



## **Impacts des exploitations de nickel sur les taux d'apports sédimentaires au littoral de Thio en Nouvelle-Calédonie** **Impacts of nickel mine operation on the amount of sediment supply to the Thio coastal area, New Caledonia**

**Michel ALLENBACH**<sup>1,2</sup>, **Simon TRANQUART**<sup>3</sup>,  
**Bernadette TESSIER**<sup>3</sup>, **Isabelle THINON**<sup>4</sup>

1. ISEA EA7484, Université de la Nouvelle-Calédonie, BP R4 98851, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.  
*michel.allenbach@univ-nc.nc*
2. Labex CORAIL, 58 avenue Paul Alduy, 66860 Perpignan CEDEX, France.
3. CNRS, Normandie Université, UNICAEN, UNIROUEN, UMR 6143 M2C, Caen, France.
4. BRGM Orléans, Unité des Bassins et Stockages, 3, avenue Claude-Guillemain, BP 36009 - 45060 Orléans cedex 2, France.

### **Résumé :**

L'impact de la mine a fortement modelé les bassins versants néo-calédoniens sur massifs rocheux de péridotites et occasionné d'importants phénomènes d'engrèvement et d'envasement des cours d'eaux qui les drainent. Des conflits d'usage en résultent entre les populations locales et les mineurs. Le bassin versant de la rivière Thio fait l'objet d'une étude en cours, financée par le CNRT (Centre National de Recherche Technologique) Nickel et Environnement. La communication présente les résultats préliminaires des études menées à l'embouchure de la rivière. Leur objet est d'analyser l'organisation sédimentaire interne du delta, afin de définir si les exploitations minières ont joué un rôle significatif dans les différentes étapes de sa construction. Deux approches méthodologiques complémentaires ont été programmées : (1) une prospection par sismique très haute résolution pour reconstituer l'architecture interne du delta, objet de la communication ; (2) des prélèvements par sondages (en cours) pour définir la nature et l'âge des sédiments. La construction deltaïque est constituée de deux lobes séparés par un réflecteur de forte amplitude, présent sur toute la zone prospectée. Son interprétation sera affinée par les datations à venir.

**Mots-clés :** Sédimentologie, Sismique THR, Thio, Nouvelle-Calédonie, Impact minier.

### **Abstract:**

The impact of the mine has strongly shaped the New Caledonian watersheds on rocky massifs of peridotites and caused important phenomena of fattening and siltation of the rivers that drain them. Conflicts of use result between local populations and minors. The watershed of the Thio River is the subject of an ongoing study funded by the National

## *Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes*

Research and Technology Center Nickel and Environment (CNRT). The paper presents the preliminary results of studies conducted at the mouth of the river. Their purpose is to analyze the internal sedimentary organization of the delta in order to define if the mining operations played a significant role in the different stages of its construction. Two approaches were planned: 1) a very high resolution seismic survey to reconstruct the internal architecture of the delta (presented herein); 2) sampling by sampling (in progress) to define the nature and age of the sediments. The deltaic construction consists of two lobes separated by a reflector of high amplitude, present throughout the area surveyed. His interpretation will be refined by the coming dates.

### **Keys words:**

Sedimentology, THR seismic, Thio, New Caledonia, Mining impact.

### **1. Introduction**

L'extraction du nickel en Nouvelle-Calédonie a connu un essor sans précédent au cours de la seconde moitié du XXe siècle, modifiant profondément certains bassins versants de l'île et, en conséquence, les charges sédimentaires des rivières. Afin d'évaluer comment ces exploitations minières ont influencé, au cours du dernier siècle et des dernières décennies, le volume et la nature des apports sédimentaires depuis les bassins versants jusqu'à la côte, en particulier jusqu'aux lagons, le programme IMMILA ("Impact de la Mine au Lagon"), financé par le CNRT (Centre National de Recherche Technologique) Nickel et Environnement, piloté par l'Université de Nouvelle Calédonie, a débuté en 2016. L'une des tâches du projet vise à définir comment l'évolution du littoral a pu être impactée par la modification des apports en provenance d'un bassin versant supportant des exploitations minières de nickel. Le chantier géographique choisi par le programme est celui du bassin versant de la rivière Thio. Ce bassin d'une superficie de l'ordre de 300 km<sup>2</sup> est situé sur la côte est de la Grande Terre néo-calédonienne (figure 1).

L'embouchure de la rivière est située à proximité immédiate du village du même nom, haut lieu de la mine calédonienne depuis 140 ans. Les apports à la zone littorale sont matérialisés en piémont des massifs de péridotites par de forts engravements des affluents de la Thio et à l'embouchure de celle-ci par la présence d'un delta qui prograde dans le lagon. Le trait de côte au voisinage de l'embouchure a connu d'importantes modifications (figure 2) depuis le début de la mécanisation de l'exploitation minière (fin de la seconde guerre mondiale). Ces modifications qui sont pour partie liées aux apports d'origine minière et pour partie aux aménagements du lit inférieur de la rivière (édification de digues) ont fait l'objet d'une première étude par analyse géomorphologique diachronique de l'imagerie aérienne disponible (ALLENBACH & HOIBIAN, 2002) à terre.

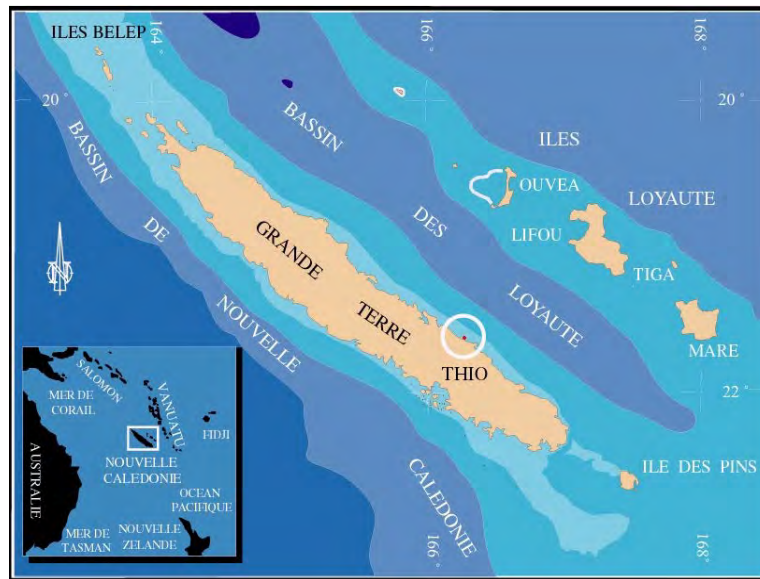


Figure 1. Le sud-ouest Pacifique. Présentation régionale et localisation de la région de Thio.



Figure 2. Photographies aériennes (1954 et 1998) de l'embouchure de la Thio.

Cette étude a conclu sur l'existence d'une hyper sédimentation à dominante d'arénites et de lutites ayant entraîné en 1998 un gain surfacique de 22 ha sur le domaine maritime initial (1954). Sur la base d'une épaisseur moyenne de 4 à 5 mètres de dépôts dans la zone considérée, c'est un volume de l'ordre de 1 million de m<sup>3</sup> de sédiments qui s'est sédimenté en 40 ans à l'embouchure de la Thio dans cette zone remblayée sur la mer. Ces dépôts sont aujourd'hui rendus responsables par les populations locales des inondations qu'elles subissent régulièrement depuis les années 1970, ce qui génère d'importants conflits d'usage avec l'exploitant minier. La même étude avait également montré en bathymétrie l'existence d'un appareil deltaïque sous-marin bien individualisé au droit de l'embouchure. Sa présence ne favorise pas l'évacuation des crues. Sa couverture sédimentaire superficielle est formée d'arénites sans qu'il ait été possible, à l'époque, de connaître la structure interne de l'appareil deltaïque et de relier son

## Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

édification aux apports générés par l'exploitation minière. Le programme IMMILA, objet de cette communication a pour but d'essayer de combler cette lacune, via une campagne de sismique complétée par des forages carottés, et cela afin de définir si les exploitations minières ont joué un rôle significatif dans les différentes étapes de construction du delta.

### 2. Matériel et méthodes

La caractérisation de l'organisation sédimentaire interne du delta de la rivière Thio repose sur deux approches méthodologiques : 1) une prospection par sismique très haute résolution (boomer) pour reconstituer l'architecture du delta ; 2) des prélèvements par sondages pour analyser la nature des sédiments et définir leur âge.

#### 2.1 Le levé sismique très haute résolution

La campagne sismique a été réalisée en novembre 2016 par l'UMR M2C (CNRS, université de Caen) en collaboration avec le BRGM et l'université de la Nouvelle-Calédonie. Deux sources ont été mises en œuvre pour l'acquisition des données sismiques sur les prismes d'embouchure deltaïque de la Thio : une source de type boomer de marque Seistec-IKB et une source de type mini-sparker (50 joules) monotrace de marque SIG. L'emprise principale de la zone d'étude (figure 3) s'étend sur environ 3 km<sup>2</sup> pour les profils effectués avec le boomer. Quelques traces ont été effectuées plus au large avec le sparker pour croiser les résultats.

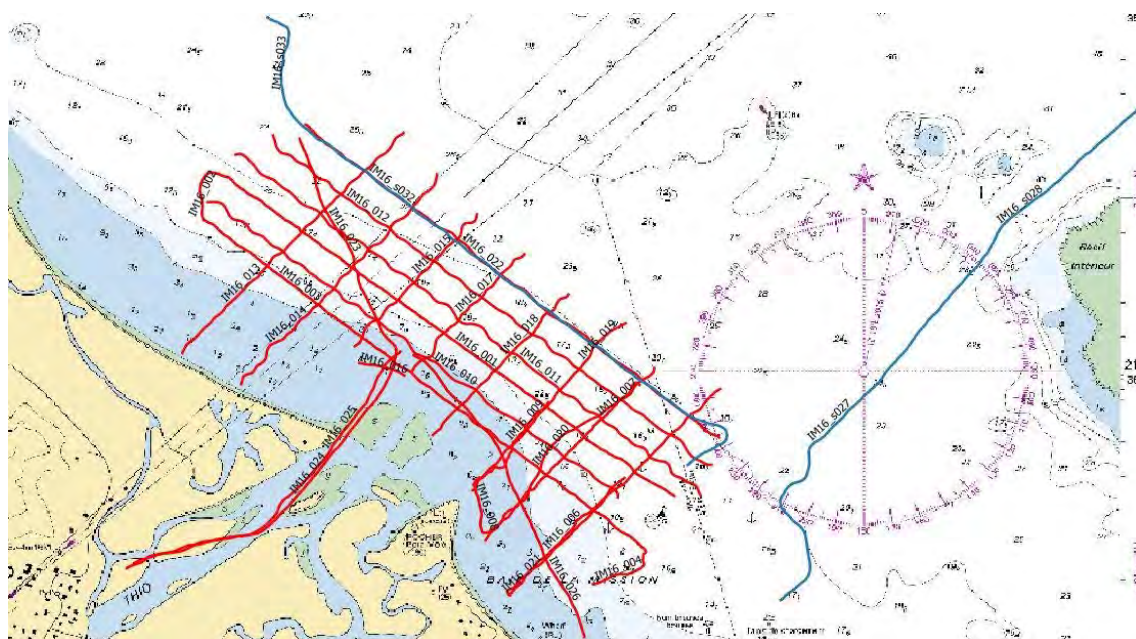


Figure 3. Plan de navigation du levé THR réalisé à l'embouchure de la rivière Thio (en rouge les profils boomer, en bleu les profils sparker).

Les données sismiques ont été traitées dans une première phase à l'aide du logiciel Seismic Unix (SU). Étant donné que le remplissage est principalement constitué de sables humides, une vitesse de l'onde sismique de 1600 m / s a été choisie pour la conversion de temps en profondeur (HAMILTON, 1972 ; BILLEAUD *et al.*, 2005). Les profils sismiques ont ensuite été exploités à l'aide du logiciel Kingdom Suite (Seismic Micro Technology) permettant de représenter, d'organiser des géodonnées et d'importer des données sismiques afin de les interpréter. Il permet également de pointer des horizons sismiques que l'on peut par la suite représenter sous forme de cartes 2D et / ou 3D à l'aide d'un logiciel approprié, en l'occurrence ArcGis pour notre étude.

## 2.2. Forages et datations

Les résultats de la prospection sismique (voir section 3) ont suscité l'intérêt du CNRT et les sondages à la pelle initialement prévus dans le programme IMMILA ont été annulés pour mettre en place une approche plus ambitieuse. Une proposition a été faite et acceptée fin 2017 pour la réalisation de deux sondages carottés avec un objectif de pénétration de 30 à 40 mètres sur la plage de part et d'autre de l'embouchure de la rivière. La disponibilité de la sondeuse de l'IRD fait que cette campagne de forages ne se fera qu'au mois d'avril 2018, ce qui devrait permettre d'en présenter les premiers résultats lors du congrès de la Rochelle. Les premiers objectifs de cette campagne de forage seront d'obtenir une caractérisation sédimentologique fine des dépôts et leur datation.

## **3. Résultats**

Les résultats acquis à partir des données sismiques montrent que le delta constitue la partie supérieure d'une séquence de remplissage de vallée incisée pouvant atteindre 50 m. La figure 4a (TRANQUART, 2017) permet de visualiser l'enregistrement obtenu sur un profil parallèle au trait de côte et les 3 réflecteurs principaux identifiés : le fond marin, un réflecteur interne au remplissage et la base du remplissage.

La figure 4b montre la structure sur un profil transversal au trait de côte qui permet de bien visualiser les dépôts progradants. L'épaisseur maximum de la partie supérieure deltaïque atteint 20 m. La construction deltaïque est constituée de deux lobes séparés par une surface très régulière pentée vers le large. Cette surface séparant les deux lobes, marquée par un réflecteur de forte amplitude (figure 4), est présente sur toute la zone prospectée. Le lobe inférieur est principalement préservé au sud de l'embouchure actuelle de la Thio, tandis que le lobe supérieur correspond au delta "actuel".

## Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

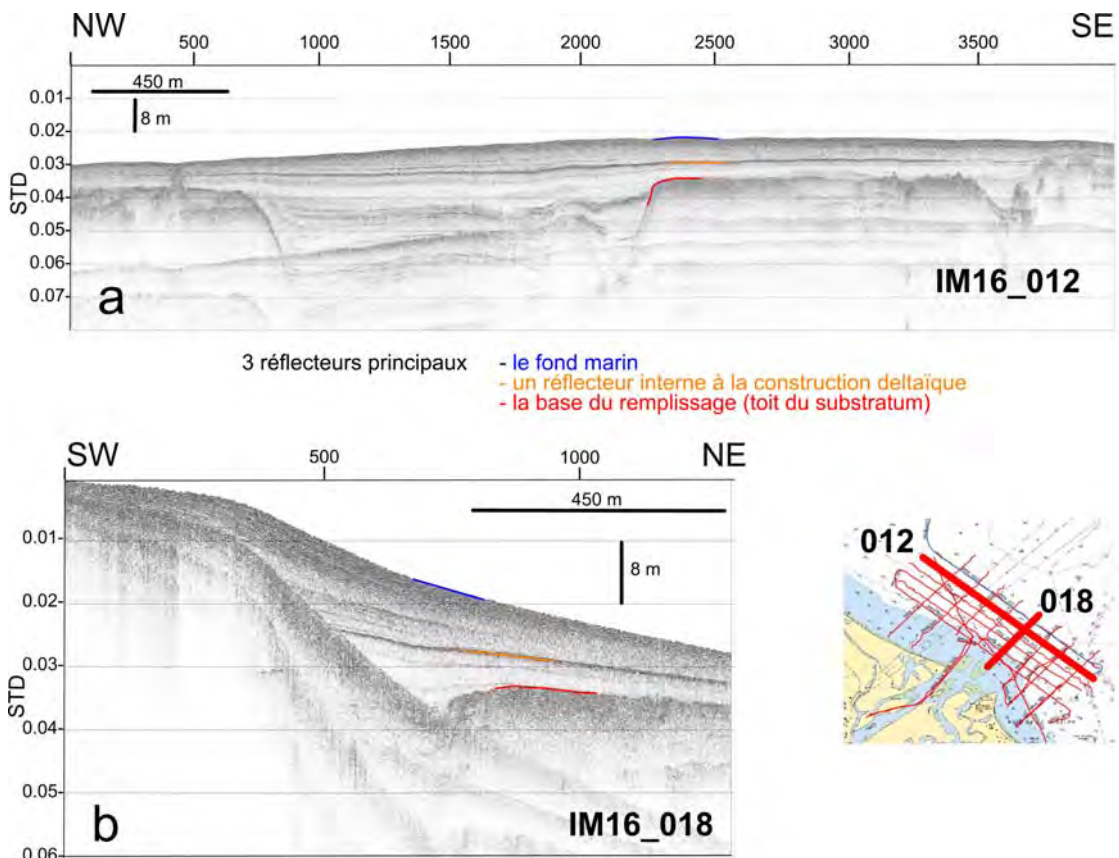
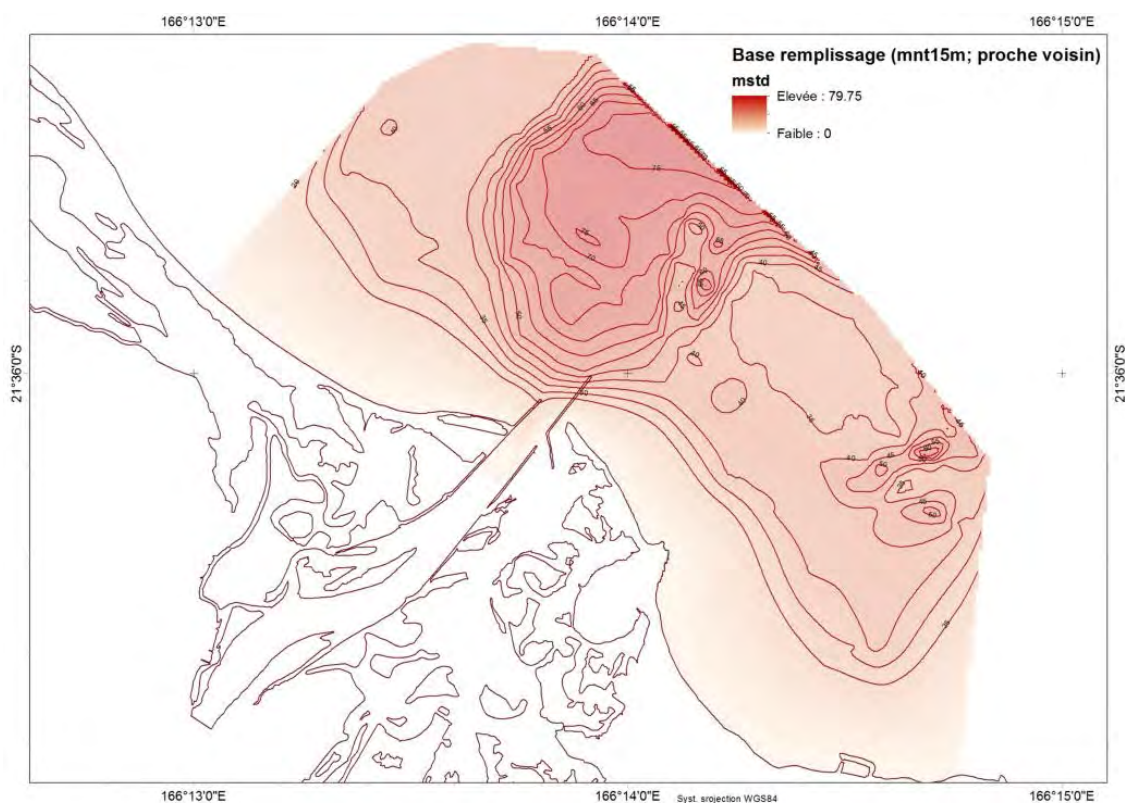


Figure 4. Deux exemples de profils sismiques boomer : (a) IM16\_012, parallèle à la côte ; (b) IM16-018, perpendiculaire à la côte. Échelles verticale et horizontale sur les profils en seconde temps double (STD) et en tirs respectivement. Les échelles en mètres sont données à titre indicatif.

La cartographie de la base du remplissage sédimentaire met en évidence la présence d'une paléo-vallée majeure orientée SO → NE à une profondeur d'environ 60m par rapport à la surface de l'eau, ainsi que celle d'une paléo-vallée mineure orientée O → E à une profondeur d'environ 40m (figure 5).



*Figure 5. Cartographie de la base du remplissage sédimentaire, profondeur (par rapport à la surface de l'eau) en millisecondes temps double :  $10\text{msTD} = 8$  mètres*

Le remplissage sédimentaire "total" (figure 6a), c'est-à-dire le remplissage entre l'horizon "base du remplissage" et l'horizon "fond marin", est maximal au niveau de la paléo-vallée majeure (environ 50 mètres). On trouve également un remplissage sédimentaire important au niveau de la paléo-vallée mineure (environ 25 mètres).

On retrouve une morphologie similaire avec le remplissage sédimentaire entre le réflecteur interne et la base du remplissage avec des épaisseurs maximales de 36 mètres au niveau de la paléo-vallée majeure et de 18 mètres dans la paléo-vallée mineure. La cartographie présentée à la figure 6b est celle représentant l'épaisseur entre le réflecteur interne au remplissage et le fond marin. L'épaisseur maximale située au niveau de l'exutoire actuel de la Thio (environ 19 mètres) et la morphologie en lentille caractéristique d'une progradation deltaïque montrent que cette formation sédimentaire est liée au système deltaïque actuel. Le volume de sédiments constituant cette formation est estimé à environ  $18\,000\,000$  de  $\text{m}^3$  +/- 8 % sur la base d'une digitalisation des deux MNT sur leur partie commune et d'un calcul volumétrique effectué sous Surpac (GEOVIA SUPAC, site web). Cette estimation est basée sur le choix d'une vitesse de 1600 m/s pour le sable constitutif de l'horizon superficiel, vitesse qui pourra être affinée après la phase de carottage. En l'état, et dans l'attente des datations à venir, ce chiffre ne saurait être directement corrélé à l'activité minière dans le bassin versant (plus 40 Mt de

## Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes

minéral ont été extraites depuis l'ouverture des premières exploitations en 1875 à Thio, avec un rapport minéral/manipulé supérieur à 5), mais il fournit un ordre de grandeur sur l'hypersédimentation à l'embouchure de la rivière.

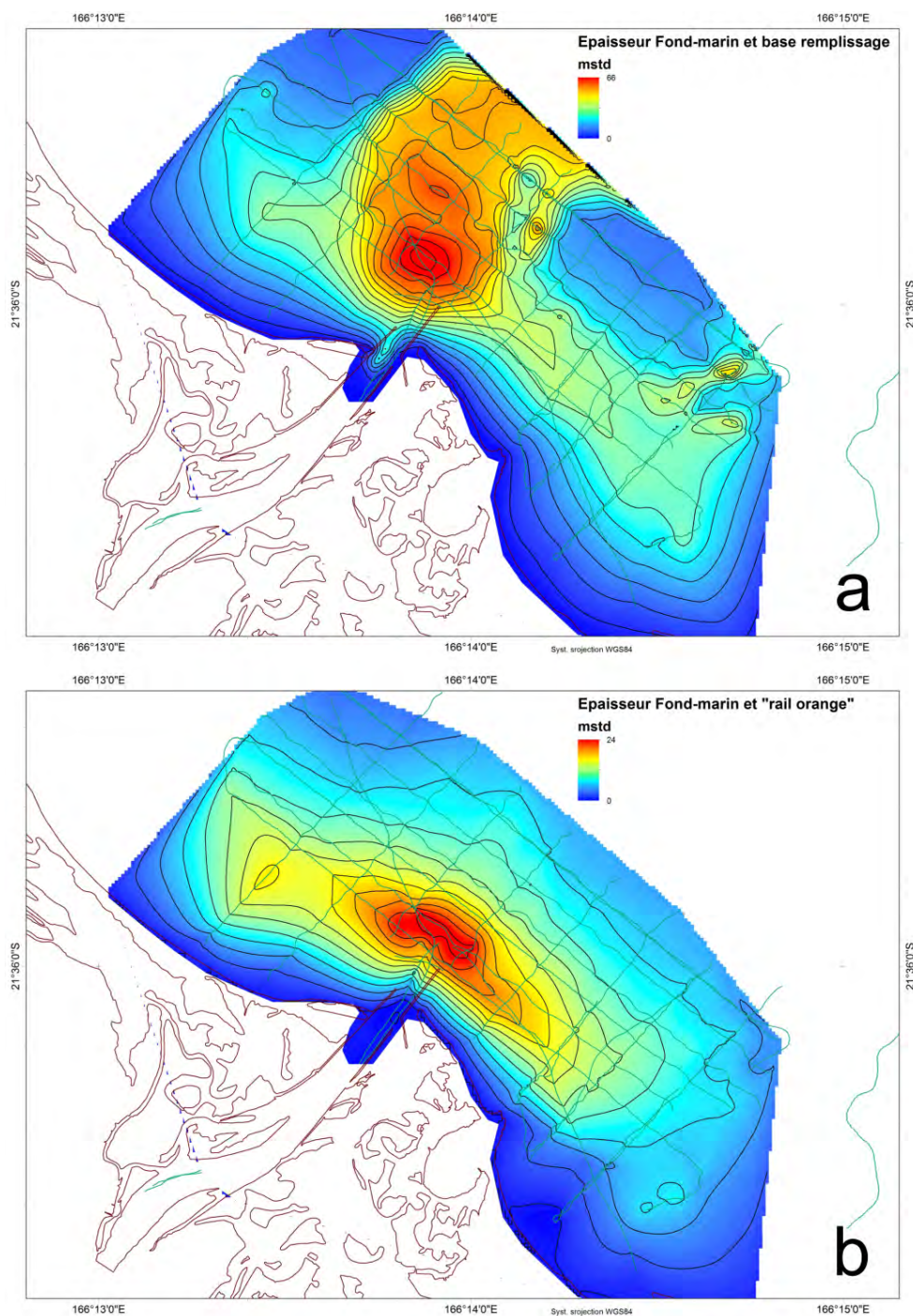


Figure 6. Cartographie de (a) l'épaisseur totale du remplissage sédimentaire ; (b) de l'épaisseur du remplissage entre le réflecteur interne et le fond marin (lobe deltaïque le plus récent). Epaisseur en millisecondes temps double : 10 msTD = 8 mètres.



#### **4. Conclusions**

Dans l'attente des données de datation des carottages programmés au mois de mai 2018, la chronologie de mise en place de la construction deltaïque à l'embouchure de la rivière Thio n'est pas établie. Cependant, plusieurs éléments nous permettent de proposer des hypothèses : la relativement faible quantité des apports sédimentaires actuels (mesures efficaces de gestion de l'eau et des MES prises sur sites miniers au cours des trente dernières années) parvenant dans la basse vallée de la Thio ne peut pas expliquer le volume du delta le plus récent, estimé à partir des données sismiques. Sa construction semble donc liée à des apports beaucoup plus importants, en lien probable, pour partie, avec l'exploitation intensive mécanique des bassins versants à partir des années 1940 et avant que des réglementations limitent progressivement les impacts des rejets miniers (à partir des années 1970). Le delta plus ancien pourrait soit, marquer la première phase d'exploitation minière, entre le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle et les années 1940, soit plus vraisemblablement, être corrélé à des dépôts antérieurs à la phase d'émersion généralisée du lagon datée de - 125 000 ans (COUDRAY, 1976). Cette hypothèse est celle proposée (LAFOY *et al.*, 2000) sur la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie avec un réflecteur reconnu à 10 mstd interprété comme marqueur de la discordance Pléistocène supérieur-Holocène. Il est certain, en tout cas, que le passage entre les deux constructions deltaïques à Thio correspond à un changement rapide et généralisé du paysage littoral comme l'atteste le réflecteur qui les sépare. Les datations à venir devraient lever l'indétermination.

#### **5. Références bibliographiques**

- ALLENBACH M., HOIBIAN T. (2002). *L'évolution géomorphologique récente du littoral à l'embouchure des rivières Thio et Dothio (Nouvelle-Calédonie) : Un exemple d'interactions anthropiques et naturelles*. VII<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Civil-Génie Côtier, Anglet, France, pp 127-136. <https://doi.org/10.5150/jngcgc.2002.013-a>
- BILLEAUD I., CHAUMILLON E., WEBER O. (2005). *Evidence of a major environmental change recorded in a macrotidal bay (Marennes-Oléron Bay, France) by correlation between VHR seismic profiles and cores*. *Geo-Mar. Lett.*, Vol. 25(1), pp 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00367-004-0183-0>
- COUDRAY J. (1976). *Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Nouvelle-Calédonie. Contribution de l'étude sédimentologique à la connaissance de l'histoire géologique post-éocène de la Nouvelle-Calédonie*. Expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie, Fondation Singer-Polignac, Paris, 8, pp 1-276
- HAMILTON E.L. (1972). *Compressional-wave attenuation in marine sediments*. *Geophysics*, Vol. 37, pp 620-646. <https://doi.org/10.1190/1.1440287>

## *Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes*

LAFOY Y., AUZENDE J-M., SMITH R., LABAILS C. (2000). *Évolution géologique post-Pléistocène moyen du domaine lagonaire Néo-Calédonien méridional*. C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes, Vol. 330(4), pp 265-272.

[https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(00\)88665-6](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(00)88665-6)

TRANQUART S. (2017). *Impacts des exploitations minières de nickel sur l'alimentation sédimentaire des systèmes côtiers en Nouvelle-Calédonie (le cas du bassin versant de la rivière et du delta de la Thio)*. Mémoire Master 2, Université de Normandie, Unicaen, 49 p.

GEOVIA SURPAC (site web). <https://www.3ds.com/fr/produits-et-services/geovia/produits/surpac/>