



HAL
open science

Aide pour la réalisation et la commande de cartes d'habitats normalisées par télédétection en milieu récifal sur les territoires français.

Jean-Benoît Nicet, Michel Porcher, Gwenaëlle Pennober, Pascal Mouquet,
Neil Alloncle, Yoann Denis, Catherine Gabrié, Anne Nicolas, Benoit Pribat,
Sébastien Tollis.

► To cite this version:

Jean-Benoît Nicet, Michel Porcher, Gwenaëlle Pennober, Pascal Mouquet, Neil Alloncle, et al.. Aide pour la réalisation et la commande de cartes d'habitats normalisées par télédétection en milieu récifal sur les territoires français.. IFRECOR. 2016. hal-01467027

HAL Id: hal-01467027

<https://hal.science/hal-01467027v1>

Submitted on 14 Feb 2017

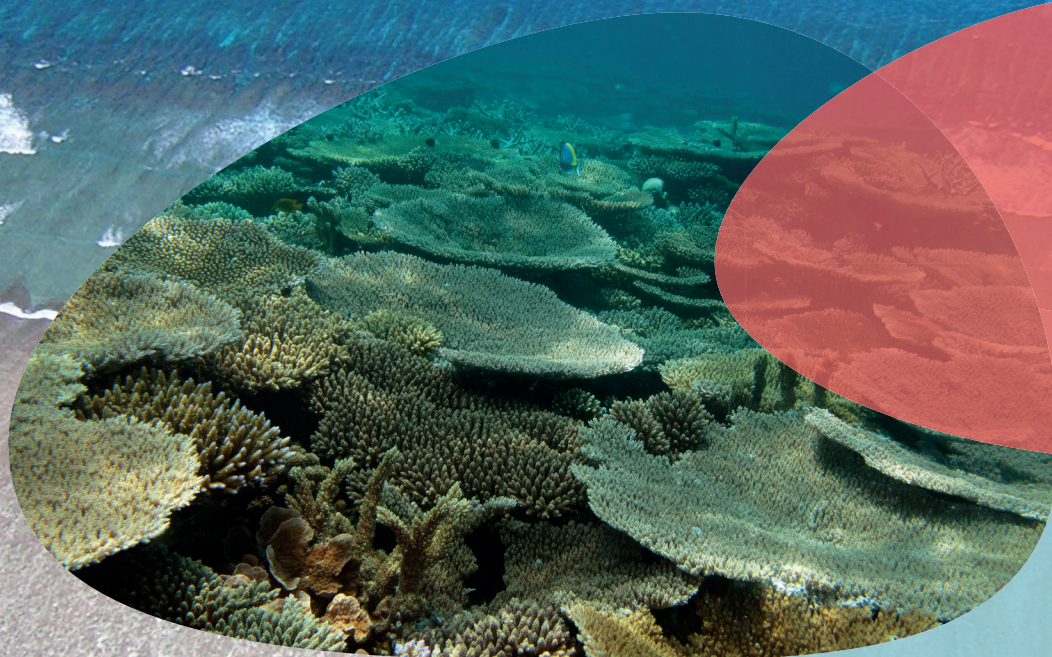
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AIDE POUR LA RÉALISATION ET LA COMMANDE DE CARTES D'HABITATS NORMALISÉES PAR TÉLÉDÉTECTION EN MILIEU RÉCIFAL SUR LES TERRITOIRES FRANÇAIS

GUIDE DE MISE EN ŒUVRE A L'ATTENTION DES GESTIONNAIRES

DOCUMENT DE SYNTHÈSE



www.ifrecor.com



MINISTÈRE
DES OUTRE-MER



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Groupe de travail :

Neil Alloncle (AAMP), Serge Andrefouët (IRD), Yoann Denis (PARETO), Guillaume Dirberg (MNHN), Pascal Mouquet (IFREMER, Agence des AMP, DEAL Réunion), Jean-Benoît Nicet (PARETO), Anne Nicolas (DEAL Réunion), Gwenaëlle Pennober (IRD-Université Réunion), Michel Porcher, Benoit Pribat (Agora Réunion), Jean-Pascal Quod (ARVAM), Julien Ringelstein (MNHN).

Coordination :

Jean-Benoît Nicet, Guillaume Malfait, Anne Nicolas, Jean-Pascal Quod

Rédaction :

Jean-Benoît Nicet, Michel Porcher, Gwenaëlle, Pennober, Pascal Mouquet, Neil Alloncle, Yoann Denis, Catherine Gabrié, Anne Nicolas, Benoit Pribat, Sébastien Tollis.

Relecture, correction, édition :

Serge Andrefouët, Jean-Pascal Quod

Ce document est une synthèse du document : « Aide pour la réalisation et la commande de cartes d'habitats normalisées par télédétection en milieu récifal sur les territoires français. Guide de mise en œuvre à l'attention des gestionnaires. IFRECOR, août 2015 ». Il permet ainsi au gestionnaire une première lecture rapide et aisée qui pourra être approfondie si nécessaire par une lecture du guide complet.



Proposition de citation :

Nicet J.B., Porcher M., Pennober G., Mouquet P., Alloncle N., Denis Y., Gabrié C., Dirberg G., Malfait G., Nicolas A., Pribat B., Ringelstein J., Tollis S., Quod J., Andrefouët S. (2015). Aide pour la réalisation et la commande de cartes d'habitats normalisées par télédétection en milieu récifal sur les territoires français. Guide de mise en œuvre à l'attention des gestionnaires. Document de synthèse. IFRECOR, 25 pages, août 2015.

RÉSUMÉ

Ce guide sur la cartographie des habitats coralliens par télédétection est dédié aux gestionnaires des Collectivités d'Outre-Mer (COM). Il s'inscrit dans la phase 3 de l'Initiative Française pour les Récifs Coralliens (IFRECOR), déclinaison nationale de l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI). Les échanges d'informations de plus en plus importants entre les différents acteurs rendent nécessaire l'harmonisation et la standardisation des cartes réalisées et utilisées par les gestionnaires. Ainsi, ce guide fournit à ces derniers :

- les notions clés pour mieux appréhender une carte d'habitats des récifs coralliens ;
- la démarche pour réaliser une carte d'habitats et rédiger un cahier des charges ;
- les critères de normalisation.

Afin de disposer d'une carte répondant aux objectifs variés des gestionnaires, le guide aborde plus particulièrement les différentes actions à mettre en œuvre tels que : le choix de l'échelle de restitution, de l'image et du niveau de détail des habitats, les méthodes de « vérité terrain », les méthodes de traitement d'image, la construction de la typologie finale, les moyens nécessaires (humains, techniques et financiers) et les délais pour la réalisation d'une carte.

Enfin, différents critères de normalisation des cartes sont définis dans le guide et concernent :

- la construction hiérarchique de la typologie en fonction de l'échelle de restitution ;
- la « vérité terrain » ;
- la construction de la typologie finale et la précision de la carte ;
- les formats de rendu des différents documents.

ABSTRACT

This guide, devoted to coral habitats mapping obtained by remote sensing, is dedicated to overseas collectivities (COM) managers. It is incorporated in the framework of the 3rd phase of French Initiative for Coral Reefs (IFRECOR), a national declination of International Coral Reef Initiative (ICRI). An increasing need for data exchanges between various stakeholders requires a global harmonization and standardization of maps realized and used by managers. Thus, this guide delivers to them:

- key notions for a better understanding of a coral reef habitats map;
- a consistent approach to realize habitat mapping and write terms of reference;
- normalization criteria.

In order to deal with numerous managers objectives that can be provided by a map, this guide addresses more specifically different actions to implement, such as: an enlightened choice for the restitution scale, the image and the habitat level of detail, methods for ground truth data collection, methods for imagery data processing, establishment of final typology, necessary means (human resources, technical tools, financial resources) and time required for map production.

Finally, map normalization criteria are defined into the guide for:

- hierarchical construction of typology depending on restitution scale;
- « ground truth »;
- map final typology and precision map;
- a delivery format of the different documents.

SOMMAIRE

INTRODUCTION ET AVERTISSEMENT	p. 7
L'inscription de ce guide dans l'IFRECOR	p. 7
Qu'est ce qu'une carte d'habitat et pour quoi faire ?	p. 7
Contours du guide	p. 7

CHAPITRE 1

ÉLABORER UNE CARTE DES HABITATS : LES NOTIONS CLÉS

1.1 Qu'est-ce qu'un habitat et construction de la typologie des habitats	p. 9
1.2 La notion d'échelle	p. 10
1.3 La notion de résolution spatiale	p. 11
1.4 Synthèse des bonnes combinaisons d'échelle, d'image et de typologie des habitats	p. 12

CHAPITRE 2

RÉALISATION D'UNE CARTE D'HABITATS RÉPONDANT AUX OBJECTIFS DU GESTIONNAIRE

2.1 Le choix des postulats de base	p. 15
2.2 Les documents types nécessitant des cartes d'habitats	p. 15
2.3 Critères de choix d'une image et images disponibles	p. 15
2.4 Le travail de vérité terrain (apprentissage et contrôle)	p. 18
2.5 Interprétation de l'image et précision	p. 18
2.6 Chronogramme et coût d'une commande de Cartes	p. 19
2.7 Le rendu au gestionnaire	p. 20

PRINCIPALES RÉFÉRENCES	p. 22
-------------------------------	--------------

GLOSSAIRE (d'après Mesh)	p. 23
--------------------------	-------

ABRÉVIATIONS	p. 25
--------------	-------

FIGURES

- Figure 1 :** Processus pour la réalisation de différentes cartes thématiques. En bleu : carte traitée dans ce guide. **Page 6**
- Figure 2 :** Paramètres constitutifs d'un habitat permettant sa caractérisation. **Page 7**
- Figure 3 :** Représentation des concepts d'échelle : de la petite à la grande échelle. **Page 9**
- Figure 4 :** Exemple de 2 images à la même échelle mais avec des résolutions différentes (en haut : image IKONOS et en bas : Landsat ETM+). **Page 9**
- Figure 5 :** Exemple d'une combinaison pertinente d'échelle, image et typologie des habitats. **Page 11**
- Figure 6 :** Démarche et choix techniques préalable à la réalisation d'une carte d'habitats (dont en bleu les éléments à faire figurer dans le cahier des charges le cas échéant). **Page 12**
- Figure 7 :** Élément à prendre en compte pour l'estimation du coût d'une carte d'habitats. **Page 18**

TABLEAUX

- Tableau 1 :** Les différents niveaux typologiques des habitats (A) et exemple pour une pente externe de récif barrière (B). **Page 8**
- Tableau 2 :** De la grande à la petite échelle. **Page 8**
- Tableau 3 :** Les résolutions spatiales (images panchromatiques) dans le contexte de la cartographie des habitats récifaux. **Page 9**
- Tableau 4 :** Adéquation entre échelle, résolution spatiale de l'image et niveau typologique. Type de carte ainsi obtenue. **Page 10**
- Tableau 5 :** Les associations à éviter. **Page 10**
- Tableau 6 :** Synthèse des différentes configurations rencontrées dans le cadre des COM. **Page 14**
- Tableau 7 :** Liens entre caractéristiques des images, échelle, niveau typologique, et type de documents de planification et de gestion. **Page 15**
- Tableau 8 :** Nécessité d'une vérité terrain ou non selon le type de carte. **Page 16**
- Tableau 9 :** Les différents aspects logistiques à prendre en compte pour la phase de vérité terrain et les correspondances en termes de moyens humains, techniques et financiers. **Page 17**
- Tableau 10 :** Chronogramme indicatif pour la réalisation d'une carte d'habitats en milieu récifal. **Page 18**

INTRODUCTION ET AVERTISSEMENT

Le présent document étant une synthèse, pour plus de détails se référer à la version intégrale du guide.

L'INSCRIPTION DE CE GUIDE DANS L'IFRECOR

La mise en place d'une Initiative Française pour les Récifs Coralliens (IFRECOR) a été décidée par le Premier ministre le 1er avril 1998. L'objectif de cette initiative est de promouvoir la protection et la gestion durable des récifs coralliens présents dans les collectivités de l'outre-mer français (COM). C'est dans le cadre du Thème d'Intérêt Transversal de l'IFRECOR « *Renforcer les connaissances sur les récifs et suivre l'état des récifs* » et de son volet 2 « *normaliser les cartographies sur les récifs* » que s'inscrit le présent guide méthodologique. Il a ainsi vocation à servir d'aide pour la réalisation de cartes d'habitats normalisées en milieu corallien.

QU'EST CE QU'UNE CARTE D'HABITATS ET POUR QUOI FAIRE ?

La carte d'habitats permet de représenter de manière visuelle la répartition des habitats sur une zone définie. Elle est le résultat de l'affichage et de la mise en page de plusieurs couches d'information spatialisées.

Les récifs coralliens sont des écosystèmes marins et côtiers d'une grande diversité biologique et d'une forte productivité, abritant des espèces menacées tout en contribuant au revenu des populations côtières. Ils présentent ainsi des services écosociologiques d'une grande valeur (l'ONU a estimé la valeur des récifs coralliens entre 100 000 et 600 000 \$/ha). Ces milieux sont aujourd'hui menacés et font de plus en plus l'objet de mesures de gestion et planification. Les cartes d'habitats sont alors d'une aide précieuse, elles permettent entre autres de (MESH, 2008) :

- fournir des informations essentielles à la planification spatiale et stratégique (gestion des activités, aménagement littoral; délimitation optimale d'AMP, ...);
- soutenir une utilisation durable des ressources benthiques;
- aider à mettre en œuvre une approche écosystémique de la gestion de l'environnement marin;
- améliorer les bilans de l'état de l'environnement, en particulier en inscrivant les résultats des stations de surveillance dans un contexte géographique plus vaste;
- aider à cibler les efforts de surveillance.

Les limites des cartes d'habitats

La carte des habitats a donc de très nombreuses applications. Toutefois, certaines cartes ne peuvent être réalisées (avec une précision acceptable) avec les moyens techniques actuels. Il s'agit notamment des :

- cartes quantitatives de la couverture corallienne (ou d'autres organismes benthiques sessiles);
- cartes détaillant l'ensemble du peuplement au niveau spécifique (sauf pour certains habitats particuliers).

CONTOURS DU GUIDE

Le présent guide traite uniquement des cartes d'habitats en milieu corallien réalisées à partir d'images acquises par télédétection (avions, satellites ou autres). Il ne traite notamment pas des cartes d'habitats obtenues à partir de sonar latéral.

LES OBJECTIFS DU GUIDE

Les évolutions récentes de l'information géographique et des outils de télédétection ont été intégrées de manières différentes par les acteurs du monde récifal. Il s'avère donc important de dresser à l'attention des gestionnaires des lignes directrices pour :

- réaliser une carte de habitats (ou établir un cahier des charges) répondant à leurs besoins ;
- réaliser des cartes normalisées entre les différentes Collectivités d'Outre-Mer (COM).

Toutefois, même si l'ensemble des étapes nécessaires à la réalisation d'une carte d'habitats est abordé dans ce guide, il ne fournit pas toujours le détail des éléments techniques et méthodologiques pour la réalisation d'une carte. Il appartient au producteur de la carte de la réaliser selon les règles de l'art couramment admises.

D'autres types de cartes, bien qu'essentielles dans le cadre de la gestion des milieux coralliens, ne seront pas abordées dans ce guide (Figure 1).

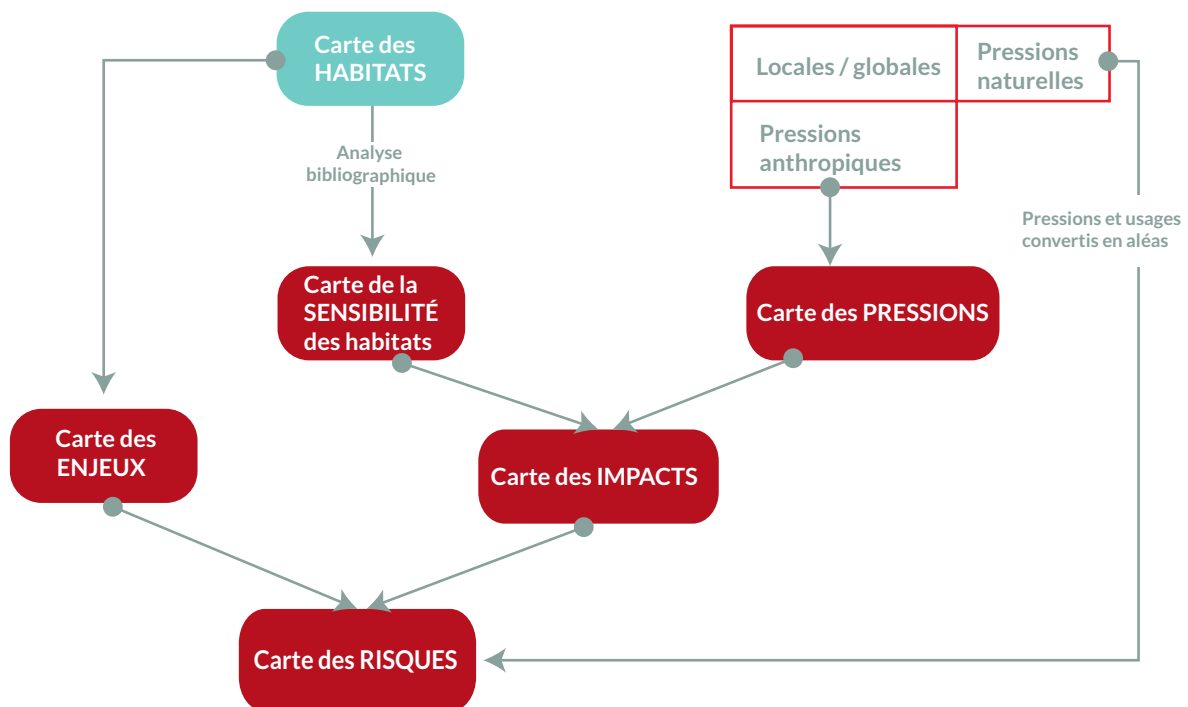


Figure 1 : Processus pour la réalisation de différentes cartes thématiques.

En bleu : carte traitée dans ce guide.

CHAPITRE 1

ÉLABORER UNE CARTE DES HABITATS : LES NOTIONS CLÉS



Trois points sont essentiels à clarifier pour permettre de choisir les outils les plus pertinents pour la cartographie des habitats, à savoir :

- la définition d'un habitat et le niveau de détail de la typologie (§ 1.1) ;
- l'échelle de la carte (§ 1.2) ;
- les caractéristiques de l'image (résolutions spatiale et spectrale § 1.3).

Il convient donc dans un premier temps de clairement définir ces notions, dont la bonne compréhension est impérative pour choisir les outils à utiliser et les cartes à établir par la suite.

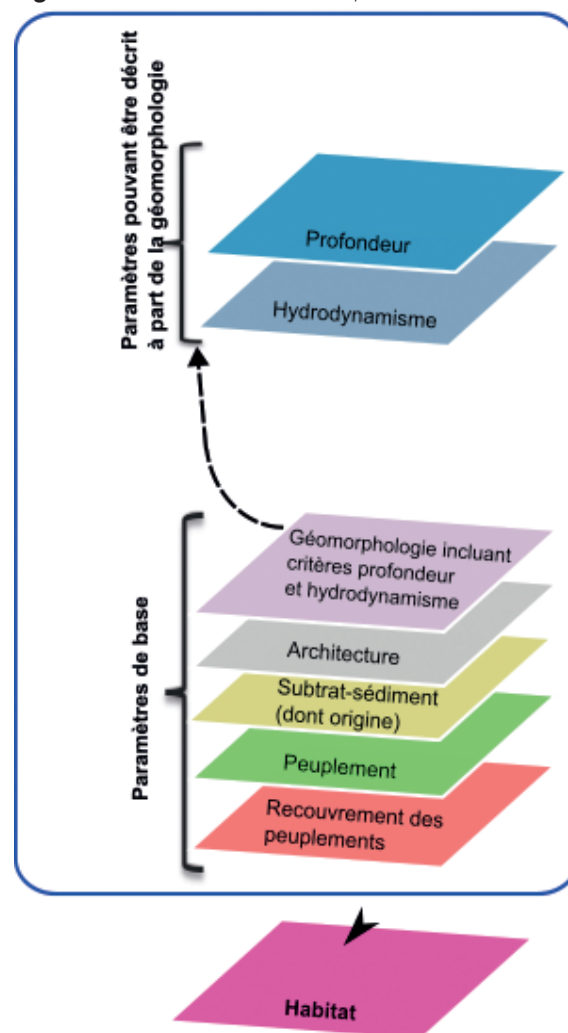
1.1

QU'EST-CE QU'UN HABITAT ET CONSTRUCTION DE LA TYPOLOGIE DES HABITATS

Afin de garantir la faisabilité des cartes d'habitats sur l'ensemble des récifs coralliens des COM, la définition d'un socle commun minimal d'information permettant d'approcher le concept devait être défini. En milieu corallien, un consensus a été établi autour d'un ensemble de paramètres caractérisant les habitats (et qui en permet une classification pertinente) :

- **Pour les paramètres physiques et environnementaux :** la géomorphologie (avec une notion intrinsèque de l'exposition hydrodynamique et de la profondeur¹), l'architecture (relief, complexité structurelle, rugosité) et la nature du substrat ;
- **Pour les peuplements dominants :** les macro-peuplements benthiques sessiles dominants (avec une notion de leur état de santé) et leur taux de recouvrement du substrat.

Figure 2 : Paramètres constitutifs d'un habitat.



Pour construire la typologie des habitats, chaque paramètre est divisé en plusieurs niveaux emboîtés allant du plus général au plus précis. Chacun de ces niveaux présente alors une liste d'attributs possibles.

Cette liste a été établie à partir des précédentes études réalisées sur la typologie des habitats en milieu corallien (voir le guide complet pour plus de détail).

Suivant les objectifs et besoins du gestionnaire, le niveau de détail de la description des habitats sera plus ou moins important (niveau typologique des habitats). Les différents niveaux typologique des habitats sont obtenus en associant pour chaque paramètre un niveau de description plus ou moins élevé (Tableau 1).

¹ Selon le niveau de description des habitats il sera possible de préciser plus avant l'hydrodynamisme et/ou la profondeur.

Tableau 1 : Les différents niveaux typologiques des habitats (A) et exemple pour une pente externe de récif barrière (B).

A

SUPERPOSITION DES PARAMÈTRES

Géomorphologie	Architecture	Substrat	Origine du substrat	Peuplement	Couverture peuplement	Niveau typologique des habitats
Niveau 4		-	-	-	-	Très faible
Niveau 4 à 5						Faible
Niveau 5	Niveau 1	Niveau 1	-	Niveau 1	Niveau 1	Moyen
Niveau 5	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 1	variable (niveau 2 à 3 selon taxon) et éventuellement niveau 5 et niveau 6	Niveau 2	Elevé
Niveau 5	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 1	niveau 4 + niveau 5 + niveau 6	Niveau 3	Très élevé (techniquement non cartographiable avec les moyens actuels de télédétection). Travail réalisé dans le cadre IFRECOR, TIT Biodiversité

EXEMPLE APPLIQUÉ À UNE PENTE EXTERNE DE RÉCIF BARRIÈRE

B

SUPERPOSITION DES PARAMÈTRES

Géomorphologie	Architecture	Substrat	Origine du substrat	Peuplement	Couverture peuplement	Description de l'habitat	Niveau typologique des habitats
pente externe (niv4)	-	-	-	-	-	Pente externe de récif barrière	Très faible
éperons et sillons (niv5)						Pente externe de récif barrière à éperons et sillons	Faible
éperons et sillons (niv5)	large (niv1)	dur (niv1)	-	peuplement corallien (niv1)	pas de description ou niv1 pour certains taxons	Pente externe de récif barrière à larges éperons et sillons à peuplement corallien	Moyen
éperons et sillons (niv5)	large (niv1)	dur et sable (niv2)	calcaire (récifal) (niv1)	Acropores tabulaires (niv2)	30-60% (niv2)	Pente externe de récif barrière à larges éperons et sillons sableux à peuplement dominant d'acropores tabulaires (couverture: 30 à 60%)	Elevé
éperons et sillons (niv5)	éperons: l:5m et sillons: l:2m; h:1m (niv3)	dur (éperons) et sable (sillons) (niv3)	calcaire (récifal) (niv1)	A. <i>hyacinthus</i> /A. <i>clathrata</i> (niv3)	48% +/-3% (niv3)	Pente externe de récif barrière à larges éperons (5 m) et sillons sableux (largeur 2 m et hauteur 1 m) à peuplement dominant d' <i>acropora hyacinthus</i> et A. <i>clathrata</i> (couverture: 48% +/- 3%)	Très élevé (techniquement non cartographiable avec les moyens actuels de télédétection)

REMARQUE : L'ensemble des attributs de ces différents niveaux est défini en annexe de la version complète du guide.

1.2

LA NOTION D'ÉCHELLE

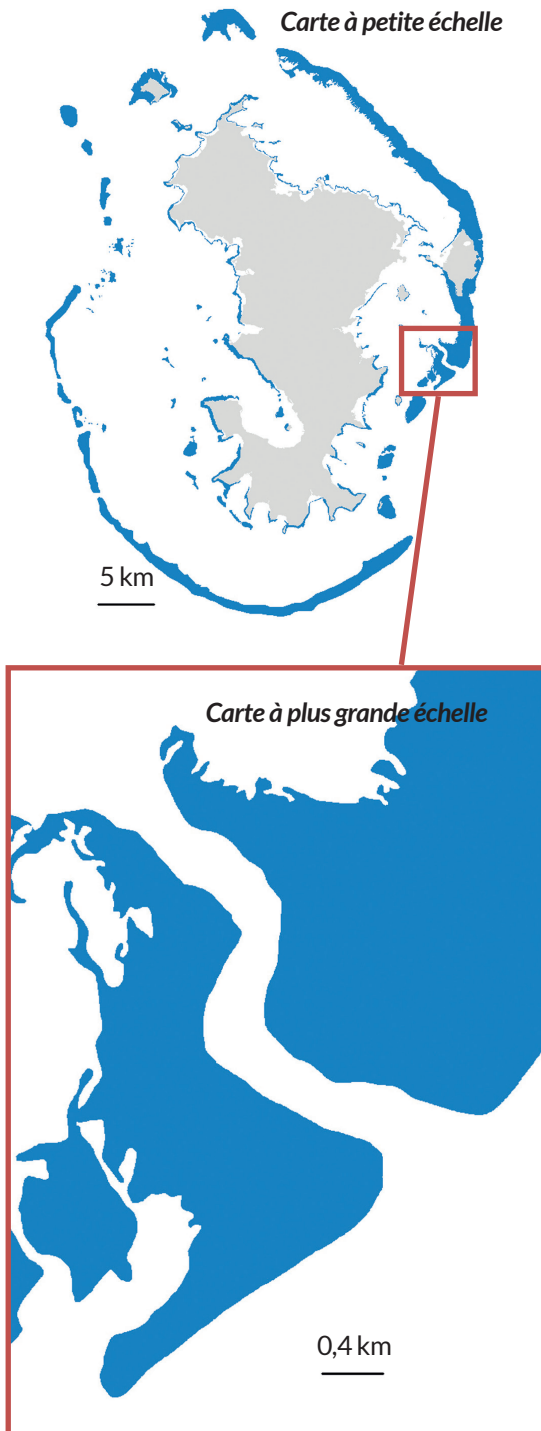
L'échelle d'une carte est le rapport entre une distance sur une carte et la distance réelle correspondante sur le terrain. Exemple: 1 cm sur une carte représente 1 km (100 000 cm) sur le terrain, soit une échelle de: 1/100 000^{ème} (le rapport de 1 à 100 000 est une petite échelle: 0,000001). La notion d'échelle peut ainsi porter à confusion parce qu'une carte dont l'échelle

est grande représente un petit territoire et réciproquement (Tableau 2 et Figure 3). C'est pourquoi par la suite nous parlerons plutôt d'échelle fine ou large (notion associant échelle et niveau de description des habitats) comme définie dans le §1.4.

Grande échelle	< 1/ 20 000 ^{ème}
Échelle intermédiaire	Compris entre 1/20 000 ^{ème} et 1/100 000 ^{ème}
Petite échelle	> 1/ 100 000 ^{ème}

Tableau 2 : De la grande à la petite échelle.

Figure 3 : Représentation des concepts d'échelle: de la petite à la grande échelle.



1.3

LA NOTION DE RÉOLUTION SPATIALE

Le terme de résolution spatiale est couramment associé à la taille des pixels de l'image de référence utilisée pour réaliser la carte. Elle détermine la taille des plus petits objets détectables donc cartographiables. La résolution définira ainsi la taille minimale des objets qui pourront être identifiés lors du traitement de l'image. Quel que soit le zoom réalisé sur la carte, la résolution maximale restera contrainte par celle de l'image de référence.

Résolution spatiale	Taille du pixel
Faible	Env. 10 m
Intermédiaire	Env. 5 m
Élevée	Env. 1 m

Tableau 3 : Les résolutions spatiales (images panchromatiques) dans le contexte de la cartographie des habitats récifaux.

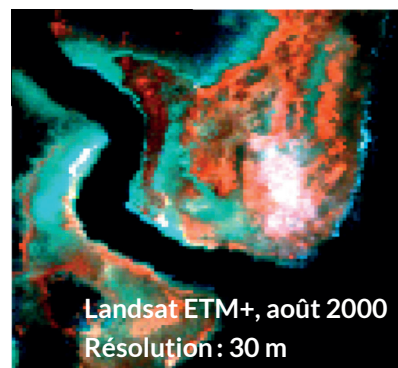
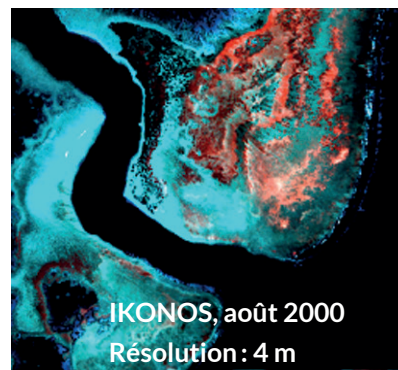


Figure 4 : Exemple de 2 images à la même échelle mais avec des résolutions différentes (en haut: image IKONOS et en bas: Landsat ETM+).

1.4

SYNTHÈSE DES BONNES COMBINAISONS D'ÉCHELLE, D'IMAGE ET DE TYPOLOGIE DES HABITATS

Adéquation entre échelle, résolution spatiale et typologie des habitats

La bonne adéquation entre échelle, résolution spatiale et typologie des habitats est réalisée lorsque la carte des habitats permet de visualiser correctement la répartition spatiale de ceux-ci, et que la typologie est suffisamment détaillée sans que le nombre de classes soit trop important et rende la carte illisible. De même, il y a un bon compromis entre les échelles, résolution spatiale et typologie des habitats lorsque l'effort (technique, humain, financier) n'est pas disproportionné par rapport aux objectifs et enjeux.

Les combinaisons les plus pertinentes tout en limitant l'effort pour produire la carte d'habitats sont listées dans le Tableau 4. À l'inverse les combinaisons à éviter sont listées dans le tableau 5.

Remarque : le niveau typologique « Faible » est particulier dans le sens où il nécessite une résolution spatiale de l'image élevée mais en contrepartie ne requiert pas obligatoirement une phase de vérité terrain. Il est ainsi assez simple de mise en œuvre. Il peut alors être utilisé à une échelle intermédiaire (voir globale).

Les termes employés dans le cadre du programme MESH apparaissent alors judicieux pour simplifier les notions d'échelles et, en outre, lier les notions d'échelle et de typologie des habitats. Ainsi, une carte à échelle globale représente un grand territoire avec peu de détail. À l'inverse une carte à échelle fine représente un petit territoire mais détaillé (Tableau 4). Cette notion de cartes à échelle globale et échelle fine est illustrée par la Figure 5.

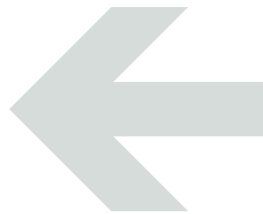
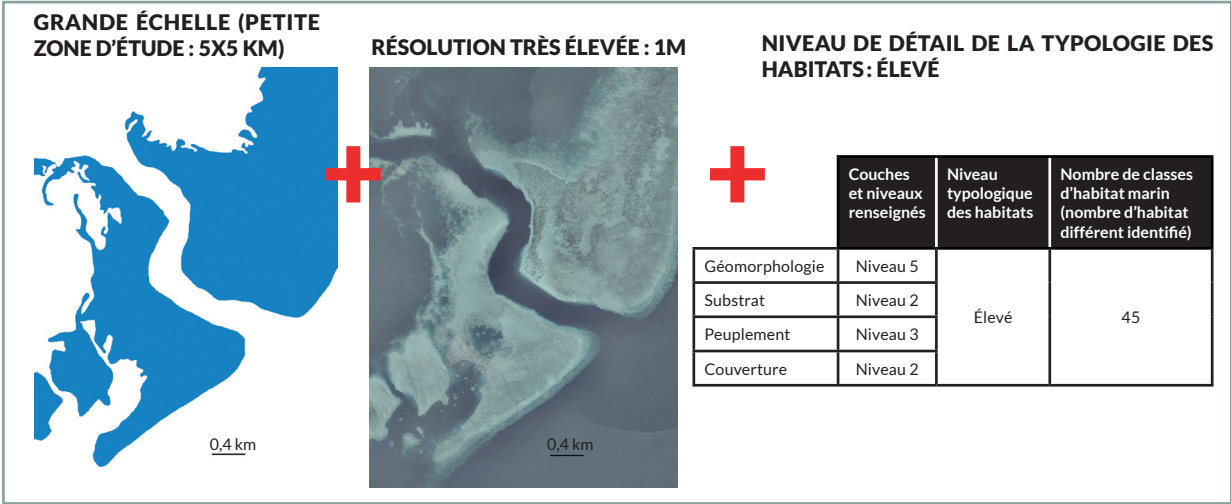


Tableau 4 : Adéquation entre échelle, résolution spatiale de l'image et niveau typologique. Type de carte ainsi obtenue.

Échelle de la carte	Exemple de la taille de la zone d'étude	Résolution de l'image	Niveau typologique des habitats	Type de carte (définition MESH)
Petite	50 x 50 km	Faible à moyenne	Très faible	ÉCHELLE GLOBALE
Petite à intermédiaire	20 x 20 km	Élevée	Faible	ÉCHELLE INTERMÉDIAIRE
Intermédiaire	10 x 10 km	Moyenne	Moyen	ÉCHELLE INTERMÉDIAIRE
Grande	2 x 2 km	Élevée	Élevé	ÉCHELLE FINE

Tableau 5 : Les associations à éviter.

Échelle de la carte	Exemple superficie de la zone d'étude	Résolution de l'image	Niveau typologique des habitats	Remarque
Petite	50 x 100 km	Moyenne à élevée	Moyen à élevé	Coût trop important: acquisition d'une image haute définition sur une grande superficie et vérité terrain importante nécessaire. Carte des habitats illisible : peut convenir éventuellement pour définir le nombre de classes d'habitat et leurs superficies. Figure 7.
Intermédiaire	20 x 20 km	Élevée	Élevé	
Grande	2 x 2 km	Faible à très faible	Faible à très faible	Typologie pas assez détaillée : trop peu de classes d'habitat. Figure 8.
Toute échelle	Toute superficie	Faible (moyenne)	Moyenne à forte	Impossible d'identifier les habitats à partir de l'image. Pas de carte d'habitats possible. Figure 9.



CARTE À ÉCHELLE FINE : 45 CLASSES D'HABITATS

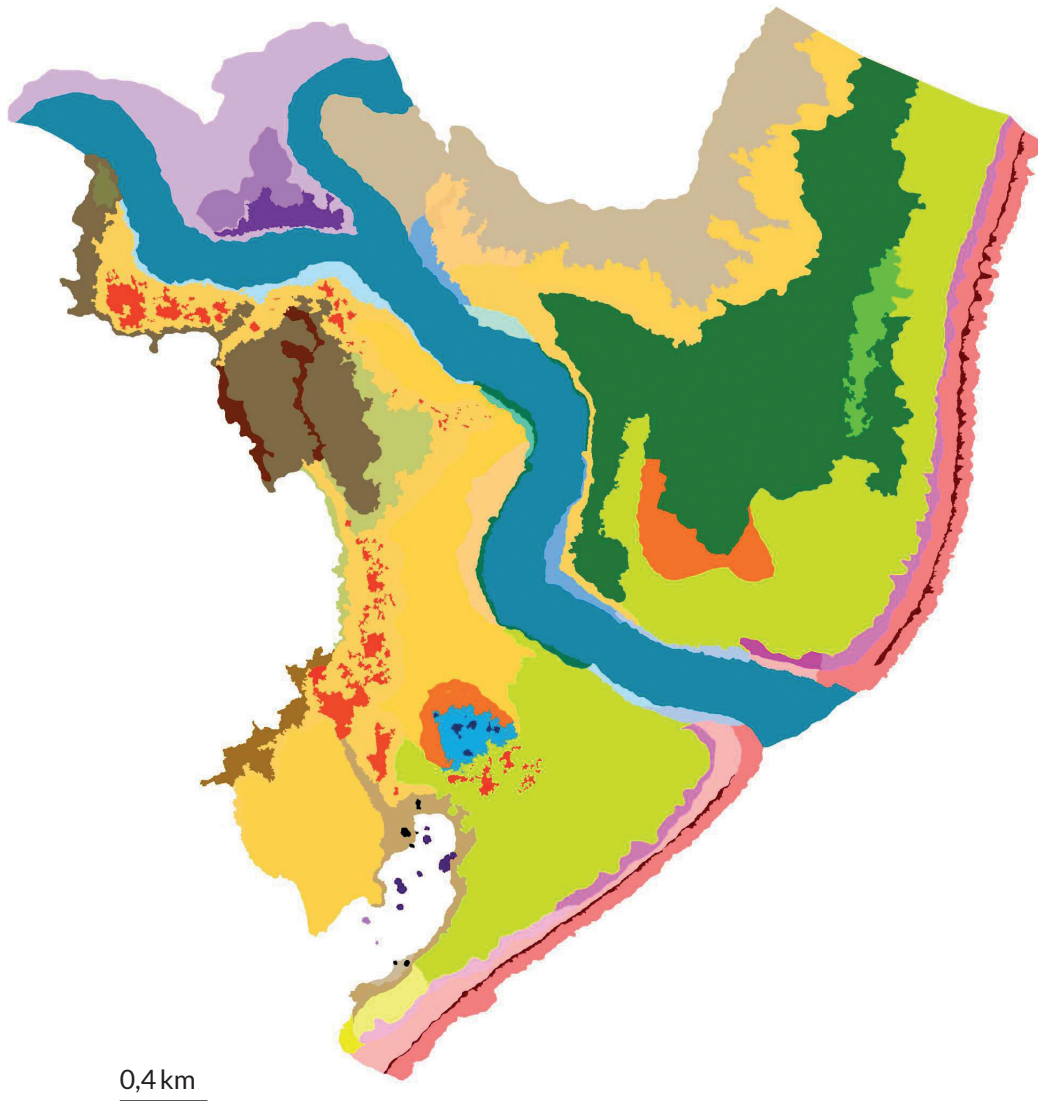


Figure 5 : Exemple d'une combinaison pertinente d'échelle, image et typologie des habitats.

CHAPITRE 2

RÉALISATION D'UNE CARTE D'HABITATS RÉPONDANT AUX OBJECTIFS DU GESTIONNAIRE

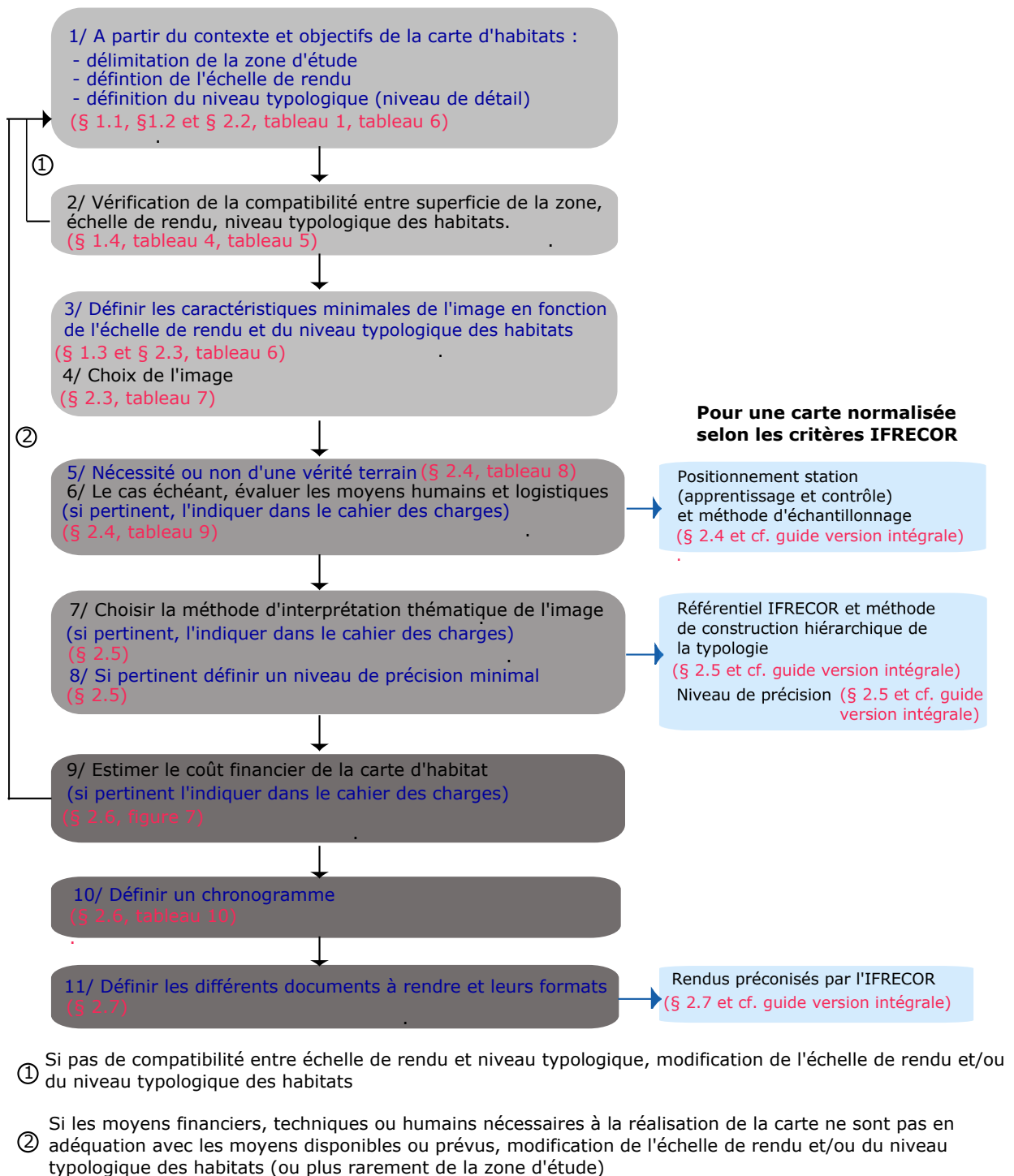
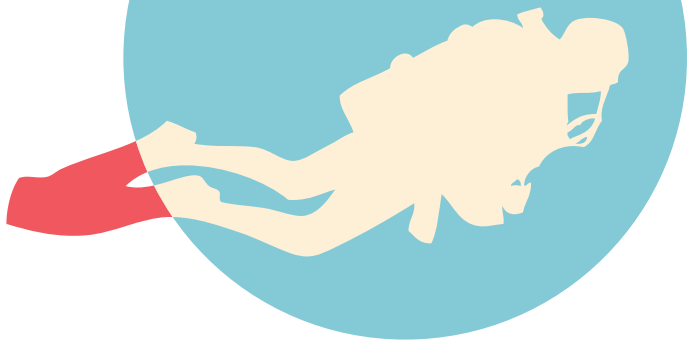


Figure 6 : Démarche et choix techniques préalable à la réalisation d'une carte d'habitats (dont texte en bleu les éléments à faire figurer dans le cahier des charges le cas échéant).



2.1

LE CHOIX DES POSTULATS DE BASE

Ce chapitre ayant pour but d'aider un gestionnaire à réaliser une carte d'habitats ou à rédiger les termes d'un cahier des charges de manière pertinente, il permettra de :

- sélectionner le niveau de « détail » nécessaire (échelle de rendu, précision de la typologie des habitats, résolutions spatiale et spectrale et donc type d'image) en fonction du type de cartes à produire au final ;
- définir la démarche et le type de données à acquérir sur le terrain (vérité terrain) ;
- préciser le lien entre typologie finale et précision (justesse) de la carte ;
- définir un chronogramme et un coût réaliste.

Ci-après, nous utilisons comme fil conducteur l'élaboration d'une carte à but d'inventaire simple (combien d'habitats sur une zone donnée?), mais la démarche est identique pour d'autres applications plus complexes. **La Figure 6 (page 14) synthétise les différentes étapes nécessaires à la réalisation d'une carte d'habitats en milieu récifal dont les éléments à faire figurer dans un cahier des charges.** Chacune des étapes est détaillée dans les paragraphes de ce chapitre.

2.2

LES DOCUMENTS TYPES NÉCESSITANT DES CARTES D'HABITATS

Sont présentés dans le Tableau 6, les différents acteurs publics et privés naturellement concernés par la cartographie des habitats et

les projets qu'ils ont généralement à gérer en matière de préservation et d'aménagement. Cette analyse conduit ensuite à préciser pour chaque problématique quels sont les types de cartes à prévoir (et donc l'échelle de rendu et le niveau typologique des habitats). La liste n'est pas exhaustive, mais représente la diversité des besoins en termes de carte d'habitats. Le gestionnaire lecteur de ce document peut d'ores et déjà identifier dans quelle gamme (échelle, niveau typologique) il doit agir.

2.3

CRITÈRES DE CHOIX D'UNE IMAGE ET IMAGES DISPONIBLES

Le premier critère pour le choix d'une image est l'adéquation entre l'échelle de rendu, le niveau typologique des habitats souhaité et les caractéristiques de l'image (cf. « Les notions clés », § 1.4). Les spécifications à prendre en compte sont :

- la résolution spatiale (§ 1.3) ;
- la résolution spectrale mais plus précisément le caractère panchromatique, multi ou hyperspectral ;
- la « qualité » de l'image (nuage, vent, houle) ;
- la résolution temporelle (ou la période) ;
- le coût d'acquisition.

Les images multispectrales à très haute résolution spatiale (telles que celles produites par les satellites Quickbird, Ikonos, Pleïades) sont les données de télédétection privilégiées pour la cartographie des récifs coralliens.

Les tarifs d'acquisition sont très variables d'un type d'image à l'autre. Toutefois, dans certains cas, le gestionnaire ou le producteur de carte pourra acquérir les images gratuitement dans le cadre de convention entre son organisme et les producteurs d'images ou de programmes de recherche.

Le Tableau 6 indique aux gestionnaires des échelles usuelles de rendu et le niveau typologique utilisé dans les cas les plus communs. Le Tableau 7 permet de relier ces informations aux caractéristiques d'une image et offre des éléments de décision pour le choix d'une image

Décideurs (liste non exhaustive)	Type de document et thématiques	Niveau typologique des habitats	Échelle de rendu	Type de carte
Décideurs publics				
A/ État : - Les Ministères : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire , Ministère de l'Intérieur de l'Outre-mer et des collectivités territoriales , Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche ; B/ Gouvernements et assemblées représentatives dans les territoires d'Outre-Mer et les collectivités territoriales dans les départements d'Outre Mer : - Ministère de la mer de l'Aménagement et de l'Environnement en Polynésie française ; - Congrès de Nouvelle-Calédonie et Provinces ; - L'Assemblée Territoriale à Wallis et Futuna ; - Les Conseils Régionaux ; - Les Conseils Généraux.	Synthèse nationale (superficie, nb de classes géomorphologiques, ...). Cartes thématiques (man-grove, herbier, corail) Documents de planification et aménagement (ex: SAR, SMVM, SDAGE, PADD,...). Cartes thématiques des eaux territoriales : Habitats (géomorphologie), sensibilité, usages, pressions, impacts, enjeux	Très faible à faible	Échelle: ZEE de chaque DOM et COM. Petite échelle : > 1:100 000	Carte à échelle globale
		Très faible à faible	Échelle: Territoire ou chaque subdivision du territoire (province, îles...). Échelle petite à intermédiaire : 1:50 000-1:250 000	Carte à échelle globale à intermédiaire
C/ Directions techniques et services (liste non exhaustive) C.1/ Services déconcentrés de l'État ou du gouvernement : DOM - Les DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ; - Les Direction des Affaires Maritimes ou Direction Inter-Régionale de la Mer ; COM - La Délégation à l'Environnement en Polynésie française ; - La Direction de l'Environnement de la Province Sud en Nouvelle-Calédonie ; - La Direction du Développement Économique et de l'Environnement en Province nord ; - La Direction de l'Équipement et de l'Aménagement pour les îles Loyautés incluant un service environnement ; - Le Service de l'Environnement de Wallis et Futuna - Le Service des Ressources Marines (SRM) en Polynésie française (s'occupe de la gestion des ressources marines vivantes) ; - Le Service de la Pêche (Territoires d'outre-mer) ; - La Direction de l'Agriculture et de la Forêt (Mayotte) ; - Les Directions Régionales et Départementales de l'Équipement (dont Services maritimes et cellules POLMAR) ; - Les Services de l'Urbanisme et de l'Équipement (Polynésie-française). C.2/ Collectivités territoriales - Communautés de communes, communautés d'agglomérations, communes.	Plan d'aménagement ou de planification au niveau des communes (ex: SCOT, PLU, PGEM), Plan de Gestion thématique Cartes thématiques de zones littorales : Géomorphologie et habitat, sensibilité, usages, pressions, impacts enjeux. Atlas des habitats d'une île moyenne ou petite, d'une unité homogène» Étude d'impact (ex: station d'épuration, aménagement côtier, ...) Cartes thématiques de zones littorales : Géomorphologie et habitat, sensibilité, usages, pressions, impacts, enjeux	Moyen à élevé	Échelle : Communauté de communes, communes, petites et îles moyenne, unité homogène. Échelle intermédiaire à grande : 1:20 000-1:50 000	Carte à échelle globale à intermédiaire
		Moyen à élevé	Échelle: Carte de la zone récifale aux abords immédiats de l'ouvrage ou de l'aménagement concerné et dans un périmètre élargi à la zone d'impact potentiel (à définir). Grande échelle : 1:500-1:20 000	Carte à échelle fine
D/ Établissements publics gestionnaires d'espaces maritimes ou littoraux - Conservatoire du Littoral (CELRL) ; - Ports autonomes ; - Parcs nationaux et régionaux, parcs marins ; - Réserves naturelles marines.	Plan de gestion (exemple: Plan de gestion des réserves naturelles marines, Plan de Gestion du CdL) Cartes thématiques de zones littorales (typiquement les zones récifales ou 1 mille des lignes de bases droites) : Géomorphologie et habitat, sensibilité, usages, pressions, impacts, enjeux	Moyen à élevé	Échelle: Cartes à l'échelle du périmètre pour lequel est exercée la gestion. Grande échelle : 1:500-1:20 000	Carte à échelle fine
Décideurs privés (liste non exhaustive)				
- Industriels ; - Investisseurs immobiliers, chaînes hôtelières ; - Gestionnaires de marinas ; - Aquaculteurs, ostréiculteurs, perliculteurs.	Étude d'impact Cartes thématiques de zones littorales (typiquement les zones récifales ou 1 mille des lignes de bases droites) : Géomorphologie et habitat, sensibilité, usages, pressions, impacts, enjeux	Moyen à élevé	Échelle: Carte de la zone récifale aux abords immédiats de l'ouvrage ou de l'aménagement concerné et dans un périmètre élargi à la zone d'impact potentiel (à définir) Grande échelle : 1:500-1:20 000	Carte à échelle fine
Autres utilisateurs de cartographies, non décideurs : - Associations de protection de la nature ; - ONG ; - Organismes internationaux : CI, IUCN, PNUE, PNUD, WWF, AFD...	Variable	Variable	Variable	Variable

Tableau 6 : Synthèse des différentes configurations rencontrées dans le cadre des COM.

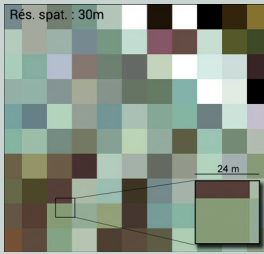
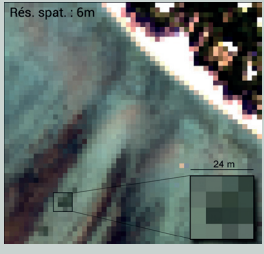
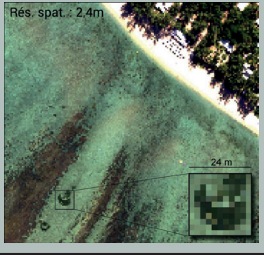
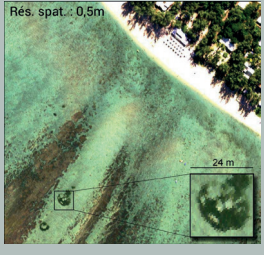
Capteurs	Résolution spatiale Exemples d'images**	Échelle de carte envisagée	Niveau typologique des habitats	Type de document et type de carte d'habitats associée	Avantages Inconvénients
Haute Résolution Spatiale (HRS)	PC* : 15m / XS* : 30m 	Petite échelle : > 1/50000e	Faible	Documents de planification et gestion au niveau national Carte à échelle globale	Faibles coûts d'acquisition Nombreuses images d'archives (Landsat + SPOT 1-5)
SPOT	SPOT 1-4 (10m / 20m) SPOT 5 (2,5-5m / 10m) SPOT 6-7 (1,5m / 6m) 	Échelle intermédiaire : 1/50000e- 1/20000e	Faible à Moyen	Documents de planification couvrant un territoire ou chaque subdivision Carte à échelle globale à intermédiaire	Résolution spatiale décimétrique (excepté SPOT5 et supérieur) Pour les images d'archives de Landsat 7, environ ¼ de chaque scène inexploitable suite à un problème technique sur le capteur (2003-2012)
«IKONOS Quickbird Pléiades»	Ikonos (1m / 4m) Quickbird (0,6m / 2,4m) Pléiades (0,5m / 2m) 	Grande échelle : > 1/20000e	Moyen à Élevé	Documents de planification ou de gestion du milieu naturel couvrant une île moyenne à petite, section homogène de plus grandes îles, des groupements de communes	Bonne résolution spatiale (métrique) Nombreuses images d'archives
«Photo aériennes»	Visible couleur (IGN) : 0,5m 	Grande échelle : > 1/20000e		et Documents de planification ou de gestion du milieu naturel couvrant une commune ou une unité géographique limitée (quelques kilomètres de linéaire côtier) Carte à échelle intermédiaire à fine	Très bonne résolution spatiale (submétrique) Généralement faible coût d'acquisition pour les décideurs publics Images d'archives souvent non optimisées pour le sous-marin (vagues, réflexions de surface)
* : PC = Panchromatique / XS = Multispectral ** : Simulation d'images de différentes résolutions spatiales					

Tableau 7 : Liens entre caractéristiques des images, échelle, niveau typologique, et type de documents de planification et de gestion.

2.4

LE TRAVAIL DE VÉRITÉ TERRAIN (APPRENTISSAGE ET CONTRÔLE)

En fonction des caractéristiques souhaitées de la carte (échelle intermédiaire à échelle fine, Tableau 8), il s'avère nécessaire de réaliser une vérité terrain. Le travail de terrain consiste à acquérir in situ, sur un certain nombre de stations, des données descriptives (qualitatives ou quantitatives) sur les habitats réellement présents. Ces observations servent à :

- aider à interpréter l'image (phase d'apprentissage),
- valider la carte d'habitats (phase de contrôle).

La phase d'apprentissage servira à établir une première typologie et permettra par la suite de faciliter l'interprétation thématique de la carte. Cette phase sera d'autant plus pertinente que l'ensemble des configurations et donc des habitats présents sera échantillonné.

La phase de contrôle servira à quantifier la précision de la carte. Cela permet de s'assurer du niveau de justesse de la carte. Ces stations ne doivent évidemment pas avoir servi pour dresser la typologie des habitats ou pour l'interprétation thématique de l'image. Idéalement, le positionnement de ces stations doit être fait une fois la carte d'habitats réalisée.

Les moyens logistiques, techniques, humains et financiers à mobiliser pour cette phase vont varier en fonction (Tableau 9) :

- du niveau typologique choisi qui influera le type de relevé, soit qualitatif soit quantitatif (Medium Scale Approach ou quadrat) ;
- de la superficie de la zone étudiée reliée directement à la diversité d'habitats qu'elle contient et de l'hétérogénéité spatiale ;
- de l'éloignement à la côte ou du port si des moyens nautiques sont nécessaires ;
- de l'hydrodynamisme (houle et courant) ;
- de la turbidité et autres facteurs environnementaux pouvant gêner la collecte terrain ;
- de la profondeur maximale à échantillonner ;

En général, en fonction de la superficie de la zone à cartographier, la phase de vérité terrain dure entre 5 et 15 jours. Ceci inclut aussi la saisie des données de retour du terrain.

Tableau 8 : Nécessité d'une vérité terrain ou non selon le type de carte

Échelle de la carte	Exemple superficie de la zone d'étude	Résolution de l'image	Niveau typologique des habitats	Type de carte (définition MESH)	Vérité terrain
Petite	50 x 50 km	Faible à moyenne	Très faible	Échelle globale	NON
Petite à intermédiaire	20 x 20 km	Élevée	Faible	Échelle intermédiaire	NON
Intermédiaire	10 x 10 km	Moyenne	Moyen	Échelle intermédiaire	OUI
Grande	2 x 2 km	Élevée	Élevé	Échelle fine	OUI

2.5

INTERPRETATION DE L'IMAGE, ET PRECISION

L'interprétation thématique de l'image

L'interprétation d'une image a pour objectif l'extraction d'objets (polygones) pertinents et leur labellisation. En cartographie numérique, en fonction

des propriétés des images, du niveau typologique visé, et de l'expertise de l'utilisateur, différentes méthodes sont possibles :

- La « photo-interprétation », ou numérisation interactive à l'écran ;
- Classification numérique d'images multispectrales ;
- Segmentation orientée objet (OBIA pour *Object-based image analysis*).

A l'heure actuelle, la méthode de photo-interprétation est la plus adaptée pour répondre à la plupart des objectifs des gestionnaires, notamment pour les cartes à échelle fine.

Typologie finale et précision de la carte

La typologie finale est une synthèse de la description des habitats lors de la vérité terrain et des habitats cartographiables à partir de l'image. Cette typologie finale est donc ajustée (diminution du niveau de détail des habitats décrits lors de la vérité terrain) pour obtenir une précision de la carte satisfaisante selon l'objectif fixé. La précision de la carte devra toujours être commentée et expliquée, notamment si elle est faible (qualité de

l'image, complexité de la zone, faiblesse de la phase d'apprentissage,...). L'essentiel étant d'avoir une bonne adéquation entre l'image, la typologie et l'effort d'échantillonnage lors de la phase d'apprentissage. En effet, si cette adéquation est bonne, la précision devrait être acceptable. En outre, en fonction des objectifs, la précision pourra être plus faible, par exemple si on privilégie la richesse thématique (nombre d'habitats répertoriés) à la spatialisation des habitats. Si nécessaire le gestionnaire pourra indiquer la précision minimale que devra atteindre la carte.

Tableau 9: Les différents aspects logistiques à prendre en compte pour la phase de vérité terrain et les correspondances en termes de moyens humains (sans prise en compte du pilote et des éventuels matelots), techniques et financiers (données à titre indicatif)

CONTRAINTE		RÉPONSE LOGISTIQUE (HUMAINE ET TECHNIQUE)		COÛT À PRÉVOIR
1/ Niveau typologique	2/ Taille de la zone d'étude en km à cartographe (approximatif)	Généralement 2 personnes sont nécessaires sur le terrain		
Très faible à faible	Grande (50x50)	Pas de vérité terrain	Coût total = (prix journalier du personnel) x (nb de jours) x (nombre de personnes)	
	Moyenne (10x10)	Pas de vérité terrain		
Moyen	Moyenne (10x10)	Nb de jours : 8-10		
	Petite (5x5)	Nb de jours : 3-5		
Élevé	Moyenne (10x10)	Nb de jours : 10-12		
	Petite (5x5)	Nb de jours : 5-8		
Attention : les jours nécessaires sont donnés à titre indicatif et pour donner un ordre de grandeur. Bien évidemment, la complexité de la zone et le nombre d'habitats potentiellement présents aura une très grande influence, au delà des tailles définies dans ce tableau.				
3/ Éloignement de la zone d'étude				
Zone d'étude accolée à la côte et peu large (ex : DAR et platier de récif frangeant)			Sans objet	
Zone d'étude éloignée de la côte de 10 à 20 milles marins environ		Nécessité d'un navire type "bateau de plongée ou de pêche côtière"	Coût navire = (prix location journalière) x (nb de jours)	
Zone d'étude éloignée de la côte de plusieurs dizaines de milles marins		Nécessité d'un navire habitable pour rester sur zone le temps de la mission terrain	Coût navire = (prix location journalière) x (nb de jours)	
4/ Hydrodynamisme de la zone d'étude				
Zone d'étude abritée et calme			Sans objet	
Zone d'étude exposée à la houle et au courant		Prévoir des jours terrain de sécurité (de 1 à 3 selon la durée de la mission) et utiliser un navire adapté aux conditions de mer	Coût supplémentaire = (prix journalier du personnel) x (nb de jours) x (nombre de personne)	

2.6

CHRONOGRAMME ET COÛT D'UNE CARTE

Le chronogramme

Une fois les objectifs définis, il faut compter en pratique environ 6 mois, de la rédaction du cahier des charges au rendu du produit final (Tableau 10). Bien entendu, ce délai dépend de la taille de la zone d'étude, du niveau typologique choisi et des contraintes humaines et logistiques.

Le coût d'une commande de cartes des habitats

Le coût varie en fonction :

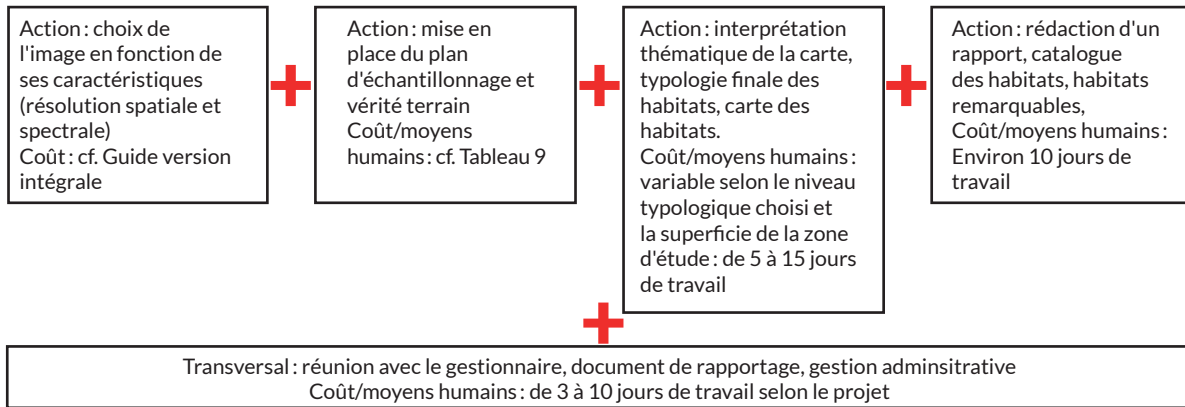
- de l'imagerie (résolution spatiale, spectrale et surface couverte) ;
- de la vérité terrain (et éventuels investissements nécessaires) ;
- du temps nécessaire à l'interprétation thématique de l'image.

La Figure 7 récapitule l'ensemble des éléments à prendre en compte pour estimer le coût nécessaire à la réalisation d'une carte d'habitats.

Tableau 10: Chronogramme indicatif pour la réalisation d'une carte des habitats en milieu récifal

DÉROULEMENT DE LA RÉALISATION D'UNE CARTE DES HABITATS	DURÉE (MISE EN ŒUVRE, TRAVAIL PRÉPARATOIRE, EXÉCUTION ET RAPPORTAGE)	QUI
Phase 1: Définition des objectifs et choix de l'échelle de rendu ou du niveau typologique	-	Gestionnaire
Phase 2: Rédaction du cahier des charges et choix du prestataire	1 à 2 mois	Gestionnaire
Phase 3: Acquisition de l'image + analyse bibliographique des données existantes	0,5 mois	Gestionnaire ou Prestataire
Phase 4: Précartographie + plan d'échantillonnage vérité terrain	0,5 mois	Prestataire
Phase 5: Vérité terrain + traitement des données	1,5 mois	Prestataire
Phase 6: Carte des habitats avec typologie définitive et quantification de la validité statistique de la carte	1,5 mois	Prestataire
Phase 7: Rendu (BDD + carte SIG + rapport)	0,5 mois	Prestataire
De la définition des objectifs au rendu de la carte	env. 6 mois	Prestataire et gestionnaire

Figure 7: Élément à prendre en compte pour l'estimation du coût d'une carte des habitats



2.7

LE RENDU AU GESTIONNAIRE

Une carte des habitats seulement restituée en format papier ou image de type « .jpg » n'est plus de nos jours satisfaisante. Il convient ainsi que le producteur de la carte fournisse au gestionnaire :

- les couches d'information au format SIG des habitats avec la mise en page, les métadonnées,

et la table attributaire renseignant chacun des polygones ;

- les données de vérité terrain, avec les photographies de terrain qui y sont rattachées ;
- les éléments annexes demandés dans le cahier des charges (description plus précises des habitats, mesures statistiques de la précision de la carte, ...).

Ainsi, l'ensemble de ces documents devra être fourni selon des formats bien précis permettant de respecter les critères de normalisation IFRECOR (voir la version intégrale du guide).

Synthèse des principaux écueils à éviter

- Ne pas prendre une trop petite échelle qui ne permettrait pas de distinguer les plus petits habitats ou une échelle trop grande qui ne permettrait pas d'avoir la vue d'ensemble nécessaire ;
- Ne pas acquérir une image avec une trop faible résolution qui ne permettrait pas de mettre en évidence certains habitats et/ou qui fournirait des délimitations d'objet trop imprécises ;
- Ne pas acquérir une image de résolution supérieure aux besoins, qui entraînerait des surcoûts inutiles ;
- Ne pas réaliser une mission de vérité terrain trop courte qui impliquerait une typologie des habitats incomplète et une interprétation thématique faussée ou une mission de vérité trop importante qui induirait un surcoût inutile ;
- Eviter autant que faire se peut d'avoir des conditions de milieu différentes entre l'acquisition des images et la vérité terrain (saisons, cyclones, ...);
- Ne pas construire une typologie des habitats trop générale ne permettant pas de mettre en

avant les habitats les plus remarquables par rapport aux objectifs fixés ;

- Ne pas construire une typologie des habitats trop détaillée qui entraînerait des coûts plus importants que nécessaire et une validité statistique de la carte plus faible.

Synthèse des points à vérifier :

- Disposer d'une carte finale avec une échelle et une typologie adaptées aux objectifs ;
- S'assurer de la validité du système de projection cartographique ;
- S'assurer de disposer à la fin de la cartographie de l'ensemble des données sources ayant permis à l'opérateur de construire sa carte ;
- S'assurer du format numérique de sortie des données ;
- Vérifier les moyens de sauvegarde des données en interne.

En cas de commande de la carte, l'ensemble des éléments à faire figurer dans le cahier des charges est détaillé dans la Figure 6.

PRINCIPALES RÉFÉRENCES

CARTOGRAPHIE DES HABITATS EN MILIEU MARIN

Andréfouët, S., Maritorena, S., Loubersac, L. (2000). « Un bilan de la télédétection appliquée aux milieux coralliens ». *Océanis*, vol. 26, no 3, p. 311-349.

ARVAM, 2009. « Thème d'Intérêt Transversal Cartographie des récifs coralliens » Etat de l'Art des Pratiques de Cartographie Appliquées aux récifs coralliens, 52p. + annexes.

PROJET MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST - DYNECO/AG/07-20/JP - Ifremer, Centre de Brest, p. 342

AIDE POUR LA RÉALISATION D'UNE CARTE D'HABITATS REpondant AUX OBJECTIFS DES GESTIONNAIRES

Andrefouët S., 2008. Coral Reef Habitat Mapping using Remote Sensing: a user vs Producer Perspective. Implications for Research, Management and Capacity Building, *Journal of Spatial Science* 53, no. 1 (2008): 113-130.

PORCHER M., 1993. Milieu littoral et récifal intertropical et aménagements. Guide pratique, méthodologie d'études, recommandations pratiques, Ministère de l'Environnement, Paris, 238 p.

<http://www.gpem.uq.edu.au/brg-rstoolkit>
University of Queensland Australia. School of Geography Planning and Environmental Management. January 2015.

RÉFÉRENTIEL POUR LA TYPOLOGIE DES HABITATS ET MÉTHODE DE VÉRITÉ TERRAIN

Andrefouët S. et al., 2006. Global assessment of modern coral reef extent and diversity for regional science and management applications: a view from space. *Proc 10th Int coral Reef Symp* 1: 1732-1745.

Battistini, R., Bourrouilh, F., Chevalier, J. P., Coudray, J., Denizot, M., Faure, G., Fisher, J. C.,

et al. (1975). Éléments de terminologie récifale indopacifique. *Téthys*, 7(1), 1-111.

Hill J, Wilkinson C, 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs: a resource for managers. Australian Institute of Marine Science and Reef Check, Townsville, 118 pp.

Clua, E., Legendre, P., Vigliola, L., Magron, F., Kulbicki, M., Sarramegna, S., Labrosse P., Galzin, R. (2006). Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 333(2), 219-230.

EXEMPLES UTILISÉS DANS CE GUIDE

Andréfouët S., Chagnaud N., Chauvin C., Kranenburg C.J., 2008. Atlas des récifs coralliens de France Outre-Mer, Centre IRD de Nouméa, Décembre 2008, 153 pages.

Nicet J.B., Garnier R., Thomassin A., Russo C., Dinhut V., Cauvin B. Wendling B., Gabriel G., Quod J.P., 2006. Projet de réserve naturelle du lagon de l'île de Mayotte (Canal du Mozambique). Cartographie géomorphologique et des peuplements de six zones remarquables. Rapport pour le compte de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte.

GLOSSAIRE

(D'APRÈS MESH)

BIOCENOSE [*biocenosis*] – n. f. Groupement d'êtres vivants correspondant par sa composition, par le nombre des espèces et des individus, à certaines conditions moyennes du milieu, groupement d'êtres qui sont liés par une dépendance réciproque et se maintiennent en se reproduisant dans un certain endroit de façon permanente (Pères & Picard, 1964).

CARTE [*map*] – n. f. Représentation plane simplifiée à échelle réduite d'un espace géographique donné.

CARTE D'HABITATS [*habitat map*] – n. f. Représentation spatiale à une échelle donnée des habitats présents à un moment et sur une surface donnée, compte tenu des connaissances disponibles.

CARTOGRAPHIE [*cartography*] – n. f. Processus de création d'une carte donnant de manière claire et concise de l'information à partir de données, à une échelle adaptée à son objet.

CLASSE [*class*] – n. f. Catégorie affectée à un ensemble d'attributs, à des fins de représentation sur une carte. En ce qui nous concerne on parlera de classe d'habitats.

COUCHE D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE [*layer*] – n. f. Jeu de données géographiques organisées par thématiques (géomorphologie, biocénose,...), décrites et stockées dans les base de données SIG. Elle contient la description géométrique, topologique et attributive (sémantique) des entités géographiques.

ÉCHELLE D'UNE CARTE [*map scale*] – n. f. Relation entre les dimensions des entités d'une carte et celles des objets géographiques réels qu'elles représentent, généralement exprimée sous forme de fraction ou de rapport. Une carte au 1/10 000^{ème} ou une échelle de 1/10 000^{ème} (par exemple) signifie qu'une unité de mesure sur la carte est égale à 10000 fois la même unité à la surface de la Terre; c'est-à-dire que les entités représentées sur la carte sont 10000 fois plus petites que l'objet réel qu'elles représentent. Si l'échelle est petite, la carte peut représenter un grand territoire, mais avec peu de détails. On dit alors que la carte est à échelle globale.

Si l'échelle est grande, la carte est détaillée, mais représente un petit territoire. On dit alors que la carte est à échelle fine.

ÉCHELLE FINE [*fine scale*] – n. f. Si l'échelle est grande, la carte est détaillée, mais représente un petit territoire. On dit alors que la carte est à échelle fine.

ÉCHELLE GLOBALE [*broad scale*] – n. f. Si l'échelle est petite, la carte peut représenter un grand territoire, mais avec peu de détails. On dit alors que la carte est à échelle globale.

FAUNE ET FLORE BENTHIQUES [*benthic fauna and flora*] – adj. Ensemble des végétaux et animaux qui sont inféodés au milieu benthique.

GEORÉFÉRENCEMENT [*georeferencing*] – n. m. : processus qui consiste à établir une relation (mathématique) entre des coordonnées papier (exemple : centimètres ou millimètres) sur une carte plane et des coordonnées réelles (géographiques). Le géoréférencement nécessite de connaître les coordonnées d'un certain nombre de points (points de calage ou TIC) dans l'un et l'autre des systèmes.

HYPERSPECTRAL [*hyperspectral*] adj. Terme employé pour décrire des images de télédétection possédant plusieurs dizaines de bandes spectrales. L'échantillonnage du spectre électromagnétique est hyperspectral lorsqu'il est réalisé de manière continue en étroites bandes adjacentes de quelques nanomètres de largeur.

NIVEAU TYPOLOGIQUE [*classification level*] – n. m. Dans une typologie hiérarchique, nombre correspondant à un degré plus ou moins élevé de détail dans la définition d'un habitat.

PIXEL [*pixel*] – n. m. De l'anglais *picture element*. Plus petite unité d'information sur une image ou une carte maillée. Un pixel est généralement carré ou rectangulaire. En télédétection, unité de base de l'acquisition de données.

MATRICE DE CONFUSION [*confusion matrix*] – n.f. La matrice de confusion se construit en mettant respectivement sur les lignes et sur les colonnes les données de référence (généralement les points de contrôle) et la classification.

Ceci permet de calculer entre autre : la précision totale, la précision pour l'utilisateur, la précision pour le réalisateur.

MÉTADONNÉES [*metadata*] – n. f. plur. Information décrivant des données, par exemple leurs caractéristiques et leurs provenances.

MILIEU BENTHIQUE [*benthic environment*] – n. m. Désigne les parties d'un écosystème aquatique constituées par la couche d'eau immédiatement en contact avec le substrat, la surface de ce dernier et les sédiments.

MULTISPECTRAL [*multispectral*] – adj. Se dit d'une image de télédétection possédant plusieurs bandes spectrales (moins de 10), réparties habituellement sur une gamme de valeurs s'étendant du domaine visible à l'infrarouge. Les images satellites classiques les plus couramment rencontrées sont de ce type.

PANCHROMATIQUE [*panchromatic*] – adj. Par opposition aux images multispectrales, les images panchromatiques ne sont composées que d'une seule large bande spectrale couvrant habituellement du visible au proche infrarouge. La faible résolution spectrale s'accompagne généralement d'un gain de résolution spatiale qui peut être 2 à 4 fois meilleure que sur une image multispectrale. La représentation d'une image panchromatique est une image en niveau de gris.

PRÉCISION [*precision*] – n. f. Variabilité des mesures d'une même grandeur. La précision indique jusqu'à quel point une mesure se rapproche de la grandeur réelle. Ici cela permet de quantifier à quel point la carte des habitats se rapproche de la réalité sur le terrain.

RÉSOLUTION SPATIALE [*spatial resolution*] – n. f. : La résolution des images numériques est définie par le nombre de pixels par unité de surface (millimètres). En télédétection, on exprime la résolution des images par la taille de la zone couverte par un pixel. Chaque pixel de l'image correspond à une partie de la surface de la Terre. On parle alors de « résolution spatiale au sol ».

RÉSOLUTION SPECTRALE [*spectral resolution*] – n.f. La résolution spectrale est la capacité du capteur à distinguer des rayonnements électromagnétiques de fréquences différentes. Plus le capteur est sensible à des différences spectrales fines, plus la résolution spectrale du capteur est élevée. La résolution spectrale d'un capteur dépend du dispositif de filtrage optique qui décompose l'énergie captée en bandes spectrales plus ou moins larges.

RÉSOLUTION THÉMATIQUE [*thematic resolution*] – n. f. Niveau (hiérarchique) de détail des classes représentées sur une carte.

RUGOSITÉ – n. f. Mesure de la complexité structurale (ou architecturale). Elle se définit ici comme la résultante du linéaire de récif développé divisé par le linéaire de récif « plat » (récif théorique sans relief). Elle se mesure à différentes échelles (généralement centimétrique à métrique).

SÉMIOLOGIE GRAPHIQUE [*graphic semiology*] – n.f. Étude des propriétés des signes graphiques. Le bon usage de la sémiologie graphique a pour but la transmission d'informations correctes et la production d'une image cartographique facilement déchiffrable.

SÉSSILE [*sessile*] – adj. Se dit d'organismes fixés directement au substrat (coraux, algues, éponges, ...).

SITE D'ÉCHANTILLONNAGE [*sampling site*] – n. m. Zone plus ou moins grande dans laquelle on procède à un échantillonnage sur le terrain. Un site peut comprendre plusieurs stations d'échantillonnage.

SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE [*geographic information system*] – n. m. Ensemble intégré de logiciels et de données servant à visualiser et à gérer de l'information sur des lieux géographiques, à analyser des relations spatiales et à modéliser des processus spatiaux. Un système d'information géographique constitue un cadre pour l'acquisition et l'organisation de données spatiales et de l'information connexe, en vue de leur analyse et de leur représentation. Abréviation : SIG [GIS].

TABLE D'ATTRIBUTS OU TABLE ATTRIBUTAIRE [*attribute table*] – n. f. Tableau contenant des données sur un ensemble de caractéristiques géographiques. Dans un SIG, une table d'attributs est liée à une couche de données spatiales.

TYPOLOGIE DES HABITATS [*habitat classification scheme*] – n. f. Système structuré, souvent hiérarchique, de types (classes) d'habitat bien définis et qui se répètent en des lieux géographiques différents.

VÉRITÉ-TERRAIN [*ground-truth data*] – n. f. plur. Phase où l'on acquiert des données sur la caractérisation des habitats (classe et typologie), par des observations et des prélèvements *in situ*, qui permettent d'une part d'interpréter des images acquises par télédétection et d'autre part de valider les cartes produites.

ABRÉVIATIONS

AFD	<i>Agence Française de Développement</i>
AMP	<i>Aire Marine Protégée</i>
CERLR	<i>Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (ou Conservatoire du Littoral)</i>
CI	<i>Conservation International</i>
COM	<i>Collectivité d'Outre-Mer</i>
DOM	<i>Département d'Outre-Mer</i>
IFRECOR	<i>Initiative Française pour les Récifs Coralliens</i>
IUCN	<i>Union Internationale pour la Conservation de la Nature</i>
MSA	<i>Medium Scale Approach</i>
MESH	<i>Mapping European Seabed Habitats</i>
PGA	<i>Plan Général d'Aménagement</i>
PGEM	<i>Plan de Gestion de l'Espace Maritime</i>
PNUE	<i>Programme des Nations Unies pour l'Environnement</i>
PNUD	<i>Programme des Nations Unies pour le Développement</i>
SAR	<i>Schéma d'Aménagement Régional</i>
SCOT	<i>Schéma de Cohérence Territoriale</i>
SDAGE	<i>Schéma Départemental d'Aménagement et de Gestion des Eaux</i>
SMVM	<i>Schéma de Mise en Valeur de la Mer</i>
TIT	<i>Thème d'Intérêt Transversal</i>
WWF	<i>World Wildlife Foundation</i>
ZEE	<i>Zone Economique Exclusive</i>
ZNIEFF	<i>Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique</i>