

## Partie 1

# Les récifs coralliens : une dynamique complexe dans un environnement changeant

*Coordination : Bernard Pelletier*

*Les processus géologiques et les conditions environnementales contrôlent le développement des récifs coralliens. Marqueurs de l'interface terre-mer en domaine inter-tropical, et donc enregistreurs privilégiés du niveau relatif de la mer, les récifs nous renseignent à la fois sur la variation du niveau marin et sur les mouvements verticaux des terres. Ce sont aussi de merveilleuses archives du climat (température et salinité des eaux). Leur construction est aussi dépendante de leur exposition aux éléments (vent, houle, courant...), ainsi que de la qualité des eaux (rejets d'eaux douces, turbidité...). Un aperçu de la diversité des complexes récifo-lagonaires de la Nouvelle-Calédonie est proposé à travers plusieurs regards de géologues, d'océanographes physiiciens et de biologistes.*

*échanges et symbiose  
photosynthèse et rayo  
des symbiodinium de  
aux animaux de*



# Chapitre 1

## Histoire contée par les récifs

*Bernard Pelletier et Serge Andréfouët*



Platier récifal actuel surmonté d'un récif ancien, érodé à sa base (encoche) par le niveau marin actuel, Maré. © IRD/S. Andréfouët

### Un large domaine océanique avec de nombreux bancs, atolls, îles et récifs associés

La Nouvelle-Calédonie, nichée entre l'Australie et l'archipel du Vanuatu, juste au nord du tropique du Capricorne, est connue et fait rêver pour ses récifs vierges et ses magnifiques lagons. Avec 1,4 million de kilomètres carrés, la zone économique exclusive de la Nouvelle-Calédonie s'étend sur 1 200 km du nord au sud (15°S à 26°S) et sur 1 800 km d'ouest en est (157°E à 174°E). Elle héberge une multitude de récifs actuels associés à de nombreux bancs, atolls et îles, qui se répartissent sur cinq rides, principalement orientées nord-sud à nord-

ouest sud-est, plus ou moins parallèles, en grande partie submergées et séparées par des bassins et fosses profondes (fig. 1).

Se succèdent d'ouest en est le grand complexe d'atolls de Bellona-Chesterfield-Bampton, qui termine au nord un alignement de guyots sur le bord nord-ouest de la ride de Lord Howe ; les bancs et récif Fairway et le banc de Lansdowne avec son récif Néréus, qui culmine à l'extrémité nord de la ride de Fairway ; la ride de Nouvelle-Calédonie, prolongement nord de la ride de Norfolk, le long de laquelle se succèdent du sud au nord, les bancs Antigonie et de la Torche, l'île des Pins, la Grande Terre (île principale, 400 × 50 km), l'archipel des Belep et les récifs d'Entrecasteaux et ses atolls au-delà



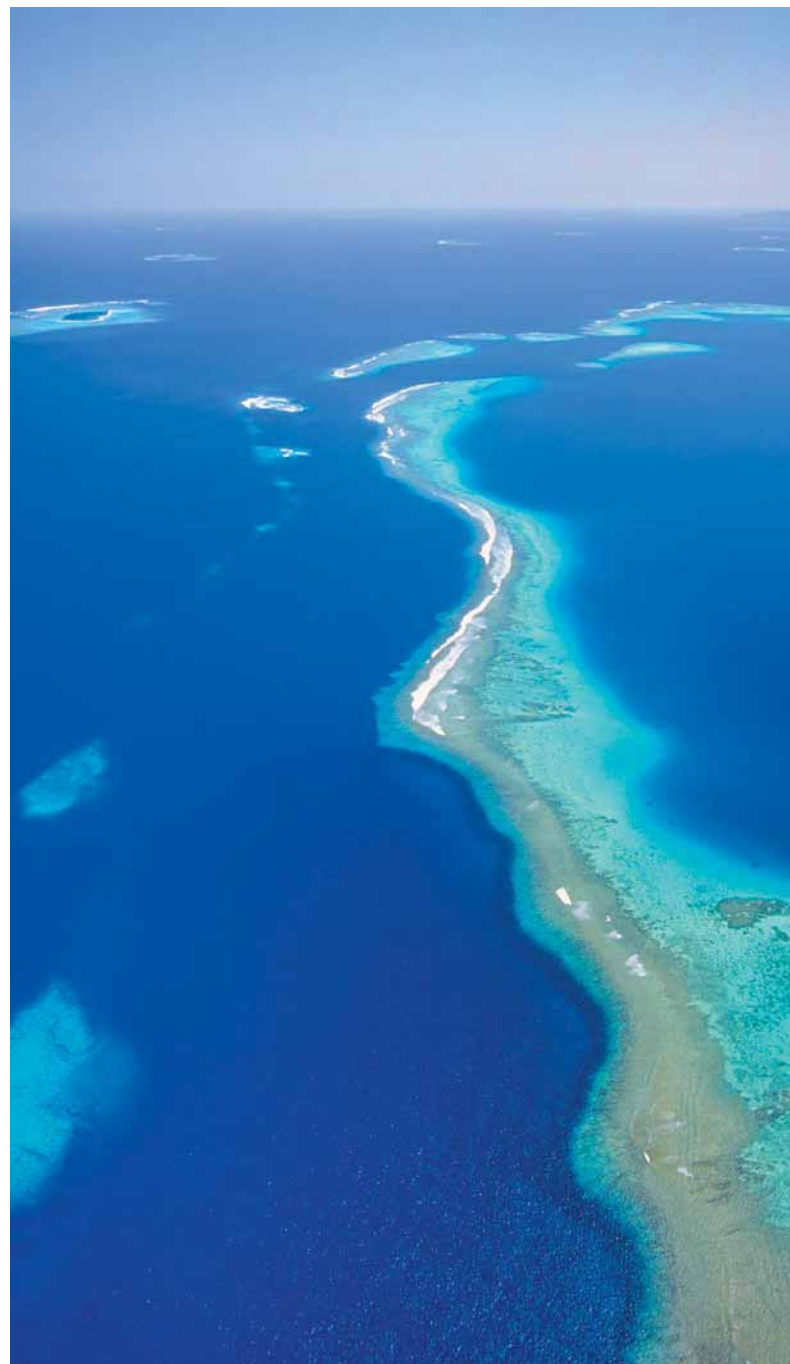


du Grand Lagon Nord ; la ride des Loyauté le long de laquelle s'échelonnent du sud au nord l'île Walpole, le banc de l'Orne, le récif Durand, l'archipel des Loyauté avec ses îles principales Mare, Tiga, Lifou et Ouvéa, l'atoll de Beautemps-Beaupré et les récifs de l'Astrolabe et, plus au nord, celui de Pétrie ; enfin les îles de Matthew et Hunter qui pointent à l'extrême sud de l'arc du Vanuatu, au-delà de la profonde fosse du même nom.

## Le fruit d'une évolution géologique mouvementée

L'évolution géologique ayant façonné le domaine océanique néo-calédonien en une succession de rides (avec bancs et îles) et de bassins peut être divisée en quatre périodes (PELLETIER, 2007). Du Crétacé supérieur (100 Ma) à l'Éocène inférieur (50 Ma), la marge orientale du Gondwana (marge est australienne) est étirée, puis des bassins océaniques se sont ouverts, larguant vers l'est des lanières continentales dont celles des rides de Lord Howe et de Norfolk-Nouvelle-Calédonie. La période de l'Éocène moyen et supérieur (50-34 Ma) est marquée par un raccourcissement, de la convergence au sein de cette marge antérieurement dilacérée ; elle se termine par la mise en place, sur la ride de Norfolk-Nouvelle-Calédonie d'un des plus grands panneaux de lithosphère océanique affleurant au monde, la nappe des péridotites connue sur la Grande Terre (grand massif du sud et klippes le long de la côte nord-ouest), l'île des Pins et les îles Belep, qui, par altération météoritique ultérieure, donnera naissance à une des plus grandes réserves mondiales de nickel. D'importants mouvements verticaux de réajustement, une forte érosion et du volcanisme caractérisent la période Oligocène (34 Ma) à Miocène supérieur (12 Ma). Le début du Miocène supérieur est marqué par la naissance de la zone de subduction du Vanuatu, le long de laquelle la partie orientale du domaine, le bassin Est Loyauté, a largement disparu.

Actuellement, les rides et bassins entourant la Nouvelle-Calédonie sont portés par la plaque australienne qui plonge en subduction sous l'arc insulaire actif du Vanuatu. Le mouvement relatif de convergence, orienté est nord-est ouest sud-ouest, est particulièrement rapide, de 12 cm/an au niveau des îles Loyauté (DUBOIS *et al.*, 1977 ; PELLETIER et LOUAT, 1989). En s'approchant de la zone de subduction, la plaque plongeante se déforme ; elle se soulève puis s'effondre pour passer



Récif-barrière complexe, grand Lagon Sud. © P.-A. Pantz



Récif soulevé, Ilot Walpole. © IRD/P. Tirard

en subduction. Ce bombement lithosphérique avant subduction est notamment illustré par les formes et les différentes altitudes des îles Loyauté, constituées d'atolls soulevés et situés à différentes distances de la fosse (DUBOIS *et al.*, 1974). L'atoll de Beautemps-Beaupré et celui d'Ouvéa, en partie exondé avec son grand lagon ouvert et basculé vers l'ouest et ses falaises atteignant une altitude 41 m sur la côte est, se soulèvent et émergent. Les anciens atolls de Lifou et de Maré, culminant respectivement à 104 m et 138 m, se situent de part et d'autre du sommet du bombement. L'île de Walpole (70 m) a passé le sommet du bombement et entame sa subsidence. Vers 22°S, la ride des Loyauté entre en subduction et vient percuter la terminaison sud de l'arc du Vanuatu, entraînant un découpage de la plaque supérieure le long d'une zone de fracture senestre et une diminution de la vitesse de convergence au sud du point d'impact (PELLETIER et LOUAT, 1989). La plaque ou plutôt microplaque portant les îles volcaniques actives de Matthew et Hunter est ainsi différente de celle qui porte les autres îles formant l'archipel néo-calédonien.

## Des récifs très variés

Derrière Fidji et la Papouasie Nouvelle-Guinée, la Nouvelle-Calédonie monte sur le podium des pays de la planète ayant la plus grande diversité de type de récifs (fig. 2).

Des récifs d'Entrecasteaux à ceux de l'île des Pins, des récifs de Chesterfield-Bellona à ceux des îles Matthew et Hunter, les récifs néo-calédoniens actuels couvrent environ 4 500 km<sup>2</sup> et constituent une mosaïque diversifiée de formes et structures résultant de l'histoire géologique de la région et des processus tectoniques qui continuent de nos jours à modeler le relief terrestre et sous-marin (ANDRÉFOUËT *et al.*, 2009). Les conditions environnementales récentes, telles que la variation du niveau marin lors des dernières centaines de milliers d'années, et actuelles, plus locales et sur le court terme, comme l'exposition au vent, à la houle, aux rejets terrigènes et d'eaux douces ainsi qu'à la température, contrôlent aussi le développement géomorphologique des récifs. Outre ces processus physiques à l'échelle régionale et locale, les récifs néo-calédoniens sont aussi le fruit de nombreux processus biologiques à des échelles de temps plus courtes, comme la croissance corallienne.

## Des récifs-barrières, lagunaires et frangeants

Les récifs autour de la Grande Terre sont les plus étudiés et aussi les plus diversifiés, avec notamment le complexe de récif-barrière continu le plus long de la planète. Ce dernier s'étire sur 1 500 km (dont 1 300 km de récif intertidal) et couvre environ 1 750 km<sup>2</sup>. Entrecoupé de nombreuses passes relativement étroites et distantes de 1 à 70 km de la côte, il ceinture la Grande Terre (îles Belep et Balabio comprises) et son immense lagon, en offrant diverses configurations structurales. Ainsi la partie sud de la côte orientale présente de larges portions de récifs ennoyés et parfois un double récif-barrière, alors que le nord de la côte orientale et la côte occidentale présentent des récifs-barrières de forme plus classique. La zone de Bourail se caractérise par un récif-barrière très proche de la terre et un lagon peu profond. Outre ces grands ensembles, il existe également des portions de barrière plus originales, comme au nord, où le récif s'incurve vers le lagon autour de l'île de Balabio, ou encore à l'extrême sud, dans la Corne Sud.

Le lagon autour de la Grande Terre couvre 16 800 km<sup>2</sup> et comprend de nombreux récifs peu profonds (380 km<sup>2</sup>), certains



caractérisés par la présence d'îlots dont la création s'explique par la conjonction de relief récifal ancien et d'accumulation de débris carbonatés. Pouvant paraître superficiellement similaires au premier abord, les récifs de ces îlots présentent, du fait de ces différents processus de genèse, une grande diversité de formes et structures.

Les récifs frangeants, c'est-à-dire les récifs accolés à la masse terrestre principale, couvrent près de 400 km<sup>2</sup> autour de la Grande Terre et se situent dans des endroits d'exposition très diversifiée : baies protégées et soumises à des apports terrigènes, côtes soumises aux alizés mais protégées de la houle du large et, enfin, côtes directement exposées à l'océan, comme au sud de la Grande Terre. Les différentes expositions se traduisent par des formations récifales très contrastées, plus ou moins développées.

## Des atolls

La Nouvelle-Calédonie comprend plusieurs atolls. D'origine différente, les atolls des Chesterfield et Bellona, ceux des récifs d'Entrecasteaux et ceux des Loyauté offrent de vastes surfaces récifales et lagonaires (respectivement 2 000 et 14 000 km<sup>2</sup>), quasi équivalentes à celles qui entourent la Grande Terre.

L'énorme complexe formé par les deux atolls de Bellona et de Chesterfield-Bampton représente un tiers des surfaces récifales et lagonaires de l'ensemble de la zone économique de la Nouvelle-Calédonie. De forme dissymétrique avec un récif ennoyé à l'est et un profond lagon (40-60 m) parsemé de pinacles, ces atolls s'appuient sur cinq guyots qui sont les plus anciens volcans, d'âge possiblement Oligocène supérieur, issus du point chaud de Lord Howe.

À l'extrémité septentrionale de la ride de Nouvelle-Calédonie, les récifs d'Entrecasteaux, situés au-delà du Grand Passage, au nord du Grand Lagon Nord, se répartissent sur trois rides parallèles qui prolongent les structures de la Grande Terre et du Grand Lagon Nord. Ils comprennent les grands atolls et profonds lagons (60 m) de Huon et de la Surprise et l'atoll plus petit de Pelotas le long d'une ride centrale, l'atoll du Portail à l'ouest et ceux du récif Gilbert à l'est.

L'atoll d'Ouvéa (850 km<sup>2</sup>) et celui de Beautemps-Beaupré (120 km<sup>2</sup>), portés par la ride volcanique des Loyauté, présentent des lagons peu

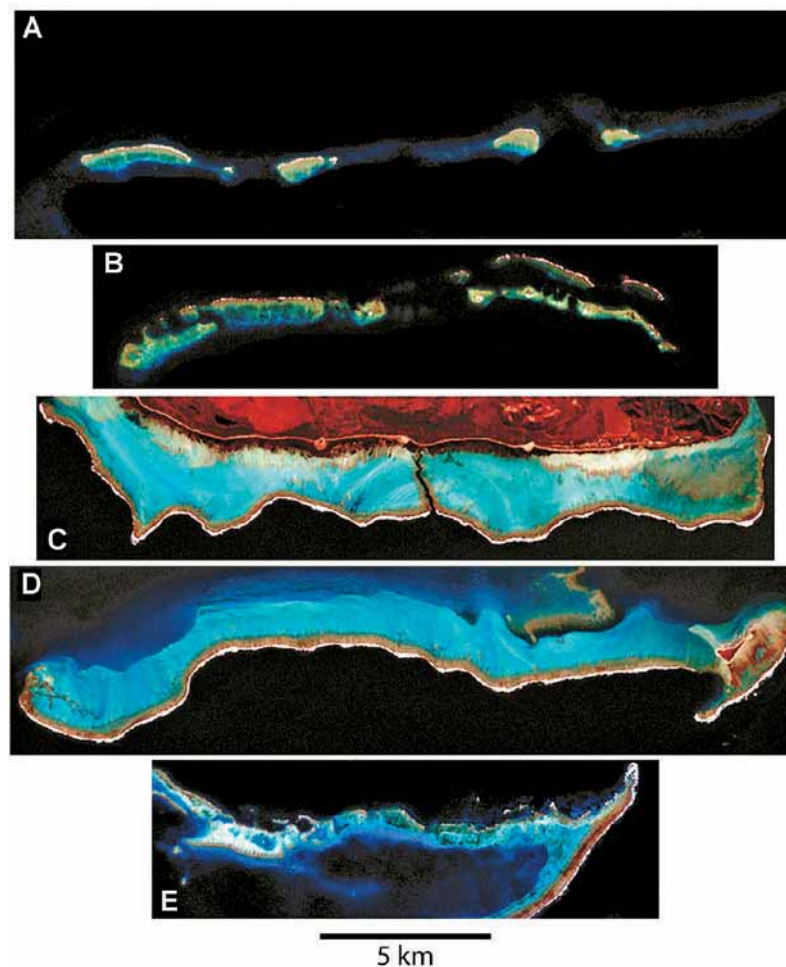


Figure 2 : Diversité des récifs-barrières de Nouvelle-Calédonie. Les images landsat (1999-2003) sont à la même échelle mais ont subi des rotations pour faciliter les comparaisons.

Côte Est.

A : Récif-barrière extérieure, Canala, de larges portions de récif sont ennoyées ;

B : Double récif-barrière extérieure, Poindimié, Ilot Bayes.

Côte Ouest.

C : Récif-barrière côtière, Poé ;

D : Récif-barrière extérieure, Grand Récif Extérieur – ilot Tenia, Boulouparis ;

E : Récif-barrière imbriqué, Corne Sud.

Source : ANDRÉFOUËT *et al.*, 2009

profonds, ouverts vers l'ouest. Celui d'Ouvéa, bordé par les îles et récifs des Pléiades du nord et du sud, est caractérisé par un fond de lagon incliné en pente douce vers l'ouest et par l'île d'Ouvéa et ses hautes falaises à l'est. Contrairement aux autres atolls, ceux-ci sont en émergence.

## Quand les récifs nous renseignent sur les mouvements verticaux et les climats

Le niveau marin est assez bien connu depuis les deux derniers millions d'années, avec une alternance de périodes chaudes de haut niveau marin (périodes interglaciaires, comme actuellement), favorables aux constructions coralliennes, et de périodes froides de bas niveau marin (période glaciaire). Depuis le dernier interglaciaire daté de 125 000 ans, lors duquel le niveau marin était à + 6 m par rapport au niveau actuel, le niveau marin a descendu à -120 m lors du dernier maximum glaciaire daté de 20-23 000 ans, puis a rapidement remonté pour être plus ou moins stable depuis 6 000 ans. Le niveau de la mer étant connu et les récifs coralliens étant d'excellents marqueurs de celui-ci, l'analyse sédimentologique, la position et la datation des récifs anciens, construits lors des périodes interglaciaires et maintenant enfouis ou à l'affleurement, permettent donc de déduire les mouvements verticaux des îles.

Les mouvements verticaux récents (depuis le Pléistocène supérieur, il y a 125 000 ans) et les zones en surrection ou en subsidence ont pu être ainsi décryptés et cartographiés à partir d'un échantillonnage systématique des formations récifales d'âge Pléistocène et Holocène, affleurant sur les bords des côtes ou atteints par très nombreux forages sur les récifs frangeants et barrières, notamment autour de la Grande Terre (CABIOCH *et al.*, 1996) (fig.3).

L'analyse sédimentologique et stratigraphique des carottes forées apporte aussi de précieuses informations sur le processus de réinstallation des récifs coralliens lors de la dernière remontée postglaciaire du niveau marin. Les âges des plus vieux récifs holocènes autour de la Grande Terre ne dépassent pas 8 200 ans, la température des eaux de surface était certainement trop froide (température inférieure d'au moins 4 °C à aujourd'hui) avant cette date pour permettre un développement significatif des récifs coralliens.



Forage du récif-barrière, îlot Bayes, côte est de la Grande Terre (2002). © IRD/G. Cabioch

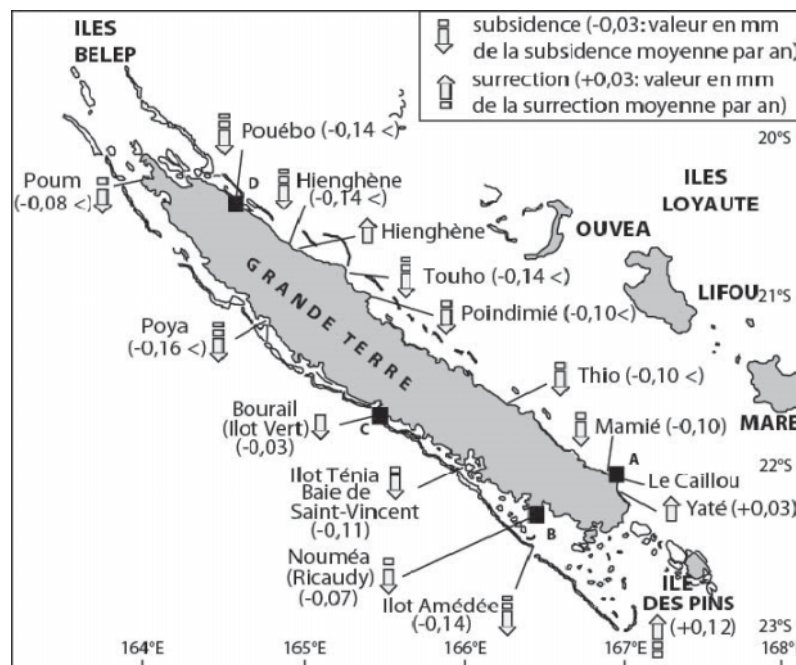


Figure 3 : Mouvements verticaux depuis 125 000 ans autour de la Grande Terre. Source : Cabioch *et al.*, 1996





Terrasses récifales et falaises de calcaires récifaux avec encoches actuelle et ancienne, nord de Lifou, Joking. © P.-A. Pantz

## Des zones en surrection avec des récifs et atolls anciens et soulevés

Les anciens atolls d'âge Miocène moyen à Pléistocène des îles Loyauté, culminant de 40 à 140 m d'altitude, ont été fortement soulevés. À l'île des Pins, le complexe récifal attribué au haut niveau marin du dernier interglaciaire indique un soulèvement de 0,12 mm/an depuis 125 000 ans. Dans le sud-est de la Grande Terre, dans la région de Tara/Yaté, le récif frangeant construit à 125 000 ans est aussi émergé. Il atteint une altitude maximum de 10 m, ce qui indique une surrection de 0,03 mm/an, alors que dans cette même région le récif-barrière actuel se trouve profondément immergé, de 15 à 20 m. L'ensemble des zones en surrection illustre le bombement lithosphérique de la plaque Australie avant sa subduction.

## Des zones en subsidence avec des récifs et atolls anciens, ennoyés et enfouis

Des témoins du récif frangeant de 125 000 ans affleurent également dans la région de Bourail, sur la côte ouest de l'île. Toutefois, leurs altitudes, de l'ordre de 2 m, sont inférieures à celle admise pour ce haut niveau marin (+ 6 m), ce qui indique une légère subsidence de la région (-0,03 mm/an). Partout ailleurs autour de la Grande Terre, le récif frangeant de 125 000 ans est sous le récif postglaciaire holocène ou immergé plus au large, indiquant une subsidence de 0,1 à plus de 0,16 mm/an, qui augmente vers le nord et le sud-ouest de part et d'autre d'une zone centrale relativement plus stable. Au niveau du récif-barrière, le platier établi à 125 000 ans est surmonté par une formation holocène dont l'épaisseur dépend



de la subsidence. Celle-ci croît nettement, en allant de la côte vers le large, comme, par exemple, dans le lagon de Nouméa ou au niveau du récif-barrière de Yaté. Le bâti néo-calédonien a donc subi, au cours des derniers 125 000 ans, un double gauchissement, à la fois longitudinal et transversal, à la faveur de failles-flexures parallèles à l'île et de failles transverses qui la découpent en grands blocs.

Des taux de subsidence comparables ont été obtenus ou estimés depuis 125 000 ans pour les atolls des récifs d'Entrecasteaux (0,1 mm/an à Huon) et des Chesterfield-Bellona (0,1 à 0,15 mm/an).

Les forages au niveau du récif-barrière ouest de la Grande Terre ont aussi permis de reconnaître des constructions récifales attribuées

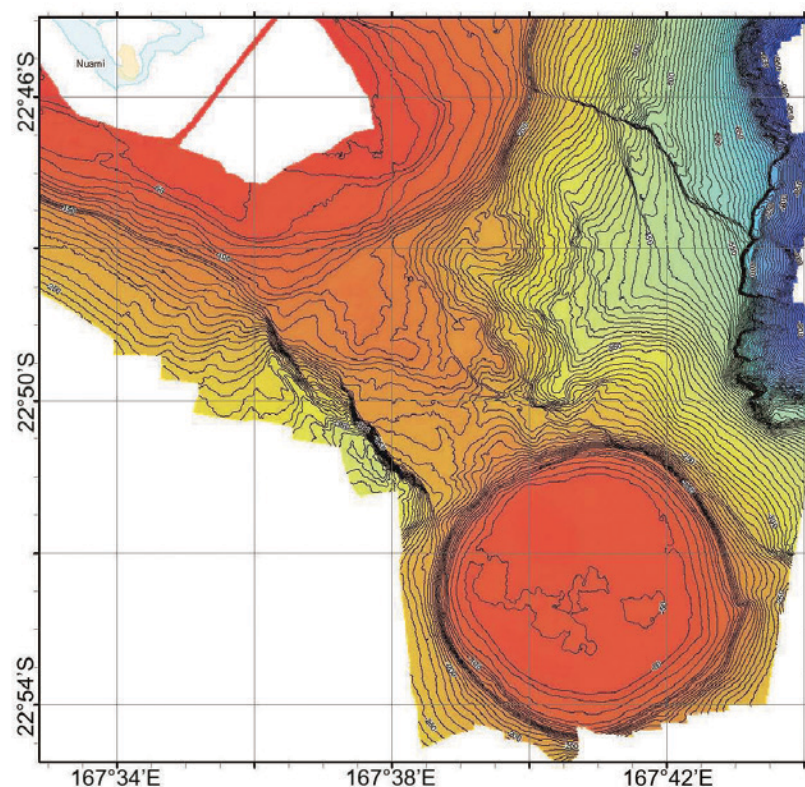


Figure 4 : Carte du banc de la Torche au sud de l'île des Pins. Isobathes tous les 10 m.  
Source : IRD/B. Pelletier

à des hauts niveaux marins antérieurs (lors du dernier million d'années). Par ailleurs l'analyse morphologique détaillée de l'ensemble des pentes externes du récif-barrière a révélé la présence de cinq terrasses marines entre -20 et -120 m, interprétées comme la signature morphologique d'unités récifales développées au cours des derniers hauts niveaux marins. La distribution de la terrasse majeure, située entre -70 et -85 m et interprétée comme le marqueur du haut niveau marin de 408 000 ans, indique une segmentation en blocs basculés et des taux moyens de subsidence de 0,13 et 0,20 mm/an, comparables à ceux déduits depuis 125 000 ans.

Enfin la subsidence est aussi indiquée par la présence d'atolls ennoyés (comme ceux du banc de la Torche (fig. 4) et Antigonina au sud de l'île des Pins) et de guyots sur la ride de Norfolk au sud de la Grande Terre, sur la ride des Loyauté et au sud du complexe de Bellona-Chesterfield (bancs Capel, Kelso, Argo et Nova fig.1).

#### Références bibliographiques

- ANDRÉFOUËT S. *et al.*, 2009 A reappraisal of the diversity of geomorphological and genetic processes of New Caledonian coral reefs: a synthesis from optical remote sensing, coring and acoustic multibeam observations. *Coral Reefs*, 28 : 691-707.
- CABIOCH G. *et al.*, 1996 Contrôle climatique et tectonique de l'édification récifale en Nouvelle-Calédonie au cours du Quaternaire terminal. *Bulletin Société Géologique de France*, 167 : 729-742.
- DUBOIS J., LAUNAY J., RÉCY J., 1974 Uplift movements in New Caledonia-Loyalty Islands area and their plate tectonics interpretation. *Tectonophysics*, 24 : 133-150.
- DUBOIS J. *et al.*, 1977 New Hebrides trench: subduction rate from associated lithospheric bulge. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14 : 250-255.
- PELLETIER B., 2007 « Geology of the New Caledonia region and its implications for the study of the New Caledonian biodiversity ». In : Payri C.E., Richer de Forges R., éd., *Compendium of marine species from New Caledonia, IRD-Nouméa, Documents scientifiques et techniques*, II (7), 2e éd. : 17-30.
- PELLETIER B., LOUAT R., 1989 Mouvements relatifs des plaques dans le Sud-Ouest Pacifique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 308 (II) : 123-130.

## Chapitre 2

# Les habitats des récifs et lagons néo-calédoniens

*Serge Andréfouët*



Récif Aboré qui s'étend au nord de la passe de Dumbéa, lagon sud-ouest. © P.-A. Pantz

### De l'utilité de connaître les habitats

La connaissance des types d'habitats présents dans une zone et leurs distributions spatiales (cartographie d'habitats) est nécessaire pour une bonne gestion, quelle que soit l'échelle de travail, pour un îlot, un récif, ou un ensemble de récifs. Cette connaissance permet d'estimer la vulnérabilité d'un site et offre une meilleure compréhension de l'effet des perturbations sur un récif. La caractérisation des habitats présents sur un site permet aussi d'identifier son caractère remarquable. Enfin, la distribution des ressources sera souvent liée à celle des habitats.

Un habitat est défini ici comme une entité biologique et abiotique couvrant une centaine de mètres carrés au minimum. Cela correspond à la perception qu'aura un plongeur ou un apnéiste du récif ou du lagon dans lequel il évolue. On ne parle donc pas ici de micro-habitats, comme l'intérieur d'une patate de corail ou d'une éponge.

### Typologie des habitats

La Nouvelle-Calédonie présente une grande diversité d'habitats récifo-lagonaires. Pour comprendre cette diversité et la décrire, il est nécessaire d'établir une typologie d'habitats qui sert de référentiel.





Exemples d'habitats des récifs et lagons calédoniens. A-D : quatre habitats coralliens.

A : Crête de récifs d'îlots dominés par des *Acropora* tabulaires de grande taille (lagon sud).

B : Platier infratidal à assemblage corallien mixte (Entrecasteaux).

C : Platier à influence terrigène de récif d'îlot à *Porites* massifs formant des micro-atolls (Petit-Borendy).

D : Platier intertidal de récif-barrière dominé par des petits *Acropora* tabulaires (lagon sud).

E : Herbier mixte associé à une alguaie de *Sargassopsis* sur une terrasse sableuse de récif frangeant (Canala).

F : Platier infratidal à coraux mous *Sarcophyton* (Thio).

G : Lagon d'atoll sableux, ici pendant une agrégation de bernard-l'ermite (Entrecasteaux).

H : Lagon d'atoll à fond sableux et épave (Entrecasteaux).

© IRD/S.Andréfouët





Micro-atolls de coraux massifs sur le platier récifal actuel au sud-est de Maré. Les rides visibles sur le pourtour du micro-atoll résultent de la variation du niveau marin. © IRD/S.Andréfouët

Classiquement, une typologie d'habitat fait appel à plusieurs niveaux de description hiérarchisés qui incluent des informations sur la géomorphologie, l'architecture, la couverture benthique et les groupes taxonomiques.

L'intérêt de la description géomorphologique est de fournir une première indication sur l'environnement physique et les propriétés du récif étudié : genèse du récif, influence des apports terrigènes, distance à la côte, exposition aux houles, exposition aux vagues de vent, profondeur, etc. Ainsi, un « récif de baie » implique une zone

enclavée, de faible énergie hydrodynamique, protégée, turbide, soumise à des apports terrigènes et d'eau douce. Cette description géomorphologique peut avoir plusieurs niveaux. Le premier niveau inclura par exemple les classes suivantes : récif-barrière, massif lagonaire, récif d'îlot, récif frangeant, massif océanique, récif de baie, atoll, banc. Chacune de ces catégories est mutuellement exclusive. Par exemple, l'appellation « récif frangeant » d'« atoll » n'a pas de sens.

Un deuxième niveau est décrit par les classes suivantes : platier, pente, crête, passe, terrasse, lagon, lagon enclavé, escarpement,

chenal. Ces différentes catégories permettent de détailler la structure des unités du niveau précédent, en décomposant par exemple un « récif-barrière » en ses différents sous-composants, en allant de l'océan au lagon. Les différentes classes du premier ou du deuxième niveau citées ici sont loin d'être exhaustives, puisqu'il en existe plusieurs centaines. Toutefois, beaucoup sont rares et on présente ici les unités susceptibles d'être rencontrées fréquemment par le public (par exemple, « platier »).

Le troisième niveau de description d'un habitat est le niveau que l'on appellera de la « biocénose ». C'est le niveau que l'usage commun associe le plus souvent à la notion d'habitat. Ce troisième niveau, benthique, est ici décrit de manière générique par les classes suivantes : corallien, corail mou, corail mort, algueraie, herbier, sableux, détritique, autres. Le label de la classe est fonction des communautés, organismes et substrats dominants dans la biocénose : corail, algues ou sable par exemple. La classe « autres » inclut des habitats où des éponges, gorgones ou autres organismes sont bien présents mais plus rarement responsables de la structuration physique d'une biocénose comparativement aux coraux et algues, du moins en Nouvelle-Calédonie. Cette classe « autres » inclut aussi des biocénoses mixtes, assemblages de multiples éléments, mais sans dominance particulière. Elle comprend aussi des habitats artificiels, accidentels ou voulus (par exemple des épaves ou des remblais de scories d'origine minière). Chaque biocénose possède ensuite un certain nombre de caractères propres. La couverture benthique, l'architecture (forme de croissance, rugosité, taille des organismes) et les organismes dominants et associés sont les facteurs qui structurent le paysage sous-marin et donc correspondent à ce que le plongeur ou apnéiste verra en premier lieu. Par exemple, pour une biocénose corallienne, seront visibles le substrat, la couverture vivante (ou morte), les formes de croissance, les tailles des colonies et les genres dominants. Pour un herbier, seront perçus la densité de l'herbier, la hauteur de la canopée, le caractère mono-spécifique ou pluri-spécifique, la présence d'organismes associés (coraux, algues, éponges, organismes faisant des terriers). Pour une zone détritique, seront perçus l'origine des débris, la taille des débris, le degré de cimentation des débris, la présence d'organismes associés.

Enfin, l'information taxonomique est le niveau le plus fin et le plus difficile à renseigner compte tenu de l'expertise nécessaire. Faute de taxonomistes, l'information peut être simplifiée en ne travaillant par exemple qu'au niveau des familles, genres ou des morphotypes (coraux branchus, massifs, etc.) et non au niveau des espèces.

## Exemples d'habitats

Pour conclure, un habitat est donc défini par trois clés principales. Chaque combinaison différente de ces variables fournit théoriquement un habitat différent. Une biocénose « algueraie » de « platier récifal » de « récif frangeant » n'est pas le même habitat qu'une biocénose « algueraie » de « terrasse » de « récif d'îlot ». Mais cela peut être bien sûr la même biocénose et offrir la même vue au plongeur ou apnéiste qui a le « nez dans son masque ». Le contexte géomorphologique fait partie de la notion de l'habitat, mais n'est pas forcément directement perceptible par le plongeur dans son champ de vision.

Des exemples d'habitats sont présentés sur l'illustration. Toutefois, ces huit habitats sont loin de représenter exhaustivement la diversité présente en Nouvelle-Calédonie. Une première compilation a permis de décrire 150 premiers habitats (ANDRÉFOUËT, 2014) à partir d'observations acquises au cours de diverses campagnes en mer effectuées de 2009 à 2013, notamment dans le Grand Lagon Nord, les lagons sud, sud-est et nord-ouest, la côte Est, l'île des Pins et les récifs de Cook et d'Entrecasteaux. Toutefois compte tenu des zones non encore visitées, notamment en profondeur, on estime que ces 150 habitats ne représentent que la moitié environ des configurations possibles que l'on pourrait trouver dans les récifs et lagons néo-calédoniens.

## Référence bibliographique

ANDRÉFOUËT S., 2014 *Fiches d'identification des habitats récifolagunaires de Nouvelle-Calédonie, Sciences de la Mer. Biologie Marine*. Notes techniques IRD, Nouméa : 169 p.



# Les lagons vus par satellite

Cécile Dupouy, Jérôme Lefèvre, Guillaume Wattelez, Chloé Martias, Rémi Andreoli et Didier Lille



Nord de la Nouvelle-Calédonie. Récif des Français (à gauche), Récif de Balade (en haut à droite). Les récifs frangeants du nord et autour de l'île de Balabio sont visibles. (Image Landsat 7).

Nous utilisons principalement l'imagerie satellite pour répondre à différentes problématiques en rapport avec le milieu océanique. La Nouvelle-Calédonie est connue pour la richesse de sa biodiversité, en particulier pour son milieu marin. Cette richesse aquatique étant menacée par les nombreuses activités anthropiques et les événements climatiques extrêmes, il convient d'étudier leurs impacts sur ces écosystèmes. Pour ce faire, les scientifiques disposent de plusieurs indicateurs dits biogéochimiques, c'est-à-dire des indicateurs fournissant des renseignements à la fois sur les organismes vivants microscopiques contenant la chlorophylle, les éléments sédimentaires et terrestres et éventuellement des composés dissous dans l'eau.

Les barrières coralliennes se développent à la faveur de conditions favorables : température, degrés de salinité, oxygénation et apports

en nourriture. Les coraux symbiotiques ont besoin d'eaux transparentes très claires permettant la photosynthèse de leurs zooxanthelles. Si les coraux de certaines baies sont parfois florissants, même en condition de grande turbidité, il est admis que trop de sédimentation nuit à leur croissance. Toutefois, les polypes assimilent aussi des organismes vivants, qui doivent eux-mêmes trouver leur source de nourriture.

Si les eaux du large baignant les récifs-barrières sont en général transparentes et peu riches, d'épisodiques enrichissements peuvent survenir et provoquer des blooms phytoplanctoniques, par apports nutritifs ou remontées d'eaux plus profondes. Ainsi, la construction des récifs-barrières résulte d'une « bonne santé » des coraux qui elle-même découle d'une « savante alchimie » entre différentes composantes de l'eau.

Les images satellite nous enseignent que l'océan n'est pas toujours bleu. La sensibilité des capteurs est telle qu'une petite modification de couleur non perceptible pour nos yeux peut être détectée rapidement. Les satellites défilants balayent et « voient » d'un coup une largeur de champ considérable, de plusieurs centaines ou milliers de kilomètres, à des résolutions de 10 m à 250 m (par système de balayage ou par caméras CCD à 700 km de distance).

Comme chaque composante de l'eau (chlorophylle, turbidité et matière organique dissoute) a une couleur particulière, il est possible de déduire la concentration de chaque composante. Il est très utile de pouvoir différencier les différents apports minéraux (grosses particules sédimentant vite, comme les grains de sable ou des latérites fines) provenant des bassins-versants, le phytoplancton vert et riche en chlorophylle, et la partie dissoute. Cette dernière, absorbant fortement la lumière aux longueurs d'onde UV, a un rôle de parapluie solaire pour les coraux tropicaux et peut s'associer avec

des polluants (pesticides) ou des métaux présents en faible concentration dans les eaux du lagon. Les données satellite de la couleur de l'eau permettent ainsi de décrire et de comprendre la dynamique de l'environnement des lagons et des récifs coralliens (turbidité, matière dissoute et chlorophylle).

## L'impact de la pluie sur la chlorophylle et la turbidité

Lors de fortes dépressions tropicales ou après des périodes prolongées de pluie, la chlorophylle observée par satellite (quantité de phytoplancton) est multipliée par trois dans les lagons. Cet effet est visible jusqu'à 50 km des côtes (fig. 1, A et B). En utilisant un modèle physique-biogéochimique couplé à trois dimensions et en considérant l'interface entre l'océan et le lagon, le modèle reproduit l'augmentation de la chlorophylle à l'intérieur des passes du récif

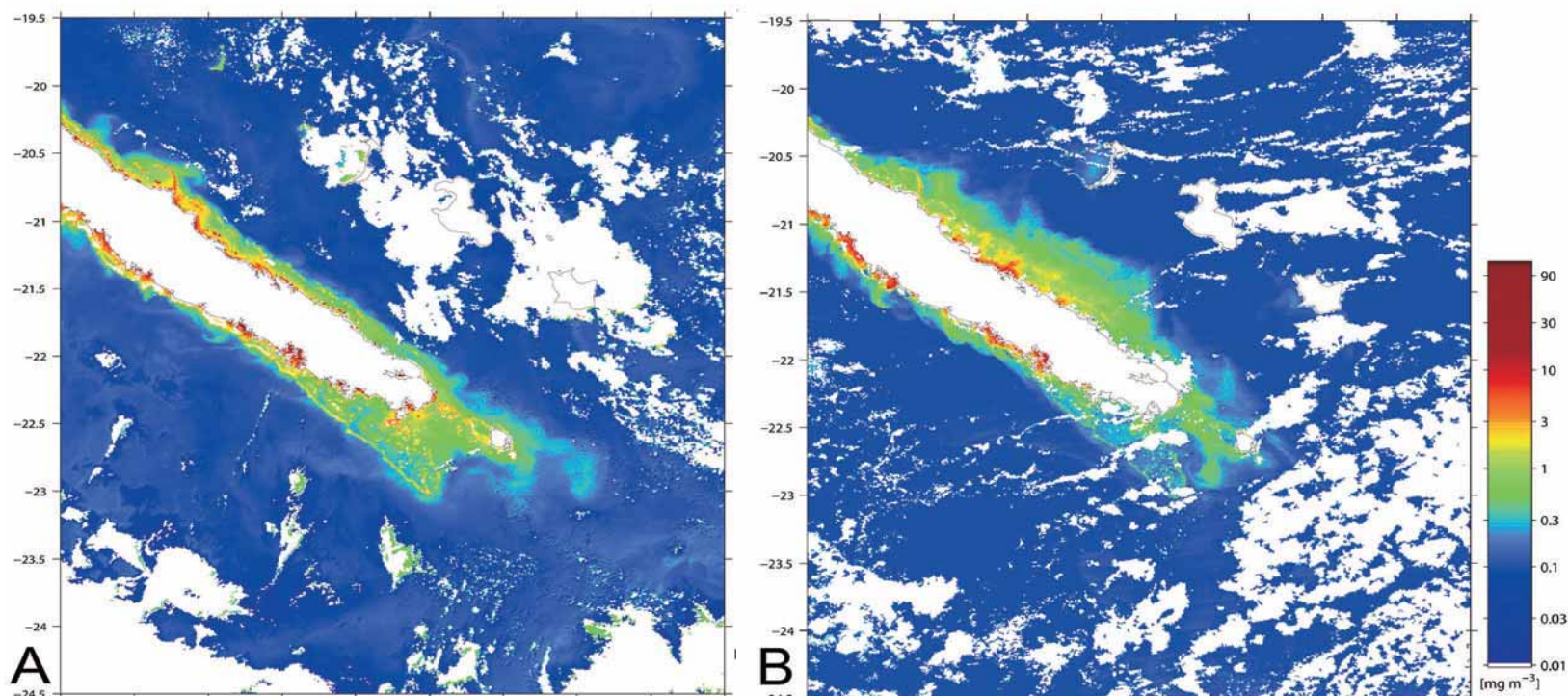


Figure 1 : Distribution de la chlorophylle ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) estimée à partir d'images Modis, avant (A) et après (B) le fort épisode pluvieux de mars 2008. © H. Murakami



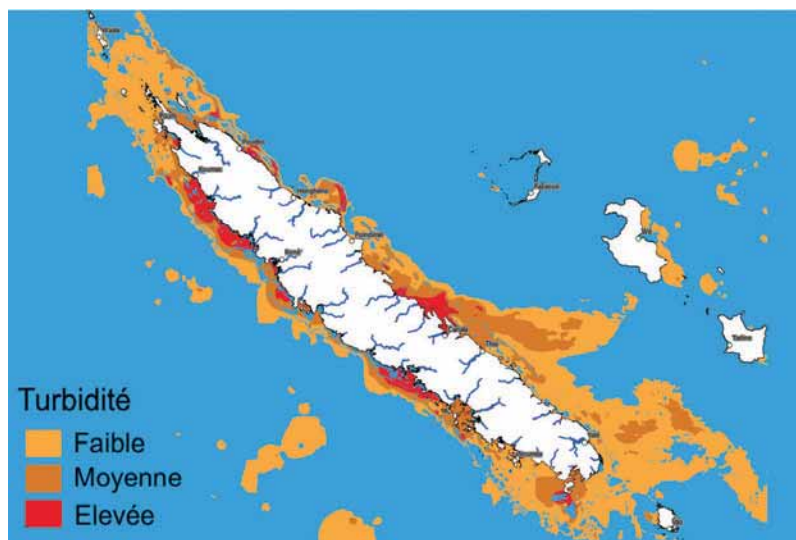


Figure 2 : Turbidité (calculée) après la dépression Finna en décembre 2011. © Bluecham SAS

(FUCHS et al., 2013). La modélisation biogéochimique peut alors être validée par les images satellite Modis de chlorophylle dans les lagons.

Lorsque le lagon est profond (plus de 20 m), la turbidité est mesurable par télédétection, avec une validation issue des mesures *in situ* dans le lagon. Les panaches turbides détectés par les images Modis permettent de cartographier les impacts des bassins-versants. Ces panaches se développent et sont repris par la circulation

océanique. La côte orientale est plus souvent impactée, en raison de la fréquence et de l'intensité des pluies et de la présence du grand massif du sud, de nature ultrabasique et latéritique (fig. 2).

À l'échelle du lagon sud-ouest, la chlorophylle observée par satellite indique que la concentration est plus faible dans les eaux baignant les récifs-barrières que sur la bande côtière. La transparence est donc plus forte sur les massifs de corail. Si on suit la chlorophylle au cours du temps à trois stations (fig. 3, A), une océanique au large de la passe de Dumbéa (OC1), une en milieu de lagon (M33) et une dans une baie (la baie de Dumbéa, GD10), on note que le pic de chlorophylle printanier se produit plus tardivement à l'extérieur de la barrière corallienne (OC1) que dans les eaux du milieu de lagon (M33) ou que dans la baie côtière (GD10) (fig. 3, B). Cependant, les eaux du large peuvent parfois être plus riches que celles de l'intérieur du lagon en raison de remontées d'eaux froides (NEVEUX et al., 2010).

Lorsque les eaux sont peu profondes, la couleur du fond influe trop sur le signal satellite. L'objectif est alors de détecter spécifiquement l'effet dû à la bathymétrie et à la couleur des fonds (MINGHELLI-ROMAN et DUPOUY, 2014). Les composantes de l'eau de mer sont alors accessibles seulement au prix de calculs plus compliqués (MURAKAMI et DUPOUY, 2013 ; WATTELEZ et al., 2016, 2017) comme dans le lagon sud-ouest proche de Nouméa, au niveau des zones d'arrière-récifs et de hauts-fonds (fig. 3A).

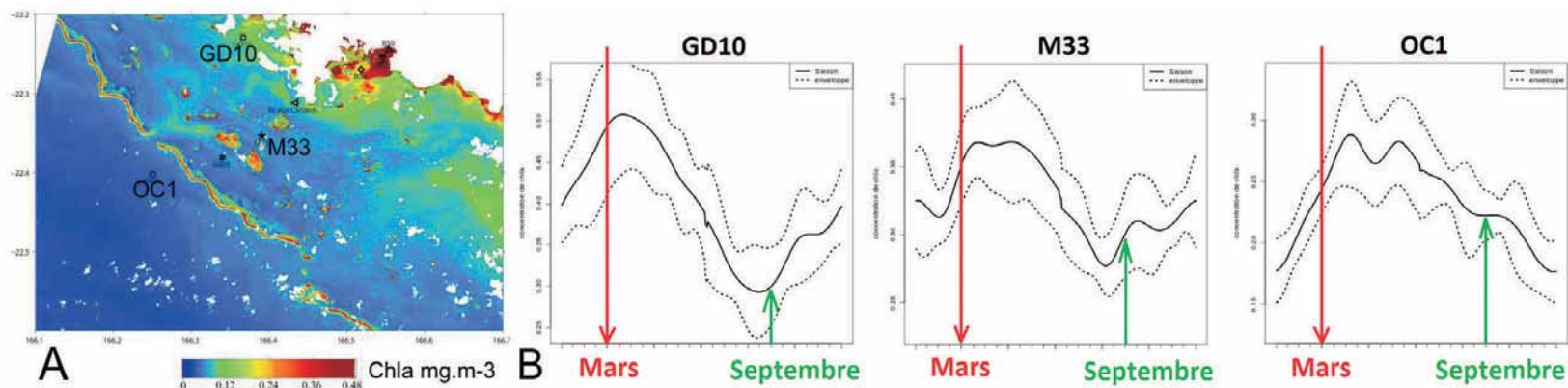


Figure 3 : Chlorophylle dans le lagon de Nouméa. A: Chlorophylle estimée à partir d'image AVNIR à très haute résolution (20 mètres) après correction de la réflexion du fond (MURAKAMI et DUPOUY, 2013). B: Cycle saisonnier de la chlorophylle aux différentes stations (océanique OC1, lagonaire M33 et côtière GD10). Source : DUPOUY et al., 2011



## Les efflorescences de cyanobactéries *Trichodesmium*

La cyanobactérie filamenteuse *Trichodesmium* représente une part importante de la chlorophylle au large et à l'intérieur des lagons (DUPOUY *et al.*, 2011). Ces efflorescences peuvent être observées sur des milliers de kilomètres au large de la Nouvelle-Calédonie et entrer par les passes dans les lagons. Elles sont très souvent visibles par satellite autour de la Nouvelle-Calédonie et forment des lignes parallèles au récif-barrière (fig. 4). Les mattes superficielles sont détectables grâce à un signal dans le proche infra-rouge et des anomalies de réflectance (DUPOUY *et al.*, 2011).

## La matière organique dissoute colorée

Dans les lagons, la quantité de matière dissoute colorée (MODC), qui protège les coraux des forts éclaircissements UV, est souvent liée aux apports des rivières, comme c'est souvent le cas sur la côte est de la

Nouvelle-Calédonie. Cette matière organique d'origine terrestre est transportée sur de longues distances dans le lagon en fonction des débits des rivières. Elle peut être associée avec les éléments métalliques, ce qui en fait un indice très important pour suivre l'environnement corallien. La matière organique dissoute est détectable par satellite. Le tryptophane, qui est aussi une partie de la matière dissoute, est produit par les massifs coralliens (MARTIAS *et al.*, 2018), mais n'est accessible que par une analyse optique (spectro-fluorescence).

Les cartes de chlorophylle et de turbidité issues de données satellite peuvent être réalisées en continu et à l'avenir en temps quasi réel. Elles nous renseignent sur la composition de l'eau de mer, permettant ainsi une caractérisation précise et peu onéreuse de la qualité des eaux baignant les récifs et les massifs coralliens. Les images nous indiquent l'extension des panaches turbides et de chlorophylle. L'analyse des séries d'images depuis 1998 permet de suivre et d'expliquer l'impact des phénomènes climatiques (saisons, épisodes El Niño...) sur l'environnement des lagons et des récifs.

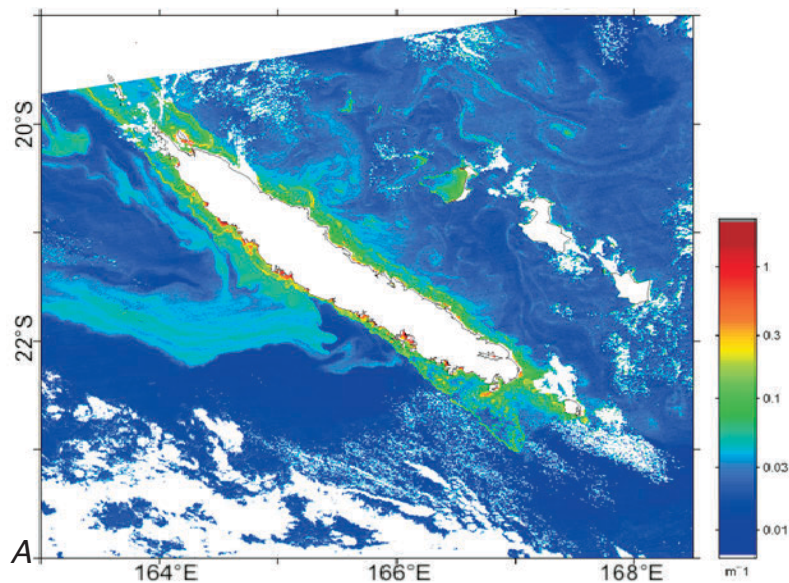


Figure 4 : Efflorescences de la cyanobactérie *Trichodesmium*. A : Autour de la Nouvelle-Calédonie en été, par temps calme (février 2010, image Modis). B : Les eaux roses sont fréquemment observées près des récifs-barrières (baie du Prony). © A.E.L./ B. Moreton



Atolls d'Ouvéa (au centre) et de Beautemps-Beaupré (en haut). © (2000, Image Landsat 7)

## Références bibliographiques

- DUPOUY C. *et al.*, 2011 A new algorithm for detecting *Trichodesmium* surface blooms in the South Western Tropical Pacific. *Biogeosciences*, 8 : 1-17.
- FUCHS R. *et al.*, 2013 Modeling the ocean-lagoon interaction via upwelling processes on the South West of New Caledonia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135 : 5-17.
- MARTIAS C. *et al.*, 2018 Characterization and sources of colored dissolved organic matter in a coral reef ecosystem subject to ultramafic erosion pressure (New Caledonia, Southwest Pacific). *Science of Total Environment* : 616-617, 438-452. doi : 10.1016/j.scitotenv.2017.10.261
- MINGHELLI-ROMANA A., DUPOUY C., 2014 Seabed mapping in the lagoon of New Caledonia with MerIS images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7 (6) : 2619-2629.
- MURAKAMI H., DUPOUY C., 2013 Atmospheric correction and inherent optical property estimation in the southwest New Caledonia lagoon using AVNIR-2 high-resolution data. *Applied Optics*, 52 (2) : 182-198.
- NEVEUX J. *et al.*, 2010 Phytoplankton dynamics in the southern New Caledonian lagoon during a southeast trade winds event. *Journal of marine systems*, 82 : 230-244.
- WATTELEZ G. *et al.*, 2016 A statistical algorithm for estimating chlorophyll concentration in the Nouvelle-Calédonien lagoon. *Remote Sens.*, 8 (1) : 45.
- WATTELEZ G. *et al.*, 2017 Remotely sensed assessment of turbidity with Modis in the oligotrophic lagoon of Voh-Koné- Pouembout area. *New Caledonia, Water*, 9 : 737.



# La valse des masses d'eau dans le lagon néo-calédonien

Pascal Douillet, Jérôme Aucan, Jérôme Lefèvre, Romain Le Gendre, TERENCE Desclaux et Marion Drouzy



Vagues se brisant sur le platier récifal bordant le littoral, Ile des Pins. © P.-A. Pantz

La circulation lagonaire est le résultat du mouvement des masses d'eau déformé par la géomorphologie compliquée du lagon. Les grands courants et tourbillons océaniques (encadré 1) (CRAVATTE *et al.*, 2015) et côtiers (MARCHESIELLO *et al.*, 2010), la marée (OUIILLON *et al.*, 2010), le vent local (LEFEVRE *et al.*, 2010) et la houle sont les principaux moteurs à l'origine de cette mise en mouvement. Bien que la marée imprime aux masses d'eau un mouvement alternatif qui nous est familier, les courants et propriétés des masses d'eau sont en réalité le résultat d'interactions non-linéaires complexes. Les modèles numériques ont permis de démontrer l'action déterminante de la marée et du vent sur la pulsation du lagon. Le renouvellement des masses d'eau, les propriétés et formes de la matière organique, le transport des larves sont par exemple contrôlés par ces deux moteurs.

Les effets de la houle océanique combinée à la houle levée par le vent local sur le lagon (la mer de vent) et dont la transmission de l'énergie est modulée par la marée, commencent à être étudiés par modélisation. Les modèles sont calibrés et validés à l'aide de précieuses observations mesurées par les océanographes et biologistes marins du centre IRD de Nouméa au cours de ces 20 dernières années. Les observations proviennent de dispositifs immergés (marégraphes, courantomètres, bouées dérivantes, houlomètres, capteurs de température et de salinité), de stations météorologiques automatiques et de campagnes de mesures des propriétés physico-chimiques des masses d'eau. Ces observations sont complétées par celles de Météo-France, de l'Ifremer et celles issues de données satellitaires (vent, houle, température, turbidité et distribution du phytoplancton en surface).

### Encadré 1

## Les récifs calédoniens baignés par les courants

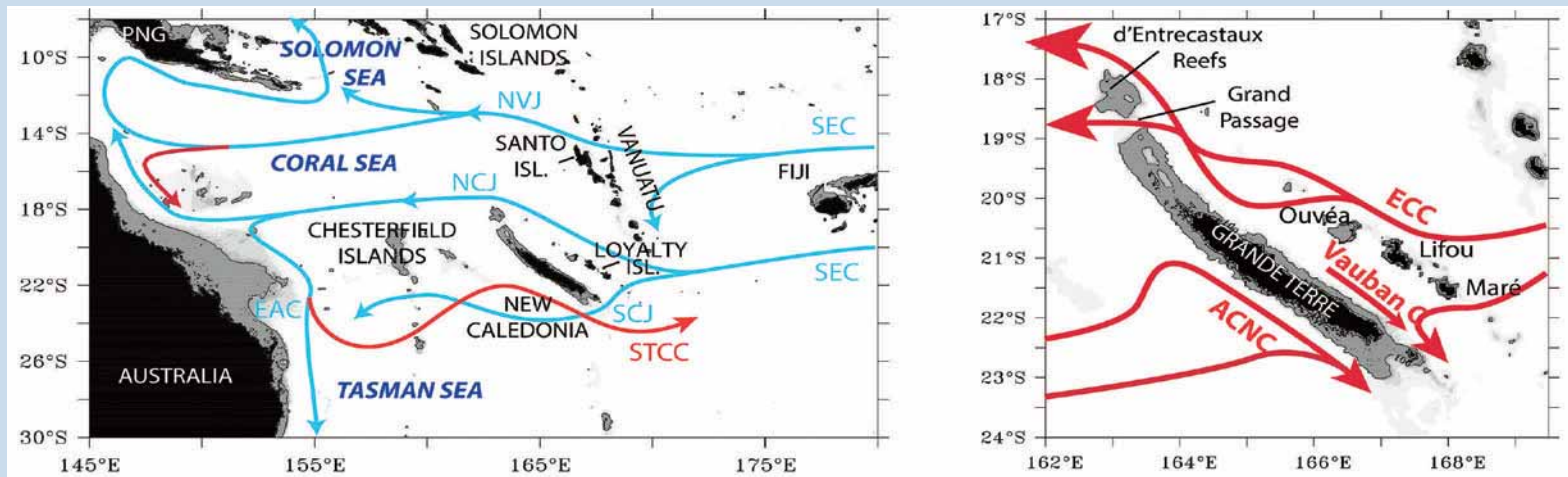
Christophe Menkes

Le moteur principal de la circulation océanique dans la région du Pacifique sud est le courant sud équatorial (SEC) qui transporte vers l'ouest et redistribue les eaux des régions subtropicales vers l'Équateur et l'océan austral. La Nouvelle-Calédonie, comme tout archipel, constitue un obstacle au transport des eaux et génère des courants côtiers. Le courant sud équatorial se divise en deux branches en arrivant sur les rides des Loyauté et de Nouvelle-Calédonie (MARCHESIELLO *et al.*, 2010 ; CRAVATTE *et al.*, 2015). Une branche s'écoule vers l'ouest en contournant le sud de la Nouvelle-Calédonie pour former le jet sud calédonien (SCJ). Un faible courant variable, qui porte en général vers le sud-est, le courant du Vauban, longe la côte est de la Grande Terre. La branche principale du courant sud équatorial à l'est de la Nouvelle-Calédonie, appelée courant est calédonien (ECC), contourne la ride de Nouvelle-Calédonie par le nord et contribue au jet nord calédonien (NCJ), dans le Grand Passage et au nord des récifs d'Entrecasteaux. Ce courant continue vers l'ouest, passe au nord des îles Chesterfield et, en arrivant sur la côte est australienne, se divise en une branche nord et une branche sud, le

courant est australien (EAC), se séparant à son tour en formant le contre-courant subtropical (STCC) qui reflue vers l'est au sud de la Nouvelle-Calédonie. Ce contre-courant alimente en partie le courant Alis (ACNC, Alis Current of New Caledonia) qui s'écoule vers le sud-est le long de la marge ouest de la Grande Terre. Par ailleurs, pendant la saison chaude, de novembre à avril, les alizés soufflant du sud-est créent une remontée des eaux vers la surface (*upwelling*) le long de la côte ouest de la Grande Terre (HENIN et CRESSWELL, 2005 ; MARCHESIELLO *et al.*, 2010).

### Références bibliographiques

CRAVATTE S. *et al.*, 2015 Regional circulation around New Caledonia from two decades of observations. *Journal of Marine Systems*, 148 : 249-271.  
HENIN C., CRESSWELL G.R., 2005 Upwelling along the western barrier reef of New Caledonia. *Marine and Freshwater Research*, 56 : 1005-1010.  
MARCHESIELLO P. *et al.*, 2010 Coastal upwelling, circulation and heat balance around New Caledonia's barrier reef. *Marine and Pollution Bulletin*, 61 : 432-448.



Circulation océanique autour de la Nouvelle-Calédonie. Source : CRAVATTE *et al.*, 2015



## Le va-et-vient dû aux planètes

La marée dans les lagons est constituée par l'ensemble des ondes de marée résultant des attractions exercées par les astres situés à proximité de la Terre. Les courants de marée sont générés principalement par l'onde semi-diurne lunaire, engendrée par la force de la lune (onde M2) et, dans une moindre mesure, par l'onde semi-diurne solaire, engendrée par la force du soleil (onde S2) et l'onde diurne lunaire-solaire, engendrée par la force conjointe du soleil et de la lune (onde K1). Les courants générés par l'onde M2 (de l'ordre de 20 cm/s) sont trois fois plus forts que ceux induits par l'onde S2. Les courants liés à l'onde K1 sont 10 fois plus faibles, de l'ordre du centimètre par seconde, sauf dans les passes où ils peuvent atteindre 5 cm/s (OUILLO *et al.*, 2010).

L'amplitude et la phase des ondes M2 et S2, qui représentent respectivement la variation du niveau de la mer et la direction de propagation des courants, sont illustrées par les fig. 2 et 3. L'onde M2 se propage d'est en ouest, perpendiculairement à la Grande Terre avec une propagation plus rapide au centre de celle-ci. Elle se propage au nord et au sud en la contournant. Elle pénètre dans le lagon sud-ouest principalement par le canal de la Havannah.

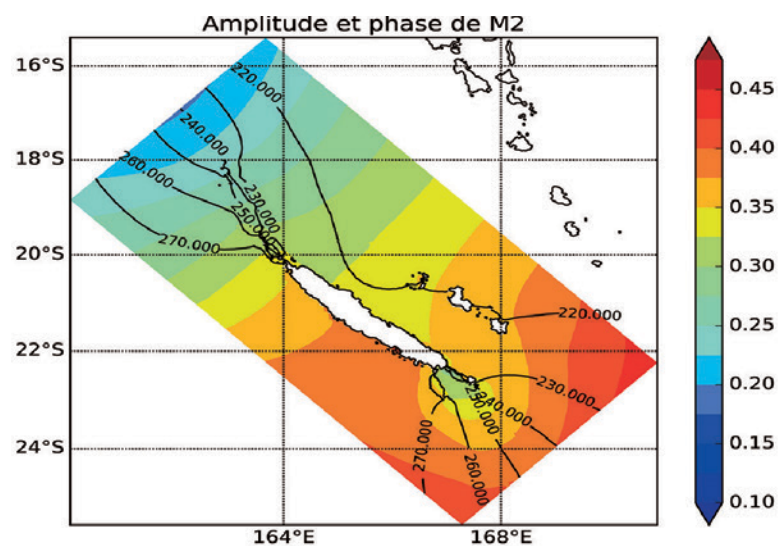


Figure 2 : Phase et amplitude (en mètres) de l'onde M2.

L'amplitude de l'onde M2 est supérieure sur la côte Ouest mais croît de la même façon du nord au sud le long des deux côtes. Dans le lagon sud-ouest, l'amplitude de la marée diminue au niveau du canal de la Havannah puis recroît à l'intérieur du lagon. La propagation de l'onde S2 diffère entre les côtes Est et Ouest. La Grande Terre agit comme une frontière, en particulier le long d'une ligne entre la Grande Terre et l'île des Pins. La Grande Terre a le même effet sur l'amplitude de l'onde S2 que sur celle de M2. Dans le lagon sud-ouest, l'onde croît de la Corne Sud et du canal de la Havannah vers l'intérieur du lagon.

La marée génère un courant quasiment uniforme de la surface au fond. Les courants créés par ces ondes ont la même vitesse sur toute la colonne d'eau. Un exemple de champs de courants dans le canal de la Havannah au sud de la Grande Terre est donné à différentes périodes de la marée (encadré 2).

## Les vagues jouent aussi

La Nouvelle-Calédonie est soumise à des vagues d'origine multiple, à cause de sa position au milieu du Pacifique sud-ouest et dans la zone inter-tropicale. Les tempêtes hivernales des deux hémisphères génèrent des houles longues qui peuvent traverser l'océan. Ainsi, les

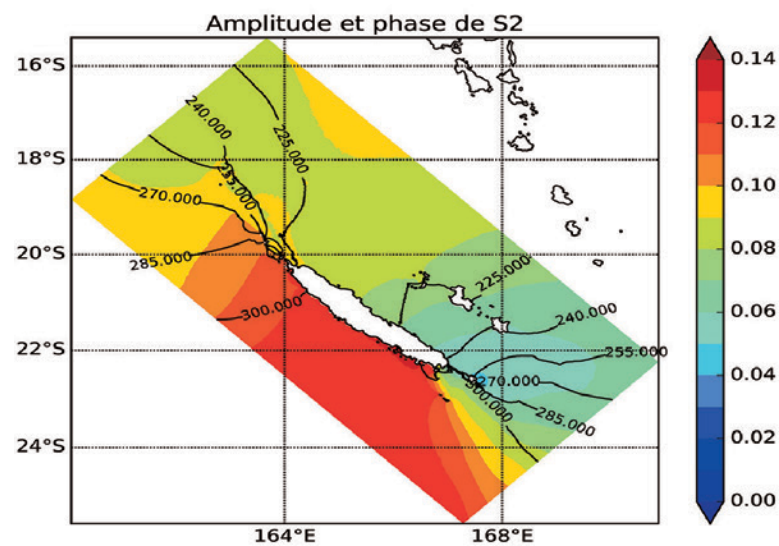


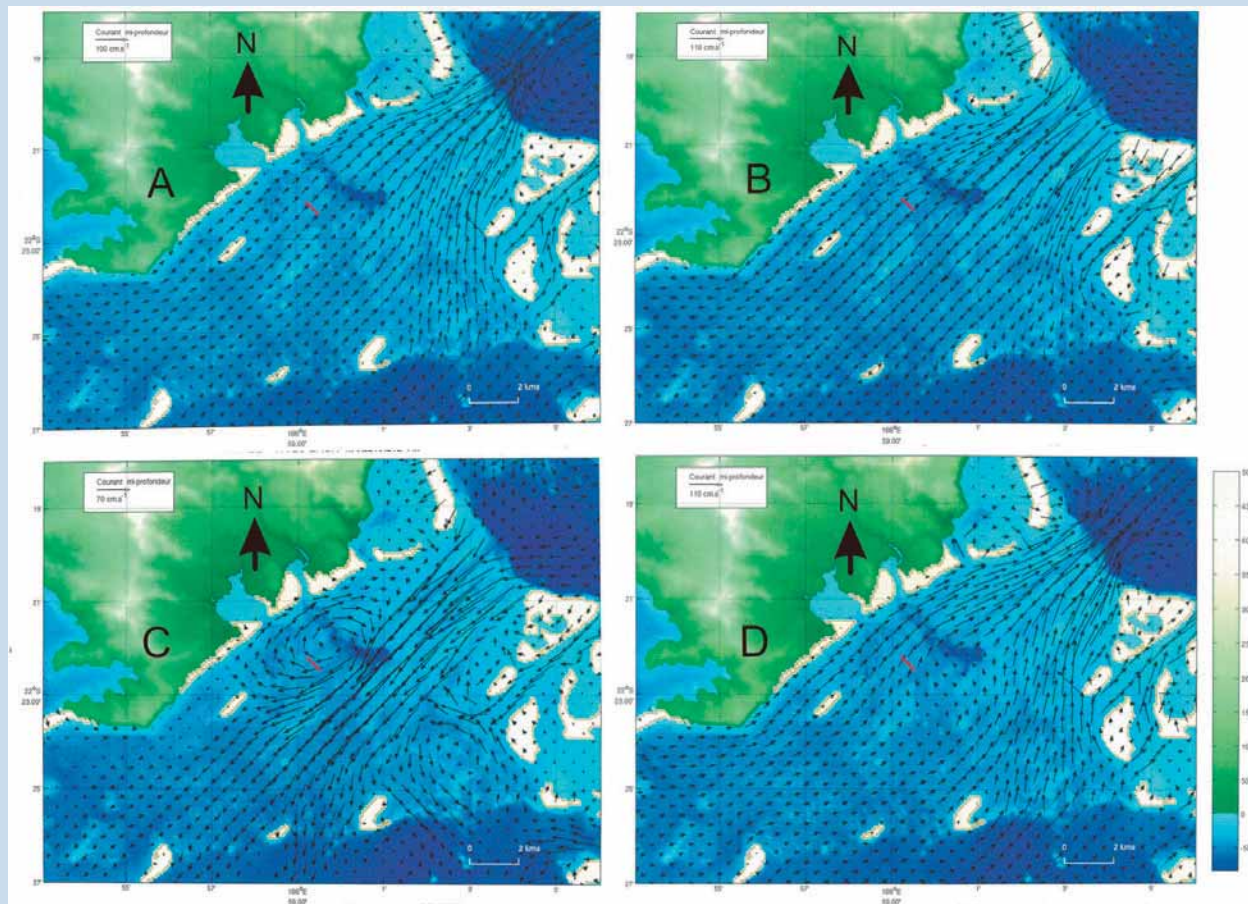
Figure 3 : Phase et amplitude de l'onde S2

## Encadré 2

### Va-et-vient dans le canal de la Havannah

Les courants de marée dans le canal de la Havannah sont très forts. Ils suivent un rythme bien particulier en relation avec la hauteur de la marée. Lors de la basse mer, les courants sont sortants avec une force qui augmente en s'approchant de la passe (de l'ordre de 1 m/s). 4 h après la marée basse, les courants sont fortement entrants dans le canal. Ils dépassent 1,5 m/s et ils font entrer des masses d'eaux importantes au sud, dans la réserve Merlet. 1 h après

la haute mer, les courants sont toujours entrants au centre du canal et deux tourbillons se créent sur les côtés nord et sud du canal. C'est par les côtés que la renverse des courants débute. 3 h après, le courant est sortant avec un maximum en sortie de passe à plus de 1,5 m/s. En final, la marée crée un courant global, résiduel, entrant dans le lagon et dirigé vers le sud-ouest. Sa force est de l'ordre de quelques centimètres par seconde.



Courants de marée dans le canal de la Havannah. A : basse mer. B : basse mer + 4 h. C : haute mer + 1 h. D : haute mer + 4 h.  
Source : IRD/P.Douillet



récif-barrières de la côte ouest de la Grande Terre sont impactés par des houles de sud-ouest qui sont générées par les tempêtes au large de l'Australie ou de la Nouvelle-Zélande et qui peuvent dépasser 4 m de hauteur. L'île d'Ouvéa, aux îles Loyauté, reçoit des houles de nord-ouest, plus petites, générées par les tempêtes au large du Japon. Tout autour de la Nouvelle-Calédonie, les alizés, vents dominants, produisent localement des vagues. Dans le Grand Lagon Sud-Ouest, cette « mer du vent » peut atteindre 2 m. Enfin, Les cyclones tropicaux peuvent générer des vagues extrêmes, supérieures à 10 m. L'effet des vagues est donc multiple. Elles peuvent affecter la circulation de l'eau dans les lagons (encadré 3) et être responsables de l'évolution des plages et des îlots. En plus des courants engendrés par la marée et les vents tempétueux, le déferlement de la houle sur les édifices récifaux et les plages induit la formation d'une surcote de déferlement accompagnée de courants violents, notamment lors d'épisodes cycloniques.

## Effet cyclonique

Situés dans la bordure sud de la zone de convection du Pacifique sud, les lagons sont exposés à l'aléa cyclonique. Les obstacles récifaux (récifs-barrières et frangeants) et les mangroves procurent des services inestimables face aux menaces d'érosion et de submersion. Cependant, la résilience de ces écosystèmes à l'augmentation du niveau de la mer reste méconnue. La simulation de la houle cyclonique générée par le cyclone Cook lors de son arrivée sur Kouaoua détaille comment les édifices récifaux atténuent l'énergie transportée par la houle (fig. 4, A). Les littoraux jouissant d'une double protection (barrière et récifs intermédiaires, exemple embouchure de *La Monéo*) sont relativement préservés de la houle cyclonique (hauteur des vagues de 3 m contre 13 m au large), contrairement aux rivages situés en face des larges passes de Kouaoua et Canala, plus durement exposés (9 m à la côte contre 13 m au large). Cet exemple illustre

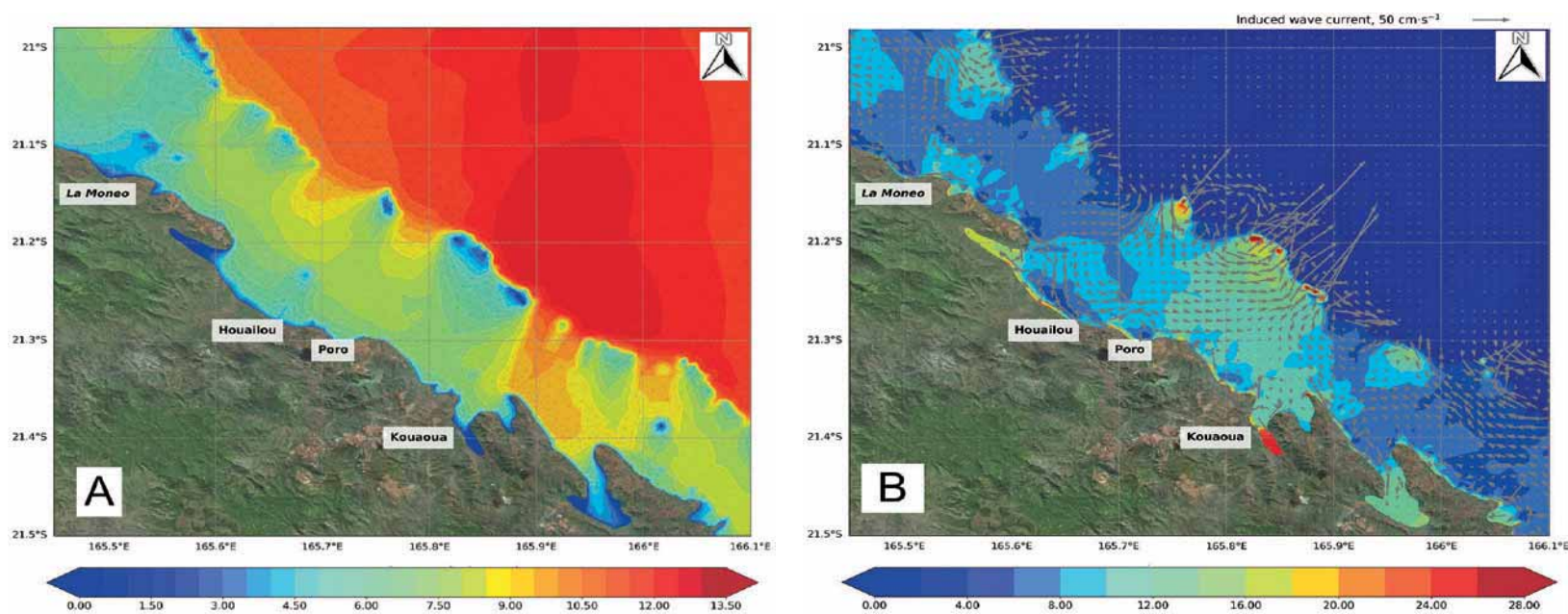


Figure 4 : Cyclone Cook à son paroxysme lors de son arrivée sur Kouaoua (côte est de la Grande Terre), le 9 avril 2017.

A : Hauteurs maximales (en mètres) de la houle simulée avec le modèle de houle SWAN, à 300 m de résolution.

B : Surcote de déferlement (en centimètres) et courants induits par le déferlement simulés moyennant une modélisation couplée vague-courant utilisant les modèles SWAN et FVCOM. Les données proviennent de Météo-France pour les vents cycloniques, du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie (Direction des technologies et des services de l'information) pour la bathymétrie. Le modèle a été au préalable validé avec les observations de houle enregistrées à la passe de la Fourmi, Poindimié. Source : IRD/J. Lefèvre

comment une diversité de configuration récifale entraîne une diversité d'exposition au risque « submersion » sur de courtes distances. Les mouvements d'eau engendrés par la houle cyclonique sont à l'origine d'une redistribution spectaculaire des sables et débris coralliens. La simulation couplée vagues-courants permet de restituer l'action du déferlement prédit par le modèle de houle sur les quantités de mouvement simulées. Les surcotes et courants uniquement associés au processus de déferlement lié au cyclone Cook sont présentés sur la figure 4, B : sur le récif-barrière, une barre d'eau se forme entraînant une surcote de déferlement de 25 cm, compensée par de puissants courants de retour portant vers le large, de 1 à 2 m/s. Dans la zone de déferlement proche des plages, on assiste à la formation de veines de courant parallèles au rivage, capables de charrier les sédiments arrachés à la côte. Dans les baies abritées de la houle cyclonique (par exemple, la baie étroite de Kouaoua), le déferlement à l'entrée de la baie agit contre les courants sortant. C'est le phénomène d'ensachage, entraînant une élévation supplémentaire du niveau moyen de 20 à 30 cm.

## Le sens du vent et la dispersion des apports terrigènes

Outre son rôle pour la formation des vagues, le vent agit aussi sur le transport et la dispersion des apports terrestres dans les eaux du lagon. Les écosystèmes coralliens sont exposés aux apports en nutriments, sédiments et polluants émanant de la terre et induisant des effets néfastes sur le corail. Toute altération anthropique du biotope terrestre (fertilisants, augmentation de l'« érodabilité » des sols, pesticides, contaminants) engendre des stress importants pouvant aller jusqu'à l'étouffement par la sédimentation. Les lagons néo-calédoniens ne font pas exception. Les rivières néo-calédoniennes présentent un fonctionnement hydrologique caractéristique des îles tropicales hautes, à savoir une montée en charge rapide et intense.

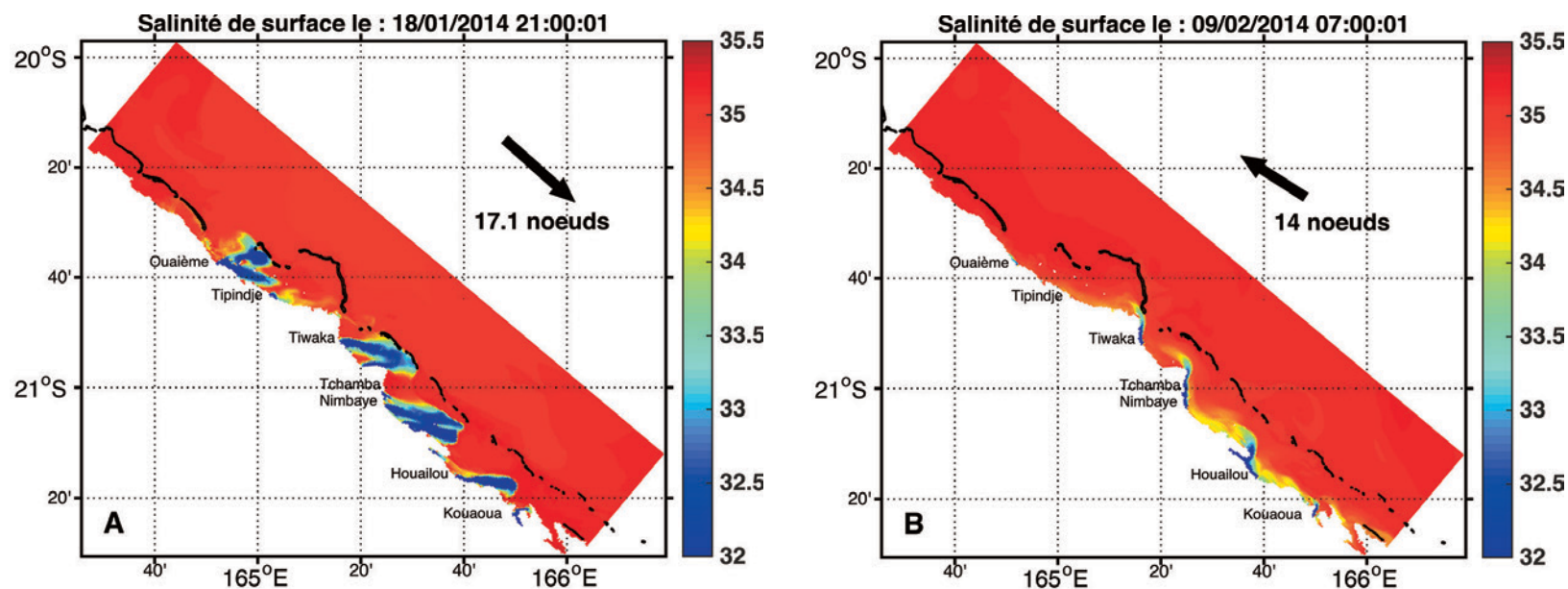


Figure 5 : Instantanés de distribution de la salinité de surface simulée par le modèle MARS3D (<http://wwz.ifremer.fr/mars3d/>), en unité PSU.

A : Pendant la dépression tropicale modérée June (janvier 2014) avec un vent de nord-ouest.

B : Suite à une crue début février 2014 en régime d'alizés. Seules les rivières les plus importantes ont été intégrées dans la modélisation. Source : Ifremer/R. Legendre





### Encadré 3

## Influence de la houle sur la vidange du lagon

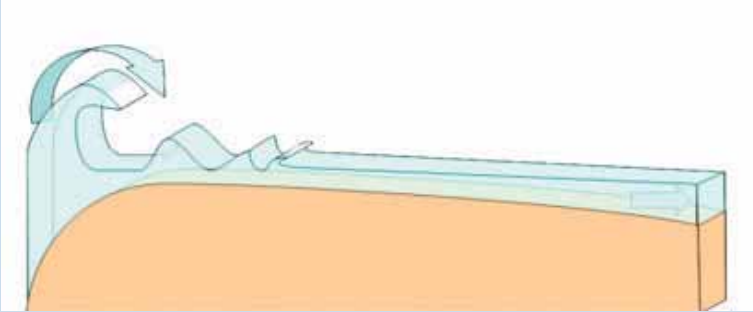
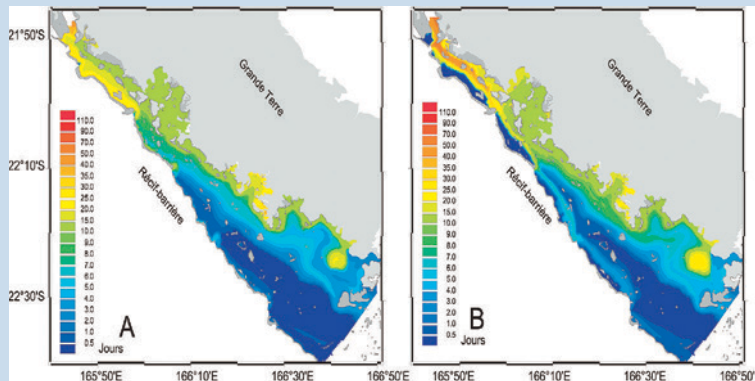


Schéma représentant le déferlement de la houle par-dessus la barrière récifale.

Le récif-barrière est plus haut sur la côte Ouest que sur la côte Est. Sur la côte Ouest, il affleure aux marées basses. Le déferlement de la houle du large agit sur le lagon comme une barrière physique empêchant la sortie des eaux du lagon par-dessus la barrière. Ce sont les eaux du large qui pénètrent ainsi dans le lagon. Ce flux est de l'ordre de 0,25 m/s par mètre linéaire de barrière pour une houle moyenne (BONNETON *et al.*, 2007) et influence les temps de résidence des eaux dans le lagon. Dans la partie nord du lagon sud-ouest, cette modification est particulièrement visible, les temps de résidence passe de 25 jours à moins d'un jour le long de la barrière avec l'ajout de la houle et a contrario augmente de la même proportion à la côte.



Temps de résidence dans le lagon sud-ouest. A : sans déferlement. B : avec déferlement.

Les interactions atmosphériques avec la topographie locale induisent une disparité assez forte entre la côte est (plus arrosée) et la côte ouest de la Grande Terre (LEFÈVRE *et al.*, 2010). OUILLOU *et al.* (2010), les facteurs influençant la variabilité basse fréquence de la salinité au sein des lagons sont en premier lieu le rythme saisonnier (saison sèche/humide), suivi des conséquences d'Enso (El Niño-Southern Oscillation). À plus haute fréquence, les processus majeurs structurant la distribution de la salinité au sein des lagons sont les vents et les débits rencontrés. Les modèles hydrodynamiques permettent d'appréhender la distribution spatio-temporelle des panaches émanant des différents fleuves de la Grande Terre.

La figure 5 illustre l'extension spatiale des panaches sur la côte Est, simulés par modèle après deux épisodes pluvieux importants. Sur la côte Est, en situation de vents d'alizés de sud-est, les panaches sont rabattus vers le nord, le long de la côte, tandis qu'un vent de nord-ouest transporte les panaches vers l'est et le sud, vers le milieu océanique.

## Références bibliographiques

- BONNETON P. *et al.*, 2007 Tidal modulation of wave-setup and wave-induced currents on the Aboré coral reef, New Caledonia. *J. Coastal Research*, Special Issue 50 : 762-766.
- CRAVATTE S. *et al.*, 2015 Regional circulation around New Caledonia from two decades of observations. *Journal of Marine Systems*, 148 : 249-271.
- DOUILLET P. *et al.*, 2013 « L'hydrodynamique du lagon sud-ouest ». In : Bonvallet J. (coord.), Gay J.-C. (coord.), Habert E. (coord.), *Atlas de la Nouvelle-Calédonie*, Marseille, Nouméa, IRD Éditions, Congrès de la Nouvelle-Calédonie : 41-44.
- LEFÈVRE J. *et al.*, 2010 Weather regimes and orographic circulation around New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin*, Numéro spécial, *New Caledonia tropical lagoons: an overview of multidisciplinary investigations*, 61 : 413-431.
- MARCHESIELLO P. *et al.*, 2010 Coastal upwelling, circulation and heat balance around New Caledonia's barrier reef. *Marine pollution bulletin*, 61 (7) : 432-480.
- OUILLOU S. *et al.*, 2010 Circulation and suspended sediment transport in a coral reef lagoon: the southwest lagoon of New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin*, 61 (7-12) : 269-296.



Pelletier Bernard (coord.).

Les récifs coralliens : une dynamique complexe dans un environnement changeant : partie 1.

In : Payri Claude (ed.), Moatti Jean-Paul (pref.). Nouvelle-Calédonie : archipel de corail. Marseille (FRA), Nouméa : IRD, Solaris, 2018, p. 19-46.

ISBN 978-2-7099-2632-4