

Géodiversité sous-marine de la Nouvelle-Calédonie

2^{ème} partie

Introduction

Nous avons présenté, dans un article précédent, publié dans le numéro 8 de Tai Kona, intitulé : « Géodiversité sous-marine de la Nouvelle-Calédonie » et consacré à l'histoire, l'origine et aux spécificités de cette géodiversité, toute la variété et l'originalité des formations géologiques des fonds marins de la Nouvelle-Calédonie.

Nous avons également traité des technologies évoluées, mises en œuvre pour connaître, observer, mesurer, cartographier, prélever, analyser ces formations et avons précisé l'existence, en Nouvelle-Calédonie, d'un groupe de scientifiques compétents dans ces domaines et, qui plus est, très impliqués au niveau régional et international sur les questions multiples qui sont posées.

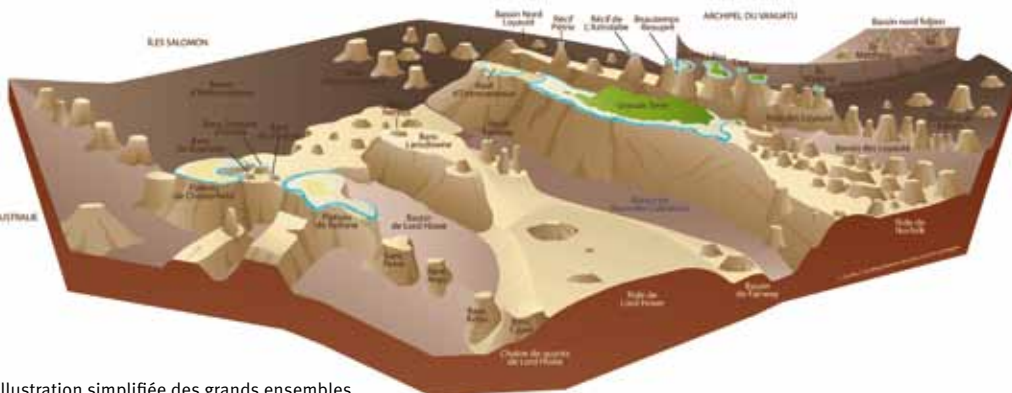


Illustration simplifiée des grands ensembles de reliefs structurants les fonds marins de l'Espace Maritime de la Nouvelle-Calédonie. © L. Gardes et C. Geoffroy / Agence des Aires Marines Protégées.

Le présent article se consacre aux enjeux et défis que porte la connaissance de cette géodiversité sous-marine inédite.

Nous distinguerons ainsi des enjeux :

- scientifiques, dans le domaine des géosciences marines,
- économiques, vis-à-vis de ressources minérales potentielles,
- environnementaux, vis-à-vis d'une biodiversité sous-marine semi-profonde et profonde très particulière, très peu connue et à préserver,
- qui concernent les risques naturels.

Quels sont donc les enjeux sous-jacents à cette connaissance ?

Des enjeux scientifiques dans le domaine des géosciences marines

Les enjeux scientifiques liés à l'étude sous-marine géologique, géodynamique et tectonique du Sud-Ouest Pacifique ne tiennent pas uniquement au retard de l'exploration de la région ou à sa très grande dimension, mais aussi et surtout à sa géodiversité, et au fait qu'elle représente, pour de nombreux processus géologiques, un laboratoire naturel exceptionnel. Plusieurs thèmes de recherche développés dans le Sud-Ouest Pacifique cherchent à répondre à des questions scientifiques majeures ; nous pouvons en citer quatre principales :

1 • Comprendre la façon dont une zone de subduction (plaque tectonique qui coule sous une autre) fonctionne. Ceci est un sujet sur lequel de nombreux efforts de recherche sont déployés à travers le monde. La façon notamment dont une zone de sub-

duction s'initie reste l'une des dernières énigmes de la tectonique des plaques. Comment une subduction démarre-t-elle ? Comment s'initie le plongement d'une plaque sous l'autre ? L'excellente préservation des enregistrements sédimentaires sur une grande partie du continent Zealandia (dont nous avons évoqué l'existence et l'originalité dans l'article du numéro 8 de Tai Kona), le long duquel la zone de subduction des Tonga Kermadec s'est initiée il y a environ 50 millions d'années, fait qu'en cet endroit du monde il est possible de déchiffrer les informations nécessaires pour quantifier et qualifier les mécanismes et processus d'initiation d'une subduction.

2 • La terminaison Sud de la zone de subduction des Vanuatu, à l'extrémité orientale de la ZEE de Nouvelle-Calédonie est marquée par la variation de 90° de l'orientation de la fosse et du mouvement de convergence. Au-delà des îlots Matthew et Hunter la subduction n'existe plus, alors qu'à peine plus au Nord, ce sont 100 à 150 km de la plaque australienne qui disparaissent dans le manteau par million d'années ! Comment fonctionne cette transition ? Est-elle continue ou partitionnée ? Quel type de magmatisme est associé à cet endroit particulier où une dorsale déchire l'arc volcanique juste au-dessus du panneau plongeant ? Quel est le rôle de la naissante collision de la ride des Loyautés dans la subduction ? Le magmatisme généré est-il à l'origine d'hydrothermalisme et d'écosystèmes associés originaux, uniques ?

3 • Le manteau océanique est constitué de roches ultra-denses qui se trouvent à l'état d'équilibre à plusieurs kilomètres sous le fond des océans. En Nouvelle-Calédonie ce manteau affleure, couvre une importante



surface de la Grande Terre et forme des reliefs pouvant atteindre plus de 1600 m d'altitude (le Mt Humboldt par exemple). Quels processus géologiques et physiques ont permis à des roches ultra-denses de se hisser depuis plus de 10 km sous le niveau de la mer jusqu'à 1,6 km au-dessus ? Comment ce matériel si dense se comporte-t-il dans une telle situation et comment cherche-t-il à revenir à l'équilibre ?

4 • Les roches carbonatées observables dans la région, que ce soit sous forme de constructions récifales ou de sédiments pélagiques, constituent, notamment du fait de leur présence en continu depuis des millions d'années, des indicateurs très fiables pour l'évolution du climat. L'étude de ces formations peut compléter les nombreux efforts qui sont déployés à l'échelle mondiale pour comprendre la « Green House Period » durant laquelle le climat s'est drastiquement réchauffé pendant 150.000 ans à l'Eocène atteignant des températures supérieures à celles que nous connaissons aujourd'hui. Là encore, le laboratoire naturel que représente le Sud-Ouest Pacifique a tout son intérêt.

On ajoutera à ces enjeux strictement scientifiques ceux qui concernent le développement et la mise en œuvre d'outils nouveaux sur un espace laboratoire de premier plan, et donc d'innovation technologique en matière de cartographie sous-marine fine, d'observation profonde, de prélèvement in situ, de représentation 3D et multimédia, ou encore de modélisation numérique des processus en jeu.



Des enjeux économiques relatifs à des ressources minérales potentielles

Les ressources minérales présentes dans le sous-sol des océans (placers, gaz et huile, dépôts sulfurés, nodules, encroûtements...) sont généralement associées à un contexte géologique particulier (bassin sédimentaire pour les hydrocarbures ou plaine abyssale pour les nodules par exemple). Du fait de sa diversité géologique, le domaine maritime de la Nouvelle-Calédonie présente un potentiel dans toutes ces ressources.

Les hydrocarbures (huiles et gaz) ont besoin de conditions très spécifiques et difficiles à réunir pour être générés puis piégés dans des couches réservoirs. Cela nécessite notamment la présence de roches riches en matière organique (dites « roches mères ») suffisamment enfouies sous plusieurs kilomètres de sédiments pour que la matière organique soit réchauffée à une centaine de degrés et commence à expulser des huiles puis du gaz.

Ces hydrocarbures, du fait de leur contraste de densité avec les roches et des gradients de pression, ont tendance à migrer vers la surface. Au cours de leur remontée ils peuvent se retrouver piégés par des structures géologiques « imperméables » et ainsi s'accumuler dans des roches poreuses (dites roches réservoirs) où ils peuvent éventuellement former des gisements.

Ces conditions ont des chances d'être réunies dans la ZEE de la Nouvelle-Calédonie puisque la présence de roches mères a été reconnue à terre (ex : les charbons de Moindou), qu'elles sont également obser-

vées en Nouvelle-Zélande à terre et en mer et que certains bassins de la ZEE présentent des épaisseurs sédimentaires de plusieurs kilomètres compatibles avec une génération d'huile et de gaz.

Ceci étant, compte tenu de la faible connaissance et du peu de données disponibles pour évaluer ce potentiel, la zone de recherche de ces hydrocarbures dans la ZEE s'étend aujourd'hui sur toute la partie appartenant au continent Zealandia, soit environ les deux tiers de la superficie de la ZEE, ce qui équivaut à la superficie de la France métropolitaine et de l'Allemagne réunies !

Le tiers restant de la ZEE, de nature océanique (au sens géologique du terme, c'est-à-dire, pour schématiser, plutôt basaltique que granitique), n'est pas pour autant démunie de potentiel en ressources minérales. Ce domaine océanique présente des contextes où peuvent se développer (cf. figures suivantes sur les ressources minérales profondes) :

- des nodules polymétalliques, à des profondeurs supérieures à 4000 m, au niveau des plaines abyssales des bassins d'Entrecasteaux, Nord-Loyauté et Sud-Fidjien,
- des encroûtements ferro-magnésiens sur les substrats durs de profondeur supérieure à 400 m et où les taux de sédimentation sont faibles, telles que les pentes des nombreux monts sous-marins,
- des dépôts sulfurés dans les zones de volcanisme associées à de l'hydrothermalisme telles que suspectées dans la région de Matthew et Hunter.

Jusque très récemment, du fait notamment du handicap représenté par son éloignement des centres de consommation et



Pierre Lesage©

des profondeurs caractérisant sa ZEE, la Nouvelle-Calédonie est restée à l'écart de tout projet de prospection à proprement parler de ses ressources profondes - que ce soit hydrocarbures ou minéralisations profondes. Grâce aux progrès des technologies offshore et du fait des tensions associées aux approvisionnements en matières premières, l'industrie se tourne à l'échelle mondiale vers le domaine dit « deep offshore ». Le Brésil est notamment précurseur dans ce domaine avec des découvertes majeures telles que la découverte du champ pétrolier « Libra » à 4000 m sous le fond de la mer qui lui-même se trouve à 2000 m de profondeur.

Dans ce contexte, les ressources minérales potentiellement présentes en Nouvelle-Calédonie pourraient devenir exploitables et représenter un enjeu de développement économique pour le territoire.

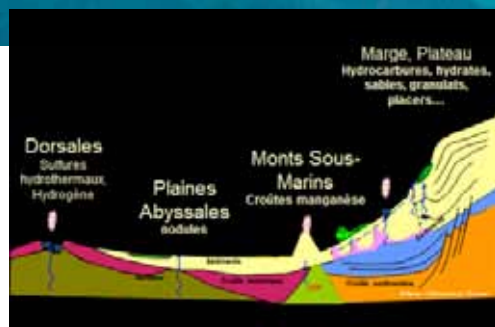
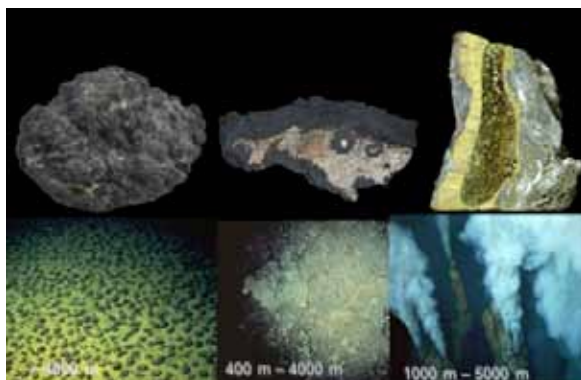
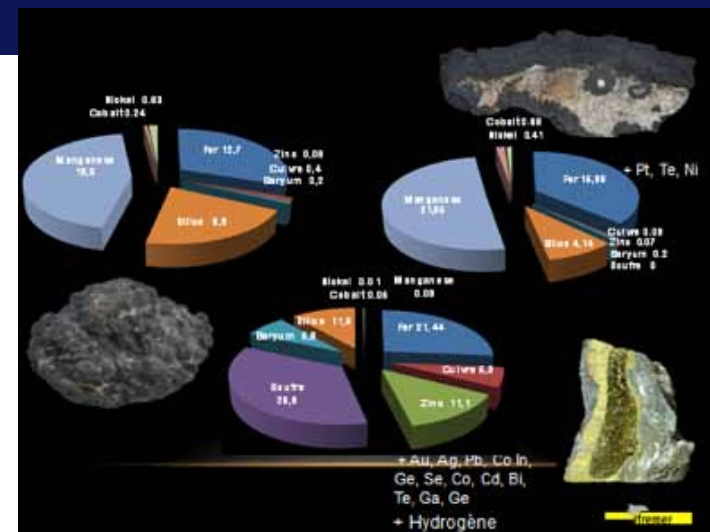


Schéma de synthèse présentant les grands types de faciès et les gisements associés en matière de ressources minérales profondes. © Ifremer.



Les trois grands types de dépôts métallifères : nodules polymétalliques en haut à gauche, encroûtements en haut, au centre et dépôts sulfurés en haut à droite avec respectivement en bas à gauche au centre et à droite un champ de nodules en plaine abyssale, un encroûtement sur fond dur, des fumeurs de cheminées hydrothermales. © Ifremer.



Les trois grands types de dépôts métallifères : nodules polymétalliques à gauche, encroûtements en haut à droite et dépôts sulfurés en bas à droite et leur composition principale. © Ifremer.

Des enjeux environnementaux :

De même qu'à chaque contexte géologique correspond un type particulier de ressources minérales, les différents substrats du fond de l'océan fournissent une variété d'environnements et d'habitats originaux pour le développement des écosystèmes profonds. On pourra distinguer, dans cette hétérogénéité des environnements aux différentes échelles, les grands milieux suivants :

- la fosse profonde de Vanuatu, fosse dont on sait très peu de chose,
- les « monotones » plaines abyssales sédimentées des Bassins d'Entrecasteaux, Ouest Nouvelle-Calédonie, Nord et Sud Loyauté, susceptibles de présenter des nodules polymétalliques, qui représentent environ 40% de l'espace maritime. Ces plaines profondes, dont on sait également très peu de chose, se caractérisent par une faible biomasse (composée principalement d'animaux fouisseurs de

petite taille vivant dans les sédiments) et une rare mégafaune : par exemple des oursins et des holothuries étranges ainsi que nous en présentons une sur la figure suivante issue de campagnes dans les plaines abyssales du Pacifique est.



Champs de nodules des plaines abyssales et exemple de macrofaune associée : holothurie jaune (*Psychropotes longicauda*). © Ifremer-Nautile, Campagne Nodinaut 2004.

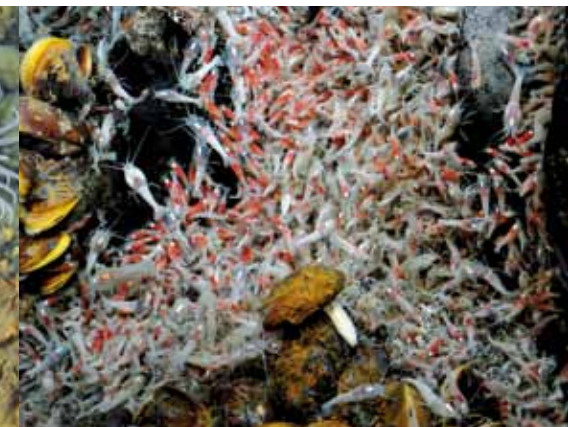
- les canyons sous-marins des pentes externes du récif, rares endroits semi profonds où l'on rencontre des substrats meubles,
- les substrats durs des pentes et des ter-

rasses de la Grande Terre et des Iles, mais aussi des monts sous-marins, nombreux sur les rides (la ZEE abrite 150 reliefs de plus de 1000 m de hauteur, soit 13% de la superficie, dont un quart mesurent plus de 2500 m). Ces substrats sont notamment susceptibles d'héberger des « coraux froids¹ » et des gorgones, qui constituent eux même des habitats pour de nombreuses autres espèces. Quelques précisions sur l'originalité de la faune néo-calédonienne de ces fonds durs sont apportées ci-après,

- les sites d'hydrothermalisme actif, sorte de chantiers chaotiques hérissés de cheminées fumantes, qui seraient potentiellement présents dans les zones de volcanisme autour de Matthew et Hunter et qui pourraient constituer des oasis de vie pour des organismes spécialisés.



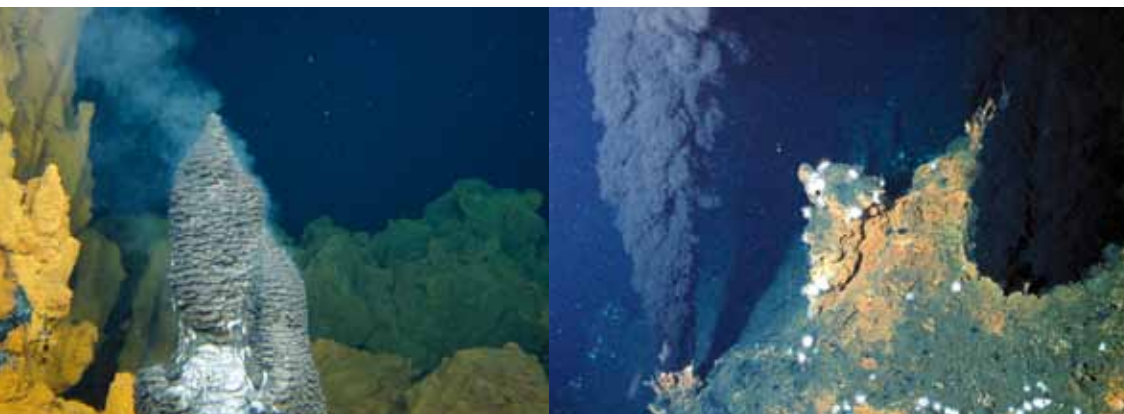
Exemples de faune associée aux sources hydrothermales. © Ifremer. En haut, poulpe (Campagne HERO, dorsale est Pacifique 1991), ci-contre, vers tubiformes, alvinellidae et siboglinidae *Riftia pachyptila*. (Campagne PHARE, dorsale est Pacifique, 2002).



Autres exemples de faune associée aux sources hydrothermales. © Ifremer. A gauche anémones, à droite essaim de crevettes *Remi carius* et de modioles. (Campagne Serpentine 2007, dorsale médio-Atlantique).

Au fur et à mesure de l'exploration des fonds marins de la ZEE, on peut vérifier que la géo diversité calédonienne s'accompagne d'une diversité des habitats sous-marins et des écosystèmes associés tout aussi exceptionnelle. La diversité bathymétrique et géomorphologique va de pair avec une grande originalité et une forte diversité de la faune, notamment en raison du fait que les communautés vivant dans les profondeurs de l'océan sont en général très fortement inféodées à des gammes bathymétriques particulières. Des communautés d'espèces peuvent ainsi se retrouver sur des monts sous-marins distants de plusieurs centaines de kilomètres, alors qu'en quelques centaines de mètres de différence de profondeur, sur un mont sous-marin donné, elles peuvent être très différentes. Ce phénomène de stratification par la profondeur s'observe également communément à l'échelle de la diversité génétique chez différentes espèces.

et l'IRD dans le cadre de près d'une quarantaine de campagnes d'explorations semi profondes au cours des trente dernières années, a notamment permis de découvrir de très nombreuses espèces nouvelles pour la science (plus de la moitié des espèces décrites), ainsi que des représentants actuels de plusieurs lignées d'organismes connues auparavant uniquement sous forme de fossiles. Une des originalités des fonds de la ZEE est d'être particulièrement riches en substrats durs, à des profondeurs relativement faibles (inférieures à -2000 m) et sont caractérisés par des reliefs variés sur lesquels vit une faune fixée, en particulier des coraux, des gorgones et des éponges, associée à un cortège d'espèces diversifiées. Sur les monts volcaniques de la Ride de Norfolk, la faune est non seulement diversifiée, mais aussi souvent particulièrement abondante. La taille des organismes fixés est parfois spectaculaire et reflète leur longévité.



A gauche et à droite cheminées volcaniques d'un site hydrothermal actif. © Ifremer. (A gauche, Campagne EXOMAR 2005, site Rainbow, à droite campagne SERPENTINE 2007, site Ashadze).

¹ Les coraux d'eau froide sont des *Cnidaria*, comme les espèces constituant les récifs coralliens des eaux chaudes des tropiques. Ils se développent dans des eaux sombres et profondes, le plus fréquemment entre -100 et -1200 mètres, mais de nombreuses espèces vivent jusqu'à -2000 m et certaines ont été observées à près de -3000 m. Contrairement aux espèces récifales côtières, qui baignent dans la lumière du soleil, ils ne sont pas associés à des algues symbiotiques. Les coraux d'eau froide se nourrissent de planctons et d'autres matières organiques en suspension dans l'eau et provenant des couches superficielles de l'océan. On connaît très mal leur écologie mais on sait que leur croissance est très lente. Ce sont donc des espèces vulnérables, notamment à l'action des engins de pêches trainants. La ZEE de la Nouvelle-Calédonie est particulièrement riche à la fois en terme de diversité d'espèces (plus de 300 espèces recensées, à comparer aux 400 espèces connues dans les récifs coralliens des eaux chaudes de Nouvelle-Calédonie) et d'habitats favorables à leur développement (trois fois plus que la moyenne mondiale).

L'exploration biologique des fonds marins de la ZEE, notamment conduite par le Muséum National d'Histoire Naturelle

Une grande partie de la ZEE reste néanmoins faiblement explorée et on peut s'attendre à d'autres découvertes, en par-

ticulier dans les zones à potentielle activité hydrothermale situées à l'est (Matthew et Hunter), mais aussi sur la ride des Loyautés et la ride de Lord Howe, notamment dans la zone d'anciens points chauds volcaniques comprise entre le banc Capel et le plateau de Chesterfield...

Bien qu'exceptionnelle à l'échelle de l'océan mondial (près de 2400 stations d'échantillonnage dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie), notre connaissance des environnements profonds est malheureusement bien moins complète que celle des environnements terrestres ou peu profonds. La notion de rareté, voire d'endémisme, reste délicate à manier dès lors que l'on constate la structure souvent très fragmentée des habitats profonds, la capacité de dispersion très variable des espèces selon les groupes (par exemple, très forte chez de nombreux poissons, souvent très faible chez les mollusques), mais aussi le



Gastéropodes (*Perotrochus neocaledonicus*) et étoile de mer (non décrite). © P. Lozouet/MNHN.



Crinoïdes (*Gymnocrinus richeri*). © P. Lozouet/MNHN.

caractère incomplet et hautement parcellaire de l'échantillonnage du vivant actuellement disponible.

Or l'amélioration de cette connaissance, au plan spécifique et systémique, mais aussi de l'écologie, l'adaptation, la résilience des écosystèmes concernés sera nécessaire pour évaluer correctement les impacts d'une exploitation potentielle de ressources sous-marines, les éviter ou les réduire.

L'amélioration de ces connaissances constitue ainsi une des huit orientations stratégiques du Parc Naturel de la Mer de Corail, récemment mis en place par le gouvernement à l'échelle de l'Espace Maritime de la Nouvelle-Calédonie. Cette meilleure connaissance permettra de perfectionner progressivement la protection des écosys-



Crustacé, glyphéides (*Neoglypheia neocaledonica*). © P. Lozouet/MNHN.

tèmes profonds concernés et la mise en place de conditions favorables à un développement durable des activités extractives potentielles. Cela sera notamment rendu possible grâce aux mises à jour successives du plan de gestion du parc naturel, qui pourra prévoir, lorsque cela s'avèrera nécessaire des mesures de protection générales (par exemple, l'extension du code minier aux activités concernées) ou spécifiques à certaines zones (par la protection des zones les plus riches et les plus vulnérables).

Des enjeux sur les risques naturels

Un dernier aspect associé à la diversité géologique concerne la sécurité des habitants exposés aux aléas naturels. Aux divers environnements géologiques sont associés des particularités pouvant présenter des dangers (volcanisme, séismes, glissements de terrain sous-marins, tsunamis...) et la géologie calédonienne s'accompagne tout aussi logiquement que pour la biologie ou les ressources, d'une diversité de situations dont certaines présentent effectivement des risques.

On peut mentionner la sismicité locale de la Grande Terre notamment dans sa partie sud, la sismicité proche liée à la subduction du Vanuatu (à l'est de ride des Loyautés), la sismicité régionale au niveau des îles Salomon, et aussi l'aléa tsunami associé. Les contraintes de friction induites par la subduction de la plaque Australie sous la plaque Pacifique génèrent quotidiennement des séismes de magnitudes relativement faibles le long de la zone de subduction du Vanuatu qui s'étend des îlots de Matthew et Hunter au sud jusqu'aux îles Salomon au Nord. Lorsque les contraintes accumulées sont trop importantes des séismes de forte magnitude se déclenchent. Le réseau sismologique local mis en place par l'IRD permet de détecter les séismes plus rapidement que le réseau mondial, et donc de prévenir plus rapidement la population en cas de danger. Ce réseau permet également de mettre en évidence des zones de sismicité sur la Grande Terre (notamment dans sa partie sud) et sur la Ride des Loyautés, liée à la déformation de la plaque Australie plongeant sous l'arc du Vanuatu.



Outre les effets destructeurs que les très forts séismes peuvent avoir en surface, ils peuvent aussi générer une onde dans la colonne d'eau qui se propage à très grande vitesse et déferle sur les zones émergées les plus exposées. Une étude récente basée sur des témoignages a permis de documenter 18 événements historiques en Nouvelle-Calédonie de 1875 à 2009, dont 12 non répertoriés dans les travaux antérieurs. Ces résultats confirment une exposition à un aléa tsunami d'origine (1) locale (partie sud de l'arc du Vanuatu) avec des délais post-séisme très courts (< 30 min) avant l'arrivée de trains de vagues, (2) régionale (arc des îles Salomon, partie nord de l'arc du Vanuatu) avec des délais de quelques heures, et enfin (3) indiquent une exposition aux télétsunamis (Kamchatka 1952, Sud Chili 1960, Kouriles 2006, Nord Tonga 2009).

Le tsunami de 1875 fut le plus meurtrier connu en Nouvelle-Calédonie: 25 personnes ont péri sur la côte Est de Lifou après l'arrivée d'un train de vagues, 20

minutes après le déclenchement d'un séisme de forte magnitude, situé probablement entre Lifou et Tanna, dans la partie Sud de la zone de subduction du Vanuatu, comme le suggère la modélisation numérique pour reproduire cet événement. Une étude sur les paléo-tsunamis, à l'aide de l'analyse et de la datation des enregistrements sédimentaires de ces événements catastrophiques, appelés « tsunamites », reste à faire en Nouvelle-Calédonie, Les instabilités gravitaires de la barrière récifale ou celles liées à la surcharge sédimentaire sur des pentes abruptes représentent également un aléa pour les populations côtières car elles peuvent aussi provoquer dans certains cas des tsunamis « locaux » (voir l'article sur les vagues scélérates publié dans le numéro 7 de Tai Kona). La cartographie de l'IRD des pentes externes de la Grande-Terre a montré qu'entre deux levés effectués à quelques dizaines d'années d'écart, la morphologie de la barrière de corail pouvait être substantiellement modifiée par ce type d'effondrements sous-marins.

Conclusion

Derrière l'ensemble des éléments présentés dans la première partie de ce dossier en ce qui concerne l'originalité et la richesse des formations géologiques sous-marines, édité dans le numéro 8 de Tai Kona, puis dans la présente partie relative aux enjeux, se profilent des défis pour la Nouvelle-Calédonie.

Ceux-ci, on l'a vu se posent en termes de connaissance, de développement économique, de préservation de l'environnement et de gestion de risques naturels.

Au vu de l'importance des enjeux exposés, la Nouvelle-Calédonie ambitionne de conduire une politique équilibrée vis-à-vis de son domaine marin profond, entre préservation de richesses naturelles biologiques, minérales et une exploitation durable de ses ressources, construite rationnellement dans le temps et l'espace, au bénéfice des générations futures.

Le Parc Naturel de la Mer de Corail, créé en avril 2014 par le gouvernement, dans la continuité du réseau d'espaces protégés mis en place fin 2012 du côté australien, constituera à cet égard un outil structurant et un lieu de débat pour réfléchir, échanger et construire des politiques à long terme permettant d'assurer la préservation de ces environnements exceptionnels, tout en accompagnant le développement raisonné d'activités potentiellement créatrices de richesses et de bien être pour les néo-calédoniens.

Bibliographie et pour en savoir plus

Sites web

- http://www.dimenc.gouv.nc/portal/page/portal/dimenc/geologie/geosciences_marines
- <http://wwz.ifremer.fr/drogm/>
- <http://wwz.ifremer.fr/drogm/Res-sources-minerales>
- <http://www.ird.fr/toute-l-actualite/science-en-direct/exbodi/exbodi-juras-sic-park-sous-les-mers>
- <http://www.aires-marines.fr/Un-parc-naturel-de-la-mer-de-Corail-en-Nouvelle-Caledonie>
- <http://www.ird.fr/toute-l-actualite/science-en-direct/exbodi/exbodi-la-faune-archaïque-de-nouvelle-caledonie>





Bibliographie et Ouvrages de référence

2010 • Collectif : Président : Bœuf G., Experts : Bénédicte C., Carvahlo G., Cury P., David D., Desbruyères D., Doyen L., Gouletquer P., Gros P., Hanna S., Jennings S., Levrel H., Thébaud O., Weber J.. Administration : Lassale E., Rivet F.. Biodiversité en environnement marin. Synthèse et recommandations en sciences environnementale et sociale. Rapport à l'Ifremer de l'expertise collective en biodiversité marine; version au 25 août 2010. 138 pages.

2014 • Collectif. ESCo : Expertise scientifique collective sur les Impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes. Rapport Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, CNRS et Ifremer. Juin 2014, 939 pages.

2009 • Andrefouet S., Cabioch G., Flamand B., Pelletier B. A reappraisal of the diversity of geomorphological and genetic processes of the New Caledonian coral reef: a synthesis from optical remote sensing, coring and acoustic multibeam observations. Coral Reef, 28 (3), 691-707.

2008 • Bouchet, P., Heros, V., Lozouet, P., & Maestrati, P. A quarter-century of deep-sea malacological exploration in the South and West Pacific: Where do we stand? How far to go? Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle, 196, 9-40.

2009 • Bouchet, P., Lozouet, P., & Sysoev, A. An inordinate fondness for turrids. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 56(19), 1724-1731.

2012 • Fouquet Y., Lacroix D. - Les ressources minérales marines profondes: Etude prospective à l'horizon 2030 - Editions Quae, Collection « Matière à débattre et décider », 175 p.

2014 • Gardes, L., Tessier, E., Allain, V., Alloncle, N., Baudat-Franceschi, J., Butaud, J.F., Collot J., Etaix-Bonnin, R., Hubert, A., Loïsier, A., Rouillard, P., Samadi, S., Yokohama, Y. Analyse stratégique de l'Espace maritime de la Nouvelle-Calédonie – vers une gestion intégrée. Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie / Agence des Aires Marines Protégées éditeurs, 390 pages + annexes.

2008 • Kitahara, M.V. and Cairns, S. Diversity of deep-sea corals (Cnidaria, scleractinia) from new Caledonia and adjacent waters: a central Pacific hot spot for axooxanthellate scleractinians, deep sea Coral Symposium 2008 4th ISDSC, 1-5 december, 2008, Wellington, New Zealand, p69.

2007 • O'Hara, T. D. Seamounts: centres of endemism or species richness for ophiuroids?. Global Ecology and Biogeography, 16(6), 720-732.

2006 • Payri, C and Richer de Forges, B. Compendium of marine species from New Caledonia. Documents scientifiques et techniques II7, volume spécial: 391 pp, + 19 planches.

2003 • Pelletier B., Mouvements actuels et néotectonique en Nouvelle-Calédonie (apport des travaux de géologie-géophysique de l'IRD). Géologues, 138, 75-80.

2000 • Richer de Forges, B. R., Koslow, J. A., & Poore, G. C. B. Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. Nature, 405(6789), 944-947.

2005 • Richer de Forges B., Hoffschir C., Chauvin C., Bertahult C. Inventaire des espèces de profondeur de Nouvelle-Calédonie. Documents Scientifiques et Techniques II6. IRD Centre de Nouméa 115p.

2013 • Sahal A., Pelletier B., Chatelier J., Lavigne F., Schindelé F. A catalog of tsunamis in New Caledonia from 28 March 1875 to 30 Septembre 2009. Comptes Rendus Geoscience, 342, 437-444.



Julien Collot

Géophysicien marin. Service Géologique de la Nouvelle-Calédonie, Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie 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'Énergie 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'Énergie pierrick.rouillard@gouv.nc



Sarah Samadi

Professeur Muséum National d'Histoire Naturelle. Institut de Systématique et Biodiversité sarah@mnhn.fr



Lionel Gardes

Chef d'antenne Nouvelle-Calédonie, Agence des Aires Marines Protégées lionel.gardes@aires-marines.fr



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

Secrétaire Général du Cluster Maritime Nouvelle-Calédonie, ancien délégué de l'Ifremer en Nouvelle-Calédonie lionel.loubersac@gmail.com