

Géodiversité sous-marine de Nouvelle-Calédonie

Introduction

La Nouvelle-Calédonie est réputée par sa biodiversité tant terrestre que marine. Elle est également remarquable par sa diversité culturelle.

En revanche sa géodiversité¹ sous-marine est bien moins connue alors qu'elle est de tout premier ordre.

Des articles précédents de Taï Kona et plus particulièrement dans les numéros 1 (La Nouvelle-Calédonie : atouts et enjeux maritimes d'un pays « doué ») et 5 (Croissance et Société Bleues : quels intérêts et perspectives pour la Nouvelle-Calédonie), ont souligné plusieurs aspects relatifs à l'étendue de la Zone Economique Exclusive, à la diversité de ses faciès et structures morphologiques et géologiques et à leurs richesses.

¹La géodiversité qualifie la diversité de la nature et de l'origine géologique des fonds marins et de leurs sous-sols.

Nous ouvrons donc un dossier qui veut aller plus loin et informer le lecteur de Taï Kona de cette géo diversité sous-marine. Ce dossier est constitué de deux articles.

Le premier article, celui que vous lisez dans le numéro 8 de la revue, et qui constitue la partie 1 de ce dossier, s'intéresse à l'origine, l'histoire et l'originalité des formations géologiques sous-marines de l'espace maritime de la Nouvelle-Calédonie en les replaçant dans leur contexte régional.

Le second article qui lui fait suite et sortira dans un numéro prochain, constituant la deuxième partie de ce dossier, s'intéresse, pour sa part, aux enjeux scientifiques, aux milieux et ressources minérales potentielles et à leurs enjeux de valorisation, ainsi qu'aux enjeux relatifs à l'environnement semi-profond et profond et ceux qui touchent aux risques naturels.

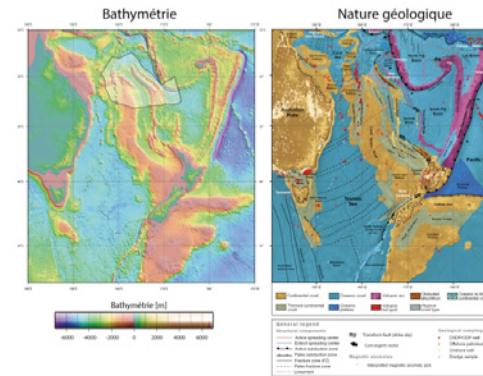


Figure 1 : à gauche bathymétrie (profondeur de la tranche d'eau) de la région du Sud-Ouest Pacifique (en rose orangé le peu profond en vert et bleu clair le semi-profond, en bleu foncé et violet les plaines abyssales et les fosses). L'étendue de la ZEE de Nouvelle-Calédonie est indiquée en transparence. À droite nature géologique du socle d'après Collot et al. 2012.

Une histoire géologique originale : de la fragmentation du super-continent Gondwana² aux subductions³ du Pacifique

L'espace maritime de la Nouvelle-Calédonie se situe au cœur de la région du Sud-Ouest Pacifique, zone d'affrontement entre deux plaques tectoniques majeures, les plaques Australie et Pacifique. Cette région se caractérise par une succession de rides et de bassins globalement orientés Nord-Sud, de tailles, de profondeurs, de natures et d'âges très divers (Figure 1). Ces éléments géologiques sont l'expression de processus qui ont façonné la région tout au long d'une histoire géodynamique complexe.

Durant des centaines de millions d'années et jusque il y a environ 100 millions d'années (Ma), vers le milieu du Crétacé, l'en-

²Ancien super-continent qui réunissait l'Amérique du sud, l'Antarctique, l'Afrique, l'Inde et l'Australie.

³Lorsque deux plaques tectoniques avancent l'une vers l'autre, on dit qu'elles convergent ou s'affrontent et il peut résulter dans certains cas qu'à la frontière entre les deux l'une s'enfonce sous l'autre.

On dit alors qu'une plaque subducte sous l'autre.

⁴Formation de chaînes de montagnes

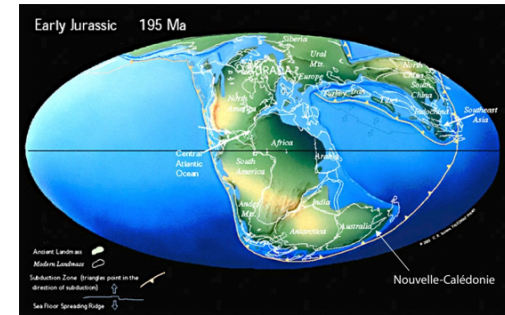


Figure 2 : subduction autour du Gondwana, d'après Scotese, 2001. La Nouvelle-Calédonie se trouve au niveau du Queensland actuel.

semble de la région constitue la bordure orientale du continent Gondwana le long de laquelle subduction, raccourcissement et orogénèses⁴ se produisent. Le long de cette frontière convergente la plaque Pacifique s'enfonce par subduction. Cette subduction de très grande ampleur se prolongeait continuellement le long du Gondwana, en Antarctique et en Amérique du Sud (Figure 2).

Entre 100 et 55 Ma, du Crétacé inférieur au Paléocène, la dislocation du continent Gondwana se traduit notamment dans le Sud-Ouest Pacifique par l'ouverture de la Mer de Tasman qui isole du Gondwana une importante lanière continentale connue sous le nom de Zealandia et portant les rides de Lord Howe et de Norfolk - Nouvelle-Calédonie (Figure 3). Ce « continent » Zealandia est aujourd'hui le plus grand continent immergé du monde (ne se trouvant pas sous la glace) duquel seules émergent la Nouvelle-Calédonie au Nord, les îles de Norfolk et Lord Howe au centre et la Nouvelle-Zélande au Sud. Au cours de cette séparation, le « continent » Zealandia subit d'importants étirements et amincissements qui ont conduit à un volcanisme

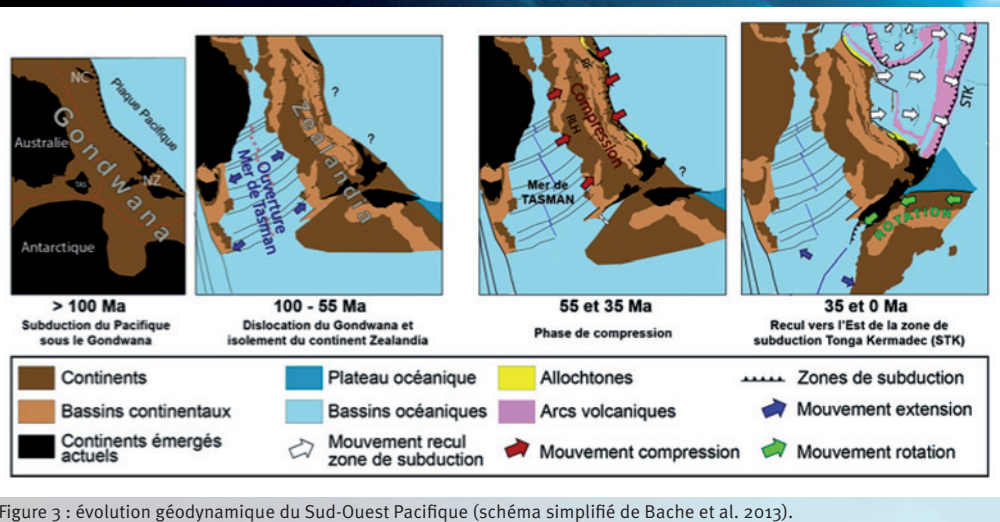


Figure 3 : évolution géodynamique du Sud-Ouest Pacifique (schéma simplifié de Bache et al. 2013).

généralisé et à la formation de grands bassins sédimentaires tels que les bassins de Fairway et de Middleton. Aujourd'hui le « continent » Zealandia occupe environ les deux tiers de la surface de l'espace maritime de la Nouvelle-Calédonie (cf. les zones peu profondes et semi-profondes de la Figure 1).

Entre 55 et 35 Ma, au cours de l'Eocène, une phase de compression affecte toute la région et déforme une grande partie de Zealandia (Figure 3). C'est durant cette phase que la Nouvelle-Calédonie prend sa forme sub-actuelle avec la mise en place des massifs de péridotites allochtones (massifs miniers) qui couvrent 30% de la surface émergée du territoire et dont des morceaux isolés sont également observés sur de vastes zones en mer. En Nouvelle-Zélande cette déformation affecte principalement la région du Northland de l'île du Nord. La formation de reliefs en lien avec

cet épisode génère l'émergence de terres, dont la Grande Terre, mais aussi la Ride de Fairway et la Ride de Lord Howe. Leur érosion vient alors généreusement alimenter en sédiments les bassins sédimentaires alentours, sur des épaisseurs parfois de plusieurs kilomètres.

Entre 35 et 0 Ma, de l'Eocène terminal à aujourd'hui, la zone de subduction des Tonga-Kermadec, le long de laquelle la plaque Pacifique s'enfonce d'abord sous Zealandia, recule vers l'Est jusqu'à atteindre sa position actuelle (Figure 3). Au cours de ce recul, qui se fait par le processus géologique de « recul de la fosse par effondrement du panneau plongeant⁵ », plusieurs arcs volcaniques plus ou moins parallèles sont créés et la bordure orientale de Zealandia est morcelée en une série de bassins océaniques et de rides volcaniques : bassins de Norfolk, Sud-Fidjien, Lau et rides des Loyauté-Trois Rois, de Lau-

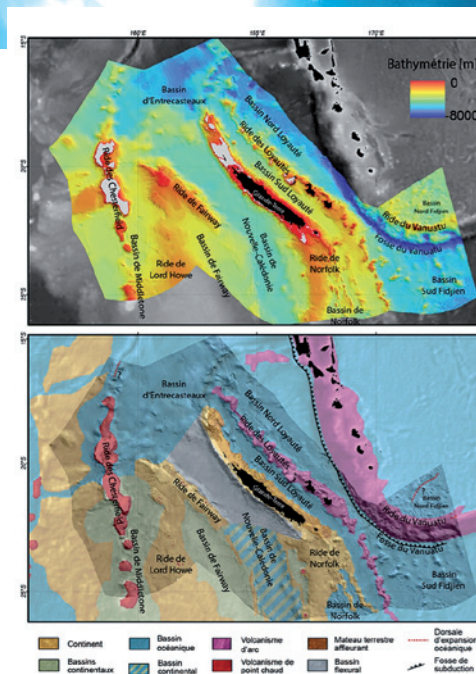


Figure 4 : carte bathymétrique de la ZEE et diversité géologique, modifiée d'après Collot et al. 2012

Colville et Tonga-Kermadec. Cette phase implique aussi d'importants mouvements profonds dans le manteau terrestre qui pourraient être à l'origine d'une activité volcanique intense affectant toute la région entre 30 et 5 Ma (de l'Oligocène au Miocène). De nombreux dômes volcaniques datant de cette période sont présents dans l'espace maritime de la Nouvelle-Calédonie formant des monts sous-marins, notamment sur les rides de Norfolk et de Lord Howe. Les imposants guyots de l'alignement des Chesterfield qui correspondent aux traces d'un volcanisme de point chaud de type Hawaïen sont eux aussi contemporains de cette activité volcanique relevant de processus mantelliques profonds.

Dans la partie nord de la région, une autre subduction à plongement opposé, le long de laquelle la plaque Australienne plonge sous la plaque Pacifique, prend naissance vers 15-12 Ma et se poursuit encore actuellement le long de la fosse du Vanuatu. L'arc volcanique de Vanuatu et sa terminaison sud les îlots Matthew et Hunter ainsi que la profonde fosse du Vanuatu sont le résultat de l'évolution de cette subduction.

La présence de dorsales d'accrétion océaniques actives en lien avec cette subduction est aussi responsable de la formation du bassin Nord-Fidjien au Nord de ces deux îlots. Cette subduction provoque également la flexure de la plaque plongeante qui engendre encore aujourd'hui une surrection de la Ride des Loyautés, responsable de l'émergence des îles Loyautés.

De cette histoire variée et complexe, la ZEE de la Nouvelle-Calédonie a hérité d'une diversité géologique tout à fait exceptionnelle (Figure 4). On y trouve des éléments géologiques tels que du volcanisme de type Hawaïen, des reliques du continent Gondwana, du volcanisme actif d'arc insulaire de subduction, des dorsales d'expansion océanique, des bassins océaniques, du manteau terrestre affleurant, des bassins contenant plusieurs kilomètres de sédiments, une fosse pouvant atteindre 7,9 km de profondeur et aussi le développement de récifs et de plateformes carbonatées depuis plusieurs millions d'années... Tous ces éléments se traduisent chacun par une géologie particulière constituant ainsi une grande géodiversité.

⁵Lorsque certaines conditions physiques sont réunies, la plaque qui subducte a tendance à s'effondrer dans le manteau et reculer ainsi « vers l'océan » ce qui induit de l'extension dans la plaque supérieure.

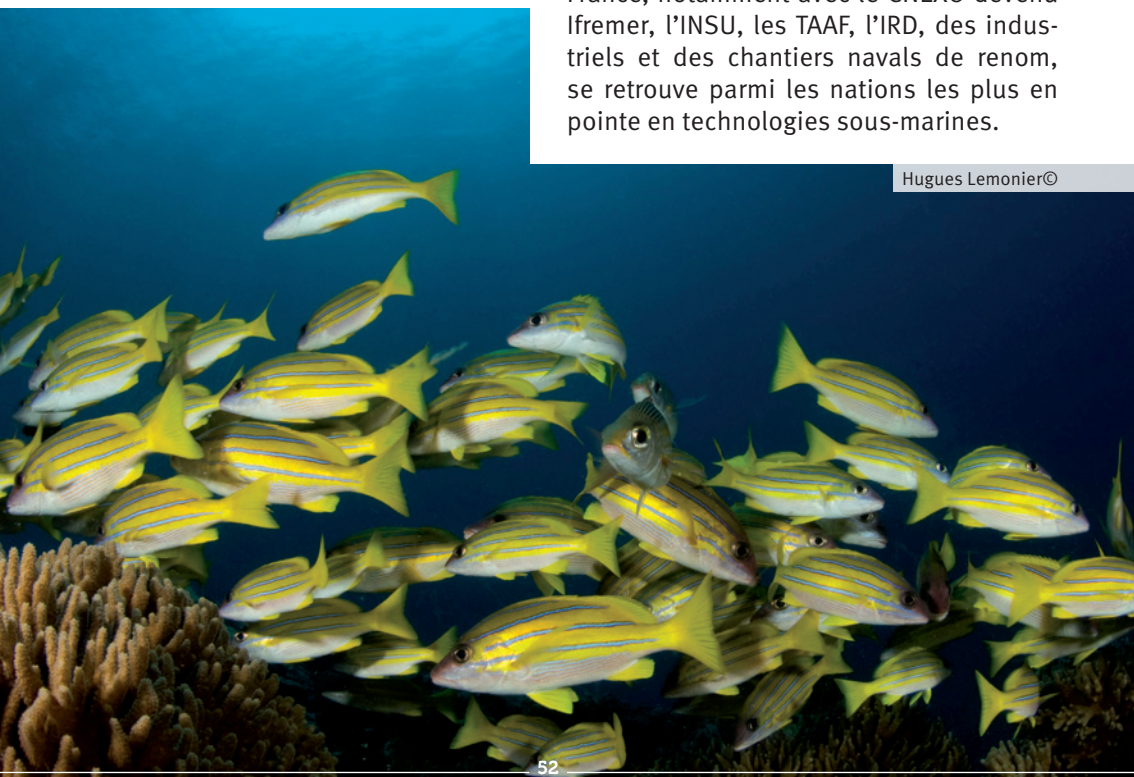
Par quelles méthodes et avec quels outils obtient-on les données utiles à la connaissance de cette histoire géologique particulière.

A la différence de la géologie à terre où le sol et le sous-sol sont relativement accessibles, l'étude de la géologie en domaine marin nécessite souvent l'utilisation de solutions technologiques élaborées et nous distinguerons dans ce qui suit les systèmes embarqués, les systèmes sous-marins autonomes, téléopérés ou habités, et les systèmes de prélèvements et de mesures sur le fond.

L'esprit de ces technologies et leurs premières mises en œuvre datent de l'Expédition océanographique pionnière du HMS Challenger (1872-1876).

Ce navire, armé par la Royal Society de Londres, embarquant un aéropage de scientifiques de toutes nationalités, réalisa la première grande expédition océanographique et permis, outre des avancées dans le domaine de l'océanographie biologique, la connaissance de la fosse des Mariannes, des dorsales médio-océaniques ainsi que la première véritable cartographie des sédiments marins. Depuis les technologies et les méthodes d'investigation sous-marine ont considérablement évolué et la France, notamment avec le CNEXO devenu Ifremer, l'INSU, les TAAF, l'IRD, des industriels et des chantiers navals de renom, se retrouve parmi les nations les plus en pointe en technologies sous-marines.

Hugues Lemonier©



Depuis la surface : les systèmes embarqués

Ces fonds marins sont difficilement accessibles pour l'homme non seulement à cause de leur profondeur mais aussi parce qu'ils sont pour la plupart recouverts de boues sédimentaires et que l'obscurité y est vite complète. L'étude de la géologie marine se fait donc principalement par des méthodes dites indirectes faisant notamment appel à la géophysique. On distingue dans ces méthodes l'imagerie du sous-sol, la cartographie du fond et des mesures « à distance » de propriétés physiques du milieu.

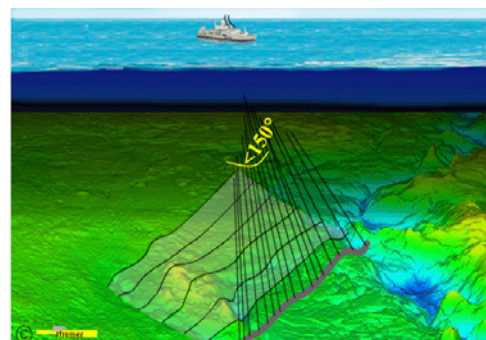


Figure 5 : sondeur multifaisceaux : schéma de principe de la mesure pour imager le fond. ©Ifremer

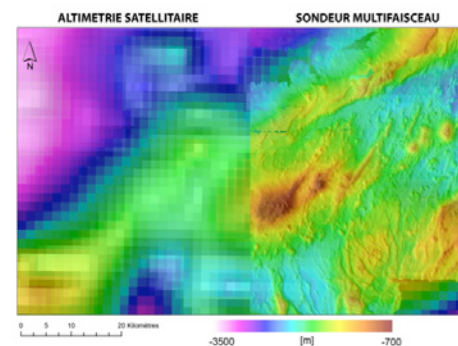


Figure 6 : exemple de levé bathymétrique multifaisceaux. A gauche la bathymétrie à une résolution de 2 km issue de l'altimétrie satellitaire, à droite la bathymétrie à une résolution de 30 m issue d'un levé multifaisceau. 30% de la ZEE de NC est couverte en multifaisceau. Données SGNC.

Parmi les systèmes embarqués on trouve principalement

- Les sondeurs acoustiques multifaisceaux qui mesurent la profondeur du fond des océans (la bathymétrie, voir principe sur la figure 5) avec grande précision verticale (1% de la profondeur) et définition horizontale (de l'ordre du mètre à la dizaine de mètres en fonction de la profondeur) (figure 6). Avec ces outils on obtient une information de profondeur mais aussi de morphologie et même une idée de la nature du fond à travers sa réflectivité qui traduit sa dureté. Un fond très boueux aura tendance à absorber d'avantage un signal acoustique qu'un fond rocheux très dur qui réfléchira presque l'intégralité du signal.

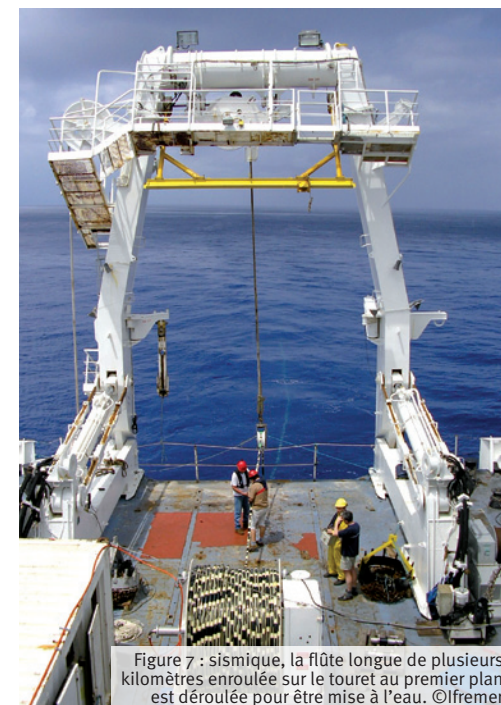


Figure 7 : sismique, la flûte longue de plusieurs kilomètres enroulée sur le touret au premier plan est déroulée pour être mise à l'eau. ©Ifremer

- La sismique est une sorte d'échographie du sous-sol qui permet d'imager les premiers mètres sous le fond de la mer jusqu'à la base de la croûte terrestre plusieurs dizaines de kilomètres en profondeur. Cette dernière méthode probablement la plus développée car utilisée massivement par l'industrie pétrolière met par exemple en œuvre des « canons à air », qui expulsent une bulle d'air à intervalle de temps régulier, et des chaînes de récepteurs regroupés dans un ou plusieurs tuyaux (ou flûte) trainés derrière le bateau et pouvant mesurer jusqu'à 15 kilomètres de long (figure 7 et voir principe sur la figure 8).

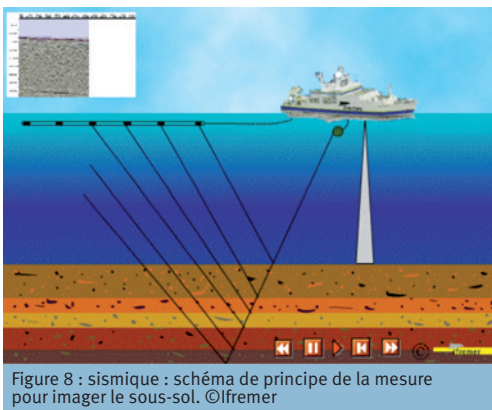


Figure 8 : sismique : schéma de principe de la mesure pour imager le sous-sol. ©Ifremer

- La mesure des champs gravimétrique et magnétique mais aussi électromagnétique. Ces méthodes donnent indirectement accès aux propriétés de densité et d'aimantation des roches.

Mais attention, la vitesse maximale de progression du navire lors des opérations de

mesure telles que décrites ici est de l'ordre de 10 nœuds, c'est à dire la vitesse d'un vélo ! A ce rythme il faudrait 20 siècles pour couvrir les surfaces non cartographiées à ce jour ! Heureusement les sondeurs multifaisceaux récents mesurent la bathymétrie sur une largeur de plusieurs kilomètres en un seul passage (jusqu'à 15-20 km par grand fond ou 7 fois la profondeur d'eau pour des profondeurs inférieures).

Ainsi ils permettent, avec une couverture d'autant plus large que la profondeur est importante, de réaliser une cartographie des grands fonds (>2000m) paradoxalement plus rapide que celle des zones peu profondes de plateau (<200m).

On indiquera ici l'existence d'une technique supplémentaire : l'altimétrie satellitaire, que l'on ne développera pas dans ce dossier et on invite le lecteur à se reporter à l'article « les fonds marins vus de l'espace » du numéro 2 de Taï Kona, consacré à cette technique.

En milieu sous-marin : les systèmes autonomes, téléopérés ou habités

Depuis les années 70, avec le développement technologique est apparue l'utilisation de moyens sous-marins motorisés pour la recherche scientifique. Il s'agit de submersibles :

- habités (exemple le Nautille, figure 9),
- téléopérés (exemple le Remotely Operated Vehicle Victor, figure 10),
- ou autonomes (exemple l'Autonomous Underwater Vehicle Aster X, figure 11).

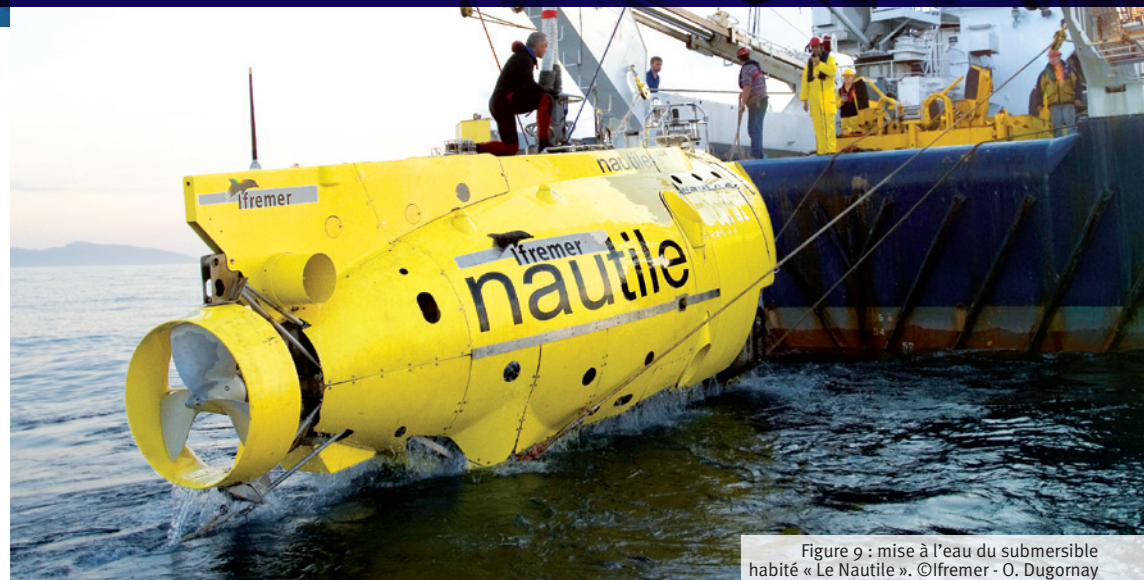


Figure 9 : mise à l'eau du submersible habité « Le Nautille ». ©Ifremer - O. Dugornay

Ces moyens sous-marins permettent de se rapprocher du fond pour améliorer très sensiblement la définition des mesures géophysiques (par exemple la bathymétrie avec définition de l'ordre de quelques centimètres) et même, pour certains, d'effectuer des observations directes du fond et des prélèvements (roches, sédiments, biologie).

Les systèmes de prélèvements et mesures sur le fond

Des systèmes de câbles de plusieurs kilomètres sur les navires océanographiques permettent de déployer des outils quelle que soit la profondeur (même à plus de 11 kilomètres, le maximum de profondeur sur la planète, au niveau de Challenger Deep dans la Fosse des Mariannes).

Il est notamment possible d'y prélever des échantillons par dragage (figure 12).

Par ailleurs de grands carottiers permettent de récupérer des carottes de sédiments de plusieurs dizaines de mètres.

Malgré tous ces outils, du fait notamment de l'étendue des océans et de la vitesse de progression des navires, mais aussi du coût élevé des opérations en mer, l'océan reste encore très mal connu. Ainsi la ZEE de NC demeure sous-explorée en dépit d'un effort de recherche et d'importants moyens notamment déployés par le programme de recherche local ZoNéCo depuis 1991.

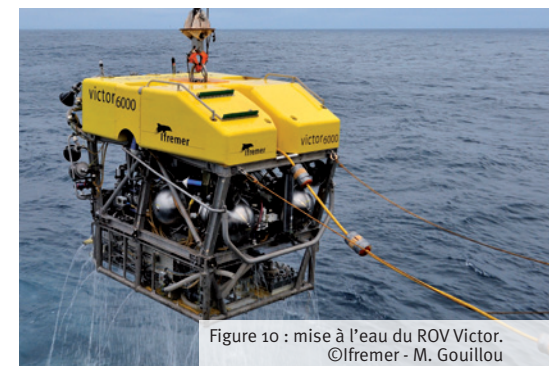


Figure 10 : mise à l'eau du ROV Victor. ©Ifremer - M. Gouillou



Qui produit cette connaissance en Nouvelle-Calédonie ?

Dans les années 1970-80 une importante équipe de recherche de géologie-géophysique marine de l'ORSTOM (ex-IRD) en collaboration avec le CNEXO (ex Ifremer) et l'IFP a jeté les bases de la connaissance scientifique en géologie marine de la Nouvelle-Calédonie. De nombreuses données ont été acquises durant cette période à bord du Navire Océanographique Le Coriolis puis l'Alis affecté à Nouméa, permettant de développer des concepts fondamentaux pour la compréhension des processus géologiques encore aujourd'hui valides. L'ensemble des données acquises sur cette période a notamment permis de dresser à la fin des années 80 et en 1992 les premières cartes bathymétriques assez précises de la ZEE de Nouvelle-Calédonie (carte ORSTOM en trois feuilles au 1/1100000, isocontours 200 m).

En 1991, Dans l'idée de sortir la Nouvelle-Calédonie d'une situation de mono-industrie du Nickel, le programme de recherche ZoNéCo est créé sous l'impulsion du Préfet Délégué pour la coopération régionale et le développement économique, Mr J. Iékwé.

Ce programme financé par l'ensemble des collectivités publiques et l'Etat, dont les objectifs sont l'évaluation des ressources marines minérales et vivantes de la ZEE, permettra à partir de 1993 la réalisation de sept campagnes hauturières de géophysique, 6 opérées par le N/O l'Atalante de l'Ifremer et 1 par le N/O Marion Dufresne des TAAF, et de nombreuses campagnes côtières de géophysique et de biologie par le N/O Alis de l'IRD, dont 10 de cartographie côtière entre 2002 et 2005 qui ont permis de couvrir par sondeur multifaisceaux l'ensemble des marges de la Grande Terre et des îles Loyauté jusqu'à 1000 m de profondeur d'eau. Ce programme ZoNéCo permettra en outre la réalisation d'un atlas bathymétrique et le financement de nombreux travaux de recherche.

En 2006, le service géologique de Nouvelle-Calédonie (SGNC) est créé à la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie (DIMENC) avec pour missions principales de contribuer à l'amélioration de la connaissance géologique de la Nouvelle-Calédonie et d'acquérir et de mettre à disposition des données géologiques de référence dans un esprit de service public. Au sein de ce service, un groupe de travail en Géosciences Marines est mis en place entre 2010 et 2013, constitué de trois chercheurs (1 SGNC, 1 Zonéco, 1 Ifremer/SGNC) et un ingénieur (SGNC/Zonéco) qui travaillent en association et s'adossent à des compétences complémentaires existantes

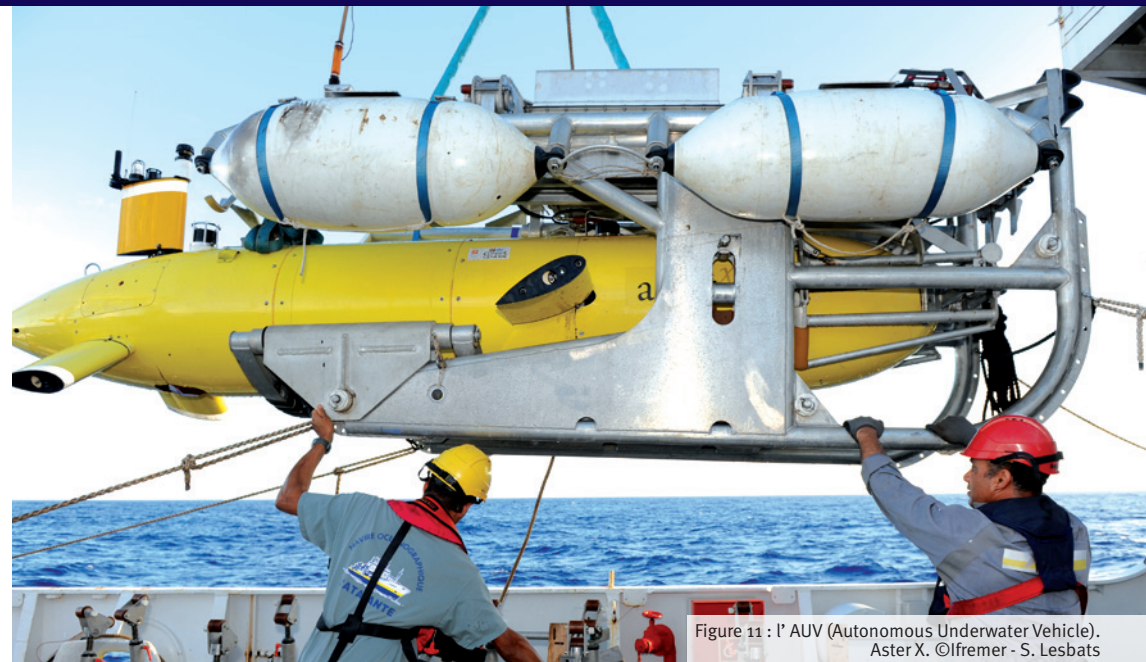


Figure 11 : l' AUV (Autonomous Underwater Vehicle). Aster X. ©Ifremer - S. Lesbats

en Nouvelle-Calédonie (IRD), en Métropole (UR Géosciences Marines de l'Ifremer de Brest, UMR Géosciences Azur de Sophia-Antipolis), mais aussi avec l'Australie (Geoscience Australia) et la Nouvelle-Zélande (GNS-Science, NIWA) notamment.

En guise de conclusion de cette première partie

Ainsi qu'explicité en introduction, la Nouvelle-Calédonie, connue en premier lieu par sa mine et son nickel, par l'originalité de sa culture et de son statut, est de plus en plus reconnue pour sa biodiversité terrestre et marine qui la place comme l'un des hot spot mondiaux en la matière. Elle l'est beaucoup moins par l'originalité et la diversité des formations géologiques de sa Zone Economique Exclusive Marine.

Le présent texte a donc cherché à présenter toute la diversité géologique, structurale et morphologique des fonds marins du pays. Cette diversité négligée est tout à fait originale.

Il est rare en effet, voire inédit, de pouvoir rencontrer à la surface du globe les restes d'un continent ancien englouti et de bénéficier de morceaux du manteau terrestre surélevés depuis les profondeurs jusqu'à la surface.

Il est rare également de voir sur un espace, sans aucun doute étendu (1.400.000 km²) mais pas démesuré, se répartir des faciès originaux : fosses, rides, plaines abyssales, bassins sédimentaires, monts sous-marins, volcanisme actif ou passé, vraisemblablement une dorsale en formation au nord de Matthew Hunter qui sont autant de milieux naturels très différents, sans



Figure 12 : relevage d'une drague. ©Ifremer - S. Lesbats

oublier les plateformes carbonatées ou encore un hydrothermalisme peu profond, également inédit.

Cette géodiversité sous-marine est une chance pour la Nouvelle-Calédonie, autant en terme de potentiel en ressources que de variétés d'écosystèmes riches et uniques dont elle peut être à l'origine.

Alors nous invitons le lecteur à se reporter, dans un numéro de Taï Kona à venir, à la partie 2 de notre analyse qui va considérer les éléments naturels que nous avons décrits ici en termes d'enjeux et de défis posés à la fois pour la science et la compréhension des mécanismes en jeu, l'exploitation possible de ressources minérales et énergétiques, la préservation et la mise en valeur de formes de vies adaptées à des milieux originaux qui sont porteuses d'endémisme et source du développement de biotechnologies nouvelles, comme encore les défis posés en matière de risques naturels dans une région en évolution tectonique et à la sismicité réelle.

Bibliographie et pour en savoir plus

Sites web

- http://www.dimenc.gouv.nc/portal/page/portal/dimenc/geologie/geosciences_marines
- <http://www.zoneco.nc/>
- <http://wwz.ifremer.fr/drogm/>
- <http://flotte.ifremer.fr/>

Ouvrages de référence

Collot, J., Vende-Leclerc, M., Rouillard, P., Lafoy, Y., and Géli, L., 2012, Map helps unravel complexities of the Southwestern Pacific Ocean: Eos Transactions of American Geophysical Union, v. 93, no. 1, p. 1-2.

Collot, J., 2009, Evolution géodynamique du domaine Ouest-offshore de la Nouvelle-Calédonie et de ses extensions vers la Nouvelle-Zélande: Thèse de doctorat, v. IFREMER Département Géoscience Marine / Service Géologique de Nouvelle-Calédonie / Programme ZoNéCo, p. 290.

Ducrocq M., Collot J., Rouillard P., Rivaton A. et Farman R. (2012) : Programme ZoNéCo 2006-2010, bilan et perspectives.

Pelletier B., 2006 - Geology of the New Caledonia region and its implications for the study of the New Caledonian biodiversity. In Compendium of marines species from New Caledonia, (C. Payri and B. Richer de Forges Edts), Forum Biodiversité des Ecosystèmes Coralliens, 30 octobre-4 novembre 2006, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Doc. Sci. Tech. IRD, II 7, Octobre 2006, 17-30.v

Pelletier B., Collot J. et Lafoy Y., 2012 - La bathymétrie et la structure du domaine océanique. In : Bonvallet Jacques (coord.), Gay Jean-Christophe (coord.), Habert Elisabeth (coord.). Atlas de la Nouvelle Calédonie. Marseille (FRA) ; Nouméa : IRD ; Congrès de la Nouvelle-Calédonie, 2012, Planche 4, p. 29-32. ISBN 978-2-7099-1740-1

Pelletier Bernard, Juffroy F., Flamand B., Perrier Julien, 2012 - La bathymétrie des marges de la Grande Terre et des îles Loyauté. In : Bonvallet Jacques (coord.), Gay Jean-Christophe (coord.), Habert Elisabeth (coord.). Atlas de la Nouvelle Calédonie. Marseille (FRA) ; Nouméa : IRD ; Congrès de la Nouvelle-Calédonie, 2012, Planche 5, p. 33-36. ISBN 978-2-7099-1740-1



Julien Collot

Géophysicien marin, Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie, Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie
julien.collot@gouv.nc



Martin Patriat

Géologue marin, Ifremer, Unité de Recherche Géosciences Marines, en accueil au Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie, Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie
martin.patriat@ifremer.fr



Pierrick Rouillard

Géologue, programme ZoNeCo, Agence de Développement de la Nouvelle-Calédonie, en accueil au Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie, Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie
pierrick.rouillard@gouv.nc



Bernard Pelletier

Géologue terrestre et marin, directeur de recherche IRD, UMR Géoazur, directeur du GOPS (grand observatoire de l'environnement de la biodiversité terrestre et marine du Pacifique Sud)
bernard.pelletier@ird.fr



Lionel Loubersac

Ancien Délégué de l'Ifremer en Nouvelle-Calédonie
lionel.loubersac@ifremer.fr