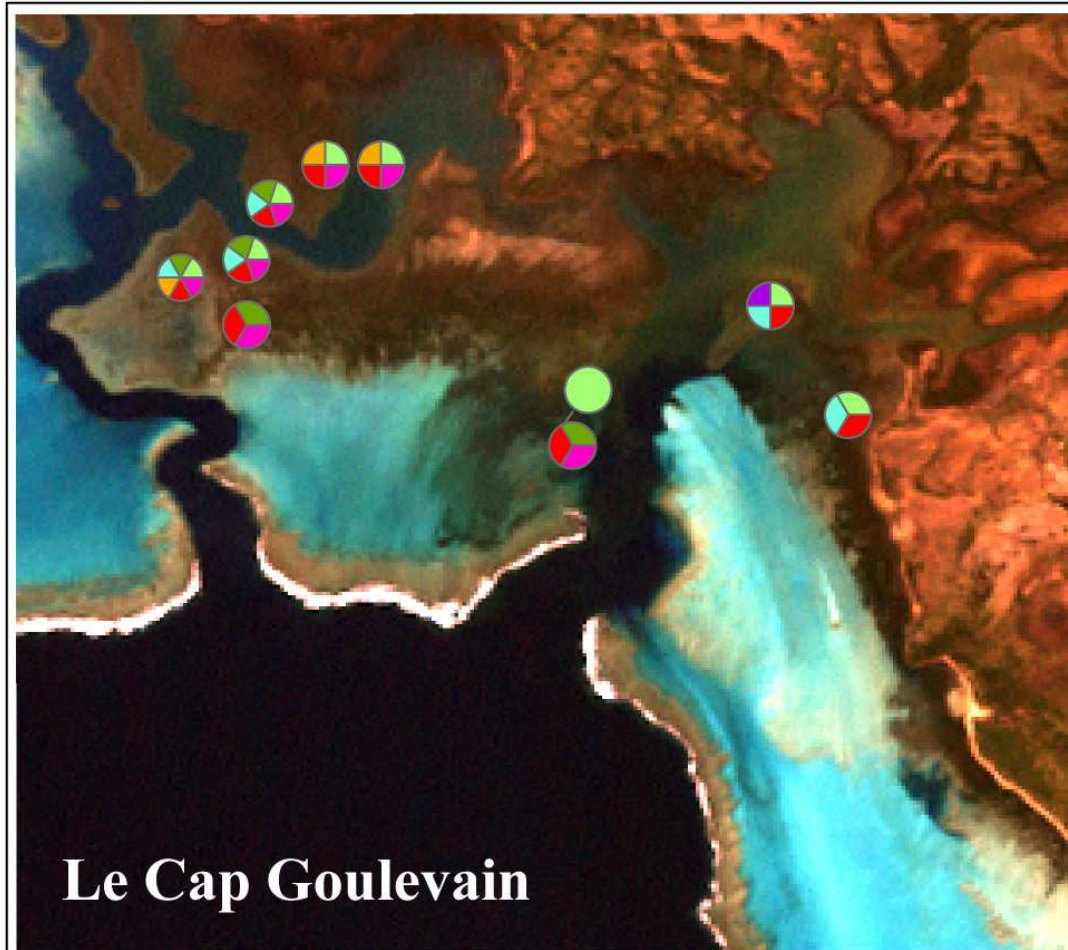
**Seagrass species count**

1  
3  
5  
6  
3  
4  
5  
4  
4  
3  
3  
5  
5  
6  
3  
5  
1  
1  
2  
3  
3

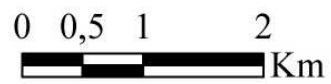
# Typologie: 29 assemblages différents

Andréfouët et al. (in prep.)





## Le Cap Goulevain

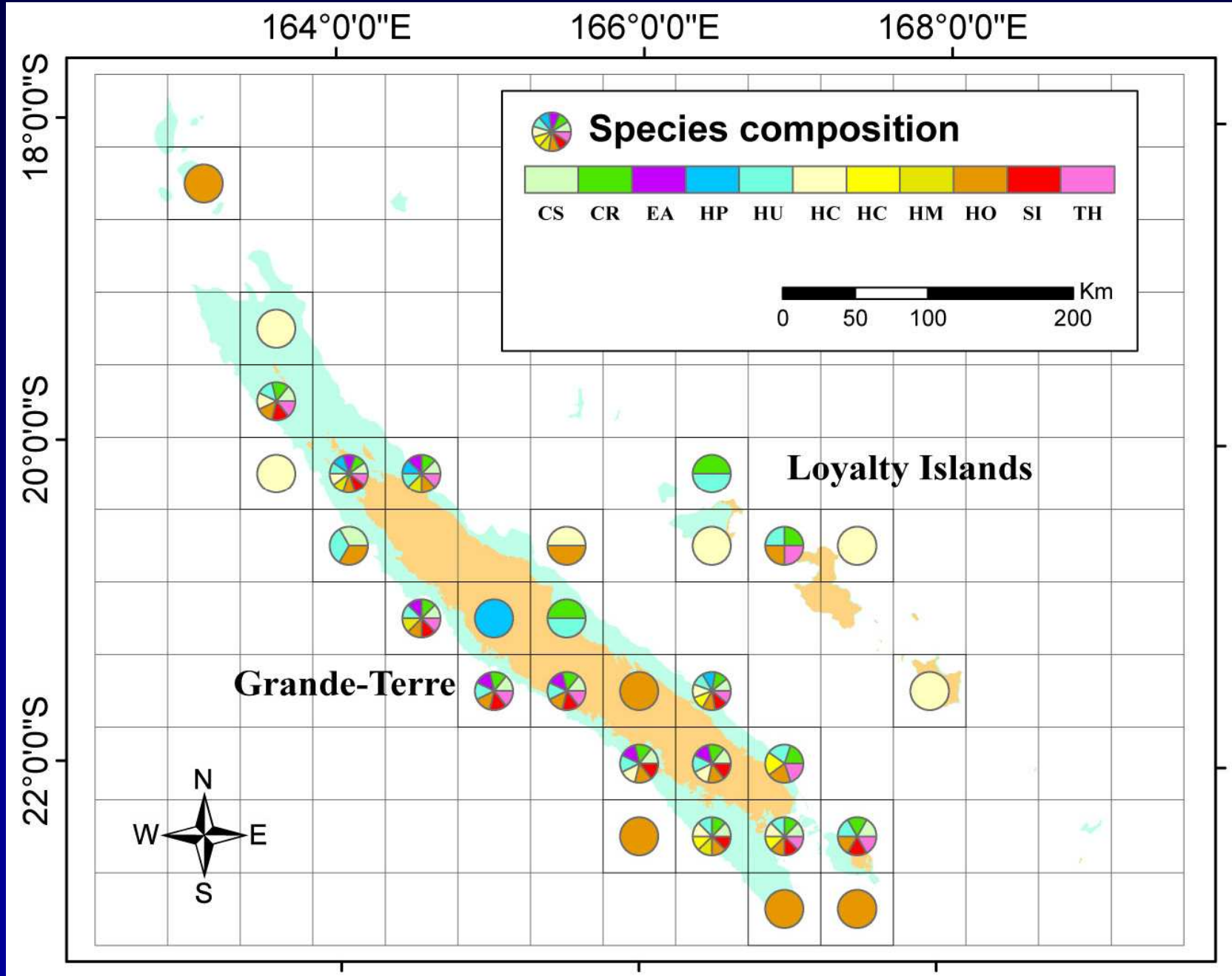


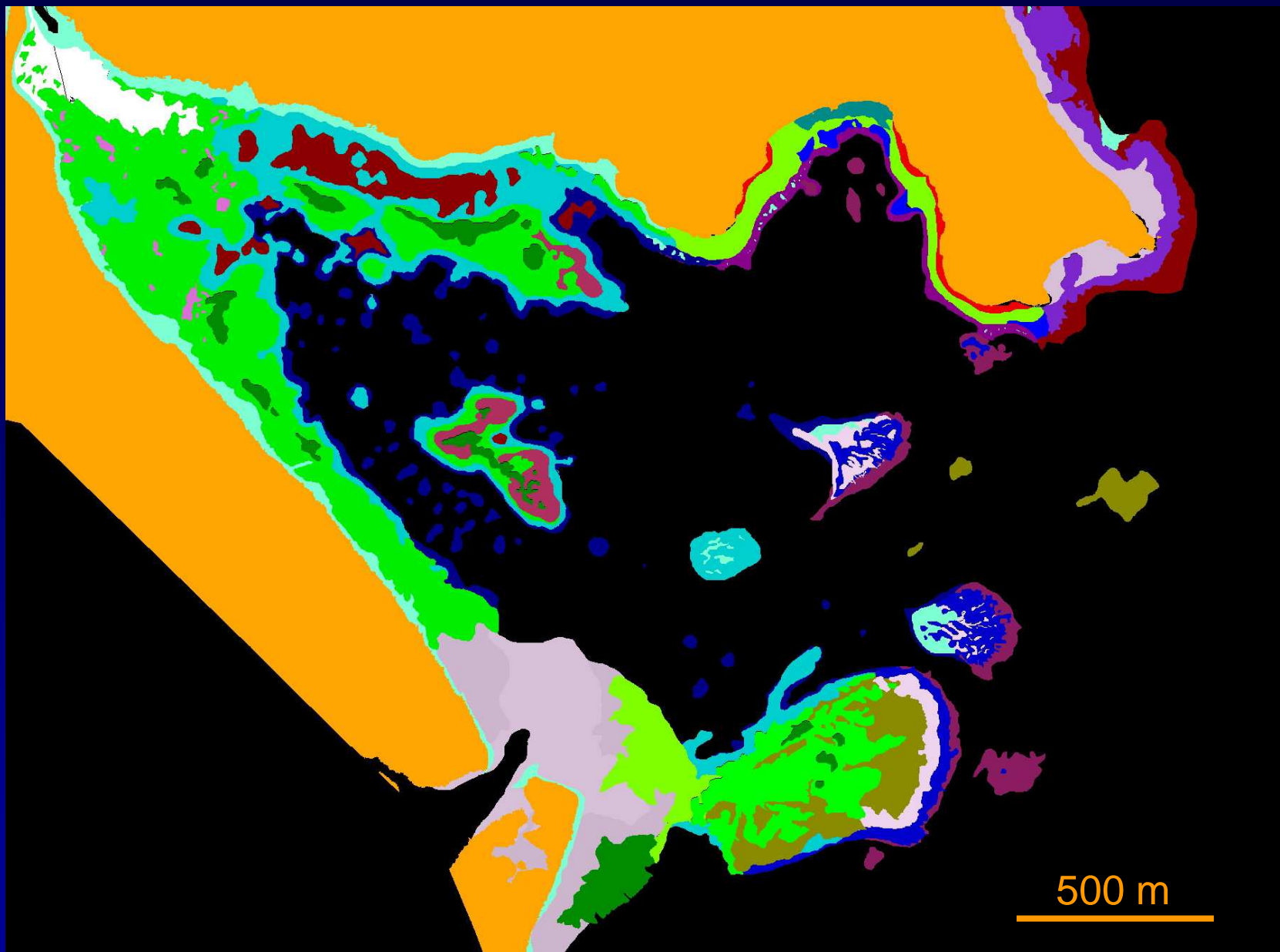
### Species composition



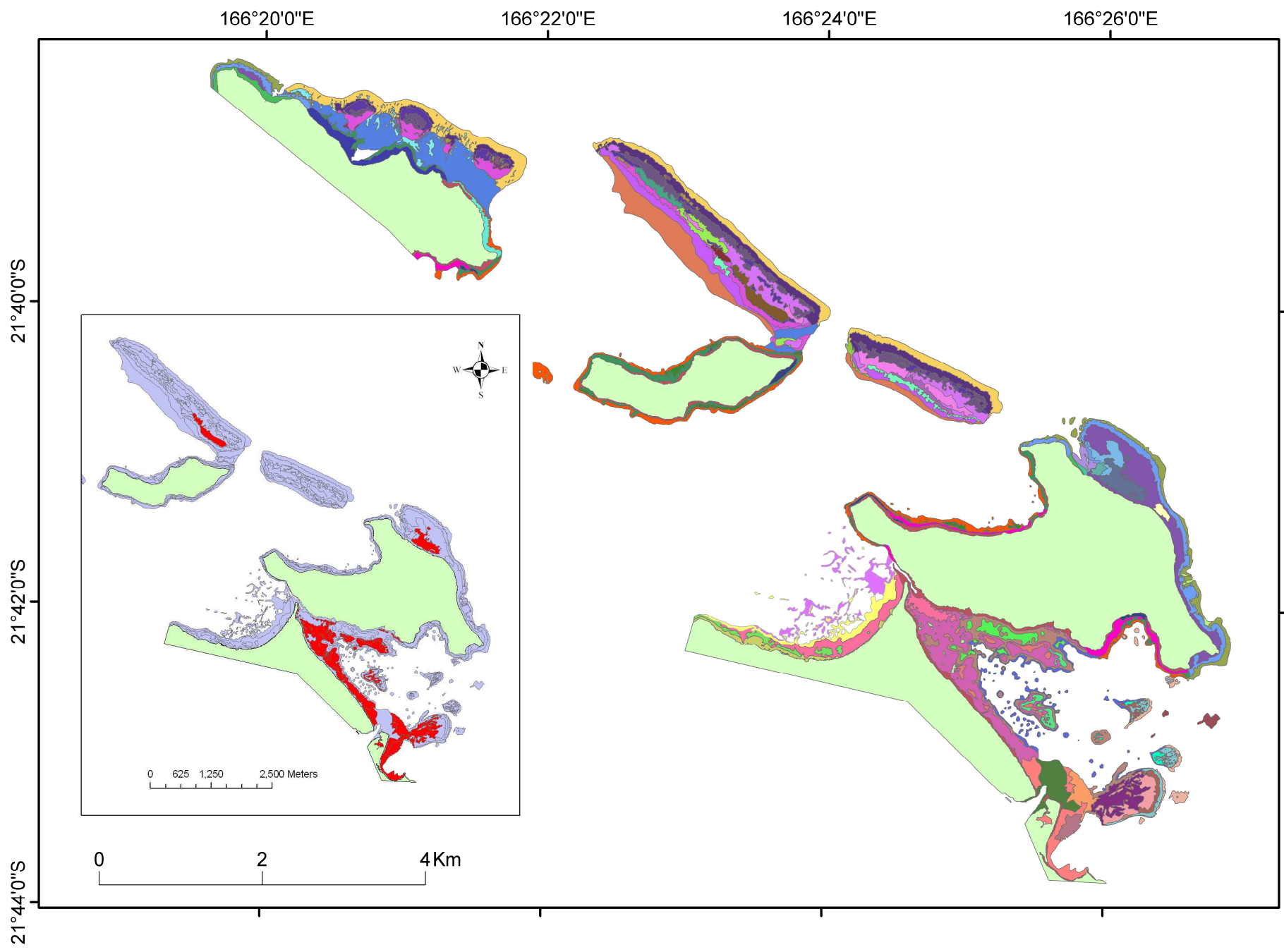
CS CR EA HP HU HC HC HM HO SI TH







Avec Quickbird et vérité-terrain: 6 types d'herbiers



20°0'0"S

164°10'0"E

164°20'0"E

164°30'0"E

20°10'0"S




20°20'0"S

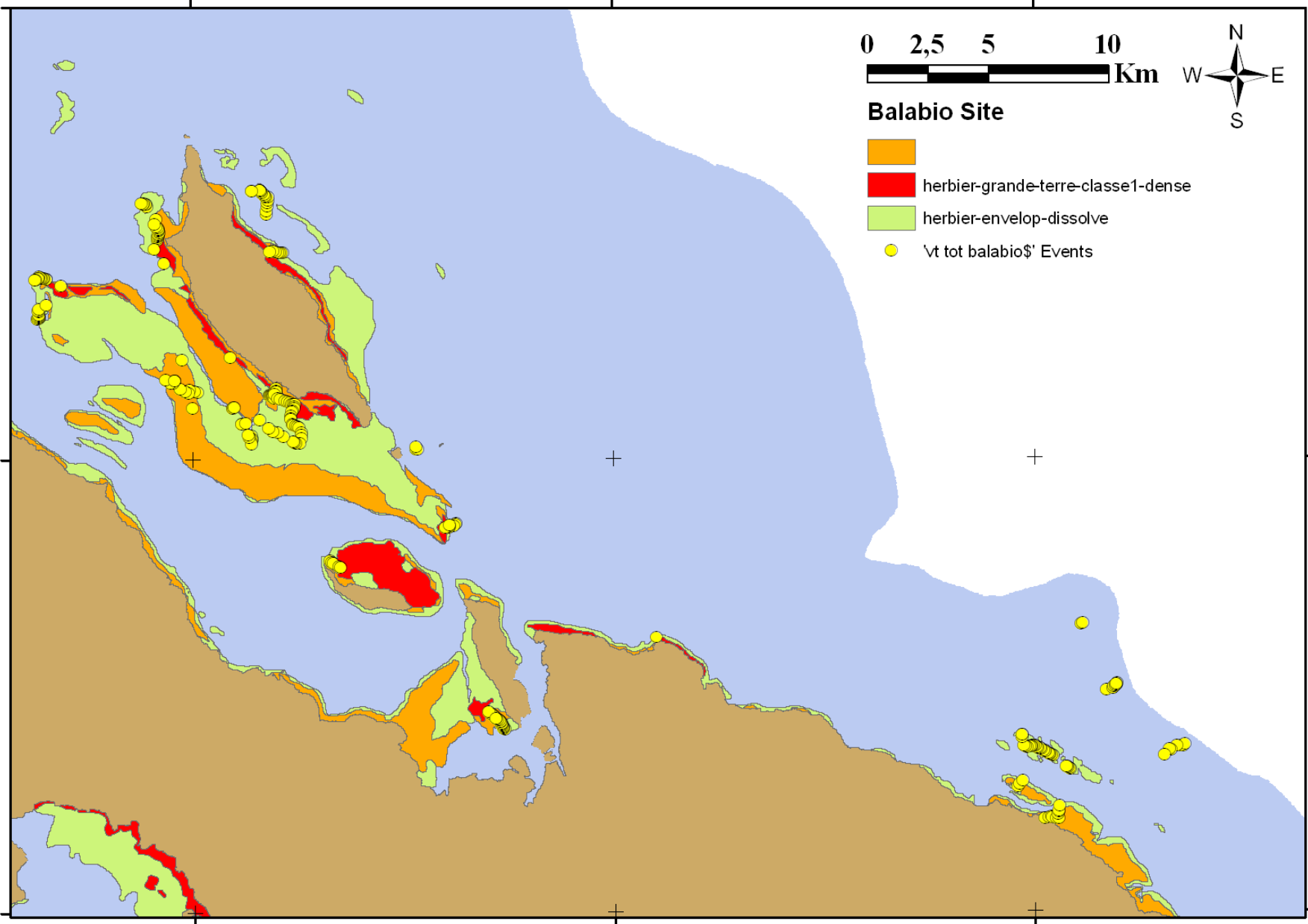
0 2,5 5 10

Km

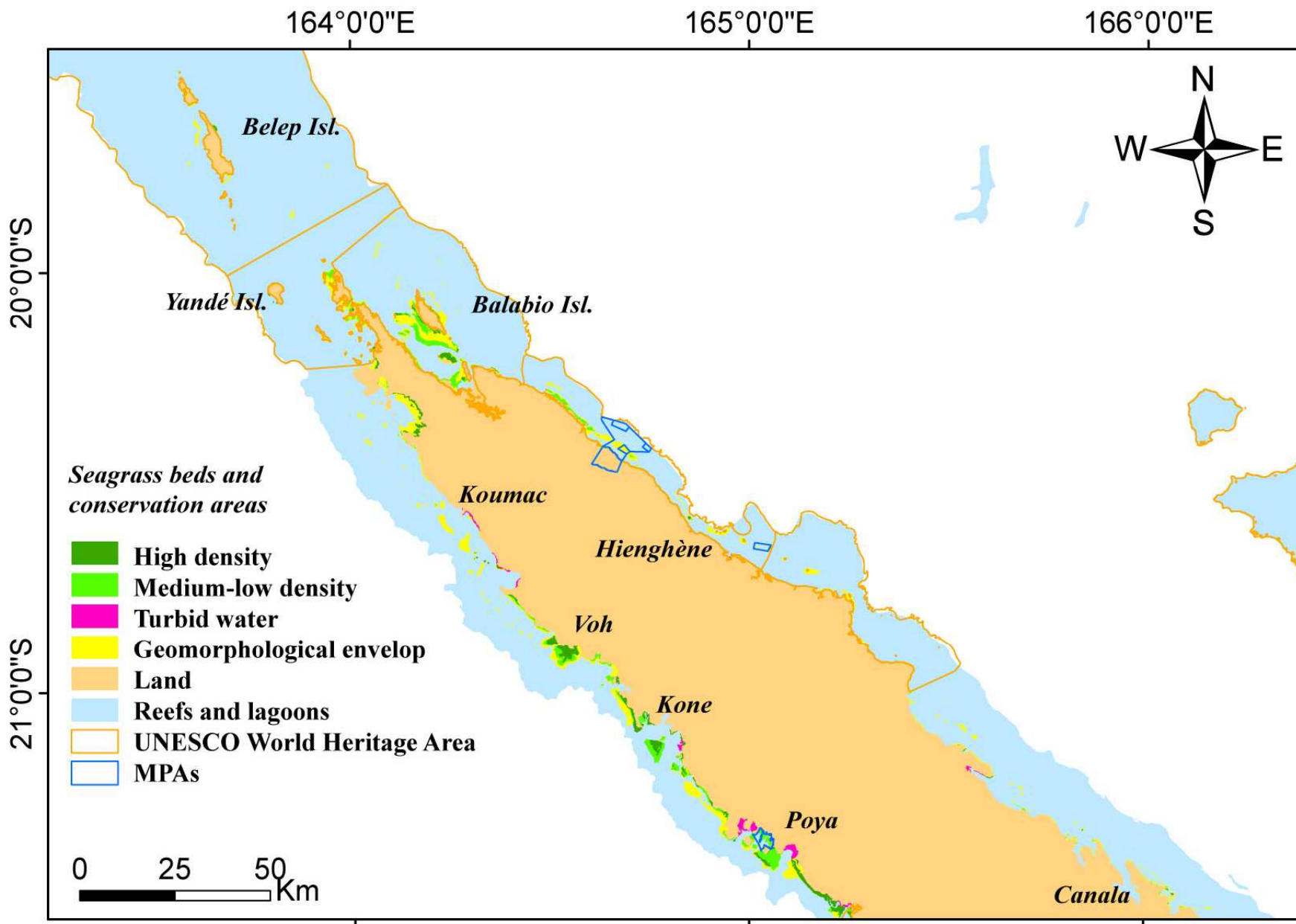


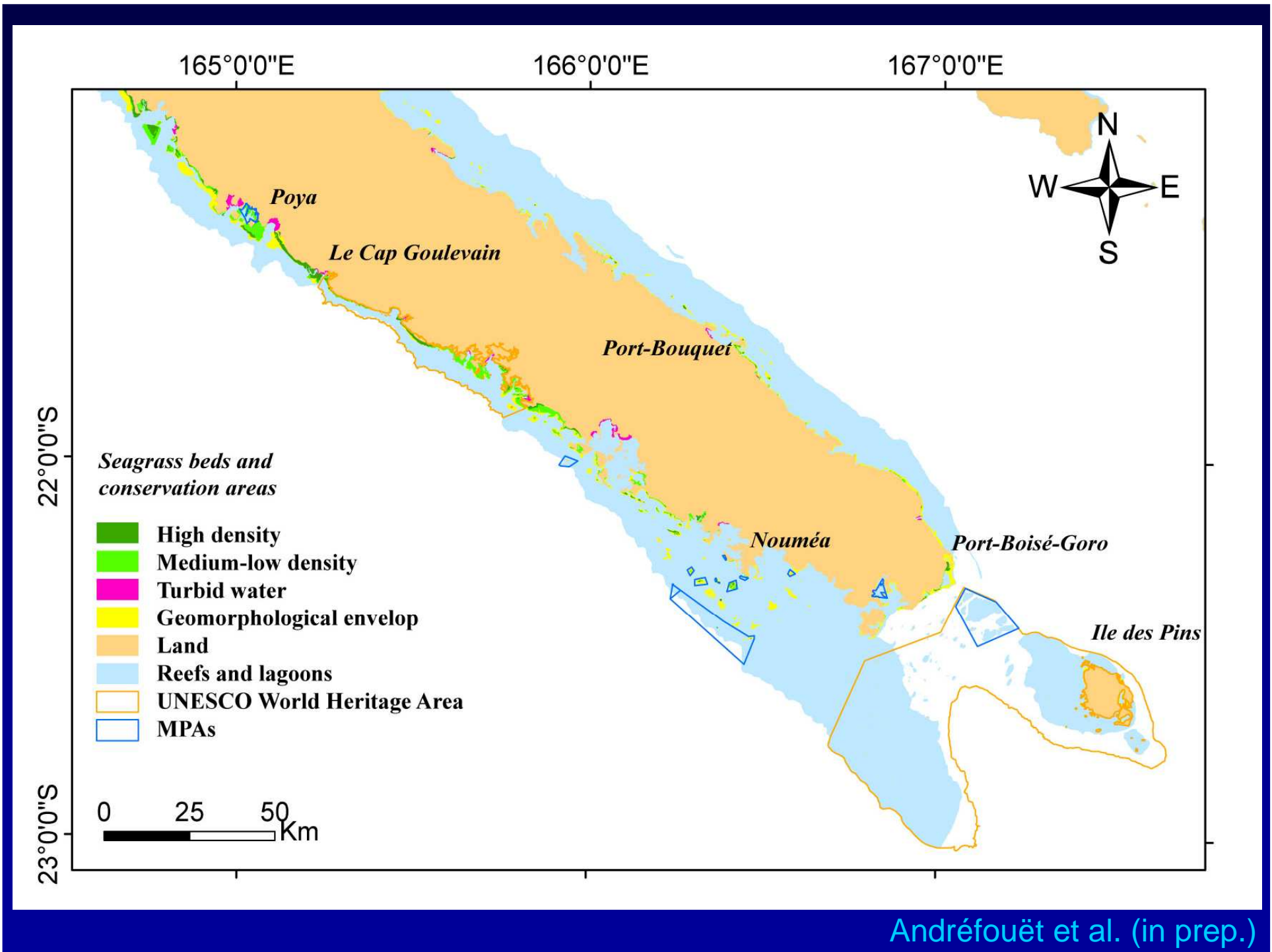
Balabio Site

-  herbier-grande-terre-classe1-dense
-  herbier-envelop-dissolve
-  'vt tot balabio\$' Events









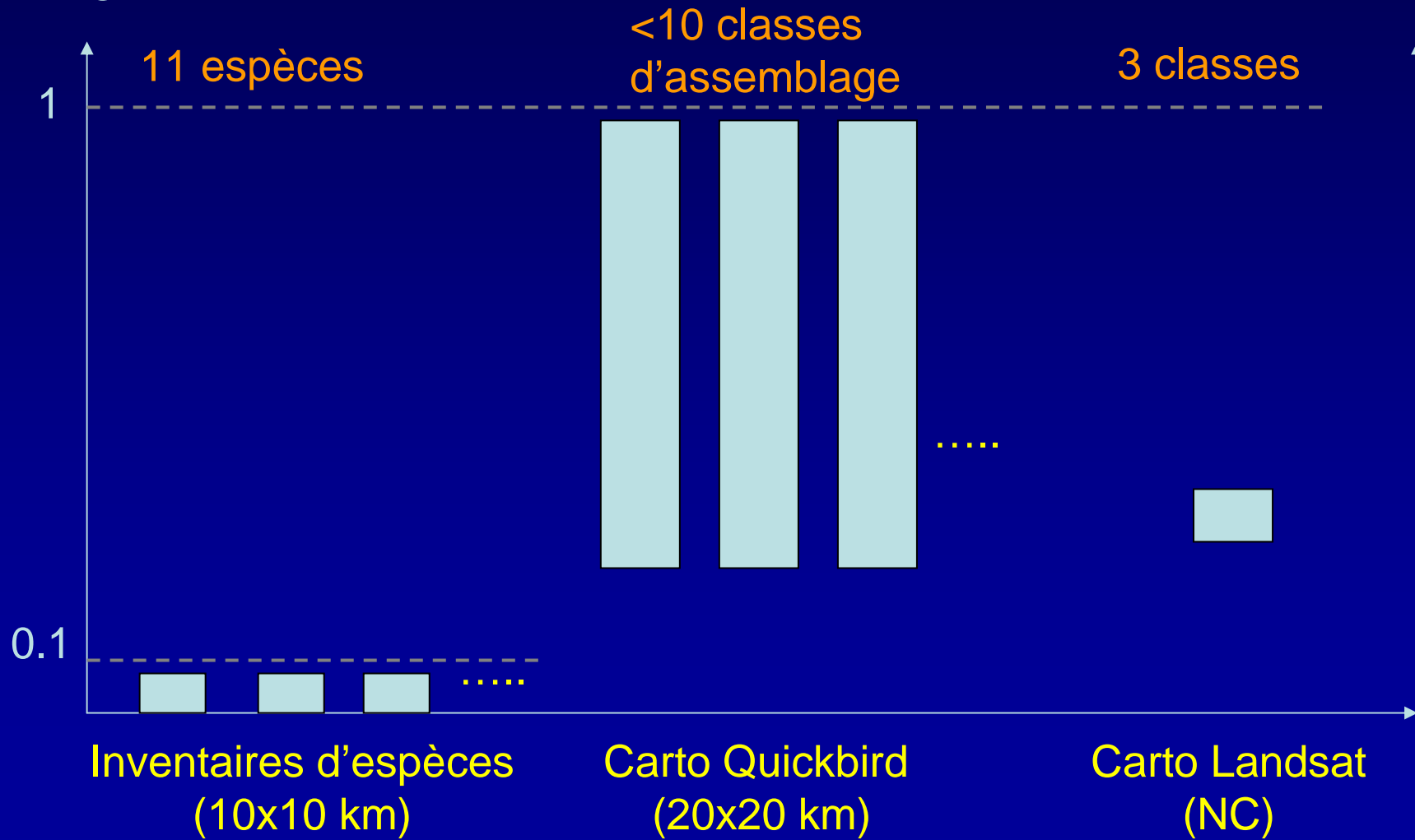
# Conservation

- Statistiques de couverture et de protection (cf. rapport)

<b>Class</b>	<b>Seagrass envelop</b>	<b>Seagrass in turbid areas</b>	<b>Seagrass beds of medium to low density</b>	<b>Seagrass beds of high density</b>
Total area (km <sup>2</sup> )	942.55	40.93	229.99	126.64
UNESCO (km <sup>2</sup> )	363.25	6.21	106.41	36.29
North Province MPA (km <sup>2</sup> )	27.86	0	6.86	0.24
South Province MPA (km <sup>2</sup> )	12.04	0	2.43	0.72

# Coûts

M FCP





# Conclusion

- Habitats: permet de créer des fonction de transfert d'échelle des connaissances acquises ponctuellement, in situ.
- Fonctions de transfert qui est spatiale, via l'imagerie
- Potentiel de l'imagerie haute résolution est connue pour cartographier les habitats dans un but d'inventaires, pour différents niveaux de représentation et différents coûts
- Réflexion de fond nécessaire par rapport à la finalité des applications, et vis-à-vis du rôle du spatial → reconsidérer les anciennes habitudes...
  - Suivi corallien
  - Cartographie complexe, riche, des habitats
- Recherche: amélioration dans l'adéquation avec les applications (MDU, niveau d'information, adéquation du produit labellisé avec la demande, adéquation d'un produit non-labellisé avec la demande)
- Herbier (NC), communautés coralliennes (pour Aboré): intérêt des approches hiérarchiques combinant in situ et spatial