

Numéro 209 - Juin 2021 - 20 € - ISSN 0016.7916 - Trimestriel

Géologues

Géosciences et Société

Dossier

La Nouvelle Calédonie

Une coédition



Société
Géologique
de France



avenia

DIRECTEUR DE PUBLICATION :

François BAUDIN

RÉDACTEUR EN CHEF :

Marc BRISEBARRE

CONSEILLER PUBLICATIONS :

François LEPARMENTIER

COMITÉ DE RÉDACTION :

• **SECTION GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR**

Marianne CHAHINE

Denis FABRE

• **SECTION EAU**

Jean-Pierre FAILLAT

Anthony LE BEUX

Lahcen ZOUHRI

• **SECTION GÉOPHYSIQUE**

Antoine BOUVIER

Christian HERISSON

Jean-Marc MIEHE

• **SECTION SUBSTANCES MINÉRALES**

Patrice CAUMARTIN

Michel JÉBRAK

Christian POLAK

Véronique TOURNIS

• **SECTION ÉNERGIE**

Marc BLAIZOT

Eléonore DALMAIS

Jean-Marc FLEURY

Jean-Jacques JARRIGE

• **SECTION ENSEIGNEMENT ET RECHERCHE**

Christian BECK

Roselyne FRIEDENBERG

Cyril SCHAMPER

• **SECTION AFFAIRES PROFESSIONNELLES**

Eric MARCOUX

• **SECTION JEUNES**

Nicolas LEMONNIER

SECRETARIAT DE RÉDACTION :

redac.geologues@geosoc.fr

Géologues est la revue officielle de la Société Géologique de France et de Avenia.

Société Géologique de France
Association loi de 1901, fondée en 1830
et reconnue d'utilité publique par
Ordonnance du Roi du 3 avril 1832.

SIÈGE SOCIAL :

77, rue Claude Bernard - 75005 PARIS

01 43 31 77 35 - accueil@geosoc.fr

Site Internet : www.geosoc.fr

Avenia : pôle de compétitivité
des industries du sous-sol
Technopole HélioParc - Av. Pierre Angot
64053 PAU Cedex 09 - 05 59 84 81 10
Site Internet : www.pole-avenia.com

ABONNEMENT ET PUBLICITÉ :

Société Géologique de France

MISE EN PAGE ET COUVERTURE :

J.-C. MANCHON - CLÉRY-SAINT-ANDRÉ

IMPRIMÉ EN FRANCE PAR

CHEVILLON IMPRIMEUR

26, boulevard Kennedy - 89100 SENS

Commission paritaire

CPPAP n°0125G82626

Dépôt légal à parution



France Bailly¹,
Directrice CNRT
"Nickel & son
environnement".



Marc Brisebarre²,
Rédacteur en chef
de "Géologues".



Pierre Maurizot³,
Service
géologique de
Nouvelle-Calédonie.



Christian Polak⁴,
Senior Advisor
Orano Mining.

Pour un géologue, quelle que soit sa spécialité, la Nouvelle-Calédonie est un lieu d'étude privilégié.

S'il est plutôt fondamentaliste, il verra, dans la première partie *Géologie*, que c'est en Nouvelle-Calédonie qu'a été défini le concept d'obduction, c'est-à-dire le chevauchement paradoxal de lithosphère océanique dense sur de la lithosphère continentale plus légère. Il verra aussi que ce modeste « Caillou⁵ » appartient en fait à une masse continentale qui s'étend sur plus de 5 millions de km² (soit plus que l'Union européenne qui a une superficie de 4,2 millions de km²) et qui est connue sous le nom de Zealandia. Il verra enfin que c'est en Nouvelle-Calédonie qu'est conservé l'un des plus grands affleurements de manteau lithosphérique, la nappe des Péridotites.

Le géologue minier ne pourra que s'intéresser à cette nappe puisque c'est son altération supergène qui est à l'origine de la formation des gisements de nickel. La seconde partie, *Ressource minière*, consacre de nombreux articles à cet « or vert » : son histoire, les techniques d'exploitation, la formation des mineurs, la réglementation minière, ... ; on apprendra, notamment, que c'est en Nouvelle-Calédonie qu'a été créé un organisme sans équivalent sur le territoire national pour une ressource minière, le CNRT (Centre National de Recherche Technologique) « Nickel et son environnement », au service d'un nickel plus vert et plus compétitif. On n'aura garde d'oublier que les latérites nickélifères contiennent du cobalt et peuvent également être valorisées pour la récupération du scandium, élément d'intérêt pour diverses applications technologiques.

Le géodynamicien ne sera pas oublié ; la Nouvelle-Calédonie étant constituée de plusieurs îles généralement montagneuses, sur un axe de passage des cyclones et à proximité de la frontière de convergence entre deux plaques (Australie et Pacifique), est soumise à de nombreux *Aléas naturels* : glissements de terrains, montée du niveau de l'océan, séismes, tsunamis, ... C'est l'objet de la troisième et dernière partie.

La Nouvelle-Calédonie rassemble donc une grande richesse de sujets sur une petite surface et se trouve propulsée au cœur de la transition énergétique par la présence de ces métaux devenus si convoités que sont le nickel et le cobalt.



1. Courriel : france.bailly@cnrt.nc

2. Courriel : redac.geologues@geosoc.fr

3. Courriel : pierre.maurizot@gouv.nc

4. Courriel : christian.polak@orano.group

5. Terme familièrement employé par les calédoniens pour qualifier la Nouvelle-Calédonie.



Crédit photo : P. Maurizot.

Photo de première de couverture :
Ancienne mine de nickel dans la région du Ouazangou.

Éditorial 1

Actualités 5

Note de l'IFRI : La stratégie de souveraineté minérale américaine (« make America mining again ») 5
François Leparmentier

Le projet HypSTER : maillon stratégique de la filière hydrogène vert 7
François Leparmentier

Edition 2021 de l'analyse « Fostering effective energy transition » du Forum Économique Mondial 8
François Leparmentier

La création de l'Institut des mathématiques pour la planète Terre (IMPT) 9
François Leparmentier

Jeune entreprise 10

Thin Section Lab, le spécialiste français de la préparation et de l'analyse d'échantillons géologiques 10
François Leparmentier avec Cédric Demeurie

Décryptage 12

Le retour des États-Unis sur la scène internationale de la transition énergétique 12
François Leparmentier

Dossier 14 La Nouvelle-Calédonie

GÉOLOGIE 14

Histoire géologique de la Nouvelle-Calédonie, mise en place de l'ophiolite, évolution post-obduction et formation des gisements de nickel 14

Pierre Maurizot

En Nouvelle-Calédonie, la mise en place pendant l'Éocène d'un des corps ophiolitiques les plus importants au monde, la nappe des Péridotites, peut s'expliquer par un modèle de subduction continentale. Le déplacement postérieur des plaques a conduit cet ensemble vers des latitudes moins élevées et un climat plus chaud et humide qui ont contribué à former par altération supergène une ressource en minerais de nickel à la surface de ce substrat de composition ultrabasique.

Le continent Zealandia : la Nouvelle-Calédonie dans son contexte régional 21

Julien Collot, Samuel Etienne, Martin Patriat, Walter R. Roest, Nick Mortimer, Rupert Sutherland

La Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande ne sont qu'une petite partie émergée d'un continent immergé de 5 millions de km², Zealandia. La complexité de l'évolution de ce continent est à l'origine de l'exceptionnelle géodiversité du Sud-Ouest Pacifique. Bien que la région soit encore l'une des moins explorées au monde, des campagnes océanographiques y sont menées depuis plusieurs années. La compréhension de la géologie de la Nouvelle-Calédonie est intimement liée à l'histoire de Zealandia, même si la confrontation des modèles issus de l'étude des affleurements à terre avec ceux basés sur l'observation de sa région marine demeure un défi.

Le champ hydrothermal hypercalin de la baie de Prony, Nouvelle-Calédonie 29

Bernard Pelletier, Gaël Erauso, Emmanuelle Gérard, Bénédicte Menez, Christophe Monnin, Claude Payri, Anne Postec, Roy Price et Marianne Quéménéur

La baie de Prony abrite un champ hydrothermal hypercalin unique qui comprend des événements actifs, sous-marins et intertidaux. Les fluides hydrothermaux de faible salinité, de température modérée et de pH très élevé sont enrichis en dihydrogène et méthane provenant de la serpentinisation. Le mélange de ces eaux hydrothermales d'origine météorique et de l'eau de mer conduit à la formation de cheminées de carbonates de calcium et d'hydroxyde de magnésium, parmi lesquelles la célèbre aiguille de Prony. Ces concrétions sous-marines abritent des communautés spécifiques de bactéries et d'archées impliquées dans l'édification des cheminées via des processus d'organo-minéralisation. La communauté française s'est mobilisée autour de l'étude de ce site exceptionnel, peu profond et facilement accessible.

RESSOURCE MINIÈRE 36

L'Histoire de la mine et des mineurs en Nouvelle-Calédonie 36

Yann Bencivengo et Séverine Bouard

La Nouvelle-Calédonie est une terre minière. Si le charbon, l'or, le cuivre, le chrome, le cobalt ou le fer y ont été extraites, seul le nickel a fait l'objet d'une exploitation continue depuis 1875. L'histoire du nickel est intimement liée à l'histoire du pays, notamment à l'époque coloniale. Plus récemment, les évolutions technologiques permettent l'exploitation de nouveaux gisements mais les sociétés minières et métallurgiques doivent continuer de se transformer afin de répondre à deux injonctions parfois contradictoires : la volatilité du marché international et les revendications locales concernant la maîtrise des ressources et les retombées économiques du secteur minier.

Panorama de l'activité minière et métallurgique en Nouvelle-Calédonie 43

Christian Habault et Corinne Bufnoir

L'archipel néo-calédonien, situé dans le sud-ouest de l'océan Pacifique, est constitué d'une Grande Terre, à l'histoire géologique complexe, qui s'est éloignée au Crétacé du continent australien lors de l'ouverture de la mer de Tasman, et d'îles éparses (Loyauté, Bélep, Les Pins). Seule la Grande Terre recèle des ressources minérales identifiées très tôt dans son histoire, parmi lesquelles le nickel qui a façonné ses paysages et marqué très fortement la Nouvelle-Calédonie, donnant naissance à une industrie lourde (électrometallurgie et hydrometallurgie) sans équivalent dans l'outre-mer français.

Le scandium, un métal remarquable encore sous-valorisé 48

Yoram Teitler et Michel Cathelineau

Le scandium est un élément d'intérêt pour diverses applications technologiques mais reste encore peu valorisé. Or, les gisements de nickel et cobalt latéritiques présentent des concentrations significatives en scandium et plusieurs projets industriels prévoient l'extraction du scandium latéritique, notamment en Australie et aux Philippines. Celle-ci pourrait également être envisagée en Nouvelle-Calédonie, où des teneurs significatives sont observées. Cependant, les volumes concernés sont marginaux et une filière scandium apparaît seulement envisageable à travers une meilleure valorisation des latérites nickélifères, impliquant des choix techniques et des décisions politiques.

Le Centre National de Recherche Technologique (CNRT), la connaissance au service d'un nickel plus vert et plus compétitif en Nouvelle-Calédonie 55

France Bailly et Christian Habault

Pour relever le challenge d'une industrie minière plus compétitive, plus « verte » et socialement plus acceptable, les acteurs du secteur minier bénéficient d'une agence totalement dédiée à la recherche appliquée, à l'innovation et au

développement technologique en Nouvelle-Calédonie. Le CNRT « Nickel et son environnement » est une structure originale, sans équivalent national, bénéficiant de fonds publics et privés, qui regroupe les compagnies minières et métallurgiques du territoire et les organismes de recherche, aux côtés de l'État, du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie et des trois Provinces.

La formation professionnelle dans le secteur minier en Nouvelle-Calédonie 57

Christian Habault et Cyril Marchand

L'archipel néo-calédonien, situé dans le sud-ouest de l'océan Pacifique, rattaché à la France en 1853, est un des rares territoires ultramarins disposant de ressources minérales identifiées et conséquentes. Débutant avec les métaux de base et l'or, l'activité minière s'est rapidement orientée vers l'extraction de sa substance phare, le nickel, depuis plus de 150 ans après sa découverte en 1864. Résultat de l'altération supergène d'une nappe ophiolitique recouvrant le tiers de la Grande Terre, le minerai de nickel est non seulement exporté, mais aussi raffiné localement dans des usines pyrometallurgiques ou hydrometallurgiques, seule industrie lourde de l'ensemble ultramarin français.

Aperçu comparatif de législation minière, entre France métropolitaine et Nouvelle-Calédonie : 16 740 km de distance, et bien plus encore... 59

Anne Perrier Gras

En Nouvelle-Calédonie, l'étude du régime législatif et réglementaire minier se conçoit difficilement sans se référer à son homologue métropolitain, et à l'héritage laissé par la grande loi minière française du 21 avril 1810. Cependant, les caractéristiques institutionnelles, juridiques et coutumières de cette collectivité « sui generis » de la République Française, le poids du nickel dans l'économie, les enjeux en présence dans ce territoire en voie d'émancipation, ont façonné peu à peu un système spécifique, étroitement lié à la délicate construction d'un « destin commun ».

Stratégie du nickel calédonien 64

Didier Julienne

ENVIRONNEMENT NATUREL ET HUMAIN 66

Ressources en eau dans les massifs de péridotites : état des connaissances et enjeux 66

Julie Jeanpert, Jean-Lambert Join, Peggy Gunkel-Grillon, Olivier Monge, Séverine Bouard, Caroline Lejars et Catherine Sabinot

En Nouvelle-Calédonie, les péridotites couvrent près d'un tiers de la surface de la Grande Terre. Si les massifs font l'objet depuis plusieurs décennies de recherches sur la minéralisation en nickel, chrome et cobalt, la connaissance de l'hydrosystème des péridotites est quant à elle moins avancée bien qu'ayant progressé ces dernières années. Localement des tensions fortes peuvent exister en lien avec la valeur de

cette ressource et les conflits d'usage entre l'industrie et les communautés. Cet article présente un état des connaissances du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des massifs et les enjeux miniers de cet hydrosystème.

Environnement et restauration des sites miniers 74

France Bailly, Hamid Amir, Frédéric Bart, Bruno Fogliani, Véronique Forlacroix, Yawiya Ititiaty, Laurent L'Huillier, Stéphane McCoy

En Nouvelle-Calédonie, les exploitations minières se situent majoritairement en contexte montagneux. Le contexte climatique et géomorphologique des massifs dits « miniers », les caractéristiques physico-chimiques des substrats issus de l'altération des péridotites, la richesse de la biodiversité terrestre comme marine constituent des facteurs environnementaux à intégrer dans la gestion de la mine et de son environnement, de même que dans la stratégie et les pratiques de réhabilitation des zones après exploitation. L'héritage des pratiques anciennes apporte des contraintes supplémentaires aux opérations de restauration des sites miniers.

Plantes hyperaccumulatrices et biovalorisation des métaux 81

Valérie Burtet-Sarramegna, Bruno Fogliani, Claude Grison, Sandrine Isnard, Tanguy Jaffré, Laurent L'Huillier, Yohan Pillon et Cyril Poullain

Les plantes hyperaccumulatrices de métaux et les microorganismes qui leur sont associés présentent des propriétés particulièrement originales, qui en font des outils de choix pour la phytomine, l'agromine, la restauration écologique, la phytostabilisation ou la phytoremédiation. Focus sur ces plantes et microorganismes adaptés au stress métallique et aux propriétés remarquables.

La gouvernance minière en Nouvelle-Calédonie, entre politique locale et arène nationale 85

Pierre-Yves Le Meur

La question minière est au cœur de l'histoire de la Nouvelle-Calédonie et du processus de décolonisation négociée dans lequel le territoire s'est engagé depuis les années 1990. La gouvernance minière est intimement liée aux enjeux politiques locaux et nationaux calédoniens. L'entrée par les sites miniers, les enjeux fonciers associés et les arènes politiques locales permettent de mettre au jour des jeux d'acteurs complexes qui participent de la production de la politique minière « par le bas » et s'articulent de manière plus ou moins cohérente et stabilisée avec les politiques dessinées aux échelons supérieurs, générant une gouvernance minière multi-niveaux.

La transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie 91

Bastian Morvan

Le caractère insulaire, conjugué à la place prépondérante de son industrie métallurgique électro-intensive, conduit la Nouvelle-Calédonie à un contexte énergétique de tous les

défis : garantir la sécurité d'approvisionnement, réduire la dépendance énergétique, garantir un prix compétitif de l'énergie et réduire les impacts sur l'environnement. Engagée depuis 2016 sur la voie de la transition énergétique, la Nouvelle-Calédonie ne cesse d'accélérer le développement des énergies renouvelables et franchit les premières étapes dans la lutte contre le gaspillage énergétique. Le dynamisme de la Nouvelle-Calédonie et de ses acteurs économiques font de ce territoire un lieu propice à l'innovation et sur lequel l'hydrogène pourrait jouer un rôle central.

RISQUES NATURELS 96

L'aléa naturel glissements de terrain en Nouvelle-Calédonie 96

Yaël Guyomard, Mathieu Mengin, Bastien Colas, Yannick Thiery, Vincent Mardhel, Olivier Monge

La Nouvelle-Calédonie, pays au relief montagneux et au climat cyclonique, est naturellement sujette aux glissements de terrain dans les formations superficielles meubles du régolithe. Un programme pluriannuel sur la base d'une méthode quantitative prenant en compte une évaluation de la susceptibilité des terrains aux phénomènes d'instabilités gravitaires, la probabilité temporelle d'occurrence, l'intensité des phénomènes, doit permettre de généraliser une cartographie de l'aléa à 1/25 000 sur tout le territoire.

Sismicité et tsunamis en Nouvelle-Calédonie, aléa et risque 106

Bernard Pelletier, Pierre Lebellegard et Jean Roger

La Nouvelle-Calédonie est soumise à une activité sismique, ainsi qu'à de potentiels tsunamis régionaux. La plupart des séismes ressentis sont liés à la subduction du Vanuatu. En outre, une sismicité locale existe au niveau de la Grande Terre. Le réseau sismique de Nouvelle-Calédonie et le réseau ORSNET permettent de surveiller la région en quasi-temps réel, de détecter et de localiser la plupart des séismes d'une magnitude supérieure à 2 sur la Nouvelle-Calédonie et la zone du Vanuatu. L'ampleur du tsunami meurtrier du 28 mars 1875 et la taille du segment sud de la zone de subduction du Vanuatu suggèrent que des séismes de magnitude importante peuvent se produire entre les îles du Sud Vanuatu et les îles Loyauté.

Le littoral de Nouvelle-Calédonie face au changement climatique 112

Myriam Vendé-Leclerc et Manuel Garcin

Le littoral de la Nouvelle-Calédonie est caractérisé par de nombreux types de côte plus ou moins sensibles aux paramètres environnementaux et aux divers forçages climatiques. Il est aujourd'hui nécessaire d'identifier les évolutions de ces forçages en lien avec le changement climatique pour mieux appréhender la dynamique future des côtes. Cette anticipation des impacts du changement climatique permettra la mise en place d'une gestion adaptée du littoral.