



**Master 2 professionnel
Spécialité géo-ressources**

FABRE Maud

Mémoire de fin d'étude

**ETUDE GEODYNAMIQUE ET STRUCTURALE INTEGREE DE
LA REGION DE MATTHEW-HUNTER, A LA TERMINAISON
SUD DE LA SUBDUCTION DU VANUATU**

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Service Géologique de Nouvelle Calédonie
ZoNéCo

Maitres de stage :
Martin PATRIAT
Julien COLLOT


Ifremer



02 Avril 2013
- 27 Sept. 2013

Maitres de stage :

Martin PATRIAT

Géologue marin

Unité Géosciences Marines

IFREMER – Délégation de Nouvelle Calédonie – 101 Promenade Roger Laroque – Centre

IRD – BP 2059 – 98846 Nouméa

@ : Martin.Patriat@ifremer.fr

Julien COLLOT

Géophysicien marin

Service Géologique de la Nouvelle Calédonie

DIMENC - 1er rue Unger, BP 465, 98845 Nouméa, Nouvelle Calédonie

@ : julien.collot@gouv.nc

Tuteur universitaire :

Corinne LOISY

Maître de conférences

ENSEGID - 1 allée Daguin, 33607 Pessac, France

@ : Corinne.Loisy@ensegid.fr

« Ce rapport est le résultat d'un travail effectué par un étudiant de Master STEE-Spécialité Géo-ressources, 2ème année, Parcours Ressources Géologiques. Ce document est tel qu'il a été remis par l'étudiant et ne comporte aucune correction ou commentaire de l'Institut EGID - Bordeaux 3. Ce rapport ne doit donc être considéré que comme un exercice de formation ».

AVANT PROPOS

Dans le cadre de mon Master 2 professionnel en « Géologie-géoressources » réalisé à l'institut EGID de Bordeaux 3, un stage de fin d'étude nous est demandé. D'une durée de six mois, il a pour but premier de mettre en exergue nos connaissances afin d'élargir notre domaine de compétences, et de mettre en pratique des connaissances acquises lors de notre formation. De formation géologue-sédimentologue, j'ai choisi d'effectuer un stage dans une branche différente de la géologie à laquelle j'étais confrontée durant mon cursus universitaire pour m'ouvrir vers la géologie marine. En effet, cela implique une étude via un angle et une approche différente, possible grâce à l'application de méthodes et outils nouveaux. Cette volonté s'exprime par le désir d'élargir ma connaissance dans les géosciences marines tant sur le plan professionnel que personnel.

REMERCIEMENTS

Ce stage se termine donc, après six mois de vie en Nouvelle-Calédonie. Il en résulte de nombreuses rencontres à l'autre bout de la planète avec des personnes qui m'ont apporté, autant sur le plan scientifique que personnel.

Je tiens à remercier en premier lieu mes deux maîtres de stage Martin Patriat et Julien Collot, qui m'ont beaucoup appris de leur métier et pour la confiance qu'ils m'ont accordée. Je retiens tout particulièrement l'excellente semaine de mission passée à Hobart, que je considère comme une très belle opportunité, et une reconnaissance de mon travail. Elle m'a permis de découvrir l'importance des réunions scientifiques, et une région magnifique.

Merci à Pierrick Rouillard pour son implication, ses conseils, et son dévouement dans les démarches administratives qui n'ont pas toujours l'air évidentes.

Merci à Bernard Pelletier de m'avoir transmis sa connaissance de la région et d'avoir porté attention à mon sujet d'étude tout au long de mon stage.

Un grand merci à Caroline Juan, collègue de la géologie marine, colocataire et amie à qui j'adresse une reconnaissance sans égal pour sa bonne humeur, son enthousiasme, son soutien dans le travail, ses relectures, et nos discussions sans fin.

Ce stage a été rendu possible grâce à Ifremer et au programme ZoNéCo qui m'ont permis de réaliser mon stage dans de si bonnes conditions, et tout particulièrement à Karen pour sa disponibilité face à mes questions.

Merci à la direction de la DIMENC, et à Aurélien Louis, de m'avoir accueillie dans leur structure.

Merci à toute l'équipe du SGNC, qui fait régner une bonne ambiance au sein du service. Merci à Myriam pour sa patience devant mes blocages sur ArcGis, à Stéphane, Mathieu, Brice, Julie, Pierre, Jean, Claude, et l'ensemble des agents de la DIMENC pour les moments passés avec chacun d'entre vous.

Merci à Leonid Danyushevsky et à l'équipe de géochimistes de l'Université de Tasmanie pour leur accueil, le field-trip et les discussions scientifiques à Hobart.

Je tiens particulièrement à remercier Marc Fournier pour son soutien lors de mes recherches de stage, d'avoir suivi mon travail depuis Paris pendant ces six mois. Et enfin pour m'avoir permis de prendre contact avec l'équipe de géologie marine de Nouméa.

Merci à Corinne Loisy et à toute l'équipe de l'EGID.

Merci à tous les copains calédoniens pour les week-ends en brousse, les sorties multiples, et leur sourire, Vi, Justin, Alex, Boune, Flo, Gégé, Nico, Thibaut, et les autres ...

Enfin, un grand merci à ma famille. Je pense également aux copains bordelais, toulousains, et à la belle équipe de Kazajam.

Enfin, un très grand merci à Tom de m'avoir accompagnée à l'autre bout du monde, de m'avoir soutenue et d'avoir tenté l'aventure à deux.

SOMMAIRE

TABLE DES ILLUSTRATIONS

PRESENTATION DES ENTREPRISES

1. INTRODUCTION	1
1.1 Présentation de la problématique	1
1.2 Contexte de l'étude et objectifs.....	2
2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
2.1 Contexte géologique régional du Sud-ouest pacifique	3
2.1.1 Contexte géologique de la région Sud-Ouest Pacifique	3
2.1.2 Contexte géologique du Bassin Nord-Fidjien et de ses marges	4
2.2 Les grandes unités structurales de la région Vanuatu-Bassin Nord-Fidjien / Tonga-Kermadec.....	6
2.2.1 La zone de subduction du Vanuatu	6
2.2.2 Le Bassin Nord Fidjien	8
2.2.3 La zone de subduction des Tonga-Kermadec.....	9
2.2.4 Les zones de cisaillements	9
2.2.5 Les rides asismiques et plateaux océaniques.....	10
2.2.6 Géométrie du <i>slab</i> Australien	10
2.3 La terminaison Sud de la zone de subduction du Vanuatu	11
2.3.1 Caractérisation de la frontière plaque australienne-plaque supérieure dans la terminaison Sud du Vanuatu	11
2.3.2 Rôle et influence de la subduction-collision de la ride des Loyautés.....	13
2.3.4 Le magmatisme de la terminaison Sud de la subduction du Vanuatu.....	14
2.3.5 Le processus tectonique de Subduction-Transform Edge Propagator fault 15	
3. DONNEES ET METHODOLOGIE	17
3.1 Les données disponibles	17
3.2 Mise en forme des données et cartographies.....	18
3.2.1 La carte bathymétrique	19
3.2.2 Les cartes gravimétriques et magnétiques.....	21
3.2.3 La carte de sismicité	22
3.3 Méthodologie pour l'interprétation des données géophysiques	22
4. DESCRIPTION DES DONNEES.....	24
4.1 La bathymétrie.....	24
4.2 La Zone 1	25
4.2.1 Analyse bathymétrique	25
4.2.2 Analyse des anomalies magnétiques.....	26
4.2.3 Analyse des anomalies gravimétriques	28
4.2.4 Analyse de la sismicité superficielle.....	28
4.3 La Zone 2	30
4.3.1 Analyse bathymétrique	30
4.3.2 Analyse des anomalies gravimétriques	33
4.3.3 Analyse des anomalies magnétiques.....	34
4.3.4 Analyse de la sismicité superficielle.....	34
4.4 La Zone 3	36
4.4.1 Analyse bathymétrique	36
4.4.2 Analyse des anomalies magnétiques.....	38
4.4.3 Analyse des anomalies gravimétriques	38

4.4.4	Analyse de la sismicité superficielle.....	39
5.	INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS.....	40
5.1	Modèle structural de la région de Matthew et Hunter	40
5.2	Intégration dans le contexte régional	45
	CONCLUSION.....	47
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
	ANNEXES	

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte bathymétrique satellitaire du Sud-ouest Pacifique. La zone blanche encadrée correspond à la Zone Economique Exclusive de la Nouvelle Calédonie. La ZEE s'étend sur un rayon de 200 milles marins des côtes calédoniennes et couvre une superficie de 1470000 km ²	1
Figure 2 : Carte des provinces structurales du Sud-Ouest Pacifique. Le code couleurs est celui établi par la Commission de la carte géologique mondiale (CGMW) (Collot et al, 2012).....	3
Figure 3 : Evolution géodynamique du Sud-ouest Pacifique par processus de <i>trench retreat by slab rollback</i> , modifié d'après Schellart et al.(2006). La présente étude s'appuie sur la période de la fin du Miocène supérieur jusqu'à l'actuel.....	4
Figure 4 : Extension arrière-arc liée au recul de la fosse par effondrement du panneau plongeant dans le manteau, modifié par Collot (2009), d'après Heuret(2005).	4
Figure 5: Les grandes étapes de l'évolution du bassin Nord-Fidjien du Miocène supérieur à l'actuel. Les différents schémas correspondent aux périodes de réorganisation entre les différents stades d'ouverture. D'après Auzende et al., 1995, modifié par Pelletier (1999) puis par Lagabrielle (2006). 1 : axe d'accrétion actif ; 2 : axe d'accrétion naissant ; 3 : faille transformante ; 4 : direction d'ouverture ; 5 : zone de subduction active ; 6 zone de subduction naissante F : Fidji NH : Nouvelles Hébrides ou Vanuatu, VT : Vitiaz. Les flèches noires correspondent aux directions d'extension associée aux axes d'accrétion. Les flèches blanches correspondent à la direction moyenne des vecteurs de convergence des plaques australienne et pacifique.....	5
Figure 6: Répartition des axes convergents (en rouge)/divergents (en bleu) de la région du bassin Nord-Fidjien et localisation des points triples (cercles rouges) (Pelletier, Calmant, Pillet (1998) modifié par Lagabrielle (2006).	6
Figure 7: Localisation des grandes unités structurales dans la région du Sud-ouest Pacifique et de la zone d'étude (rectangle rouge). La topographie des fonds marins correspond à des données de bathymétrie satellitaire (d'après les données de Smith et Sandwell, 1997).	6
Figure 8 : Carte bathymétrique de la marge active du Vanuatu (d'après les données de Smith et Sandwell, 1997). Wtp : plateau West Torres ; RdE : Ride d'Entrecasteaux, LyR : ride des Loyauté ; N : Ndende ; U : Utupua ; Va : Vanikoro ; To : torres ; V : Vanua Lava ; G : Gaua ; Mw :Maewo ; A : Aoba ; S :Espiritu Santo ; M : Malicollo, P :Pentecote ; Am : Ambrym ; Vt :Vate ; E :Erromango ; Ta :Tanna ; F :Futuna ; A : Anatom ; Mt : Matthew ; H :Hunter.	7
Figure 9: Situation cinématique du Bassin Nord Fidjien, tirée du schéma cinématique actualisé du Sud ouest Pacifique (compilé par Ruellan (2005) d'après Pelletier et al (1998) et Ruellan et al (2003)). Les flèches indiquent les mouvements relatifs des plaques issus de données de magnétisme et des mesures GPS; les taux de mouvements sont donnés en cm/an. ASEF : axe sud-est Futuna, ATon : arc des Tonga, AVa : arc de Vanuatu, BL : Bassin de Lau, BNF : Bassin Nord Fidjien, CLSC : axe d'accrétion central du Bassin de Lau, CSR : axe d'accrétion central du Bassin Nord Fidjien, DER : ride d'Entrecasteaux, ELSC : axe d'accrétion est du Bassin de Lau, ESR : axe d'accrétion Est du Bassin Nord Fidjien, FFZ : zone de fracture de Futuna, FH : Fossé du Havre, FP :plateforme fidjienne, FSC : dorsale de Futuna, FT : Fosse des Tonga, FV : Fosse du Vanuatu, KTJ : point triple de King; LV : linéament du Vitiaz, NCSC : centre d'accrétion nord Cikobia, NELSC : axe d'accrétion nord-est du Bassin de Lau, NFFZ : zone de fracture nord fidjienne, NWLSC : axe d'accrétion nord-ouest du Bassin de Lau, PNM : Plateau	

Nord Mélanésien, POJ : Plateau d'Ontong Java, RLa : ride de Lau-Colville, RLo : ride de Louisville, RS : ride des Samoa, RSPT : ride Sud Pandora-Tripartite, SCT : Fosse de San Cristobal, VCBAC : compression arrière-arc du Vanuatu central, VSBAT : fossés arrière-arc du sud Vanuatu, WTP : plateau ouest Torres, ZFJC : zone de fracture Jean-Charcot, ZHH : zone d'Hazel Holme, ZMHCK : zone de Matthew-Hunter.....	8
Figure 10: Coupes verticales sismologiques de l'arc du Vanuatu dans le Sud-ouest Pacifique. Evolution de la profondeur du panneau plongeant et du plan de Wadati-Benioff du Nord au Sud (d'après Marc Fournier_communication personnelle).	10
Figure 11 : En Haut : Tableau répertoriant l'ensemble de vitesses issues des données GPS relevées sur différents sites de l'arc du Vanuatu, relatives à la plaque Australienne. En bas : Modèle tectonique le long de la subduction du Vanuatu basé sur les données GPS (Calmant et al, 2003). Les flèches représentent les vitesses de déplacements, relatives à la plaque australienne.	11
Figure 12: En haut : carte de répartition des hypocentres (ArcGis) provenant de la base de données <i>CMT</i> , de la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu et extrémité Sud du Bassin Nord Fidjien; en bas : carte de répartition des séismes. Les localisations et les contraintes liées aux séismes sont représentées par les mécanismes focaux, dont la taille est proportionnelle à la magnitude (Pelletier (1998)).	12
Figure 13: Schéma géodynamique actuel des parties méridionales de la zone de subduction du Vanuatu et du Bassin Nord Fidjien. Les triangles noirs correspondent aux volcans étudiés. Le trait épais représente la fosse profonde. Les étoiles indiquent la zone de collision Ride des Loyauté-Vanuatu. La sismo tectonique est basée sur les mécanismes focaux <i>CMT</i> (Centroid Moment Tensor) des séismes superficiels (0-70 km). Les flèches épaisses=mouvements relatifs entre l'Australie et l'arc du Vanuatu. Cercles=mécanismes focaux en failles normales et décrochements. Flèches doubles épaisses=mouvements actuel décrochant senestre N°92 E vers 22°S à travers l'arc du Vanuatu. (Monzier, 1993).	12
Figure 14 : Mécanismes au foyer des séismes superficiels (<50 km). Les flèches noires indiquent les vecteurs de convergence par rapport à la plaque Australie mesuré par GPS (Calmant et al., 2003). L'encart en haut à droite indique le mouvement Est-Ouest de l'île d'Aneytum par rapport à Matthew (flèche en pointillés) déduit du mouvement de Matthew et d'Aneytum par rapport à la plaque Australie (traits pleins).	13
Figure 15 : Carte bathymétrique et répartition des dragages effectués par l'université de Tasmanie en 2006 à bord du navire océanographique <i>Southerner Surveyor</i> lors des missions SS03, SS08, SS10.....	15
Figure 16 : Vue 3D du modèle géométrique de processus de Subduction-Transform Edge Propagator fault (modifié d'après Govers et Wortel (2005)).	15
Figure 17 : A gauche : modèle rhéologique en contexte de STEP <i>fault</i> représentant les déformations verticales qui résultent du comportement élastiques de la lithosphère et de l'asthénosphère (Govers et Wortel (2005)). A droite : modèle de répartition des contraintes de traction (flèches rouges)-compression (flèches bleues) de surface en contexte de STEP <i>fault</i>	16
Figure 18: à gauche : le navire océanographique australien <i>Southern Surveyor</i> . A droite : schéma d'un levé bathymétrique multifaisceaux.....	17
Figure 19 : Les types de déformations et les mécanismes aux foyers associés. Le premier bloc est animé par une contrainte extensive normale, le deuxième une contrainte compressive, le troisième une contrainte décrochante.....	18
Figure 20: carte bathymétrique obtenue après traitement sur <i>GMT</i> puis affichage sur <i>ArcGis</i> à partir de données bathymétriques multifaisceaux de résolution 30 m et	

bathymétrie dérivée de l'altimétrie satellitaire en fond (Smith et Sandwell 1996). Système de projection : WGS84_UTM59S.....	19
Figure 21: Les grandes étapes du traitement des données bathymétriques réalisées sur <i>GMT</i> , reprises du <i>shellscript</i> écrit sur Linux (Annexe 1).....	19
Figure 22: Exemples d'interprétations bathymétriques. Zooms sur certaines zones pointées. Digitalisation des linéaments sur ArcGis sur la carte bathymétrique multifaisceaux.	20
Figure 23 : carte des anomalies gravimétriques du Sud du Bassin Nord Fidjien, obtenue à partir des données satellitaires dérivées. Les isolignes sont séparées par une équidistance de 10 mGal.	21
Figure 24 : carte des anomalies magnétiques du Sud du Bassin Nord Fidjien, obtenue à partir des données satellitaires dérivées.....	21
Figure 25: exemple de données brutes de sismicité récupérées sur <i>CMT</i>	22
Figure 26 : carte des hypocentres compris entre 0 et 700 km de profondeur, depuis 1898, dans la région du Bassin Nord Fidjien (<i>USGS</i>). En fond : En fond : la carte de pente.	22
Figure 27 : schéma synthétique du projet final, intégration de l'ensemble des données sous la forme de calques successifs thématiques.....	23
Figure 28 : répartition des trois zones majeures de la région de Matthew-Hunter, décrites distinctement dans l'analyse qui suit. Les données correspondent aux données bathymétriques multifaisceaux et aux données satellitaires (Smith & Sandwell, 1997).	24
Figure 29 : Zone 1. Bathymétrie multifaisceaux et linéaments N-S.	25
Figure 30 : schéma structural reprenant les structures réelles de la zone 1.....	26
Figure 31 : Zoom sur la zone de rotation, et mise en évidence des linéaments sigmoïdaux. ..	26
Figure 32 : En haut : carte magnétique de la zone 1 et pointé des anomalies magnétiques. Le chiffre 1 correspond à la position de l'anomalie 1, datée de 0.78 Ma. En bas : pointé des anomalies magnétiques de la première carte sur la bathymétrie multifaisceaux de la zone 1.	27
Figure 33 : carte des anomalies gravimétriques de la zone 1. Les lettres représentent les blocs conjugués ayant la même signature gravimétrique de part et d'autre du fossé central N-S, matérialisé par un axe blanc en pointillés.	28
Figure 34 : carte bathymétrique de la zone 1 et répartition des mécanismes au foyer. Les sphères focales proviennent de <i>CMT</i> . Les deux sphères focales situées dans l'encart en haut à droite schématisent les deux possibilités d'orientation des plans de failles.....	29
Figure 35 : interprétation des mécanismes au foyer décrochants comme des failles transformantes dextres.....	30
Figure 36 : profils topographiques effectués sur ArcGis dans la zone 2. Chaque coupe est localisée et représentée par un axe de couleur sur la carte bathymétrique. Des points rouges correspondent à des points repères, correspondant au sommet de la ride dans les coupes n°4 et 5, et le centre du fossé bathymétrique dans les coupes n° 6, 7, 8.....	31
Figure 37 : Carte de localisation du profil et coupe topographique associée, transverse à la zone 2.	32
Figure 38 : Bathymétrie et linéaments dans la Zone 2. Les données de fond correspondent à la bathymétrie multifaisceaux.	32
Figure 39 : Les principaux linéaments de la Zone n°2. Les limites des blocs grisés ont été déterminées à partir d'isolignes gravimétriques.....	33
Figure 40 : carte des anomalies gravimétriques (Sandwell et Smith, 1997) de la zone 2. L'équidistance entre deux isolignes est de 10 mGal.	33
Figure 41 : carte des anomalies gravimétriques (41A) et bathymétrique (41B) de la zone 2. Le cercle noir correspond à l'emprise de la zone à forte anomalie gravimétrique.....	34

Figure 42 : Carte des anomalies magnétiques (42A) et bathymétrie multifaisceaux (42B) de la zone 2. Le cercle noir correspond à l'emprise de la zone à forte anomalie magnétique.....	34
Figure 43 : bathymétrie multifaisceaux et mécanismes au foyer décrochants et normaux dans la zone 2.	35
Figure 44 : 44A : Incision topographique 44B : anomalie gravimétrique négative au niveau de l'incision topographique. Les mécanismes au foyer mettent en évidence une structure de type faille normale sur la marge Ouest de l'incision.....	35
Figure 45 : 45A carte bathymétrique de la zone 3 et linéaments. 45 B : le volcan actif Matthew. 45C : le volcan actif Hunter.	36
Figure 46 : Carte bathymétrique de la partie Est de la zone 3. Pointé des bassins en pull-apart et interprétation du grand linéament E-W comme un décrochement senestre.	37
Figure 47 : comparaison de la morphologie des deux fragments d'arc. Le fond correspond aux données multifaisceaux.	37
Figure 48 : 48A : Carte des anomalies magnétiques dans la zone 3.L'équidistance entre deux isolignes est de 20nT. 48B : carte bathymétrique et isolignes magnétiques (20 nT).....	38
Figure 49 : 49A: carte des anomalies gravimétriques de la zone 3. 49B : carte bathymétrique de la zone 3 et isolignes gravimétriques. L'équidistance entre deux isolignes est de 10 mGal.	38
Figure 50 : Bathymétrie et mécanismes au foyer (USGS) dans la zone 3.....	39
Figure 51 : schéma structural de la zone sud de la dorsale 174°E du Bassin Nord-fidjien. La flèche noire indique le sens de propagation de l'axe d'accrétion vers le Sud. La flèche verte représente la direction de rotation dans la zone déformée.	41
Figure 52 : schéma structural de la Zone transtensive E-W.....	42
Figure 53 : Schéma interprétatif de l'ancienne propagation de la dorsale vers le Sud à travers un système en Overlap dans la région de Matthew-Hunter. Le point de jonction affecté par des mouvements de rotation, sert de zone de relai extensif entre les deux portions d'axes. Cette configuration suppose des déformations E-W dans la plaque supérieure. A droite : Exemple d' <i>Overlapping Spreading Center</i> (Image bathymétrique tirée de LDEO: Marine Geoscience Data System).	42
Figure 54 : schéma structurale de l'extrémité Ouest de la zone d'étude, représentant la zone de décrochement pur E-W et le système volcanique actif de Matthew et Hunter. .	43
Figure 55 : schéma tectonique et structural de la terminaison Sud de l'Arc du Vanuatu, situé dans la partie méridionale du Bassin Nord Fidjien. Mise en évidence d'un mouvement général extensif E-W induit par l'accrétion de la dorsale 174°E du Bassin Nord-Fijien, se poursuivant vers l'ouest le long d'une zone transtensive puis le long d'un décrochement pur.....	44
Figure 56 : Répartition des mécanismes au foyer (USGS) dans la région du Bassin Nord Fidjien (56A), et des axes compressifs P (56B) géométriquement perpendiculaires à la fosse du Vanuatu, du Nord au Sud. Les flèches blanches représentent la direction des vecteurs de convergence de la plaque Ausatralie par rapport à l'arc du Vanuatu. Les flèches noires indiquent les vecteurs de convergence par rapport à la plaque Australie mesurés par GPS (Calmant et al, 2003). L'encadré indique le mouvement E-W de l'île d'Anatom par rapport à Matthew (flèche pointillés) déduit du mouvement de Matthew et d'Anatom par rapport à la plaque Australie.	45
Figure 57 : schéma structural simplifié résumant la problématique cinématique. Les blocs de couleur correspondent à des blocs cinématiquement indépendants. Leurs frontières précises restent à définir. Les structures en noir sont connues et les structures en rouge restent à confirmer.	46

PRESENTATION DES ENTREPRISES

Ce stage fait l'objet d'un partenariat entre trois organismes : l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER (Ifremer), le programme ZoNéCo de l'ADECAL-Technopôle, et le Service Géologique de Nouvelle-Calédonie (SGNC).

○ Présentation de l'Ifremer :



L'Ifremer est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC). C'est un organisme de recherche et de développement à vocation maritime qui naît en 1984 de la fusion entre le CNEXO (Comité pour l'Exploitation des Océan) et l'ISTPM (l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes). L'héritage de ces deux entités en fait une structure présente sur tout le territoire français avec plus de vingt-six stations réparties aussi bien sur le littoral métropolitain que dans les DOM-TOM. Les recherches menées par l'Ifremer contribuent à la connaissance des océans et de leurs ressources, à la surveillance du milieu marin et du littoral et enfin au développement durable des activités maritimes. Pour remplir sa mission, l'Ifremer développe des outils d'observation et de surveillance du milieu marin. Il est aussi à la tête d'une flotte océanographique regroupant huit navires scientifiques français. Ces navires, mis à disposition de la communauté scientifique sont tous équipés de la technologie dont dispose l'institut. Ainsi la flotte dispose d'un submersible, *le nautilus* et de toute une batterie d'équipements acoustiques, sismiques, de carottages ou encore de navigation. L'Ifremer emploie aujourd'hui plus de 1500 salariés qui se répartissent dans la soixantaine d'unités spécialisées.

L'unité des Géosciences Marines (GM) s'inscrit dans la lignée de l'Ifremer et de ses intentions liées à la connaissance de l'océan et de ses ressources. Il a donc pour objectifs :

- D'accroître la connaissance du domaine océanique : structures et processus géologiques des fonds océaniques, exploration du plateau continental et des grands fonds,
- De participer aux développements technologiques nécessaires pour mener à bien ses recherches.

En conséquence, cette unité mène des projets et programmes dont les enjeux sont socio-économiques (ressources minérales et énergétiques, climat, risques naturels) et scientifiques (grands programmes nationaux et internationaux).

○ Présentation du programme ZoNéCo :



Le domaine maritime de la Nouvelle-Calédonie, représentée par sa Zone Economique Exclusive (ZEE) est immense, près d'un million et demi de km². Pour encourager son exploration, et développer sa connaissance, l'Etat et les trois provinces se sont associés aux instituts de recherches pour construire et lancer le programme multidisciplinaire ZoNéCo (Zone économique de Nouvelle-Calédonie) dans le but d'acquérir de nouvelles connaissances et d'ouvrir de nouvelles perspectives de développement économique pour la Nouvelle-Calédonie. L'objectif principal du programme ZoNéCo est l'évaluation des ressources potentielles de la ZEE. Le programme s'attache à produire, collecter et rendre accessibles les informations nécessaires à la valorisation et à la gestion durable des ressources de la Zone Economique Exclusive et des lagons de la Nouvelle-Calédonie.

Le programme rassemble 11 partenaires : l'Etat, la Nouvelle-Calédonie et les provinces Iles Loyauté, Nord et Sud, l'IRD, l'IFREMER, l'UNC (l'Université de Nouvelle-Calédonie), l'Aquarium

des Lagons, Météo-France et le SHOM. La gestion et la coordination du programme sont assurées par l'ADECAL (Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie) depuis 2002, et depuis fin 2011, le programme correspond au Pôle Marin Recherche et Développement du Technopôle de la Nouvelle-Calédonie.

Ce stage s'inscrit parfaitement dans les objectifs du programme puisqu'il contribue à l'amélioration de la connaissance d'une zone très peu explorée de la ZEE. Il apporte notamment de nouveaux éléments sur la tectonique et la géodynamique de cette zone et ouvre des perspectives de recherche en matière de ressources minérales profondes et d'études de la biodiversité des systèmes hydrothermaux actifs.

○ **Présentation du SGNC :**



Le Service Géologique de Nouvelle-Calédonie, qui fait partie intégrante de la *Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de la Nouvelle-Calédonie* (DIMENC) est la structure au sein de laquelle ce stage a été réalisé.

La DIMENC est un service administratif, créé en 1873 par le gouvernement au moment du premier « boom » minier, suite à l'intensification de l'activité minière sur le territoire calédonien. Grande exportatrice de nickel et de chrome, la Nouvelle-Calédonie a aujourd'hui une place stratégique à l'échelon mondial, et de ce fait, a progressivement élargie ses compétences dans le domaine énergétique et minier. La DIMENC contribue donc au développement industriel durable de la Nouvelle-Calédonie, couplé à de nombreuses actions d'encadrement réglementaire dans un pays où l'empreinte des activités industrielles est largement susceptible de porter atteinte à l'environnement. Cette direction couvre un large champ de missions et s'organise en six services dans lesquels différentes thématiques et plans d'actions sont développés.

- | | |
|---|---------------------------------|
| -Le service géologique (SGNC) | -Le service de l'Industrie (SI) |
| -Le service des Mines et Carrières (SMC) | -Le service de l'Energie (SE) |
| -Le service Administration et Financier (SAF) | -Le laboratoire |

Le service Géologique (SGNC) :

Le SGNC intervient dans un domaine très large visant à améliorer la connaissance géologique de la Nouvelle-Calédonie et du Sud-ouest Pacifique afin d'affiner celle des ressources naturelles potentielles, leur répartition, et leur valorisation dans le but d'une exploitation durable. Le SGNC a la charge de mettre à disposition les données géologiques des zones terrestres et maritimes du pays et a une vocation d'aide à la décision des politiques publiques afin de permettre une meilleure gestion de l'aménagement du territoire. Ses actions peuvent se décomposer en six thématiques :

- La géologie générale (cartographie, régolithe)
- Les ressources minérales (ressources en nickel et Cobalt et hydrocarbures)
- Les ressources en eau (inventaire de la ressource en eau souterraine et amélioration de la connaissance de la ressource en eau souterraine).
- Les risques naturels (amiante environnemental, mouvements de terrain)
- Les systèmes d'information (géomatique et documentation).
- Les géosciences marines (structures et processus géologiques des fonds océaniques, exploration du plateau continental et des grands fonds).

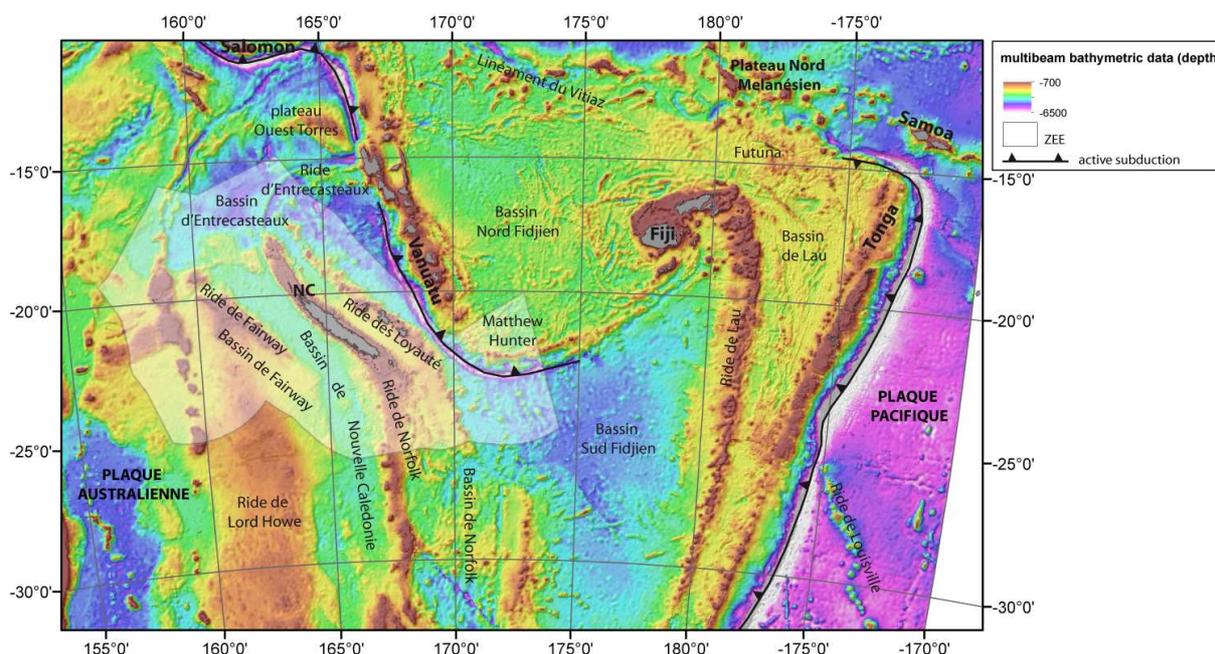
C'est dans cette dernière thématique que j'effectue mon stage auprès de M. Martin Patriat (Ifremer), géologue marin et M. Julien Collot (SGNC), géophysicien marin.

L'équipe "Géosciences Marines" est en charge de conduire des actions de recherche destinées à améliorer la connaissance du domaine océanique, en étroite collaboration avec les instituts de recherche régionaux et nationaux (UTAS, GNS-Science, Geoscience Australia, Ifremer, IRD, INSU, UPMC, Agence des Aires Marines Protégées, Université de la Nouvelle-Calédonie).

1. INTRODUCTION

1.1 Présentation de la problématique

Le Sud-ouest Pacifique est une région constituée d'une série de rides et bassins (**Figure 1**) issus d'une histoire géologique complexe. Cette région correspond à la frontière convergente entre la plaque Pacifique à l'Est et la plaque Australienne à l'Ouest, et se traduit par deux subductions intra-océaniques se faisant face : la subduction des Tonga-Kermadec et la subduction du Vanuatu. Cette vaste zone dont la formation est liée au recul des subductions se traduit par une zone décrochante complexe, incluant le Nord du bassin de Lau et le Sud du bassin Nord Fidjien (**Figure 1**). Cette particularité implique un contexte de relais décrochant dextre affectant un domaine d'arrière arc où l'accrétion océanique domine.



C'est dans ce contexte géologique unique que se situe la zone d'étude, à la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu. Le sujet a été choisi pour trois raisons majeures : i) car cette zone se trouve dans la ZEE de la Nouvelle Calédonie (**Figure 1**) ; ii) en raison de l'acquisition récente d'un jeu de données de bathymétrie haute résolution par l'Université de Tasmanie, iii) car les derniers travaux géologiques menés sur cette zone remontent à plus de vingt ans (*Un modèle de collision arc insulaire – ride océanique*, Monzier, 1993).

Au-delà de l'important intérêt scientifique de ces zones à géométries particulières, la question de la présence d'une activité hydrothermale et de minéralisations sulfurées dans ce contexte tectonique suscite aujourd'hui d'importants efforts de recherches du fait de leur potentiel à valeur minière. Cette étude présente un véritable intérêt économique pour la Nouvelle Calédonie, car, elle exerce dans la ZEE des droits souverains en matière d'exploration et d'exploitation des ressources naturelles, biologiques et non biologiques du fond de la mer, de son sous-sol et de la colonne d'eau.

Le stage s'inscrit donc parfaitement dans le programme de collaboration entre Ifremer et le Gouvernement de Nouvelle Calédonie (via son Service de géologie, le SGNC) qui s'attache à

améliorer la connaissance géologique de base de la région pour l'évaluation du potentiel en ressources.

Après avoir présenté dans une première partie la synthèse bibliographique, et la description des grandes unités structurales de la région Vanuatu-Bassin Nord Fidjien-Tonga, ce rapport décrit dans une deuxième partie la méthodologie et les outils utilisés dans cette étude, avec notamment une description des données utilisées. La troisième partie tente de répondre plus particulièrement à la problématique, à savoir l'analyse structurale de la région de Matthew-Hunter, décrivant en détail les données bathymétriques, gravimétriques magnétiques et sismiques pour chaque zone intéressante. Enfin, la dernière partie fait l'objet d'une interprétation structurale et tectonique de la région et d'une discussion de ces résultats par rapport au modèle géodynamique présenté.

1.2 Contexte de l'étude et objectifs

L'objectif de ce stage a été d'étudier en détail la région de Matthew et Hunter située à la terminaison Sud de l'arc volcanique du Vanuatu qui constitue une zone phare pour la compréhension de la tectonique active de la région, dont les frontières de plaques et les structures sont encore mal connues.

Le jeu de données très complet, en partie récoltées lors d'une campagne à la mer en 2006 par l'Université de Tasmanie, comprend des relevés de bathymétrie multifaisceaux, de gravimétrie, de sismicité, d'imagerie acoustique, de magnétisme, de géochimie. Les données de bathymétrie multifaisceaux couplées aux données de sismicité permettent de cartographier les déformations et de caractériser la tectonique active, tandis que les échantillons dragués renseignent sur les processus géologiques profonds et le volcanisme associé en surface.

L'Université de Tasmanie et le Service géologique de Nouvelle-Calédonie ont récemment lancé une collaboration pour mieux comprendre cette zone. L'Université de Tasmanie s'est attachée à l'étude des processus géologiques profonds par des analyses géochimiques des laves prélevées alors que le Service géologique de Nouvelle-Calédonie avait pour objectif l'étude des données géophysiques et acoustiques afin de caractériser la tectonique et les processus de surface.

Notre mission à Hobart (Tasmanie) courant juillet 2013, avait pour objectif de présenter l'étude structurale préliminaire de la région de Matthew-Hunter, pour la confronter aux résultats de la géochimie.

La finalité du stage est l'interprétation structurale et géodynamique de la zone en intégrant toutes les données géophysiques disponibles. Ceci a consisté en :

- la récupération et la mise en forme des données
- la synthèse cartographique consistant à l'intégration et la corrélation de toutes les données sous la forme d'un empilement de couches thématiques.
- l'analyse structurale à partir de l'analyse des cartes réalisées.
- l'interprétation et l'intégration dans le contexte géodynamique régional.

2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette partie décrit dans un premier temps le contexte géologique du Sud-ouest Pacifique depuis le Miocène jusqu'à l'actuel dans le but de replacer la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu dans son ensemble. Une description des grandes unités structurales y est intégrée. Une synthèse plus ciblée vient ensuite exposer l'existant sur la zone d'étude et présenter des concepts géologiques utiles à l'analyse de la zone.

2.1 Contexte géologique régional du Sud-ouest pacifique

2.1.1 Contexte géologique de la région Sud-Ouest Pacifique

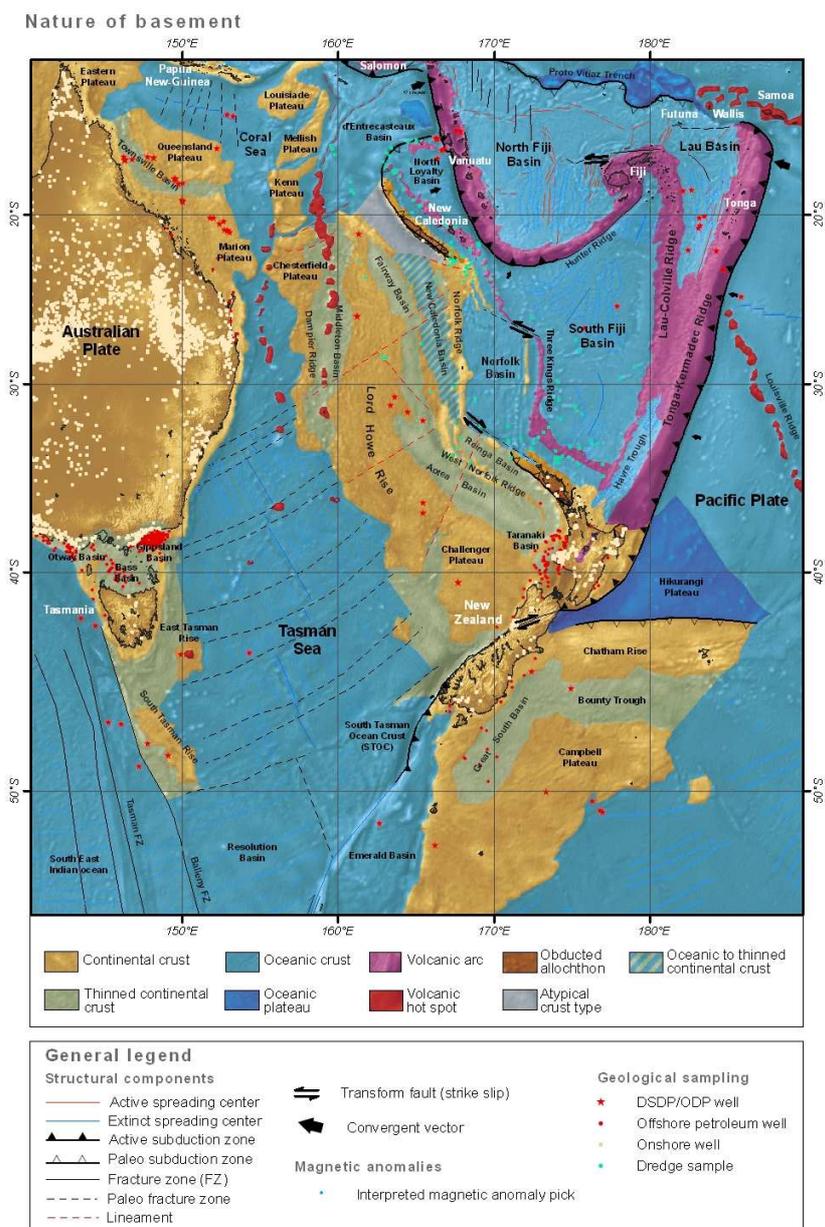


Figure 2 : Carte des provinces structurales du Sud-Ouest Pacifique. Le code couleurs est celui établi par la Commission de la carte géologique mondiale (CGMW) (Collot et al, 2012).

L'évolution des zones de subduction, qui ont successivement bordées la marge Est du super-continent Gondwana contrôle l'histoire géodynamique du Sud-ouest Pacifique. De nombreux rifts avortés, bassins arrière-arcs et arcs volcaniques rémanents en sont l'héritage (par exemple, cf *Lord Howe rise, Norfolk Rise, Fairway basin, Loyalty Basin* sur la **Figure 2**), et résultent de la fragmentation de la croûte continentale au fur et à mesure que la zone de subduction du Pacifique reculait d'Ouest en Est (**Figure 3**) par effondrement du panneau plongeant dans le manteau sous l'action de son propre poids (processus de *trench retreat by slab rollback*) (**Figure 4**).

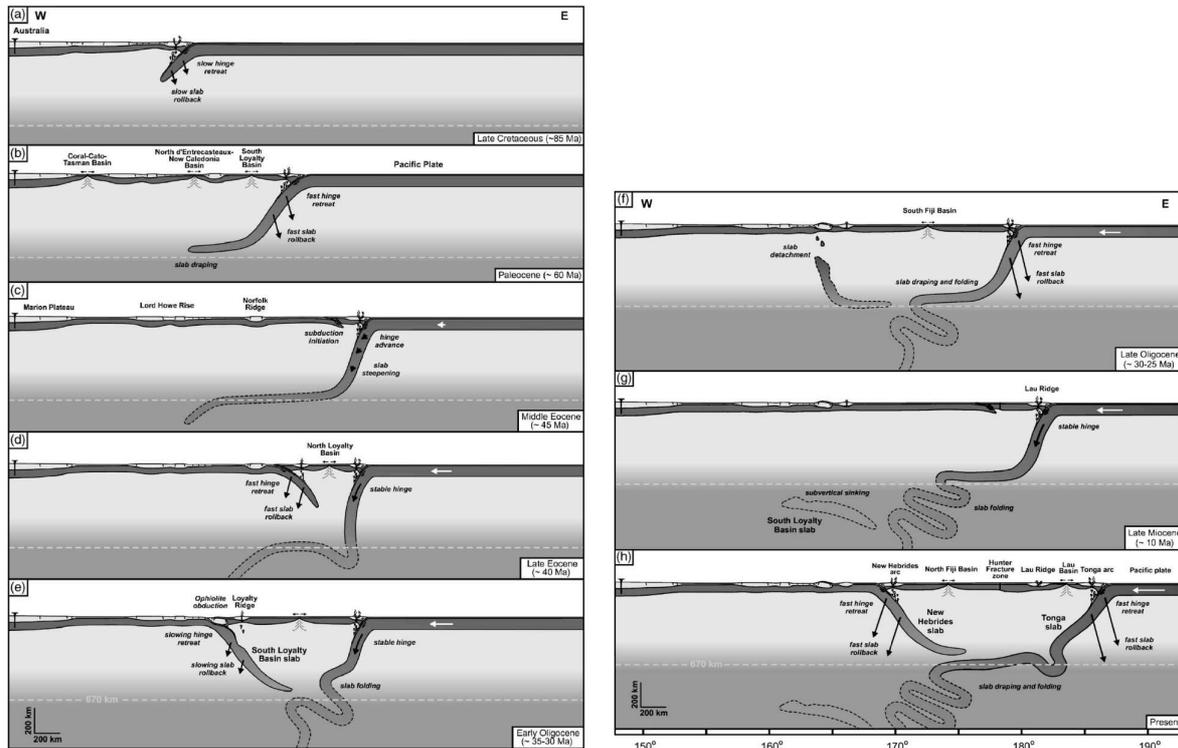


Figure 3 : Evolution géodynamique du Sud-ouest Pacifique par processus de *trench retreat by slab rollback*, modifié d'après Schellart et al.(2006). La présente étude s'appuie sur la période de la fin du Miocène supérieur jusqu'à l'actuel.

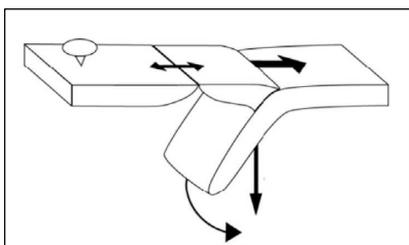


Figure 4 : Extension arrière-arc liée au recul de la fosse par effondrement du panneau plongeant dans le manteau, modifié par Collot (2009), d'après Heuret(2005).

2.1.2 Contexte géologique du Bassin Nord-Fidjien et de ses marges

La structuration actuelle du Bassin Nord-Fidjien résulte d'une longue évolution, amorcée au Miocène Supérieur (g et h **Figure 3**). L'entrée en subduction il y a 12 Ma d'une aspérité du fond marin (cf plateau Nord-Mélanésien (**Figure 1**) dans l'arc actif (**Figure 5**. -12 Ma), entraîne le blocage de la subduction de la plaque Pacifique à vergence Ouest sous la plaque australienne du Vitiaz (Kroenke, 1972; Packham, 1973; Falvey, 1975; Pelletier, 1999). La plaque australienne se sectionne alors, pour donner naissance à la subduction opposée du Vanuatu (**Figure 5**. 12-10 Ma). Bien que ce scénario soit accepté par la majorité des auteurs, le détail de l'histoire de ce renversement de subduction n'est pas encore connu.

L'analyse des anomalies magnétiques permet d'établir les modèles d'évolution (**Figure 5**) entre le Miocène Supérieur et l'actuel, qui décrivent les stades majeurs d'ouverture du bassin (Pelletier, 1999) :

1) Entre -12 Ma et -7 Ma (**Figure 5**), la mise en place de la subduction de la plaque australienne provoque le début du rifting d'un bassin en arrière de l'arc du Vitiaz. Son ouverture le long d'un axe NW-SE, s'accompagne du développement d'axes d'accrétion actifs d'extension Nord-est/Sud-ouest qui amène l'essentiel de l'arc du Vitiaz aux Vanuatu et aux Fidji.

2) La période entre 7 Ma et 3 Ma (**Figure 5**), est matérialisée par le développement d'un nouvel axe d'accrétion qui s'étend d'Ouest en Est depuis le Nord-Ouest du bassin créé jusqu'aux îles Fidji (**Figure 5**).

3) Au Pliocène, entre 3.5 et 3 Ma, le fonctionnement d'un second axe d'accrétion le long d'un axe N-S (**Figure 5**), entraîne l'ouverture E-W de la partie centrale méridionale du bassin. La terminaison Nord de cet axe vient se greffer à la zone décrochante senestre appelée Zone de Fracture Nord-Fidjienne, reliant ainsi le Bassin Nord-Fidjien nouvellement créé avec le bassin de Lau à l'Est (**Figure 1**). L'ouverture et l'accrétion de ce dernier seraient synchrones et reliées au troisième stade d'ouverture du bassin Nord-Fidjien.

4) La réorganisation vers 1,5-1 Ma du Bassin Nord Fidjien s'accompagne de l'ouverture au Sud-Est du bassin d'un nouveau segment parallèle à l'axe central Nord-Sud (176° E) (cf 1.5 Ma, present day **Figure 5**) et la mise en place du dispositif d'accrétion actif du bassin. Cette réorganisation serait fortement liée à l'entrée des rides asismiques des Loyauté et d'Entrecasteaux (**Figure 1**) dans la zone de subduction qui affecterait l'activité arrière arc de la partie centrale de l'arc du Vanuatu (Monzier, 1993).

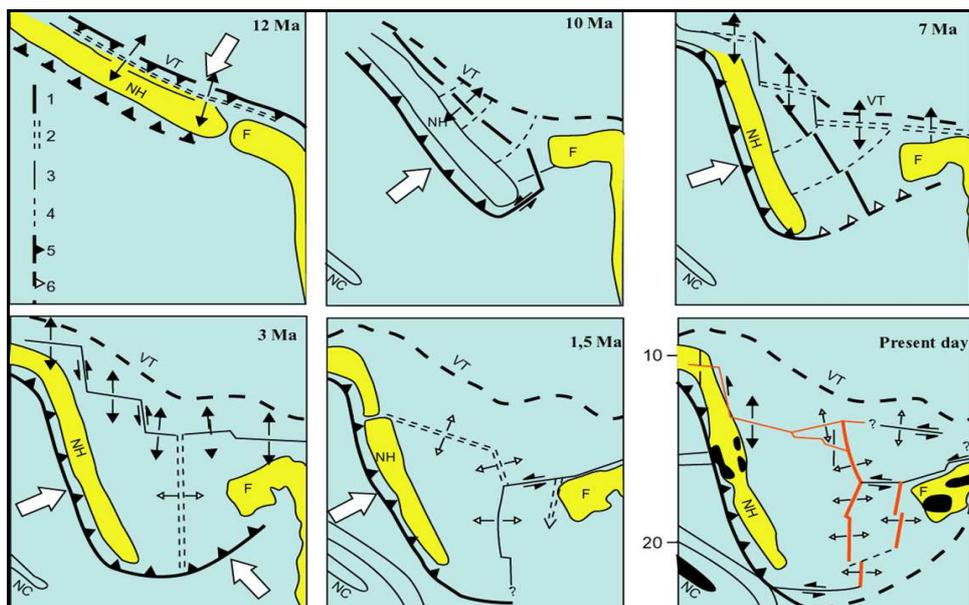


Figure 5: Les grandes étapes de l'évolution du bassin Nord-Fidjien du Miocène supérieur à l'actuel. Les différents schémas correspondent aux périodes de réorganisation entre les différents stades d'ouverture. D'après Auzende et al., 1995, modifié par Pelletier (1999) puis par Lagabrielle (2006). 1 : axe d'accrétion actif ; 2 : axe d'accrétion naissant ; 3 : faille transformante ; 4 : direction d'ouverture ; 5 : zone de subduction active ; 6 : zone de subduction naissante F : Fidji NH : Nouvelles Hébrides ou Vanuatu, VT : Vitiaz. Les flèches noires correspondent aux directions d'extension associée aux axes d'accrétion. Les flèches blanches correspondent à la direction moyenne des vecteurs de convergence des plaques australienne et pacifique.

Aujourd'hui la complexité de ce bassin se traduit par de très nombreux axes d'accrétion et leurs jonctions triples (cf cercles rouges sur **Figure 6**), soit plus de 4 000 kilomètres de frontières divergentes actives et d'une densité exceptionnellement forte de dorsale (Lagabrielle, 2006).

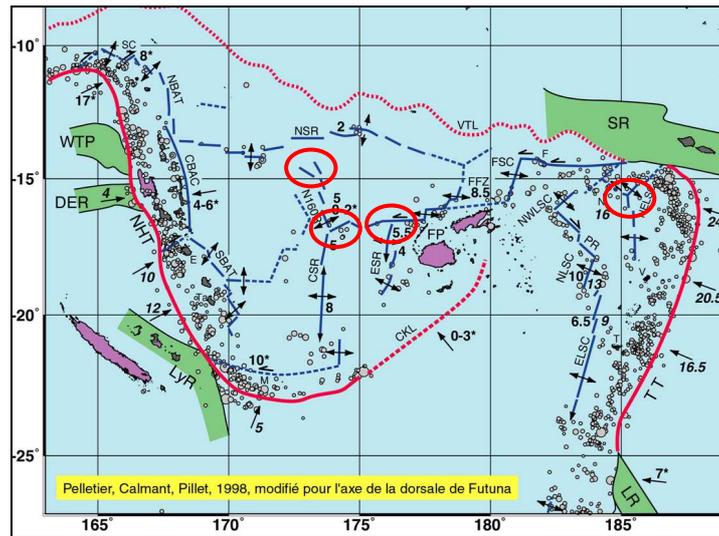


Figure 6: Répartition des axes convergents (en rouge)/divergents (en bleu) de la région du bassin Nord-Fidjien et localisation des points triples (cercles rouges) (Pelletier, Calmant, Pillet (1998) modifié par Lagabrielle (2006).

2.2 Les grandes unités structurales de la région Vanuatu-Bassin Nord-Fidjien / Tonga-Kermadec

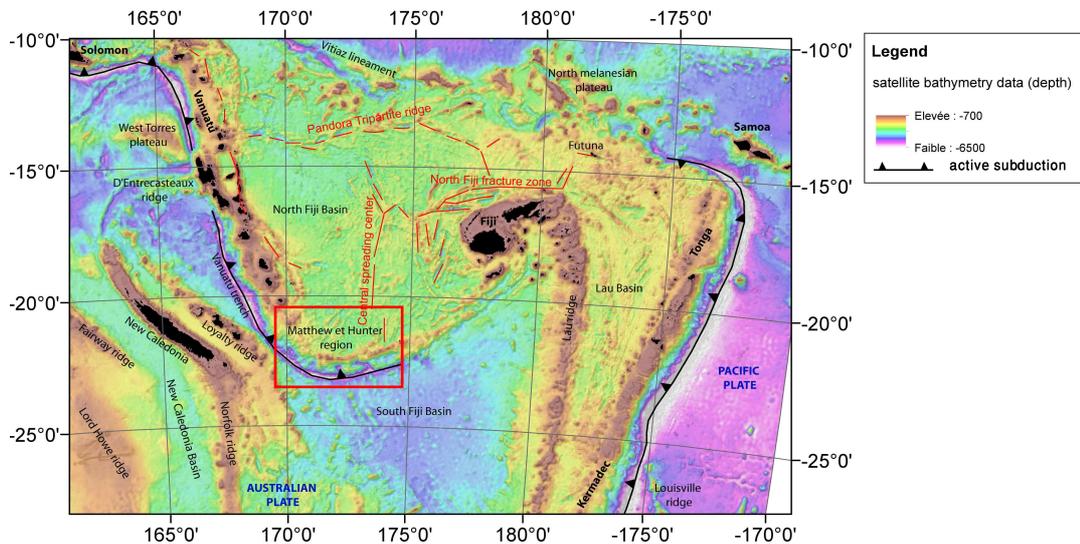


Figure 7: Localisation des grandes unités structurales dans la région du Sud-ouest Pacifique et de la zone d'étude (rectangle rouge). La topographie des fonds marins correspond à des données de bathymétrie satellitaire (d'après les données de Smith et Sandwell, 1997).

Il est proposé ici une description synthétique de l'origine et de la nature géologique des principales structures de la région Sud-Ouest Pacifique, classées selon six grands ensembles.

2.2.1 La zone de subduction du Vanuatu

○ L'arc volcanique du Vanuatu

La subduction du Vanuatu s'étend de 12°S à 24°S sur 1000 km de long dans des directions (Nord-Nord/est en moyenne) (**Figure 7**) et des vitesses de convergence variables du

Nord au Sud. Les données de magnétisme et les mesures GPS ont permis de relever des vitesses de 17 cm/an à l'extrémité Nord de la marge (12°S), de 10cm/an dans la partie centrale, et de 5 cm/an dans la terminaison Sud.

Suite à la restructuration de la région par ouverture du Bassin Nord Fidjien, l'arc du Vanuatu se retrouve affecté par la subduction inverse nouvellement créée. Bien qu'il soit associé à une marge convergente au moins depuis le Miocène basal (Mitchell et Warden, 1971 ; Carney et MacFarlane, 1982 ; MacFarlane et al in Greene et Wong, 1988 ; Greene et al, 1994), il serait lié à la subduction actuelle de la plaque australienne depuis le Miocène Supérieur. Cette dernière s'accompagne du développement d'un arc volcanique, actif depuis le post-Miocène (Pelletier, 1999), qui s'étend du volcan Tinakula au Nord jusqu'à Hunter au Sud (Macfarlane and al., 1988) (**Figure 8**), où la chaîne sommitale est moins développée.

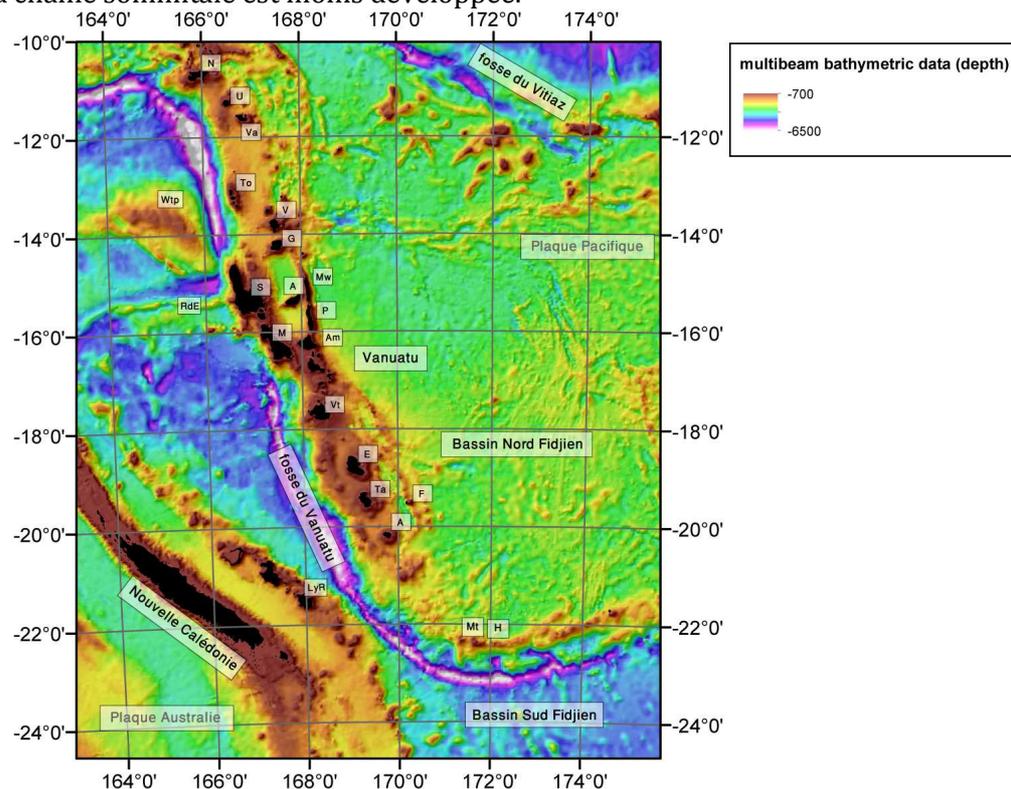


Figure 8 : Carte bathymétrique de la marge active du Vanuatu (d'après les données de Smith et Sandwell, 1997). Wtp : plateau West Torres ; RdE : Ride d'Entrecasteaux, LyR : ride des Loyauté ; N : Ndende ; U : Utupua ; Va : Vanikoro ; To : torres ; V : Vanua Lava ; G : Gaua ; Mw :Maewo ; A : Aoba ; S:Espirito Santo ; M : Malicollo, P :Pentecote ; Am : Ambrym ; Vt :Vate ; E :Erromango ; Ta :Tanna ; F :Futuna ; A : Anatom ; Mt : Matthew ; H :Hunter.

Les collisions entre arcs insulaires et rides océaniques, phénomènes récurrents dans la zone Sud-ouest Pacifique, semblent avoir un rôle majeur dans la segmentation Nord, centrale, Sud de l'arc du Vanuatu, et l'évolution de la marge active (Monzier, 1993). C'est le cas de la ride d'Entrecasteaux et du plateau de Ouest Torres (**Figure 8**) (Collot et al, 1985, 1992 ; Marthelot et al, 1985 ; Louat et al, 1986 ; Louat et Pelletier, 1989, Greene et al, 1994 Monzier, 1993, Crawford et al, 1995 ; Monzier et al, 1997 ; Laporte et al, 1998) ainsi que la Ride des Loyauté dans l'extrémité Sud de la marge. Elles sont soupçonnées d'avoir profondément modifié la morphologie, le volcanisme et la sismicité des différents segments de la subduction du Vanuatu. Le tronçon Sud est caractérisé par la courbure de la marge (**Figure 8**) et la terminaison de la marge active, où s'étend une étroite ride de l'arc volcanique du Vanuatu d'où émergent les pitons actifs de Matthew et Hunter (Maillet et al, 1986 ; Pelletier, 1999).

2.2.2 Le Bassin Nord Fidjien

Différents modèles d'ouverture du bassin Nord Fidjien ont été proposés (Chase, 1971 ; Gill et Gorton, 1973 ; Falvay, 1975; Mahaloff et al, 1982, Auzende et al, 1988). Les parties méridionale, centrale et septentrionale du Bassin Nord Fidjien (**Figure 7**), sont toutes caractérisées par la présence d'axes d'accrétion très actifs et mobiles au cours de l'expansion (**Figure 9**), et sont maintenant bien connues à la suite des nombreuses campagnes de cartographie multifaisceaux et de mesures géophysiques menées par la communauté internationale, effectuées dans le cadre du (programme SEAPSO (1985), programmes franco-japonais Starmer (1987-1992) et New Starmer (1994)).

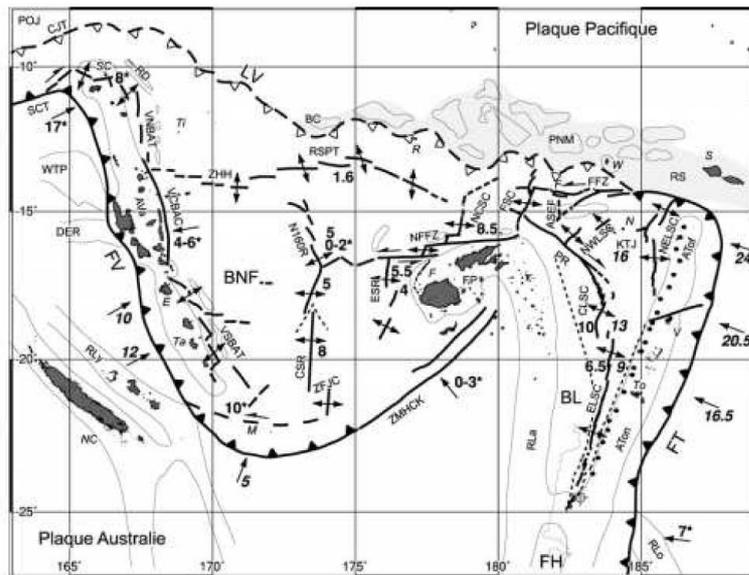


Figure 9: Situation cinématique du Bassin Nord Fidjien, tirée du schéma cinématique actualisé du Sud ouest Pacifique (compilé par Ruellan (2005) d'après Pelletier et al (1998) et Ruellan et al (2003)). Les flèches indiquent les mouvements relatifs des plaques issus de données de magnétisme et des mesures GPS; les taux de mouvements sont donnés en cm/an. ASEF : axe sud-est Futuna, ATon : arc des Tonga, AVa : arc de Vanuatu, BL : Bassin de Lau, BNF : Bassin Nord Fidjien, CLSC : axe d'accrétion central du Bassin de Lau, CSR : axe d'accrétion central du Bassin Nord Fidjien, DER : ride d'Entrecasteaux, ELSC : axe d'accrétion est du Bassin de Lau,

ESR : axe d'accrétion Est du Bassin Nord Fidjien, FFZ : zone de fracture de Futuna, FH : Fossé du Havre, FP :plateforme fidjienne, FSC : dorsale de Futuna, FT : Fosse des Tonga, FV : Fosse du Vanuatu, KTJ : point triple de King; LV : linéament du Vitiaz, NCSC : centre d'accrétion nord Cikobia, NELSC : axe d'accrétion nord-est du Bassin de Lau, NFFZ : zone de fracture nord fidjienne, NWLSC : axe d'accrétion nord-ouest du Bassin de Lau, PNM : Plateau Nord Mélanésien, POJ : Plateau d'Ontong Java, RLa : ride de Lau-Colville, RLo : ride de Louisville, RS : ride des Samoa, RSPT : ride Sud Pandora-Tripartite, SCT : Fosse de San Cristobal, VCBAC : compression arrière-arc du Vanuatu central, VSBAT : fossés arrière-arc du sud Vanuatu, WTP :plateau ouest Torres, ZFJC : zone de fracture Jean-Charcot, ZHH : zone d'Hazel Holme, ZMHCK : zone de Matthew-Hunter.

Ces axes, sont représentés par deux grandes zones :

-la dorsale Nord-Fidjienne orientée N-S (cf CSR dans la **Figure 9**): Elle est elle-même divisée en deux axes localisés dans la partie centrale et Sud du bassin.

Le premier, actif depuis au moins 2.5 Ma selon Pelletier (1999), est situé sur 173°30 E et 174°E, et s'ouvrirait à des vitesses de 5 à 8 cm/an selon les segments (Ruellan, 2005). Le système d'accrétion central du Bassin Nord-fidjien, se termine au Sud à 21°S par un décalage senestre d'une longueur de 80 km de l'axe actif par un dispositif transformant dans la région de Matthew et Hunter. Ce segment terminal semble plus récent (Maillet et al, 1989 ; Ruellan et al 1989). Le second axe N-S est situé vers 176° E (cf ESR sur la **Figure 9**) et composé de deux segments N10° E et N20° E, actifs depuis au moins 1 Ma, dont les taux d'ouverture augmentent en direction du Nord : 4 cm /an à 17°55 S, 5.5 cm/an à 17°15S (Huchon et al, 1994 ; Auzende et al, 1995).

-la dorsale orientée E-W Sud-Pandora (cf ZHH, RSPT dans la **Figure 9**): Ce troisième axe d'accrétion, perpendiculaire à l'axe N-S, s'étend entre 168° E et 178 ° E. Sa partie Ouest (Zone d'Hazel Holme cf ZHH sur la **Figure 9**), qui s'achève sur un point triple au niveau de l'arc du Vanuatu, est caractérisée par une zone d'extension N-S active et récente (Pelletier et al, 1988, 1993, et 1999 ; Louat et Pelletier, 1989) tandis que ses parties centrale et orientale (ride Sud

Pandora-Tripartite, cf RSPT dans la **Figure 9**) sont davantage considérées comme une zone de fracture avec de courts segments en accréation (Price et al, 1990). Contrairement à la dorsale Nord-Fidjienne, l'extension par accréation se fait selon une direction N-S à des vitesses relativement lentes de l'ordre de 1.6 cm/an (Lagabrielle et al, 1996).

Les cartes bathymétriques effectuées (campagne NOFI du navire *L'Atalante*), mettent en évidence une très grande variabilité de la morphologie axiale de ces axes (graben avec ou sans ride néovolcanique, dôme allongé), témoins d'instabilités dans un manteau supérieur très chaud (communication personnelle).

2.2.3 La zone de subduction des Tonga-Kermadec

Active depuis l'Eocène moyen à supérieure, la marge des Tonga-Kermadec (**Figure 7**), longue de 3000 km résulte de la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque australienne. La direction moyenne de convergence N96°E à N104°E (**Figure 9**) entre la plaque Pacifique et l'arc des Tonga s'accompagne d'une vitesse variant de 24cm/an à l'extrémité Nord à 6 cm/an dans la zone de jonction arc-Ride Louisville (Pelletier et Louat, 1989, Bevis et al, 1995). Cette grande différence de taux de convergence entre le Nord et le Sud s'explique par l'ouverture du bassin arrière arc de Lau (cf NELSC dans la **Figure 9**) plus rapide au Nord qu'au Sud (15 cm/an), ajouté au mouvement relatif de la plaque Pacifique par rapport à la plaque australienne (9 cm/an). L'arc volcanique des Tonga-Kermadec peut être divisé en deux tronçons, de part et d'autres de la zone de collision de la Ride de Louisville (cf RLo dans la **Figure 9**) qui migre du Nord au Sud, entraînant un décalage d'environ 50 km vers l'ouest de la fosse et de l'arc volcanique actif des Tonga (Pontoise et al, 1986, Pelletier et Dupont, 1990) par rapport au tronçon des Kermadec.

2.2.4 Les zones de cisaillements

Le passage entre les deux zones de subduction du Vanuatu et des Tonga est caractérisé par deux grandes zones de cisaillements senestres, les Zones de Fractures Nord-Fidjienne et de Hunter, délimitant le bassin Nord-Fidjien (Eissen et al) aux latitudes respectives 17°S et 19°-22°S. Même si certaines zones sont encore mal cartographiées nous savons que ces limites comprennent des axes d'expansion et des failles transformantes bien identifiées (Eguchi, 1984 ; Pelletier et Louat, 1989).

○ La Zone de Fracture Nord Fidjienne :

Le raccordement du bassin de Lau avec la terminaison orientale du bassin Nord-Fidjien s'effectue à travers la zone de fracture Nord-Fidjienne (**Figure 7**) transformante senestre (Eguchi, 1984 ; Pelletier et Louat, 1989 ; Pelletier, 2000, 2001) mise en place entre 1.6 et 1 Ma, et au niveau des points triples (**Figure 6**). Son régime décrochant mis en place à la fin du Pliocène (Grzesczyk et al, 1991) lors de l'entrée en collision du plateau Nord Mélanésien-Ride de Samoa (**Figure 1**), s'accompagne de structures transverses d'extension NW/SE (Tiffin, 1993). Le décalage entre la terminaison Nord de la marge des Tonga et la terminaison Sud du linéament du Vitiaz a permis de relever une vitesse du mouvement décrochant très rapide, estimée à 18 cm/an depuis 2 Ma (Pelletier et Louat, 1989).

○ La Zone de Hunter :

La Zone de Hunter (**Figure 7**) ou Ride de Hunter, constitue l'extrémité Est de la zone arquée de la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu. Elle assure la liaison entre la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu et la plate-forme Fidjienne. N'ayant qu'une valeur hypothétique à ce stade de l'étude, déjà pressentie par Maillet et al (1986) comme une zone décrochante senestre, son fonctionnement actuel proviendrait du découplage de la lithosphère plongeante le long d'une grande déchirure.

2.2.5 Les rides asismiques et plateaux océaniques

Plusieurs rides ou massifs, tels que le plateau West Torres, la ride d'Entrecasteaux et la ride des Loyauté, entrent en collision dans la subduction du Vanuatu. Cet affrontement a de nombreuses conséquences sur la morphologie de l'arc, dans les parties centrale et Sud de la subduction du Vanuatu. Seule la Ride des Loyautés présente un intérêt pour notre étude et sera décrite ici.

○ La ride des Loyautés :

La ride des Loyauté (**Figure 7**) est un arc océanique éocène (Maillet et al, 1983, Kroenke, 1984 ; Cluzel et al, 1994 ; Eissen et al, 1998 ; Cluzel et al, 2001, Crawford et al, 2002, Sdrolias et al, 2003 ; Cluzel et al, 2006 ; Scellart et al, 2006, Collot et al, 2011) qui s'étend sur 1 000 km parallèlement au bassin des Loyauté et à la ride de Norfolk.

Aux alentours de 0,3 Ma vers 22°S, elle vient en subduction-collision avec la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu (cf LyR **Figure 8**). Compte tenu de sa configuration massive et de son épaisseur crustale importante (25km), l'affrontement avec l'arc du Vanuatu modifie profondément la morphologie de l'arc au niveau de la zone de jonction. Le relevé de nombreuses déformations dans la plaque supérieure dans la zone comprise entre 21,50°S et 23°S indique notamment la mise en place de nouveaux mouvements orientés E-W.

2.2.6 Géométrie du *slab* Australien

Les coupes sériées de la subduction du Vanuatu (**Figure 10**) (communication personnelle) mettent en évidence qu'en comparaison avec la marge centrale et Nord du Vanuatu, l'extrémité Sud arquée connaît un *gap* d'activité sismique matérialisé par un raccourcissement de la longueur du plan de Wadati-Benioff (350 km à 170 km de profondeur). La taille du panneau plongeant et son degré de plongement serait donc beaucoup moins importants dans la terminaison Sud. Un changement de géométrie du *slab* de telle ampleur laisse penser à une nouvelle forme de confrontation entre la plaque inférieure et la plaque supérieure. Au-delà de 174° E, aucune activité sismique profonde n'est relevée, supposant qu'il n'y ai plus de déformation ou de convergence de plaques.

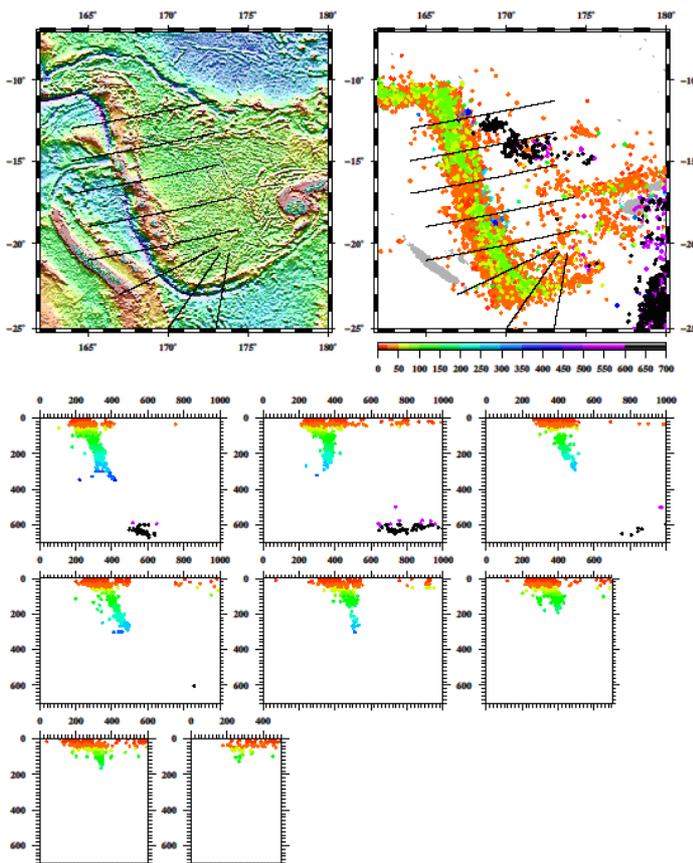


Figure 10: Coupes verticales sismologiques de l'arc du Vanuatu dans le Sud-ouest Pacifique. Evolution de la profondeur du panneau plongeant et du plan de Wadati-Benioff du Nord au Sud (d'après Marc Fournier_communication personnelle).

2.3 La terminaison Sud de la zone de subduction du Vanuatu

2.3.1 Caractérisation de la frontière plaque australienne-plaque supérieure dans la terminaison Sud du Vanuatu

Par manque de données, peu d'études ont été menées sur la terminaison Sud de l'arc des Vanuatu. Elle est caractérisée à 22°S par sa géométrie incurvée vers l'Est (**Figure 7**), soulignée par la morphologie de l'arc ainsi que celle de la fosse. Une telle configuration et un certains nombres d'indicateurs, témoignent, outre la morphologie, du changement progressif de la géodynamique et de la cinématique dans ce secteur.

○ Variation de la direction du vecteur et du taux de convergence :

Les données GPS montre une variation de direction du vecteur de convergence selon si l'on se trouve dans la zone centrale ou Sud de la marge du Vanuatu (cf vecteurs de convergence sur la **Figure 6**) : D'orientation N53°E en moyenne pour l'ensemble de la marge (jusqu'à 21°S), les points GPS situés sur Matthew-et Hunter enregistrent un déplacement relatif N-S des îlots par rapport à la plaque australienne, à des vitesses respectives de 4.81cm/an et 4.23cm/an (**Figure 12**). La faible vitesse de l'arc par rapport à la plaque Australienne mesurée au Sud, s'oppose à un taux de convergence de l'ordre de 12 cm/an dans la partie centrale de l'arc (**Figure 9**) (Ruellan (2005) d'après Pelletier et al (1998) et Ruellan et al (2003)).

Table 3. Global Positioning System-Derived Velocity at Vanuatu Sites Relative to the Australian Plate and to the Western North Fiji Basin

Island	Site Location	Name	Velocity Relative to the Australian Plate, mm/yr	Velocity Relative to the Western NFB, mm/yr	Number of Campaigns	Time Window
Matthew	171.36°E, 22.34°S	MTTW	48.1 ± 2.4 N197° $\pm 6^\circ$	87.3 ± 5.1 N108° $\pm 2^\circ$	11	1992 – 1995/1995 – 2000
Hunter	172.09°E, 22.40°S	HUNT	42.3 ± 11.8 N177° $\pm 30^\circ$	101.3 ± 22 N102° $\pm 7^\circ$	4	1997 – 2000

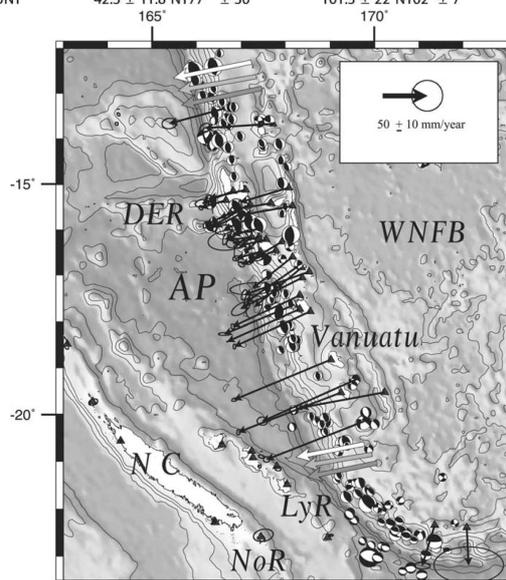


Figure 11 : En Haut : Tableau répertoriant l'ensemble de vitesses issues des données GPS relevées sur différents sites de l'arc du Vanuatu, relatives à la plaque Australienne. En bas : Modèle tectonique le long de la subduction du Vanuatu basé sur les données GPS (Calmant et al, 2003). Les flèches représentent les vitesses de déplacements, relatives à la plaque australienne.

○ Sismicité et géodésie

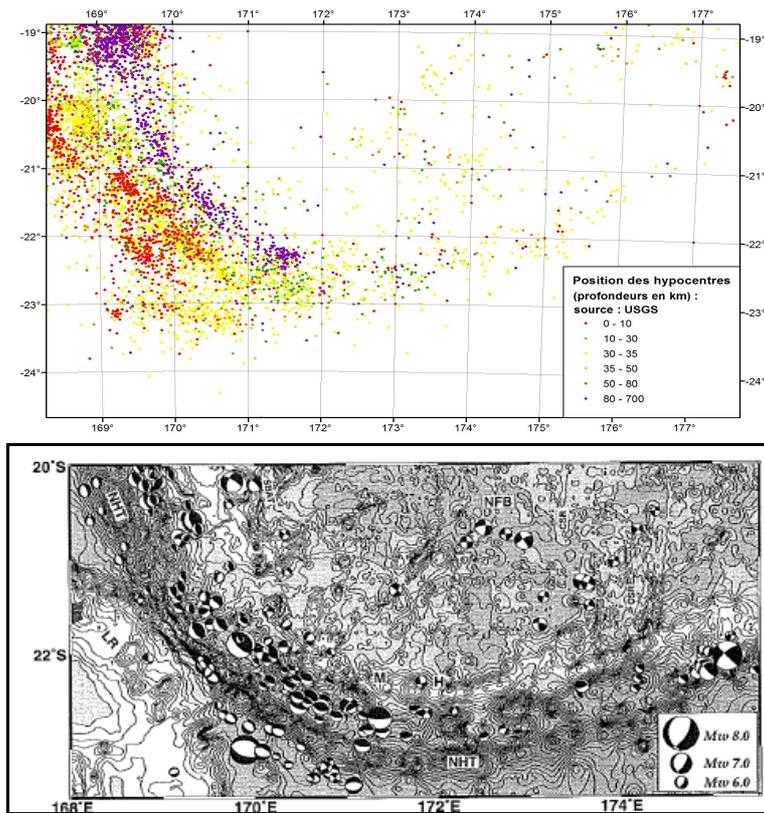


Figure 12: En haut : carte de répartition des hypocentres (ArcGis) provenant de la base de données CMT, de la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu et extrémité Sud du Bassin Nord Fidjien; en bas : carte de répartition des séismes. Les localisations et les contraintes liées aux séismes sont représentées par les mécanismes focaux, dont la taille est proportionnelle à la magnitude (Pelletier (1998)).

La répartition des séismes (Figure 12) montre une distribution hétérogène des événements sismiques le long de la zone de subduction : la marge Sud est en effet une zone faiblement sismique par rapport à la marge Nord et centrale, caractérisée par des séismes superficiels aux propriétés mécaniques décrochantes (cf mécanismes au foyer, Figure 12). Cette diminution nette des séismes en profondeur s'accompagne donc d'un changement du type de mouvements associés, qui s'exprime majoritairement par des déformations dans la plaque supérieure, bien illustrées dans la figure ci-dessous :

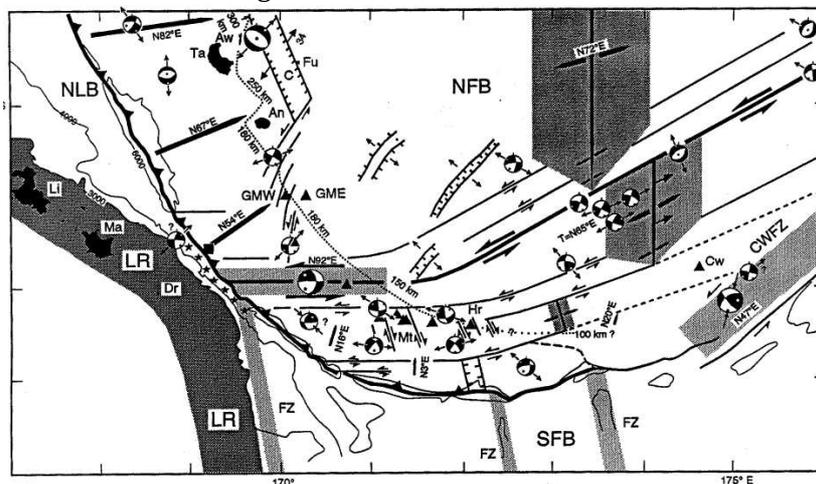


Figure 13: Schéma géodynamique actuel des parties méridionales de la zone de subduction du Vanuatu et du Bassin Nord Fidjien. Les triangles noirs correspondent aux volcans étudiés. Le trait

épais représente la fosse profonde. Les étoiles indiquent la zone de collision Ride des Loyauté-Vanuatu. La sismo tectonique est basée sur les mécanismes focaux CMT (Centroïd Moment Tensor) des séismes superficiels (0-70 km). Les flèches épaisses=mouvements relatifs entre l'Australie et l'arc du Vanuatu. Cercles=mécanismes focaux en failles normales et décrochements. Flèches doubles épaisses=mouvements actuel décrochant senestre N°92 E vers 22°S à travers l'arc du Vanuatu. (Monzier, 1993).

Le schéma structural de Monzier (1993) (Figure 13) sert de base à notre étude. Ce modèle constitue la dernière analyse morpho-structurale effectuée sur la région de Matthew-Hunter. Selon lui, la plaque supérieure semble être une zone de cisaillement (Figure 13), où l'essentiel du mouvement se traduit à travers des structures d'orientation préférentielle E-W (Monzier, 1993). L'ensemble de ces failles entrainerait la formation d'une nouvelle frontière de plaque, individualisant la « micro-plaque de Matthew-Hunter » (Monzier, 1993).

Des points GPS localisés sur différents points de l'arc du Vanuatu ont mesurés entre 1992 et 2000 la vitesse relative de déplacement de l'arc (Calmant et al, 2003). L'un d'eux, positionné sur l'îlot Matthew a notamment enregistré un déplacement relatif de l'îlot vers l'Est par rapport à l'île d'Anatom (Figure 14) située sur l'arc légèrement plus au Nord à 169°77 E, 20°14 S. Ces données vont dans le sens de l'hypothèse de Monzier concernant l'existence de la micro-plaque isolée de Matthew-Hunter, qui se déplace rapidement vers l'Est. D'après Louat et Pelletier (1989) et Monzier (1993), la nouvelle limite de plaque formée pourrait être interprétée comme l'une des conséquences de l'entrée en collision de la Ride des Loyauté dans la subduction du Vanuatu à 22°S.

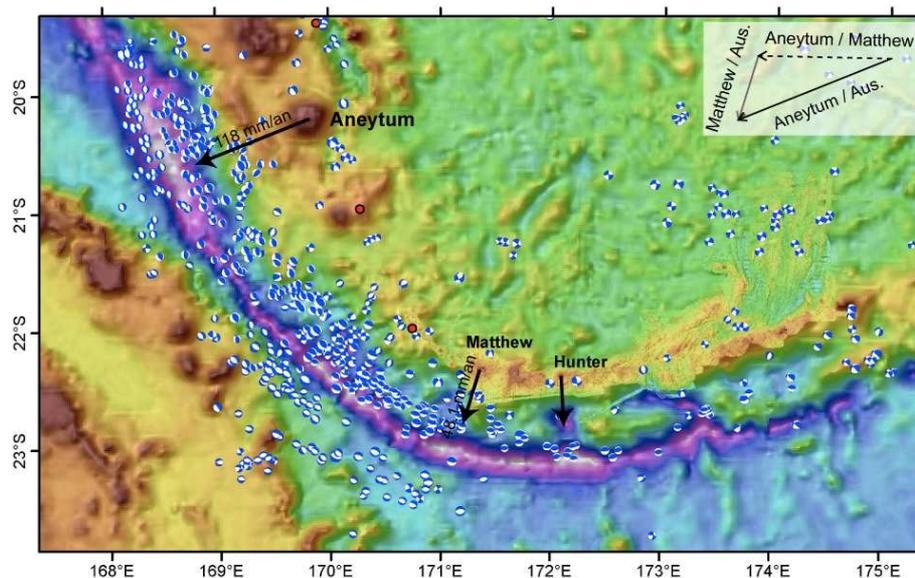


Figure 14 : Mécanismes au foyer des séismes superficiels (<50 km). Les flèches noires indiquent les vecteurs de convergence par rapport à la plaque Australie mesuré par GPS (Calmant et al., 2003). L'encart en haut à droite indique le mouvement Est-Ouest de l'île d'Aneytum par rapport à Matthew (flèche en pointillés) déduit du mouvement de Matthew et d'Aneytum par rapport à la plaque Australie (traits pleins).

2.3.2 Rôle et influence de la subduction-collision de la ride des Loyautés

Les effets de la subduction d'aspérités sur la subduction et la tectonique des marges convergentes ont suscité de nombreux travaux. On peut notamment citer : Collot et al, 1985, 1992 ; Dupont et Herzer, 1985; McCann et Habermann, 1989 ; Collot et Fisher, 1989 et 1991 ; Balance et al, 1989 ; Lallemand et al, 1989, 1994 ; Monzier et al, 1990 ; Pelletier et Dupont, 1990 ; Fisher et al, 1991 ; Closs, 1993 ; Kolarski et al, 1995 ; Collot et Davy, 1998). Comme évoqué précédemment (partie 2.2.5 *Les rides asismiques et plateaux océaniques*), la ride des Loyauté (cf LyR dans la Figure 9) entre en collision dans la zone de subduction du Vanuatu à

22°S. Cette collision donne à cette zone un certain nombre de caractéristiques qu'il convient de décrire.

Tout d'abord, on y observe une augmentation de la sismicité (**Figure 12**) : La détection de séismes superficiels le long de la fosse a mis en évidence de nombreuses failles situées sur la pente interne expliquant la diminution du nombre de séismes profonds au profit d'une activité sismique en surface et leur répartition sur une faible longueur du plan sismique (200 km). Les données obtenues par cartographie multifaisceaux et par plongée en submersible (Daniel et al, 1986, Monzier et al, 1989 et 1990, Monzier, 1993) mettent en évidence un rétrécissement de la fosse au niveau de la zone d'affrontement entre 21,5°S et 22°S, son recul au niveau du point de jonction d'une vingtaine de kilomètres par rapport à son tracé initial et un faible développement de l'arc volcanique.

2.3.4 Le magmatisme de la terminaison Sud de la subduction du Vanuatu

Plusieurs facteurs interviennent dans la formation des magmas de subduction ou d'accrétion. Les différents composants retrouvés dans les roches en surface témoignent de conditions dans lesquelles le matériel de ces magmas a pu se former moyennant deux étapes : la production d'un magma primaire, par fusion partielle d'un solide initial, et d'autre part la constitution de roches solides, par refroidissement et cristallisation progressive des magmas liquides.

○ Les différents types de magmatisme :

-Les rides médio-océaniques, centres d'expansion des océans et typiques des dorsales océaniques, sont le lieu de production d'une très grande quantité de basaltes, qui forment la croûte océanique : L'amincissement de la lithosphère lié à un régime tectonique en extension amène l'asthénosphère à la surface qui rentre ensuite en fusion par décompression adiabatique.

Les basaltes des rides médio-océaniques (MORB : *Middle Oceanic Ridge Basalte*) constituent alors un échantillonnage accessible du manteau. Ils sont généralement pauvres en potassium et en eau provoquant un volcanisme de type effusif.

-La subduction de plaque s'accompagne d'un volcanisme d'arc. Les arcs insulaires, répartis en bordure des zones de subduction, résultent de la formation de nouvelle croûte, similaire à celle des continents. Les processus physico-chimiques associés sont différents de ceux qui ont lieu sous les rides médio-océaniques.

-Les séries de volcanisme de type BABBS (*Back-arc Basalt Basins*) sont le témoin d'une extension arrière arc sous l'effet de mouvement extensifs. La plaque plongeante qui vient hydrater le manteau de la plaque supérieure entraîne la formation de mouvements convectifs et la fusion de l'asthénosphère. Il en résulte la production d'un magma aux caractéristiques voisines des MORBS, dans lesquels on retrouve des indices de la présence des composés de la plaque plongeante (sédiments, eau de mer, croûte océanique ancienne).

-Enfin, les basaltes de type OIB (*Ocean Island Basalts*) sont caractéristique des îles océaniques intra-plaques (de points chauds). Ils sont issus de la remontée d'un panache magmatique généralement profond, situé au niveau de grands mouvements de convection dans le manteau.

○ Le Volcanisme et la géochimie dans la partie méridionale de l'arc du Vanuatu

Les quelques 125 prélèvements effectués essentiellement dans la zone d'étude (**Figure 15**), par l'Université de Tasmanie (Danyushevsky) sur le *Southern surveyor* en 2006, ont été soumis à une analyse géochimique détaillée. La réunion de travail fin juillet 2013 à Hobart entre le SGNC (Collot, Fabre, Patriat) et l'UTAS (Danyushevsky, Falloon, Meffre) fut justement consacrée à la discussion sur la signification des résultats, et sur la compatibilité des modèles entre tectonique, (cf 5. *Interprétation de la zone de Matthew-Hunter_Discussion*) et géochimie dans la région de Matthew-Hunter.

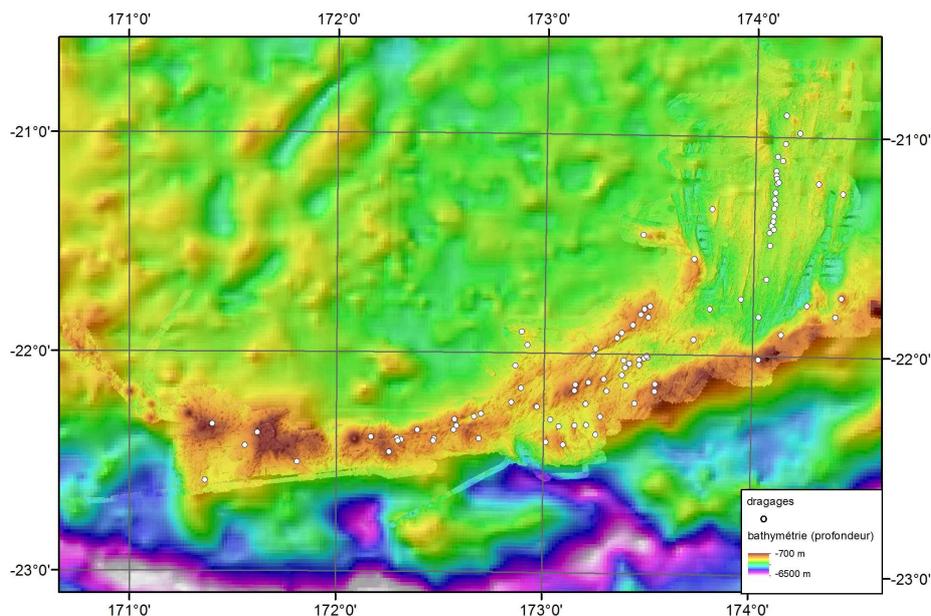


Figure 15 : Carte bathymétrique et répartition des dragages effectués par l'université de Tasmanie en 2006 à bord du navire océanographique *Southern Surveyor* lors des missions SS03, SS08, SS10.

Les dragages effectués le long de l'axe Nord-Sud traduisent un magmatisme de type MORB, typique des dorsales océaniques. La zone au Sud de l'axe, localisée entre 173° et 174° E est au contraire composée d'une large gamme de composition de magmas représentés par : des BABBS, des Adakites et tous les intermédiaires entre ces deux pôles. Les Adakites sont des roches magmatiques riches en SiO_2 , faiblement concentré en terres rares qui se concentrent généralement dans les arcs volcaniques.

2.3.5 Le processus tectonique de Subduction-Transform Edge Propagator fault

Govers et Wortel (2005) ont montré que le processus de *STEP faults* est un processus géométrique qui relève de conditions existantes pour plusieurs terminaisons de subduction. Défini comme *Subduction-Transform Edge Propagator fault*, il est un trait caractéristique des plaques tectoniques amenant la lithosphère du *slab* plongeant à se déchirer (et à se dédoubler) le long d'une zone transformante (**Figure 16**). Il peut être observé dans plusieurs endroits (fosse des Antilles, fosse Sud des Sandwich, terminaison sud de la fosse de Vrancea, fosse de Calabria, terminaison des Tonga). Au vu de la position de notre zone d'étude (en bout d'une zone de subduction) potentiellement similaire aux zones présentant des *STEP faults*, nous avons jugé opportun de prendre en compte ce mécanisme dans notre analyse afin de pouvoir discuter des analogies.

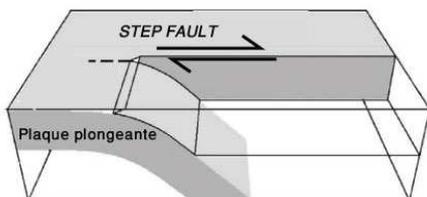


Figure 16 : Vue 3D du modèle géométrique de processus de Subduction-Transform Edge Propagator fault (modifié d'après Govers et Wortel (2005)).

○ Comportement élastique de la lithosphère :

Les plaques lithosphériques sont généralement considérées comme des objets ayant une certaine viscosité, capables de se déformer élastiquement. La vitesse est un paramètre qui

mesure la capacité des fluides (ou matériaux non rigides) à se déplacer dans le temps, en tenant compte de la viscosité et la densité du milieu (ici, l'asthénosphère). Des modèles théoriques (**Figure 17**), établis par Govers et Wortel (2005) à partir d'études de zone à *STEP fault*, représentent la répartition des vitesses verticales et horizontales mettant en évidence les déformations verticales (forces de traction-compression) et les déformations horizontales (forces de cisaillement). Il est ainsi possible de déterminer la localisation, l'étendue en surface, mais aussi la continuité en profondeur des déformations type des zones de *STEP fault*.

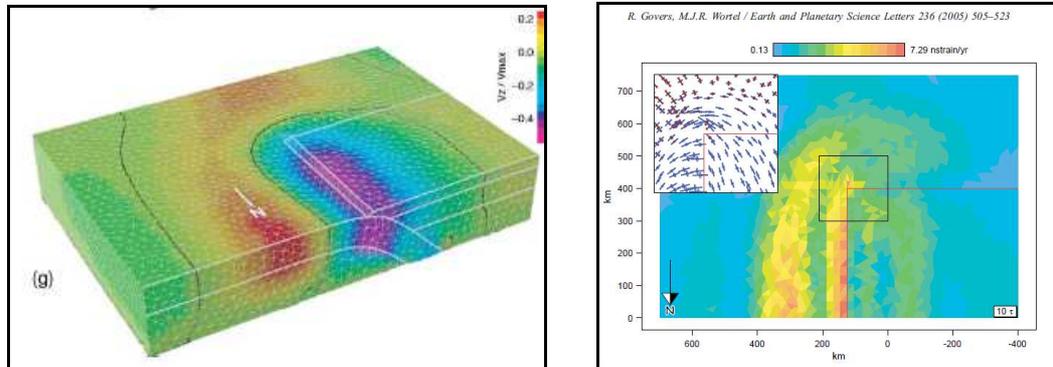


Figure 17 : A gauche : modèle rhéologique en contexte de *STEP fault* représentant les déformations verticales qui résultent du comportement élastiques de la lithosphère et de l'asthénosphère (Govers et Wortel (2005)). A droite : modèle de répartition des contraintes de traction (flèches rouges)-compression (flèches bleues) de surface en contexte de *STEP fault*.

○ **Cas de la région du Bassin Nord Fidjien (Tonga) :**

Dans la région du bassin Nord-Fidjien, l'étude de la sismicité (Isacks et al) (Millen et Hamburger) met en évidence une déchirure au sein de la plaque Pacifique dans la terminaison Nord de la subduction des Tonga. Les mécanismes aux foyers indiquent en effet la présence de failles superficielles (dans les 50 km de profondeur maximum) le long du plan de subduction: représentées par des séismes d'intensité importante (5,6 – 7,5 mb), elles définissent une série de décrochements senestres.

Pour conclure cette partie, le cas de la terminaison Sud du Vanuatu a été jusque-là bien moins étudiée que la terminaison Nord des Tonga. La faible sismicité observée tels que dans la terminaison Nord des Tonga nous amène à nous questionner sur la possibilité d'un processus de *STEP fault* le long d'une faille transformante senestre E-W. Selon Govers et Wortel (2005), le segment Est qui fait suite à la disparition de la fosse pourrait correspondre à une zone de *STEP fault*, mais étant donnée le manque d'information sismique à cet endroit, la portion active du *STEP fault* reste difficilement identifiable.

3. DONNEES ET METHODOLOGIE

3.1 Les données disponibles

Afin de mener à bien cette étude sur la terminaison méridionale de l'arc du Vanuatu, nous disposons d'un grand jeu de données. Ces données, ont pour la plupart été acquises en 2006 par l'Université de Tasmanie à travers plusieurs missions océanographiques, à bord du navire océanographique *Southern Surveyor* (Figure 18).

- **Les données bathymétriques :**

La bathymétrie consiste en la mesure de la profondeur de la tranche d'eau par mesures acoustiques. Nous disposons d'un part d'une bathymétrie dérivée de l'altimétrie satellitaire (Smith et Sandwell, 1997), et d'autre part de données bathymétriques multifaisceaux mesurées par l'université de Tasmanie. Celles ci ont été acquises en 2006 par des levés multifaisceaux lors de la campagne océanographique SS2006, et présentent une résolution de 30 m. A titre de comparaison, la résolution des données bathymétriques issues de l'altimétrie satellitaire est de l'ordre de 2000 m.



Figure 18: à gauche : le navire océanographique australien *Southern Surveyor*. A droite : schéma d'un levé bathymétrique multifaisceaux.

Ces données brutes haute résolution une fois mises en forme permettent d'en sortir une carte, qui couvre l'ensemble de la région de Matthew-Hunter entre 170°40 E -175° E et 20°30S - 22°50S. La bathymétrie permettra de mieux caractériser la morphologie des fonds marins, et d'identifier l'ensemble des structures visibles (failles, volcans, rides, etc) pouvant apporter des indices sur les mouvements perpétués au cours du temps dans la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu.

- **Les données gravimétriques :**

La connaissance précise et en continu de l'orbite des satellites permet de tirer des informations sur le champ de pesanteur terrestre, avec la possibilité de couvrir toute la surface de la Terre. Cette méthode, qui consiste en la mesure de l'intensité de la pesanteur, à partir d'une ellipsoïde de référence permet de sortir une cartographie globale des anomalies gravimétriques renseignant sur la répartition des masses dans les enveloppes superficielles. Dans le cas de l'étude, ces données (Sandwell et Smith, 1997) peuvent être utilisées pour obtenir des informations indirectes sur la structure profonde de la croûte notamment son épaisseur et sa densité.

- **Les données magnétiques :**

La Terre possède un champ magnétique, lié à des mouvements profonds de convergence dans le noyau externe, qui varie rapidement. A l'échelle des temps géologiques, les roches ont la capacité d'enregistrer ce champ lors de leur mise en place, qui à travers l'orientation de leurs minéraux fossilisent l'intensité et la direction du champ moyen. Lors des mesures, sont relevés le

champ magnétique rémanent des roches ajouté au champ magnétique actuel (IGRF). Il convient donc d'appliquer une correction, afin d'arriver à une valeur réelle de champ à un temps donné. La mesure, à la surface de l'océan du champ magnétique terrestre fait apparaître des anomalies correspondant à des variations locales du champ magnétique rémanent enregistré par les roches au moment de leur refroidissement. Cette mesure peut nous apporter des informations sur l'âge de refroidissement de ces roches et donc sur leur âge de formation. Le Bassin Nord Fidjien est caractérisé par l'existence de nombreux axes d'accrétion, d'orientations variées (axe Nord-Sud central, axe Est-Ouest). Les données magnétiques prédites dont nous disposons, tirées de la thèse de J. Collot (2009), pourraient nous permettre de contraindre les âges et vitesse d'accrétion de la lithosphère océanique dans le bassin et donc de préciser les mouvements relatifs des plaques.

○ **Les données sismologiques :**

Les données sismologiques présentées dans l'étude qui suit proviennent des bases de données *Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project* et *USGS*. Elles répertorient l'ensemble des séismes depuis plus d'un siècle, enregistrant la position des hypocentres moyennant une précision de 10 kilomètres pour l'*USGS*.

À l'aide de différentes stations sismiques réparties autour d'un séisme, il est possible de retrouver les paramètres physiques du séisme, ses coordonnées, sa profondeur et son mécanisme au foyer. Ces derniers (**Figure 19**) reprennent les paramètres géométriques de la rupture, liés aux variations du champ de contrainte dans la croûte, et déterminent ainsi le type de faille mise en jeu.

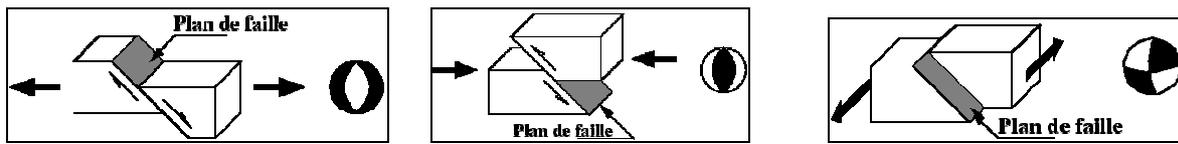


Figure 19 : Les types de déformations et les mécanismes aux foyers associés. Le premier bloc est animé par une contrainte extensive normale, le deuxième une contrainte compressive, le troisième une contrainte décrochante.

Il est aussi possible d'afficher les axes P et T (compressifs et de tension), générés par le séisme, qui renseignent sur l'orientation des forces lors de la déformation.

○ **Autres :**

L'équipe de l'UTAS devrait bientôt nous fournir un jeu de données bathymétriques supplémentaires à l'Est et au Nord de la zone d'étude ainsi que des données magnétiques et de réflectivité sur la zone. Un fichier Excel regroupant tous les dragages effectués et leurs analyses géochimiques a aussi été ramené en Nouvelle-Calédonie. Ceci représente plus de 125 prélèvements de roches dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie.

3.2 Mise en forme des données et cartographies

Afin de travailler sur ces données et d'en ressortir une interprétation, il est nécessaire dans un premier temps, qu'elles soient soumises à plusieurs phases de traitement qu'il convient de décrire.

3.2.1 La carte bathymétrique

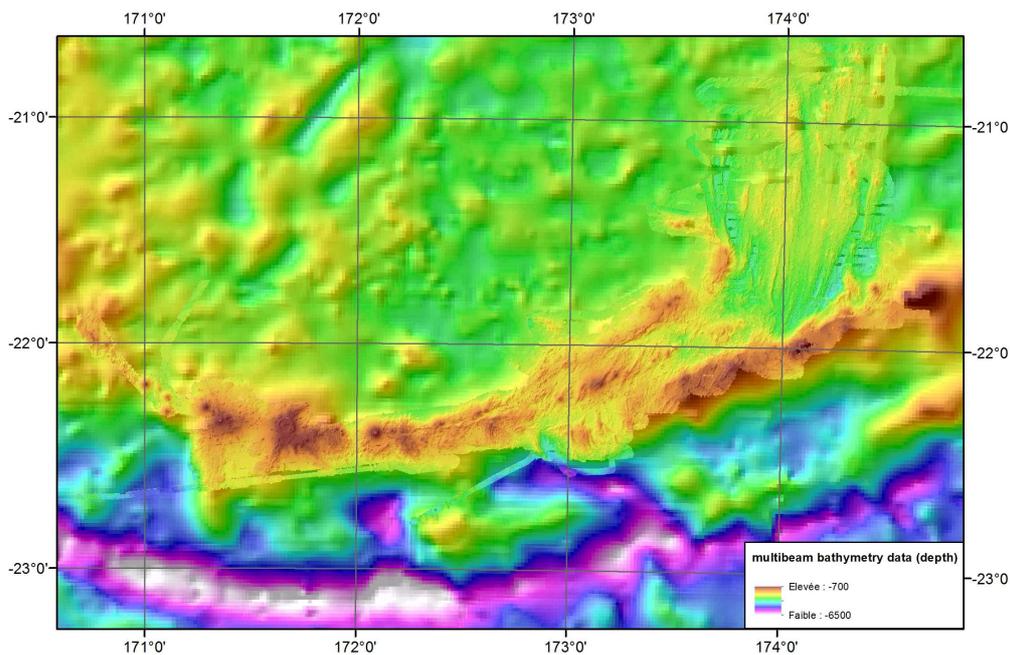


Figure 20: carte bathymétrique obtenue après traitement sur *GMT* puis affichage sur *ArcGis* à partir de données bathymétriques multifaisceaux de résolution 30 m et bathymétrie dérivée de l'altimétrie satellitaire en fond (Smith et Sandwell 1996). Système de projection : WGS84_UTM59S.

○ Sur *GMT* :

Le travail sur les données se réduit à la mise en forme des données bathymétriques multifaisceaux de résolution 30 m. Les données de départ, brutes (fichier texte), correspondent aux valeurs de profondeurs z (en mètres) en tous points de coordonnées x et y (en mètres), le tout projeté dans le système de projection WGS84_UTM 59S.

L'objectif fut d'obtenir un modèle numérique de terrain (MNT) (Figure 20) de la zone d'étude à partir du fichier texte, afin de transformer ces données en un support lisible pour la production de cartes. Cette phase de traitement s'effectue avec le logiciel *GMT*, qui nécessite l'écriture de lignes de commandes répertoriant l'ensemble des procédures demandées pour l'affichage d'une carte (Annexe 1); les grandes phases de traitement (Figure 21) consistaient en : 1) la transformation du fichier x, y, z en une grille, par interpolation (avec incrément régulier), c'est-à-dire qu'à chaque cellule est attribuée une valeur de profondeur, 2) la création d'une image, qui, par définition correspond à la projection de la grille sur un plan, 3) la définition des fonctions d'affichage de la future carte 4) l'affichage du *postscript*.

Le traitement aurait été également possible sur le logiciel *ArcGis*, mais la meilleure maîtrise de *GMT* et le large volume de données décida de son utilisation. *ArcGis* est néanmoins plus approprié pour la visualisation et la digitalisation, l'affichage, et la mise en page de l'ensemble des données géoréférencées sous forme de couches empilées.

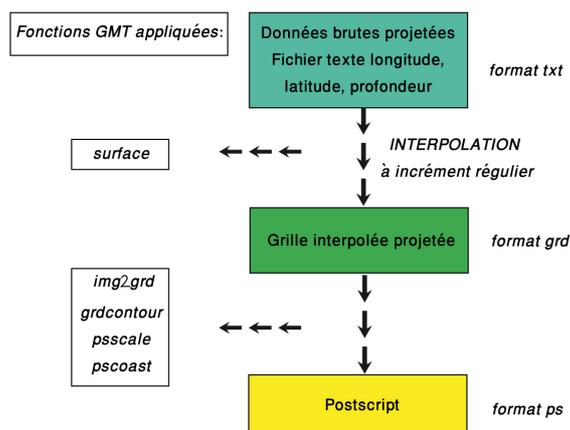


Figure 21: Les grandes étapes du traitement des données bathymétriques réalisées sur *GMT*, reprises du *shellscript* écrit sur Linux (Annexe 1).

○ **Sur ArcGis :**

Il fut ensuite possible de rentrer les grilles bathymétriques sur *ArcGis* (**Annexes 2 et 3**) sous forme d'un *raster*. *ArcGis* est un ensemble de logiciels d'information géographique (SIG) qui constitue un très bon outil de gestion de données. Il représente les informations géographiques sous forme d'un ensemble de couches, géoréférencées dans un même système géodésique et une même projection, choisis en fonction de la région (Sud-ouest Pacifique) : en ce qui nous concerne WGS84 et UTM59S.

Plusieurs points :

Tout d'abord, il fut nécessaire d'améliorer l'affichage de la carte bathymétrique :

- le calcul de la pente et de l'ombrage (**Annexes 4 et 5**), permettent de mettre en évidence la morphologie, et de donner plus de profondeur au relief. Il est possible de faire varier l'orientation de l'ombrage, afin d'exagérer l'effet d'ombre sur des structures similairement orientées.
- la palette de couleur du *raster* bathymétrie doit être choisie et rigoureusement personnalisée, en fonction de ce qui veut être montré ; elle permet de définir les valeurs de pixel et la couleur qui seront utilisées pour chaque valeur de pixel, sous la forme de valeurs RVB (rouge, verte, bleu). Dans le cas de ce *raster*, l'amplitude des valeurs de bathymétrie étant élevée, une palette de couleur très étirée a été choisie. Les **Annexes 2 et 3** représentent deux cartes bathymétriques auxquelles ont été attribuées deux palettes de couleurs distinctes.

Puis, en vue de l'analyse structurale à l'aide du logiciel *ArcGis*, l'intérêt a été de créer des fichiers de forme (*shape*), afin d'intégrer une première couche thématique « structures » à la bathymétrie (**Annexe 6**). Pour cela j'ai digitalisé l'ensemble des déformations du type linéaments comme le montre la figure suivante (**Figure 22**) qui nous permettront de comprendre les caractéristiques de la déformation. L'idée est bien sûr de pousser l'étude en subdivisant ces linéaments en différentes entités, à savoir : les lignes de crêtes, linéaments, failles, talwegs, canyons ou tout autre objet susceptible de former un axe. De nombreux linéaments orientés dans des directions préférentielles couvrent l'ensemble de la zone montrant que la terminaison Sud de la marge du Vanuatu est très active.

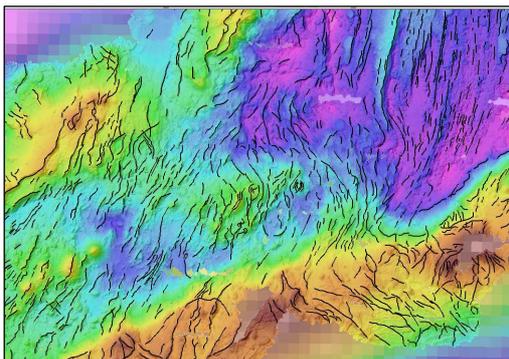


Figure 22: Exemples d'interprétations bathymétriques. Zooms sur certaines zones pointées. Digitalisation des linéaments sur ArcGis sur la carte bathymétrique multifaisceaux.

Enfin, la mise en page est une étape essentielle pour l'export de cartes, comprenant : l'insertion d'une légende et d'un graticule (longitude/latitude) pour situer la zone d'étude et en définir l'échelle, l'orientation.

3.2.2 Les cartes gravimétriques et magnétiques

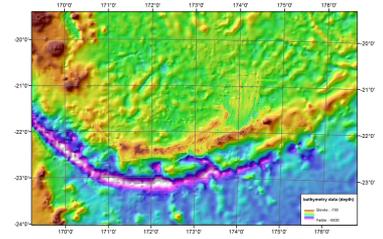
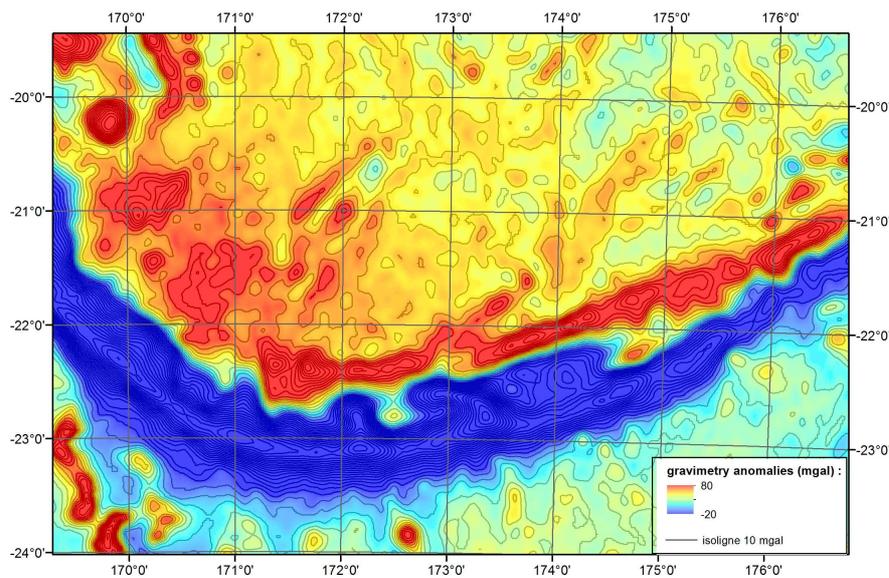


Figure 23 : carte des anomalies gravimétriques du Sud du Bassin Nord Fidjien, obtenue à partir des données satellitaires dérivées. Les isolignes sont séparées par une équidistance de 10 mGal.

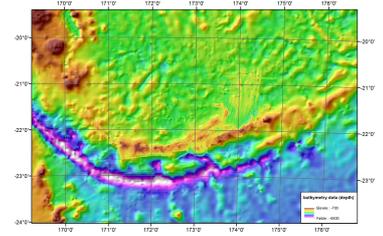
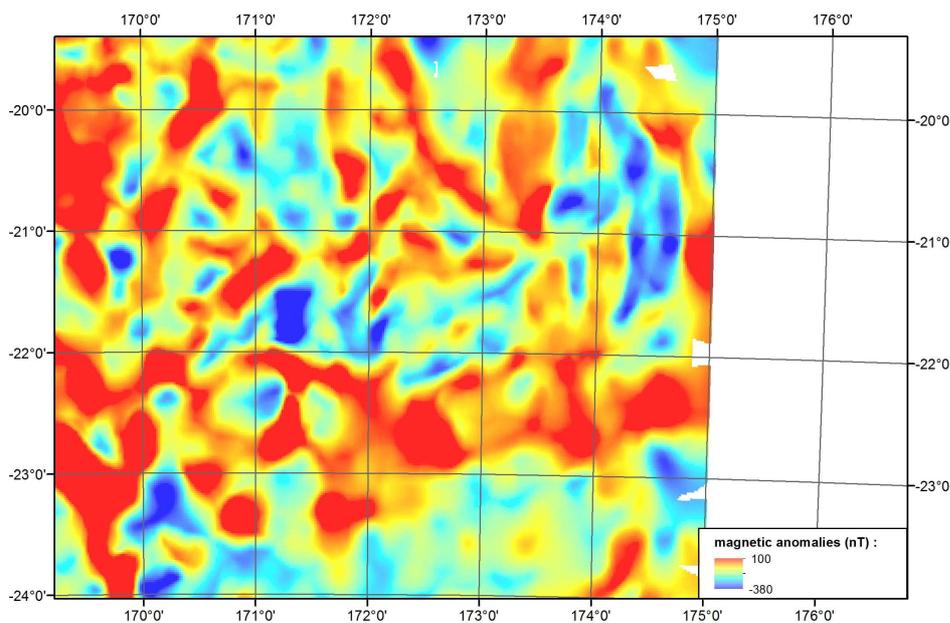


Figure 24 : carte des anomalies magnétiques du Sud du Bassin Nord Fidjien, obtenue à partir des données satellitaires dérivées.

Les données gravimétriques (Sandwell et Smith (1997)) (**Figure 23** et **Annexe 7**) et magnétiques (J. Collot, 2009) (**Figure 24** et **Annexe 8**), sont déjà acquises dans la base de données du SGNC sous forme de deux grilles (rasters) ; leur mise en forme s'est donc réduite à l'amélioration de leur affichage dans ArcGis, avec l'ajustement de la palette de couleur, et leur mise en page.

Pour l'analyse structurale, l'intégration des isolignes permet une représentation parfois plus claire et plus précise des anomalies. Elles peuvent être utilisées et pointées pour souligner, cibler certaines valeurs.

3.2.3 La carte de sismicité

Les données brutes de sismicité récupérées sur *Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project* et *USGS* se présentent sous forme de fichier texte, renseignant en colonne pour chaque évènement : la position précise (longitude/latitude), la profondeur, la magnitude, la date (année/mois/jour/heure) (**Figure 25**).

Une fois ce fichier téléchargé, il convient d'importer l'ensemble de ces données dans *ArcGis* et d'en créer un fichier *shape*, permettant de calquer les hypocentres des séismes sur la carte bathymétrique (**Figure 26**).

Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
1935/12/20	18:37:00,00	-10,0000	161,0000	0,00	unk	
1936/01/14	17:41:12,00	-19,0000	168,0000	0,00	unk	
1936/01/15	14:43:30,00	-19,0000	171,0000	0,00	unk	
1936/04/09	16:02:00,00	-11,0000	166,0000	0,00	unk	
1936/04/28	05:39:06,00	-9,0000	160,0000	0,00	unk	
1936/05/20	03:05:18,00	-9,0000	160,0000	0,00	unk	
1936/05/22	23:21:00,00	-21,5000	170,0000	0,00	unk	
1936/07/03	02:58:36,00	-10,0000	161,1000	0,00	unk	
1936/10/04	23:53:54,00	-28,0000	179,0000	0,00	unk	
1937/06/14	12:30:48,00	-22,0000	171,0000	0,00	unk	
1937/06/14	13:10:18,00	-20,8000	169,9000	0,00	unk	
1937/08/31	02:28:54,00	-13,0000	167,0000	0,00	unk	

Figure 25: exemple de données brutes de sismicité récupérées sur CMT.

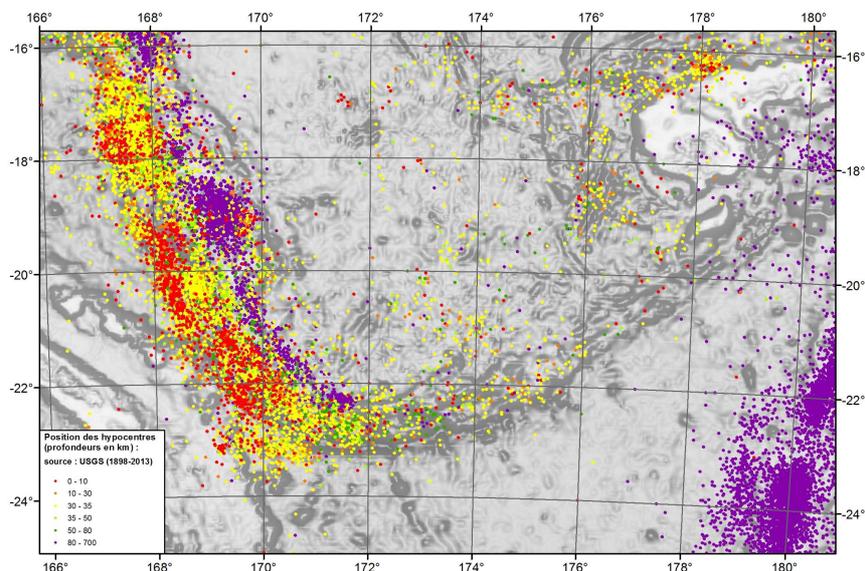


Figure 26 : carte des hypocentres compris entre 0 et 700 km de profondeur, depuis 1898, dans la région du Bassin Nord Fidjien (USGS). En fond : En fond : la carte de pente.

Le nombre de classes et le choix des bornes doit varier selon les représentations (**Annexe 9**). Il est possible d'extraire davantage d'informations comme les mécanismes au foyer et les axes des contraintes P et T (**Annexe 10**), et de la même manière, de les intégrer sous forme de couches.

Ces données sismologiques, corrélées aux autres données, vont ainsi permettre d'établir un modèle des types de déformations dans la région étudiée, et d'imager les structures en profondeur.

3.3 Méthodologie pour l'interprétation des données géophysiques

La compréhension de la région nécessite d'avoir étudié le système dans son intégralité. Cela implique qu'il est important de travailler avec toutes les données à différentes échelles, du global, au local, afin d'appréhender l'ensemble des objets géologiques et leurs interactions.

Après l'interprétation individuelle de chacune des cartes (bathymétrie, gravimétrie, magnétisme, sismologie), le but fut d'assembler l'ensemble des cartes réalisées en un seul et

même projet, avec le logiciel *ArcGis* (**Annexe 11**), qui, une fois toutes les données récupérées traitées et géoréférencées, sera l'outil destiné à établir la cartographie structurale complète, synthétisant toute l'information disponible, sous forme de couches successives (**Figure 27**). Ce projet nous permettra de mieux caractériser la nature de la frontière convergente entre plaques Australie-Pacifique au Sud de la marge et de revenir sur les modèles proposés.

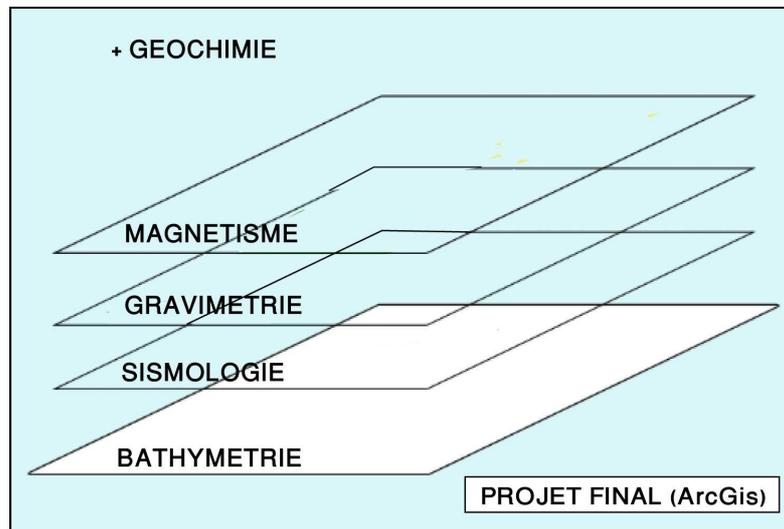


Figure 27 : schéma synthétique du projet final, intégration de l'ensemble des données sous la forme de calques successifs thématiques.

4. DESCRIPTION DES DONNEES

4.1 La bathymétrie

L'étude est possible grâce à l'acquisition des données bathymétriques multifaisceaux de haute résolution, sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour réaliser l'analyse structurale qui suit.

Une première étude de la bathymétrie de la région de Matthew-Hunter et de ses linéaments, permet de distinguer trois zones majeures (**Figure 28**), caractérisées par l'orientation particulière des structures qui la composent : à l'Est, la Zone 1 est marquée par des structures orientées Nord-Sud de manière remarquablement stable; la Zone 2 est caractérisée par des structures Sud-ouest -Nord-est, et la Zone 3 la plus à l'Ouest est globalement orientées Est-Ouest.

Nous choisissons donc de décrire ces trois zones, successivement, chacune à travers l'analyse bathymétrique, gravimétrique, magnétique, et sismique.

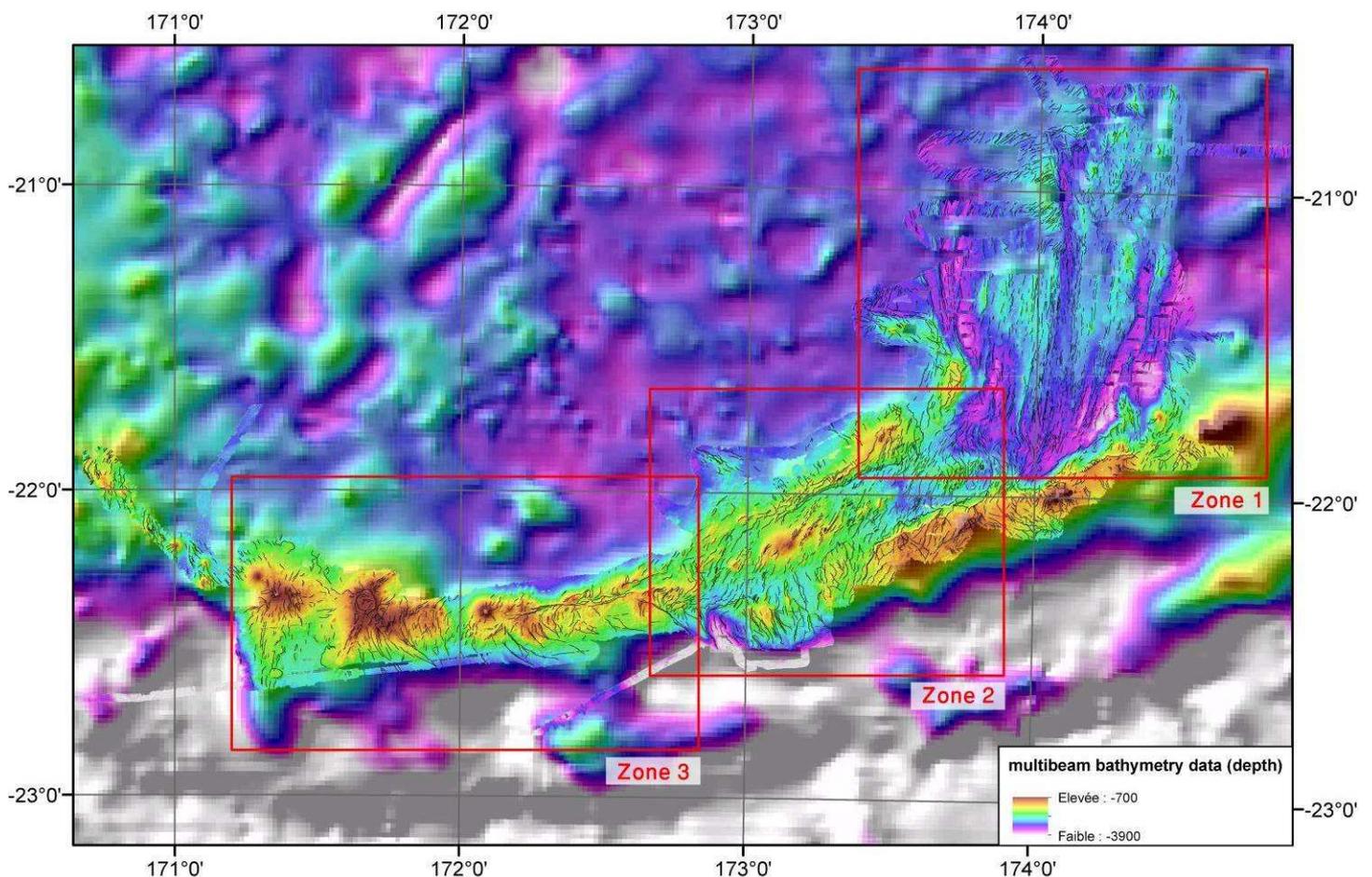


Figure 28 : répartition des trois zones majeures de la région de Matthew-Hunter, décrites distinctement dans l'analyse qui suit. Les données correspondent aux données bathymétriques multifaisceaux et aux données satellitaires (Smith & Sandwell, 1997).

4.2 La Zone 1

4.2.1 Analyse bathymétrique

La Zone n°1 constitue la partie Nord-est de la zone d'étude (cf Zone 1 sur la **Figure 28**). D'un point de vue régional, elle correspond à un segment N-S, légèrement décalé (100 km environ) vers l'Est de l'axe central d'accrétion du Bassin Nord Fidjien, et pourrait être lié au même système que celui-ci.

Les linéaments, correspondant aux lignes de crêtes, bas de pente, failles diverses, permettent de souligner une structuration orientée Nord-Sud (**Figure 29**), parallèle et le long d'une dépression centrale allant jusqu'à 3200 mètres de profondeur, d'une longueur de 145 km et de 6.5 km de large environ. Enfin, au Nord du fossé central, un ensemble de linéaments s'incurvent en direction du N-E.

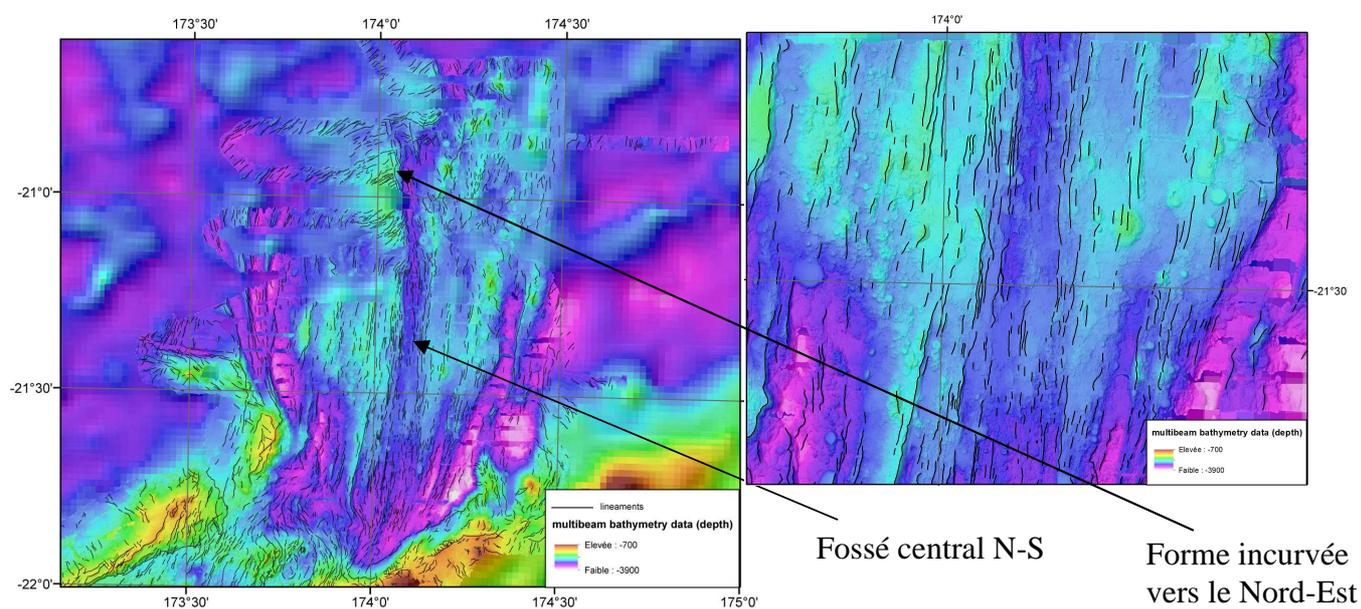


Figure 29 : Zone 1. Bathymétrie multifaisceaux et linéaments N-S.

Cette zone présente une géométrie très particulière. Le schéma ci-dessous (**Figure 30**) met en évidence la limite (en pointillés violets) de la zone dont les linéaments ont une orientation Nord-Sud. S'étendant sur une large distance, cette plaine abyssale est marquée par une profondeur élevée atteignant les -4 000 mètres, contrairement à la ride (cf zone haute et allongée à forte valeur gravimétrique sur la **Figure 30**) qui constitue le point haut de la zone d'étude. Pour finir, la terminaison Sud de la zone 1 est caractérisée par une forme très remarquable en « V », venant « buter » au Sud contre des massifs aux structures orientées globalement SW-NE.

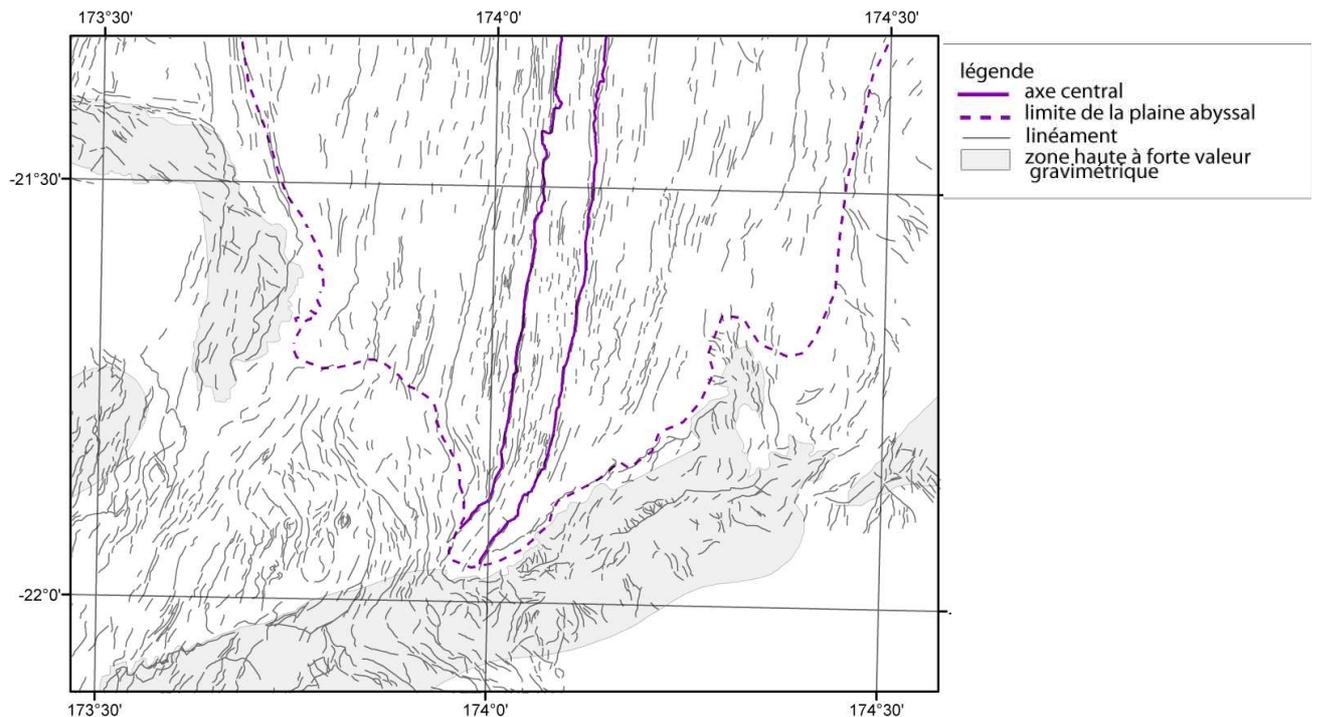


Figure 30 : schéma structural reprenant les structures réelles de la zone 1.

A l'extrémité Sud de la Zone n°1, les données bathymétriques mettent en évidence des linéaments aux directions sigmoïdales (**Figure 31**), qui contraste avec la fabrique régulière Nord-Sud de l'ensemble de la zone. Cette forme particulière, au front de la dépression bathymétrique centrale N-S pourrait indiquer un degré important de déformation se traduisant par un mouvement de rotation dans le sens horaire.

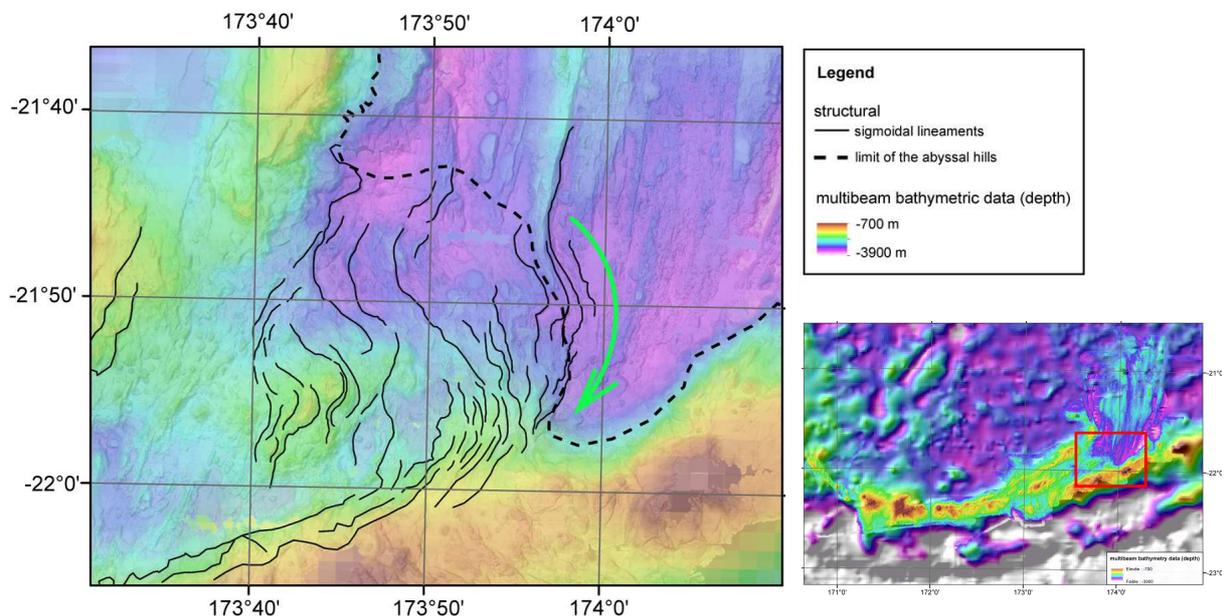


Figure 31 : Zoom sur la zone de rotation, et mise en évidence des linéaments sigmoïdaux.

4.2.2 Analyse des anomalies magnétiques

Les données magnétiques mettent également en évidence une orientation Nord-Sud des anomalies dans la Zone n°1 : le *pointé* effectué (**Figure 32**) permet de marquer une alternance des anomalies magnétiques positives et négatives, parfaitement parallèle à un axe central Nord-

Sud. Cette succession en bandes est la marque typique des dorsales d'accrétion : ces dernières accrètent du matériel, perpendiculairement à l'axe de la dorsale (ici Est-Ouest), dont les roches constitutives enregistrent les inversions du champ magnétique terrestre lors de leur refroidissement.

La comparaison des pointés magnétiques avec la bathymétrie met en évidence une étroite corrélation entre les anomalies magnétiques et la morphologie du fond. En effet, ces anomalies suivent le relief et s'alignent le long de points hauts, ou au contraire de zones plus profondes.

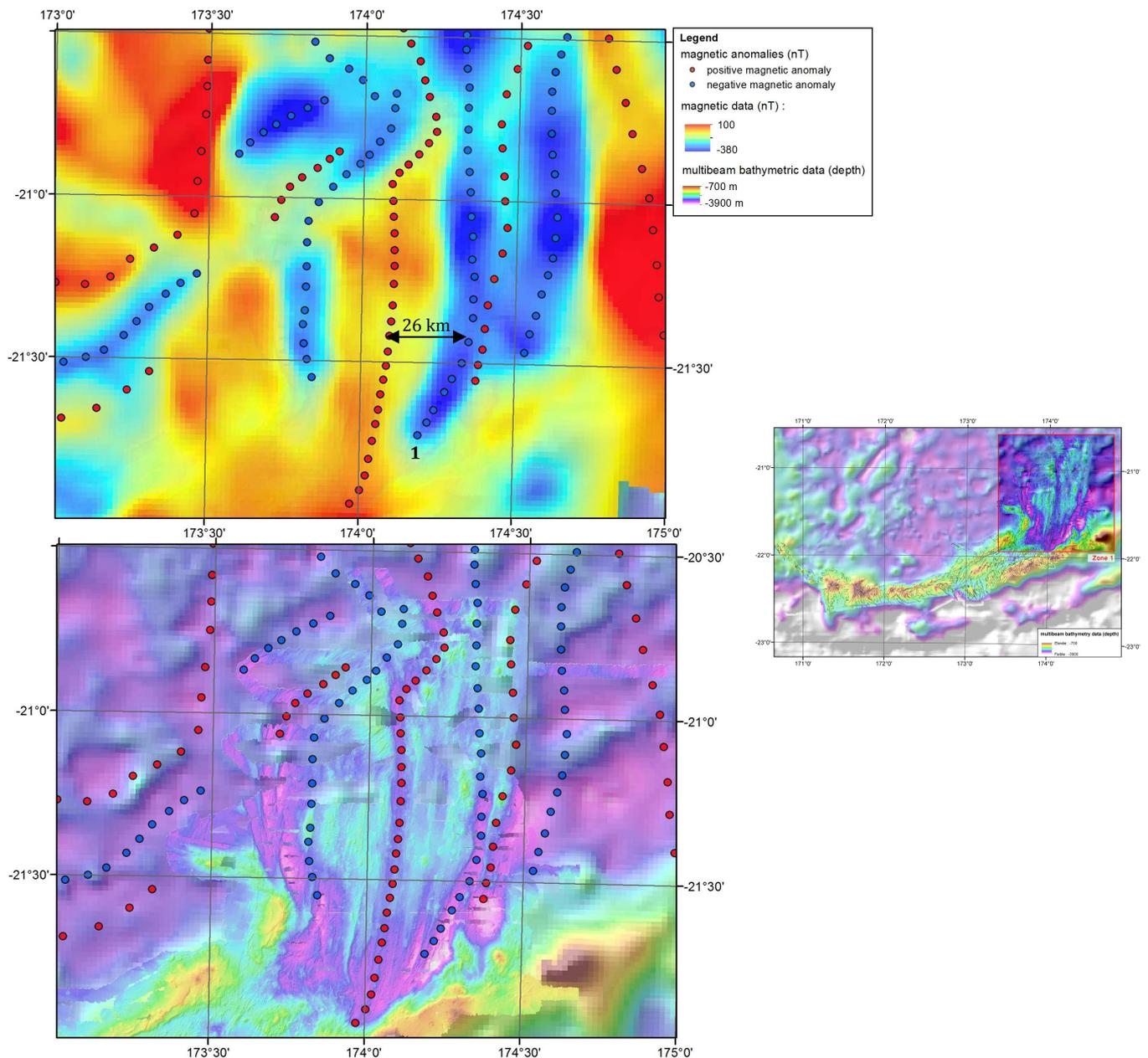


Figure 32 : En haut : carte magnétique de la zone 1 et pointé des anomalies magnétiques. Le chiffre 1 correspond à la position de l'anomalie 1, datée de 0.78 Ma. En bas : pointé des anomalies magnétiques de la première carte sur la bathymétrie multifaisceaux de la zone 1.

4.2.3 Analyse des anomalies gravimétriques

Les données gravimétriques mettent en évidence des variations de densité relativement hétérogènes, caractérisés par une alternance Est –Ouest de lambeaux à anomalies positives et anomalies négatives centrés sur le fossé central observé dans la bathymétrie.

Les blocs ayant une signature gravimétrique élevée semblent se distribuer de part et d'autre de l'axe Nord Sud central, de manière symétrique (**Figure 33**). Leur signature laisse penser qu'il s'agit de blocs conjugués, qui se séparent et s'éloignent de plus en plus de l'axe central comme le montre la figure ci-dessous.

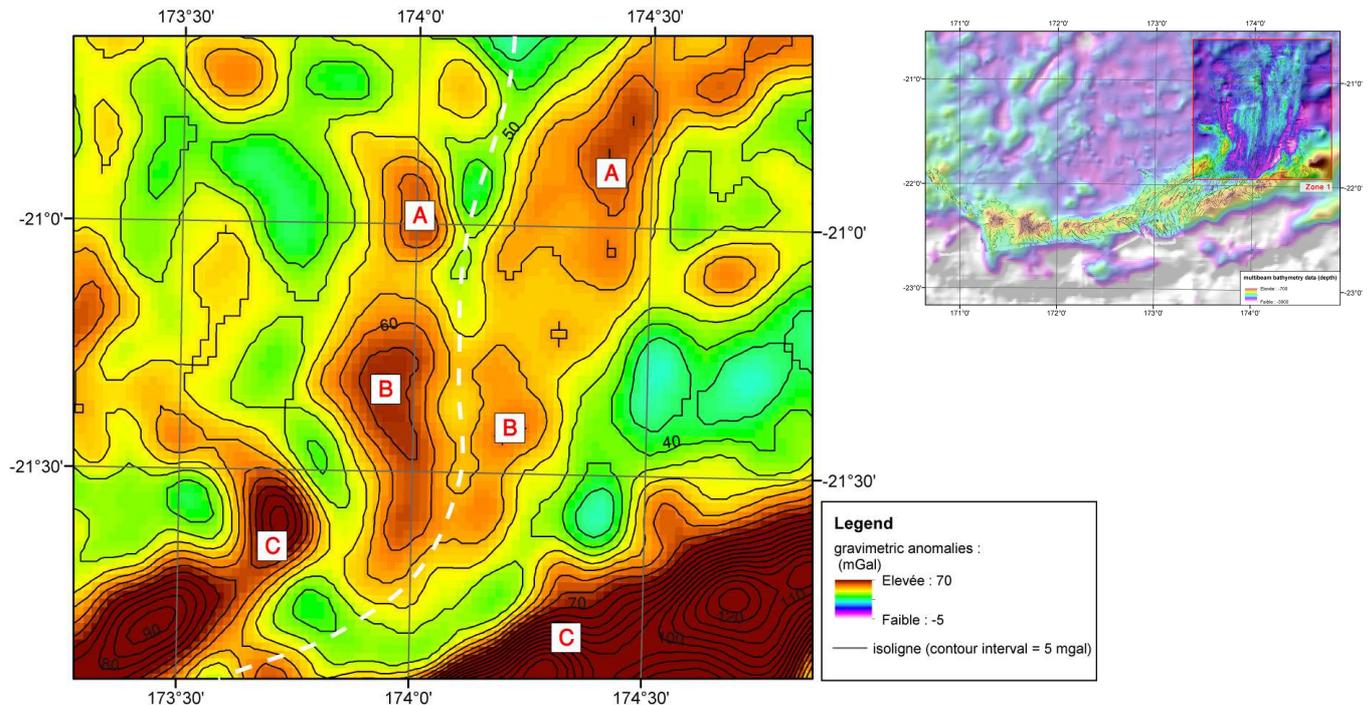


Figure 33 : carte des anomalies gravimétriques de la zone 1. Les lettres représentent les blocs conjugués ayant la même signature gravimétrique de part et d'autre du fossé central N-S, matérialisé par un axe blanc en pointillés.

4.2.4 Analyse de la sismicité superficielle

Les séismes recensés par *Global Centroid Moment Tensor* et l'*USGS* dans la Zone n°1 sont caractérisés par des mécanismes au foyer de type décrochants, qui s'alignent selon une direction globalement Est-Ouest aux alentours de 21° S (**Figure 34**).

Deux solutions peuvent répondre à ce type de configuration :

- un mécanisme décrochant dextre orienté Ouest-Nord ouest / Est-Sud est,
- un mécanisme décrochant senestre orienté Nord-Nord est / Sud-Sud ouest.

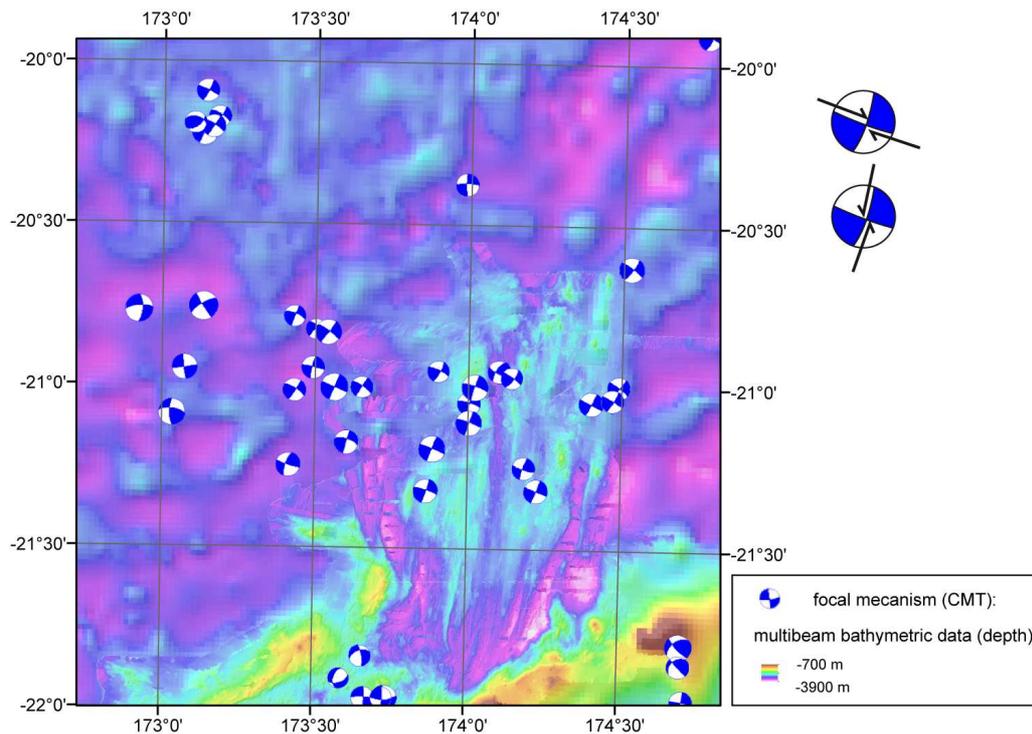


Figure 34 : carte bathymétrique de la zone 1 et répartition des mécanismes au foyer. Les sphères focales proviennent de *CMT*. Les deux sphères focales situées dans l'encart en haut à droite schématisent les deux possibilités d'orientation des plans de failles.

Il semble plus plausible que ces mécanismes au foyer reflètent des mouvements relatifs Est-Ouest plutôt que Nord-Sud car cela serait cohérent avec l'activité de failles transformantes liée à l'activité de l'axe central d'accrétion du Bassin Nord Fidjien (**Figure 35**). Par ailleurs le décalage entre la dorsale centrale du Bassin Nord Fidjien et l'axe identifié dans les données géophysiques (cf **Figure 35**) pourrait être matérialisé par une zone transformante. Il convient donc de dire que ces mécanismes au foyer seraient davantage considérés comme une série de décrochements dextres, liée aux relais transformants intrinsèques à une croûte océanique et à la jonction entre les deux segments d'accrétion.

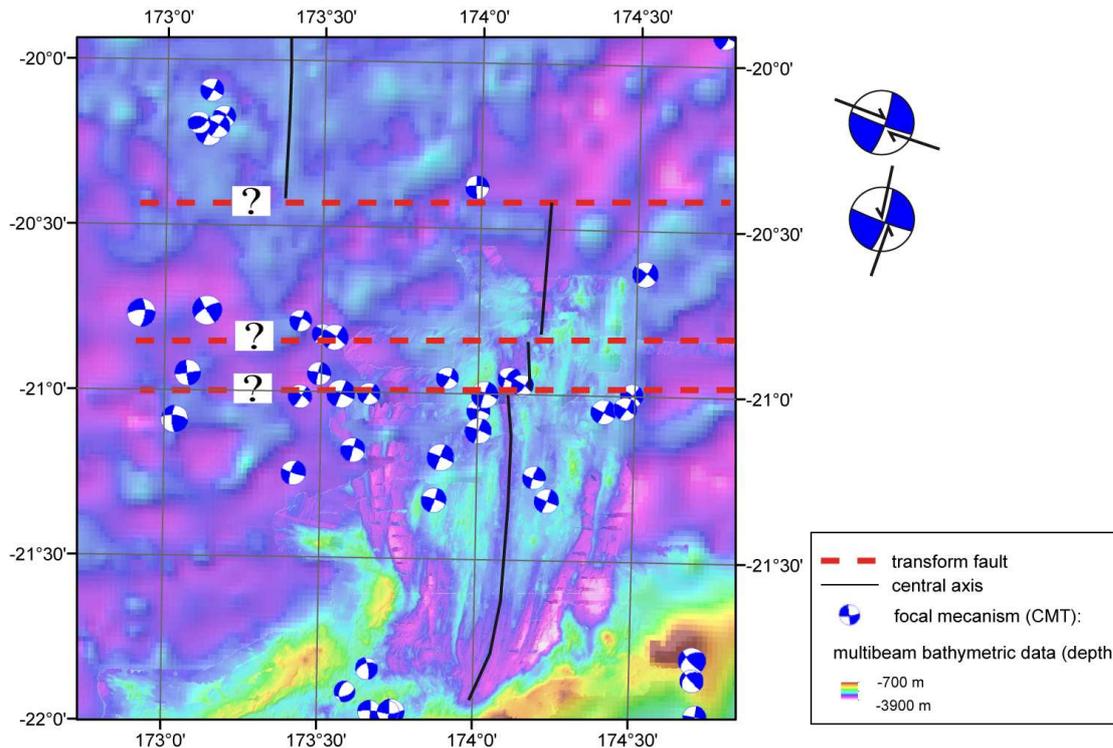


Figure 35 : interprétation des mécanismes au foyer décrochants comme des failles transformantes dextres.

4.3 La Zone 2

4.3.1 Analyse bathymétrique

La Zone n°2 est la zone centrale de la zone d'étude (Cf Zone 2 sur la **Figure 28**). Des profils topographiques, obtenus à partir de calculs des données satellitaires et multifaisceaux sur le logiciel *ArcGis*, ont été effectués régulièrement sur la Zone n°2 (**Figure 36**). Ces profils sont orientés Nord-ouest / Sud-est de façon à avoir une idée du profil transversal de l'ensemble de la Zone n°2. Afin d'étudier l'évolution de la morphologie d'Est en Ouest, il nous a semblé judicieux de caler l'ensemble des profils sur un point de référence 0 commun à tous : la fosse de subduction située plus au SSE.

L'ensemble des coupes met en évidence plusieurs unités : une ride de -1000 mètres de profondeur en moyenne qui constitue le sommet topographique de la zone 2, sur le flanc Sud de cette ride, une fosse de 5000 m de profondeur, et entre les deux, un fossé variant entre -4300 m et -3700 m de profondeur. La distance de la ride à la fosse, égale à environ 80 km, semble rester constante d'Ouest en Est.

Les profils conservent globalement la même géométrie. Cependant, la ride évolue vers l'Est en un ensemble constitué de deux hauts bathymétriques séparés par une dépression centrale. Cet ensemble semble s'élargir en allant vers l'Est le long d'un axe SE-NW.

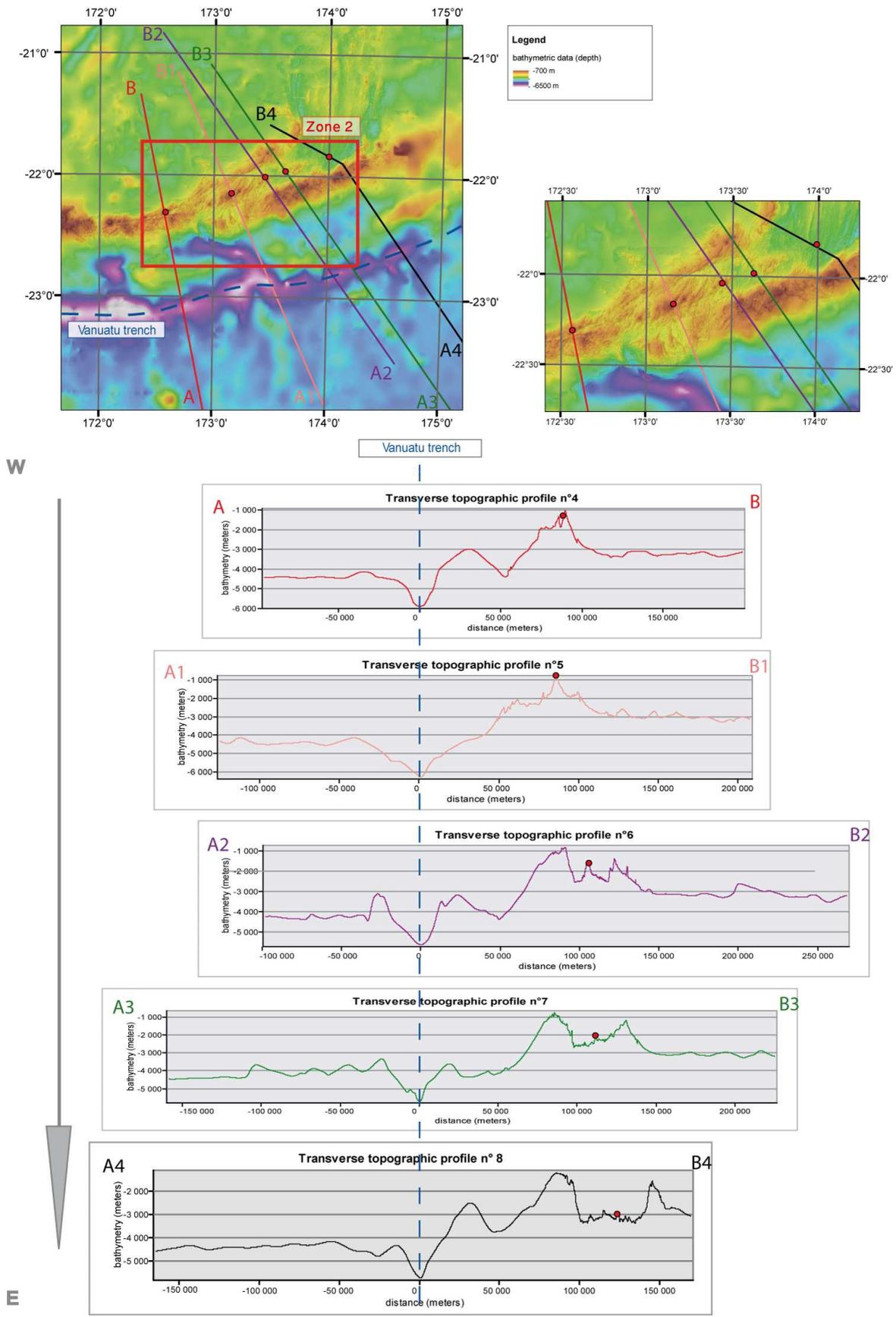


Figure 36 : profils topographiques effectués sur ArcGis dans la zone 2. Chaque coupe est localisée et représentée par un axe de couleur sur la carte bathymétrique. Des points rouges correspondent à des points repères, correspondant au sommet de la ride dans les coupes n°4 et 5, et le centre du fossé bathymétrique dans les coupes n° 6, 7, 8.

La coupe de la **Figure 37** zoomée sur les données multifaisceaux de la zone 2, permet de mieux distinguer la géométrie de la zone 2. Elle met en évidence la présence d'une élévation topographique au centre du fossé, qui correspond sur la carte bathymétrique à une succession de reliefs coniques alignés sur une multitude de segments SSW-NNE. Ce relief pourrait résulter d'injections volcaniques en période d'extension E-W du bassin.

De part et d'autre du fossé, des structures « en marches d'escalier » semblent marquer différents niveaux d'escarpements, le long de grands linéaments SW-NE, situés sur les marges des deux rides.

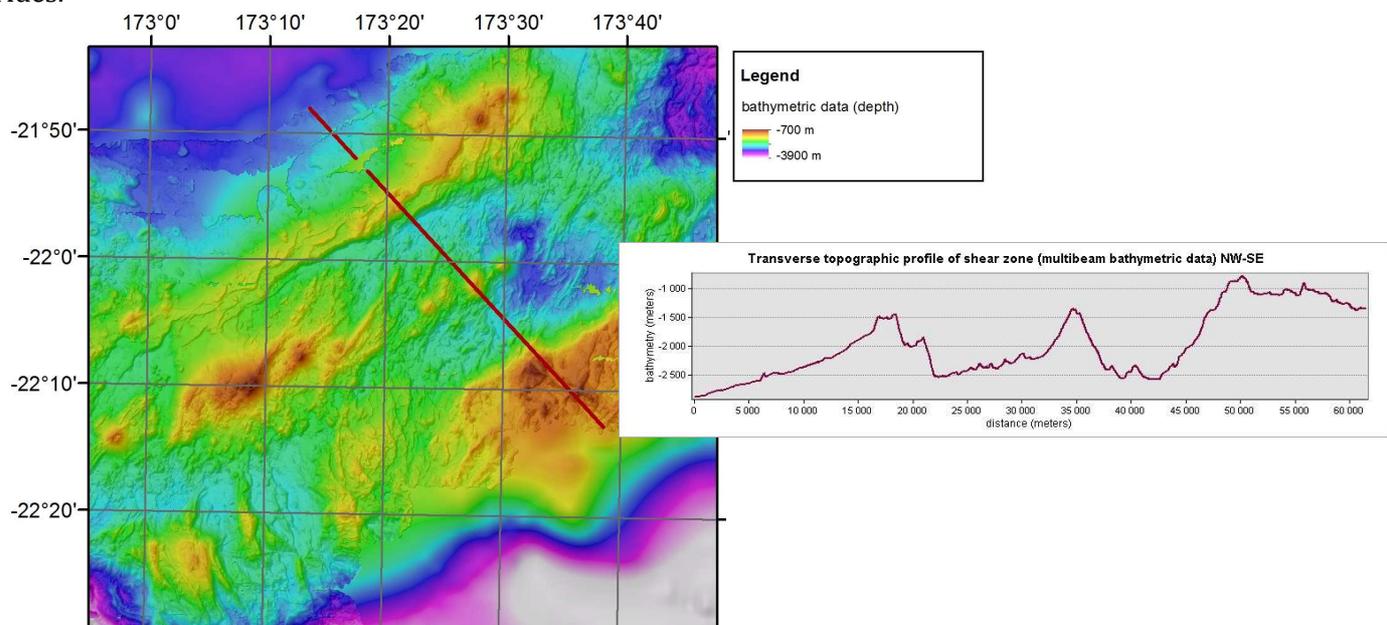


Figure 37 : Carte de localisation du profil et coupe topographique associée, transverse à la zone 2.

La zone 2 est matérialisée par de nombreux linéaments, orientés selon plusieurs directions (**Figure 38**) :

- une direction Sud-ouest / Nord-est, caractérise les marges des rides,
- une direction Sud-sud-ouest / Nord-nord-est au centre du fossé topographique,
- une distribution sigmoïdale aux deux extrémités de la zone.

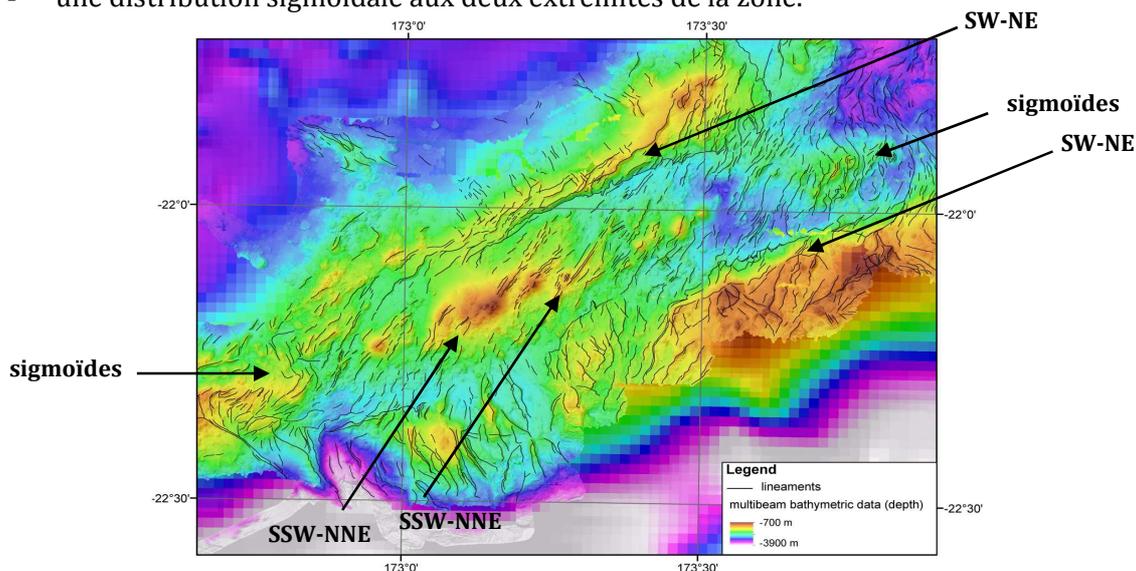


Figure 38 : Bathymétrie et linéaments dans la Zone 2. Les données de fond correspondent à la bathymétrie multifaisceaux.

La **Figure 39** représente les principaux linéaments de la Zone 2 et l'interprétation en failles normales des grands escarpements qui se distribuent le long des deux rides SW-NE caractérisées par une topographie et une gravimétrie élevées.

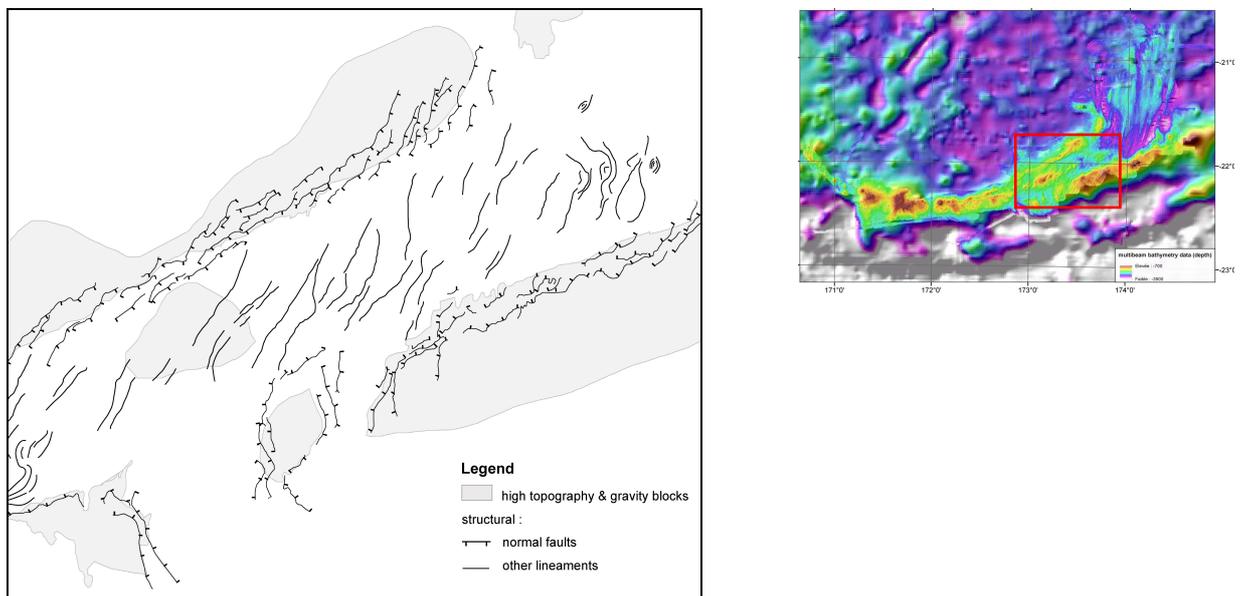


Figure 39 : Les principaux linéaments de la Zone n°2. Les limites des blocs grisés ont été déterminées à partir d'isolignes gravimétriques.

4.3.2 Analyse des anomalies gravimétriques

L'étude gravimétrique de la zone 2 (**Figure 40**) montre des zones à valeurs gravimétriques variables, et une correspondance étroite avec la bathymétrie. Les deux rides parallèles décrites précédemment présentent en effet des signatures gravimétriques similaires (entre 75 et 90 mGal), contrastées avec la zone qui les sépare (30 mGal). Autrement dit, elle indique la présence de deux zones massives, similaires (empreintes géophysiques identiques) et certainement conjuguées, entourées de zones basses amincies.

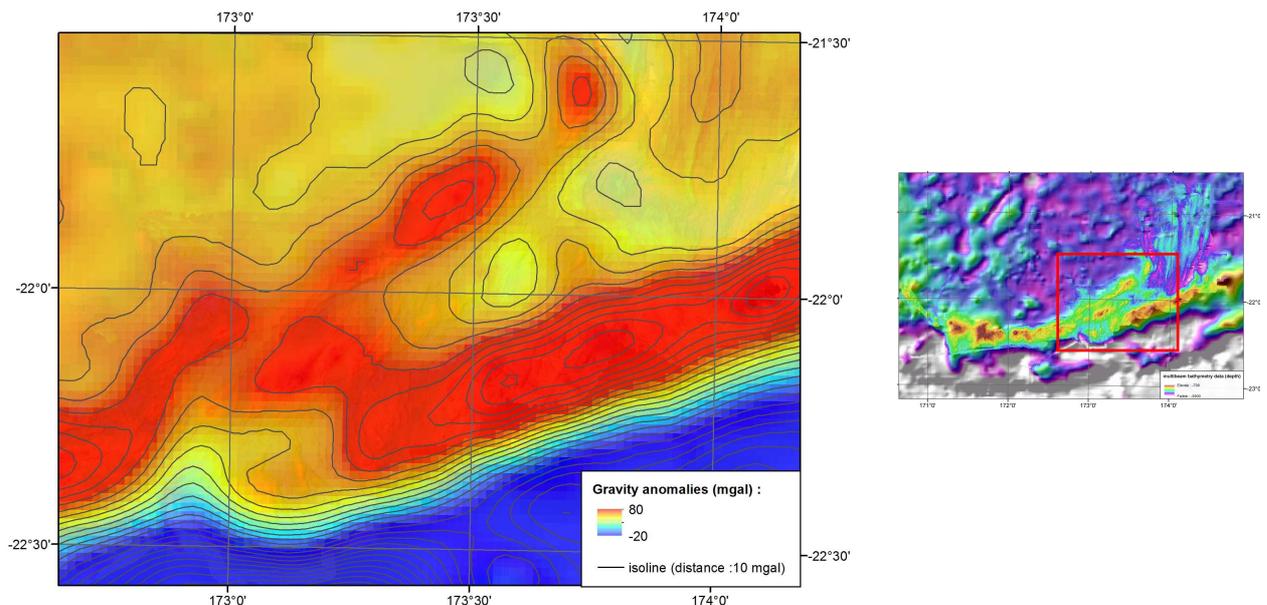


Figure 40 : carte des anomalies gravimétriques (Sandwell et Smith, 1997) de la zone 2. L'équidistance entre deux isolignes est de 10 mGal.

A l'intérieur du bassin central se détache une zone à forte valeur gravimétrique (87 mGal) (**Figure 41A**), correspondant avec une élévation bathymétrique (**Figure 41B**). Composé de petits cônes successifs alignés le long de failles SSW-NNE.

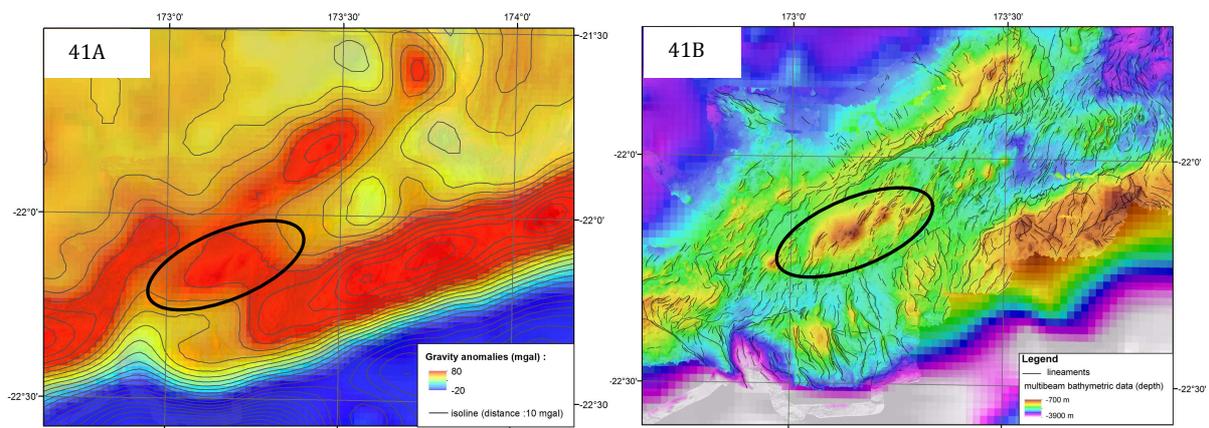


Figure 41 : carte des anomalies gravimétriques (41A) et bathymétrique (41B) de la zone 2. Le cercle noir correspond à l'emprise de la zone à forte anomalie gravimétrique.

4.3.3 Analyse des anomalies magnétiques

La carte met en évidence une anomalie magnétique positive le long de l'axe SW-NE du bassin (**Figure 42A**). Cette empreinte géophysique, pourrait correspondre à la continuité Sud de l'anomalie positive de l'axe central N-S de la Zone n°1.

Si l'on compare avec la bathymétrie, cette anomalie magnétique correspond spatialement avec l'unité au centre du bassin à valeur gravimétrique élevée (**Figure 42B**).

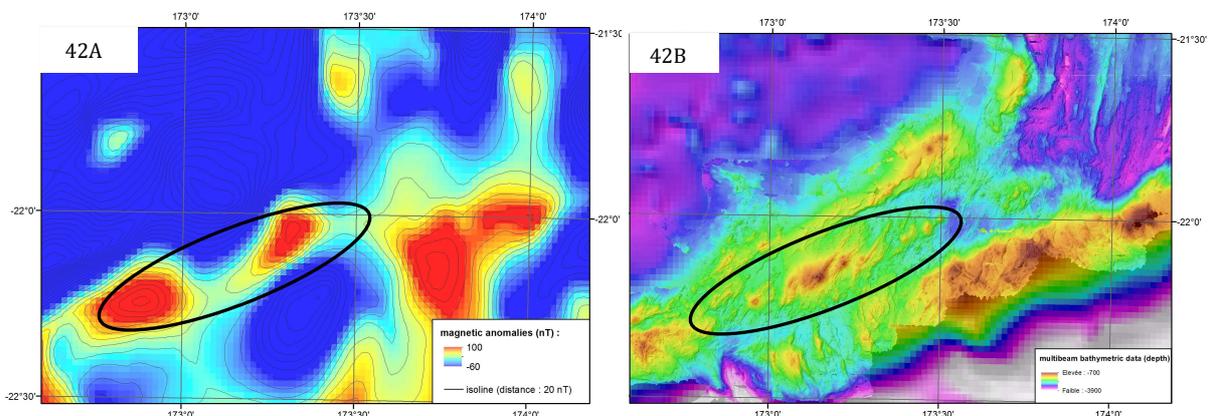


Figure 42 : Carte des anomalies magnétiques (42A) et bathymétrique multifaisceaux (42B) de la zone 2. Le cercle noir correspond à l'emprise de la zone à forte anomalie magnétique.

4.3.4 Analyse de la sismicité superficielle

Les sphères focales révèlent des mécanismes au foyer (**Figure 43**) en décrochements senestres E-W ou bien dextres SSW-NNE. D'après les observations effectuées précédemment et l'orientation des linéaments SSW-NNE dans le bassin sur lesquels ces mécanismes au foyer s'alignent, ils décriraient le jeu de failles au jeu décrochant dextre.

Leur localisation dans la zone de bassin induit que ces failles soient également affectées par une composante extensive E-W, telles des failles de tension, certainement à l'origine de remontée de magmatisme syndéformation.

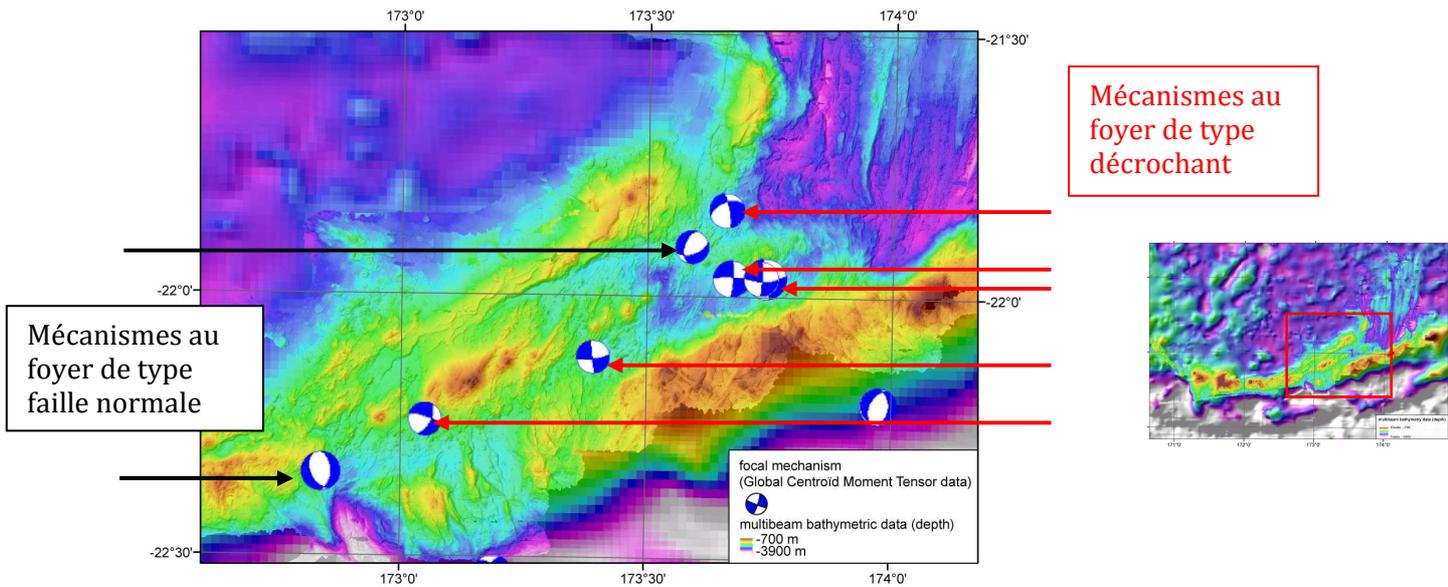


Figure 43 : bathymétrie multifaisceaux et mécanismes au foyer décrochants et normaux dans la zone 2.

Un mécanisme au foyer situé à la marge du bloc Nord révèle un jeu en faille normale orienté SW-NE. Un second mécanisme au foyer, situé à l'extrémité Ouest de la zone décrit un jeu normal le long d'un accident N-S, situé sur les marges d'une dépression topographique (**Figure 44A**).

Cette incision est remarquable par sa morphologie, sa structure mais aussi par une anomalie gravimétrique négative (**Figure 44B**) indiquant un amincissement de la lithosphère.

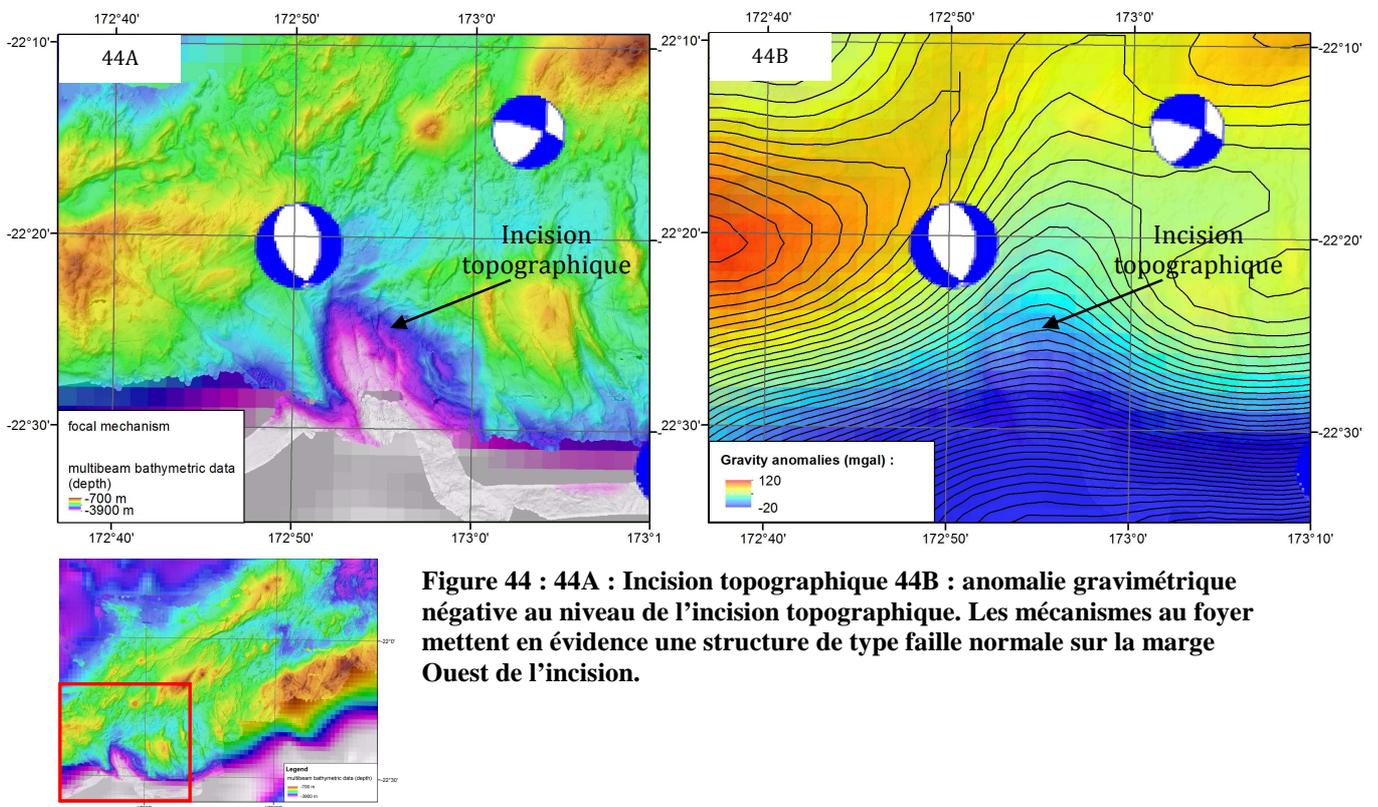


Figure 44 : 44A : Incision topographique 44B : anomalie gravimétrique négative au niveau de l'incision topographique. Les mécanismes au foyer mettent en évidence une structure de type faille normale sur la marge Ouest de l'incision.

4.4 La Zone 3

4.4.1 Analyse bathymétrique

La Zone n°3 constitue l'extrémité Ouest du secteur d'étude (Cf Zone 3 sur la **Figure 28**). Elle est caractérisée par son orientation générale Est-Ouest et son système volcanique, composé des îlots émergés Matthew et Hunter mais aussi par l'important massif que constitue le Mont Vauban (**Figure 45**).

Dans la partie Est de la Zone n°3, la digitalisation des structures met en évidence un très long linéaments qui s'étend entre 172°05 E et 172°45 E, orienté E-W, se terminant soudainement au niveau de l'île de Hunter (**Figure 46**). A une échelle plus petite, il semble que ce linéament soit physiquement la continuité Ouest des structures SW-NE de la Zone n°2.

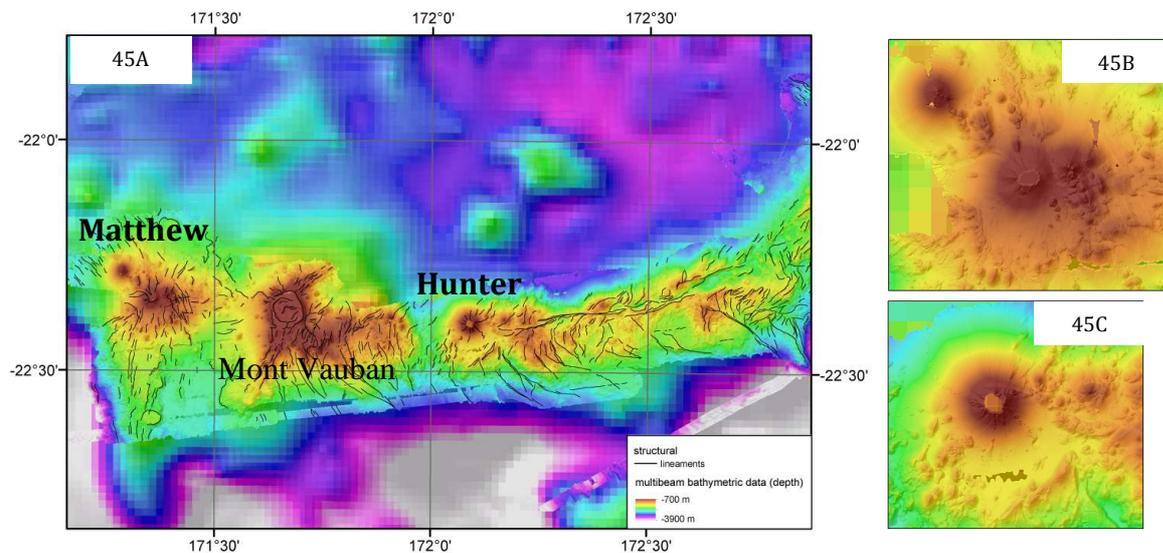


Figure 45 : 45A carte bathymétrique de la zone 3 et linéaments. **45 B** : le volcan actif Matthew. **45C** : le volcan actif Hunter.

La précision des données bathymétriques multifaisceaux révèle la présence d'espaces inter-linéaments en forme de losanges (**Figure 46**). Ces derniers semblent être de petites zones d'extension, tels des bassins en pull-apart.

Ces micro-bassins, (formés par la présence de ressauts géométriques), sont de bons témoins pour définir le sens du décrochement, ici senestre E-W.

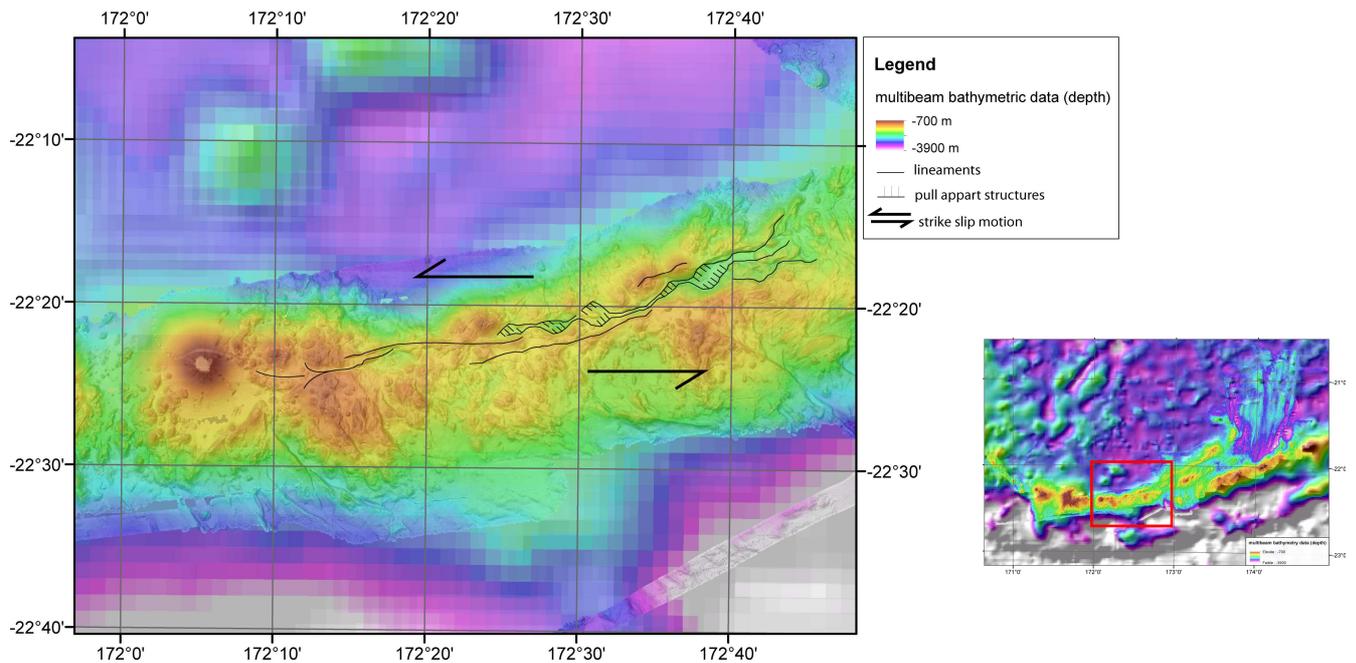


Figure 46 : Carte bathymétrique de la partie Est de la zone 3. Pointé des bassins en pull-apart et interprétation du grand linéament E-W comme un décrochement senestre.

La partie Ouest de la Zone n°3 diffère du reste de la zone du fait de sa morphologie (**Figure 47**). Elle se démarque de l'ensemble des autres édifices sous marin par la présence de petits reliefs volcaniques coniques comprenant les îlots émergés actifs de Mathew et Hunter, et le Mont Vauban. Comparés à Ambae (environ 2500 km³) ou Ambryn (500 km³) (**Figure 8**), édifices les plus importants de la chaîne centrale du Vanuatu, les édifices côniques Matthew et Hunter sont de tailles réduites (150 km³ maximum), à l'exception du Mont Vauban (250 km³), qui se singularise par un sommet plat (**Figure 45**) constitué de calcaires récifaux (Monzier, 1993). Cette morphologie laisse présager l'existence d'une caldera ou d'un atoll autrefois émergé.

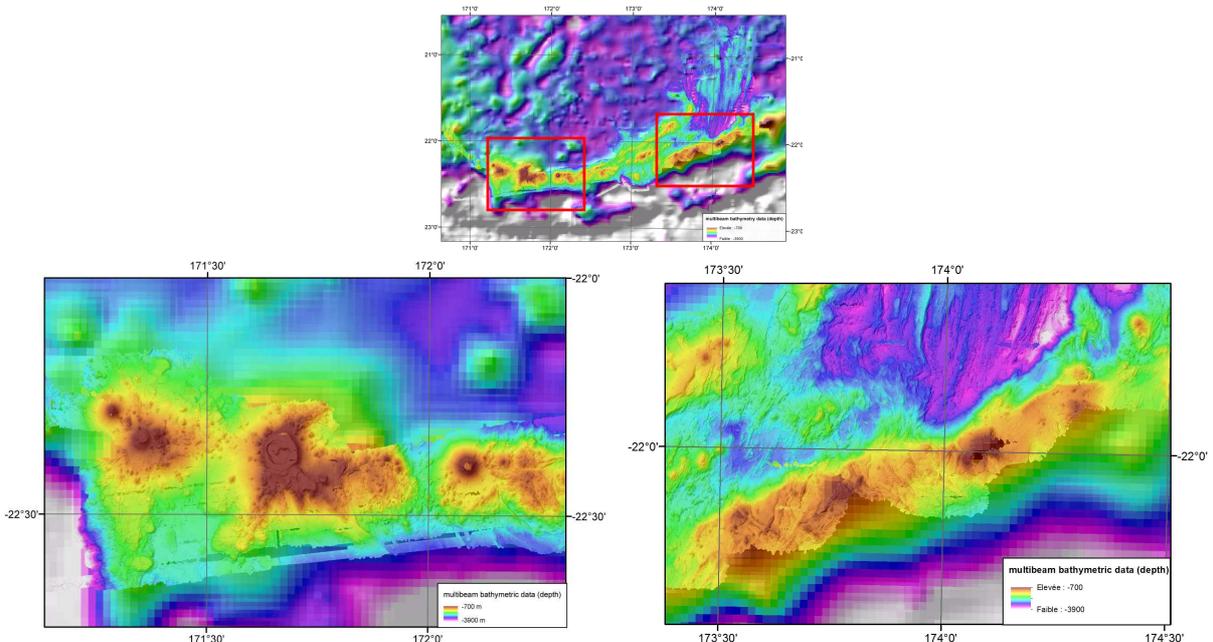


Figure 47 : comparaison de la morphologie des deux fragments d'arc. Le fond correspond aux données multifaisceaux.

Contrairement aux autres zones, les failles ou autres structures décrites par les linéaments ne suivent pas de directions préférentielles mais se répartissent de manière radiale autour des volcans. (Figure 47).

4.4.2 Analyse des anomalies magnétiques

La carte de l'anomalie magnétique révèle la présence d'une forte anomalie positive (Figure 48A) centrée sur la ride comprise entre 171°15 E et 172°45 E, -22°20 S (Figure 48B), ainsi qu'une anomalie négative (Figure 48A) qui se corrèle bien avec les dépressions bathymétriques (Figure 48B). Au premier ordre donc, le magnétisme, qui semble être la signature des édifices volcaniques, se corrèle bien avec la bathymétrie.

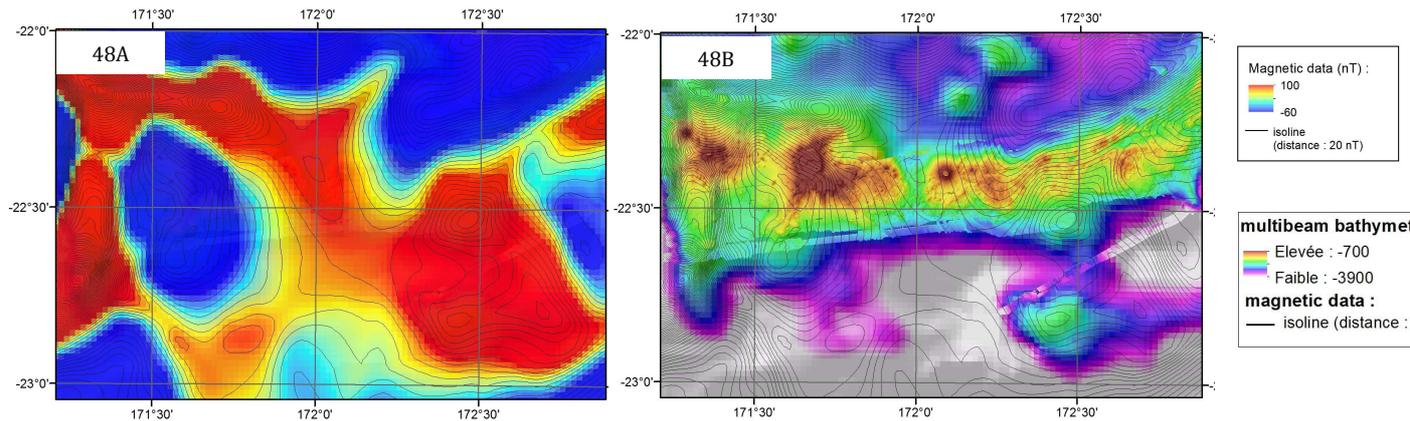


Figure 48 : 48A : Carte des anomalies magnétiques dans la zone 3. L'équidistance entre deux isolignes est de 20nT. 48B : carte bathymétrique et isolignes magnétiques (20 nT).

4.4.3 Analyse des anomalies gravimétriques

Les données gravimétriques mettent en évidence des anomalies positives (>160 mGal) très localisées (Figure 49A) sur des hauts bathymétriques (Figure 49B), traduisant certainement la présence d'une lithosphère plus épaisse. Au Sud, elles surmontent des zones à très faibles valeurs gravimétriques, correspondant à la fosse de subduction du Vanuatu.

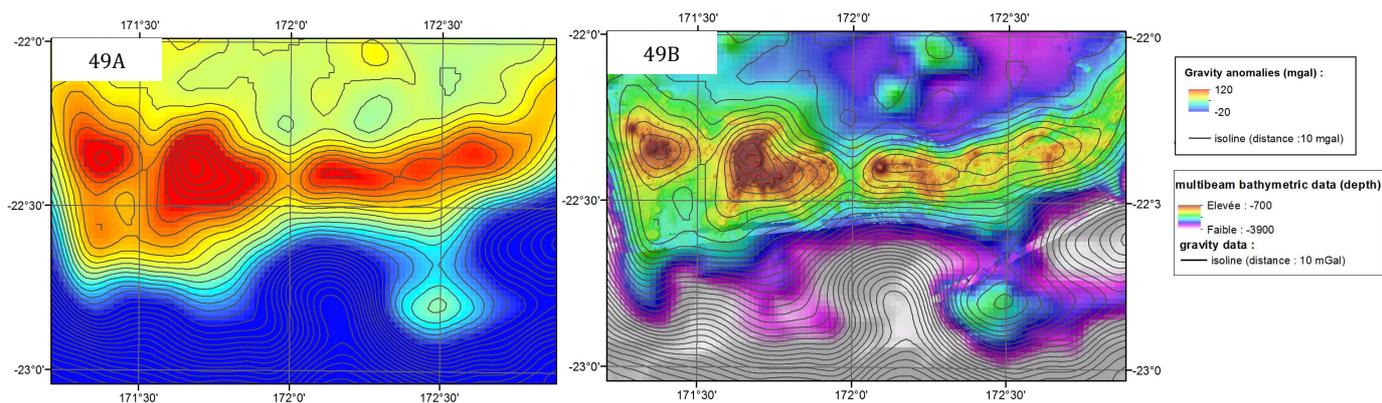


Figure 49 : 49A : carte des anomalies gravimétriques de la zone 3. 49B : carte bathymétrique de la zone 3 et isolignes gravimétriques. L'équidistance entre deux isolignes est de 10 mGal.

4.4.4 Analyse de la sismicité superficielle

Les évènements sismiques qui ont lieu dans la zone n°3 sont caractérisés par des mécanismes au foyer de type décrochants senestres E-W, ou dextres N-S (**Figure 50**), à une profondeur inférieure à 50 km. Etant donnée la présence d'une grande faille E-W dont les bassins de pull-apart indiquent un déplacement E-W, celle-ci serait fortement considérée comme senestre.

Les mécanismes au foyer localisés à l'Ouest du volcan Hunter et l'essai au Sud de Matthew, suggèrent la présence d'une activité sismique superficielle au-delà de la faille E-W décrite précédemment. Ils seraient de type décrochants E-W senestres ou N-S dextres.

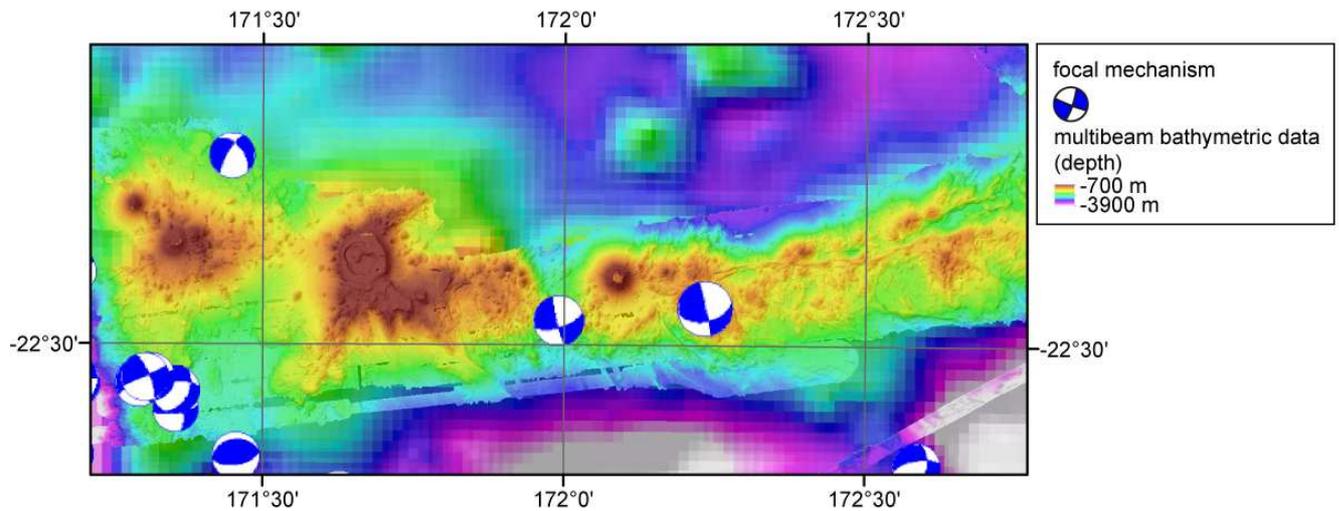


Figure 50 : Bathymétrie et mécanismes au foyer (USGS) dans la zone 3.

5. INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

5.1 Modèle structural de la région de Matthew et Hunter

Au vue des données décrites dans le chapitre précédent, la morphologie de la région de Matthew-Hunter est interprétée comme le résultat de processus tectoniques successifs qu'il convient de décrire. Cette partie intègre donc la phase interprétative de l'étude nous amenant à proposer et discuter un modèle cinématique régional.

La structuration Nord-Sud de la bathymétrie, et la parfaite symétrie des anomalies magnétiques et gravimétriques autour de la dépression centrale orientée N-S, permettent d'affirmer avec un fort degré de confiance que le fossé bathymétrique situé entre 174°15 E, -20°40 S et 17°56 E, -21°58 S correspond à la vallée axiale de 3 000 mètres de profondeur d'un axe d'accrétion océanique (**Figure 51**). Cet axe d'accrétion que nous proposons de nommer « Dorsale 174°E du Bassin Nord Fidjien » est décalée vers l'Est de 100 km environ par rapport au segment central de la dorsale du Bassin Nord Fidjien (**Figure 9**). Les linéaments incurvés vers l'Est au Nord de la dorsale 174°E (**Figure 29**) pourraient correspondre à une zone charnière, déformée, faisant la jonction entre la dorsale et le segment central du Bassin Nord Fidjien, expliquant la forme particulière des structures.

L'activité actuelle de cette dorsale 174°E et son taux d'extension E-W ne sont pas évident à démontrer. Cependant, les données de sismicité, la morphologie abrupte du fond qui suggère une absence de sédiments, et les échantillons de laves fraîches récupérés par les dragues (Danyushevsky et al., 2010), sont autant d'arguments qui laissent à penser que cette dorsale est active. Grâce aux anomalies magnétiques enregistrées, il est possible d'estimer la vitesse d'accrétion. Sachant que la distance à l'axe de la première anomalie magnétique que nous identifions et interprétons comme étant l'anomalie 1 est d'environ 26 km (**Figure 32**), et que la dernière inversion du champ magnétique terrestre est survenue il y a 780 000 ans (Cf *Echelle des inversions du champ magnétique terrestre* sur l'**Annexe 8**), nous pouvons en déduire une vitesse d'accrétion de l'ordre de 3,5 cm/an.

La forme en V de la terminaison Sud de la dorsale 174°E (**Figure 51**) suggère que celle-ci se propage vers le Sud, venant heurter et déformer les édifices sous-marins pré-existants. Une zone charnière, caractérisée par des structures sigmoïdales localisée juste à l'Ouest de la terminaison Sud de l'axe (**Figure 29**), en découlerait également, entraînée par un mouvement de rotation du fond dans le sens horaire (**Figure 31**).

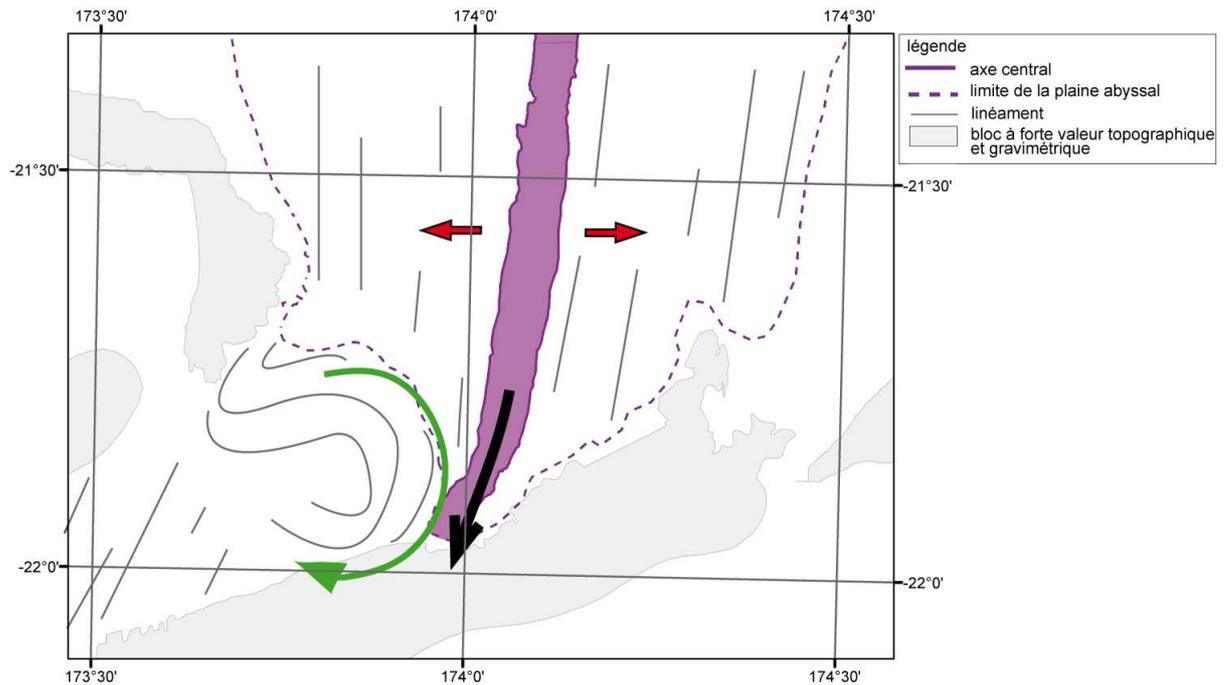


Figure 51 : schéma structural de la zone sud de la dorsale 174°E du Bassin Nord-fidjien. La flèche noire indique le sens de propagation de l'axe d'accrétion vers le Sud. La flèche verte représente la direction de rotation dans la zone déformée.

La description des données dans la zone 2 (cf partie 4.4.3), met en évidence deux rides orientées SW-NE à forte valeur gravimétrique localisée de part et d'autre d'une vaste dépression atteignant jusqu'à 3 000 mètres de profondeur aux alentours de 173°30 E, -22° S. Les coupes topographiques NW-SE effectuées à travers cette zone mettent en évidence une topographie en marches d'escalier que nous interprétons comme étant une succession de horsts et de grabens. Ceci reflèterait la présence d'un système de failles normales présentant des escarpements de part et d'autre du fossé topographique. Cette interprétation suggère un mouvement extensif orienté E-W ce qui semble être confirmé par la présence d'un mécanisme au foyer en faille normale situé au N-E de la marge Nord (**Figure 43**).

Une succession d'alignements bathymétriques SSW-NNE sur lesquels on distingue des structures coniques allongées sont présentes au centre du bassin en extension (**Figure 38**). Nous interprétons cette structuration comme étant des failles de tension (ou faille de *Riedel*) aux composantes décrochantes dextres et extensives (**Figure 52**) dans lesquelles se mettent en place des injections volcaniques qui monteraient à la surface.

Cette zone, oblique par rapport à l'axe N-S, affectée par le mouvement E-W de la dorsale, et composée de failles de tension (*Riedel*) correspondrait donc à une zone en transtension, située entre 172°50 E, -21°30 S et 174° E, -22°30 S.

Les mouvements tectoniques à l'origine de sa structuration sont interprétés comme le résultat de la propagation de l'axe d'accrétion de la dorsale 174°E, qui se poursuit et dévie en direction du Sud-Ouest, à travers un relai en zone transtensive. La ride, représentée en gris (cf **Figure 52**) se retrouve alors scindée en deux parties, constituant les deux « marges » d'un rift mature.

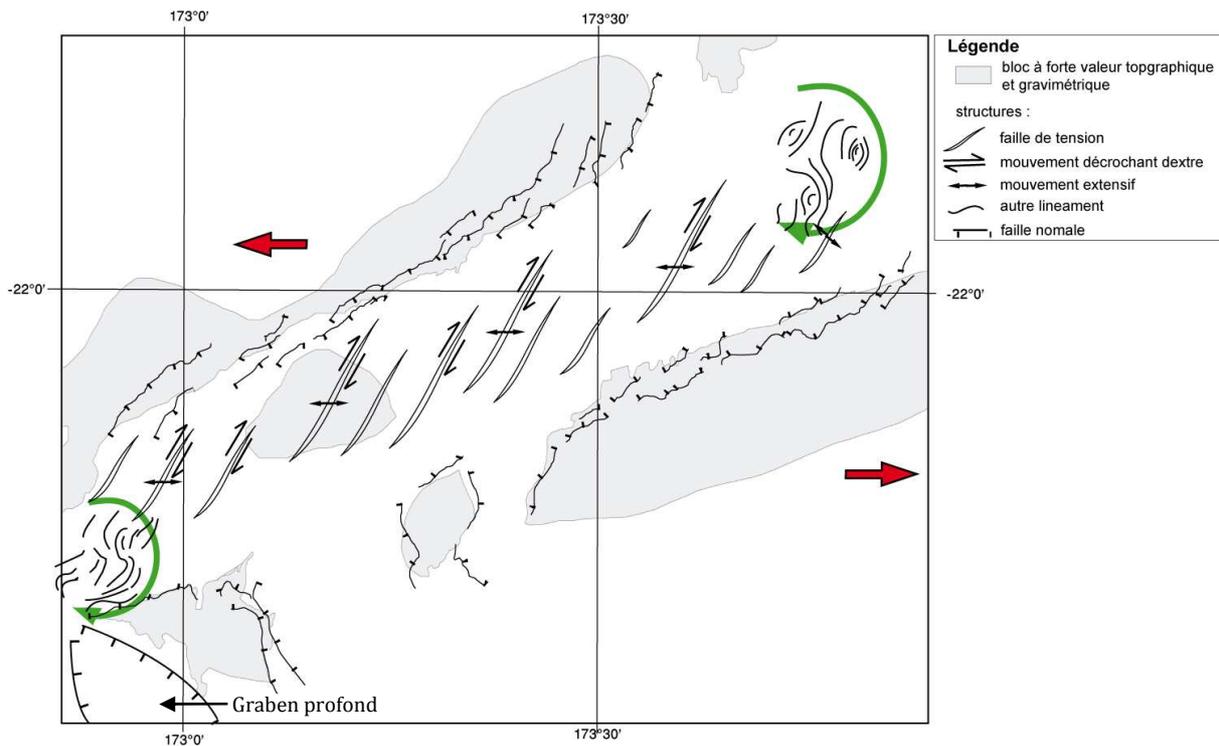


Figure 52 : schéma structural de la Zone transtensive E-W

La structuration sigmoïdale visible sur la bathymétrie aux deux extrémités Ouest et Est de la zone (Figure 52) traduit deux mouvements de rotation horaire. Une hypothèse serait de dire qu'elles seraient les vestiges d'une structure en *Overlapping Spreading Center* (voir exemple sur la Figure 53), lorsque la dorsale 174° E se raccordait anciennement avec le graben profond au Sud. Une telle structure résulte généralement d'une ouverture en relais ou un saut d'axe, existant dans le cas de dorsale à vitesse rapide ou moyenne.

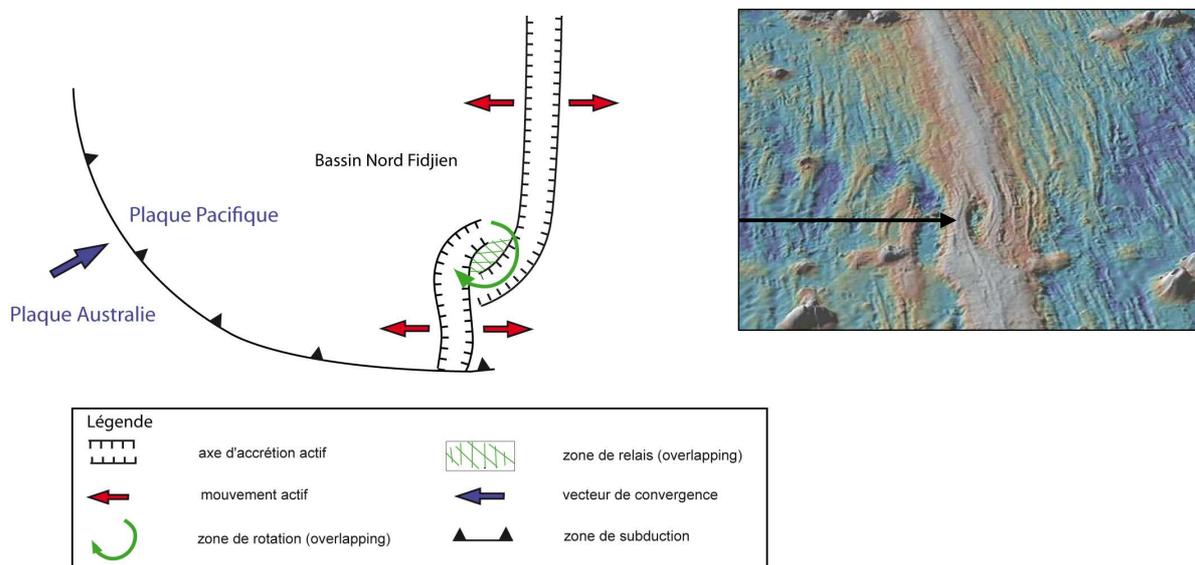


Figure 53 : Schéma interprétatif de l'ancienne propagation de la dorsale vers le Sud à travers un système en *Overlap* dans la région de Matthew-Hunter. Le point de jonction affecté par des mouvements de rotation, sert de zone de relai extensif entre les deux portions d'axes. Cette configuration suppose des déformations E-W dans la plaque supérieure. A droite : Exemple d'*Overlapping Spreading Center* (Image bathymétrique tirée de LDEO: Marine Geoscience Data System).

A l'Ouest de la zone transtensive, la bathymétrie révèle l'arrêt net d'une structure linéaire E-W longue de 66 km entre 172°5' E et 172°43' E (Cf 4.4.1 *Analyse bathymétrique de la Zone 3*) sur le volcan Hunter (**Figure 54**). La présence de micro-bassins en *pull-apart* et les mécanismes au foyer le long de cette structure, suggère qu'elle est l'expression de surface d'une faille animée par un mouvement décrochant senestre E-W. A l'ouest de Matthew, la présence de mécanismes au foyer présentant les mêmes caractéristiques que ceux juste à l'Est (**Figure 50**), suppose que le mouvement E-W décrochant puisse être accommodé à travers d'autres failles décrochantes non visibles sur la bathymétrie. Une hypothèse serait de dire que les coulées volcaniques des volcans Hunter, Vauban et Matthew viennent aujourd'hui masquer l'expression de surface de l'extension vers l'Ouest de cette faille.

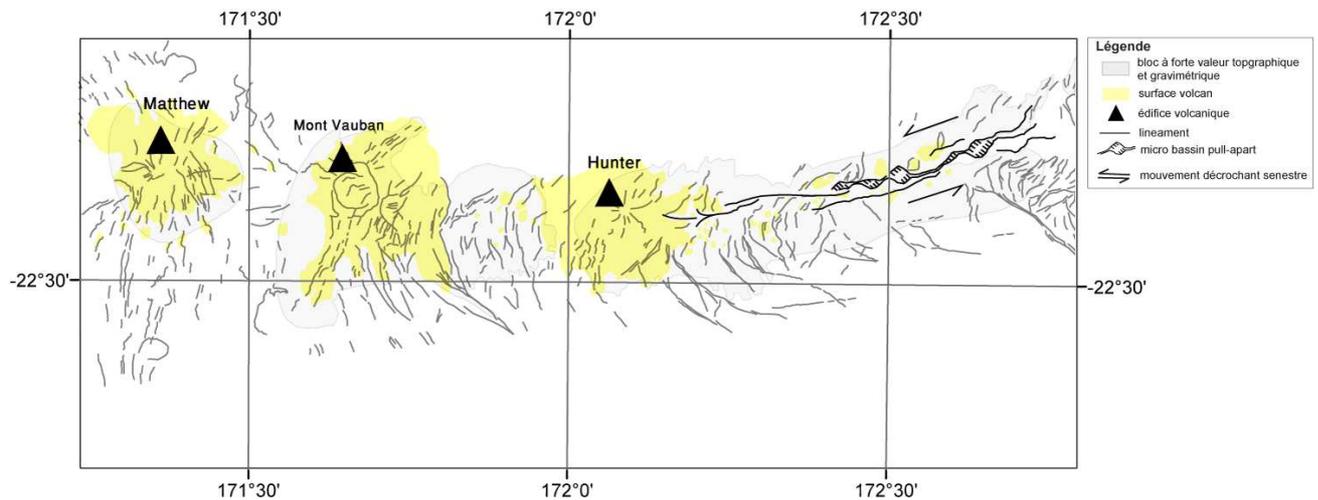


Figure 54 : schéma structurale de l'extrémité Ouest de la zone d'étude, représentant la zone de décrochement pur E-W et le système volcanique actif de Matthew et Hunter.

Pour résumer, la **Figure 55** représente le système étudié dans son intégralité. En lien avec notre interprétation, elle reprend les processus tectoniques et les structures décrites précédemment à l'origine de la morphologie actuelle.

Dans ce schéma, l'accrétion océanique qui se produit à l'axe de la dorsale se propage vers l'Ouest en premier lieu le long d'une limite oblique ce qui induit un système transtensif, puis, le long d'une limite perpendiculaire à l'accrétion qui induit un mouvement purement cisailant jusqu'à l'île de Hunter. Dans cette zone l'arc volcanique des Vanuatu est déchiré en deux.

Cependant, au vue du schéma structural présenté, la répercussion du mouvement E-W de la dorsale jusqu'à Hunter ne résout pas la question cinématique. L'arrêt net de la déformation sur le volcan suggère qu'il y ai une limite de plaque supplémentaire qui raccorderait notre zone d'étude à la fosse de subduction et accommoderait ainsi le mouvement.

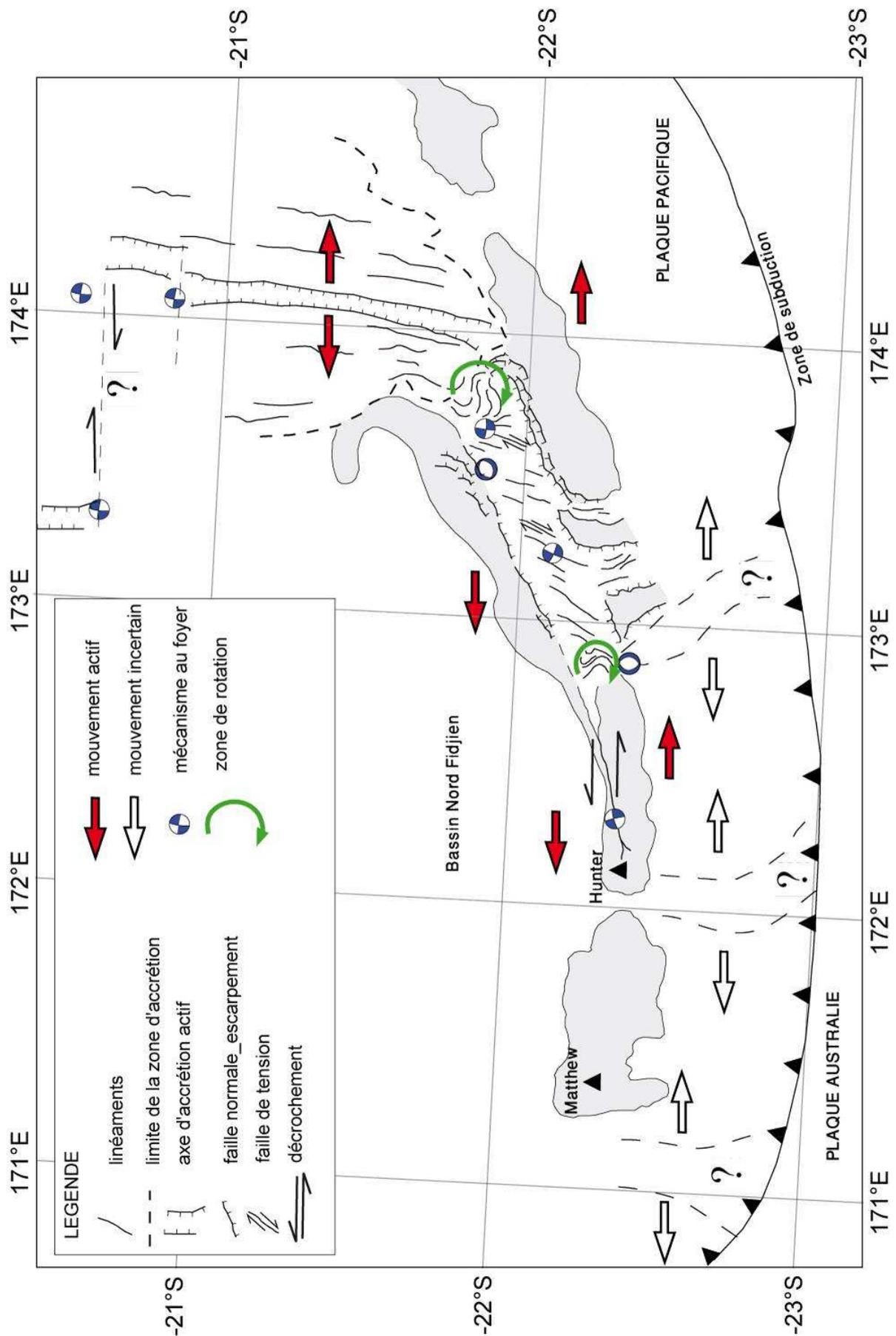


Figure 55 : schéma tectonique et structural de la terminaison Sud de l'Arc du Vanuatu, situé dans la partie méridionale du Bassin Nord Fidjien. Mise en évidence d'un mouvement général extensif E-W induit par l'accrétion de la dorsale 174°E du Bassin Nord-Fidjien, se poursuivant vers l'ouest le long d'une zone transpressive puis le long d'un décrochement pur.

5.2 Intégration dans le contexte régional

Cette zone d'étude se situe à la terminaison d'une zone de subduction. La solution cinématique la plus fréquemment observée à la terminaison des subductions correspond au passage brutal d'une subduction à une zone de décrochement par déchirement de la plaque plongeante (processus de "STEP fault", Millen & Hamburger, 1998 ; Billich et al., 2001 ; Govers et Wortel, 2005 ; Wortel et al., 2009 ; Lister et al., 2012). Ce processus est notamment visible dans la terminaison Nord de la subduction des Tonga, où une transformante E-W senestre correspond à la déformation entre plaque supérieure et plaque Pacifique. Le panneau plongeant se déchire pour permettre à une partie de rester en surface et à l'autre de plonger vers l'Ouest. Dans le cas de la terminaison Sud de la subduction du Vanuatu, la plaque inférieure ne semble actuellement pas se déchirer, mais continuerait à plonger, au vue des séismes compressifs présents jusqu'à 174° E (**Figure 56**). Le mois d'aout dernier a notamment recensé un évènement compressif majeur situé sur la fosse à 173,680° E, 22,559° S (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000iwaz#summary>). Cependant, la subduction change brutalement de direction. Comme le montrent les données GPS (Calmant et al., 1995 ; 1997 ; Taylor et al., 1995), et les données sismiques (mécanisme au foyer et axes compressifs sur la **Figure 56**), la cinématique de cette terminaison se caractérise par la transition entre une subduction à plongement vers le N-E de 11,8 cm/an en moyenne (au Nord de 21°S) et une subduction à plongement vers le Nord de 4,8 cm/an (à l'Est de l'île de Matthew cf **Figure 56**).

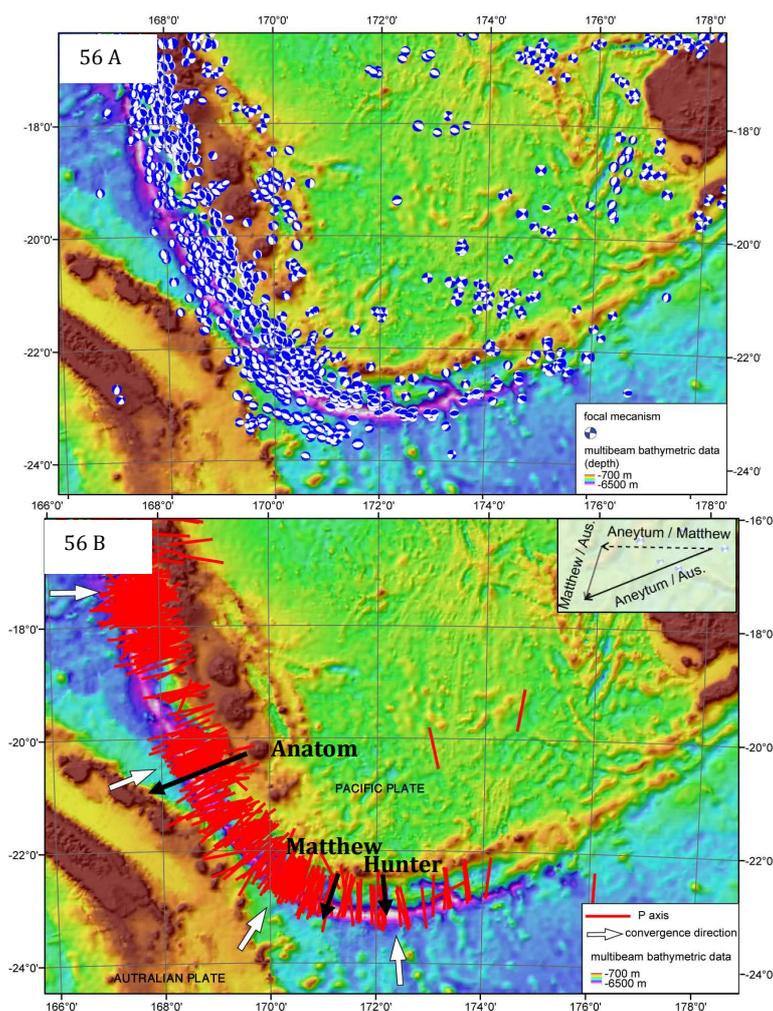


Figure 56 : Répartition des mécanismes au foyer (USGS) dans la région du Bassin Nord Fidjien (56A), et des axes compressifs P (56B) géométriquement perpendiculaires à la fosse du

Vanuatu, du Nord au Sud. Les flèches blanches représentent la direction des vecteurs de convergence de la plaque Ausstralie par rapport à l'arc du Vanuatu. Les flèches noires indiquent les vecteurs de convergence par rapport à la plaque Australie mesurés par GPS (Calmant et al, 2003). L'encadré indique le mouvement E-W de l'île d'Anatom par rapport à Matthew (flèche pointillée) déduit du mouvement de Matthew et d'Anatom par rapport à la plaque Australie.

La variation des vecteurs de convergence entre l'île d'Anatom située à 170° E, -20°S et l'île de Matthew serait, selon Pelletier et al (1998), accommodée par une zone décrochante senestre E-W, qui sépare l'arc principal des Vanuatu des îles Matthew et Hunter. Autrement dit, cela ne peut s'expliquer que par l'existence d'une microplaque dans la plaque supérieure dont le mouvement relatif serait Est-Ouest par rapport à l'arc principal (**Figure 56**). Les limites de cette microplaque ne sont clairement pas mises en évidence actuellement par les données bathymétriques. Monzier et al. (1993) suggèrent la présence d'une zone de décrochement senestre EW au Nord des îles de Matthew et Hunter (**Figure 13**). Les zones en transtension et de décrochement pur, cartographiées par le *Southern Surveyor* en 2006 constituent une limite de microplaque tangible ; Cependant, elle ne permet pas d'expliquer le mouvement relatif entre Anatom et Matthew mis en évidence par les données GPS. A ce stade de l'étude, une hypothèse pouvant répondre à cette problématique (**Figure 57**) serait que le mouvement E-W perpétué par la zone en transtension et de décrochement soit accommodé par une structure orientée NE-SW au Nord de la zone d'étude (Cf cercle bleu sur la **Figure 57**), connectée à l'Ouest à la fosse et à l'Est à la dorsale centrale N-S du Bassin Nord Fidjien.

La bathymétrie satellitaire révèle au Sud, la présence de trois fossés topographiques N-S, similaires au Graben décrit précédemment. La connexion d'un de ces grabens à la fosse vers le Sud, ajoutée à la connexion au Nord pourrait également être plausible sur le plan cinématique (Cf cercle vert sur la **Figure 57**).

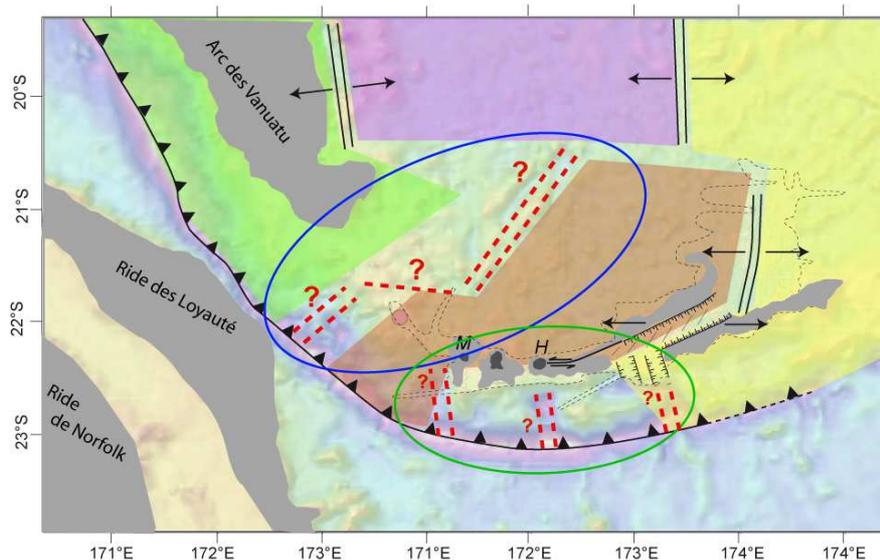


Figure 57 : schéma structural simplifié résumant la problématique cinématique. Les blocs de couleur correspondent à des blocs cinématiquement indépendants. Leurs frontières précises restent à définir. Les structures en noir sont connues et les structures en rouge restent à confirmer.

Les dragages effectués par l'Université de Tasmanie en 2006, lors des campagnes SS03, SS08, SS10 ont fait l'objet d'analyses chimiques par l'équipe de Danyushevsky. Les magmas de cette zone semblent montrer une extrême diversité de leurs compositions. On retrouve, dans une zone de moins de 10 km de long au centre de la zone en transtension : des adakites, issues d'un magmatisme typique des arcs volcaniques, des BABBs (magmatisme de rifting) et tous les intermédiaires entre ces deux pôles (Danyushevsky et al., 2010). Cette diversité confirmerait que la subduction est active au Sud, et témoignerait de la présence de magmas issus de la décompression d'asthénosphère (MORB ou BABB) à l'aplomb de la zone de subduction.

CONCLUSION

Le Sud-ouest Pacifique connaît une restructuration importante depuis l'ouverture du Bassin Nord-Fidjien débutée il y a 12 Ma. Le fonctionnement des deux zones de subduction des Tonga-Kermadec et du Vanuatu, et les centres d'accrétion actifs des bassins Nord-Fidjien et de Lau, entraînent des mouvements cinématiques aux conséquences importantes sur l'évolution géodynamique des différentes unités structurales.

Les processus géodynamiques en cours ne sont compris que partiellement et des hypothèses parfois contradictoires étaient jusque-là proposées. L'étude s'est donc appliquée à la compréhension de la région de Matthew-Hunter, dont un modèle avait déjà été pressenti par Maillet et al. (1989) et Monzier (1993). L'acquisition récente de données bathymétriques haute résolution et leur mise en forme via des outils plus élaborés ont permis un regard nouveau sur la zone et une interprétation plus pertinente. A partir d'une analyse cartographique détaillée il a été possible d'améliorer, de remettre en question, ou d'approuver certaines hypothèses déjà émises.

Il apparaît que la région de Matthew-Hunter présente des caractéristiques géométriques particulières. Les données montrent comment le mouvement extensif E-W se propage depuis la dorsale jusqu'à l'arc qu'elle découpe en deux zones hautes, séparées par un graben central d'orientation NE-SW. Le fossé central est marqué par une série d'injections volcaniques, alignées en fentes de tension, qui concentrent l'activité volcanique récente (Danyushevsky, 2010). A l'Ouest de cette zone en transtension la déformation se concentre le long d'une zone en décrochement pur senestre E-W qui s'interrompt brutalement à l'île de Hunter. A l'échelle régionale, les données géodésiques indiquent que la subduction qui anime la terminaison Sud de l'arc du Vanuatu plonge vers le Nord à une vitesse moyenne de 4,8 cm/an, contrairement à la subduction sous l'arc central, marquée par une convergence orientée vers le N-E à 11,8 cm/an. Une telle variation du vecteur de convergence probablement liée à la collision de la Ride des Loyauté dans la subduction, se traduit cinématiquement par l'existence d'une micro-plaque, (hypothèse déjà pressentie par Monzier (1993)), dont la limite encore mal connue au-delà du volcan Hunter, séparerait la région de Matthew-Hunter du reste de l'arc, accommodant l'essentiel du mouvement. Une propagation du système extensif jusqu'à la fosse par une limite au Nord de la zone d'étude comprenant la structure orientée NE-SW pourrait compenser ce mouvement E-W et de ce fait, correspondre à la frontière Nord de la microplaque entre Matthew et Anatom. Une frontière supplémentaire au Sud de la zone d'étude à travers l'un des grabens Sud, reste à découvrir.

Les résultats de cette première analyse ont permis d'entamer une réflexion et une discussion avec l'équipe de géochimistes de l'Université de Tasmanie sur la cohérence entre analyses de dragages et tectonique.

Afin de poursuivre l'étude, l'acquisition de nouvelles données bathymétriques multifaisceaux dans les zones mentionnées est primordiale pour identifier les limites de la microplaque de Matthew et Hunter et donc pour la compréhension de la cinématique régionale, qui, à ce stade, est incomplète. Il serait également judicieux de récupérer les données bathymétriques de la Ride de Hunter à l'Est, détenue par l'Université de Tasmanie pour améliorer la connaissance sur la nature de la confrontation entre plaque Australie et Pacifique au-delà de 174°4 E.

Un projet de campagne de navigation à bord de l'Atalante, nommé CARAVAN (pour *CARActéristiques tectoniques et hydrothermales de la terminaison sud de l'arc des VANuatu*) a été déposé auprès de la Commission nationale de la flotte hauturière, suite aux résultats de notre étude. Ce projet vise notamment à acquérir, à l'horizon 2015-2016, les données bathymétriques

manquantes pour comprendre ce contexte particulier se situant à la jonction d'une dorsale d'accrétion et d'une zone de subduction encore active.

Le deuxième objectif du projet CARAVAN est la recherche et l'étude d'un nouveau type de champs hydrothermaux. En effet ce type d'environnement tectoniquement actif est favorable au processus hydrothermaux, et le contexte tectonique très particulier de la zone laisse supposer la présence d'un type d'hydrothermalisme atypique. Si cela venait à être confirmé c'est tout un nouvel écosystème qui serait également découvert à cet endroit.

Les dépôts hydrothermaux (dépôts sulfurés massifs) étant généralement très riches en métaux rares et stratégiques (Mn, Zn, Au, Ni, Co, etc), la poursuite des travaux d'exploration de cette zone permettrait d'apporter d'importantes informations quant à l'évaluation de son potentiel en ressources minérales profondes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Auzende, J. M., Y. Lafoy, et B. Marsset (1988), Recent geodynamic evolution of the North Fiji basin (southwest Pacific), *Geology*, 16, p. 925-929
- Auzende, J. M., R. N. Hey, B. Pelletier, D. Rouland, Y. Lafoy, E. Gracia, et P. Huchon (1995), Propagating rift west of the Fiji archipelago (North Fiji Basin, SW Pacific), *Journal of Geophysical Research - Solid Earth*, 100(B9), p. 17823-17835.
- Bevis, M., F. W. Taylor, B. E. Schutz, J. Recy, B. L. Isacks, S. Helu, R. Singh, E. Kendrick, J. Stowell, B. Taylor, et S. Calmant (1995), Geodetic observations of very rapid convergence and back-arc extension at the Tonga Arc, *Nature*, 374(6519), p. 249-251.
- Bryan, W.B., G.D. Stice, et A. Ewart (1972), Geology, petrography and geochemistry of the volcanic islands of Tonga. *J.G.R.*, 77, 8, p. 1566-1585.
- Carney, J. N., et A. Macfarlane (1982), Geological evidence bearing on the Miocene to Recent structural evolution of the New Hebrides arc, *Tectonophysics*, 87, p. 147-175.
- Chase, C. G. (1971), Tectonic history of the Fiji plateau, *Geological Society of America Bulletin*, 82, 3087-3110.
- Cherkis, N. Z. (1980), Aeromagnetic investigations and sea floor spreading history in the Lau Basin and northern Fiji Plateau, *Un Escap, CCOP/SOPAC Tech. Bull.* 3 : 37-45
- Cluzel, D., J. Aitchison, G. Clarke, S. Meffre, et C. Picard (1994), Point de vue sur l'évolution tectonique et géodynamique de la Nouvelle-Calédonie (Pacifique, France), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2*, 319(6), p. 683-690.
- Cluzel, D., J. C. Aitchison, et C. Picard (2001), Tectonic accretion and underplating of mafic terranes in the late Eocene intraoceanic fore-arc of New Caledonia (Southwest Pacific): geodynamic implications, *Tectonophysics*, 340(1/2), 23-59.
- Cluzel, D., S. Meffre, P. Maurizot, et A. J. Crawford (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.
- Crawford, W.C., L. Briquieu, et C. Laporte (1995), Coexistence of Indian and Pacific Oceanic Upper Mantle Reservoirs Beneath the Centre New Hebrides Island Arc, In B. Taylor and J. Natland (editor), *American Geophysical Union*. p. 199-217
- Crawford, W. C., J. A. Hildebrand, L. M. Dorman, S. C. Webb, et D. A. Wiens (2003), Tonga ridge and Lau Basin crustal structure from seismic refraction data, *Journal of Geophysical Research - Solid Earth*, 108(B4).
- Collot, J. Y., J. Daniel, et R. V. Burne (1985), Recent tectonics associated with the subduction/collision of the d'Entrecasteaux zone in the central new Hebrides, *Tectonophysics*, 112, 325-356

- Collot, J. Y., et M. A. Fisher (1987), Tectonic erosion of an accretionary complex within the North d'Entrecasteaux Ridge: New Hebrides Island arc collision zone, *Eos Transactions of American Geophysical Union*, 68(44), 1486.
- Collot, J. Y., et M. A. Fisher (1991), The collision zone between the north d'Entrecasteaux Ridge and the New Hebrides island-arc -1. sea beam morphology and shallow structure, *Journal of Geophysical Research - Solid Earth*, 96(B3), p. 4457-4478.
- Collot, J. Y., H. G. Greene, et L. Stokking (1992a), Site 831, Proceedings of the Ocean Drilling Program, *Scientific Results*.
- Collot, J. (2009), Geodynamic evolution of the New Caledonia Western Offshore domain and its extensions towards New Zealand, *PhD thesis*, 290 pp, Université de Bretagne Occidentale, Brest / Noumea.
- Crawford, A. J., S. Meffre, et P. A. Symonds (2002), 120 to 0 Ma tectonic evolution of the southwest pacific and analogous geological evolution of the 600 to 220 Ma Tasman Fold Belt System, *Geological Society of Australia Special Publication*, 22, p. 377-397.
- Dubois, J., J. Launay, J. Recy, et J. F. Marshall (1977), New Hebrides trench : subduction rate from associated lithospheric buldge, *Can. J. Earth. Sci.*, 14, p. 250-255.
- Eissen, J.-P., A. J. Crawford, J. Cotten, S. Meffre, H. Bellon, et M. Delaune (1998), Geochemistry and tectonic significance of basalts in the Poya Terrane, New Caledonia, *Tectonophysics*, 284(3-4), p. 203-219.
- Ewart, A., W. Bryan, et J. Gill (1973), Mineralogy and geochemistry of the younger volcanic island of Tonga, *S.W. Pacific, J. Petrol.*, 14, p. 429-465.
- Ewart, A. (1976), A petrological study of the younger Tongan andesites and dacites, and the olivine tholeiites of Niua Fo'ou island, S.W. Pacific. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, p1-21
- Ewart, A., R. N. Brothers, et A. Mateen (1977), An outline of geology and geochemistry, and possible petrogenetic evolution of volcanic-rocks of Tonga-Kermadec-New-Zealand island arc, *Journal of volcanology and geothermal research*, 2(3), p. 205-250.
- Falvey, D. A. (1975), Arc reversals, and a tectonic model for the North Fiji Basin, *Australian Society of Exploration Geophysical Bull.*, 6, p. 47-49
- Falvey, D.A. (1978), Analysis of paleomagnetic data from the New Hebrides. *Australian Society of Exploration Geophysicists Bulletin*, v. 9, p. 117-123.
- Foucher, J.-P., J. Dupont, Ph. Bouysse, J.-L. Charlou, M. Davagnier, J.-P. Eissen, Y. Fouquet, S. Gueneley, F. Harmegies, Y. Lafoy, A. Lapouille, J.-P. Mazé, J. Morton, H. Ondréas, E. Ruellan, et J.-C. Sibuet (1988), La ride volcanique de Valu Fa dans le bassin de Lau méridional (sud-ouest Pacifique). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 307, II, p. 609-619.
- Gill J.B., et M. Gorton (1973), A proposed geological and geochemical history of eastern Melanesia. In : P.J. Coleman (Editor), the Western Pacific : Island arcs, marginal seas, geochemistry, *University of Western Australia Press*, p. 543-566
- Halunen, A.J. (1979), Tectonic history of the Fiji plateau. Unpublished PhD, Hawii, Honolulu, 127p.

- Hamburger, M. V., et B. L. Isacks (1988), Diffuse back-arc deformation in the southeastern Pacific. *Nature*, 332, n°6165, p. 3-30.
- Hawkins, J. W., S. H. Bloomer, C. A. Evans, et J. T. Melchior (1984), Evolution of intra-oceanic arc-trench systems, *Tectonophysics*, 102, p. 175-205.
- Heuret, A. (2005), Dynamique des zones de subduction: Eude statistique globale et approche analogique, 246 pp, Montpellier II, Montpellier
- Hugues Clark, J.E., P. Jarvis, D. Tiffin, R. Price, et L. Krienke, (1993), Tectonic activity and plate boundaries along the northern flank of the Fiji Platform. *Geo-Marine Letter*, 13, 2, p. 98-106.
- Kroenke, L. W. (1984), Cenozoic tectonic development of the Southwest Pacific, Technical Bulletin - United Nations, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP).Committee for Co-ordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in South Pacific Offshore Areas, 6(126).
- Lafoy, Y., B. Pelletier, J. M. Auzende, F. Missègue, et L. Mollard (1994), Tectonique compressive cénozoïque sur les rides de Fairway et Lord Howe, entre Nouvelle Calédonie et Australie, *Comptes rendus de l'Académie des sciences, Série II, Sciences de la terre et des planètes*, 319, p. 1063-1069
- Laporte, C., L. Briquieu, D. Cluzel, et J. P. Eissen (1998), Isotopic gradient along the New Hebrides arc (Vanuatu, SW Pacific). Collision of the d'Entrecasteaux Zone and heterogeneity of mantle sources, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2*, 326 (2), p. 101-106.
- Louat, R., J. Dupont (1982), Sismicité de l'arc des Tonga-Kermadec, Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique
- Louat, R., et B. Pelletier (1989), Seismotectonics and present-day relative plate motions in the New-Hebrides North Fiji Basin region, *Tectonophysics*, 167(1), p. 41-55.
- Luyendick, B.P., W.B Bryan, et P.A. Jezek (1974), Shallow structure of the New Hebrides Island Arc, *Geol. Soc. Of A Mer. Bull.*, 85, p. 1287-1300.
- Macfalane, A., J.N. Carney, A.J. Crawford, et H.G. Greene (1988), Vanuatu – A review of the onshore geology, in H.G. Greene et F.L. Wong (eds), *Geology and offshore resources of Pacific island arc – Vanuatu region. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Houston, Texas, Earth Science Series, v. 8*, p. 45-91.
- Maillet, P., M. Monzier, M. Selo, et D. Storzer (1983), The d'Entrecasteaux Zone (Southwest pacific) - a petrological and geochronological reappraisal, *Marine Geology*, 53(3), 179-197.
- Maillet, P., M. Monzier, et C. Lefevre (1986), Petrology of Matthew and Hunter volcanoes, south New Hebrides island arc (southwest Pacific), *Journal of volcanology and geothermal research*, 30, p. 1-27.
- Maillet, P., M. Monzier, J-PH. Eissen, et R. Louat (1989), Geodynamique of an arc-ridge junction: the case of the New Hebrides Arc/North Fiji Basin, *Tectonophysics*, 165, p. 251-268

- Mahaloff A., R. S. Hammond, J. J. Naughton, D. L. Keeling, et R. N. Richmond (1982), Geophysical evidence for post-Miocene rotation of the island of Viti Levu, Fiji, and relationship to the tectonic development of the North Fiji Basin, *Earth and Planetary Science Letter*, 57, p. 398-414.
- Mitchell, A. H. K., et A. J. Warden (1971), Geological evolution of the New Hebrides island arc, *Journal of the Geological Society of London*, 127, p. 501-529.
- Monzier, M., J. Boulin, J. Y. Collot, J. Daniel, S. Lallemand, et B. Pelletier (1989), First results of subps0-1 dives in the collision zone Loyalty Islands Ridge New-Hebrides island-arc (Southwest Pacific), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2*, 309(20), p. 2069-2076.
- Monzier, M. (1993), Un modèle de collision arc insulaire – ride océanique. Evolution sismo-tectonique et pétrologie des volcanites de la zone d'affrontement arc des Nouvelles-Hébrides – ride des Loyautés, 322pp, *Université du Pacifique*
- Monzier, M., C. Robin, J. P. Eissen, et J. Cotten (1997), Geochemistry vs. seismo-tectonics along the volcanic New Hebrides Central Chain (Southwest Pacific), *Journal of volcanology and geothermal research*, 78(1-2), p. 1-29
- Morton, J.M., et N.H. Sleep (1985), Geology and Offshore Resources of Pacific Island Arcs-Tonga region. In D.W. School and T.L. Vallier (Editor), Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources, *Earth Science series*, 2, p. 441-453.
- Oversby, V.M., et A. Eward (1972), Lead isotopic compositions of Tonga-Kermadec volcanic and their petrogenetic significance. *Contr. Mineral. Petrol.*, 37, p. 181-210.
- Packham, G. (1973), A speculative Phanerozoic history of the South-west Pacific, in *The Western Pacific: Island Arcs, Marginal Seas and Geochemistry*, edited by P. J. Coleman, pp. 369-388, *Western Australia Press, Nedlands*.
- Parson, L., J.A. Pearce, B.J Murton, et R.A. Hodkinson, RSS Charles Darwin Scientific Party (1990), Role of ridge jumps and ridge propagation in the tectonic evolution of the Lau back-arc basin, southwest Pacific. *Geology*, 18, p. 47-473.
- Parson L.M., et D.L. Tiffin, (1993), Northern Lau Basin : backarc extension at the leading edge of the Indo-Australian Plate. *Geo-Marine Letters*, 13, 2, p. 107-115.
- Parson, L. M., et I. C. Wright (1996), The LauHavre-Taupo back-arc basin: A southwardpropagating, multi-stage evolution from rifting to spreading, *Tectonophysics*, 263(1-4), 1-22.
- Pelletier, B., P. Charvis, J. Daniel, Y. Hello, F. Jamet, R. Louat, P. Nanau, et P. Rigolot (1988), Structure and magnetic lineations in the northwestern part of the North Fiji Basin - preliminary-results of the EVA-14 cruise (august 1987), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2*, 306(17), p. 1247-1254.
- Pelletier, B., et J. Dupont (1990), Erosion, accretion, extension arrière-arc et longueur du plan de subduction le long de la marge active des Kermadec, Pacifique Sud-Ouest, *Marine geology*, *C. R. Acad. Sci. Paris, t. 310, Serie II*, p. 1657-1664.
- Pelletier, B., S. Calmant, et R. Pillet (1998), Current tectonics of the Tonga New Hebrides region, *Earth and Planetary Science Letters*, 164(1-2), p. 263-276.

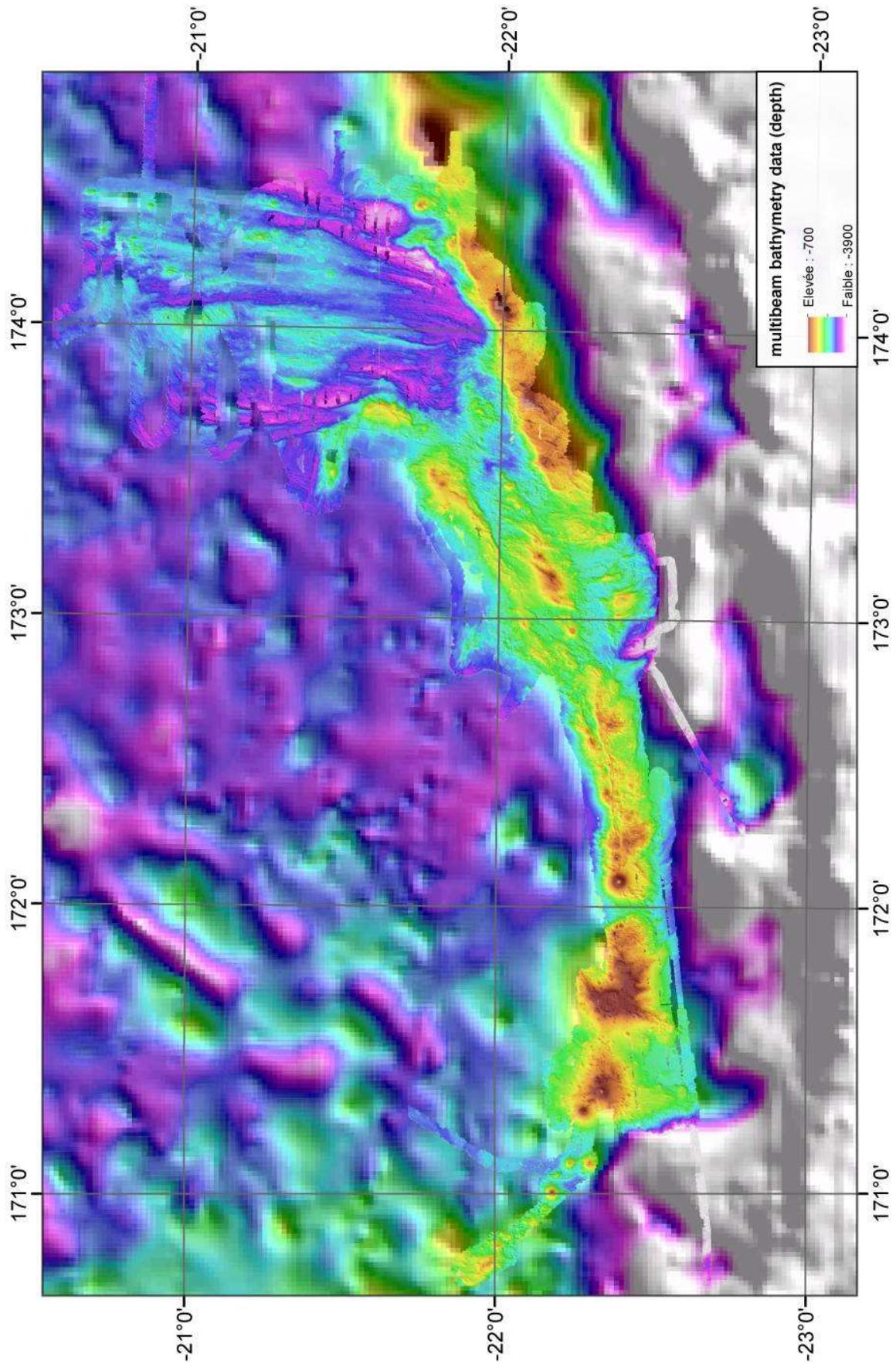
- Pelletier, B. (1999), Subduction de rides et ouvertures arrières-arc dans le Pacifique Sud-Ouest (arc des Tonga-Kermadec et du Vanuatu, bassins de Lau et Nord-Fidjien), 109 pp, *Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, université de Paris VI*,
- Pontoise, B., B. Pelletier, J. Auboin, N. Baudry, R. Blanchet, J. Butscher, P. Chotin, M. Diament, J. Dupont, J-P. Eissen, J. Ferrière, R. Herzer, A. Lapouille, R. Louat, L. d'Ozouville, S. Soakai, et A. Stevenson (1986), La subduction de la ride de Louisvillèle long de la fosse des Tonga : premiers résultats de la campagne SEAOSO (Leg V). *C. R. Acad. Sci. Paris, 303, II, 10*, p 911-918.
- Price, R.C., L.E. Johnson, et A.J. Crawford, (1990), Basalts of the North Fiji Basin : the generation of back arc basin magmas by mixing of depleted end enriched mantle sources, *Contrib Mineral Petrol., 105*, p. 106-121
- Ruellan, E., J-M. Auzende, E. Honza, S. Dutt, J. Hashimoto, Y. Iwabushi, Ph. Jarvis, D. Jollivet, M. Joshima, T. Kawai, T. Kawamoto, K. Kisimoto, Y. Lafoy, T. Matsumoto, K. Mitsuzawa, T. Naganuma, J. Naka, K. Otsuka, A. Otsuki, B. Rao, M. Tanahashi, T. Tanaka, J.S. Temakon, T. Urabe, T. Veivau, et T. Yokokura (1989), L'accrétion dans le Bassin Nord Fidjien méridional : premiers résultats de la campagne franco-japonaise STARMER / KAIYO 88. *C. R. Acad. Sci. Paris, 309, II*, p. 1247-1254.
- Schellart, W. P., G. S. Lister, et V. G. Toy (2006), A Late Cretaceous and Cenozoic reconstruction of the Southwest Pacific region: Tectonics controlled by subduction and slab rollback processes, *Earth Science Reviews, 76(3-4)*, p. 191-233.
- Sdrolias, M., R. D. Müller, et G. C. (2003), Tectonic evolution of the southwest Pacific using constraints from backarc basins, *Geological Society of Australia Special Publication 22 and Geological Society of America Special Paper 372, 22 and 372*, p. 343-359.
- Smith, W. H. F. and D. T. Sandwell, (1997), Global Seafloor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings, *Science 277*: 1956-1962
- Taylor, F. W., M. G. Baevis, B. E. Schutz, D. Kuang, J. Recy, S. Calmant, D. Charley, M. Regnier, B. Perin, M. Jackson, et C. Reichenfeld (1995), Geodetic measurements of convergence at the New-Hebrides-island arc indicate arc fragmentation caused by an impinging aseismic ridge, *Geology, 23(11)*, p. 1011-1014.
- Taylor, B., K. Zellmer, F. Martinez, et A. Goodliffe (1996), Sea-floor spreading in the Lau back-arc basin, *Earth and Planetary Science Letters, 144(1-2)*, p. 35-40.
- Von Starckelberg, U., et the Shipboard scientific party (1985), Hydrothermal sulfide deposits in back-arc spreading centers in the South West Pacific. *Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Circ., 2*, p. 3-14.
- Wiedicke, M., et J. Collier (1993), Morphology of the Valu Fa Spreading Ridge in the Southern Lau Basin, *Journal of Geophysical Research, Vol. 98, NO. B7*, p.11, 769-11,782
- Wiedicke, M., et W. Habler (1993), Morphotectonic Characteristics of a Propagating Spreading System in the Northern Lau Basin, *Journal of Geophysical Research, Vol. 98, NO. B7*, p. 11,783-11,797

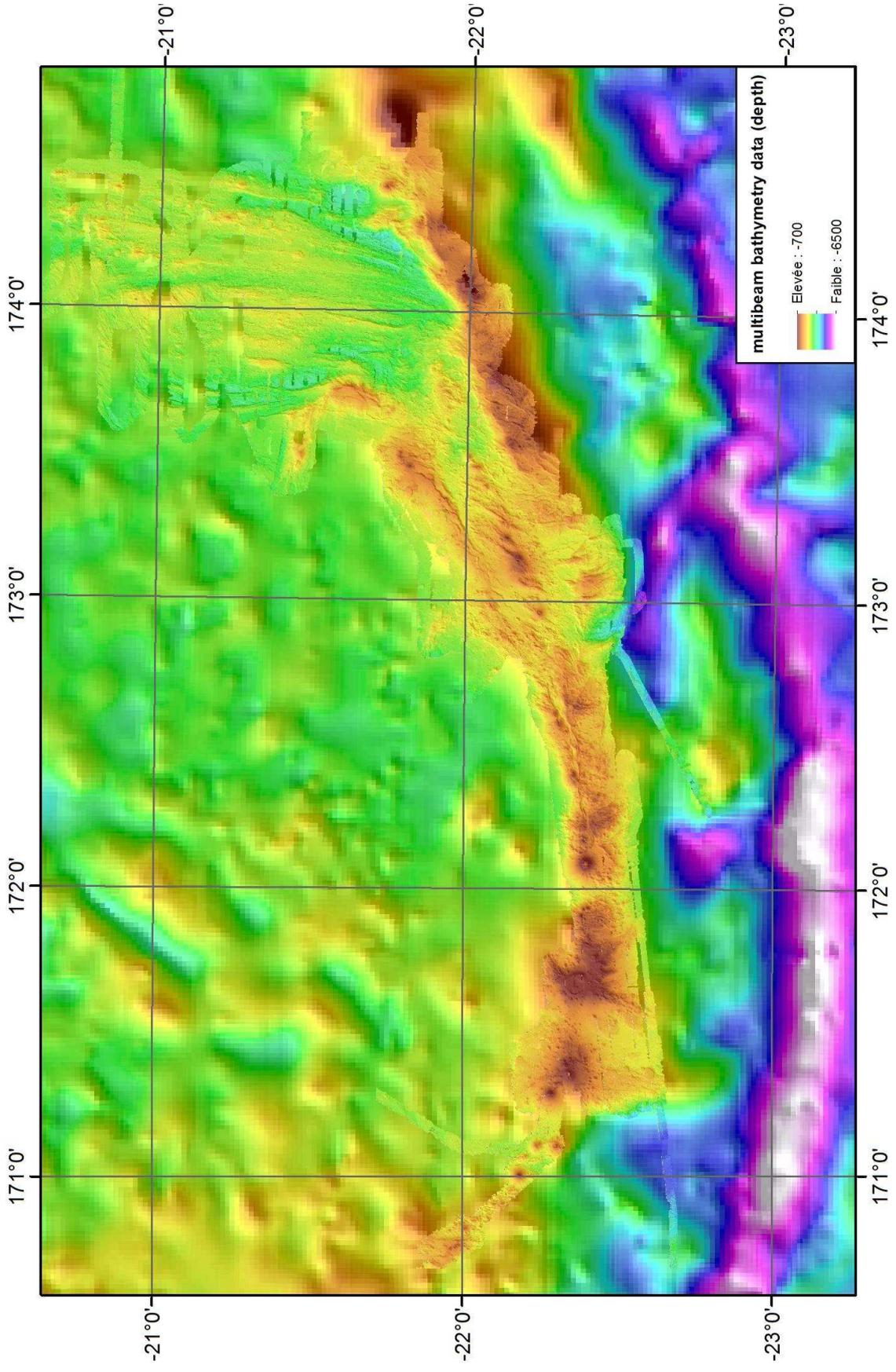
ANNEXES

Annexe 1 : *Shellscript* complet pour la transformation de fichier xyz des données bathymétriques brutes en un fichier *postscript* projeté, sur *GMT*.

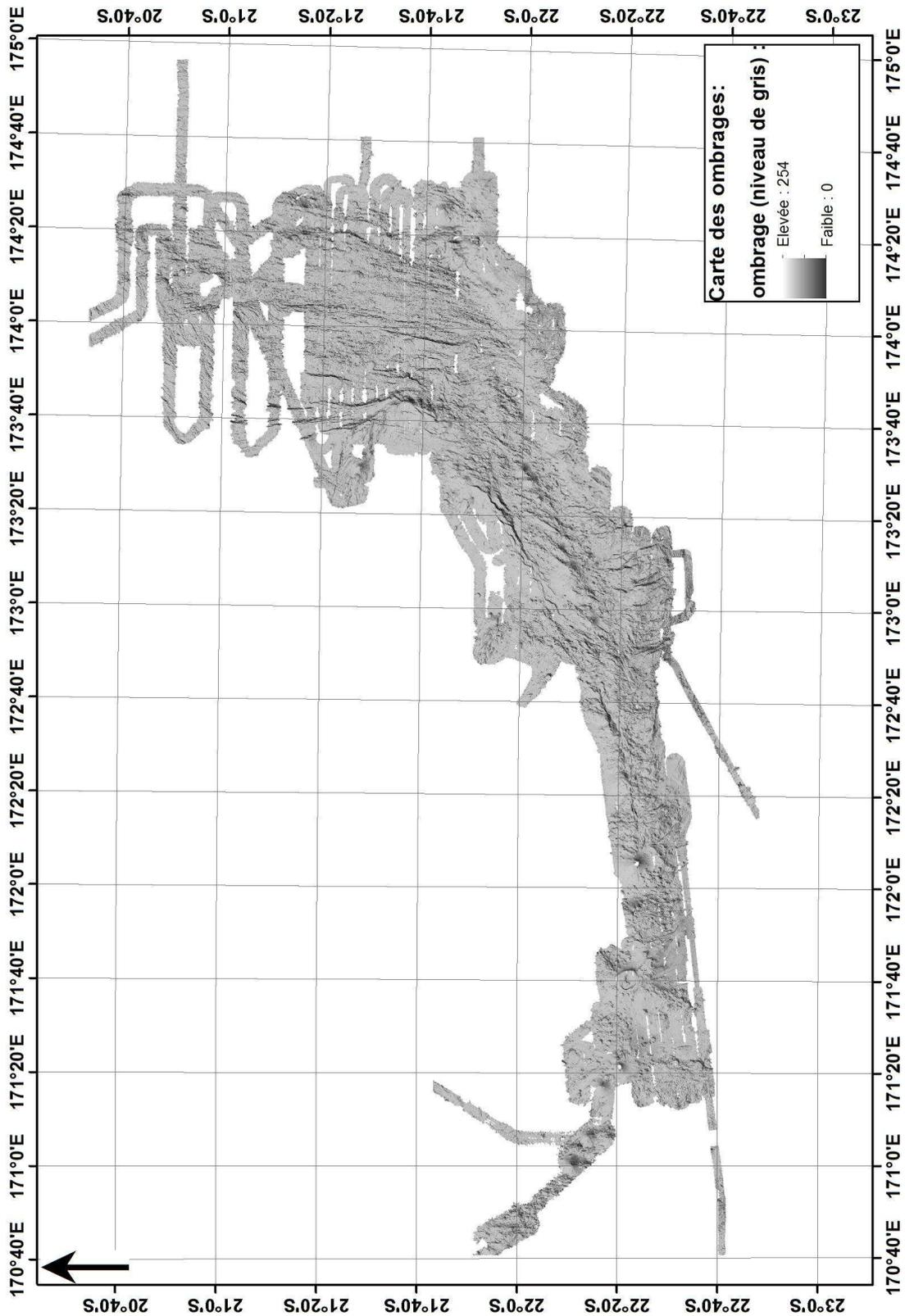
```
redac.csh (~/maud/GMT_maud) - gedit
Fichier  Édition  Affichage  Rechercher  Outils  Documents  Aide
Ouvrir  Enregistrer  Annuler
redac.csh x
1  #! /bin/csh
2
3  ### Paramètres d'affichage ###
4  set FICHOUT = ../../PS/HR_west_N_2_090722.ps
5  set LIMITES=159.0255/159.0425/-22.335/-22.330 # Zone Matthew Hunter
6  set LIMITES=170/173/-24/-22 # Zoom Matthew Hunter
7  set LIMITES=168/174/-80/0 # Zone Matthew Hunter
8  set ECHELLE= M23c
9  set LIMECH="-R$LIMITES -J$ECHELLE"
10
11 ###couleur###
12 #makecpt -Crainbow -T-3500/-1800/25 > ../../Cpt/colorsmaud.cpt
13 set cpt = ../../Cpt/GMT_topo-4000.cpt
14 set cpt = ../../Cpt/GMT_topo.cpt
15 set cpt = ../../Cpt/rainbow.cpt
16 set cpt = ../../Cpt/colorsmaud.cpt
17
18 set angl = 20
19 gmtset HEADER_FONT_SIZE 30 DEGREE_FORMAT 3 ANOT_FONT 4 ANOT_FONT_SIZE 8 BASEMAP_TYPE plain DOTS_PR_INCH 300 PAPER_MEDIA a4 MEASURE_UNIT cm
20 gmtset D_FORMAT %.12g
21
22 ###Transformation fichier xyz en Grid=interpolation ###
23 surface UTM60/HR_west_W_090722.txt.lonlat -GHR_west_W_090722.grd -I.02m -T.25 -V -R171.94/173.14/-22.81/-22.23
24 surface UTM60/HR_west_N_2_090722.txt.lonlat -GHR_west_N_2_090722.grd -I.02m -T.25 -V -R173.54/174.95/-21.08/-20.55
25 surface UTM60/HR_west_N_1_090722.txt.lonlat -GHR_west_N_1_090722.grd -I.02m -T.25 -V -R173.35/174.69/-21.65/-21.01
26 surface UTM60/HR_west_C_090722.txt.lonlat -GHR_west_C_090722.grd -I.02m -T.25 -V -R173.07/174.69/-22.58/-21.59
27 surface UTM60/HR_west_W_2_090726.txt.lonlat -GHR_west_W_2_090726.grd -I.02m -T.25 -V -R170.67/172.30/-22.70/-22.54
28
29
30 ###PLOT###
31 grdgradient $Bathygrd -GgradHR_west_N_2_090722 -A$angl -Nt -V
32 set grad = gradHR_west_N_2_090722
33
34 ##Transformation du Grid en Img##
35 grdimage $Bathygrd -R$LIMITES -JM173/-22/24c -I$grad -Ba10mg10mNSEW -C$cpt -V > $FICHOUT
36 -X1c -y2c
37
38 if (1 == 1) then
39     ##Contours##
40     grdcontour $Bathygrd -Jm -C1000 -L-8000/0 -W.5/255/255/255 -Q20 $LIMECH -O -K -V >> $FICHOUT
41     \rm $grad
42     #\rm bathy.grd
43
44     ##Echelle et trait de côte##
45     psscale -C$cpt -D22.5c/8c/10c/.5c -I -Ba1000 -O -K -V >> $FICHOUT
46     pscoast $LIMECH -JM -Ba2g2f1NSEW -W.5/255/0/0 -Dh -O -V >> $FICHOUT
47
48 endif
49
50 ##Visualisation##
51 gv $FICHOUT
52
```

Annexes 2 et 3: Cartes bathymétriques multifaisceaux de résolution 30 mètres de la région de Matthew-Hunter

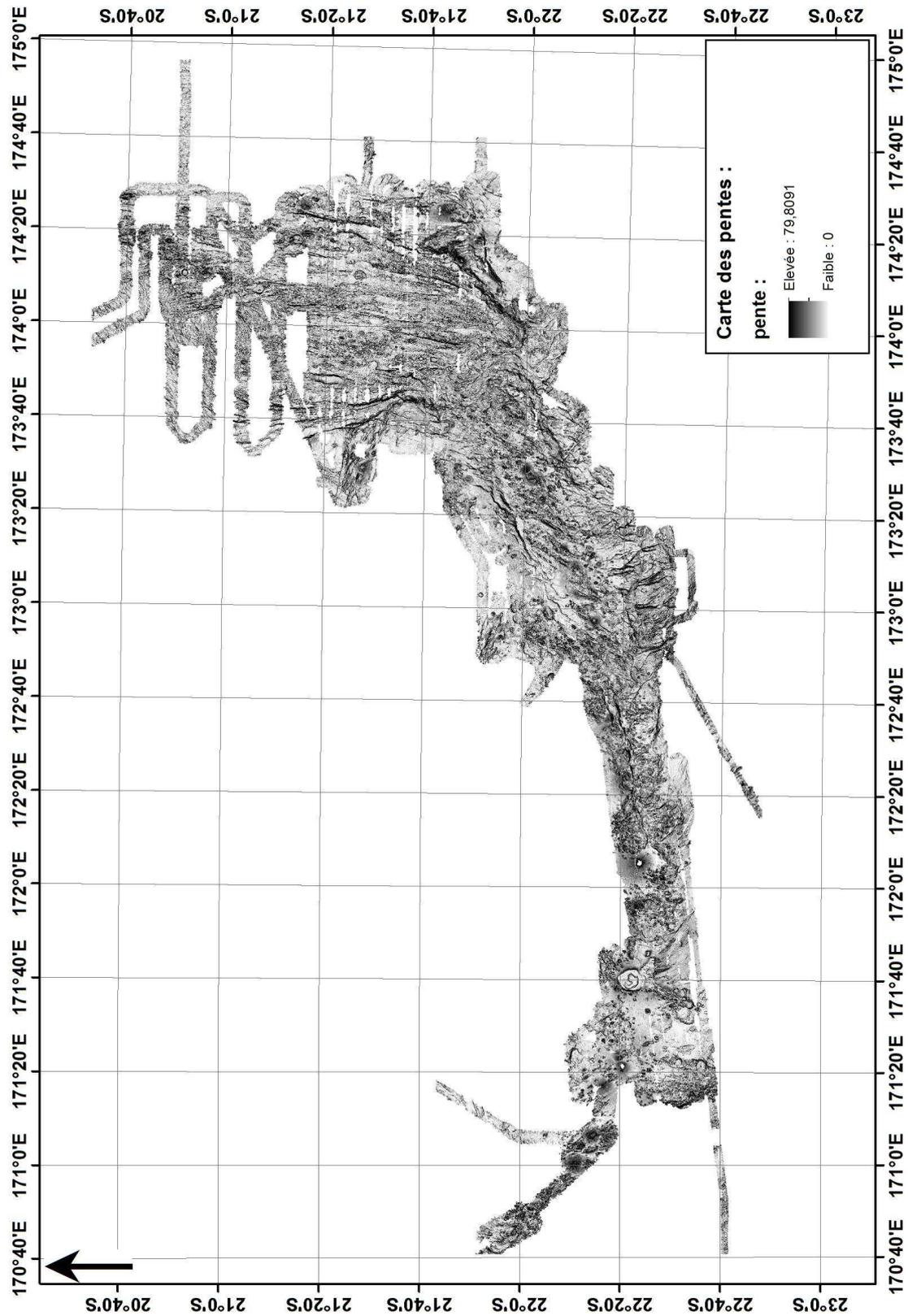




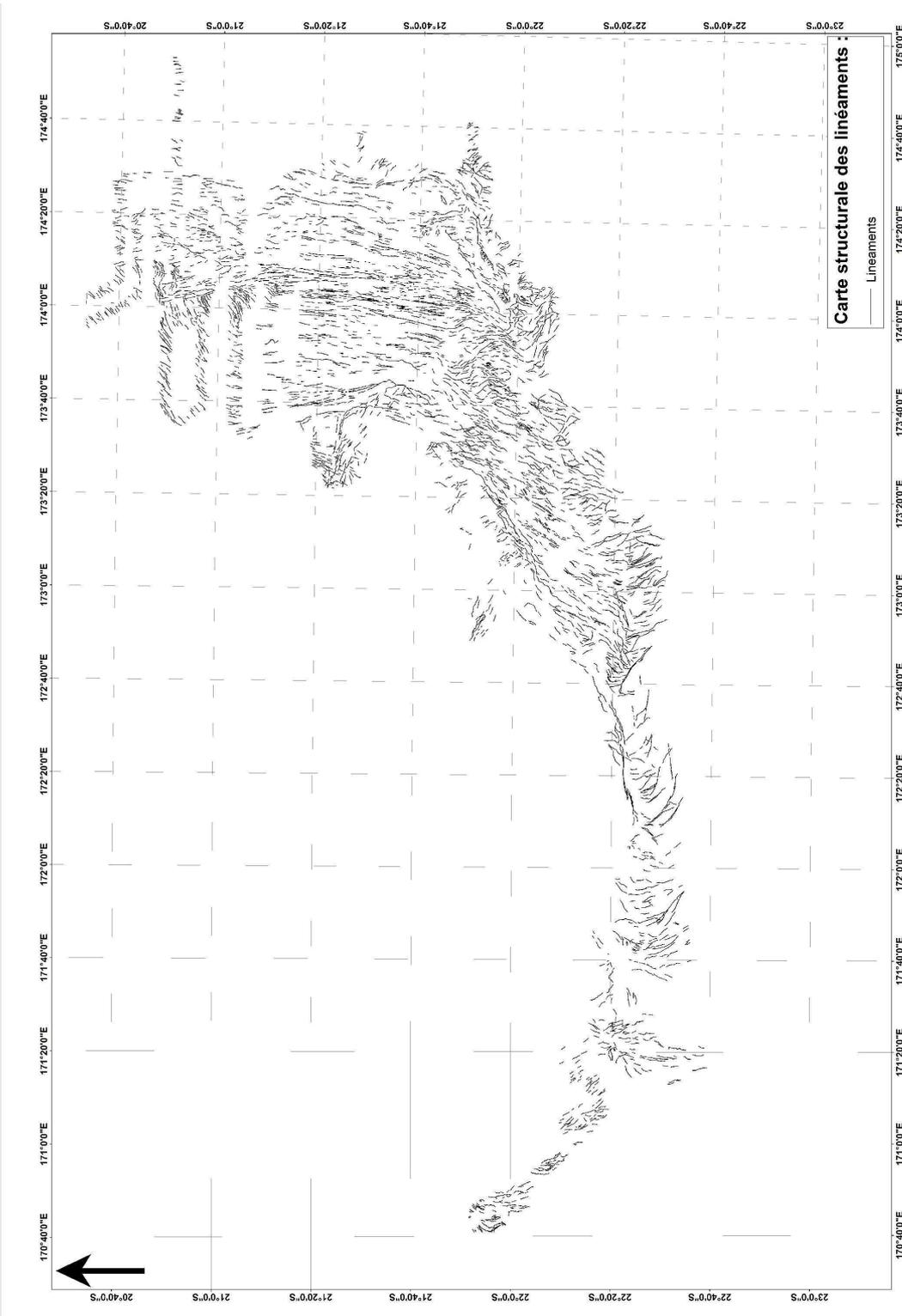
Annexe 4 : Carte de l'ombrage de la région de Matthew-Hunter



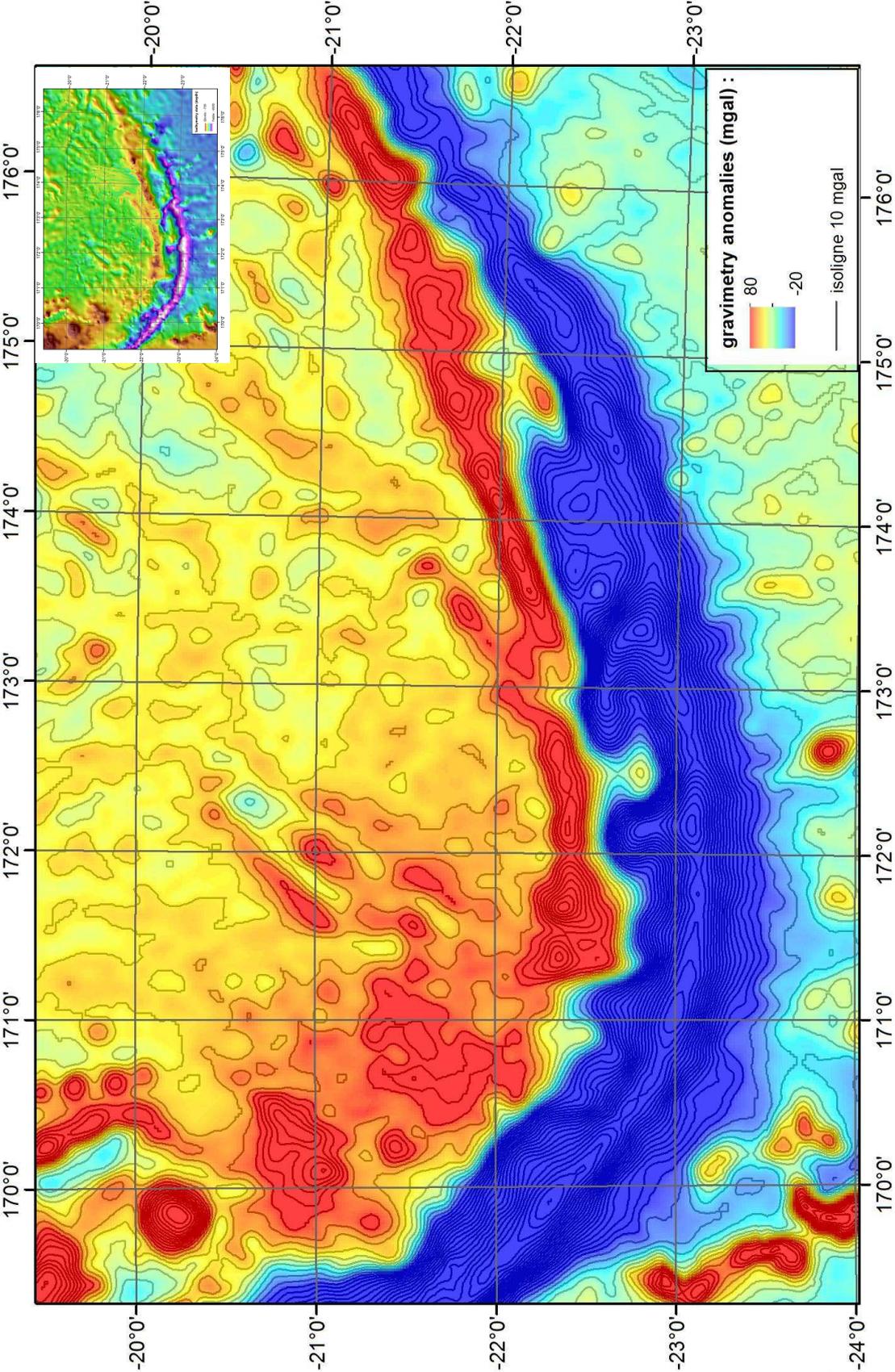
Annexe 5 : Carte de la pente de la région de Matthew-Hunter



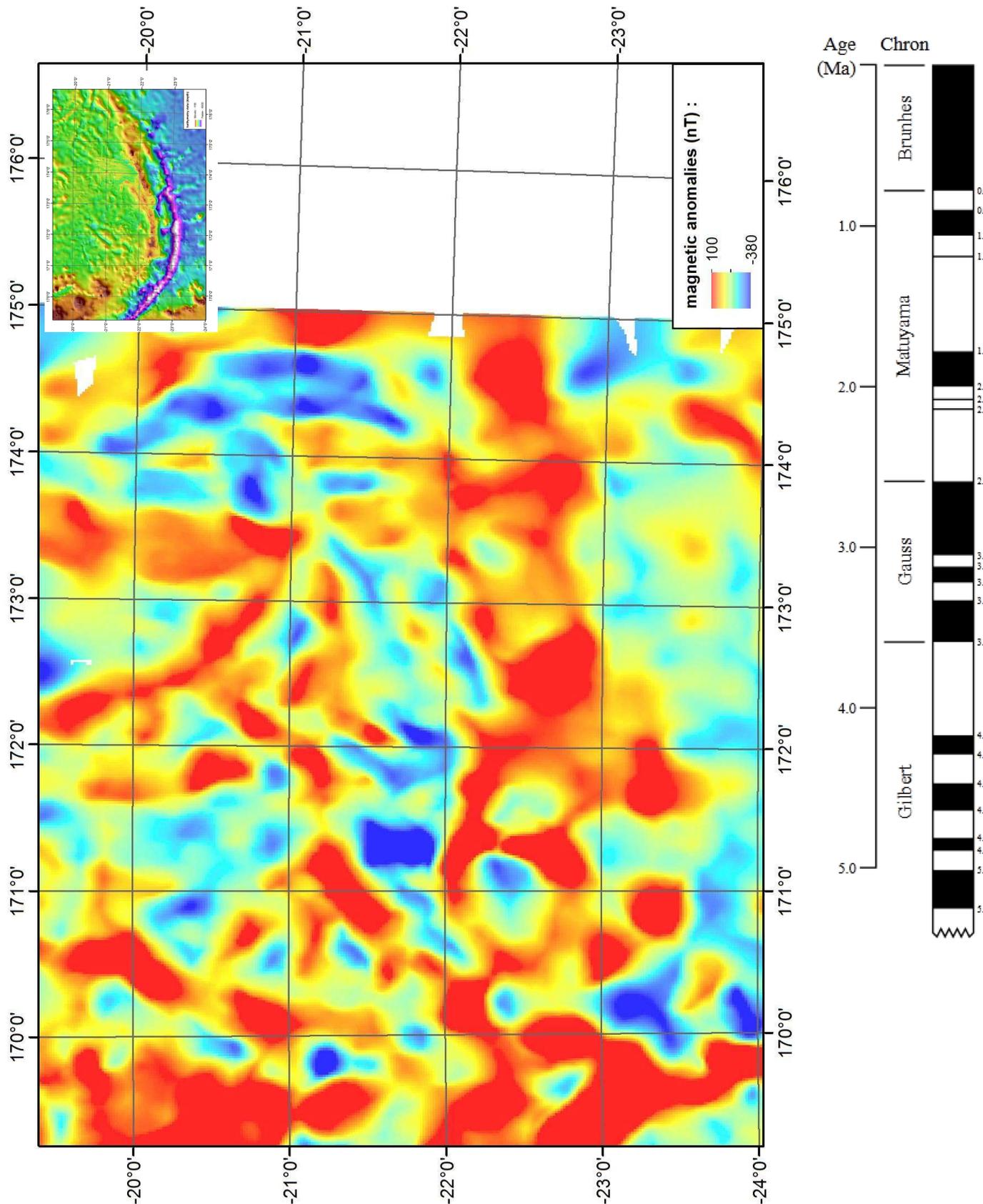
Annexe 6 : Carte structurale des linéaments de la région de Matthew-Hunter



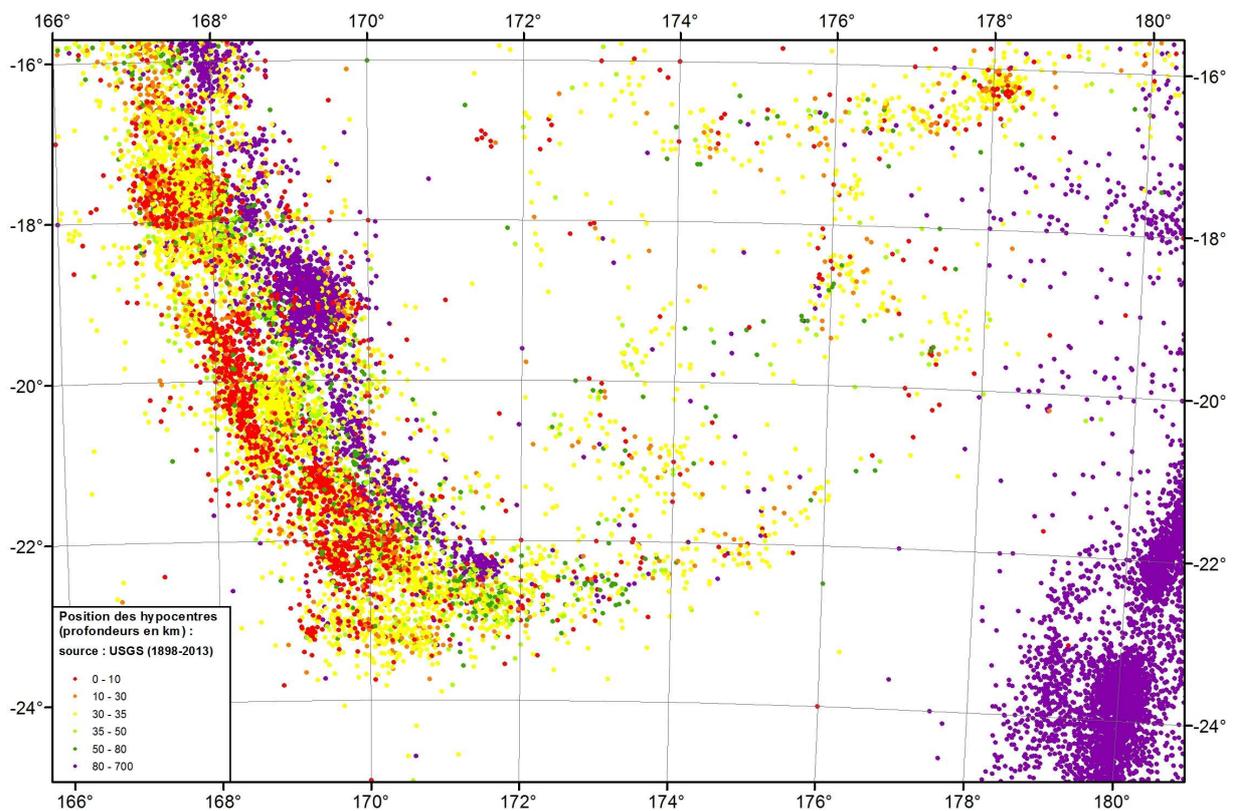
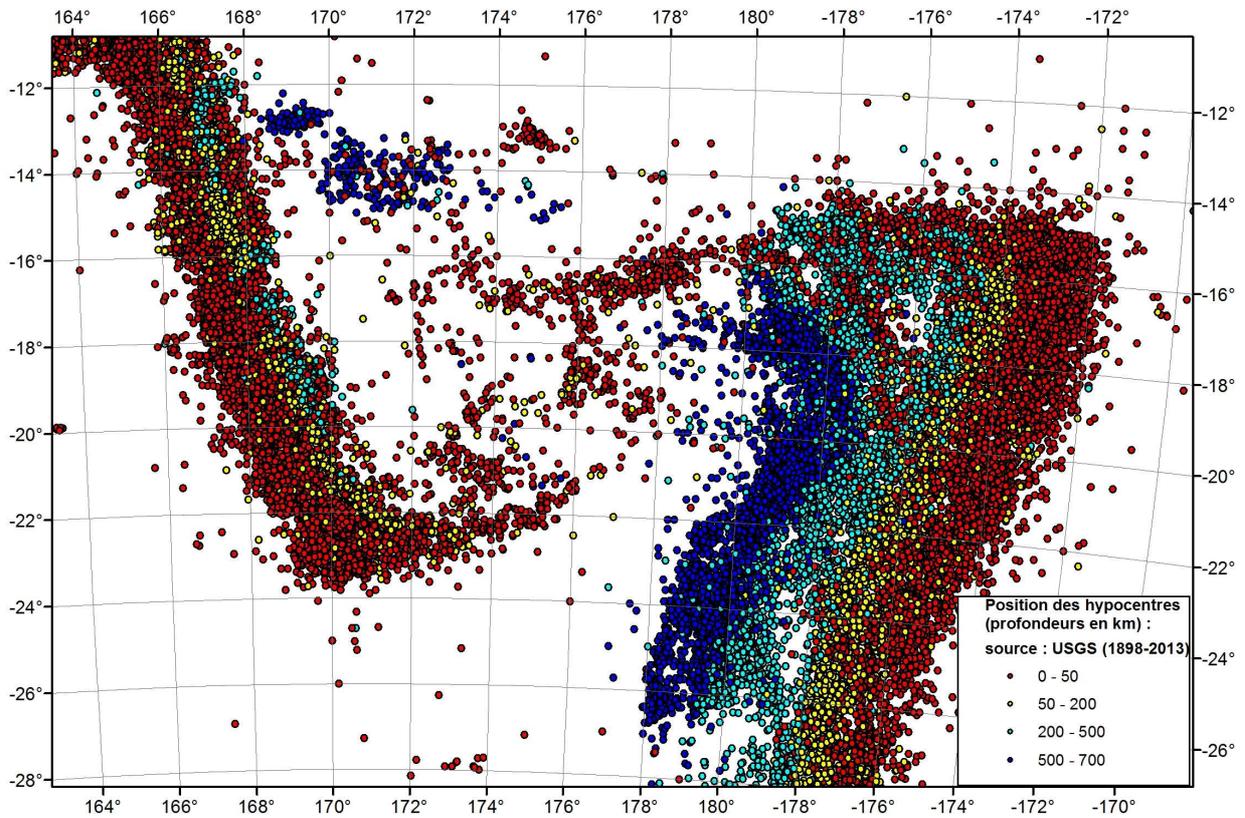
Annexe 7 : Carte des anomalies gravimétriques de la partie méridionale du Bassin Nord Fidjien



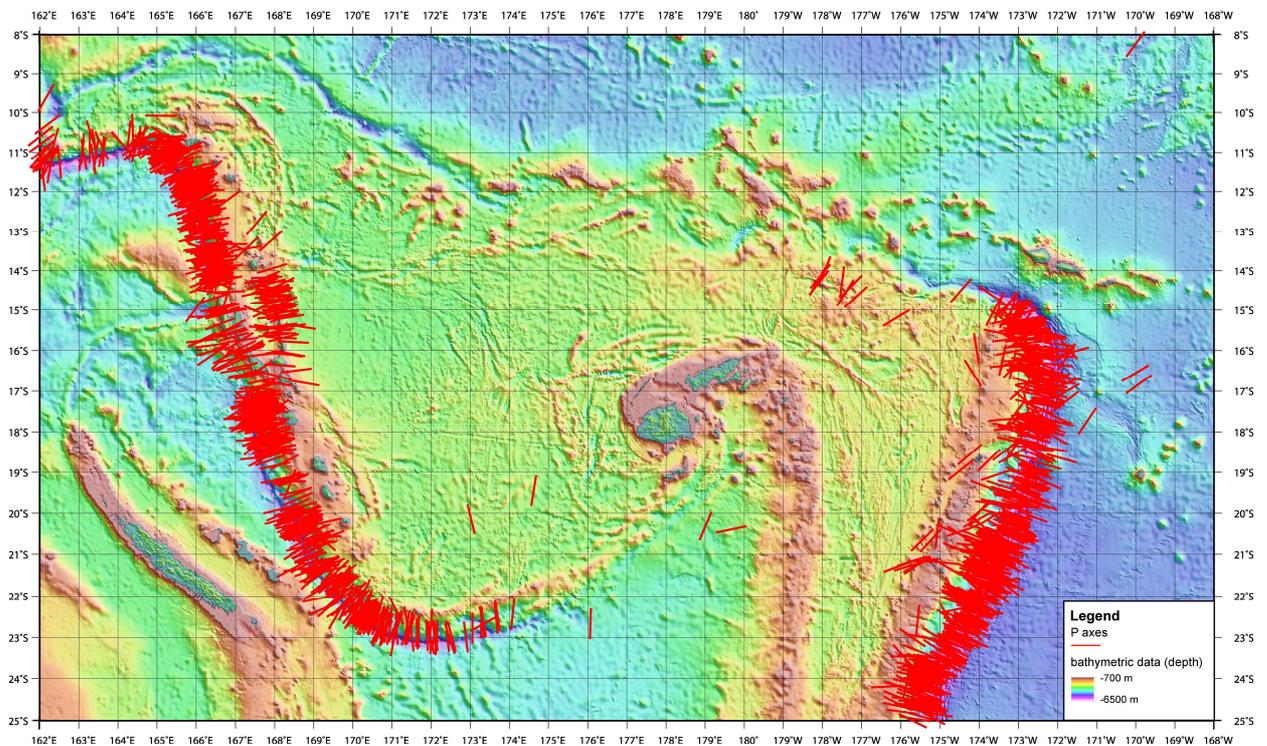
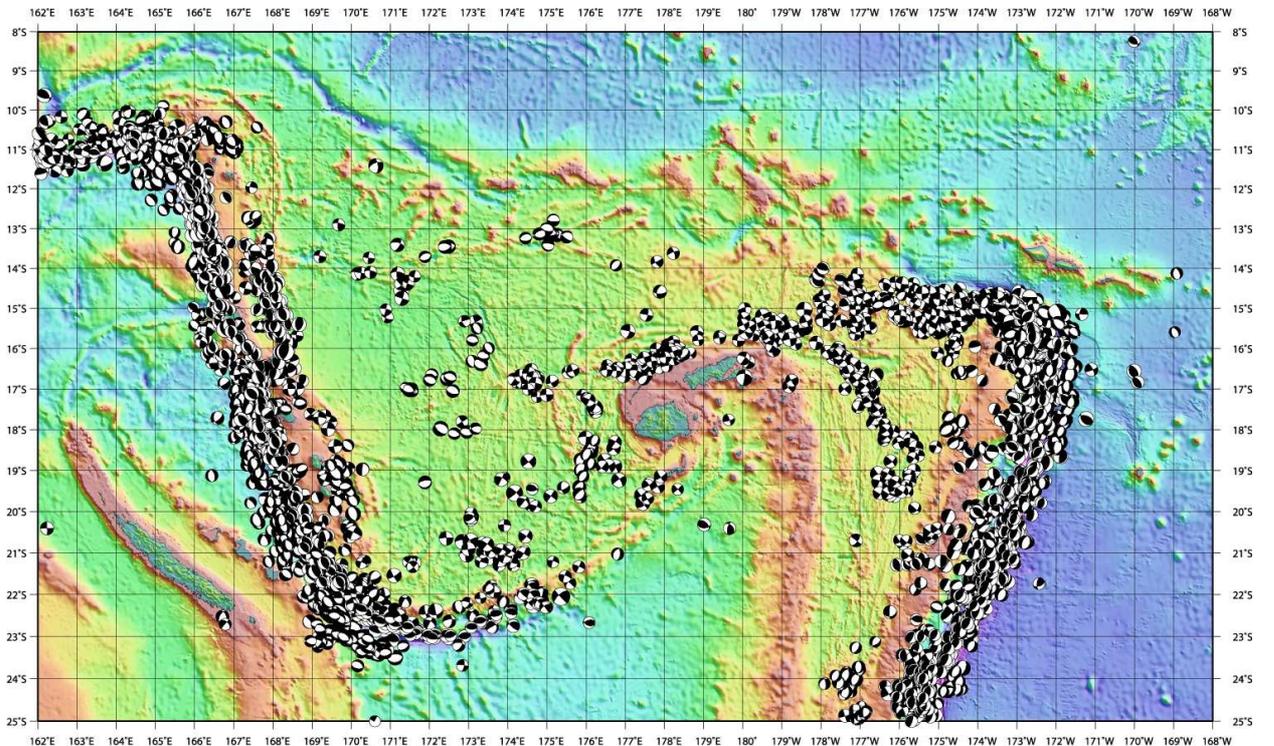
Annexe 8 : Carte des anomalies magnétiques de la région Sud-ouest Pacifique et échelle des inversions du champ magnétique terrestre.



Annexe 9 : Carte des hypocentres des évènements sismiques recensés dans la région du Bassin Nord Fidjien puis dans la terminaison Sud de la marge du Vanuatu



Annexe 10: Carte des mécanismes au foyer puis des axes P compressifs de chaque évènement sismique recensé dans la région Tonga-Vanuatu



Annexe 11: Interface ArcGis du projet complet

