

Le scandium, un métal remarquable encore sous-valorisé

Yoram Teitler et Michel Cathelineau.

Bibliographie complète

- Ahmad Z., 2003. The Properties and Application of Scandium-Reinforced Aluminum, *JOM*, 55(2) 35-39.
- Aiglsperger T., Proenza J.A., Lewis J.F., Labrador M., Svojtka, Rojas-Puron A., Longo F. et Durisova J., 2016. Critical metals (REE, Sc, PGE) in Ni laterites from Cuba and the Dominican Republic. *Ore Geol. Rev.* 76 (1), 127-147.
- Altinsel Y., Topkaya Y., Topkaya Kaya S. et Şentürk B., 2018. Extraction of scandium from lateritic nickel-cobalt ore leach solution by ion exchange: a special study and literature review on previous works. In: Martin, O. (Ed.), *Light Metals 2018*. TMS 2018. The Minerals, Metals & Materials Series. Springer, Cham.
- Cathelineau M., Quesnel B. et Gautier P., 2016. Nickel dispersion and enrichment at the bottom of the regolith: formation of pimelite target-like ores in rock block joints (Koniambo Ni deposit, New Caledonia). *Mineralium Deposita* 51, 271-282.
- Cathelineau M., Myagkiy A., Quesnel B., Boiron M.C., Gauthier P., Boulvais P., Ulrich M., Truche L., Golfier F. et Drouillet M., 2017. Multistage crack seal vein and hydrothermal Ni enrichment in serpentized ultramafic rocks (Koniambo massif, New Caledonia). *Mineralium Deposita* 52, 945-960.
- Chardon D. et Chevillotte V., 2006. Morphotectonic evolution of the New Caledonia ridge (Pacific Southwest) from post-obduction tectonosedimentary record. *Tectonophysics* 420, 473-491.
- Chassé M., Griffin W.L., O'Reilly S.Y. et Calas G., 2017. Scandium speciation in a world-class lateritic deposit. *Geochem. Perspect. Lett.* 3, 105-114.
- Chassé M., Griffin W.L., O'Reilly S.Y. et Calas G., 2019. Australian laterites reveal mechanisms governing scandium dynamics in the critical zone. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 260, 292-310.
- Das S., Behera S.S., Murmu B.M., Mohapatra R.M., Mandal D., Samantaray, Raghavendra R., Parhi P.K. et Senanayake G., 2018. Extraction of Scandium (III) from acidic solutions using organo-phosphoric acid reagents: A comparative study. *Separation and Purification Technology*, 202, 248-258.
- Cluzel D., Meffre S., Maurizot P., Crawford A.J., 2006. Earliest Eocene (53 Ma) convergence in the Southwest Pacific: evidence from pre-obduction dikes in the ophiolite of New Caledonia. *Terra Nova* 18 (6), 395-402.
- Cluzel D., Maurizot P., Collot J. et Sevin B., 2012. An outline of the Geology of New Caledonia; from Permian-Mesozoic Southeast Gondwanaland active margin to Cenozoic obduction and superegne evolution. *Episodes* 35 (1), 72-86.
- Duyvesteyn W.P.C., Putnam G.F., 2014. Scandium: A review of the element, its characteristics, and current and emerging commercial applications. EMC Metals Corporation May 2014, 12 pp.
- Ferizoglu E., Kaya S. et Topkaya Y.A., 2018. Solvent extraction behaviour of scandium from lateritic nickel-cobalt ores using different organic reagents. *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 54 (2), 538-545.
- Freyssinet P.H., Butt C.R.M., Morris R.C. et Piantone P., 2005. Ore-forming processes related to lateritic weathering. In: Hedenquist J.W., Thomson J.F.H., Goldfarb R.J. et Richards J.P. (Eds.), *Economic Geology 100th Anniversary Volume*. Economic Geology Publishing Company, New Haven, Connecticut, pp. 681-722.
- Golightly J.P., 2010. Progress in understanding the evolution of nickel laterites. *Soc Eco Geo Spe Pub* 15, 451-485.
- Kaya Ş., Dittrich C., Stopic S. et Friedrich B., 2017. Concentration and Separation of Scandium from Ni-Laterite Ore Processing Streams. *Metals*, 2017, 7, 557.
- Maulana A., Sanematmatmatsu K. et Sakakibara M., 2016. An Overview on the Possibility of Scandium and REE Occurrence in Sulawesi, Indonesia. *Indones. J. Geosci.* 3, 139-147.
- Maurizot P. et Vendé-Leclerc M., 2009. New Caledonia geological map, scale 1/500 000, Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie - Service de la Géologie de Nouvelle-Calédonie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- Maurizot P., Sevin B., Lesimple S., Bailly L., Iseppi M. et Robineau B., 2020. Mineral resources and prospectivity of the ultramafic rocks of New Caledonia. Chapter 10. Geological Society, London, *Memoirs*, 51, 247-277.
- Qin H.-B., Yang S., Tanaka M., Sanematsu K., Arcilla C. et Takahashi Y., 2020. Chemical speciation of scandium and yttrium in laterites: New insights into the control of their partitioning behaviors. *Chemical Geology* 552, 1-15.
- Qin H.-B., Yang S., Tanaka M., Sanematsu K., Arcilla C. et Takahashi Y., 2021. Scandium immobilization by goethite: Surface adsorption versus structural incorporation. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 294, 255-272.
- Ricketts N.J. et Duyvesteyn W.P.C., 2018. Scandium Recovery from the Nyngan Laterite Project in NSW. In: Martin O. (eds) *Light Metals 2018*. TMS 2018. The Minerals, Metals & Materials Series. Springer, Cham.
- Teitler Y., Cathelineau M., Ulrich M., Ambrosi J.P. et Munoz M., 2018. Géochimie et minéralogie du scandium dans les latérites - Rapport final. Programme « scandium ». CNRT « Nickel & son Environnement. 103 pages.
- Teitler Y., Cathelineau M., Ulrich M., Ambrosi J.-P., Munoz M. et Sevin B., 2019. Petrology and geochemistry of scandium in new Caledonian Ni-Co laterites. *J. Geochem. Explor.* 196, 131-155.
- Trescases J.-J., 1975. L'évolution Géochimique Supergène des Roches Ultrabasiques en Zone Tropicale : Formation des Gisements Nickéifères de Nouvelle-Calédonie Edited. O.R.S.T.O.M., France, Paris.

- Ulrich M., Picard C., Guillot S., Chauvel C., Cluzel D. et Meffre S., 2010. Multiple melting stages and refertilization as indicators for ridge to subduction formation: The New Caledonia ophiolite. *Lithos* 115, 223-236.
- Ulrich M., Cathelineau M., Munoz M., Boiron M.-C., Teitler Y. et Karpoff A.-M., 2019. The relative distribution of critical (Sc, REE) and transition metals (Ni, Co, Cr, Mn, V) in some Ni-laterite deposits of New Caledonia. *J. Geochem. Explor.* 197, 93-113.
- U.S. Geological Survey, 2020. Scandium. In: *Mineral Commodity Summaries*. U.S. Geological Survey, Reston, USA, 144-145
- Wang W., Pranolo Y. et Cheng C.Y., 2011. Metallurgical processes for scandium recovery from various resources: A review. *Hydrometallurgy*, 108 (1-2), 100-108.
- Wells M.A., Ramanaidou E.R., Verrall M., Tessarolo C., 2009. Mineralogy and crystal chemistry of "garnierites" in the Goro lateritic nickel deposit, New Caledonia. *Eur. J. Mineral.* 21 (2), 467-483.

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

Anne Perrier Gras.

Complément de la note 10.

Le titre minier n'accorde pas à son titulaire le droit de réaliser les travaux de recherche ou d'exploitation. Selon leur importance, ceux-ci sont soumis à autorisation ou à déclaration préfectorale. Le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 précise le régime et la procédure applicable pour chaque catégorie de travaux.

La procédure d'autorisation prévoit une enquête publique dans les conditions prévues par l'article R. 123-1 et suivants du code de l'environnement, ainsi que le recueil des avis des services de l'État et des communes.

En France, la fiscalité minière applicable aux hydrocarbures concerne la production, à l'exclusion des activités d'exploration (recherche de gisements). Il existe trois instruments fiscaux spécifiques à l'activité d'extraction : la redevance tréfoncière, la redevance progressive des mines et la redevance départementale et communale des mines. Cette dernière se substitue à la contribution économique territoriale, anciennement la taxe professionnelle.

- La redevance tréfoncière prévoit le dédommagement des propriétaires de sol de la privation de leurs droits sur le tréfonds par l'octroi d'un titre d'exploitation. Son montant est fixé à 15 € l'hectare.
- Les titulaires de concessions de mines sont tenus de payer annuellement à l'État une redevance à taux progressif et calculée sur la production.
- Enfin, la redevance départementale et communale des mines (RDCM) est un impôt local qui bénéficie aux collectivités concernées par l'exploitation minière. La RDCM est proportionnelle aux quantités extraites.

Tous les travaux de recherche et d'exploitation de mines sont soumis à surveillance administrative.

Les modalités de l'exercice de la police des mines sont fixées plus particulièrement par les dispositions du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006.

La réglementation minière prévoit des procédures d'arrêt des travaux ainsi que de prévention et de surveillance des risques miniers.

En outre, la fin de validité du titre minier transfère à l'État la responsabilité de la surveillance et de la prévention des risques. La loi n° 99-245 du 30 mars 1999 dite « loi après-mines », réformant le code minier, confie en particulier à l'État la prise en charge des problèmes posés par la cessation de l'exploitation minière, au titre de la solidarité nationale.

Complément de la note 17.

Extraits : « la fiscalité minière :

Outre les impôts et taxes applicables à toute entreprise (I.S), les activités minières et métallurgiques, qui sont exonérées de taxe générale à l'importation, sont soumises à un régime spécifique qui comprend notamment :

- la provision pour renouvellement de gisement : en vertu de l'article 29 du code des impôts les entreprises métallurgiques ou minières peuvent déduire de leur résultat des « provisions pour reconstitution de gisements » ;
- la possibilité de carry-back des déficits : selon les principes généraux, une société qui réalise un déficit peut l'imputer sur les bénéfices des cinq exercices suivants. L'article 45-23 du Code Territorial des impôts permet par ailleurs aux entreprises métallurgiques ou minières (contrairement à la métropole où cette possibilité est ouverte à toutes les sociétés) d'imputer un déficit subi au cours d'un exercice sur les bénéfices des 3 exercices précédents. Ce mécanisme convient particulièrement aux entreprises du secteur confrontées à un cours du nickel erratique ;
- les modalités particulières de paiement de l'impôt sur les sociétés (articles 45-26 à 45-33 du code territorial des impôts) : ces dispositions permettent aux entreprises métallurgiques ou minières d'obtenir une ristourne égale à 10 % (plafonnée à environ 200.000 euros) de leurs versements d'impôt sur les sociétés, s'ils font des dons aux communes pour la réhabilitation des sites miniers ;
- l'exonération des participations des sociétés-mères du secteur métallurgique : cette mesure ne concerne que les seules sociétés du secteur métallurgique. Elle permet à ces sociétés de déduire de leur résultat fiscal 95 % (100 % moins une quote-part forfaitaire pour frais de 5 %) des produits de participation au capital de sociétés filiales. Les participations doivent revêtir la forme nominative et représenter au moins 10 % du capital de la société émettrice ;
- la possibilité de stabilisation fiscale liée à un programme d'investissement : la SLN est la seule entreprise du territoire à avoir bénéficié jusqu'au 31 décembre 2004 d'un régime de stabilisation fiscale ;
- une fiscalité adaptée afin de favoriser les projets métallurgiques : ce régime fiscal est fixé par la loi du pays n° 2001-9 du 17 juillet 2001 et la délibération n° 229 du 26 juin 2001. Il spécifie les exonérations relatives à la phase d'édification et d'amortissement de l'outil de production et des installations annexes. Les industries ayant bénéficié de ce régime fiscal seront soumises au régime de droit commun à terme, c'est-à-dire lorsque le seuil de rentabilité sera atteint ou au plus tard 15 ans après.

Les avantages fiscaux sont :

- pendant la phase de construction : l'exonération pour pratiquement tous les impôts traditionnels : impôts sur les sociétés, contribution des patentes, contribution foncière, TGS, droits d'enregistrement, taxe hypothécaire ;
- pendant la phase d'exploitation : quasiment le même type d'exonérations que pendant la phase de construction et ceci pendant quinze ans à compter du premier exercice de mise en production commerciale.

Les mesures complémentaires en faveur du secteur métallurgique établies par la loi de pays n° 2002-19 :

- le revenu des valeurs mobilières est actuellement taxé à 5 % dans le cas de la distribution de dividendes par une filiale calédonienne à une société métropolitaine. Si la société locale est un établissement stable d'une société métropolitaine, la distribution de dividendes est taxée à 10 % ;
- pour éviter toute distorsion fiscale qui résulterait du simple choix du montage juridique, il est institué une exonération partielle et temporaire de l'assiette de l'IRVM (impôt sur le revenu des valeurs mobilières) de 50 % applicable aux projets agréés au régime fiscal spécifique prévu pour le secteur métallurgique ;
- dans le même souci de neutraliser les conséquences fiscales liées au choix du montage juridique, il est proposé, pour la période de construction de l'usine, une exonération de l'IRVM qui serait éventuellement dû sur les bénéfices comptables réalisés par l'établissement stable ;
- les intérêts des prêts versés à un prêteur étranger, de même que les intérêts de compte courant versés par une entreprise calédonienne à une société étrangère, constituent la rémunération d'une opération de trésorerie et se trouvent, à juste titre, de plein droit dans le champ de la taxe sur les services (TSS).

Dans le cadre des projets de construction d'usine métallurgique, ces intérêts sont exonérés de la TSS. Peuvent être ajoutés aux avantages fiscaux spécifiques aux entreprises minières ou métallurgiques :

- *les droits sur les demandes d'autorisations personnelles minières et de titres miniers ;*
- *les redevances superficielles annuelles, liées aux surfaces exploitées ou gelées ;*
- *la taxe de subvention industrielle, liée au roulage sur des routes classées ;*
- *le versement volontaire, ou non, à des fonds de réhabilitation des sites miniers ;*
- *un crédit d'impôt formation.*

Source : réponse fournie par le haut-commissariat au questionnaire établi par votre rapporteur ».

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

Julie Jeanpert, J.-L. Join, P. Gunkel-Grillon, O. Monge, S. Bouard, C. Lejars et C. Sabinot.

Bibliographie complète

- Archives de NC : Boîte 339W-172 Affaires communales de Poya, Nékliaï- Népou - Procès verbal de la réunion du 20 mars 1970 qui porte sur un différend entre les éleveurs et les miniers au sujet de la pollution et de la qualité de l'eau et illustrant la résolution des différends avec les populations locales par compensation financière.
- Archives de NC : Boîte 339W-160 - Affaires communales de Poya : - Compte rendu de réunion du comité de l'environnement du 22 août 1972, Étude à effectuer et conditions à remplir par les exploitants miniers, détails donnés par zone d'exploitations ; - Correspondances de 1975 entre le maire de Poya et le président de la commission des pollutions concernant les décharges minières sur la commune.
- Baudrimont M., Dominique Y., Feurtet-Mazel A., Gonzalez P., Gourvès P.-Y., Gunkel-Grillon P., Laporte-Magoni C., Lefrançois E., Letourneur Y., Marquié J., Maury-Brachet R., Monna F., Pasquet C., Rivière E. et Roth E., 2019. Rapport scientifique final. Programme « Dispersion des métaux de la mine au lagon ». CNRT « Nickel & son environnement ». 192 pages.
- Bonvallet J., Gay J.-C. et Habert E., 2012. Atlas de la Nouvelle-Calédonie.
- Bouard S., Lejars C., Le Meur P.-Y., Ferrand N., 2016. «Exploring water governance in Pouembout (New Caledonia)». In Water governance in Oceania workshop, 28-29, June 2016, Nadi, Fidji.
- Dewandel B., Jeanpert J., Ladouche B., Join J.-L. et Maréchal J.-C., 2017. Inferring the heterogeneity, transmissivity and hydraulic conductivity of crystalline aquifers from a detailed water-table map. *Journal of Hydrology*, 550: 118-129.
- DTSI, 2006. Cartographie des surfaces dégradées par l'activité minière à l'aide de SPOT5.
- Dutheil C., Menkes C. et Lengaigne M. *et al.*, 2021. Fine-scale rainfall over New Caledonia under climate change. *Clim Dyn* 56, 87-108 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05467-0>.
- Fritsch E. *et al.*, 2014. Analyse fine de minerais latéritiques (approches pétrographique, minéralogique, géochimique et isotopique). Rapport final 2014, CNRT.
- Genna A., Maurizot P., Lafoy Y. et Augé T., 2005. Contrôle karstique de minéralisations nickélifères de Nouvelle-Calédonie. *Comptes-Rendus Géoscience*, 337: 367-374.
- Genthon P., Join J.-L. et Jeanpert J., 2017. Differential weathering in ultramafic rocks of New Caledonia: The role of infiltration instability. *Journal of Hydrology*, 550: 268-278.
- Gosset L., Sabinot C. et Worliczek E., 2019. « Quand cyclones, pluies et pollution interrogent les liens des Kanak à leurs rivières et participent au renouvellement des savoirs écologiques (Thio, Nouvelle-Calédonie) ». *ethnographiques.org*, Numéro 38 - décembre 2019. Approche anthropologique des changements climatiques et météorologiques. https://www.ethnographiques.org/2019/Gosset_Sabinot_Worliczek - consulté le 30.03.2021
- Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, 2019. Schéma d'orientation pour une politique de l'eau partagée de la Nouvelle-Calédonie (PEP-NC), Nouméa. 196 p, disponible en ligne sur www.gouv.nc.
- Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, 2009. Schéma de mise en valeur des richesses minières de la Nouvelle-Calédonie. Online : https://dimenc.gouv.nc/sites/default/files/download/2009-05_schema_mise_en_valeur_des_richesses_minieres_nc.pdf.
- Gunkel-Grillon P., Laporte-Magoni C., Lemestre M. et Bazire N., 2014. «Toxic chromium release from nickel mining sediments in surface waters, New Caledonia». *Environmental Chemistry Letters* Vol.12, N°4, 511-516
- Jeanpert J., 2017. Structure et fonctionnement hydrogéologiques des massifs de péridotites de Nouvelle-Calédonie. PhD Thesis. Université de la Réunion.
- Jeanpert J. et Dewandel B., 2013. Analyse préliminaire des données hydrogéologiques du massif du Koniambo, Nouvelle-Calédonie - SGNC/DIMENC. BRGM/RP-61765-FR 95 p., 38 fig., 7 tabl., 2 ann.
- Jeanpert J., Genthon P., Maurizot P., Folio J.-L., Vendé-Leclerc M., Serino J., Join J.-L. et Iseppi M., 2016. Morphology and distribution of dolines on ultramafic rocks from airborne LIDAR data: the case of southern Grande Terre in New Caledonia (SW Pacific). *Earth Surface Processes and Landforms*, 41: 1854-1868.
- Jeanpert J., Iseppi M., Adler P.-M., Genthon P., Sevin B., Thovert J.-F., Dewandel B. et Join J.-L., 2019. Fracture controlled permeability of ultramafic basement aquifers. Inferences from the Koniambo massif, New Caledonia. *Engineering Geology*, 256: 67-83.
- Join J.-L., Bouichet G., Jeanpert J., Dewandel B., Genthon P., Maréchal J.-C., Adler P.-M., Maurizot P. et Sevin B., 2017. Guide pour l'analyse et le suivi des circulations d'eau souterraine en milieu minier. Programme « HyperK ». CNRT « Nickel & son environnement ». 61 p.
- Join J.-L., Robineau B., Ambrosi J.-P., Costis C. et Colin F., 2005. Système hydrogéologique d'un massif minier ultrabasique de Nouvelle-Calédonie. *Comptes-Rendus Géoscience*, 337: 9.
- Juillot F. *et coll.*, 2019. Rapport scientifique final. Programme « Dynamique des métaux de la mine au lagon ». CNRT « Nickel & son environnement ». 202 pages.

- Le Meur P.-Y., 2009. « Opérateurs miniers, gouvernamentalité et politique des ressources à Thio, Nouvelle-Calédonie » In : Mery P. (ed.). Proceedings of the 11th Pacific Science Inter-Congress, Tahiti, French Polynesia, 2-6 March, 2009, Honolulu HI : Pacific Science Association, 2009, 5 p. ISBN 978-2-11-098964-2
- Leblic I., 2005. Pays, « surnature » et sites « sacrés » paicî à Ponérihouen (Nouvelle-Calédonie). Le Journal de la Société des Océanistes, 120121, p. 95111.
- Lejars C., Bouard S., Ferrand N. et Bois M., 2016. Participatory water planning and stakeholder perspectives on water in VKP-Northern Province of New Caledonia, Water governance in Oceania Forum, 22-23 November 2016, Australian National University, Canberra.
- Lejars C., Bouard S., Sabinot C. et Nekiriai C., 2019. Quand « l'eau, c'est le lien » : suivre l'évolution des réseaux d'eau pour éclairer les pratiques et les transformations sociales dans les tribus kanak. Développement Durable et Territoires, 10, 3, 22 p. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.15704>.
- Nekiriai C., 2017. La gestion de l'eau sur terres coutumières en Nouvelle Calédonie : évolution des représentations, des valeurs et des pratiques. Mémoire de master de l'Université de Nantes, 70 p.
- Pasquet C., Monna F., Van Oort F., Gunkel-Grillon P., Laporte-Magoni C., Losno R. et Chateau C., 2018. « Mobility of Ni, Co, and Mn in ultramafic mining soils of New-Caledonia assessed by kinetic EDTA extractions ». Environmental Monitoring and Assessment (2018) 190:638.
- Romieux N. et Wotling G., 2016. Caractérisation des régimes d'étiage. Actualisation des débits caractéristiques d'étiage (DCE). Observations et modélisations. Rapport DAVAR/SESER-MERE.
- Sevin B., 2014. Cartographie du régolithe sur formation ultrabasique de Nouvelle-Calédonie : localisation dans l'espace et le temps des gisements nickélifères, Université de Nouvelle-Calédonie, 402 pp.
- Terry J.-P. et Wotling G., 2011. Rain-shadow hydrology: Influences on river flows and flood magnitudes across the central massif divide of La Grande Terre Island, New Caledonia. Journal of Hydrology, 404(1): 77-86.

Environnement et restauration des sites miniers

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

Bibliographie

- Amir H., Fogliani B., Gensous S., Durrieu G., L'Huillier L., Saint-Pierre D., Lagrange A., Reck A. et Gaillard T., 2018. Analyse et synthèse des expérimentations et actions de restauration écologique réalisées sur sites miniers en Nouvelle-Calédonie depuis 30 ans. Rapport scientifique final, Programme RECOSYNTH. CNRT « Nickel et son environnement », Nouméa, 294 p.
- Amir H., Cavaloc Y., Laurent A., Pagand P., Gunkel-Grillon P., Lemestre M., Médevielle V., Pain A. et McCoy S., 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi and sewage sludge enhance growth and adaptation of *Metrosideros laurifolia* on ultramafic soil in New Caledonia: a field experiment. *Science of the Total Environment*, 651: 334-343.
- Bordez L., Fogliani B., L'Huillier L. et Amir H., 2018. Guide sur l'utilisation des topsoils en restauration écologique des terrains miniers. CNRT « Nickel et son environnement », Nouméa, 91p.
- Carriconde F., Fernandez Nunez N., Ripoll J., Léopold A., Fogliani F., Ititiaty Y., Lelievre M., Letellier K., Maggia L., Bidau G., L'Huillier L., Amir H., Cavaloc Y., Ducouso M., Galiana A., Hannibal L., Jourand P. et Lebrun M., 2019. Identification d'indicateurs biologiques du fonctionnement des écosystèmes miniers restaurés. Acronyme : « Bioindic ». Rapport scientifique final CNRT « Nickel et son environnement », Nouméa, 272 p.
- Carriconde F., Gardes M., Bellanger J.-M., Letellier K., Gigante S., Gourmelon V., Ibanez T., McCoy S., Goxe J., Read J. et Maggia L., 2019. Host effects in high ectomycorrhizal diversity tropical rainforests on ultramafic soils in New Caledonia. *Fungal Ecology*, 39: 201-212.
- Crossay T., Majorel C., Redecker D., Gensous S., Médevielle V., Durrieu G., Cavaloc Y. et Amir H., 2019. Is a mixture of arbuscular mycorrhizal fungi better for plant growth than single-species inoculants ? *Mycorrhiza*, 29: 325-339.
- Fritsch E., 2012. Les sols. In: Bonvalot J., Gay J.-C. et Habert E. (eds). Atlas de la Nouvelle-Calédonie. IRD & Congrès de la Nouvelle-Calédonie, Marseille.
- Garcin M., Baills A., Le Cozannet G., Bulteau T., Auboin A.-L., Sauter J., 2013. Pluri-decadal impact of mining activities on coastline mobility of estuaries of New Caledonia (South Pacific). *Journal of Coastal Research*, 65(sp1): 494-499.
- Isnard S., L'Huillier L., Rigault F., Jaffré T., 2016. How did the ultramafic soils shape the flora of the New Caledonian hotspot? *Plant Soil*, 403: 53-76.
- Ititiaty Y., 2019. « Étude sur la dispersion/germination en lien avec la dynamique des écosystèmes restaurés : le cas du plateau de Goro en Nouvelle-Calédonie ». Thèse de doctorat ès Science en Physiologie et biologie des organismes-population-interaction Spécialité : Écologie et physiologie végétales appliquées, Université de la Nouvelle-Calédonie, 248 p.
- Ititiaty Y., Brescia F., Bordez L., Gensous S., McCoy S. et Fogliani B., 2020. Life traits of ultramafic plant taxa from the Goro plateau in the tropical hotspot of New Caledonia. *Restoration Ecology*, 28 (6): 1505-1516.
- Jaffré T. (IRD-ORSTOM) et Pelletier B. (Le Nickel-SLN), 1992. Plantes de Nouvelle-Calédonie permettant de revégétaliser des sites miniers. Édition Le Nickel SLN, Nouméa, 114 p.
- Jaffré Y., 1980. Végétation des roches ultrabasiqes en Nouvelle Calédonie : Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiqes en Nouvelle Calédonie, Eds ORSTOM.
- Lagrange A., 2009. Études écologiques et microbiologiques des espèces du genre *Costularia* (Cyperaceae), pionnières des sols ultramafiques en Nouvelle-Calédonie : application à la restauration écologique. Thèse de l'École Doctorale du Pacifique. 234 p.
- L'Huillier L., Jaffré T. et Wulff A., 2010. Mine et environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration. IAC Eds, Nouvelle-Calédonie, 412 p.
- McDonald T., Ganin G.-D., Jonson J. et Dixon K.-W., 2016. International Standard for the practice of ecological restoration including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington D.C. 47 p.
- Red List Authority NC, 2021. Liste rouge de la flore menacée de la Nouvelle-Calédonie. *Endemia NC*. <https://endemia.nc/files/202102-plaquette-RLA-Flore-web.pdf>. 3 p.
- Richard D., Garcin M., Liébault F., Recking A., Piton G., Sabinot C., Worliczek E., Lesimple S., Bertrand M., Gastaldi Y., Burlat T., Gosset L., Pidjo A. et Gosselin N., 2018. Gestion du passif minier – Guide méthodologique. CNRT « Nickel et son environnement », Nouméa, 79 p.

Plantes hyperaccumulatrices et biovalorisation des métaux

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

Bibliographie

- Benizri E., Lopez S., Durand A. et Kidd P., 2021. Diversity and role of endophytic and rhizosphere microbes associated with hyperaccumulator plants during metal accumulation. In: *Agromining: Farming for Metals - Extracting Unconventional Resources Using Plants* (Van der Ent A., Baker A., Echevarria G., Simonnot M.O., Morel J.L., Eds).
- Bourles A., Amir H., Gensous S., Cussonneau F., Medevielle V., Juillot F., Bazire A., Meyer M., Burtet-Sarramegna V., Cavaloc Y., Jourand P. et Guentas L., 2020a. Investigating some mechanisms underlying stress metal adaptations of two *Burkholderia sensu lato* species isolated from New Caledonian ultramafic soils. *European Journal of Soil Biology* 97, 103166.
- Bourles A., Guentas L., Charvis C., Gensous S., Majorel C., Crossay T., Cavaloc Y., Burtet-Sarramegna V., Jourand P. et Amir A., 2020b. Co-inoculation with a bacterium and arbuscular mycorrhizal fungi improves root colonization, plant mineral nutrition, and plant growth of a Cyperaceae plant in an ultramafic soil. *Mycorrhiza* 30, 121-131.
- Boyd R.S., 2004. Ecology of metal hyperaccumulation. *New Phytologist* 162, 563-567.
- Boyd R.S., Wall M.A. et Jaffré T., 2006. Nickel levels in arthropods associated with Ni hyperaccumulator plants from an ultramafic site in New Caledonia. *Insect Science* 13, 271-277.
- Fogliani B., Bouraïma-Madjèbi S., Medevielle V. et Pineau R., 2004. Methods to promote germination of two Cunoniaceae species, *Cunonia macrophylla* and *Geissois pruinosa* from New Caledonia. *Seed Science and Technology* 32 (3), 703-715.
- Gei V., Isnard S., Erskine P.D., Echevarria G., Fogliani B., Jaffré T. et van der Ent A., 2020. A systematic assessment of the occurrence of trace element hyperaccumulation in the flora of New Caledonia. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 194(1), 1-22.
- Grison C., Lock Y. et Ki T., 2021. Ecocatalysis, a new vision of Green and Sustainable Chemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, Volume 29, June 2021, 100461.
- Invernon V., Tisserand R., Jouannais P., Navarrete-Gutierrez D. M., Muller S., Pillon Y., Echevarria G. et Merlot S., 2020. La découverte de nouvelles espèces végétales hyperaccumulatriques de métaux dans les herbiers. Utilisations innovantes des collections dans la recherche scientifique. *ISTE Éditions*.
- Isnard S., L'huillier L., Rigault F. et Jaffré T., 2016. How did the ultramafic soils shape the flora of the New Caledonian hotspot? *Plant and Soil* 403, 53-76.
- Jaffré T., Brook R.R., Lee J. et Reeves R.G. 1976. *Sebertia acuminata*: A hyperaccumulator of nickel from New Caledonia. *Science* 193, 579-580.
- Jaffré T., Pillon Y., Thomine S. et Merlot S., 2013. The metal hyperaccumulators from New Caledonia can broaden our understanding of nickel accumulation in plants. *Frontiers in Plant Science* 4, 279.
- L'Huillier L., Jaffré T. et Wulff A., 2010. Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie : Les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration. *IAC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie*.
- Losfeld G., Mathieu R., L'Huillier L., Fogliani B., Jaffré T. et Grison C., 2015a. Phytoextraction from mine spoils : insights from New Caledonia. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(8), 5608-5619.
- Losfeld G., L'Huillier L., Fogliani B., Jaffré T. et Grison C., 2015b. Mining in New Caledonia: environmental stakes and restoration opportunities. *Environmental Science and Pollution Research* 22, 5592-5607.
- Manara A., Fasani E., Furini A. et DalCorso G., 2020. Evolution of the metal hyperaccumulation and hypertolerance traits. *Plant, Cell & Environment* 43, 2969-2986.
- Minguzzi C. et Vergnano, 1948. Il contenuto di nichel nelle ceneri di *Alyssum bertolonii* Desv. *Memorie Società Toscana Di Scienze Naturali Serie A* 55, 49-77.
- Van der Ent A., Baker A.J., Echevarria G., Simonnot M.-O. et Morel A., editors, 2021. *Agromining: Farming for Metals*. Springer.
- Van der Ent A., Echevarria G., Pollard A.J. et Erskine P., 2019. X-Ray fluorescence ionomics of herbarium collections. *Scientific Reports* 9, 4746.
- Verbruggen N., Hermans C. et Schat H., 2009. Molecular mechanisms of metal hyperaccumulation in plants. *New Phytologist* 181, 759-776.

Sismicité et tsunamis en Nouvelle-Calédonie, aléa et risque

Bernard Pelletier, Pierre Lebellegard et Jean Roger.

Bibliographie

- Calmant S., Pelletier B., Bevis M., Taylor F., Lebellegard P. et Phillips D., 2003. New insight on the tectonics of the New Hebrides subduction zone based on GPS results. *J. Geophys. Res.*, 108, B6, 2316.
- Dubois J., Launay J. et Recy J., 1974. Uplift movements in New Caledonia - Loyalty islands area and their plate tectonics interpretation. *Tectonophysics*, 24, 133-150.
- Le Duff M., Dumas P., Sabinot C. et Allenbach M., 2016. Le risque tsunami en Nouvelle-Calédonie : évolutions des facteurs de vulnérabilité et de résilience à Lifou en territoire coutumier Kanak. *Vertigo*, la revue électronique en sciences de l'environnement, 16, 3, 32 p. DOI: 10.4000/vertigo.17951.
- Louat R., 1977. Rapport sur la sismicité locale dans le sud de la Nouvelle-Calédonie. Notes Techniques de l'ORSTOM.
- Louat R. et Baldassari C., 1989. Chronologie des séismes et des tsunamis ressentis dans la région Vanuatu Nouvelle-Calédonie (1729-1989). ORSTOM, Nouméa (NCL), Sciences de la Terre. Géologie Géophysique. Rapport Scientifique et Technique, N°1, 46 pp.
- Ioualalen M., Pelletier B., Solis Gordillo, 2017 - Investigating the March 28th 1875 and the September 20th 1920 earthquakes/tsunamis of the Southern Vanuatu arc, offshore Loyalty Islands, New Caledonia. *Tectonophysics*, 709, 20-38.
- Pelletier B. et Louat R., 1989. Mouvements relatifs des plaques dans le Sud-Ouest Pacifique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t.308, série II, p.123-130.
- Pillet R. et Pelletier B., 2005 - Tectonique active, tsunamis et sismicité en Nouvelle-Calédonie, Notes techniques, Sciences de la Terre, Géologie-Géophysique, IRD Nouméa, n° 28, 2004 (updated in 2005), 19 p.
- Régnier M., van de Beuque S., Baldassari C. et Tribot Laspiere G., 1999. La sismicité du sud de la Nouvelle-Calédonie; implications structurales; *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série II. Sciences de la Terre et des Planètes*, 329 (2), 143-148.
- Roger J., Pelletier B. et Aucan J., 2019. Update of the tsunami catalogue of New Caledonia using a decision table based on seismic data and marigraphic records. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 1471-1483. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-1471-2019>.
- Roger J., Pelletier B., Duphil M., Lefèvre J., Aucan J., Lebellegard P., Thomas B., Bachelier C. et Varillon D. - The Mw 7.5 Tadine (Maré, Loyalty Is.) earthquake and related tsunami of December 5, 2018: implications for tsunami hazard assessment in New Caledonia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, en révision.
- Roger J., Pelletier B., Gusman A., Power W., Wang X., Burbidge D. et Duphil M. - Numerical modelling of the Matthew Island tsunami of February 10, 2021: implication in regional hazard assessment, en préparation.
- Sahal A., Pelletier B., Chatelier J., Lavigne F. et Schindelé F., 2010 - A catalog of tsunamis in New Caledonia from 28 March 1875 to 30 September 2009. *Comptes Rendus Geoscience*, 342, 437-444.
- Thomas B.E.O., Roger J., Gunnell Y., Sabinot C. et Aucan J., 2021. A low-cost toolbox for high-resolution vulnerability and hazard-perception mapping in view of tsunami risk mitigation: application to New Caledonia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Sous Presse.

Le littoral de Nouvelle-Calédonie face au changement climatique

Myriam Vendé-Leclerc et Manuel Garcin.

Bibliographie complète

- Alongi D.M., 2008. Mangrove forests : resilience, protection from tsunamis and responses to global climate change. *Est., Coast Shelf Sci.*, 76, pp. 1-13.
- Aucan J., Merrifield M.A. et Pouvreau N., 2017. Historical Sea Level in the South Pacific from Rescued Archives, Geodetic Measurements, and Satellite Altimetry. *Pure Appl. Geophy.*, 174, 3813+3823.
- Bard E., Hamelin B., Arnold M., Montaggioni L., Cabioch G., Faure G. et Rougerie F., 1996. Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature* ; 382, 18 July 1996.
- Beck M.W., Losada I.J. et Menéndez P. *et al.*, 2018. The global flood protection savings provided by coral reefs. *Nat Commun* 9, 2186.
- Becker M., Meyssignac B., Letetrel C., Llovel W., Cazenave A. et Delcroix T., 2012. Sea level variations at tropical Pacific islands since 1950. *Global and Planetary Change*, 80-81, 85-98.
- Cabioch G., Correge T., Turpin L., Castellaro C. et Recy J., 1999. Development patterns of fringing and barrier reefs in New Caledonia (southwest Pacific). *Oceanologica Acta*, 22, 6, 567-578.
- Cabioch G., Payri C., Pichon M., Correge T., Butscher, J., Dafond, N. Escoubeyrou, K., Jhilly, C., Laboute, P., Menou J.L. et Nowicki L., 2002. Forages sur l'îlot Bayes sur le récif barrière de Poindimié côte Est de Nouvelle-Calédonie. *Rapports de missions sciences de la Terre – Géologie-Géophysique IRD*, 47, 27 p.
- Cai W., Lengaigne M., Borlace S., Collins M., Cowan T., McPhaden M.J., Timmermann A., Power S., Brown J., Menkes C., Ngari A., Vincent E.M. et Widlansky M.J., 2012. More extreme swings of the South Pacific convergence zone due to greenhouse warming. *Nature* 488, 365-369.
- Cai W., Wang G., Dewitte B., Wu L., Santoso A., Takahashi K., Yang Y., Carréric A. et McPhaden M.J., 2018. Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming. *Nature* 564:201-206.
- Corti S., Molteni F. et Palmer T.N., 1999 - Signature of recent climate change in frequencies of natural atmospheric circulation regimes. *Nature* 398, 799-802.
- Duncan C., Primavera J.H., Pettoelli N., Thompson J.R. Loma R.J. et Koldewey H.J., 2016. Rehabilitating mangrove ecosystem services: A case study on the relative benefits of abandoned pond reversion from Panay Island, Philippines. *Mar. Poll. Bull.* 109, 772-782.
- Dutheil C., 2018. Impacts du changement climatique dans le Pacifique Sud à différentes échelles: précipitations, cyclones, extrêmes. Sciences de l'environnement. Sorbonne Université / Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- Dutheil C., Lengaigne M. et Bador M. *et al.*, 2020. Impact of projected sea surface temperature biases on tropical cyclones projections in the South Pacific. *Sci Rep.*, 10, 4838.
- Dutheil C., Menkes C. et Lengaigne M. *et al.*, 2021. Fine-scale rainfall over New Caledonia under climate change. *Clim Dyn.*, 56, 87-108.
- Ferrario F., Beck M. et Storlazzi C. *et al.*, 2014. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nat Commun* 5, 3794.
- Garcin M., Baills A., Le Cozannet G., Bulbeau T., Auboin A-L. et Sauter J., 2013 . Pluri-decadal impact of mining activities on coastline mobility of estuaries of New Caledonia. *Journ. Coast. Res.*, 65, 494-499.
- Garcin M. et Vendé-Leclerc M., 2016. Observatoire du littoral de Nouvelle-Calédonie - Bilan des activités 2015, Typologie, méthodes et suivi des sites pilotes. BRGM/RP-65637-FR, 169 p., 148 fig., 14 tabl., 2 ann.
- Garcin M. et Vendé-Leclerc M., 2020. Coastline artificialization and land use changes in coastal cities: Implication for coastal management in Nouméa (New Caledonia). *J.N.G.C.G.C 2020, Paralia*, 639-648, DOI:10.5150/jngcgc.2020.071.
- Garcin M., Vendé-Leclerc M. et Desmazes F. avec la collaboration de Jeanne V., 2018. Observatoire du littoral de Nouvelle-Calédonie - Bilan des actions 2018 : tome 1, rapport BRGM/RP-68303-FR, 118 p., 93 fig., 12 tabl.
- Garcin M., Vendé-Leclerc M., Robineau B., Maurizot P., Le Cozannet G. et Nicolae-Lerma A., 2016. Lagoon islets as indicators of recent environmental changes in the South Pacific - The New Caledonian example. *Continental Shelf Research*, 122, 120-140.
- Gattuso J.-P., Brewer P., Hoegh-Guldberg O., Kleypas J. A., Pörtner H.-O. et Schmidt D., 2014. "Ocean acidification," in *Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. F. Bilir *et al.* (New York, NY: Cambridge University Press), 129-131.
- Gilman E.L., Ellison J., Jungblut V., Van Lavieren H., Wilson L., Areki F, Brighthouse G., Bungitak J., Dus E., Henry M., Kilman M., Matthews E., Sauni Jr. L., Teariki-Ruatu N., Tukia S. et Yuknavage K., 2006. Adapting to Pacific Island mangrove responses to sea level rise and climate change. *Clim. Res.*, 32, pp. 161-176.
- Jones P.D., Trenberth K.E., Ambejpe P.G., Bojariu R., Easterling D.R., Klein Tank A.M.G., Parker D.E., Renwick J.A., Rahimzadeh F., Rusticucci M.M., Soden B.J.Z et Hai M., 2007. Chapter 3: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change, *Climate change*, 235-336.
- Jullien S., Aucan J., Lefèvre J., Peltier A. et Menkes C.E., 2020. Tropical cyclone induced wave setup around New Caledonia during cyclone COOK (2017). In: Malvárez, G. and Navas, F.

- (eds.), Global Coastal Issues of 2020. *J. Coast. Res.*, Special Issue No. 95, pp. 1454-1459. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.
- Krauss K.W., Cormier N. et Osland M.J. *et al.*, 2017. Created mangrove wetlands store belowground carbon and surface elevation change enables them to adjust to sea-level rise. *Sci. Rep.*, 7, 1030 (2017).
 - Merrifield M., 2011. A shift in Western Tropical Pacific Sea Level Trends during the 1990s. *J. of Climate*, 26, 4126-4138.
 - Merrifield M., Kilonsky B. et Nakahara S., 1999. Interannual sea level changes in the tropical Pacific associated with ENSO. *Geophys. Res. Letters*, 26, 3317-3320.
 - Mori N., Yasuda T., Mase H., Tom T. et Oku Y., 2010. Projection of Extreme Wave Climate Change under Global Warming. *Hydro. Res. Let.*, 4, 1519.
 - Morris R.L., Graham T.D.J., Kelvin J., Ghisalberti M. et Swearer S.S., 2020. Kelp beds as coastal protection: wave attenuation of *Ecklonia radiata* in a shallow coastal bay. *Annals of Botany*, 125, 235-246.
 - Peltier A., 2020. Les observations du changement climatique en Nouvelle-Calédonie, 2^{ème} rencontre du Plan Climat province Nord, septembre 2020.
 - Peruzzo P., De Serio F., Defina A. et Mossa M., 2018. Wave height attenuation and flow resistance due to emergent or near-emergent vegetation. *Water*, 2018, 10, 402.
 - Pirazzoli P.A., 1986. Secular trends of relative sea-level (RSL) changes indicated by tide-gauge records. *Journ. Coast. Res.* Vol. 51.
 - Pirazzoli P.A. et Montaggioni L., 1988. Holocene sea level changes in French Polynesia. *Pal. Pal. Pal.*, 68, 2-4, pp. 153-175.
 - Plaziat J.C., 1995 - Modern and fossil mangroves and mangals : their climatic and biogeographic variability. Geological Society, London, *Special Publications*, 1995.
 - Rodolfo-Metalpa R., Houlbrèque F. et Payri C.E., 2018. Chap 24 Des super-coraux en Nouvelle-Calédonie résistent au changement climatique - Payri Claude (ed.), Moatti Jean-Paul (pref.). Nouvelle-Calédonie : archipel de corail. Marseille (FRA), Nouméa : IRD, Solaris, 2018, 288 p. ISBN 978-2-7099-2632-4.
 - Woodroffe C.D., 2003. Coasts: form, process and evolution. Cambridge University Press, Cambridge 437 pp.
 - Woodroffe C.D., 2008. Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise. *Global and Planetary Change*, 62, 77-96.