

ATLAS



Nouvelle-Calédonie



Institute for
Marine Remote Sensing



RÉCIFS CORALLIENS de NOUVELLE-CALÉDONIE

Serge Andréfouët
Damaris Torres-Pulliza

Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie

Serge Andréfouët
Institut de Recherche pour le Développement

Damaris Torres-Pulizza
Institute for Marine Remote Sensing, University of South Florida

Avec le support technique de :

Martial Dosdane , Photographies aériennes,
Direction du Patrimoine et des Systèmes d'Information de la Province Sud, Nouvelle-Calédonie

Christine Kranenburg , Programmation et traitement d'images, webmaster,
Institute for Marine Remote Sensing, University of South Florida

Brock Murch , Ingénieur système, webmaster,
Institute for Marine Remote Sensing, University of South Florida

Frank E. Muller-Karger, Directeur,
Institute for Marine Remote Sensing, University of South Florida

Julie A. Robinson, Chef de Projet,
Earth Sciences and Image Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center

Ce document est financé par une convention entre le Service d'Etat de l'Agriculture, de la Forêt et de l'Environnement et l'Institut de Recherche pour le Développement dans le cadre des actions menées par le Comité IFRECOR de Nouvelle-Calédonie.

Sommaire

CONTEXTE.....	3
TYPOLOGIE GLOBALE DES RECIFS CORALLIENS.....	4
PRINCIPES GENERAUX D'UNE TYPOLOGIE RECIFALE	4
LES DIFFERENTS NIVEAUX DE CLASSIFICATION DE RECIFS	4
<i>Récifs continentaux et océaniques (Niveau 1).....</i>	<i>5</i>
<i>Les grands types de complexes récifaux (Niveaux 2 et 3).....</i>	<i>5</i>
Atolls et bancs	5
Récifs barrières.....	6
Récifs frangeants	6
Complexe de massifs coralliens	6
Complexe récifal d'îles.....	7
<i>Les unités géomorphologiques récifales (Niveau 4).....</i>	<i>7</i>
LA TYPOLOGIE DES UNITES RECIFALES ET SON CODAGE	12
EXEMPLES SUR PHOTOGRAPHIES AERIENNES	12
LES RECIFS DE NOUVELLE-CALEDONIE.....	16
INVENTAIRE PAR GRANDS COMPLEXES RECIFAUX (NIVEAU 2).....	16
INVENTAIRE EXHAUSTIF PAR UNITES GEOMORPHOLOGIQUES (NIVEAU 4).....	17
UNITES GEOMORPHOLOGIQUES LES PLUS IMPORTANTES EN SUPERFICIE (NIVEAU 4).....	22
IMAGERIE LANDSAT UTILISEE.....	23
BIBLIOGRAPHIE	25
PLANCHES CARTOGRAPHIQUES.....	26
Index et contenu des planches	
Planche 1: Récifs D'Entrecasteaux	
Planche 2: Récifs des Français	
Planche 3: Récifs des Français et Iles Belep	
Planche 4: De Poum à Kaala-Gomen, Grand Récif de Koumac	
Planche 5: De Kaala-Gomen à Oundjo, Grand Récif de Mathieu	
Planche 6: De Kone à Poya	
Planche 7: De Poé à Bouraké	
Planche 8: De Bouraké à Nouméa, Récifs Tétémbia, de l'Annibal, Aboré	
Planche 9: Récif Kwé, Grand Récif Sud	
Planche 10: Ile des Pins, Réserve Merlet	
Planche 11: Du Mont Dore à Yaté	
Planche 12: De l'Ile Tupeti à Ouinné	
Planche 13: De Kouaoua à Thio	
Planche 14: De Poindimié à Houaïlou	
Planche 15: De Hienghène à Touho, Récif Mengalia	
Planche 16: Ouégoa - Pouébo, Grand Récif Pouma	
Planche 17: Iles Baaba et Balabio, Récif de Cook	
Planche 18: Récif de Cook	
Planche 19-20: Récifs de l'Astrolabe et Pétrie	
Planche 21: Ouvéa, Beautemps-Beaupré,	
Planches 22-23: Lifou, Tiga, Maré	

Contexte

La réalisation de cet atlas fait partie intégrante du projet “Millennium Coral Reef Mapping” mis en place en 2001 à l’Institute for Marine Remote Sensing de l’University of South Florida (IMaRS/USF) aux Etats-Unis. Ce projet financé par la National Aeronautics and Space Administration (NASA), Oceanography Program, vise à caractériser et cartographier la totalité des récifs de la planète à partir d’un jeu de données et de méthodes homogènes (images satellitaires de type Landsat, à 30 mètres de résolution) suivant un schéma de classification géographiquement invariant et robuste. La même équipe traite l’ensemble des 1500 images collectées pour cet objectif, ce qui est un garant de l’homogénéité des produits. Cette équipe est répartie entre le centre de Nouméa de l’Institut de Recherche pour le Développement (IRD), IMaRS/USF à Saint Petersburg en Floride, et le NASA Johnson Space Center a Houston au Texas. Une description plus complète du projet est disponible sur <http://imars.marine.usf.edu/corals/index.html>. Ce site explique la philosophie du projet, mentionne les nombreux collaborateurs mondiaux, les programmes de recherche en amont et en aval, et enfin offre la possibilité de consulter la base de données images.

L’inventaire et la cartographie des récifs français est une des priorités affichées par l’Initiative Française pour les Récifs Coralliens (IFRECOR). L’IFRECOR est une action nationale en faveur des récifs coralliens des collectivités de l’Outre-mer, engagée en mars 1999 sur décision du Premier Ministre. Elle est portée par les ministères chargés des secteurs de l’environnement et de l’outre-mer. Le comité local Néo-Calédonien de l’IFRECOR a donc lancé en 2001 une étude pour réaliser une cartographie sur l’ensemble des récifs calédoniens, sans toutefois donner de directives précises sur le schéma de classification à suivre (c’est-à-dire les classes de récifs ou type de fonds à faire figurer sur les cartes) qui restait à définir ou sur l’utilisation qui serait faite de cette cartographie. Compte tenu de l’effort en cours à USF et des thèmes convergents, IFRECOR a suivi les spécifications de ce programme scientifique et a soutenu cette initiative par l’achat complémentaire d’images Landsat 7 ETM+. Ensuite, les auteurs de cet Atlas se sont assurés au fil du temps (2002-2003) de la compatibilité du produit Nouvelle-Calédonie avec les autres produits mondiaux pour lesquels un schéma de classification a été définitivement mis au point fin 2003. L’insertion de la Nouvelle-Calédonie dans un référentiel global permettra à moyen terme des comparaisons objectives entre les différents pays de la région Indo-Pacifique et Pacifique.

Sans vouloir retracer un historique complet de l’utilisation de la télédétection pour l’étude et la cartographie des récifs, disponible dans des articles de revues scientifiques spécialisées, on notera que le produit présenté ici est original en raison de l’échelle de travail considérée (Green et al. 1996, Andrefouët et al. 2003, Hochberg et al. 2003, Andrefouët and Riegl 2004). Généralement, la plupart des études se limitent à quelques sites localisés, et à l’utilisation de guère plus d’une image. Ici, l’originalité et la difficulté du travail consistent en l’étendue du domaine et le nombre d’images à considérer. Ces contraintes empêchent d’appliquer les approches traditionnelles de cartographie des habitats décrites dans différents articles et manuels (e.g. Green et al. 2000). En effet, ces techniques sont généralement de type “sensor-down” (Hochberg et al. 2003), c’est-à-dire basées sur une connaissance de la zone et un calage des produits qui requiert un important et coûteux travail de terrain. Ce travail de terrain est incompatible avec l’échéance du projet Millenium (mi-2004), l’étendue et la complexité de la zone à traiter (la Planète), et le budget alloué.

La construction d’un schéma de classification, et donc d’une typologie de structures récifales, n’est pas un exercice aisé, surtout à l’échelle globale. La typologie doit répondre à un besoin, donner solution à un problème donné. La première étape nécessaire à la réalisation d’une cartographie globale consiste donc à établir un schéma de classification qui soit suffisamment riche pour permettre de nombreuses applications en écologie, biodiversité, géologie, hydrologie, biogéochimie et gestion du milieu, mais également qui puissent s’affranchir de données de terrain pour être validée, l’image elle-même étant souvent la seule information disponible. L’information extraite à partir des images Landsat doit pouvoir l’être de manière robuste, dans un temps raisonnable avec un taux d’erreur minimal. Ces contraintes impliquent que la cartographie doit être réalisée à l’échelle géomorphologique.

Les produits Millenium et le schéma de classification décrits au chapitre suivant ont été conçus pour aborder les six thèmes suivants:

1. Evaluation de la surface des récifs modernes
2. Productivité des récifs (thématique générale du cycle du carbone)

3. Influence des facteurs climatiques et hydrologiques sur la croissance récifale (thématique du changement climatique global)
4. Influence de la topographie pré-Holocène et des variations des niveaux marins sur la structure des récifs
5. Influence de la structure géomorphologique des récifs sur la biodiversité aux échelles biogéographiques
6. Influence de la structure géomorphologique des récifs sur le fonctionnement des lagons

Cet Atlas remplit pour la Nouvelle-Calédonie l'objectif numéro 1.

Les produits Millenium ne sont pas destinés à être utilisés pour étudier les changements intervenant sur le récif. En effet, des changements de structures géomorphologiques sont contraints par des processus généralement à des échelles de temps considérables (hormis tsunamis ou cyclones) et donc il serait inutile de refaire périodiquement le même produit dans l'espoir de réaliser un suivi du milieu. En revanche, la cartographie proposée peut servir à définir les zones qui mériteraient soit un suivi *in situ*, soit des produits cartographiques à des échelles spatiale et thématique différentes (habitats), et donc des acquisitions d'images à très hautes résolutions.

Typologie globale des récifs coralliens

Principes généraux d'une typologie récifale

Stoddart (1968) résume bien les critères à prendre en compte pour établir une typologie d'unités récifales et la nommer. Pour résumer, les critères principaux à retenir font référence à :

- l'exhaustivité, c'est-à-dire que l'ensemble des structures doit être décrit,
- l'unicité, afin d'éviter l'appartenance d'un objet à plusieurs classes,
- la précision, afin d'éviter les ambiguïtés lors de la prise de décision,
- l'utilité de la description, qui doit donc aider à remplir un but,
- la convivialité et simplicité, au sens où il est préférable d'éviter des longues périphrases ou termes abscons au profit de mots clés simples pour décrire chaque classe,
- la prudence dans l'évolution des termes, surtout remettre en question, afin de respecter le plus possible les précédentes terminologies surtout lorsqu'elle celles-ci remplissaient les conditions précédentes,
- la possibilité de traduction aisée d'une langue à l'autre (entre Anglais, Français, Espagnol et Allemand).

Dans la mesure du possible, les classes utilisées sont donc exhaustives et mutuellement exclusives. L'exhaustivité est vérifiée, puisque l'ensemble du milieu récifo-lagonaire est décrit sans exception. Le projet Millenium fournit le seul schéma de classification qui soit réellement exhaustif à ce jour. En revanche, le principe d'exclusivité est parfois difficile à vérifier en raison des transitions naturelles du milieu. Certaines zones peuvent ainsi être affectées à différentes classes et il peut exister des configurations ambiguës. Le choix final est souvent fonction du contexte local, c'est-à-dire l'ensemble des récifs présents autour de la zone ambiguë. Elle est aussi fonction de la représentation que l'analyste souhaite favoriser (ex: des zones remarquablement construites, ou des zones remarquablement exposées ou protégées, présence de récifs imbriqués, texture particulière, etc.). Enfin, il ne faut pas oublier que la cartographie est réalisée à partir d'images satellitaires qui ne capturent qu'un bref moment de la vie du récif et des conditions environnementales. Ainsi, les images peuvent être plus ou moins faciles à interpréter en fonction des conditions au moment lors de la prise de vue. Celles-ci ne sont pas toujours optimales (nuages, eaux turbides, vent et effets de surface, soleil bas en hiver ne favorisant pas une bonne pénétration de la lumière, etc....). Ceci est particulièrement vrai dans les zones turbides d'estuaires, de baies, ou frangeantes.

Les différents niveaux de classification de récifs

Le schéma de classification global établi pour l'ensemble des récifs coralliens de la planète est de type hiérarchique et comprend plusieurs niveaux. Au sommet de l'arbre hiérarchique figure la dichotomie entre récifs continentaux et océaniques (Niveau 1). Ceux-ci se scindent ensuite en grands complexes récifaux (Niveau 2 : atolls, bancs, atolls surélevés, îles, massifs coralliens, récifs barrières, récifs frangeants et structures marginales), qui se décomposent eux-mêmes en blocs (Niveau 3) qui sont finalement constitués de combinaisons diverses d'unités géomorphologiques (Niveau 4).

Récifs continentaux et océaniques (Niveau 1)

Quand un complexe système récifal est traité, le premier critère de décision consiste en fait à discriminer les zones océaniques des zones continentales. La distinction peut sembler triviale, mais ne l'est pas forcément dans les contextes des mers intérieures à volcanisme actif comme en Indonésie (Tomascik 1997) ou les Caraïbes par exemple. La Nouvelle-Calédonie comprend ces deux systèmes. Les Loyautés, Astrolabe, Petrie, Récifs D'Entrecasteaux, Chesterfield sont de types océaniques. Le reste des systèmes récifaux (autour de Grande Terre, Ile des Pins, Iles Belep) est de type continental. En Nouvelle-Calédonie, les atolls et bancs sont tous aussi océaniques.

Les grands types de complexes récifaux (Niveaux 2 et 3)

Les complexes récifaux comprennent des structures classiquement décrites en morphologie et génèse récifale. Ce sont les :

- Atolls (*atoll*)
- Atolls surélevés (*raised atoll*)
- Bancs (*bank*)
- Récifs barrières (*barrier reef*)
- Récifs frangeants (*fringing reef*)
- Complexe de massifs coralliens (*patch reef*)
- Complexes récifaux d'îles (*island*)
- Complexes marginaux de plateau continental (*shelf margin reef*) qui ne seront pas décrits ici car absents de Nouvelle-Calédonie, mais communs dans les Caraïbes par exemple.

Atolls et bancs

De nombreuses propositions ont été faites pour définir un atoll ou un banc. La définition darwinienne, où l'atoll résulte de la succession frangeant-barrière-atoll décrit la première fois par Darwin (1842) n'est pas retenue ici. Le critère principal retenu est morphologique et topologique: un atoll est un système isolé, important en taille, qui possède une structure périphérique annulaire dont la majeure partie est visible, enserrant ainsi un lagon. Ceci permet de traduire avant tout la notion de système lagonaire en cuvette relativement fermé et la notion de couronne (*rim*). En revanche, un banc corallien est un système isolé, important en taille, de forme non-annulaire, ou alors la majeure partie du récif périphérique n'est pas visible. Les bancs ou atolls peuvent avoir une surface de terre émergée conséquente sur la périphérie. On discriminera également dans la mesure du possible les atolls surélevés (*raised atoll*) s'ils se trouvent dans un voisinage d'atolls « normaux » et s'ils ont encore une structure de couronne apparente (exemple d'Ouvéa).

Atolls et bancs sont deux systèmes insulaires qui n'ont jamais de récifs frangeants (décrits plus bas) car les parties terrestres d'atolls ou bancs sont un produit du récif, par accumulation de débris carbonatés. C'est donc le récif qui sert de point d'ancrage et la source de la « terre », et non la terre qui sert de point d'ancrage au récif (le cas des frangeants). On aura pour les atolls les sous-complexes (ou blocs de Niveau 3) de :

- Couronne
- Lagon
- Complexe de massifs coralliens

Et pour les bancs, les sous-complexes de :

- Récif périphérique ou central
- Terrasse lagonaire
- Complexe de massifs coralliens

Les mots « Lagon » et « Terrasse lagonaire » sous-entendent un degré d'ouverture sur l'océan différent, les terrasses des bancs étant plus ouvertes que les lagons des atolls. Le mot « Terrasse » n'implique pas systématiquement la présence d'un ancien niveau marin, mais il indique une zone apparaissant à l'image comme plane ou en pente douce généralement protégée des vents et des houles dominantes, et fréquemment dominée par les sédiments carbonatés ou les herbiers.

Récifs barrières

Les récifs barrières sont des récifs généralement linéaires, séparés de la côte par un espace qui est généralement un lagon profond, mais parfois une terrasse lagonaire peu profonde rejoignant la côte ou un complexe de récifs frangeants (voir ci-après ce type de récif). On distinguera les complexes de récifs barrières (ou suivant:

- Récif barrière externe (*outer shelf barrier reef*): le complexe le plus fréquent, marquant la bordure externe du complexe récifal d'une île océanique ou continentale, ou d'une masse continentale
- Récif barrière interne (*inner shelf barrier reef*): le récif barrière s'est développé sur le plateau continental, en position intermédiaire entre la côte d'un continent (ou des îles continentales) et un autre récif barrière externe

Ces deux types correspondent à deux « grands sous-complexes » qui seront considérés de Niveau 2. Chacun d'eux peut ensuite donner racine à des blocs de Niveau 3:

- Récif barrière imbriqué (*imbricated barrier reef*): cas d'une section, ou d'un récif barrière (externe ou interne) qui s'enroule sur lui-même donnant des expositions aux houles et vents différentes du reste du récif. Cas également d'un récif barrière pénétrant dans la zone lagonaire d'un autre récif barrière proche
- Récif barrière multiple (*multiple barrier reef*): succession serrée de récif barrière (externe ou interne) disposés en parallèle, pouvant être jointifs par endroits. En général, il s'agit de double-récif, très rarement de triple-récif.
- Récif barrière côtier (*coastal barrier reef*): récif barrière (externe ou interne), uniquement séparé de la côte que par un lagon ou une terrasse lagonaire peu profond, en continuité avec un complexe frangeant.
- Récif barrière avec frangeant (*barrier-fringing reef complexe*) (non présent en Nouvelle-Calédonie, mais présent à Mayotte, Palau ou Fidji): récif barrière (externe ou interne) qui inclus dans sa structure des complexes frangeants en raison de la présence d'îles volcaniques ou continentales le long de la structure principale.

Enfin, on notera que le barrière le plus externe d'un récif barrière interne de Niveau 2 sera décrit comme un « Récif barrière externe » mais de Niveau 3.

Récifs frangeants

Les récifs frangeants sont des récifs directement accolés à la côte ou au plus séparés d'elle par un étroit chenal. Nous conservons donc ici la définition établie par Battistini et al. (1975). Les frangeants peuvent être directement exposés à l'océan, ou protégés par un ensemble périphérique constitué d'autres récifs (frangeant donnant sur un lagon, ou en contact avec un récif barrière côtier) ou de terre émergée (frangeant donnant sur une mer intérieure ou une baie). On distinguera donc les 7 sous complexes (ou blocs de Niveau 3) de récifs frangeants suivants, qui diffèrent par 1/ leurs expositions, 2/ leur possible appartenance à un complexe de récif barrière, 3/ leur structure:

- Récif frangeant exposé à l'océan
- Récif frangeant exposé à des mers intérieures
- Récif frangeant protégé de lagons
- Récif frangeant protégé de baies
- Récif frangeant de récif barrière côtier
- Récif frangeant de récif barrière avec frangeant
- Récif frangeant diffus

Complexe de massifs coralliens

Le terme de « massif corallien » a été choisi comme équivalent du terme anglais « *patch* ». Toutefois, un « *patch reef* » n'implique pas forcément de notion de taille, alors que c'est le cas pour le terme « massif corallien » (quelques dizaines de mètres de diamètre, Battistini et al. 1975). En l'absence de vocabulaire adéquat, le terme de massif corallien n'impliquera pas ici de limitation de taille. On rajoute le terme « Complexe de » pour préciser que ce sont en général des groupements de massifs coralliens que l'on observe. Les structures massives isolées étant qualifiées de bancs ou d'atolls (voir plus haut).

De la même manière que les frangeants, on distinguera 4 sous-complexes (ou blocs de Niveau 3) qui diffèrent par leurs expositions:

- (Complexe de) Massifs coralliens côtiers ou frangeants
- (Complexe de) Massifs coralliens exposés à l'océan
- (Complexe de) Massifs coralliens exposés à des mers intérieures
- (Complexe de) Massifs coralliens de lagon

Complexe récifal d'îles

Les îles (*island*) ne sont pas des systèmes récifaux à part entière, hormis les atolls et bancs qui sont traités à part. Contrairement aux atolls et bancs coralliens, les îles possèdent une surface de terre émergée non-périphérique, d'importance variable, autour desquelles certains des complexes récifaux décrits précédemment peuvent également se développer, notamment:

- Récifs frangeants
- Récifs barrières
- Complexe de massifs coralliens
- Complexes marginaux de plateau continental

A ce stade il convient de noter que bien que le schéma de classification soit hiérarchique, certaines branches peuvent se rencontrer à différents niveaux de la hiérarchie. Par exemple, les récifs frangeants seront présents à 3 niveaux. 1) en tant que complexe Continental, au même titre que les atolls, bancs ou îles. 2) comme complexe récifal d'île continentale ou océanique; 3) comme unité d'un complexe de récif barrière côtier continental ou océanique. Il existe donc de multiples configurations et degrés d'imbrications.

Les unités géomorphologiques récifales (Niveau 4)

Les unités géomorphologiques récifales représentent les atomes qui vont constituer l'ensemble des complexes récifaux de niveaux supérieurs. Elles sont parfois spécifiques à un type de complexe, mais la plupart sont ubiquistes (ex : platier récifal). Les 127 unités géomorphologiques utilisées ont été identifiées après examen de plus de 1000 images couvrant la quasi intégralité des récifs coralliens de la Planète afin de s'assurer du principe d'exhaustivité et de s'assurer de la possibilité de les reconnaître à l'image aisément et systématiquement. Le tableau suivant fournit la liste par ordre alphabétique (en français) de ces unités et indique les applications et critères pour lesquelles elles ont été prises en compte dans la typologie.

Les applications sont des thèmes scientifiques (productivité et cycle du carbone, croissance et évolution des récifs, fonctionnement des lagons d'atolls, etc...). Dans ce cas, les unités retenues offrent un indice ou une propriété utile à un des thèmes scientifiques particulière (ex : les faros, ou récifs circulaires communs aux Maldives sont une signature du forçage climatique saisonnier dû à la mousson). D'autres critères impliquent des contraintes cartographiques (besoin de représentation exhaustif de l'espace) ou représentent les noeuds des niveaux hiérarchiques. Enfin, certaines unités ont été considérées car elles renferment des habitats particuliers, ou sont synonymes de changement ou transition dans la structure des habitats présents dans la zone.

TABLEAU 1 (4 pages suivantes) : Unités géomorphologiques compilées pour la cartographie et inventaire des récifs mondiaux

SIG ID	Label (Français)	Label (Anglais)	Critères de sélection															
			Productivité	Croissance récifale	Topographie pré-Holocène	Fonctionnement lagon	Habitat	Usages	Cartographie	Hiérarchie								
1	2	Atoll																X
2	29	atoll ennoyé (guyot)	drowned atoll		x	x												x
3	91	Atoll surélevé ou asséché	Raised/filled atoll		x	x	x					x						x
4	3	Banc corallien	Bank		x	x	x											x
5	30	banc ennoyé	drowned banc		x	x												
6	97	bassin ou lagon enclavé ou résiduel de couronne d'atoll	rim enclosed lagoon or bassin (rim fahlu)		x	x												
7	98	bassin ou lagon enclavé ou résiduel de couronne d'atoll, à champ de constructions coralliennes	rim enclosed lagoon or bassin with constructions (reticulated rim fahlu)		x	x												
8	33	bassin résiduel	enclosed bassin		x	x												
9	12	chenal	channel		x	x	x					x						
10	112	Complexe de massifs coralliens de plateau continental	Shelf patch-reef complexe															x
11	65	Complexe de massifs coralliens de mer intérieure	Intra-seas patch-reef complexe															x
12	64	Complexe de massifs coralliens lagunaires	Intra-lagoon patch-reef complexe															x
13	13	Complexe de récif barrière côtier	Coastal Barrier Reef Complex															x
14	76	Complexe de récif barrière externe	Outer Barrier Reef Complex															x
15	6	Complexe de récif barrière avec frangeant	Barrier-Fringing Reef Complex															x
16	51	Complexe de récif barrière imbriqué	Imbricated Barrier Reef Complex															x
17	74	Complexe de récif barrière multiple	Multiple Barrier Complex															x
18	96	couronne d'atoll	atoll rim															x
19	32	couronne d'atoll ennoyé	drowned atoll rim		x	x	x					x						
20	102	couronne fragmentée	fragmented rim		x	x	x											
21	16	crête	crest	X	x	x						x						
22	1	crête algale	algal crest		x													
23	15	crête corallienne	coral crest	X	x	x						x						
24	28	double récif barrière	double-barrier reef															x
25	94	échine corallienne	ridge		x	x												
26	95	échine corallienne fossile	ridge and fossil crest		x	x												
27	124	enveloppe indéterminée	undetermined envelop														x	
28	37	escarpement	escarpment	x	x	x						x						
29	39	faro	faro		x	x												
30	99	faro de couronne	rim faro		x	x												

31	66	faro lagonaire	lagoon faro		x	x							
32	111	fonds durs de plateau continental	shelf hardground, relic									x	
33	45	frangeant associe à des récifs barrières	fringing associated w/ barrier structures									x	
34	25	frangeant diffus	diffuse fringing		x	x						x	x
35	47	frangeant de complexe de récif barrière côtier	fringing of coastal barrier									x	
36	46	frangeant de complexe de récif barrière externe avec frangeant	fringing of outer barrier-fringing complex									x	
37	126	frangeant réticulé	reticulated fringing			x	x						
38	43	front récifal	forereef	x	x	x						x	
39	41	front récifal de faro	faro forereef			x	x		x			x	
40	88	front récifal de pâtés coralliens	patch forereef	x	x							x	
41	117	haa	subtidal faro (haa)		x	x							
42	118	haa de lagon	subtidal lagoon faro (haa)			x	x						
43	116	hoa	spillway		x	x		x					
44	31	lagon d'atoll ennoyé	drowned atoll lagoon			x	x						
45	26	lagon de double récif barrière	double barrer lagoon			x	x						
46	27	lagon de double récif barrière à champ de constructions coralliennes	double barrier lagoon with constructions	x	x	x						x	
47	49	lagon de haa	haa enclosed lagoon			x	x		x				
48	34	lagon enclavé	enclosed lagoon			x	x						
49	36	lagon enclavé à champ de constructions coralliennes	enclosed lagoon with constructions (reticulated)	x	x	x						x	
50	40	lagon enclavé de faro	faro enclosed lagoon			x	x						
51	100	lagon enclavé de faro de couronne d'atoll	rim faro enclosed lagoon			x	x						
52	35	lagon ou bassin enclavé de frangeant	fringing enclosed lagoon or bassin (fahlu)			x	x						
53	105	lagon peu profond d'atoll	shallow lagoon	x					x				
54	108	lagon peu profond d'atoll, à champ de constructions coralliennes	shallow lagoon with constructions (reticulated)	x	x	x			x			x	
55	18	lagon profond d'atoll	deep lagoon	x					x				
56	22	lagon profond d'atoll à champ de constructions coralliennes	deep lagoon with constructions (reticulated)	x	x	x			x			x	
57	19	lagon profond, mer intérieure peu profonde	deep lagoon and shallow intra-seas										x
58	9	lagon saumâtre d'atoll	brackish atoll lagoon	x					x				
59	125	lagon surélevé	uplifted lagoon			x	x		x				
60	87	Massif corallien	Patch										x
61	14	massif corallien frangeant	coastal/fringing patch	x	x	x						x	
62	119	massif corallien non-affleurant, knoll	subtidal patch reef flat (Thila)			x	x						

63	78	partie extérieure de couronne récifale fermée	outer closed rim reef flat	x	x				x			
64	81	partie extérieure de couronne récifale ouverte	outer open rim reef flat	x	x				x			
65	77	partie extérieure de platier récifal fermé	outer closed reef flat	x	x				x			
66	80	partie extérieure de platier récifal ouvert	outer open reef flat	x	x				x			
67	54	partie intérieure de couronne récifale fermée	inner closed rim reef flat	x					x			
68	58	partie intérieure de couronne récifale ouverte	inner open rim reef flat	x					x			
69	53	partie intérieure de platier récifal fermé	inner closed reef flat	x					x			
70	57	partie intérieure de platier récifal ouvert	inner open reef flat	x					x			
71	85	pas	pass				x	x				
72	123	pas peu profonde ou couronne ennoyée	subtidal rim (shallow pass)				x	x				
73	121	pas peu profonde ou platier récifal ennoyé	subtidal reef flat (shallow pass)				x	x				
74	83	penne externe	outer slope	x	x	x		X	x			
75	59	penne interne (de lagon d'atoll)	inner slope	x	x	x		X	x			
76	84	penne ou terrasse externe de récif barrière imbriqué	outer slope/terrace of Imbricated Barrier reef	x	x	x		x	x			
77	79	penne ou terrasse externe de récif barrière multiple	outer lagoon terrace	x								
78	114	penne supérieure du plateau continental	shelf slope								x	
79	89	pinacle	pinnacle	x	x	x		x	X			
80	67	pinacle de lagon d'atoll	lagoon pinnacle	x	x	x		x	X			
81	90	pinacle de récif barrière	barrier reef pinnacle/patch	x	x	x		x	X			
82	10	plateforme inter-atoll	bridge between atolls		x	x						
83	11	plateforme inter-banc	bridge between banks		x	x						
84	82	plateau externe d'atoll surélevé	raised atoll outer reef flat	x	x	x		x	x			
85	92	plateau récifal	reef flat (intertidal)	x	x	x		x	x			
86	103	plateau récifal de couronne d'atoll	atoll rim intertidal reef lat	x	x	x		x	x			
87	42	plateau récifal de faro	faro reef flat	x	x	x						
88	101	plateau récifal de faro de couronne d'atoll	rim faro reef flat	x	x	x						
89	50	plateau récifal de haa	haa subtidal reef flat	x	x	x		x				
90	86	plateau récifal de pas	pass reef flat	x	x	x		x				
91	122	plateau récifal ennoyé de massifs coralliens	patch subtidal reef flat (thila) (shoal)	x	x	x						
92	44	plateau récifal fractal frangeant	fractal reef flat		x	x						
93	52	plateau récifal immature	immature reef flat		x	x						
94	60	plateau récifal intermédiaire de récif barrière côtier	intermediate reef flat	x	x	x			x			
95	63	plateau récifal intertidal de massifs coralliens	intertidal patch reef flat (faro)	x	x	x			x			

96	61	platier récifal intertidal de massifs coralliens (atoll ou banc)	intertidal patch reef flat (faru) (atoll or bank)	x	x	x		x					
97	72	platier récifal linéaire	linear reef flat	x	x	x							
98	120	platier récifal ennoyé	subtidal reef flat		x	x							
99	17	récif barrière ennoyé profond	deep drowned reef flat		x	x							
100	113	Récif de plateau continental	Shelf reef										x
101	38	récif exposé de plateau continental	exposed margin reef	x	x	x		x					
102	48	Récif frangeant	Fringing reef										x
103	8	récif frangeant de fond de baie	bay sheltered fringing					x					
104	115	récif protégé de plateau continental	sheltered margin reef	x				x					
105	5	Récif barrière	Barrier reef										x
106	73	tapis microbien	mud-microbial flat	x			x	x	x				
107	127	terrasse de plateau continental	shelf terrace	x	x	x		x					
108	128	terrasse de plateau continental, à champ de constructions coralliennes	shelf terrace with construction	x	x	x		x					
109	55	terrasse interne de récif barrière multiple ou imbriqué	inner lagoon terrace	x	x	x		x					
110	56	terrasse interne de récif barrière multiple ou imbriqué, à champ de constructions coralliennes	inner lagoon terrace with constructions (reticulated)	x	x	x		x					
111	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	coastal barrier-reef or fringing (closed) lagoon terrace	x	x	x		x					
112	69	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant à champ de constructions coralliennes	coastal barrier-reef or fringing (closed) lagoon terrace with constructions (reticulated)	x	x	x		x					
113	106	terrasse lagonaire peu profonde	shallow lagoon terrace	x	x	x		x					
114	107	terrasse lagonaire peu profonde à champ de constructions coralliennes	shallow lagoon terrace with constructions (reticulated)	x	x	x		x					
115	20	terrasse lagonaire profonde	deep lagoon terrace	x			x	x					
116	21	terrasse lagonaire profonde à champ de constructions coralliennes	deep lagoon terrace with constructions (reticulated)	x	x	x	x	x					
117	109	terrasse peu profonde	shallow terrace										
118	110	terrasse peu profonde à champ de constructions coralliennes	shallow terrace with constructions (reticulated)										
119	23	terrasse profonde	deep terrace	x			x	x					
120	24	terrasse profonde à champ de constructions coralliennes	deep terrace with constructions (reticulated)	x	x	x	x	x					
121	71	Terre émergée	Land							x	x		
122	4	terre émergée de banc	bank reef-top land		x	x		x					
123	104	terre émergée de couronne d'atoll	rim-top land		x	x		x					
124	93	terre émergée de massifs coralliens	patch reef-top land		x	x		x					
125	70	terre émergée de massifs coralliens lagonaire (atoll)	lagoonal reef-top land		x	x		x					
126	7	terre émergée de récif barrière	barrier-reef-top land		x	x		x					
127	75	zone frangeante non-récifale	non reefal diffuse fringing areas					x					

La typologie des unités récifales et son codage

Nous obtenons donc une hiérarchie (Fig. 1) composée de 2 méga-groupes « Océaniques » et « Continentaux » (Niveau 1), 13 grands complexes récifaux (Niveau 2 : atolls, bancs, atolls surélevés, îles, massifs coralliens, récifs barrières, récifs frangeants et structures marginales), qui se décomposent eux-mêmes en blocs (Niveau 3) finalement constitués de combinaisons diverses des 127 unités géomorphologiques (Niveau 4). Ces blocs peuvent apparaître plusieurs fois comme le montre la figure 1 et peuvent être équivalents à un complexe de Niveau 2 dans certains cas. Par convention, à l'échelle mondiale, chacune des 127 unités géomorphologiques aura un code différent selon qu'elle se rencontre dans un bloc de Niveau 3, et/ou un complexe de Niveau 2 et/ou un récif de Niveau 1. En procédant de cette manière, on montre qu'il existe 965 combinaisons possibles, donc 965 classes d'unités récifales géomorphologiques.

L'absence de données de terrain quantitatives ne permet pas de décrire explicitement les propriétés du milieu (couverture benthique, relief, rugosité, etc...) pour chaque classe géomorphologique. Les catégories retenues peuvent donc paraître simples d'après leurs labels (cf Tableau des unités géomorphologiques) mais cela est compensé par le nombre de classes finales décrites dans le schéma de classification globale (965 classes). Ces classes reflètent souvent, mais de manière implicite, des propriétés biologiques ou physiques telles que le type dominant de substrat, l'exposition à la houle ou la profondeur. Le label géomorphologique est donc souvent un raccourci commode, symbole de nombreuses propriétés du milieu pour qui sait l'interpréter qu'il soit scientifique ou gestionnaire du milieu.

Nous ne détaillons pas ici le détail de la structure de chaque bloc au niveau mondial, car l'ensemble des possibilités n'est pas forcément rencontré en Nouvelle-Calédonie, mais la liste des 150 structures présentes est fournie, avec leurs codes finaux (« SIG Gridcode »), et les 3 clés correspondants aux niveaux 1, 2 et 3 de la hiérarchie. Enfin, la superficie de chaque classe est fournie. Le code « SIG Gridcode » correspond aux codes apparaissant dans les planches cartographiques et dans les attributs des objets des fichiers numériques destinés à être utilisés dans des Systèmes d'Information Géographique (SIG).

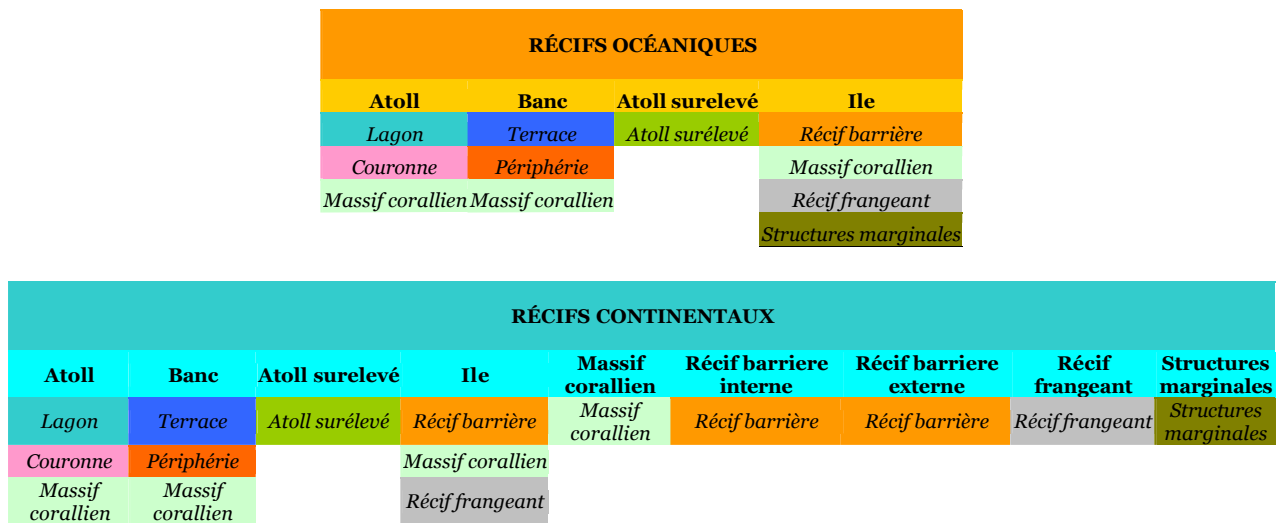


Figure 1: Hiérarchie de la classification des récifs, Niveaux 1, 2 et 3.

Exemples sur photographies aériennes

Les trois figures suivantes présentent quelques vues obliques d'unités récifales types avec leurs codages au Niveau 4 (SIG ID, reporté dans le Tableau 1 en 2^{ème} colonne) et leurs codages finaux (cf Tableau 2). Les récifs barrières, frangeants et massifs coralliens sont successivement présentés.

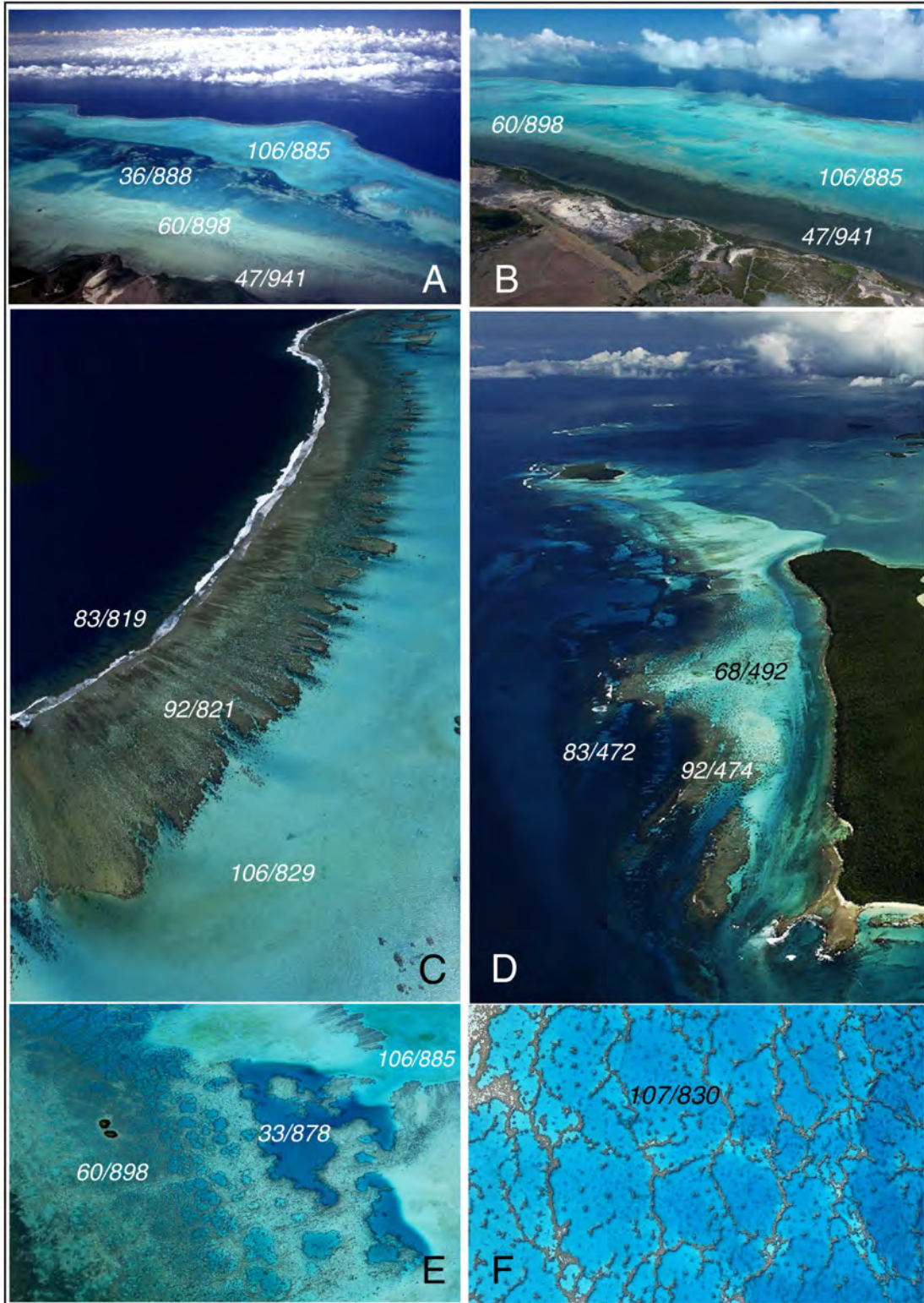


Figure 2: Unités récifales de récifs barrières (RB). Le 1er code fait référence au Tableau 1 (SIG-ID, unités géomorphologiques). Le second code fait référence au Tableau 2 (SIG-Gridcode, classification finale). A/ et B/ RB externe côtier continental C/ RB externe continental et D/ RB externe côtier d'île continentale, E/ et F/ détails.

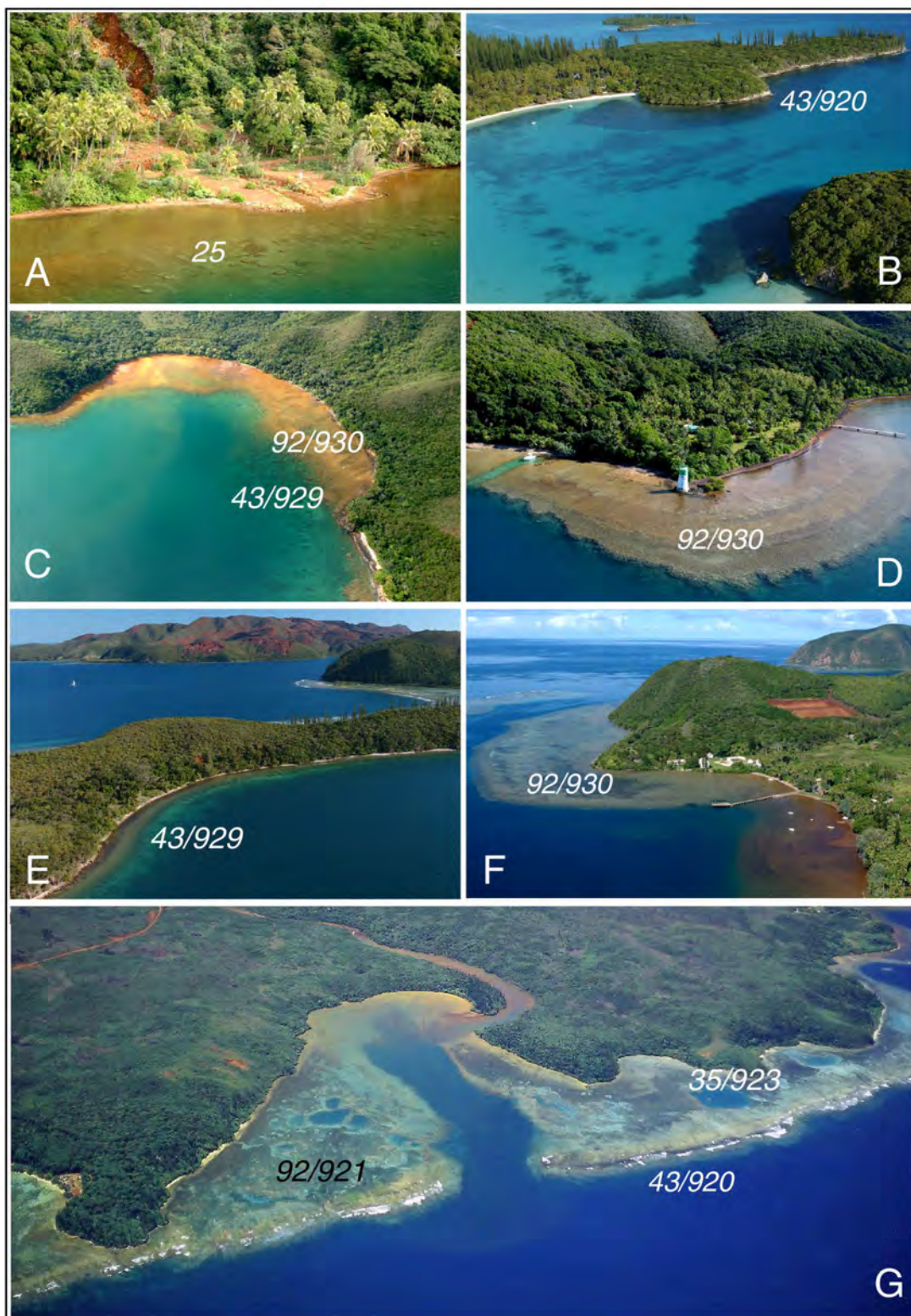


Figure 3: Unités récifales de récifs frangeants (RF). Le 1er code fait référence au Tableau 1 (SIG-ID, unités géomorphologiques). Le second code fait référence au Tableau 2 (SIG-Gridcode, classification finale). La classe « frangeant diffus » (25) qui est certainement la plus sujette à erreur (récifs étroits, eaux turbides), B/ front récifal (43) de RF exposé à des mers intérieures, C, D, E, F/ platiers récifaux (92) et fronts récifaux (43) de RF de lagon, G/ platier récifal (92), front récifal (43) et lagon enclavé (35) de frangeant de mer intérieure.

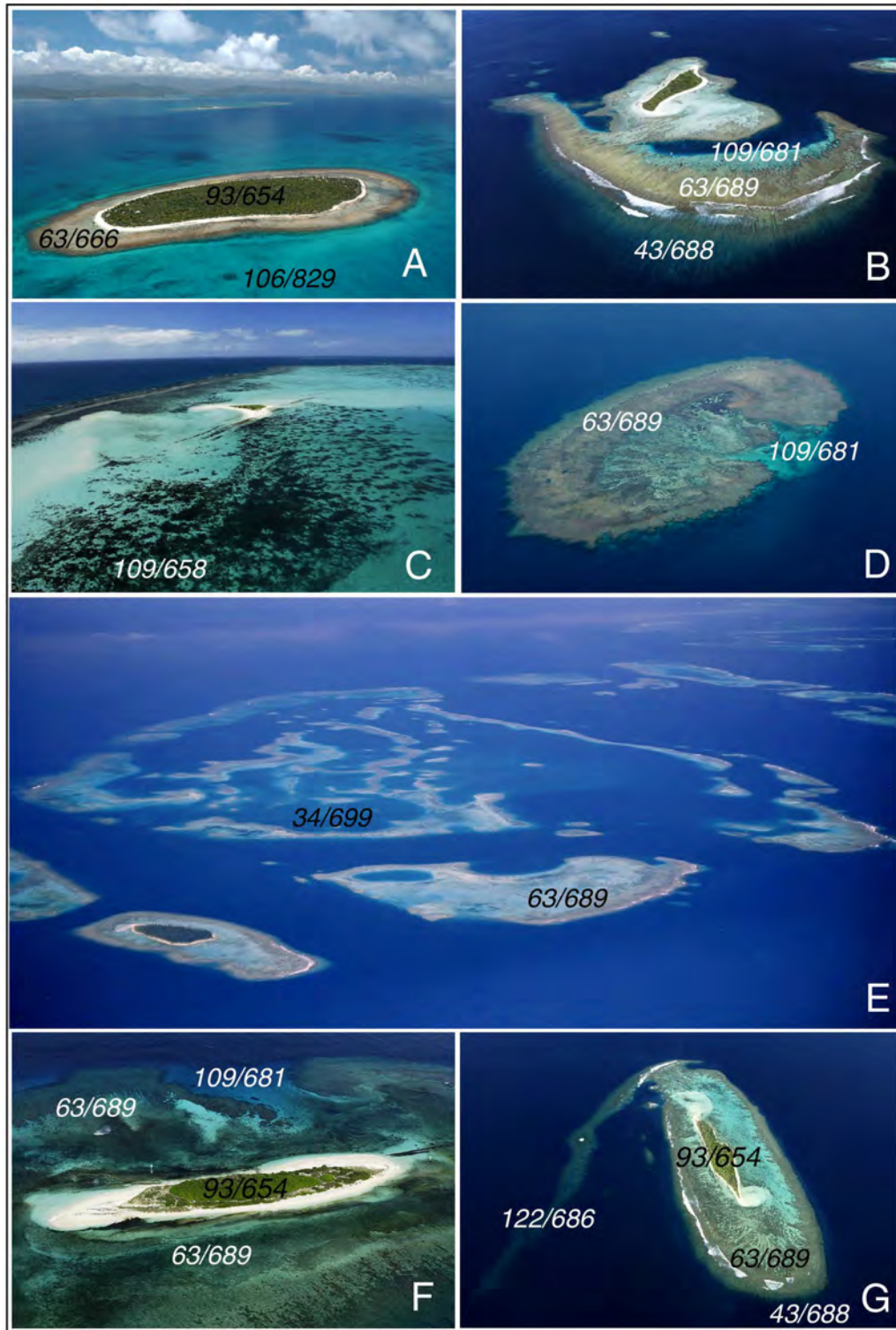


Figure 4: Unités récifales de massifs coralliens (MC). Le 1er code fait référence au Tableau 1 (SIG-ID, unités géomorphologiques). Le second code fait référence au Tableau 2 (SIG-Gridcode, classification finale). A/ terre émergée (93) et platier récifal (63) de MC de lagon, B) platier récifal (63), front récifal bien développé (43) et petite terrasse peu profonde (109) de MC de mer intérieure, C/ large terrasse peu profonde (109) de MC de lagon, D/ MC de lagon avec platier récifal (63) bien développé et petite terrasse lagonaire peu profonde (109), E/ MC de mer intérieure avec nombreux lagons enclavés (34), F et G/ terre émergée (93), platier récifal (63), terrasse peu profonde (109), front récifal (43) et platier récifal ennoyé (122) de MC de mer intérieure.

Les récifs de Nouvelle-Calédonie

Inventaire par grands complexes récifaux (Niveau 2)

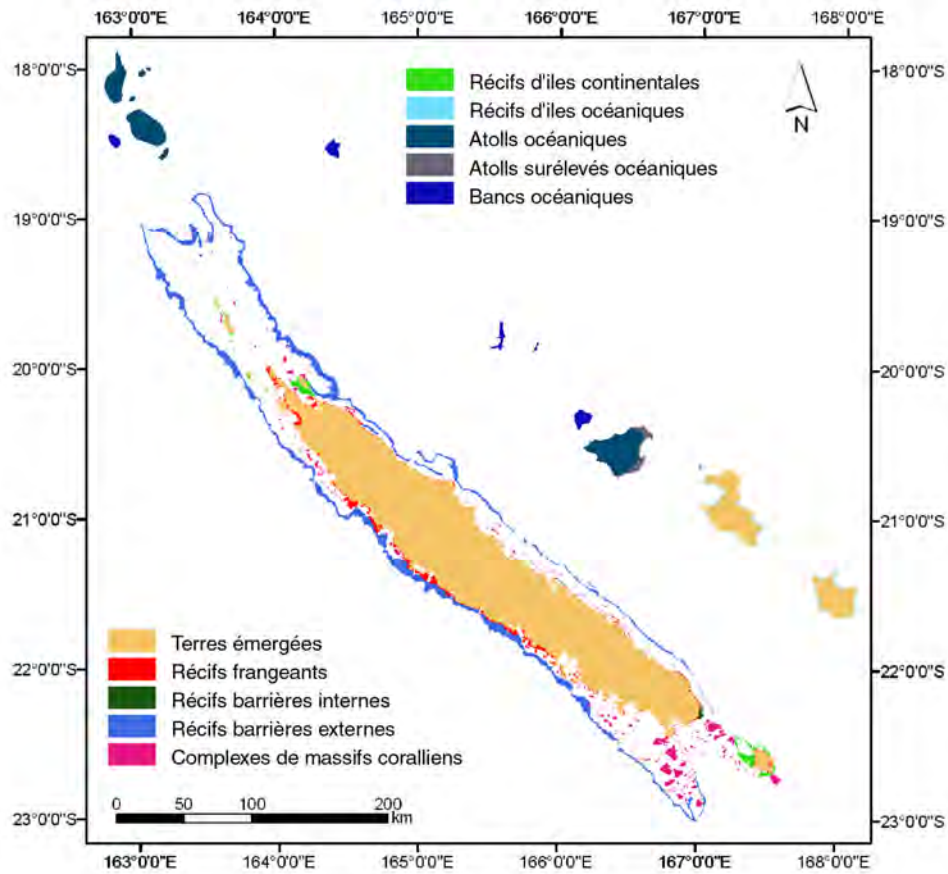


Figure 5 : Répartition des grands complexes récifaux autour de la Nouvelle-Calédonie

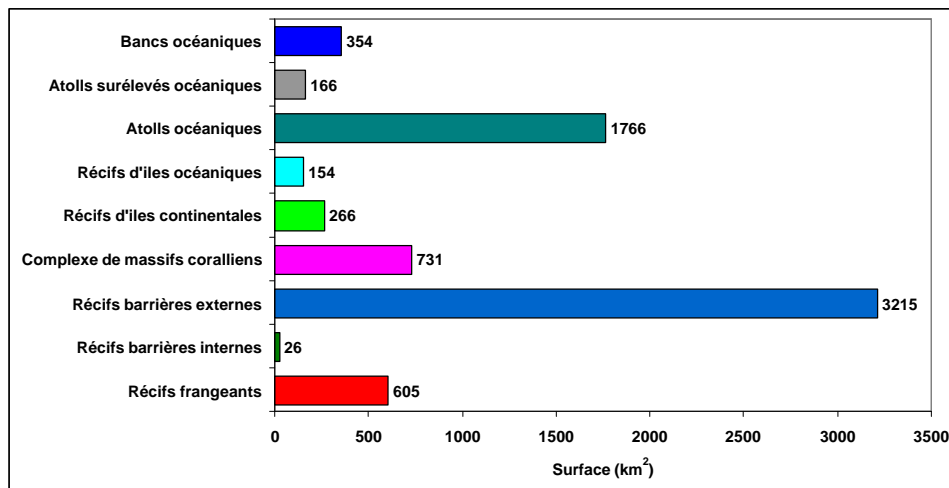


Figure 6 : Surfaces récifales de grands complexes Néo-Calédonien. (N.B. ces valeurs incluent 145.35, 4.82 et 0.54 km² de terres émergées pour respectivement les atolls surélevés –Ouvéa-, atolls et bancs).

Inventaire exhaustif par unités géomorphologiques (Niveau 4)

La Nouvelle-Calédonie représente un cas remarquable en raison de la diversité des structures présentes. En effet, 150 classes d'unités récifales sont présentes. La liste est fournie dans le tableau 2, ainsi que les superficies de chaque classe.

TABLEAU 2 (cette page, et 4 pages suivantes) : Unités géomorphologiques présentes en Nouvelle-Calédonie. Le code « SIG Gridcode » est celui figurant sur les planches cartographiques en fin de volume.

SIG Gridcode (1-965)	Code Complexe récifal (Niv. 2)	Label Complexe récifal (Niv. 2)	Code Sous-complexe récifal (Niv. 3)	Label Sous-complexe récifal (Niv. 3)	Code Unité géomorphol. (Niv. 4)	Label Unité géomorphologique (Niv. 4)	Surface km2
9	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	83	penne externe	57.96
15	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	92	platier récifal	111.55
22	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	85	penne	37.81
23	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	86	platier récifal de penne	2.11
24	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	123	penne peu profonde ou couronne ennoyée	8.68
25	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	97	bassin ou lagon enclave ou résiduel de couronne d'atoll	7.98
28	2	Bancs océaniques	7	Récif périphérique ou central de banc	92	platier récifal	45.44
35	2	Bancs océaniques	7	Récif périphérique ou central de banc	85	penne	3.39
37	2	Bancs océaniques	7	Récif périphérique ou central de banc	121	penne peu profonde ou platier récifal ennoyé	5.47
42	1	Atolls océaniques	3	Lagon d'atoll	59	penne interne (de lagon d'atoll)	203.09
43	1	Atolls océaniques	3	Lagon d'atoll	18	lagon profond d'atoll	758.03
47	1	Atolls océaniques	4	Massif corallien d'atoll	67	pinacle de lagon d'atoll	0.06
49	1	Atolls océaniques	3	Lagon d'atoll	105	lagon peu profond d'atoll	574.37
53	1	Atolls océaniques	5	Terre émergée d'atoll	104	terre émergée de couronne d'atoll	4.82
57	3	Atolls surélevés océaniques	11	Atoll surélevé	83	penne externe	11.07
58	3	Atolls surélevés océaniques	11	Atoll surélevé	82	platier externe d'atoll surélevé	9.31
59	3	Atolls surélevés océaniques	11	Atoll surélevé	104	terre émergée de couronne d'atoll	145.35
61	2	Bancs océaniques	8	Terrasse lagonaire de banc	106	terrace lagonaire peu profonde	87.92
62	2	Bancs océaniques	8	Terrasse lagonaire de banc	107	terrace lagonaire peu profonde à champ de constructions coralliennes	11.23
63	2	Bancs océaniques	8	Terrasse lagonaire de banc	23	terrace profonde	174.05
68	2	Bancs océaniques	9	massif corallien de banc	89	pinacle	0.81

73	1	Atolls océaniques	4	Massif corallien d'atoll	50	platier récifal de haa	0.00
86	2	Bancs océaniques	7	Récif périphérique ou central de banc	83	pente externe	25.58
87	2	Bancs océaniques	10	Terre émergée de banc	4	terre émergée de banc	0.54
92	4	Récifs d'îles océaniques	14	Récif barrière externe	83	pente externe	1.50
94	4	Récifs d'îles océaniques	14	Récif barrière externe	92	platier récifal	1.46
102	4	Récifs d'îles océaniques	14	Récif barrière externe	106	terrasse lagonaire peu profonde	1.88
273	4	Récifs d'îles océaniques	25	Récif frangeant exposé à l'océan	43	front récifal	110.30
274	4	Récifs d'îles océaniques	25	Récif frangeant exposé à l'océan	92	platier récifal	37.38
277	4	Récifs d'îles océaniques	25	Récif frangeant exposé à l'océan	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	1.39
416	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	83	pente externe	4.99
418	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	92	platier récifal	10.94
419	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	33	bassin résiduel	0.95
426	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	106	terrasse lagonaire peu profonde	5.92
430	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	20	terrasse lagonaire profonde	4.88
431	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	21	terrasse lagonaire profonde à champ de constructions coralliennes	3.95
437	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	85	passé	3.42
439	8	Récifs d'îles continentales	14	Récif barrière externe	121	passé peu profonde ou platier récifal ennoyé	1.30
472	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	83	pente externe	18.56
474	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	92	platier récifal	20.47
482	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	82.52
483	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	69	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant à champ de constructions coralliennes	59.84
484	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	34	lagon enclavé	8.74
485	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	36	lagon enclavé à champ de constructions coralliennes	1.14
486	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	12	chenal	0.32
491	8	Récifs d'îles continentales	17	Récif barrière côtier	85	passé	2.14
529	8	Récifs d'îles continentales	22	Massif corallien de lagon	106	terrasse lagonaire peu profonde	0.80
534	8	Récifs d'îles continentales	22	Massif corallien de lagon	122	platier récifal ennoyé de massif corallien	0.10
537	8	Récifs d'îles continentales	22	Massif corallien de lagon	63	platier récifal intertidal de massif corallien	1.33
614	8	Récifs d'îles continentales	27	Récif frangeant protégé de lagons	43	front récifal	0.76
615	8	Récifs d'îles continentales	27	Récif frangeant protégé de lagons	92	platier récifal	14.64
622	8	Récifs d'îles continentales	28	Récif frangeant protégé de baies	25	frangeant diffus	0.34
625	8	Récifs d'îles continentales	29	Récif frangeant de récif barrière côtier	92	platier récifal	1.53
626	8	Récifs d'îles continentales	29	Récif frangeant de récif barrière côtier	75	zone frangeante non-récifale	16.55

648	9	Complexe de massifs coralliens	20	Massif corallien côtier ou frangeant	63	platier récifal intertidal de massif corallien	1.03
654	9	Complexe de massifs coralliens	21	Terre émergée de massif corallien	93	terre émergée de massif corallien	4.61
656	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	20	terrasse lagonaire profonde	158.26
657	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	21	terrasse lagonaire profonde à champ de constructions coralliennes	49.47
658	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	106	terrasse lagonaire peu profonde	83.28
659	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	107	terrasse lagonaire peu profonde à champ de constructions coralliennes	19.53
663	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	122	platier récifal ennoyé de massif corallien	9.79
665	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	43	front récifal	48.90
666	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	63	platier récifal intertidal de massif corallien	159.98
676	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	34	lagon enclavé	1.07
677	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	36	lagon enclavé à champ de constructions coralliennes	4.42
679	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	23	terrasse profonde	15.64
680	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	24	terrasse profonde a champ de constructions coralliennes	8.83
681	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	109	terrasse peu profonde	23.28
686	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	122	platier récifal ennoyé de massif corallien	6.88
688	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	43	front récifal	22.34
689	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	63	platier récifal intertidal de massif corallien	46.85
699	9	Complexe de massifs coralliens	23	Massif corallien de mers intérieures	34	lagon enclavé	29.01
702	9	Complexe de massifs coralliens	24	Massif corallien exposé à l'océan	23	terrasse profonde	15.08
704	9	Complexe de massifs coralliens	24	Massif corallien exposé à l'océan	109	terrasse peu profonde	9.72
711	9	Complexe de massifs coralliens	24	Massif corallien exposé à l'océan	43	front récifal	1.53
712	9	Complexe de massifs coralliens	24	Massif corallien exposé à l'océan	63	platier récifal intertidal de massif corallien	8.95
722	9	Complexe de massifs coralliens	24	Massif corallien exposé à l'océan	34	lagon enclavé	2.64
727	10	Récifs barrières internes	14	Récif barrière externe	52	platier récifal immature	1.00
728	10	Récifs barrières internes	14	Récif barrière externe	92	platier récifal	1.42
736	10	Récifs barrières internes	14	Récif barrière externe	106	terrasse lagonaire peu profonde	0.75
747	10	Récifs barrières internes	14	Récif barrière externe	85	pas	0.05
749	10	Récifs barrières internes	14	Récif barrière externe	121	pas peu profonde ou platier récifal ennoyé	0.11
782	10	Récifs barrières internes	17	Récif barrière côtier	83	pente externe	2.24
784	10	Récifs barrières internes	17	Récif barrière côtier	92	platier récifal	10.58
792	10	Récifs barrières internes	17	Récif barrière côtier	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	1.15
794	10	Récifs barrières internes	17	Récif barrière côtier	34	lagon enclavé	7.23
801	10	Récifs barrières internes	17	Récif barrière côtier	85	pas	1.23

817	11	Récifs barrières externes	13	Terre émergée de récif barrière	7	terre émergée de récif barrière	1.60
819	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	83	pente externe	279.10
821	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	92	platier récifal	404.41
822	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	33	bassin résiduel	3.14
824	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	57	partie intérieure de platier récifal ouvert	0.01
829	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	106	terrasse lagonaire peu profonde	810.84
830	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	107	terrasse lagonaire peu profonde à champ de constructions coralliennes	298.37
831	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	34	lagon enclavé	41.43
832	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	36	lagon enclavé à champ de constructions coralliennes	52.70
833	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	20	terrasse lagonaire profonde	9.47
834	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	21	terrasse lagonaire profonde à champ de constructions coralliennes	31.33
836	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	90	pinacle de récif barrière	2.65
840	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	85	passee	140.35
841	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	86	platier récifal de passee	14.16
842	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	121	passee peu profonde ou platier récifal ennoyé	86.22
843	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	17	récif barrière ennoyé profond	47.77
845	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	26	lagon de double récif barrière	40.08
848	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	92	platier récifal	0.47
849	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	52	platier récifal immature	5.86
850	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	55	terrasse interne de récif barrière multiple ou imbriqué	2.18
851	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	79	pente ou terrasse externe de récif barrière multiple	5.20
852	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	120	platier récifal ennoyé	6.11
856	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	85	passee	15.84
857	11	Récifs barrières externes	15	Récif barrière multiple	90	pinacle de récif barrière	0.69
859	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	92	platier récifal	86.91
861	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	55	terrasse interne de récif barrière multiple ou imbriqué	83.76
862	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	56	terrasse interne de récif barrière multiple ou imbriqué, à champ de constructions coralliennes	1.04
863	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	84	pente ou terrasse externe de récif barrière imbriqué	28.90
864	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	120	platier récifal ennoyé	14.68
865	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	17	récif barrière ennoyé profond	132.18
867	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	90	pinacle de récif barrière	0.44
868	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	85	passee	21.05
870	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	33	bassin résiduel	0.42

872	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	34	lagon enclavé	0.17
875	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	83	pente externe	28.16
877	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	92	platier récifal	60.51
878	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	33	bassin résiduel	0.53
885	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	313.08
886	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	69	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant à champ de constructions coralliennes	14.07
887	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	34	lagon enclavé	4.32
888	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	36	lagon enclavé à champ de constructions coralliennes	20.75
889	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	12	chenal	4.03
894	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	85	passé	6.25
895	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	86	platier récifal de passé	0.84
896	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	120	platier récifal ennoyé	0.44
898	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	60	platier récifal intermédiaire de récif barrière côtier	92.84
912	12	Récifs frangeants	25	Récif frangeant exposé à l'océan	43	front récifal	0.94
913	12	Récifs frangeants	25	Récif frangeant exposé à l'océan	92	platier récifal	3.07
917	12	Récifs frangeants	25	Récif frangeant exposé à l'océan	16	crête	0.02
919	12	Récifs frangeants	26	Récif frangeant de mers intérieures	126	frangeant réticulé	0.16
920	12	Récifs frangeants	26	Récif frangeant de mers intérieures	43	front récifal	5.03
921	12	Récifs frangeants	26	Récif frangeant de mers intérieures	92	platier récifal	39.28
923	12	Récifs frangeants	26	Récif frangeant de mers intérieures	35	lagon ou bassin enclavé de frangeant	0.02
924	12	Récifs frangeants	26	Récif frangeant de mers intérieures	12	chenal	0.08
928	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	126	frangeant réticulé	12.99
929	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	43	front récifal	6.43
930	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	92	platier récifal	255.65
932	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	35	lagon ou bassin enclavé de frangeant	0.42
933	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	12	chenal	0.81
934	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	22.82
937	12	Récifs frangeants	28	Récif frangeant protégé de baies	25	frangeant diffus	79.28
940	12	Récifs frangeants	29	Récif frangeant de récif barrière avec frangeant	92	platier récifal	44.91
941	12	Récifs frangeants	29	Récif frangeant de récif barrière avec frangeant	75	zone frangeante non-récifale	133.33
1000						terre émergée	18609.95

Unités géomorphologiques les plus importantes en superficie (Niveau 4)

Le Tableau 3 présente les 20 classes les plus étendues, triées par ordre de superficie décroissante. Ces 20 classes représentent 75% de la surface récifale (7284 km²), soit 5430 km². On notera l'importance des fonds meubles avec les terrasses lagonaires de barrière et lagons d'atolls, comparativement aux surface coralliennes que sont les platiers et pentes externes. L'importance des passes s'explique par le récif barrière très fragmenté de la côte Est.

TABLEAU 3: Les 20 unités géomorphologiques les plus étendues de Nouvelle-Calédonie. Le code « SIG Gridcode » est celui figurant sur les planches cartographiques en fin de volume.

SIG Gridcode (1-965)	Code Complexe récifal (Niv. 2)	Label Complexe récifal (Niv. 2)	Code Sous-complexe récifal (Niv. 3)	Label Sous-complexe récifal (Niv. 3)	Code Unité géomorphol. (Niv. 4)	Label Unité géomorphologique (Niv. 4)	Surface km2
829	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	106	terrasse lagonaire peu profonde	810.84
43	1	Atolls océaniques	3	Lagon d'atoll	18	lagon profond d'atoll	758.03
49	1	Atolls océaniques	3	Lagon d'atoll	105	lagon peu profond d'atoll	574.37
821	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	92	platier récifal	404.41
885	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	68	terrasse lagonaire (fermée) de récif barrière côtier ou frangeant	313.08
830	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	107	terrasse lagonaire peu profonde à champ de constructions coralliennes	298.37
819	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	83	pente externe	279.10
930	12	Récifs frangeants	27	Récif frangeant protégé de lagons	92	platier récifal	255.65
42	1	Atolls océaniques	3	Lagon d'atoll	59	pente interne (de lagon d'atoll)	203.09
63	2	Bancs océaniques	8	Terrasse lagonaire de banc	23	terrasse profonde	174.05
666	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	63	platier récifal intertidal de massif corallien	159.98
656	9	Complexe de massifs coralliens	22	Massif corallien de lagon	20	terrasse lagonaire profonde	158.26
59	3	Atolls surélevés océaniques	11	Atoll surélevé	104	terre émergée de couronne d'atoll	145.35
840	11	Récifs barrières externes	14	Récif barrière externe	85	passé	140.35
941	12	Récifs frangeants	29	Récif frangeant de récif barrière avec frangeant	75	zone frangeante non-récifale	133.33
865	11	Récifs barrières externes	16	Récif barrière imbriqué	17	récif barrière ennoyé profond	132.18
15	1	Atolls océaniques	2	Couronne d'atoll	92	platier récifal	111.55
273	4	Récifs d'îles océaniques	25	Récif frangeant exposé à l'océan	43	front récifal	110.30
898	11	Récifs barrières externes	17	Récif barrière côtier	60	platier récifal intermédiaire de récif barrière côtier	92.84
61	2	Bancs océaniques	8	Terrasse lagonaire de banc	106	terrasse lagonaire peu profonde	87.92

Imagerie Landsat utilisée

Le jeu de données central utilisé pour la Nouvelle-Calédonie est constitué de 15 images récentes (1999-2002) acquises par le capteur Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) à bord du satellite Landsat 7 (Figs 7 et 8). Les images sont acquises suivant un découpage pré-établi (grille Path/Row) parallèle à l'orbite du satellite. Ces images couvrent la Grande Terre, les Iles Loyauté, les récifs d'Entrecasteaux, Pétrie et de l'Astrolabe. La figure 5 montre le nombre d'images par path/row disponible au 30 Mars 2004. Les récifs des Chesterfield (Paths 86, 87) et îles hautes volcaniques isolées du Sud (path/row 80/76) seront traitées ultérieurement.

Les images viennent soit de la société Earthsat aux Etats-Unis, soit du EROS Data Center de l'US Geological Survey. Cette origine différente induit des standards de produits différents. Sans entrer dans les détails, il faut considérer que, en moyenne, les produits sont calés géographiquement à 100 mètres de précision en latitude ou en longitude, avec parfois des écarts atteignant 250 mètres dans les cas extrêmes. Par ailleurs, la résolution des images utilisées (28.5 m et 30 m) impliquent que les structures inférieures à la taille de 2 ou 3 pixels (donc ~60-100 mètres) ne sont pas forcément cartographiées. Ainsi, les cayes sableuses ou îlots de très petites tailles ou pinacles isolés peuvent ne pas apparaître. Enfin, la position des frontières des classes cartographiées sont donc imprécises à la taille d'un ou deux pixels près, soit 30-60 mètres.

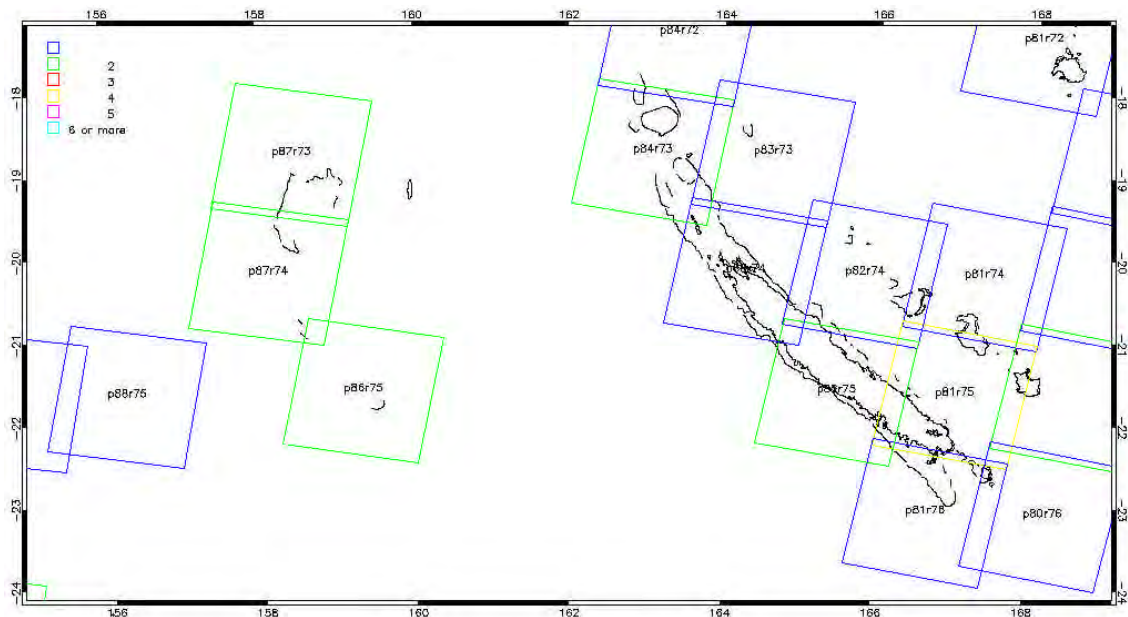


Figure 7 : Couverture Landsat de la Nouvelle-Calédonie disponible au 30 Mars 2004, la couleur de l'empreinte du path/row indique le nombre d'image disponibles

Les quicklook des images utilisées (Fig. 8) sont également consultables sur <http://imars.marine.usf.edu/corals/>. Les images Landsat utilisées sont téléchargeables à partir d'un site créé et géré par le SeaWiFS project, NASA, Goddard Space Flight Center (<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/landsat.pl>).

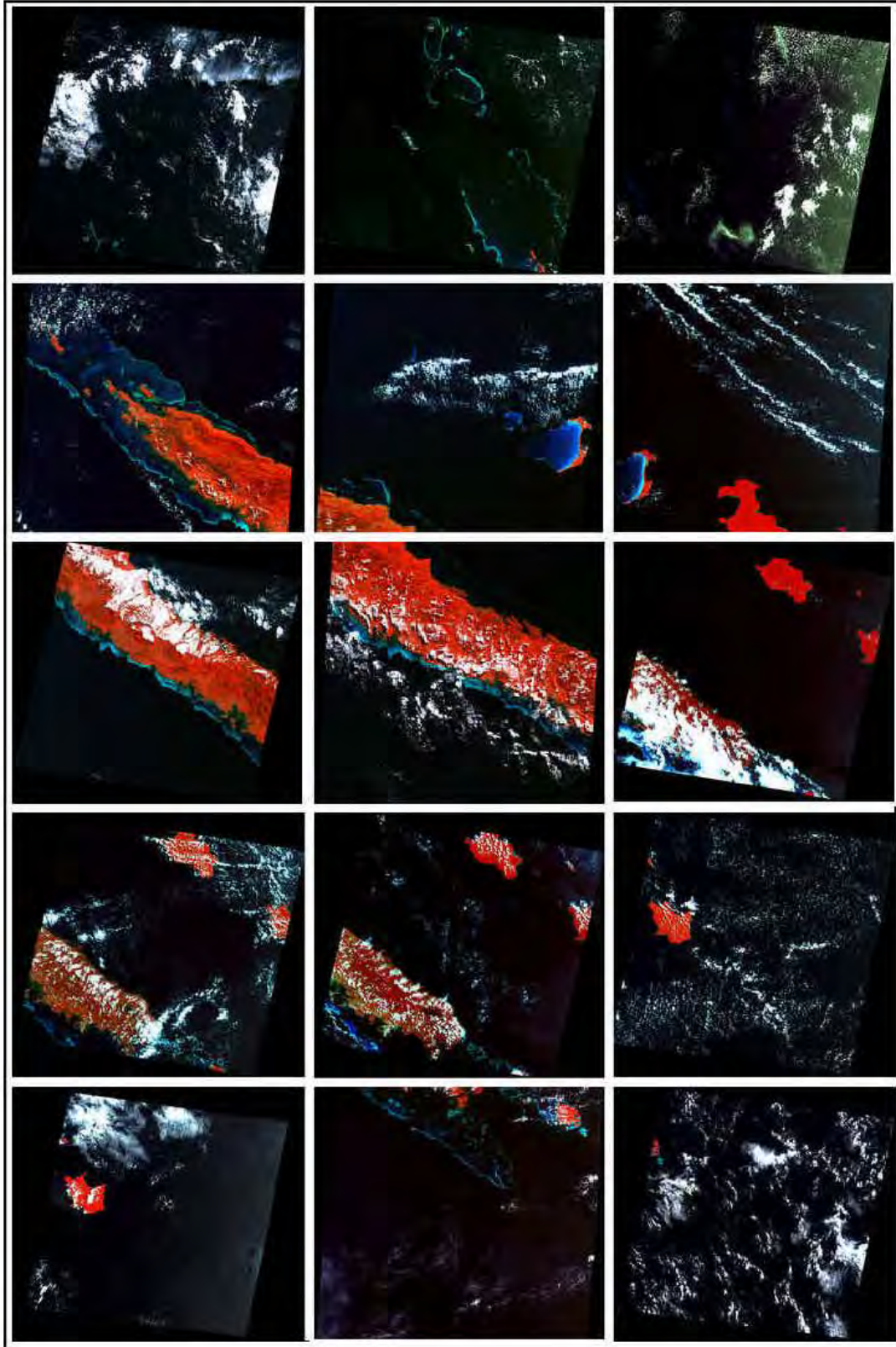


Figure 8 : Quicklooks des images acquises et traitées.

Bibliographie

- Andréfouët, S., M. Claereboudt, P. Matsakis, J. Pagès, and P. Dufour. 2001. Typology of atolls rims in Tuamotu archipelago (French Polynesia) at landscape scale using SPOT-HRV images. *Int. J. Remote Sensing*, 22(6):987-1004.
- Andréfouët, S., P. Kramer, D. Torres-Pulliza, K.E. Joyce, E.J. Hochberg, R. Garza-Perez, P.J. Mumby, B. Riegl, H. Yamano, W.H. White, M. Zubia, J.C. Brock, S.R. Phinn, A. Naseer, B.G. Hatcher, and F.E. Muller-Karger. 2003. Multi-sites evaluation of IKONOS data for classification of tropical coral reef environments. *Remote Sensing of Environment*, 88:128-143.
- Andréfouët, S., J.A. Robinson, C. Hu, G.C. Feldman, B. Salvat, C. Payri, and F. Muller-Karger. 2003. Influence of the spatial resolution of SeaWiFS, Landsat 7, SPOT and International Space Station data on landscape parameters of Pacific Ocean atolls. *Canadian J. Remote Sensing*, 29(2):210-218.
- Andréfouët, S., and B. Riegl. 2004. Remote sensing: a key-tool for interdisciplinary assessment of coral reef processes. *Coral Reefs*. Sous presse.
- Arvidson, T., J. Gasch, and S.N. Goward. 2001. Landsat 7's long term acquisition plan- an innovative approach to building a global imagery archive. *Remote Sensing of Environment*, 78:13-26.
- Battistini, R., F. Bourrouilh, J.-P. Chevalier, J. Coudray, M. Denizot, G. Faure, J.C. Fisher, A. Guilcher, M. Harmelin-Vivien, J. Jaubert, J. Laborel, J.-P. Masse, L.A. Maugé, L. Montaggioni, M. Peyrot-Clausade, M. Pichon, R. Plante, J.C. Plaziat, Y. Plessis, G. Richard, B. Salvat, B. Thomassin, P. Vasseur, and P. Weydert. 1975. *Eléments de terminologie récifale indopacifique*. Thétys, 7(1):1-111.
- Bouvet, G., J. Ferraris, and S. Andréfouët. 2003. Evaluation of large-scale unsupervised classification scheme of New Caledonia reef ecosystems using Landsat 7 ETM+ imagery. *Oceanologica Acta*, 26:281-290.
- Cabioch, G., L.F. Montaggioni, and G. Faure. 1995. Holocene initiation and development of New Caledonian fringing reefs, SW Pacific. *Coral Reefs*, 14:131-140.
- Darwin, C.R. 1842. *The structure and distribution of coral reefs*, University of California Press, Berkeley, California.
- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards, and C.D. Clark. 2000. *Remote sensing handbook for tropical coastal management*, UNESCO, Paris.
- Guilcher, A. 1988. *Coral reef geomorphology*, John Wiley & Sons, New-York.
- Hochberg, E.J., M.J. Atkinson, and S. Andréfouët. 2003. Spectral reflectance of coral reef bottom-types worldwide and implications for coral reef remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 85(2):159-173.
- Hopley, D. 1982. *Geomorphology of the Great Barrier Reef: quaternary development of coral reefs*, John Wiley Interscience, New York.
- Kennedy, D.M., and C.D. Woodroffe. 2002. Fringing reef growth and morphology: a review. *Earth Science Reviews*, 57:255-277.
- Kinsey, D.W. 1985. Metabolism, calcification and carbon production. I. System level studies. In *Proceedings of 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 6: 505-526.
- Montaggioni, L. 2001. Postglacial reef growth. *Comptes-Rendus Académie des Sciences/ Earth and Planetary Sciences*, 331:319-330.
- Purdy, E.G., and G.T. Bertram. 1993. Carbonate concepts from the Maldives, Indian Ocean. *American Assoc. Petroleum Geologists Studies in Geology*, 34:1-56.
- Purdy, E.G., and E.L. Winterer. 2001. Origin of atoll lagoons. *Geological Society America Bulletin*, 113(7):837-854.
- Stoddart, D.R. 1978. Descriptive reef terminology. In: Johannes R. E., and Stoddart D. R. (eds), *Coral reefs: research and methods*. UNESCO, Paris, pp. 5-15.
- Thomassin, B., B. Gout, L. Loubersac, J. Populus, B. Guillaumont, and C. Vercelli. 1985. Cartographie thématique des récifs coralliens par télédétection (simulation des données du satellite SPOT): problèmes méthodologiques en relation avec les stades évolutifs des platiers. Report ATP CNRS Télédétection

Planches cartographiques

Index et contenu des planches

Planche 1: Récifs D'Entrecasteaux

Planche 2: Récifs des Français

Planche 3: Récifs des Français et Iles Belep

Planche 4: De Poum à Kaala-Gomen, Grand Récif de Koumac

Planche 5: De Kaala-Gomen à Oundjo, Grand Récif de Mathieu

Planche 6: De Kone à Poya

Planche 7: De Poé à Bouraké

Planche 8: De Bouraké à Nouméa, Récifs Tétémbia, de l'Annibal, Aboré

Planche 9: Récif Kwé, Grand Récif Sud

Planche 10: Ile des Pins, Réserve Merlet

Planche 11: Du Mont Dore à Yaté

Planche 12: De l'Ile Tupeti à Ouinné

Planche 13: De Kouaoua à Thio

Planche 14: De Poindimié à Houaïlou

Planche 15: De Hienghène à Touho, Récif Mengalia

Planche 16: Ouégoa - Pouébo, Grand Récif Pouma

Planche 17: Iles Baaba et Balabio, Récif de Cook

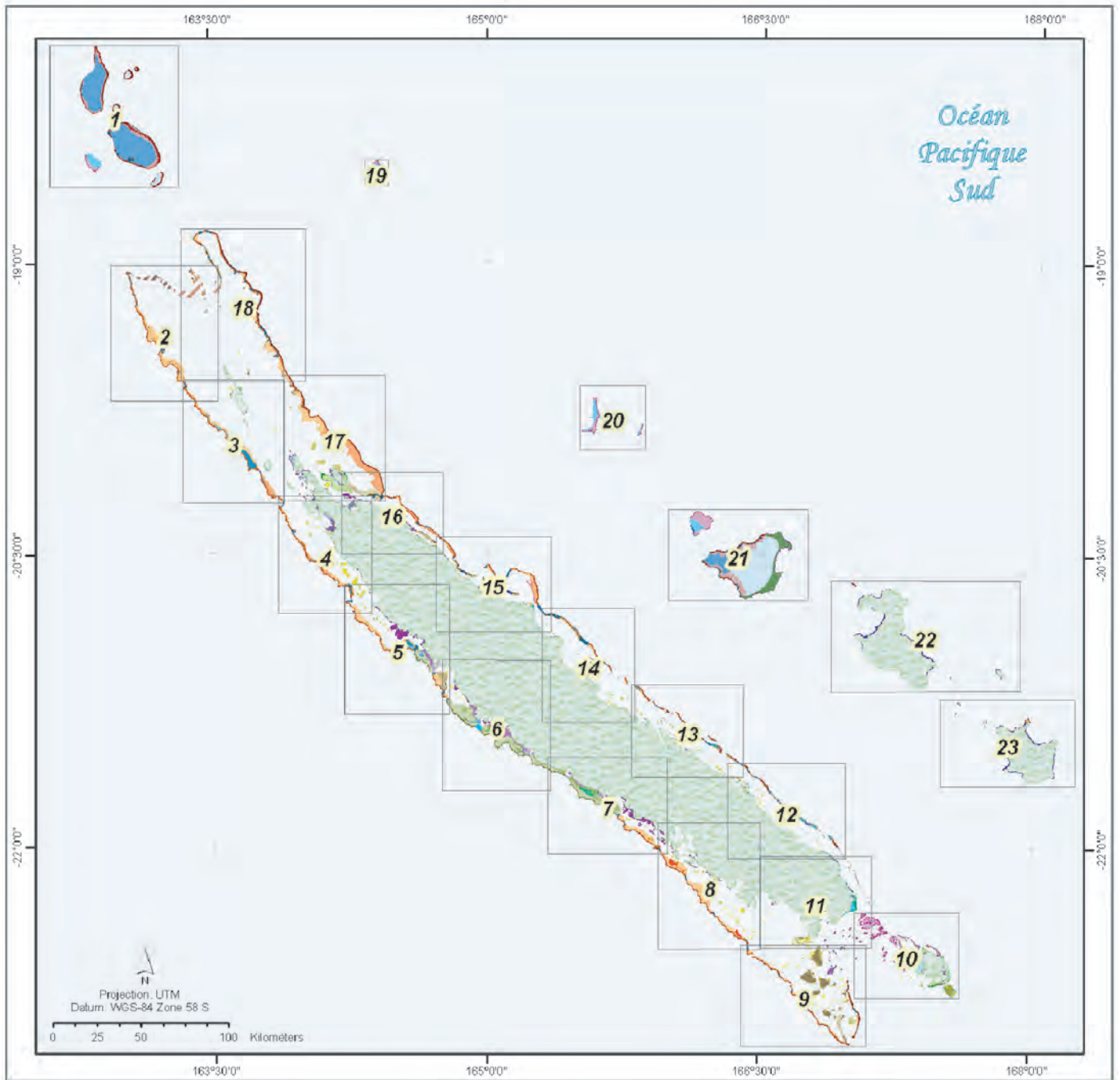
Planche 18: Récif de Cook

Planche 19-20: Récifs de l'Astrolabe et Pétrie

Planche 21: Ouvéa, Beautemps-Beaupré,

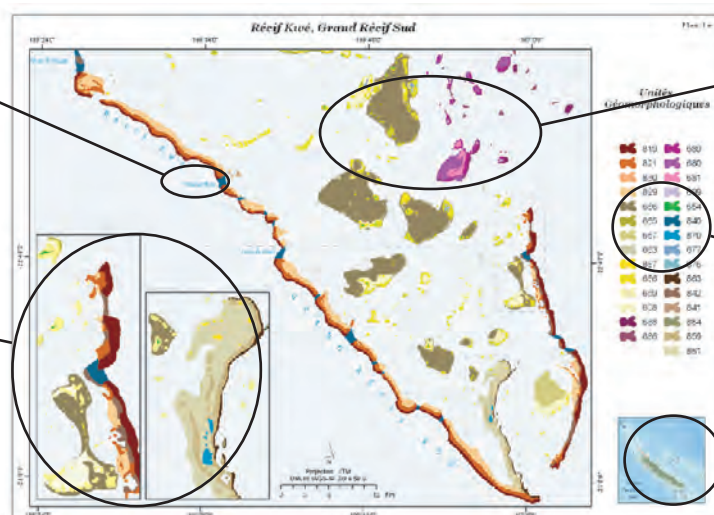
Planches 22-23: Lifou, Tiga, Maré

Index et contenu des planches



Toponymie légère
(nom des villes principales,
récifs, passes, îles, ...)

Agrandissements

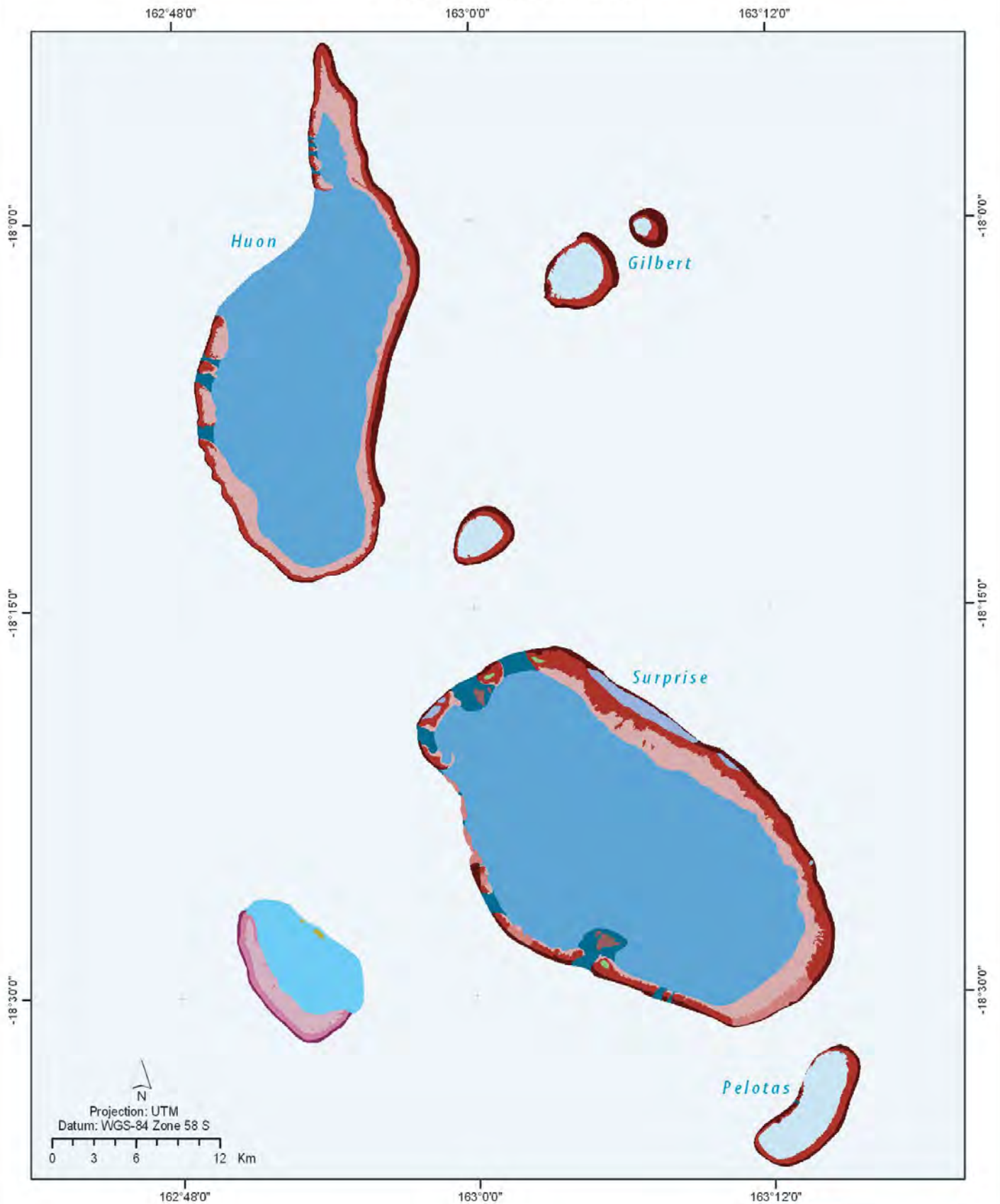


Cartographie détaillée

Codes d'unités
géomorphologiques
(référence: Tableau 2)

Carte de localisation

Récifs D'Entrecasteaux

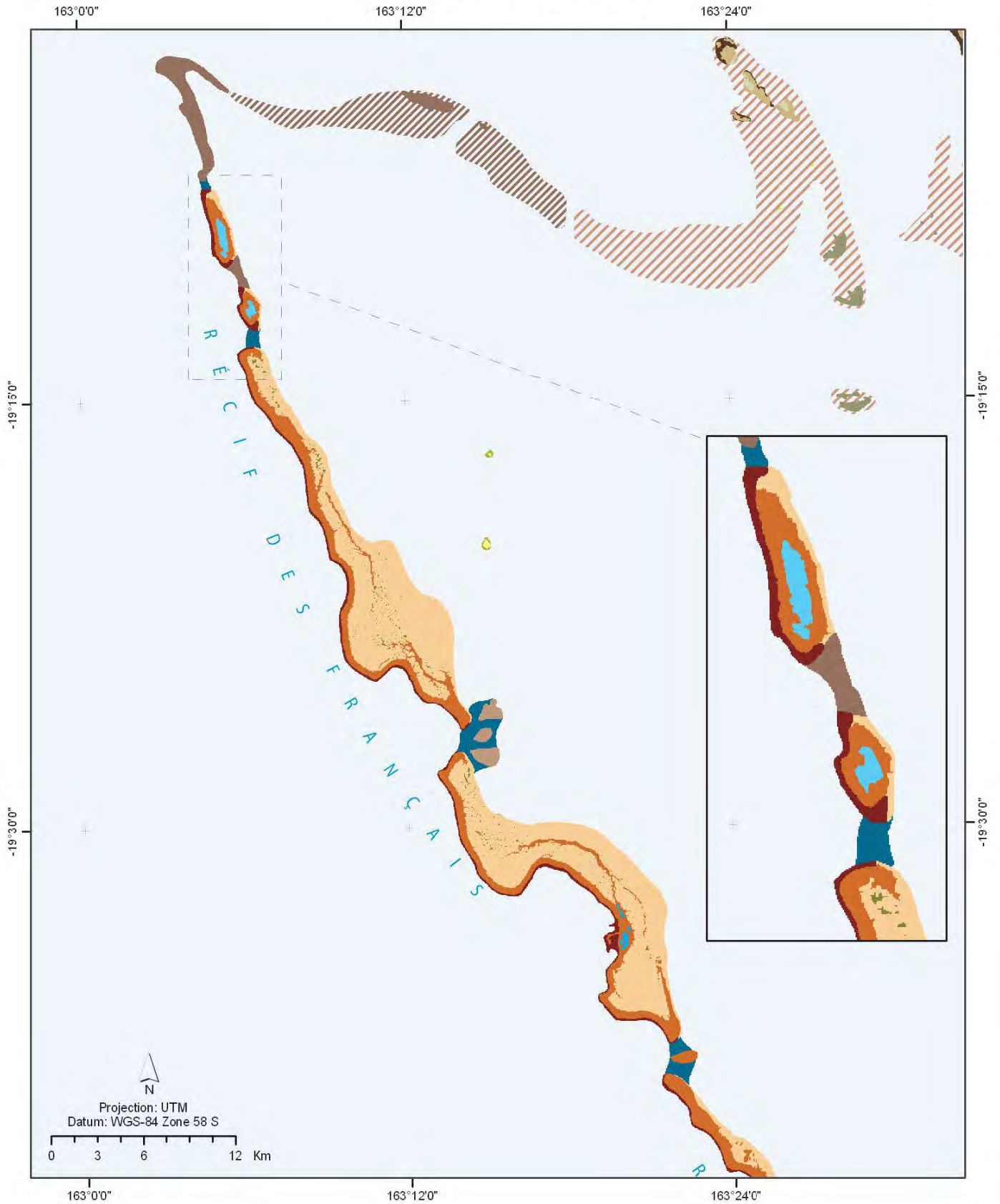


Unités Géomorphologiques

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|
| | 9 | | 15 | | 42 | | 43 | | 63 | | 86 | | 62 | | 68 |
| | 23 | | 24 | | 22 | | 25 | | 49 | | 28 | | 47 | | 53 |



Récif des Français

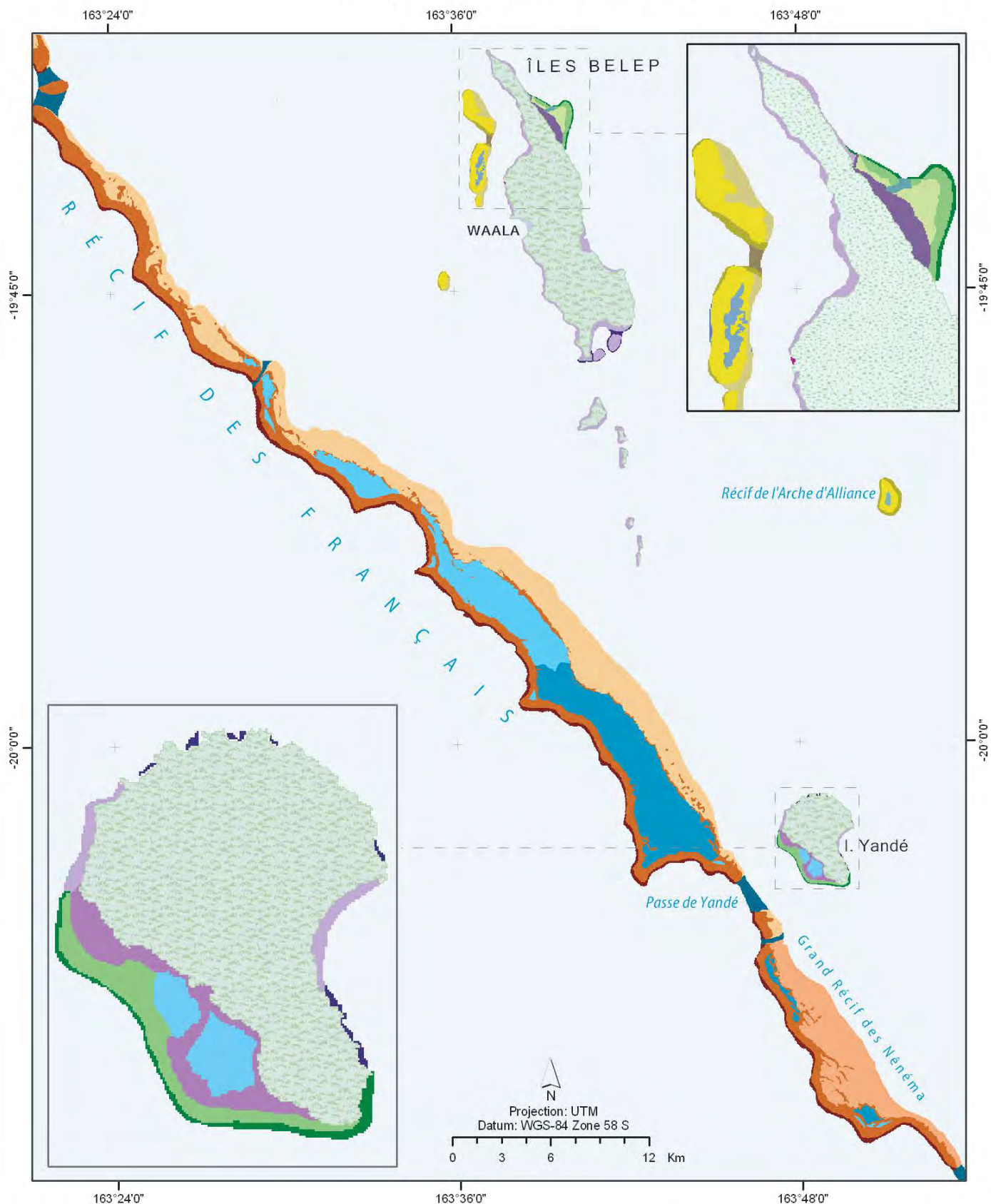


Unités Géomorphologiques

	819		841		836		666		831		859
	821		843		665		840		863		861
	842		829		867		822		864		865



Récif des Français et Îles Belep

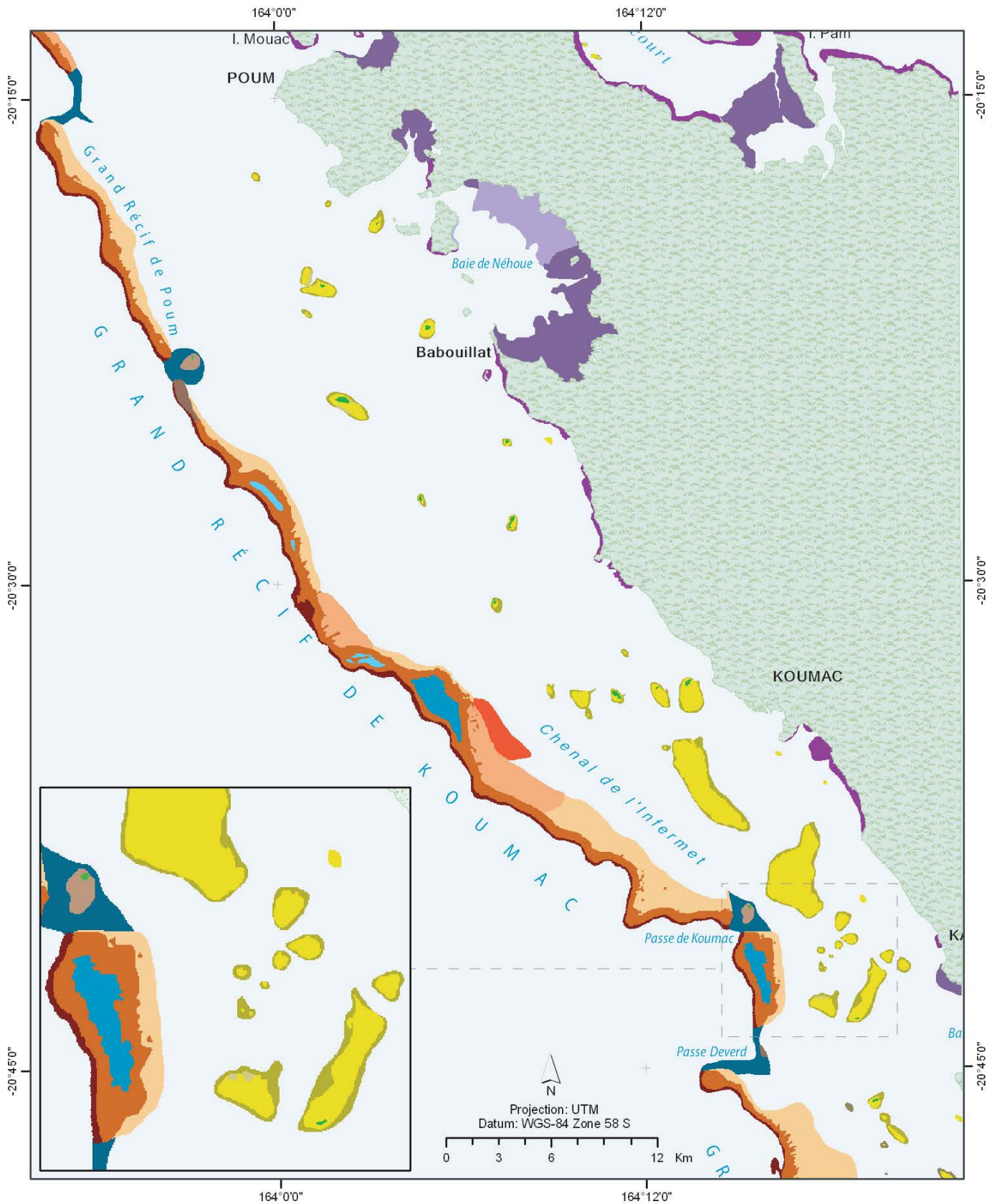


Unités Géomorphologiques

819	614	919	491	665	832	831
821	626	622	474	657	676	1000
830	625	917	482	666	677	
829	615	472	656	840	485	



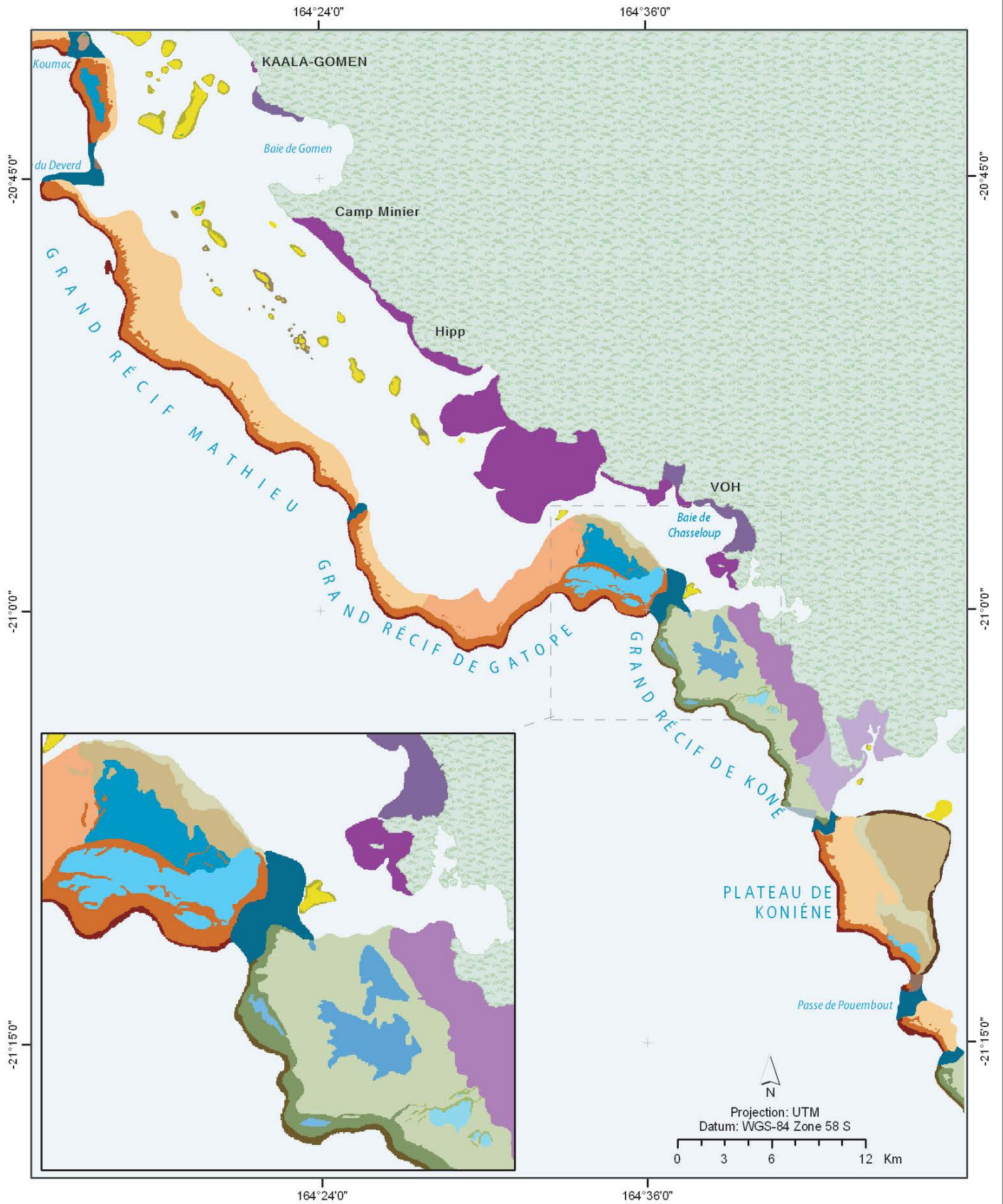
De Poum à Kaala-Gomen, Grand Récif de Koumac



Unités Géomorphologiques

- | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 819 | 829 | 834 | 831 | 666 | 937 | 928 | 1000 |
| 821 | 842 | 840 | 656 | 657 | 919 | 654 | |
| 830 | 841 | 832 | 665 | 930 | 929 | 817 | |



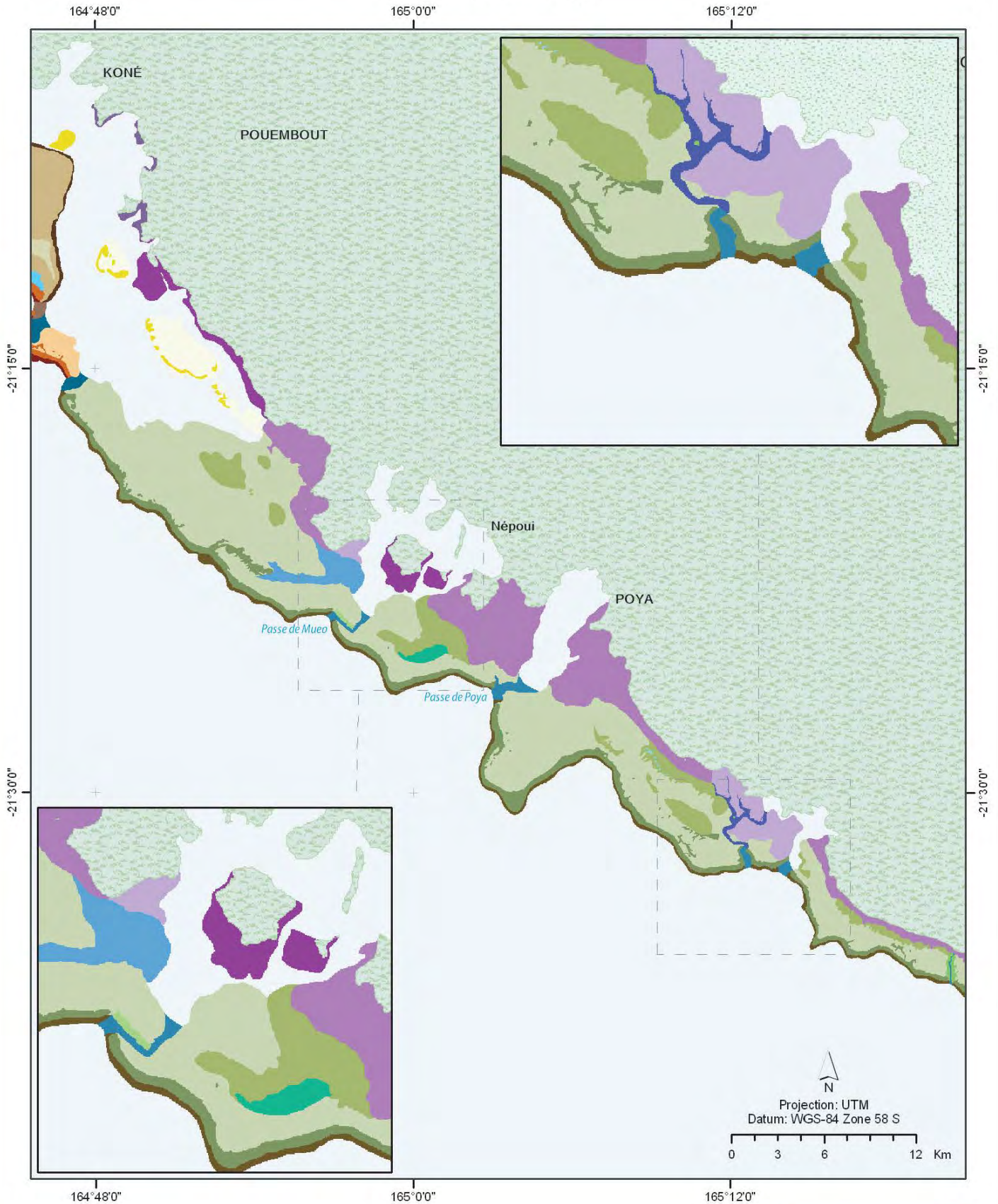


Unités Géomorphologiques

- | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 819 | 656 | 840 | 878 | 875 | 861 | 930 | 654 |
| 821 | 665 | 832 | 831 | 842 | 877 | 937 | 817 |
| 830 | 666 | 919 | 887 | 841 | 898 | 941 | 1000 |
| 829 | 657 | 886 | 886 | 863 | 859 | 885 | 940 |
| | | | | | | | Donnés manquantes |



De Koné à Poya

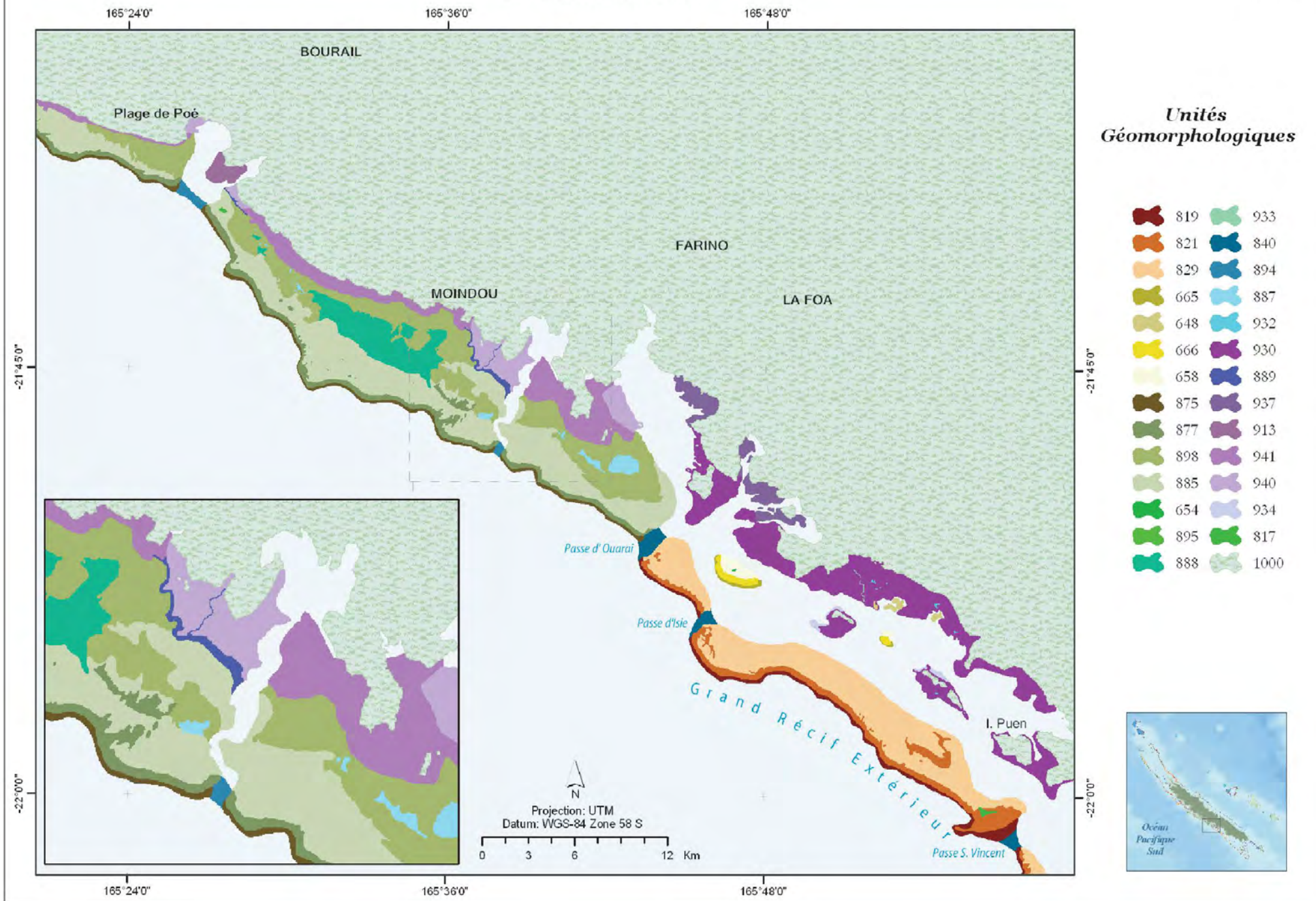


Unités Géomorphologiques

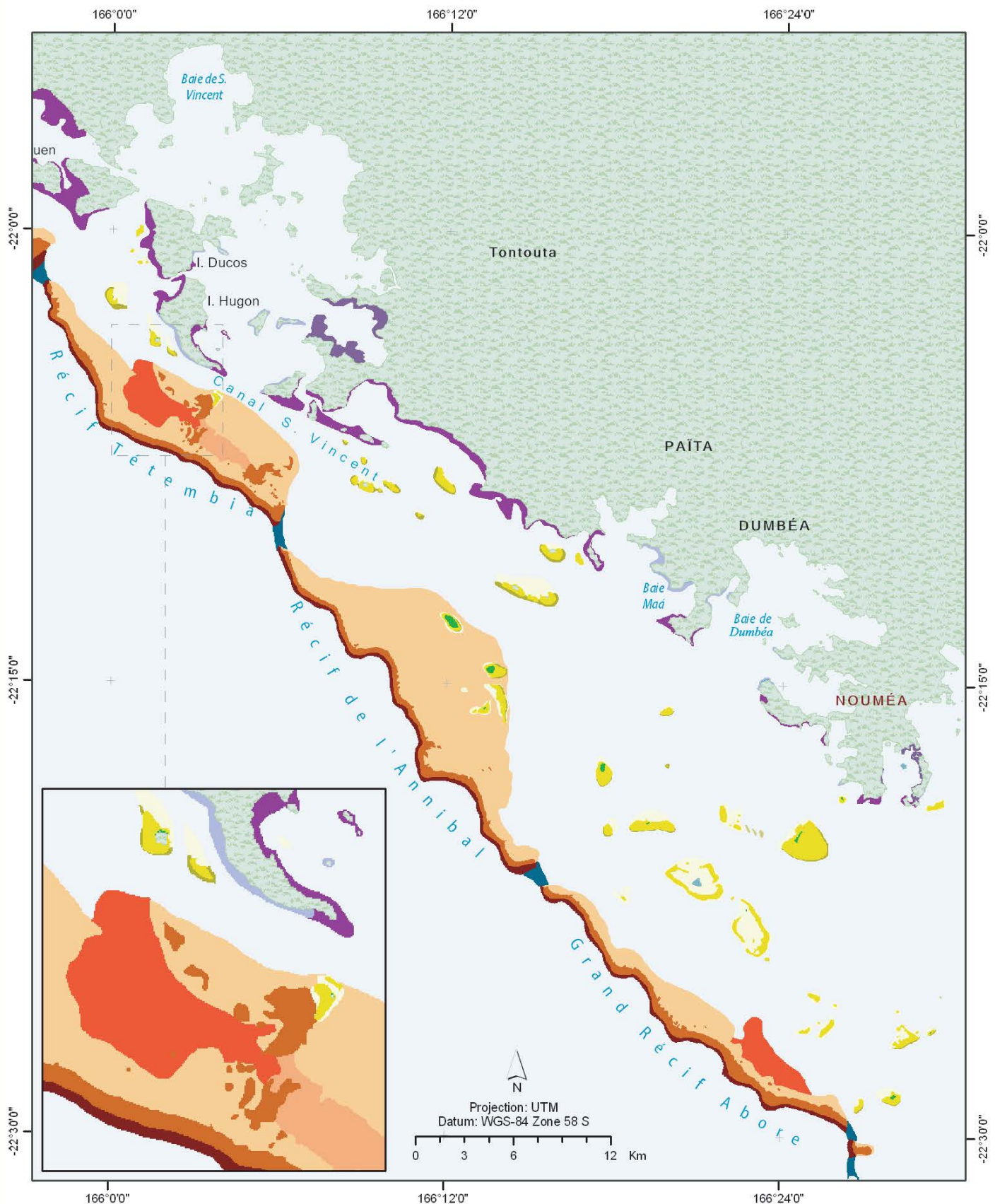
	819		658		859		896		840		887		941
	821		863		861		877		894		930		940
	829		875		888		898		886		889		817
	666		842		895		885		831		937		1000



De Poé à Bouraké



De Bouraké à Nouméa, Récifs Tétémbia, de l'Annibal, Aboré

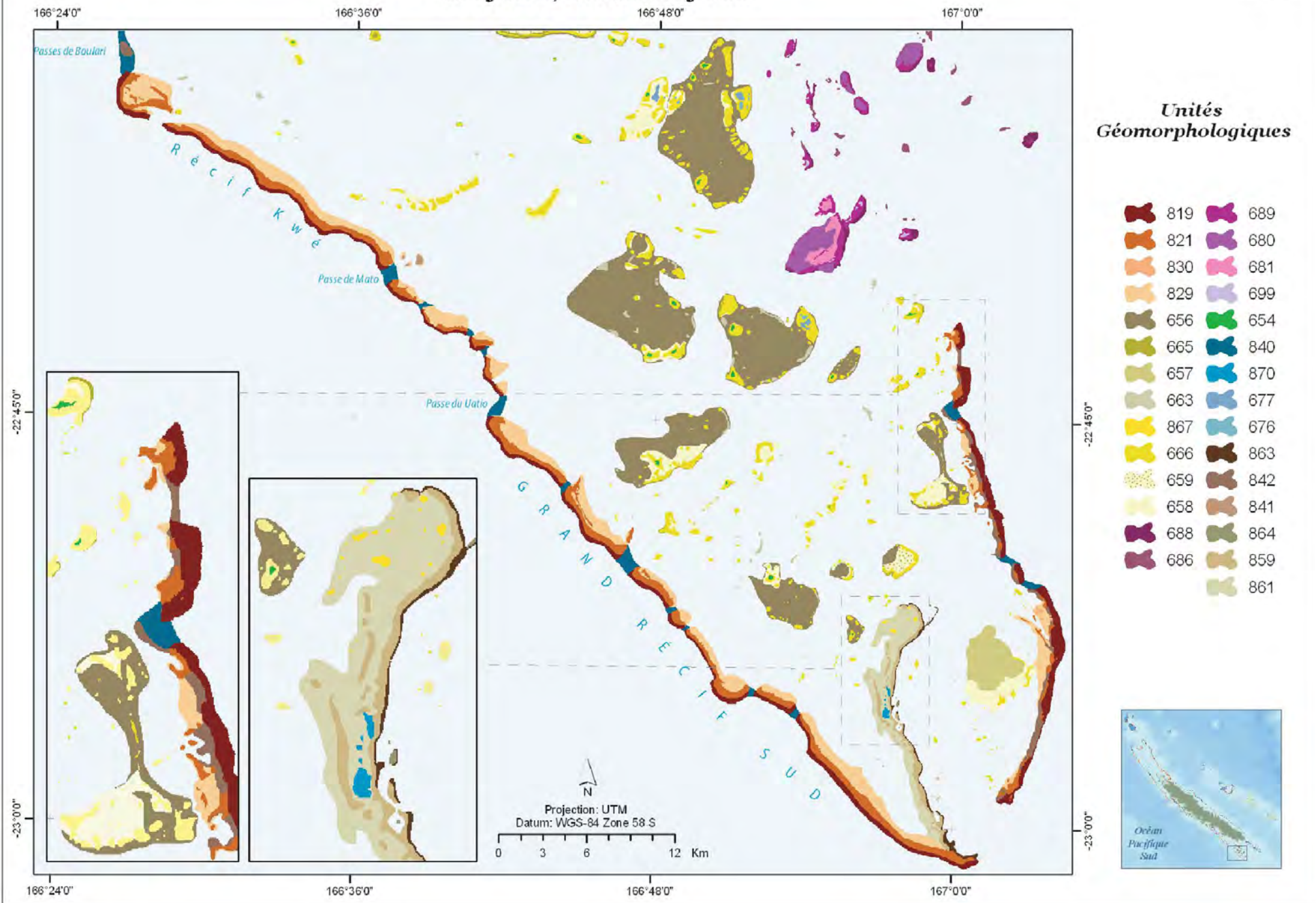


Unités Géomorphologiques

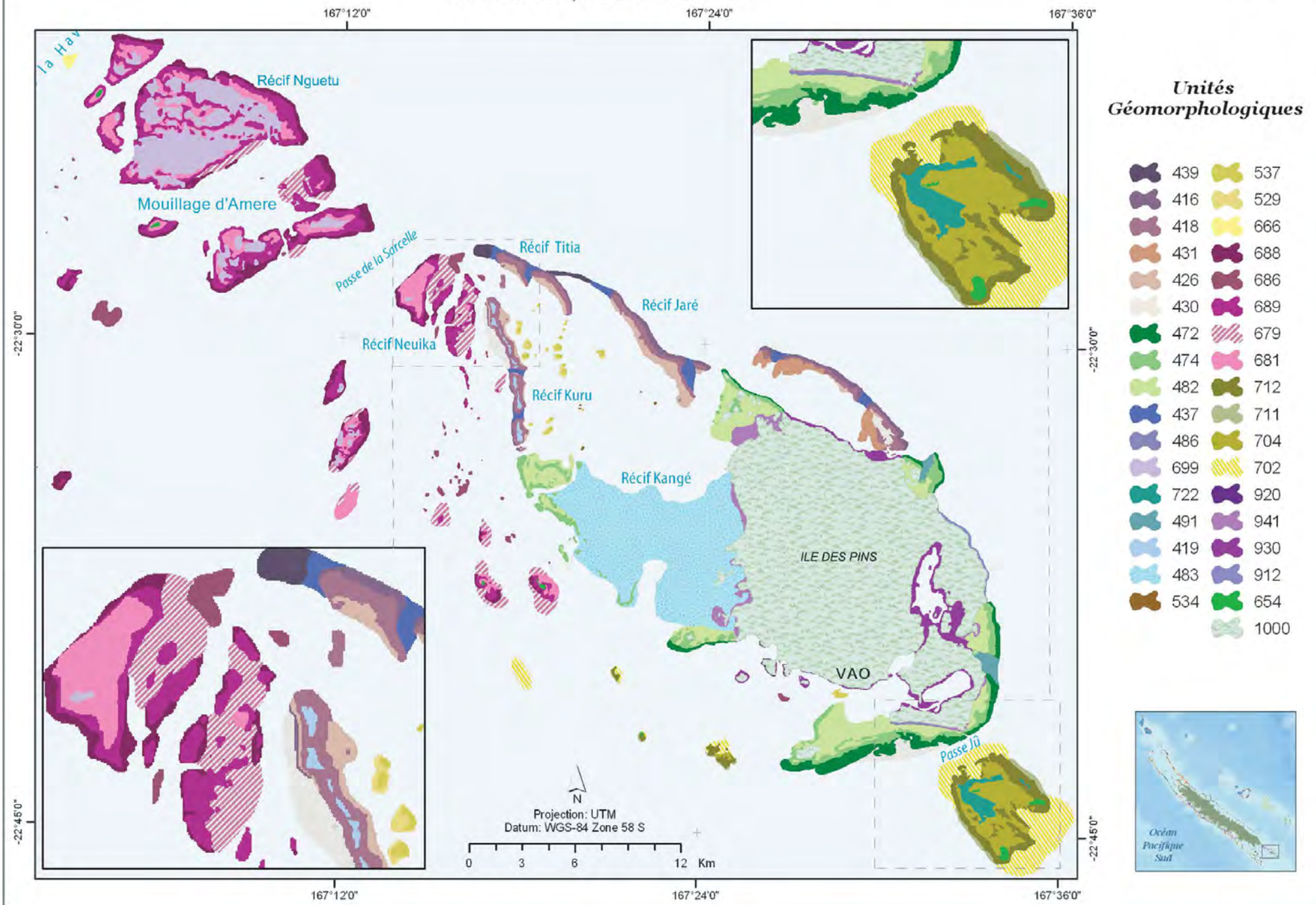
- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 819 | 830 | 666 | 840 | 937 | 654 |
| 821 | 829 | 663 | 921 | 930 | 817 |
| 834 | 665 | 658 | 676 | 929 | 1000 |

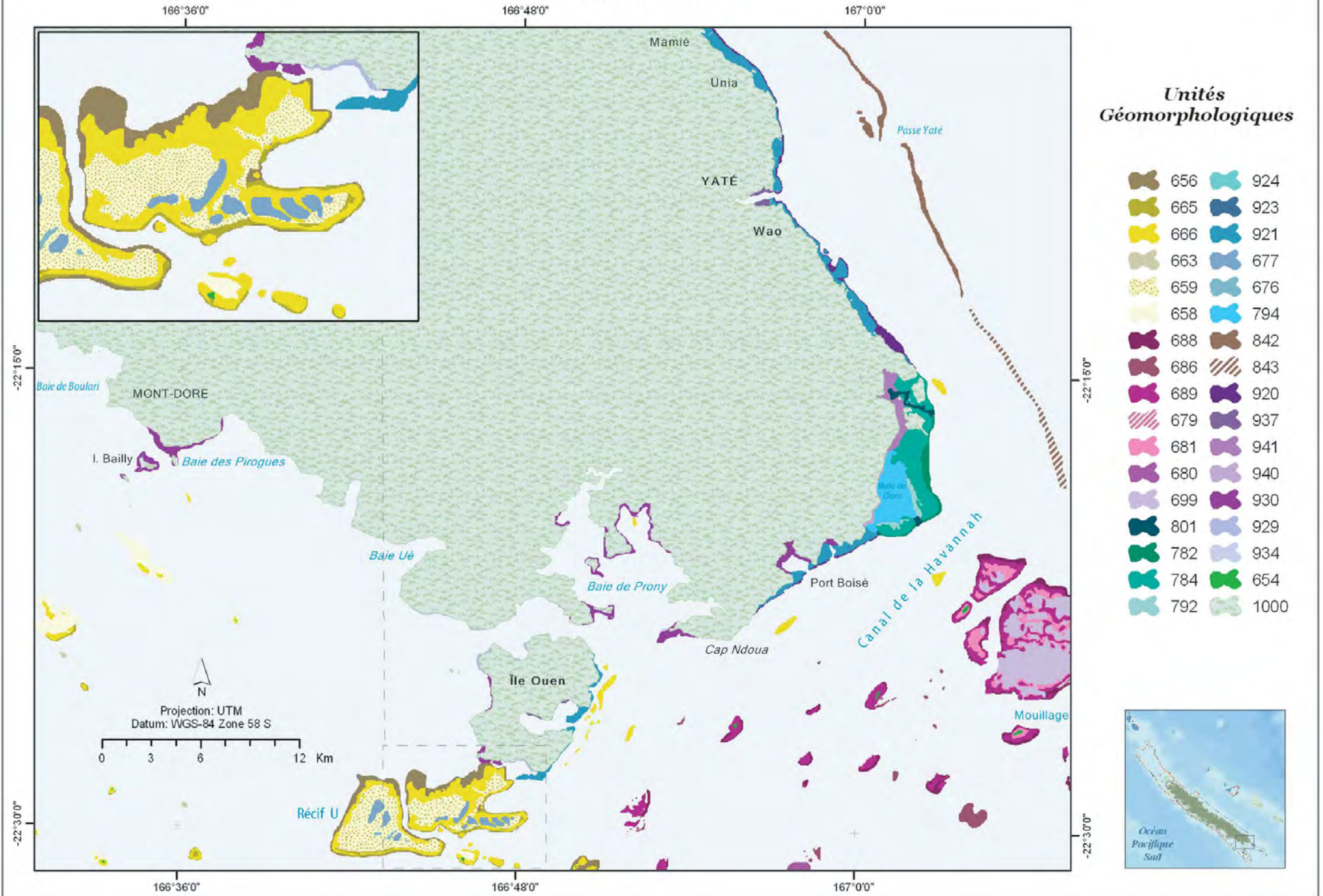


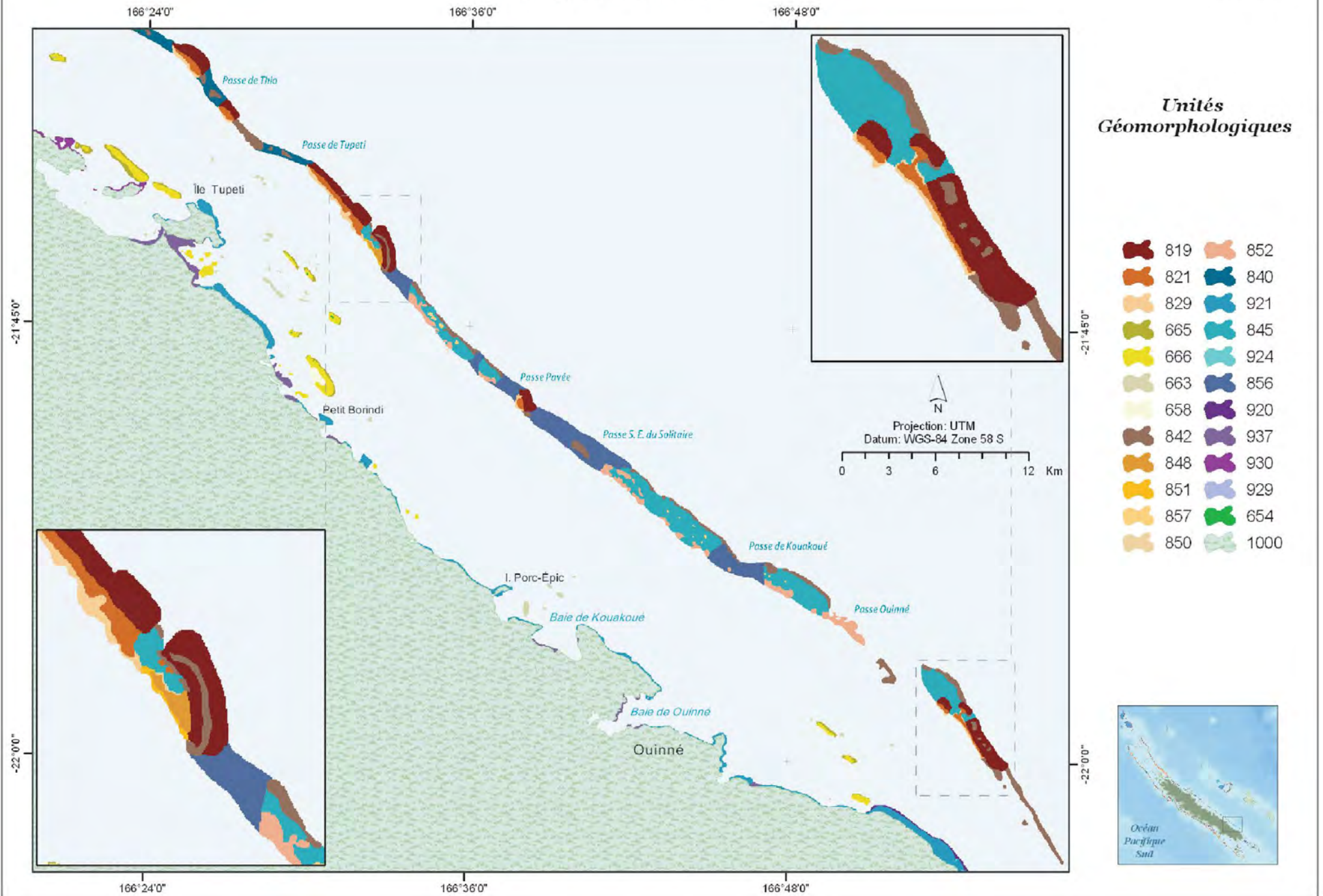
Récif Kwé, Grand Récif Sud



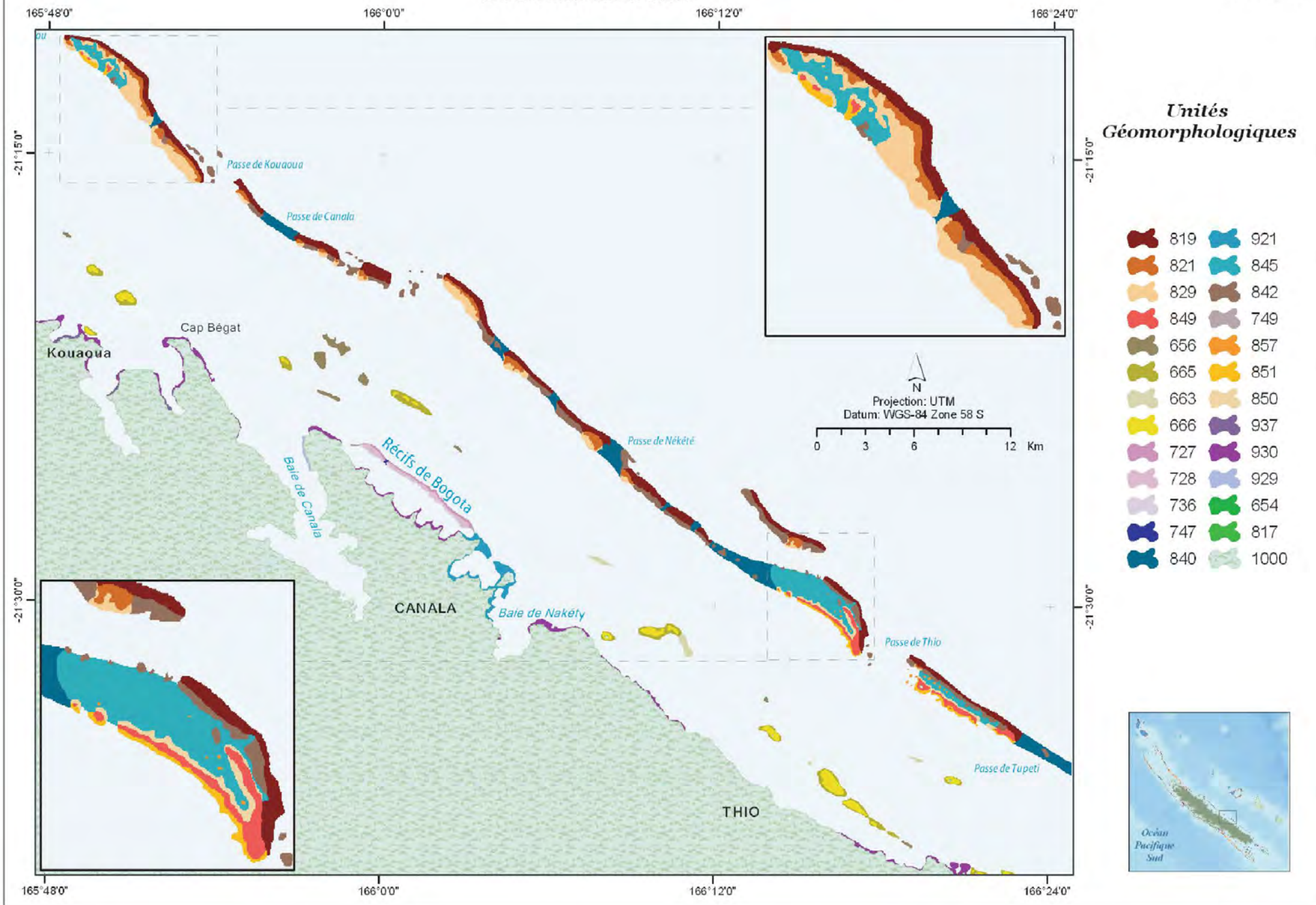
Île des Pins, Réserve Merlet







De Kouaoua à Thio

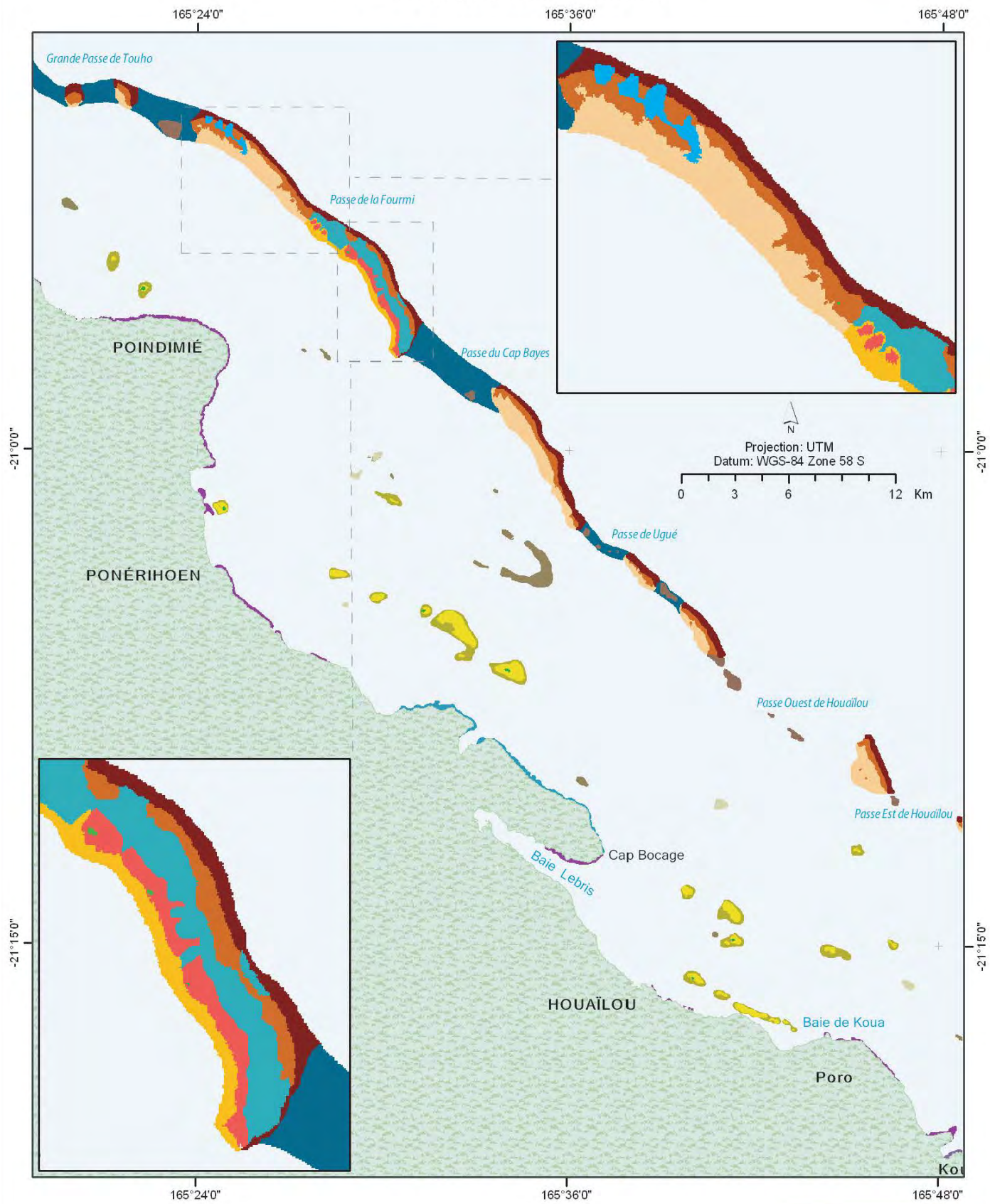


Unités Géomorphologiques

- | | | | |
|--|-----|--|------|
| | 819 | | 921 |
| | 821 | | 845 |
| | 829 | | 842 |
| | 849 | | 749 |
| | 656 | | 857 |
| | 665 | | 851 |
| | 663 | | 850 |
| | 666 | | 937 |
| | 727 | | 930 |
| | 728 | | 929 |
| | 736 | | 654 |
| | 747 | | 817 |
| | 840 | | 1000 |



De Poindimié à Houaïlou

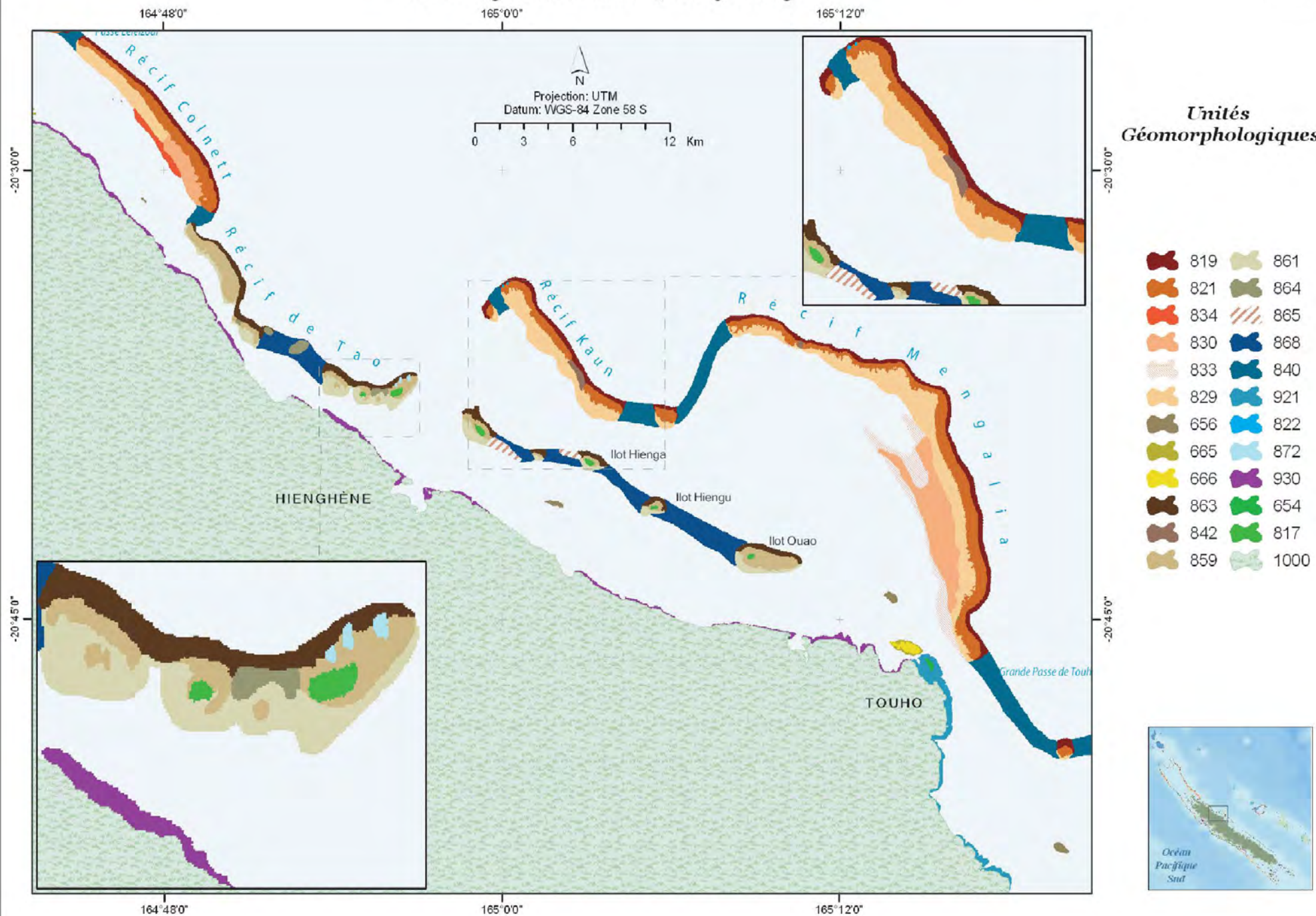


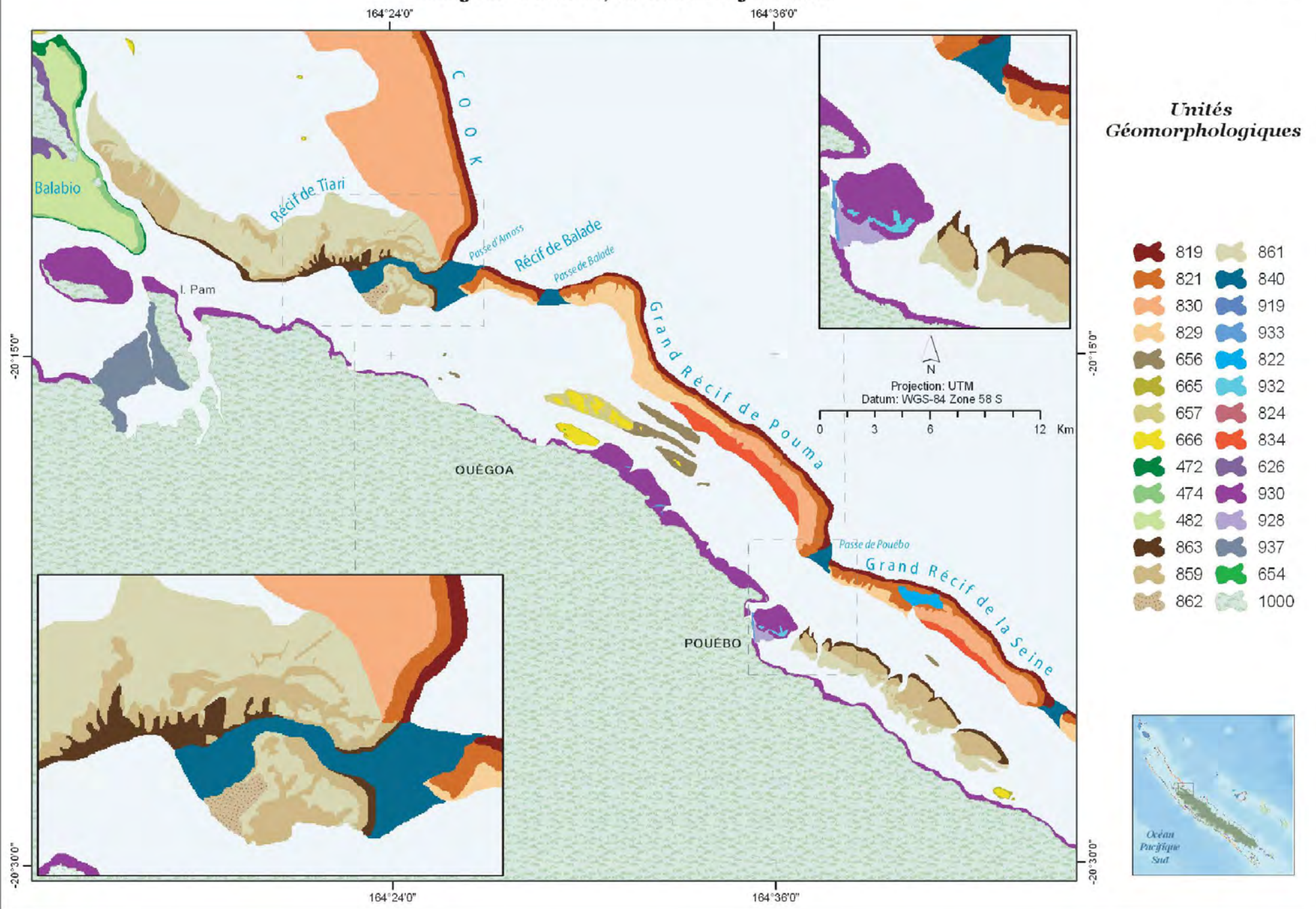
Unités Géomorphologiques

- | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 819 | 851 | 849 | 656 | 663 | 937 | 840 | 845 | 654 |
| 821 | 829 | 842 | 665 | 666 | 930 | 921 | 822 | 817 |
| | | | | | | | | 1000 |

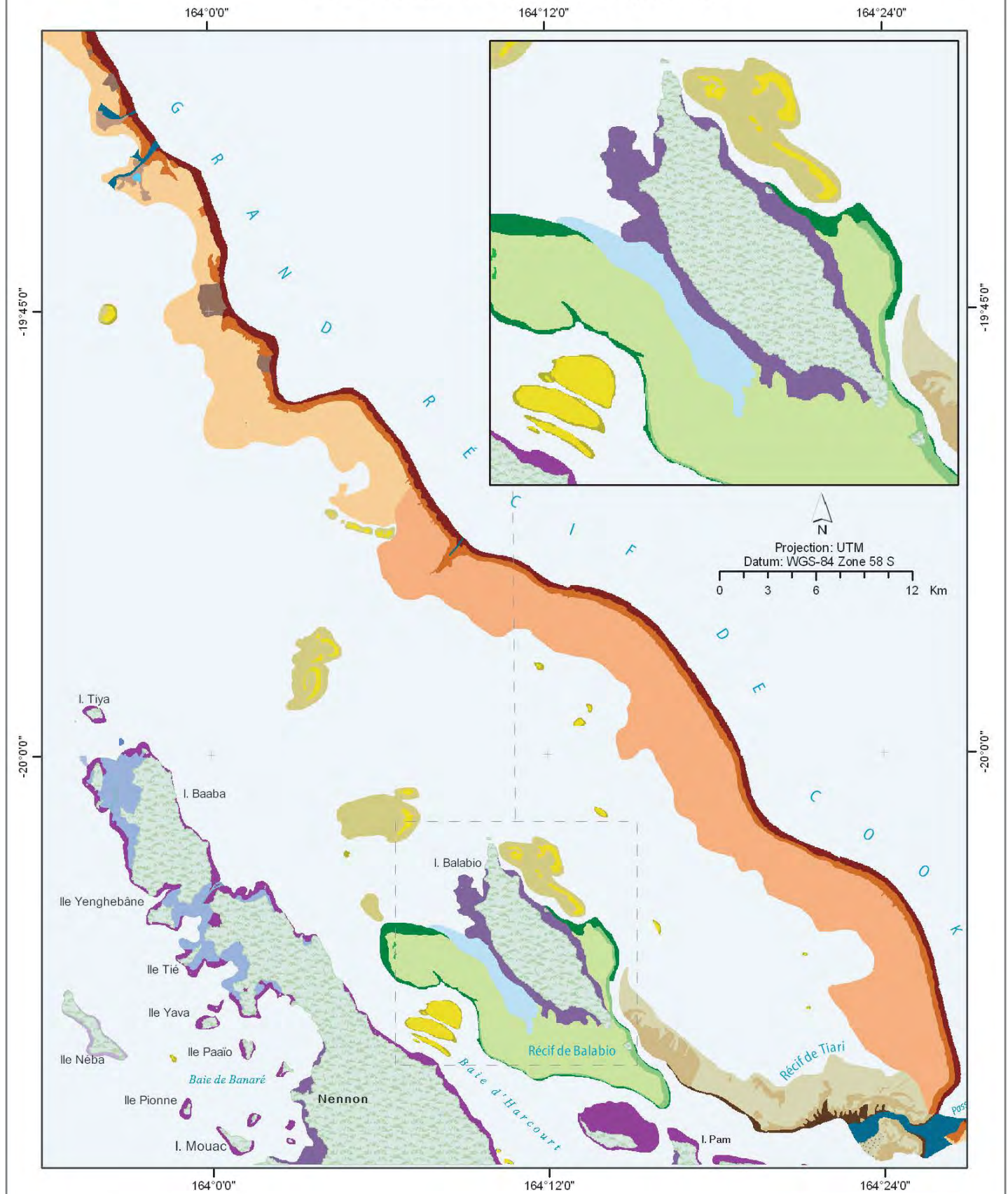


De Hienghène à Touho, Récif Mengalia





Îles Baaba et Balabio, Récif de Cook

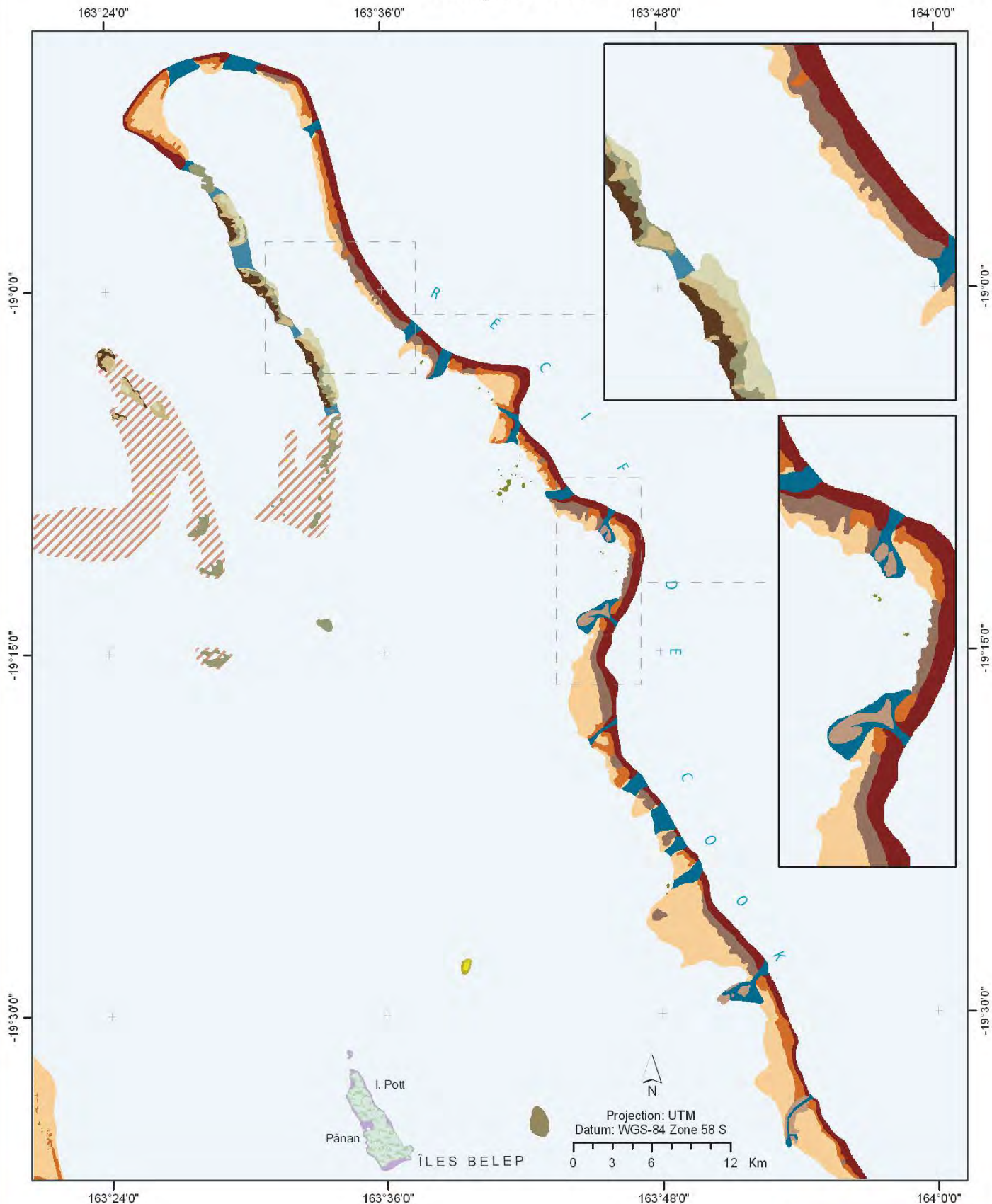


Unités Géomorphologiques

819	472	657	934	842	861	615	929
821	474	666	831	841	862	930	654
830	482	840	484	843	626	917	817
829	665	933	863	859	937	919	1000



Récif de Cook

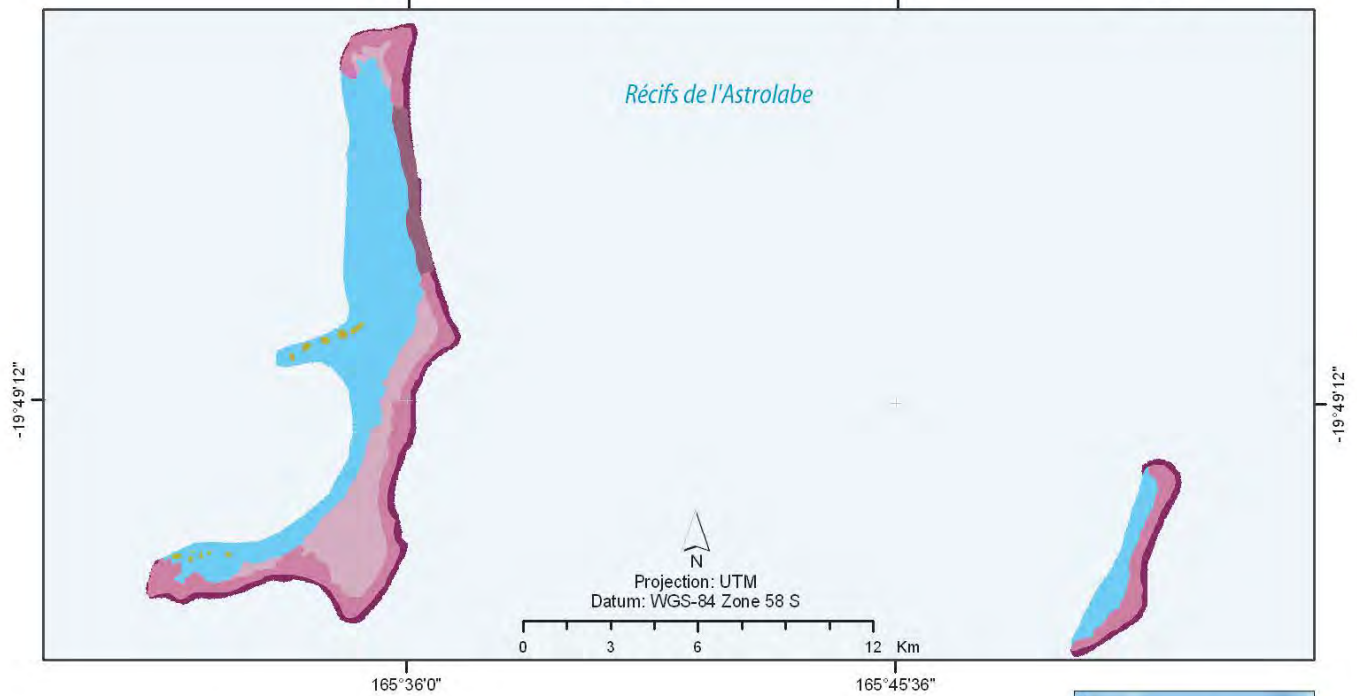
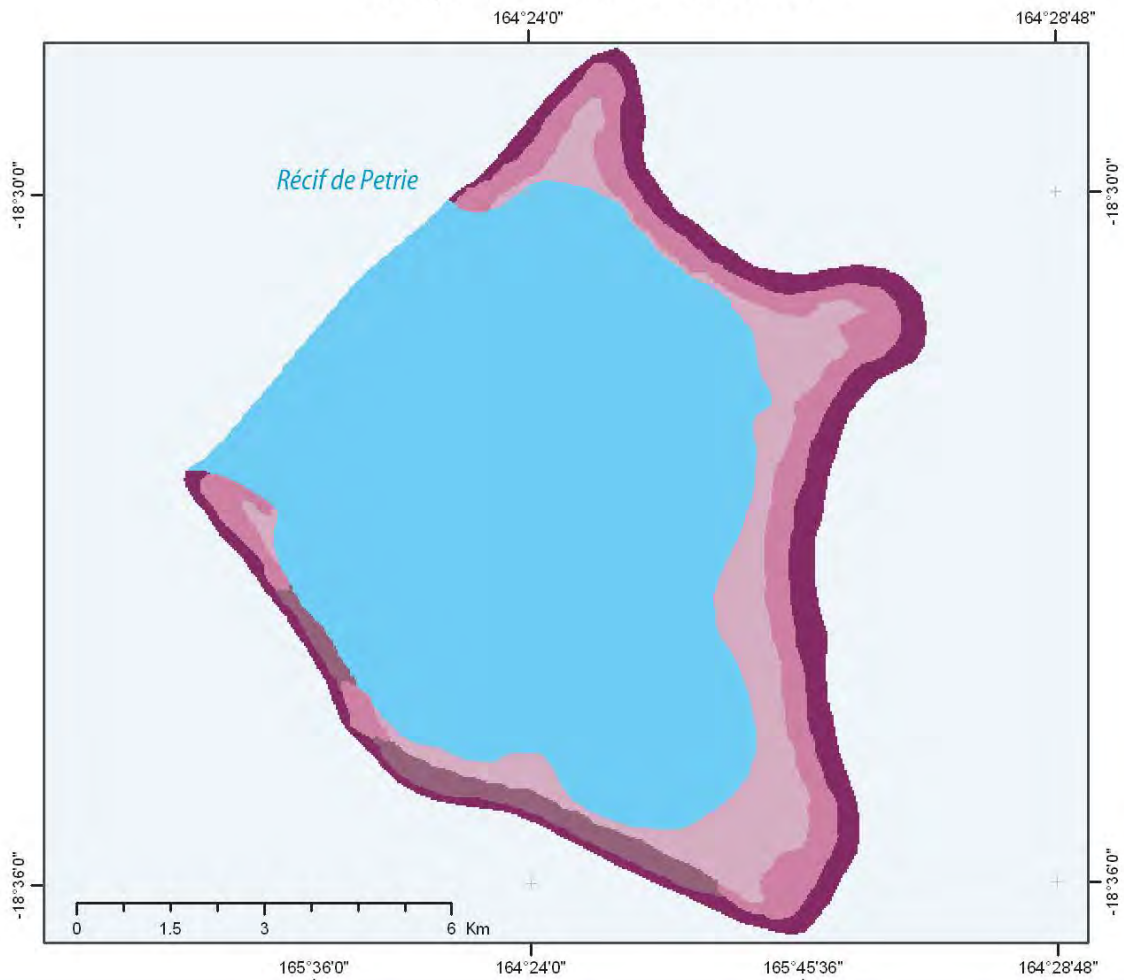


Unités Géomorphologiques

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|------|-----|
| | 819 | | 829 | | 665 | | 666 | | 842 | | 865 | | 836 | | 861 | | 840 |
| | 821 | | 656 | | 867 | | 863 | | 841 | | 859 | | 864 | | 615 | | 868 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 1000 | |



Récifs de l'Astrolabe et Pétrie



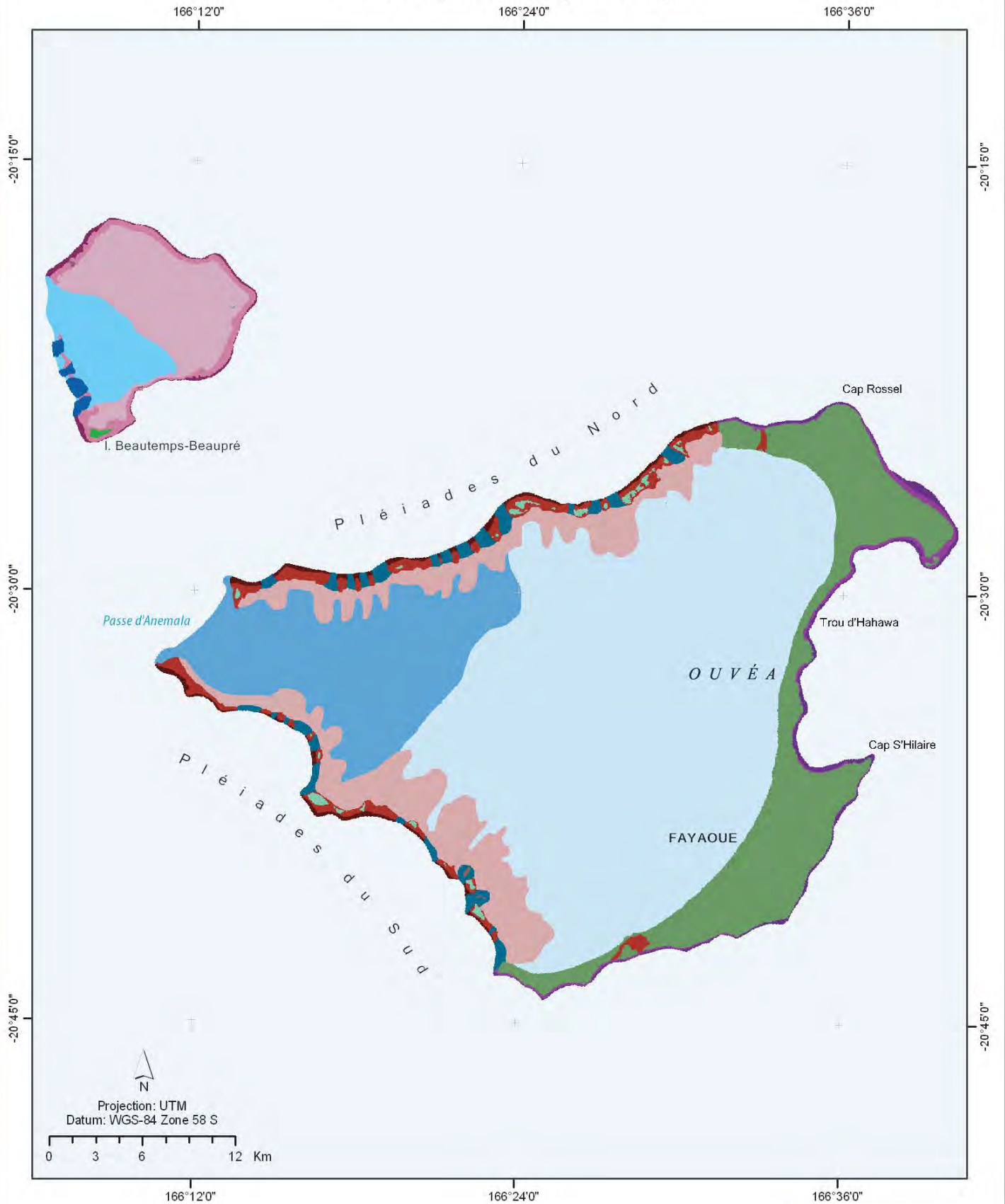
Unités Géomorphologiques

- 86
- 37
- 28
- 61
- 68
- 63



Ouvéa, Beautemps-Beaupré

Planche 21



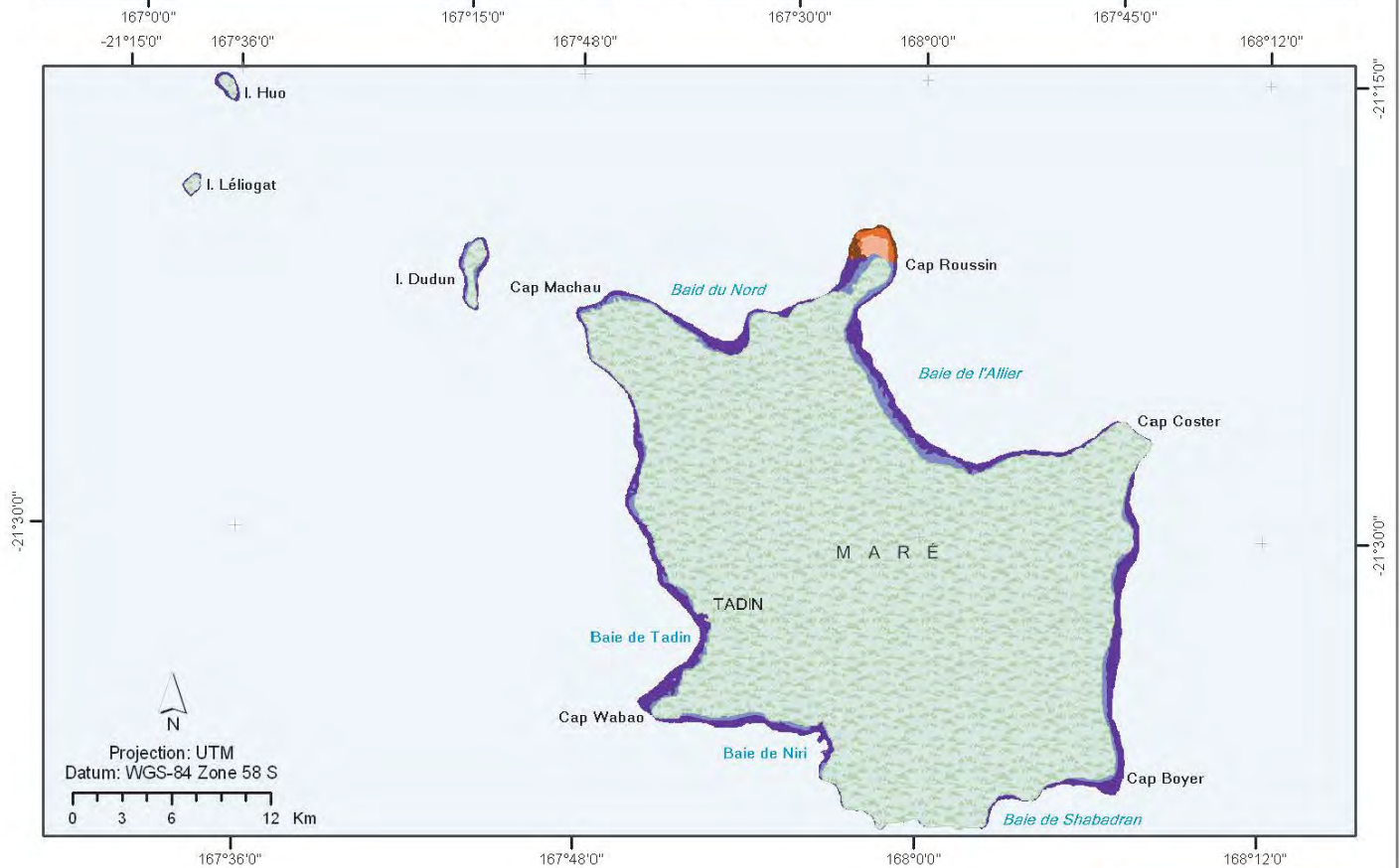
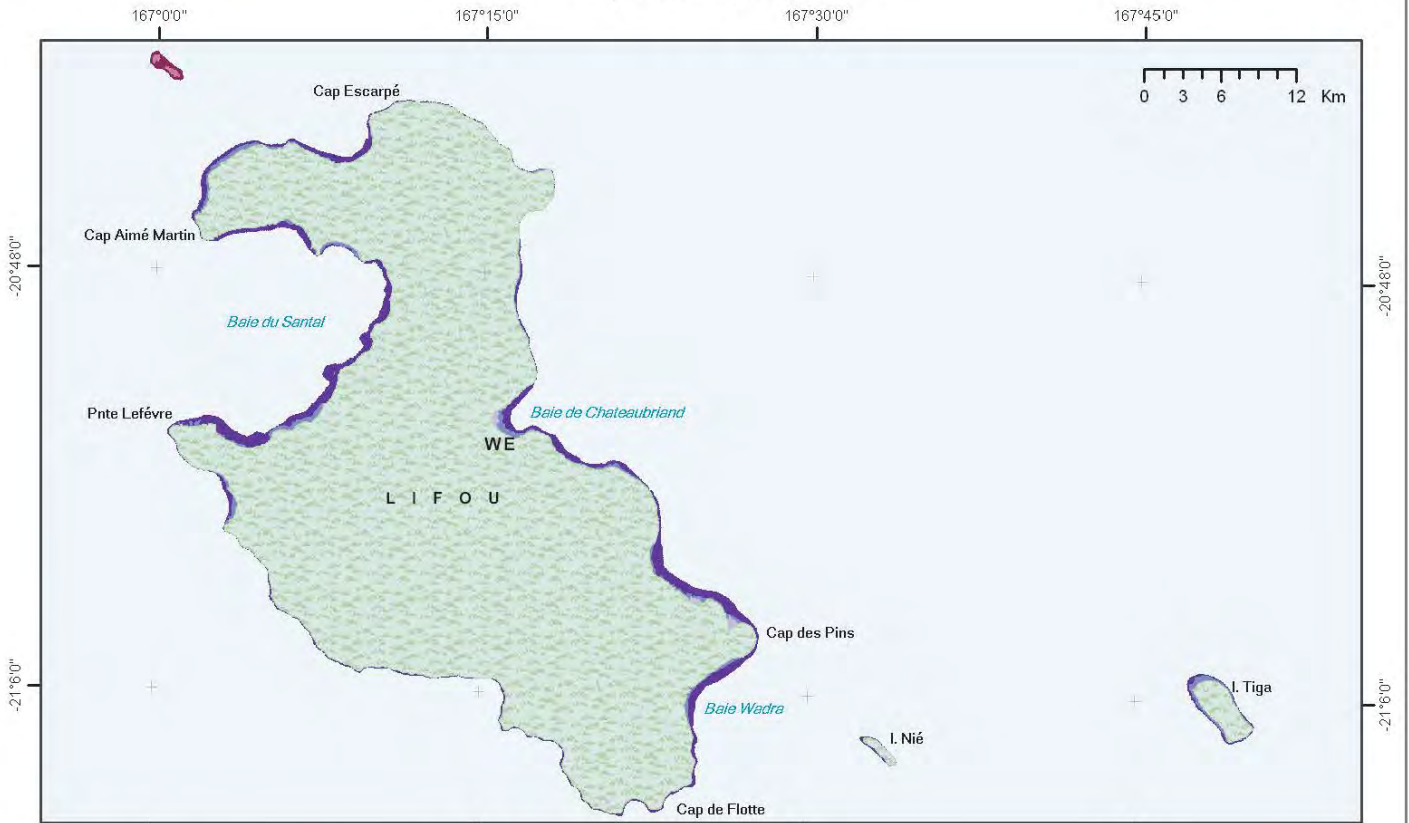
Unités Géomorphologiques

- | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 37 | 28 | 22 | 43 | 49 | 59 | 68 | 58 | 73 |
| 23 | 42 | 15 | 35 | 63 | 87 | 53 | 57 | 86 | 61 |



Lifou, Tiga, Maré

Planche 22



Unités Géomorphologiques

- 92
- 94
- 102
- 86
- 28
- 273
- 274
- 277
- 1000



Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie

Version 1 pour circulation restreinte

(10 Avril 2004)