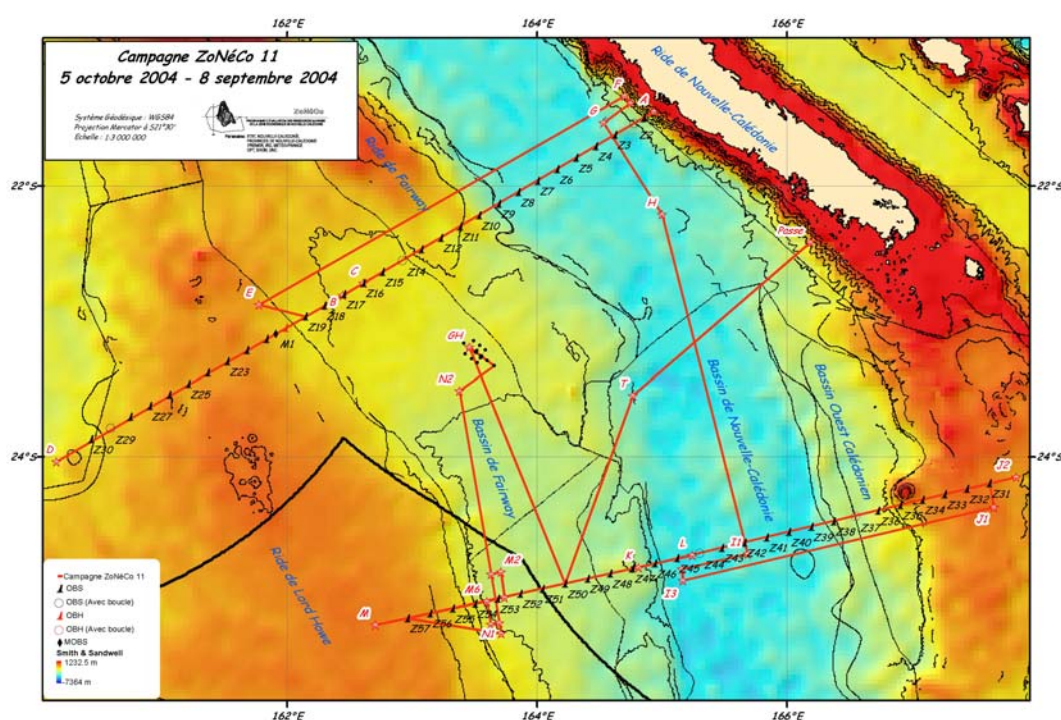


ZoNéCo

PROGRAMME D'ÉVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ÉCONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

**Rapport de mission de la campagne ZoNéCo 11 de sismique lourde
(multitraces, réfraction, haute résolution)
à bord du N/O L'Atalante (8 sept. – 5 oct. 2004)**



Y. Lafoy (1), L. Géli (2), R. Vially (3), F. Klingelhofer (2), H. Nouzé (2), Y. Auffret (2), J. Bégot (4), D. Buisson (5), J. Collot (6), E. Cosquer (2), J. Crozon (2), A. Nercessian (7), S. Rouzo (4), S. Serbutoviez (3), B. Sichler (2), E. Théréau (2), C. Tzimeas (2), J. Yi Il (2)

- (1) Direction de l'industrie, des mines et de l'énergie de Nouvelle-Calédonie (DIMENC),
Section Géologie
- (2) IFREMER, DRO/GM
- (3) IFP, CREG
- (4) IUEM
- (5) Service des méthodes administratives et de l'informatique (SMAI)
- (6) EOPG Strasbourg
- (7) IPG Paris

Octobre 2004

Note

Les auteurs de ce rapport tiennent à vivement remercier le Commandant de L'Atalante, son équipage et les sédentaires de Génavir embarqués pour leur active contribution à la bonne réalisation de la campagne.

D'un commun accord entre les embarquants, ce rapport est dédié à Monsieur Maurice MAGUEUR, décédé durant la campagne ZoNéCo 11.

Sommaire

SOMMAIRE	1
LISTE DES FIGURES.....	3
LISTE DES TABLEAUX.....	7
RESUME.....	8
INTRODUCTION.....	10
I - CONTEXTE GEODYNAMIQUE ET UNITES MORPHOSTRUCTURALES DE LA ZONE D'ETUDE.....	12
I.1 – Contexte géodynamique de la région Sud-Ouest Pacifique.....	12
I.2 – Les unités morphostructurales de la zone d'étude	12
I.2.1) Le bassin de Middleton.....	13
I.2.2) La ride de Lord Howe.....	13
I.2.3) Le bassin de Fairway	14
I.2.4) La ride de Fairway	14
I.2.5) Le bassin de Nouvelle-Calédonie	14
I.2.6) Le bassin Ouest Calédonien	16
I.2.7) La ride de Norfolk	16
II) LES TRAVAUX SISMIQUES ANTERIEURS REALISES DANS LA ZONE D'ETUDE – ESTIMATION DE POTENTIEL PETROLIER	24
II.1) Les données de la campagne de sismique réflexion multitraces FAUST 1	24
II.1.1) Calage avec le profil sismique FAUST 1 - LHRNC-B (Lafoy <i>et al.</i> , 1998) recoupant le forage DSDP 208 (Burns, Andrews <i>et al.</i> , 1973) sur la ride de Lord Howe.....	24
II.1.2) Principaux résultats de l'interprétation des profils sismiques acquis dans la zone d'étude durant la campagne FAUST 1	24
II.2) Etude IFP (2001) du potentiel pétrolier du domaine offshore de la Nouvelle-Calédonie	26
II.3 – Principaux résultats des profils de sismique réflexion multitraces de la campagne NOUCAPLAC 2	27
II.4 – Bilan des résultats en terme de potentiel pétrolier.....	28
III) LA CAMPAGNE ZONECO 11 (L'ATALANTE, 8 SEPT. – 5 OCT. 2004) : OBJECTIFS ET RESULTATS ESCOMPTEES	35
IV - LES DONNEES DE SISMIQUE REFLEXION MULTITRACES	37
IV-1-Acquisition	37
IV- 2 Traitement.....	37
IV-3- Interprétation préliminaire des données de sismique réflexion de la campagne ZoNéCo 11	37
V. LES DONNEES DE REFRACTION.....	75
V.1 Les stations sismiques de fond de mer (OBS) de l'Ifremer	75
V.2 Déroulement des opérations de déploiements des OBS	77
V.3 - Profil Nord : appréciation de la qualité des résultats OBS et modèle préliminaire	77
V.3.1 OBS disposés en ligne sur le Profil Nord (OBS Z1 à Z30).....	77
V.3.2 Analyse des données acquises sur les « boucles », profil Nord	85
V.4 Profil Sud : appréciation de la qualité des résultats OBS et modèle préliminaire.....	91
V.4.1 OBS disposés en ligne sur le Profil Sud (OBS Z31 à Z57).....	91
V.4.2 Analyse des données acquises sur les « boucles », profil Sud	99
VI – LES DONNEES DE SISMIQUE HAUTE RESOLUTION (HR).....	104
VI-1 - Contexte.....	104
VI.1.1 Hydrates de gaz dans le bassin de Fairway.....	104

VI.1.2. Hydrates et Zoneco 11	104
VI-2 - Détails de l'opération	105
VI.2.1. Profils Flûte multitrace.....	105
VI.2.2 Profils réalisés (voir coordonnées et plan d'acquisition : tableau VI-2-1, figure VI-2-1)	105
VI.2.3. Déploiement OBS et tirs sur OBS.....	106
VI.2.4. Points de larguage	107
VI-3/ Traitement des données	108
VI-3.1) Sismique réflexion.....	108
VI-3.2) Données OBS	108
VI-4/ Premiers résultats.....	115
VII – LES AUTRES DONNEES	122
VII.1) Les données de « potentiel »	122
VII.1.1) Acquisition des données de magnétisme.....	122
VII.1.2) Interprétation des données de magnétométrie	123
VII.1.3) Acquisition des données de gravimétrie.....	125
VII.1.4) Interprétation des données de gravimétrie.....	126
VII.2) Les données de bathymétrie	128
VII.3) Les données d'océanographie physique	128
VIII - RESULTATS PRELIMINAIRES.....	129
VIII.1) INTERPRETATION DES DONNEES DE SISMIQUE REFLEXION DE LA MISSION ZONECO 11	129
VIII.2 - INTERPRETATION PRELIMINAIRE DES DONNEES DE REFRACTION...	134
VIII.2.1) Profil Nord	134
VIII.2.2) Profil Sud	136
VIII.2.2.1 Modèle préliminaire de réfraction.....	136
VIII.2.2.2 La nature de la croûte dans le Bassin de Nouvelle Calédonie.....	138
VIII.3 - INTERPRETATION PRELIMINAIRE DES DONNEES DE SISMIQUE HAUTE RESOLUTION.....	140
IX – CONCLUSIONS ET PROSPECTIVE	141
X - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	143

Liste des figures

Fig.I.1.1 - La région Sud-Ouest Pacifique: 1) Zone de subduction active; 2) Zone de subduction fossile; 3) Faille transformante; 4) Anomalies magnétiques ; 5) Axe d'accrétion et direction d'ouverture ; 6) Mouvements relatifs entre les plaques en cm/an (Pelletier et Louat, 1989). Equidistance des isobathes: 1000 m.....	19
Fig. I.1.2- Unités morphostructurales de la région Sud Ouest Pacifique et localisation des forages du Deep Sea Drilling Project (DSDP). D'après Stagg et al., 2000	20
Fig. I.2.1 - Carte des anomalies gravimétriques (D'après Sandwell et Smith, 1997).....	21
Fig. I.2.2 - Les unités morphostructurales de la zone économique de Nouvelle-Calédonie...	22
Fig. I.2.3 - Modélisation gravimétrique de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté (Collot <i>et al.</i> , 1987).....	23
Fig. II.1. 1 Compilation des données de bathymétrie dans la région du Sud-Ouest Pacifique prédite de Smith et Sandwell (1997) et des données bateau. BF: bassin de Faust, BF: bassin de Fairway, BLH: bassin de Lord Howe, BM: bassin de Middleton, BT: bassin de Taranaky. Localisation du forage DSDP 208 (Burns, Andrews et al., 1973).	30
Fig. II.1. 2: Calage du profil sismique multitraces FAUST 1 – LHRNC-B (Lafoy et al., 1998) avec le forage DSDP 208 (Burns, Andrews et al., 1973) sur la ride de Lord Howe : Séquence I : dépôts Post-Oligocène supérieur ; Séquence II : érosion résultant du soulèvement des rides de Lord Howe et Fairway ; Séquence III : érosion des structures émergées entre l'Eocène supérieur et l'Oligocène supérieur ; Séquence IV : phase d'accrétion océanique Crétacé supérieur – Paléocène ; Séquence V : étirement crustal de la marge Est Australienne du Crétacé inférieur au Crétacé supérieur ; Séquence VI: dépôts Permo-Jurassique à Dévono-Carbonifère. Van de Beuque et al., 1998, modifié d'après Lafoy et al .(1998)	31
Fig. II.1. 3:– Bilan des campagnes de sismique réflexion multitraces réalisées au sein de la ZEE de Nouvelle-Calédonie. En traits gras, les campagnes récentes FAUST 1 (264 traces) (Lafoy et al., 1998) et NOUCAPLAC 2 (360 traces) (Loubrieu et al., 2004, en prép.)	32
Fig. II.3. 1 - Interprétation des profils sismiques FAUST 1-LHRNC-A (haut) et LHRNC-D (bas) (D'après Lafoy et al., in press). FAA: anomalie gravimétrique à l'air libre; MA : anomalie magnétique ; Exagération verticale: 8; 1) Séquence Post Oligocène sup.; 2) Séquence Post Paléocène; 3) Séries du Crétacé avec 3d : structures en dômes; 4) Croûte continentale amincie; 5) Croûte océanique; 6) BSR: Bottom Simulating Reflector; ELHR : Ride de Lord Howe (Est); NFB, CFB : segments Nord et Central du bassin de Fairway; WNR: Ride Ouest Norfolk (Nord); NNCB, CNCB : segments Nord et Central du bassin de Nouvelle-Calédonie; WCR : Ride Ouest Calédonie; WCB : Bassin Ouest Calédonien; NR : Ride de Norfolk.....	33
Fig. II.4. 1- Style structural et thèmes d'exploitation pétrolière en Nouvelle-Calédonie (Vially et Mascle, 1994)	34
Fig. III. 1 - Plan de position de la campagne ZoNéCo 11 à bord du N/O L'Atalante (8 sept. – 5 oct. 2004) (Lafoy <i>et al.</i> , 2004, en prép.).....	36
Fig. IV.3.2. 1 : Le découpage en séquences sédimentaires	39

Fig. IV.3.3. 1 : Basculement du bassin de Nouvelle-Calédonie vers l'Est	42
Fig. IV.3.3. 2 : Basculement du bassin de Nouvelle-Calédonie vers l'Est	43
Fig. IV.3.3. 3: Glissement gravitaire au pied de la Grande Terre	44
Fig. IV.3.3. 4: Glissement gravitaire au pied de la Grande Terre	45
Fig. IV.3.3. 5 : Bordure Est de la Ride de Fairway	47
Fig. IV.3.3. 6 : La ride de Fairway et le raccord avec le bassin de Fairway	48
Fig. IV.3.3. 7 : La ride de Fairway et le raccord avec le bassin de Fairway	49
Fig. IV.3.3. 8 : La ride de Fairway et le raccord avec le bassin de Fairway	50
Fig. IV.3.3. 9 : La retombée occidentale de la ride de Lord Howe	52
Fig. IV.3.3. 10 : Profil Z11-04 partie Nord	54
Fig. IV.3.3. 11 : Profil Z11-04 partie Sud	55
Fig. IV.3.3. 12 : Profil Z11-07A. La ride de Norfolk.....	57
Fig. IV.3.3. 13 : Profil Z11-07A. Le bassin Ouest Calédonien (Ouest Norfolk)	58
Fig. IV.3.3. 14 : Profil Z11-06. Le bassin Ouest Calédonien (Ouest Norfolk).....	59
Fig. IV.3.3. 15 : Profil Z11-06. Le bassin de Nouvelle-Calédonie	61
Fig. IV.3.3. 16 : Profil Z11-07A. Le bassin de Nouvelle-Calédonie	62
Fig. IV.3.3. 17 : Profil Z11-07B. La ride de Fairway	63
Fig. IV.3.3. 18 : Profil Z11-08B (S-N). Les structures « diapiriques »	64
Fig. IV.3.3. 19 : Profil Z11-07B. Le bassin de Fairway.....	65
Fig. IV.3.3. 20 : Profil Z11-07B. Le bassin de Fairway.....	67
 Fig. IV.3.4. 1 : Profil Z11-04 partie Nord	 69
Fig. IV.3.4. 2: Profil Z11-04 partie Sud	70
 Fig. IV.3.5. 1 : Profil Z11-11. Structure diapirique	 72
Fig. IV.3.5. 2 : Profil Z11-13. Structure diapirique	73
Fig. IV.3.5. 3 : Profil Z11-13. Structure diapirique	74
 Fig. V.1.1 : Un OBS de l'Ifremer avant sa mise à l'eau. Noter dans l'encadré le géophone suspendu (conception Tim Owen), déporté sur le côté droit de l'instrument.	 76
Fig. V.1.2 : Vue de détail de la gamelle contenant le géophone (conception Tim Owen, Université de Cambridge). Lorsque l'OBS arrive au fond, le géophone est libéré de son support par électrolyse de façon à reposer sur le sol.....	76
Fig. V.1. 3 : Mise à l'eau.....	76
 Fig. V.3.1.1 : Coupe de sismique réfraction (profil Nord) correspondant aux données	 80
Fig. V.3.1.2 : Profil Nord, OBS 07	81
Fig. V.3.1.3 : Profil Nord, OBS12	82
Fig. V.3.1.4 : Profile Nord, OBS 16.....	83
Fig. V.3.1.5 : Profile Nord, OBS 24.....	84
 Fig. V.3.2.1 Détail de la boucle réalisée au voisinage de l'OBS02, sur le Profil Nord.	 86
Fig. V.3.2. 2 Détail de la boucle réalisée autour de l'OBS14	86
Fig. V.3.2. 3 Détail de la boucle réalisée au voisinage de l'OBS14, sur le Profil Nord.	87
Fig. V.3.2. 4 Enregistrement obtenu sur l'OBS Z07, situé sur le Profil Nord.	88
Fig. V.3.2. 5 Détails de l'enregistrement obtenu sur l'OBS Z07 correspondant à la zone indiquée par le rectangle blanc en Fig. V.3.2.4.....	89

Fig. V.3.2. 6 : Détail de l'enregistrement obtenu avec les tirs de la boucle Z02 sur la composante verticale de l'OBS Z07.....	90
Fig. V.3.2. 7 : Détail de l'enregistrement obtenu avec les tirs de la boucle Z02 sur la composante verticale de l'OBS Z08.....	90
Fig. V.4.1.1 Coupe de sismique réfraction (profil Sud) correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z32.....	94
Fig. V.4.1. 2 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z36	95
Fig. V.4.1. 3 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z41.	96
Fig. V.4.1. 4 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z47.	97
Fig. V.4.1. 5 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z56.	98
Fig. V.4.2. 1 Détail de la boucle réalisée au voisinage de l'OBS37, sur le Profil Nord.	100
Fig. V.4.2. 2 Détail de la boucle réalisée autour de l'OBS44	100
Fig. V.4.2. 3 Profil de sismique réfraction enregistré sur l'OBS Z39.....	101
Fig. V.4.2. 4 Détail du profil de réfraction enregistré sur l'OBS Z39 pour les offsets négatifs uniquement.	102
Fig. V.4.2. 5 Détail de l'enregistrement obtenu avec les tirs de la boucle Z37 sur la composante verticale de l'OBS Z42.....	103
Fig. VI.2. 1 : Positions des profils de sismique réflexion et positions optimales des OBS sur le fond.....	106
Fig. VI.3. 1 : Chaîne de traitement de la sismique Haute Résolution	108
Fig. VI.3. 2 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS03, profil GH08-GH09.....	109
Fig. VI.3. 3: Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS07, profil GH08-GH09	110
Fig. VI.3. 4 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS11, profil GH08-GH09.....	111
Fig. VI.3. 5 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS11, profil GH02-GH03	112
Fig. VI.3. 6 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS03, profil GH06-GH07	113
Fig. VI.3. 7 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS07, profil GH04-GH05.....	114
Fig. VI.4. 1 : Structure en dôme sur le profil basse fréquence Z11_08b.	115
Fig. VI.4. 2 : Représentation d'une trace du profil précédent, au niveau d'une anomalie d'amplitude.	116
Fig. VI.4. 3 : Représentation d'un CDP du profil précédent, au niveau d'une anomalie d'amplitude.	117
Fig. VI.4. 4 : Extrait du profil z11 09, qui passe par la même structure en dôme que celle représentée figure VI-4-1.	118
Fig. VI.4. 5 : Profil Z11_11, qui traverse longitudinalement le “chantier hydrates”.....	119

Fig. VI.4. 6 : Détail de la gauche du profil Z11_11, qui traverse longitudinalement le “chantier hydrates”.....	120
Fig. VI.4. 7: Détail à droite du profil Z11_11, qui traverse longitudinalement le “chantier hydrates”.....	121
Fig. VII.1.2. 1 Carte des anomalies magnétiques de la zone d’étude	124
Fig. VII.1.4. 1 Carte des anomalies gravimétriques à l’air libre de la zone d’étude.....	127
Fig. VIII.1.1 : Coupe schématique de l’évolution des bassins et des rides de l’ouest calédonien (1)	130
Fig. VIII.1.2 : Coupe schématique de l’évolution des bassins et des rides de l’ouest calédonien (2)	131
Fig. VIII.1.3 : Panorama géologique au bout du profil Z11-01A	132
Fig. VIII.1.4 : Charriage de la nappe des péridotites sur la nappe des basaltes	133
Fig. VIII.2.1. 1 Interprétation préliminaire des données de réfraction OBS le long du profil Nord.....	135
Fig. VIII.2.2. 1 Modèle préliminaire réalisé à partir de l’interprétation des données du Profil Sud.....	137
Fig. VIII.2.2. 2 – Extrait du profil Z11-04 avec anomalies gravimétriques et magnétiques.	139

Liste des tableaux

Tableau VI.2. 1 : Positions des débuts et fin de profil	106
Tableau VI.2. 2 : Positions optimales sur le fond	107
Tableau VI.2. 3 : Récapitulatif des opérations	107

Résumé

Menée sous la tutelle de la DIMENC avec une participation de l'Ifremer et de l'IFP (Institut Français du Pétrole), la campagne ZoNéCo 11 (L'Atalante, 8 sept. – 5 oct.) de sismique lourde a été réalisée dans le cadre du volet « ressources minérales » du programme ZoNéCo géré par l'ADECAL (Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie). Elle a permis de mieux appréhender la géologie, la structure profonde et la nature de la croûte des bassins de Fairway et de Nouvelle-Calédonie afin de préciser leur potentiel pétrolier en matière d'hydrocarbures (liquides ou gazeux).

La ride de Norfolk qui porte les îles de Nouvelle-Calédonie et de Nouvelle-Zélande s'est détachée du continent Australien au Crétacé supérieur (environ 90-85 Ma), tout comme la ride de Lord Howe. Exceptées ces deux rides de nature continentale et la mer de Tasman, de nature océanique, l'origine de la ride et du bassin de Fairway ainsi que celle du bassin de Nouvelle-Calédonie demeuraient inconnues.

Pour répondre à cette question un levé de sismique réfraction (tirs de forte puissance enregistrés par des stations autonomes de fond de mer ou OBS) était nécessaire afin d'obtenir les vitesses (et donc la nature) des sédiments et de la croûte sous-jacente.

La nature océanique ou continentale des croûtes des bassins sédimentaires a en effet un fort impact sur leur potentiel pétrolier.

La compréhension géologique des bassins sédimentaires de l'offshore Ouest calédonien a fortement progressé avec l'acquisition des lignes sismiques de la campagne franco-australienne FAUST 1 (1998), ces dernières montrant l'existence de bassins sédimentaires dont l'épaisseur était compatible avec la génération d'hydrocarbures. Cependant, ces données restant fragmentaires, le potentiel de ces bassins ne pouvait être appréhendé que par analogie avec des systèmes pétroliers reconnus dans la région (Grande Terre (Bourail), bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande et marge continentale Ouest australienne).

Il était donc indispensable d'entreprendre des études pour préciser la nature de la croûte sous ces bassins sédimentaires. Ces études, qui nécessitent des moyens lourds, permettent aussi d'appréhender les épaisseurs sédimentaires, élément indispensable à la génération d'hydrocarbures.

Tel était l'objectif principal de la campagne ZoNéCo 11.

Sixième campagne de géologie-géophysique du programme ZoNéCo, la campagne ZoNéCo 11 a reconnu le secteur sud-ouest de la ZEE de Nouvelle-Calédonie.

La campagne ZoNéCo 11 a mis en œuvre, à bord du navire océanographique de l'Ifremer L'Atalante, des équipements lourds de sismique, à savoir, réflexion multitraces (une flûte 360 traces longue de 5 km), réfraction (15 OBS) et haute résolution.

En 27 jours, 2500 km de sismique ont été acquis sur la zone d'étude couvrant une superficie de 200 000 km².

Durant l'acquisition du profil de réfraction Nord (profil Z11_01), les tirs sismiques effectués en mer ont été enregistrés sur la Grande Terre à l'aide de stations d'écoute du centre IRD de Nouméa.

L'acquisition des données de la campagne ZoNéCo 11 a permis d'imager :

- à l'aide des données de sismique réfraction grand angle, la structure profonde et la nature (continentale amincie, océanique, intermédiaire ?) des unités du système de rides et bassins situé au sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie (obtention des lois de vitesse par sismique réfraction grand angle),
- à l'aide de la sismique réflexion multitraces, le style structural et le remplissage sédimentaire des unités géologiques reconnues, afin de mieux en appréhender le potentiel pétrolier,
- à l'aide de la sismique haute résolution, la caractérisation d'un réflecteur pouvant représenter la base d'hydrates de gaz potentiels dans le bassin de Fairway.

Le résultat essentiel de la campagne ZoNéCo 11, d'un point de vue appliqué, consiste à avoir démontré la nature continentale amincie du bassin Ouest Calédonien, ainsi que de la ride et du bassin

de Fairway. Cette découverte permet de valider l'analogie avec la Grande Terre et les autres systèmes pétroliers de la région Sud-Ouest Pacifique.

Le centre du bassin de Nouvelle-Calédonie quant à lui montre une nature plus océanique notamment dans sa partie Sud moins favorable à l'existence d'un système pétrolier actif.

Le raccord entre la Grande Terre et le bassin de Nouvelle-Calédonie reste pour l'instant inconnu. Il fera l'objet d'une étude spécifique qui intégrera, aux données de réfraction acquises en mer, celles enregistrées sur la Grande Terre par le centre IRD de Nouméa. Les résultats de cette étude constitueront un élément important pour évaluer la potentialité de cette zone charnière.

En conclusion, les premiers résultats de la campagne ZoNéco 11 indiquent que les épaisseurs sédimentaires sont suffisantes pour avoir généré des hydrocarbures dans la partie Nord du bassin de Nouvelle-Calédonie et du bassin de Fairway, mais qu'elles diminuent progressivement en direction du Sud.

Les données sismiques de la campagne permettent ainsi d'individualiser les secteurs présentant les meilleures potentialités pour l'exploration pétrolière et où les études complémentaires devraient se concentrer. Il s'agit, du raccord entre la Nouvelle-Calédonie et le bassin de Nouvelle-Calédonie, de la bordure occidentale de la ride de Norfolk, mais surtout du bassin de Fairway.

Enfin, les structures « diapiriques » décrites lors des campagnes FAUST 1(1998) et ZoNéCo 5 (1999) dans le bassin de Fairway ont été confirmées, avec un enracinement dans le Crétacé. La détermination de leur nature (dômes de sel, volcans de boue ?) devra faire l'objet de traitements géophysiques approfondis à terre.

Les résultats définitifs de la campagne seront intégrés au volet « Hydrocarbures » du Schéma de Mise en Valeur des Richesses Minières (SMVRM) (Article 39 de la Loi Organique n°99-209 du 19 mars 1999).

Introduction

Dans les années 1990, sous l'impulsion du préfet Jacques Lékawé, un certain nombre de scientifiques et de décideurs politiques ont entrepris une réflexion sur l'utilité de la mise en place d'un programme d'évaluation des ressources marines des eaux économiques de Nouvelle Calédonie.

Cette démarche était analogue à celle entreprise dès les années 1980, après la définition du concept de ZEE (zone économique exclusive). En métropole, les diverses tentatives de mise en place d'un programme d'évaluation des ressources marines des ZEE (Ifremer, SHOM, BRGM) se sont heurtées au fait que, s'agissant des ressources minérales, il n'y avait, compte tenu de la nature géologique des domaines considérés, aucune chance réaliste de découverte d'une nouvelle ressource. S'agissant des ressources vivantes, depuis bien longtemps les travaux nécessaires à leur évaluation avaient été entrepris. De ce fait, aucun véritable programme coordonné n'a pu se développer et seules quelques actions de cartographie précise ont été conduites à l'initiative de l'Ifremer et du SHOM.

Parmi les DOM-TOM où un tel programme d'évaluation des ressources marines pouvait éventuellement voir le jour, la Nouvelle Calédonie et la Polynésie Française étaient les meilleurs candidats.

Dans ce contexte, la Nouvelle Calédonie a décidé, en 1991, de se doter d'un programme d'évaluation des ressources marines vivantes et non vivantes de sa zone économique (ZEE) vaste de 1 400 000 km².

Les partenaires principaux de ce programme dénommé ZoNéCo étaient : l'Etat, les 3 Provinces et les instituts de recherche Ifremer, IRD (ex-ORSTOM) et UNC (Université de la Nouvelle-Calédonie). Mis en oeuvre en partie pour poursuivre en mer l'Inventaire Minier Calédonien conduit par le BRGM à terre, le programme a véritablement débuté avec la venue de L'Atalante en 1993 dans le cadre de la campagne ZoNéCo 1.

Le programme ZoNéCo est un programme pluriannuel et pluridisciplinaire (géologie, géophysique, biologie, océanographie physique). Il a pour finalité d'identifier des ressources marines d'intérêt économique, ces dernières pouvant être classées comme suit :

- ressources halieutiques: investissement moyen / retombées à court terme
- ressources minérales: investissement moyen / retombées à long terme
- ressources en hydrocarbures: investissement lourd / retombées à moyen - long terme.

Un des objectifs transversaux du programme ZoNéCo consistaient également à se doter d'une véritable structure d'archivage, de gestion et de valorisation des données, la SGVL (Structure de Gestion et de Valorisation Locale des données).

Le programme ZoNéCo doit permettre :

- de favoriser l'exploitation des ressources marines éventuelles et donc le développement du Territoire en diversifiant son activité économique;
- de participer à l'accroissement de la connaissance du domaine océanique péri-calédonien;
- de participer à la mise en œuvre de la politique d'insertion du Territoire dans la région Sud-Ouest Pacifique, le programme ZoNéCo pouvant être considéré comme un programme pilote régional;
- de développer des actions de recherche et de développement dans la région.

De 1991 à 2001, la structuration du programme fut établie comme suit : un Comité de Pilotage était responsable de la définition des grandes orientations du programme et un Groupe de Projet qui élaborait les actions annuelles ou pluriannuelles du programme. Le Comité de Pilotage était co-présidé par le Délégué du Gouvernement (Haut - Commissaire de la République en Nouvelle-Calédonie), et par le Président du gouvernement de la Nouvelle Calédonie. Il comprenait également les présidents des trois provinces ainsi que les responsables de toutes les institutions partenaires du programme.

Le Groupe de Projet était présidé par un chef de projet assisté d'un coordonnateur scientifique. Ce groupe était constitué des experts techniques (provinciaux ou des instituts de recherche) nécessaires à la définition et la réalisation des actions du programme.

Le Groupe de Projet était présidé par un chef de projet assisté d'un coordonnateur scientifique. Ce groupe était constitué des experts techniques (provinciaux ou des instituts de recherche) nécessaires à la définition et la réalisation des actions du programme.

Pour les années 2000 à 2004, le programme ZoNéCo a fait l'objet d'une contractualisation entre l'Etat et les Collectivités locales, dans le cadre du contrat OIC (opérations inter-collectivités), signé le 18 mai 2001. Depuis 2002, le programme est géré et coordonné par l'ADECAL (Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie).

Le Comité de Pilotage est ainsi désormais représenté par Assemblée Générale de l'ADECAL, élargie au programme ZoNéCo. Le Groupe de Projet est co-animé par le Directeur Général de l'ADECAL, et le Coordinateur scientifique du programme, assistés du responsable de chacune des trois cellules, « ressources minérales » (DIMENC, Direction de l'industrie, des mines et de l'énergie), « ressources vivantes » (DRN, Direction des ressources naturelles de la Province Sud) et « bathymétrie et environnement » (IRD), cette dernière ayant pour vocation d'enrichir la cellule « ressources vivantes » des connaissances nécessaires pour comprendre les ressources dans leur contexte environnemental.

Chacune des cellules est constituée d'un panel de scientifiques et décideurs chargés de réfléchir aux thématiques à aborder, et susciter puis évaluer les propositions d'actions en faisant au besoin appel à des compétences extérieures pour ces évaluations.

Ces trois cellules s'appuient sur une structure de gestion et de valorisation locale des données (SGVL) qui a pour vocation de collecter l'information existante comme celle issue du programme, d'archiver numériquement les données comme les rapports scientifiques et techniques. Tous les acteurs concernés (gestionnaires, professionnels ou scientifiques) y ont accès. Elle constitue la mémoire du programme.

En ce qui concerne la cellule « ressources minérales » pilotée par la DIMENC, les résultats des programmes ZoNéCo et franco-australien FAUST (French AUstralian Seismic Transect, 1998-2001) d'étude de la structure profonde du domaine marin compris entre la marge orientale de l'Australie et la Nouvelle-Calédonie, ont permis d'identifier de possibles prospects, quoique profonds, en terme d'hydrocarbures traditionnels (huiles et gaz), voire peut-être d'hydrates de gaz potentiels ? Cependant, pour préciser ces potentialités, il était impératif de réaliser une campagne de sismique lourde autorisant une forte pénétration des ondes acoustiques sous la surface du fond marin.

C'est la raison pour laquelle, lors de l'assemblée générale élargie de l'ADECAL du 19 décembre 2003, la réalisation de la campagne ZoNéCo 11, menée sous la co-tutelle de la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie (DIMENC) et de l'Ifremer, avec une participation de l'IFP (Institut Français du Pétrole) et de l'IRD avait été avalisée.

I - CONTEXTE GEODYNAMIQUE ET UNITES MORPHOSTRUCTURALES DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 – Contexte géodynamique de la région Sud-Ouest Pacifique

Comprise entre les latitudes 15°-26°S et les longitudes 156°-174°E, la zone économique des 200 milles autour de la Nouvelle-Calédonie, située au coeur de la région Sud-Ouest Pacifique, s'étend sur une superficie d'environ 1.400.000 km². Les éléments structuraux de la région Sud-Ouest Pacifique résultent de la fragmentation de la marge orientale du Gondwana affectée, dès le Crétacé supérieur-Paléocène, par les ouvertures successives des bassins océaniques situés entre le continent Australien et la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides. La zone économique de Nouvelle-Calédonie est localisée à l'ouest de la zone de convergence intra-océanique entre les plaques Pacifique et Australienne en contact le long d'une limite de plaques mobile dans l'espace et dans le temps. La plaque Australienne est subductée sous l'arc des Nouvelles-Hébrides à une vitesse de 12 cm/an, selon un mouvement de convergence de direction WSW-ENE (Dubois *et al.*, 1977 ; Pelletier et Louat, 1989) (**Fig. I.1.1**). Cette subduction s'accompagne vers 22°S-169°E de la collision entre la ride des Loyauté et l'arc des Nouvelles-Hébrides (Monzier, 1993 ; Lafoy *et al.*, 1996).

L'évolution géodynamique de la région Sud-Ouest Pacifique et de la Nouvelle-Calédonie en particulier a été marquée par trois principaux cycles tectoniques (Aitchison *et al.*, 1995 ; Meffre, 1995 ; Gaina *et al.*, 1998 ; Auzende *et al.*, 2000a ; Cluzel *et al.*, 2001 ; Crawford *et al.*, 2003 ; Sdrolias *et al.*, 2003):

- Le cycle anté-Sénonien (antérieur au Crétacé supérieur): il est marqué par le fonctionnement d'une subduction à plongement ouest sous la marge orientale du super-continent Gondwana. Au Crétacé inférieur, durant l'orogénèse Rangitata, les principales unités de la région Sud-Ouest Pacifique, dont les blocs de Nouvelle-Calédonie et de Nouvelle-Zélande, se constituent par collage tectonique.
- Le cycle Crétacé supérieur-Eocène : il est caractérisé par la fragmentation du Gondwana, à l'origine de l'individualisation de la plaque Australienne, et par l'arrivée de la ride de Norfolk au niveau de la voussure liée au bombement élastique de la plaque Australienne subductée sous l'arc du Vanuatu, ce qui provoque l'émersion et l'érosion de la ride. L'extrémité nord de cette dernière et des éléments de la croûte du bassin des Loyauté plongent jusqu'à 70 km au niveau de la fosse et sont métamorphisés. Le blocage de la subduction qui s'ensuit provoque la remontée des roches métamorphiques et des éléments de manteau supérieur supra-subduction qui vont constituer la nappe des péridotites. On assiste ensuite à l'obduction de la nappe des ophiolites provenant de la lithosphère océanique du bassin des Loyauté. L'ensemble de l'île subit un mouvement de bascule vertical post-obduction.
- Le cycle Oligocène – Actuel : il débute par l'arrêt du fonctionnement de l'arc volcanique des Loyauté. S'ensuivent des réajustements isostatiques et une intense érosion de l'île. Une nouvelle subduction Oligocène avortée pourrait s'être initiée sous la marge Ouest de l'île. On assiste ensuite au début de collision diachrone de la ride des Loyauté avec l'arc du Vanuatu. La surrection de la ride et du bassin des Loyauté est liée au bombement élastique de la plaque plongeante et au début de la collision entre la ride des Loyauté et l'arc du Vanuatu.

Cinq principaux forages DSDP (Deep Sea Drilling Project) ont été réalisés dans la zone d'étude (**Fig.I.1.2**): dans la partie nord, ce sont les sites 208 du Leg 21 (Burns, Andrews *et al.* 1973; Van der Lingen *et al.*, 1973) sur la ride de Lord Howe et 587 du Leg 90 (Kennett et Von der Borch, 1985) sur la ride de Lansdowne-Fairway. Trois sites ont été forés dans la partie sud de la zone d'étude, au sein du bassin de Nouvelle-Calédonie (site 206 du Leg 21), et sur la ride de Lord Howe (site 207 du Leg 21, site 592 du Leg 90).

I.2 – Les unités morphostructurales de la zone d'étude

La zone d'étude, située à l'Ouest de la Grande Terre, comprend, de l'Ouest vers l'Est, sept principales unités morphostructurales (**Figures I.2.1 et I.2.2**):

I.2.1) Le bassin de Middleton

Le bassin de Middleton est limité à l'Ouest par le plateau des Chesterfield et à l'Est par la ride de Lord Howe et le banc de Lansdowne. Il s'étend sur environ 800 km, entre 21°30S et 24°S selon une direction sub-méridienne. Centré sur le méridien 160°E, le bassin de Middleton est caractérisé par un fond plat souligné par l'isobathe des -2200 m.

I.2.2) La ride de Lord Howe

La ride de Lord Howe est une des structures majeures jalonnant le domaine compris entre la Nouvelle Calédonie et la marge orientale de l'Australie. Longue de 2000 km et large de 400 km, est située entre la marge est Australienne et les îles de Nouvelle-Calédonie, Norfolk, et Nouvelle-Zélande. Compte tenu de sa localisation géodynamique, elle a enregistré tous les événements ayant affecté ce domaine depuis la phase de rifting du Crétacé, jusqu'à l'épisode volcanique néogène en passant par la phase majeure de convergence Eocène. La ride de Lord Howe est interprétée comme un fragment détaché de la plaque Australienne lors de la phase d'ouverture de la mer de Tasman entre le Crétacé Inférieur et l'Eocène Inférieur (chron 33 à 24- Hayes et Ringis, 1973 ; Weissel et Hayes, 1977 ; Shaw, 1978 ; Jongsma et Mutter, 1978 ; Symonds *et al.*, 1996 ; Gaina *et al.*, 1998 ; Crawford *et al.*, 2003 ; Sdrolias *et al.*, 2003).

Les données de sismique réfraction et de gravimétrie suggèrent que le substratum de la ride de Lord Howe, est essentiellement de nature continentale ou de type intermédiaire (continental aminci) avec des vitesses de propagation des ondes voisines de 6 km/sec et une épaisseur de 26 km (Officer, 1955 ; Shor *et al.*, 1971; Dooley, 1963 ; Woodward et Hunt, 1971). Ceci a été confirmé par les profils de sismique réflexion multitracés tirés lors de la campagne FAUST 1 (Lafoy *et al.*, 1998). Les sédiments et les dépôts d'origine volcanique sus-jacents au substratum continental de la ride ont été prélevés lors du forage DSDP 208 réalisé sur la ride. Ils sont composés de volcanoclastites rhyolitiques Crétacé recouvertes de grès, de carbonates pélagiques et de roches siliceuses d'âge Crétacé (Burns, Andrews *et al.*, 1973; Willcox *et al.* 1980).

Jongsma et Mutter (1978) ont mis en évidence des bassins de type rift d'âge Crétacé sous la bordure occidentale de la ride de Lord Howe. Willcox *et al.* (1980) y ont identifié des structures en horst et graben d'âge probable Crétacé à des profondeurs comprises entre 1000 et 2000 m. De l'Eocène supérieur à l'Oligocène moyen, le sommet de la ride a été soumis à une émergence contemporaine du charriage des ophiolites sur le bâti calédonien, suivie d'un épisode volcanique qui a débuté à l'Oligocène supérieur jusqu'à l'arrêt récent de la subsidence de la ride (Van de Beuque *et al.* 1998).

La bordure orientale de la ride de Lord Howe a été interprétée comme l'ancienne marge Australo-Antarctique (Willcox *et al.* 1980). Une épaisseur de 2000 m de sédiments clastiques a été déposée au niveau de cette marge avant ou pendant le Crétacé supérieur. La couverture sédimentaire de l'ordre de 1000 m pour la bordure orientale de la ride, dépasse 2000 m dans le bassin de Nouvelle-Calédonie.

Dans sa partie septentrionale la ride de Lord Howe a été affectée par une phase de soulèvement et d'érosion sub-aérienne à l'Eocène, accompagnée d'une phase de déformation compressive marquée par des écaillages de sa bordure Est (Lafoy *et al.*, 1994). Ultérieurement une phase volcanique datée de l'Oligo-Miocène se manifeste par la mise en place de petits édifices alignés grossièrement NS sur le sommet de la ride (Van de Beuque *et al.*, 1998). Des dragages réalisés sur la ride de Lord Howe ont indiqués que la ride avait été affectée par une forte subsidence au cours du Paléogène (Launay *et al.* 1977).

Les résultats des dragages ont donné un âge Miocène pour les roches volcanoclastiques prélevées sur le sommet de la ride (Exon *et al.*, 2004).

I.2.3) Le bassin de Fairway

Encadré par la ride de Lord Howe à l'Ouest et la ride de Fairway à l'Est, le bassin de Fairway est orienté NW-SE et NNW-SSE au nord et au sud de la latitude 24°30'S. Il s'approfondit vers le Sud en s'orientant NNW-SSE.

Les données de sismique réflexion multitraces de la campagne FAUST 1 (Lafoy *et al.*, 1998) révèlent que le remplissage sédimentaire du bassin de Fairway est identique à celui du bassin de Nouvelle-Calédonie, avec cinq séquences sus-jacentes au socle acoustique (Lafoy *et al.*, 1998 ; Van de Beuque *et al.*, 1998 ; Auzende *et al.*, 2000a). Le substratum du bassin, de nature controversée, océanique (Ravenne *et al.*, 1977 ; Mignot, 1984 ; Cluzel *et al.*, 1997 ; Van de Beuque, 1999 ; Uruski et Wood, 1991) ou continentale amincie (Auzende *et al.*, 2000c ; Vially et Bénard, 2001 ; Lafoy *et al.*, in press), est recouvert d'une couverture sédimentaire pouvant atteindre 2 à 3 km de puissance (Ravenne *et al.*, 1977, 1982).

L'hypothèse d'un bassin à croûte continentale amincie a été proposée sur la base d'une modélisation gravimétrique (Vially et Bénard, 2001) et d'après la mise en évidence de diapirs alimentés par une formation salifère datée du Crétacé (Auzende *et al.*, 2000b,c). Plus récemment, Lafoy *et al.* (in press) corroborent cette hypothèse. En raison de l'absence d'anomalies magnétiques marquées et en accord avec les modélisations gravimétriques proposées (Hahn, 2001 ; Vially et Bénard, 2001), ces auteurs interprètent la croûte épaisse de 10 km (Lafoy *et al.*, 1998) comme d'origine continentale étirée et amincie, surmontant un manteau hydraté et serpentinisé sous-jacent.

I.2.4) La ride de Fairway

La ride de Fairway, longue de 600 km, orientée N130°E, est encadrée par le bassin de Fairway à l'ouest et le bassin de Nouvelle-Calédonie à l'est. La ride est surmontée au nord par le banc de Lansdowne qui culmine à une profondeur de 50 m. La ride, qui s'estompe à la latitude de 23°45'S, est décalée de manière dextre par une série de failles SW-NE et WSW-ENE. A sa terminaison sud-est, au niveau de sa jonction avec le bassin de Nouvelle-Calédonie, la ride est affectée par un bombement et des sédiments déstabilisés en surface (Lafoy *et al.*, in press).

L'origine de la ride demeure controversée. Antérieurement interprétée de nature volcanique (Ravenne *et al.*, 1977; Lafoy *et al.*, 1994 ; Van de Beuque, 1999) et représentant le bombement de la plaque Australienne subductée sous la Nouvelle-Calédonie dans l'hypothèse d'une zone de subduction fossile à vergence nord-est (Dubois *et al.*, 1974), son origine continentale est, depuis récemment, proposée. Mignot (1984) l'interprète comme un tronçon détaché de la ride de Lord Howe par ouverture du bassin de Fairway. Vially et Bénard (2001) identifiant des figures de progradations sur le profil sismique FAUST 1 - LHRNC-A (Lafoy *et al.*, 1998), suggèrent qu'une phase d'érosion majeure a affecté l'extrémité nord-ouest de la ride de Fairway au Crétacé. Selon Vially *et al.* (2003), une telle forme d'érosion suggère une origine continentale de la ride.

Enfin, Lafoy *et al.* (in press), à partir de l'analyse des données de sismique multitraces (Exon *et al.*, 2001 ; Lafoy *et al.*, 2001 ; Exon *et al.*, in press) et l'interprétation des anomalies gravimétriques, interprètent les massifs discontinus orientés NNW-SSE situés au Sud de la ride de Fairway et soulignés par des anomalies gravimétriques positives (Auzende *et al.*, 2000b) comme le prolongement septentrional de la ride West Norfolk. Cette dernière, située à 33°S à l'Ouest de la Nouvelle-Zélande, est également soulignée par une forte anomalie gravimétrique positive et présente une affinité continentale de type igné à métamorphique (Herzer *et al.*, 1997 ; Mortimer *et al.*, 1998). Cette interprétation corrobore les travaux antérieurs ayant précisé les relations structurales entre les rides de Fairway et Ouest-Norfolk a été précisée (Ravenne et de Broin, 1975; Ravenne *et al.*, 1977; Mignot, 1984; Lafoy *et al.*, 1994).

I.2.5) Le bassin de Nouvelle-Calédonie

Le bassin de Nouvelle-Calédonie présente, au Nord et au Sud de 22°45'S un changement de direction. Le segment Nord, qui s'évase vers le nord, atteint une profondeur maximale de 3750m et est orienté NW-SE, tandis que le segment Sud, profond en moyenne de 3000m, présente une direction sub-méridienne.

Le bassin se serait ouvert durant le Crétacé supérieur, phase de subsidence régionale mise en évidence par le forage DSDP 207 (Burns and Andrews, 1973) depuis la Nouvelle-Calédonie jusqu'à la Nouvelle-Zélande.

La nature de la lithosphère du bassin reste cependant controversée.

Une origine océanique a été proposée pour expliquer la probable obduction (Van de Beuque, 1999 ; Cluzel *et al.*, 2001) d'un élément de croûte de la partie occidentale du bassin sur l'extrémité nord-est de la ride de Fairway lors de la voûture de cette ride en réponse aux contraintes compressives de l'Eocène terminal (Lafoy *et al.*, 1994). La même origine est invoquée pour expliquer la forte anomalie gravimétrique présente dans la partie orientale du bassin et interprétée comme une subduction avortée contemporaine de l'obduction Eocène terminal (Régner, 1988 ; Rigolot et Pelletier, 1988). Selon Rigolot et Pelletier (1988) le môle continental calédonien aurait été charrié vers l'ouest suite au contrecoup de la phase d'obduction des péridotites. Ces mêmes auteurs ont décrits des mouvements gravitaires superficiels (slumps) récents au sein du lagon Ouest.

Selon Cluzel *et al.* (2001), cette subduction aurait été réactivée et soulignée par un épisode magmatique d'âge Oligocène moyen (post-obduction). D'autres auteurs privilégient l'origine océanique de la lithosphère. Willcox *et al.* (1980) suggèrent que l'âge du bassin soit plus ancien que celui de la mer de Tasman, tandis que Kroenke (1984) propose une ouverture synchrone pour les deux bassins, cette dernière ayant d'abord cessé au niveau du bassin de Nouvelle-Calédonie.

Les détracteurs d'une origine continentale du bassin évoquent l'absence d'anomalies magnétiques au sein du bassin, ainsi que la bonne corrélation des séquences sismiques de la partie méridionale du bassin avec celles du bassin de Tanaraki en Nouvelle-Zélande (Uruski and Wood, 1991). Ces auteurs concluent que la partie sud du bassin correspond à un rift continental actif durant le Crétacé et peut être dès le Jurassique.

Hahn (2001) et Vially et Bénard (2001), d'après les résultats de modélisations gravimétriques effectuées sur le segment Nord (orienté NW-SE), optent pour une origine continentale amincie du bassin.

Les profils de sismique multitraces de la campagne FAUST 1 (Lafoy *et al.*, 1998) ont permis de constater que le remplissage sédimentaire du bassin de Nouvelle-Calédonie était identique à celui du bassin de Fairway, avec cinq séquences sus-jacentes au socle acoustique (Lafoy *et al.*, 1998 ; Van de Beuque *et al.*, 1998 ; Auzende *et al.*, 2000a). Mais ces profils sismiques, couplés aux données de gravimétrie et magnétisme, permettent surtout de faire ressortir la différence de structuration entre les segments Nord et Sud du bassin (Lafoy *et al.*, in press), de part et d'autre de 22°45'S :

- le segment Nord orienté NW-SE, est dépourvu d'anomalies gravimétriques et magnétiques. Le substratum du bassin est caractérisé par une structuration en "horst et graben", avec des blocs basculés vers l'Ouest comblés d'épais dépôts sédimentaires atteignant 8 km (Vially *et al.*, 2003). Selon Vially *et al.* (2003) et Lafoy *et al.* (in press), une croûte de nature océanique est peu compatible avec une structuration en horsts et grabens (contraintes extensives), contrairement à une origine continentale amincie au Crétacé. Selon Lafoy *et al.* (in press), les modélisations gravimétriques (Hahn, 2001 ; Vially et Bénard, 2001) et les données de magnétisme et de sismique multitraces suggèrent une origine continentale amincie pour le segment Nord du bassin ;
- le segment sud, orienté NNW-SSE, est souligné par une forte anomalie gravimétrique positive liée à la présence d'une ride enfouie, large de 10 km. Cette dernière est marquée en magnétisme par une série d'anomalies linéaires orientées NNW-SSE. Sur les profils de sismique réflexion multitraces (Lafoy *et al.*, 1998), la croûte du bassin, caractérisée par l'absence de structuration, présente une épaisseur d'environ 10 km.

Lafoy *et al.* (in press) envisagent donc une origine océanique pour la lithosphère du segment Sud du bassin, et interprètent la ride centrale comme l'ancien axe d'accrétion du bassin. Selon ces auteurs, la mise en place de la croûte océanique du bassin serait contemporaine de la fin de la phase d'étirement crustal au sein du bassin de Fairway. La symétrie de ce bassin perché à l'Ouest avec celle du bassin Ouest Calédonie, à l'Est, de part et d'autre de l'ancien axe NNW-SSE du bassin de Nouvelle-

Calédonie, corrobore l'origine océanique du bassin de Nouvelle-Calédonie, plus profond car affecté par la subsidence thermique.

Dans le segment Sud, orienté N-S, du bassin de Nouvelle Calédonie, Lafoy *et al.* (1998) identifie sur les profils multitracés un réflecteur sismique situé à 9 secondes (temps-double) de profondeur comme représentant la discontinuité de Mohorovicic. Cette dernière étant située à 12 km de profondeur, Lafoy *et al.* (1998, in press) attribuent un origine océanique à la croûte du segment Sud du bassin.

Auzende *et al.* (2000c) envisagent une origine océanique ou intermédiaire pour la lithosphère du bassin qui, lors de son ouverture durant le Crétacé, aurait provoqué la scission entre la ride de Lord Howe à l'ouest et le « block de Norfolk » à l'est, représenté aujourd'hui par les rides de Norfolk, Lau et Tonga-Kermadec.

I.2.6) Le bassin Ouest Calédonien

Pour la première fois décrit par Dupont *et al.* (1975) et dénommé « bassin calédonien adjacent », le bassin Ouest calédonien (ou aussi Ouest Norfolk) a été recoupé sur les profils de sismique multitracés de la campagne FAUST 1 (Lafoy *et al.*, 1998). Il est séparé par la ride Ouest Calédonie qui individualise le bassin de Nouvelle-Calédonie à l'Ouest, du bassin Ouest Calédonien à l'Est. Selon Lafoy *et al.* (in press), ce bassin perché correspondrait à l'équivalent oriental du bassin de Fairway.

I.2.7) La ride de Norfolk

La ride de Norfolk correspond à une lanière de croûte continentale immergée rattachée au sud à l'île de Nouvelle-Zélande. Les travaux de sismique réfraction de Shor *et al.* (1971) placent le moho à 21 km de profondeur sous la ride de Norfolk et en confirment la nature continentale (Solomon et Biehler, 1969).

Le segment septentrional de la ride, d'une largeur moyenne de 70 km et orienté NW-SE, porte la Nouvelle-Calédonie. Il s'élève à environ 1960 m au dessus du plancher océanique du bassin de Nouvelle-Calédonie.

Ce segment est affecté à la fin de l'Eocène, par le charriage de la nappe des ophiolites (Paris, 1981) (**Fig. I.2.2**). La partie nord de la Nouvelle-Calédonie, entraînée dans un processus de subduction, a été affectée par un métamorphisme Eocène (Cluzel *et al.*, 1994 ; 2001).

La mise en place de la nappe des péridotites a fait l'objet de nombreuses études (Avias, 1967 ; Gonord, 1977 ; Prinzhofer *et al.*, 1980 ; Paris, 1981 ; Collot *et al.*, 1987 ; Cluzel *et al.*, 2001 ; Auzende *et al.*, 2000a), et trois hypothèses ont été proposées :

- La première invoque un charriage constitué, dans un premier temps, de la mise en place de termes basaltiques allochtones (Gonord, 1977) provenant d'un plateau océanique (Cluzel *et al.*, 1997, 1998) suivie, dans un second temps, par le charriage des péridotites provenant d'un panneau de lithosphère océanique situé au Nord de la Grande Terre.
- Dans la seconde hypothèse seule la nappe de péridotites a été charriée, les basaltes seraient autochtones, formés dans un contexte arrière arc du Crétacé supérieur à l'Eocène, de manière contemporaine à l'ouverture de la mer de Tasman, des bassins de Nouvelle-Calédonie et des Loyauté (Paris, 1981). - - -
- Dans la troisième hypothèse (Auzende *et al.*, 2000a) le manteau à l'affleurement dans la partie proximale du bassin des Loyauté aurait subi une phase de tectonique intraocéanique qui aurait apporté des écaïlles dans une position topographique favorable à l'obduction lors de la phase paroxysmale de compression.

La Nouvelle-Calédonie a ensuite été affectée par une surrection au Miocène supérieur-Pliocène (Paris, 1981), ensuite suivie par une phase de subsidence Pliocène supérieur (Daniel *et al.* 1976).

La Grande Terre est constituée en partie de roches volcaniques et de matériel océanique (unité de Koh datée du Carbonifère supérieur; 300±2 Ma, méthode U-Th-Pb sur Zircons) (Cluzel *et al.*, 1994). Le caractère « bassin marginal ou d'avant-arc » de cette formation est mis en évidence par les boninites et les tholéiites d'arc (Meffre, 1995).

Les travaux récents (Aitchison *et al.*, 1995 ; Cluzel *et al.*, 1994, 1998, 2001 ; Meffre, 1995) conduits en Nouvelle-Calédonie, démontrent la structure d'unités tectoniques accrétées de la Grande Terre.

Trois phases majeures de dépôts des séries sédimentaires sont reconnues à terre et en mer : 1/ la phase anté-Crétacé inférieur ; 2/ la phase d'accrétion océanique ; 3/ la phase post-tectonique.

a) Le premier cycle est compris entre le Carbonifère supérieur et le Crétacé inférieur (300-100 Ma). Ces séquences anciennes sont essentiellement observées à terre, complétées de quelques échantillons marins récoltés dans la zone d'étude. Le soubassement « anté-Sénonien » de Nouvelle-Calédonie suggère une mise en place d'unités d'origine différente le long de la marge orientale convergente du Gondwana (Cluzel *et al.*, 1994). Il est constitué de séries volcanosédimentaires et turbiditiques, d'âge Permo-Liasique (unité de Teremba, Cluzel *et al.* (1994), identifiées sur des éléments de croûtes océaniques et d'arcs volcaniques. Les paléofaunes identifiées sont identiques à celle du Murihiku Terrane de Nouvelle-Zélande (Grant-Mackie *et al.*, 1977). Elles mettent en évidence des périodes d'affinités avec celles reconnues sur le Gondwana, au Permien et au Jurassique, et d'endémisme des espèces, au Trias-Lias, traduisant des épisodes de raccordement et d'isolement des formations avec le supercontinent (Meffre, 1991). La période Trias inférieur au Jurassique supérieur, est marquée par l'existence d'arcs volcaniques non conservés dans le dispositif actuel mais connus par des turbidites volcanoclastiques (Cluzel *et al.*, 1998). Les séries de la période post Jurassique à anté Sénonien sont affectées par un métamorphisme de faciès schistes verts (Paris, 1981). Au Crétacé inférieur (Sénonien) ces unités sont tectoniquement juxtaposées sur la marge du Gondwana (orogénèse Rangitata, définie en Nouvelle-Zélande) puis érodées (Aitchison et Meffre, 1992; Cluzel *et al.*, 1994).

b) Le second cycle s'étend du Crétacé supérieur à l'Oligocène supérieur (100-23 Ma). Une série transgressive Sénonienne (Crétacé supérieur), ex-formations à charbon (Paris, 1981) a recouvert, en discordance, l'ensemble des unités géologiques précédemment décrites, accrétées sur la marge orientale du Gondwana (Cluzel *et al.*, 1994). Les apports terrigènes sont progressivement remplacés par une sédimentation silico-carbonatée pélagique qui souligne une phase de subsidence thermique faisant suite à l'ouverture du bassin de Nouvelle-Calédonie (Cluzel *et al.*, 1994). Cette phase de subsidence est identifiée jusque dans le bassin de Reinga, compris entre 30°S et 35°S et situé le long de la terminaison Sud-Est de la ride de Norfolk, où la couverture, d'âge Crétacé supérieur, est composée d'un assemblage de dépôts terrigènes et marins (Herzer *et al.*, 1997).

Les formations d'âge Paléocène de Nouvelle-Calédonie sont constituées de micrites et de cherts (phtanites) et d'encroûtements ferromanganésifères (hauts fonds) marquant un isolement de toute source terrigène. Cluzel *et al.* (1998) suggère que la discordance d'âge Eocène inférieur reconnue à terre serait le résultat de l'émersion de la Nouvelle-Calédonie dans une zone de voûture lithosphérique provoquée par le plongement de la plaque.

A terre, durant la période Eocène moyen à supérieur, des calcaires conglomératiques et subrécifaux légèrement discordants, ont été remplacés par une sédimentation grés-carbonatée rythmique marquant une nouvelle submersion progressive de l'ensemble de la ride de Norfolk (Cluzel *et al.*, 1994). La mise en place du flysch de Népoui marquerait l'arrivée du front de la nappe de Poya et de la nappe des ophiolites à l'Eocène supérieur (Cluzel *et al.*, 1998).

A partir de l'Eocène terminal et jusqu'à l'Oligocène supérieur s'opère une phase d'érosion du bloc de Nouvelle-Calédonie, tandis que les bassins continuent de se remplir.

c) Le troisième cycle, qui marque la période post-obduction, est rythmé par des épisodes de surrection et de subsidence. Routhier (1953) suggère que la pénéplénation d'âge Miocène correspondrait à une phase d'érosion chimique. Des conglomérats miocènes surmontent, en discordance angulaire, les serpentinites de la base et la nappe ophiolitique, la nappe de Poya et le flysch de Népoui (Cluzel *et al.*, 1998). Ils sont grossiers, hétérométriques et renferment essentiellement des éléments du cortège ophiolitique (harzburgites, dunites, gabbros et roches filoniennes diverses), peu ou pas altérés.

En mer, les formations les plus anciennes draguées correspondent à des formations carbonatées, d'âge Crétacé moyen à terminal (100 à 89 Ma), identifiées sur la partie Sud de la ride de Norfolk, entre 30°S et 35°S (Herzer *et al.*, 1997). Les données de pétrologie mettent en évidence une phase de volcanisme basaltique datée à 20 Ma le long du flanc nord-est de la ride de Norfolk (Daniel *et al.*, 1976). Le segment méridional de la ride, au sud de 30°S, voit sa largeur se rétrécir avant d'augmenter en se divisant en trois rides séparées par deux bassins étroits, le tout fusionnant au sud au niveau du plateau continental Néo-Zélandais (Eade, 1988).

Des roches sédimentaires, volcaniques et plutoniques, incluant une granodiorite d'âge triassique (207 Ma) et un basalte calco-alcalin Jurassique (167 Ma) ont été draguées au niveau des trois rides situées au nord du plateau continental Néo-Zélandais (Rigolot, 1989).

Selon Herzer (1996), un échantillon prélevé sur la ride de Norfolk a environ 500km au nord-ouest de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande, correspond à une argile noire sulfureuse d'âge Crétacé supérieur (Campanien-Maastrichtien), et contient des traces d'huile. Selon cet auteur, le contexte géologique du site de dragage est similaire à celui du bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande, champ pétrolier important produisant huile et gaz.

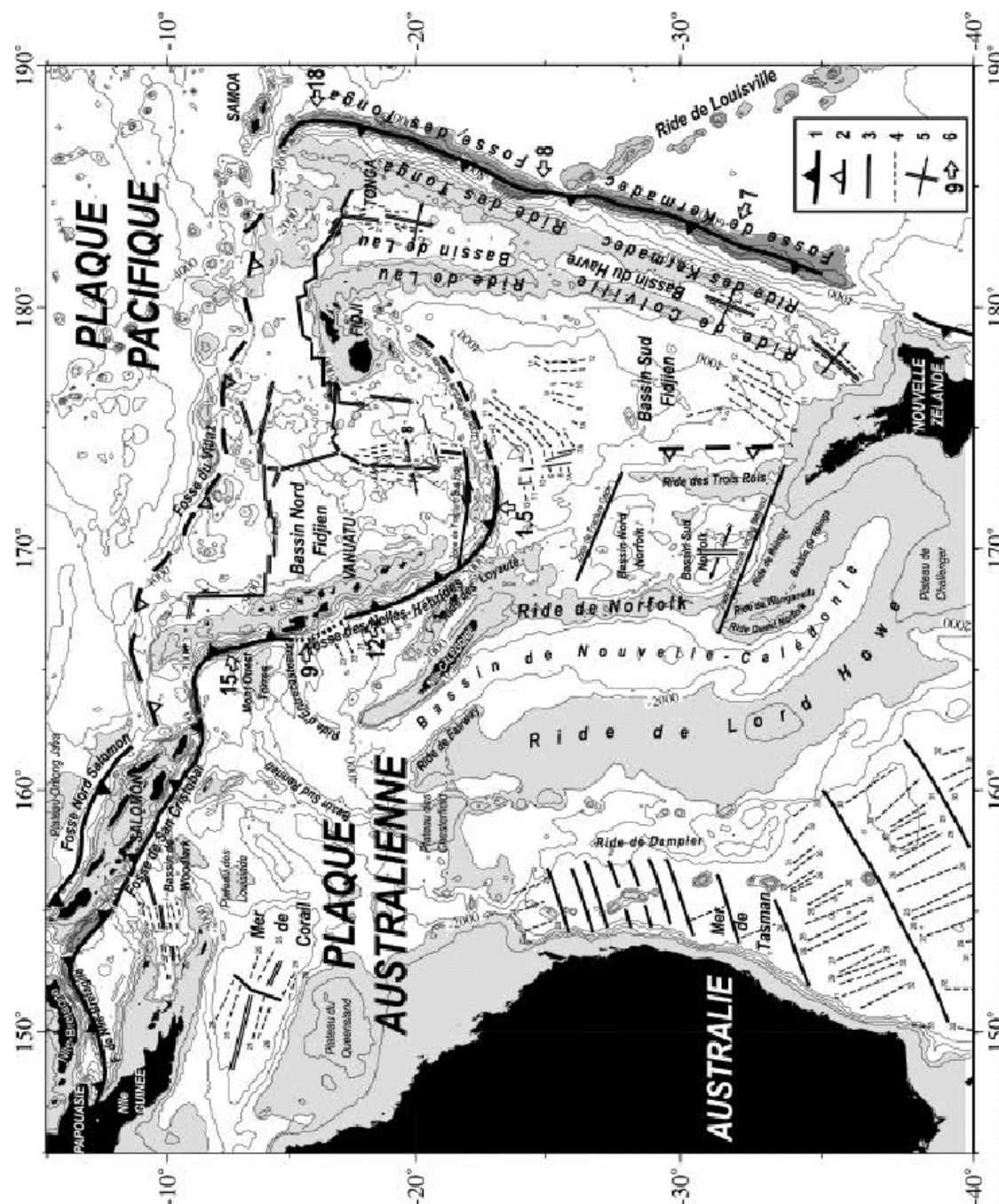


Fig.I.1.1 - La région Sud-Ouest Pacifique: 1) Zone de subduction active; 2) Zone de subduction fossile; 3) Faille transformante; 4) Anomalies magnétiques ; 5) Axe d'accrétion et direction d'ouverture ; 6) Mouvements relatifs entre les plaques en cm/an (Pelletier et Louat, 1989). Equidistance des isobathes: 1000 m.

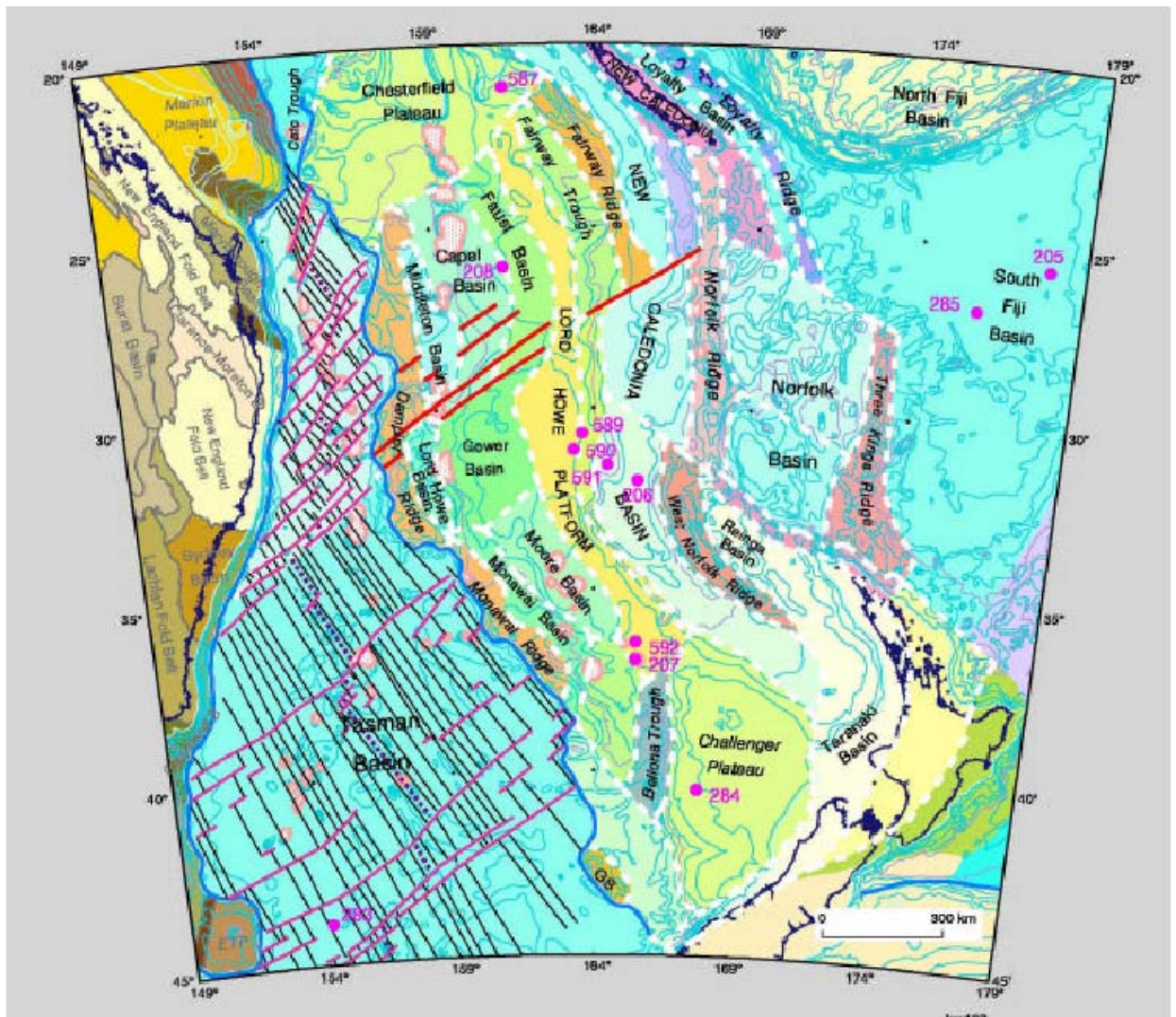


Fig. I.1.2- Unités morphostructurales de la région Sud Ouest Pacifique et localisation des forages du Deep Sea Drilling Project (DSDP). D'après Stagg *et al.*, 2000

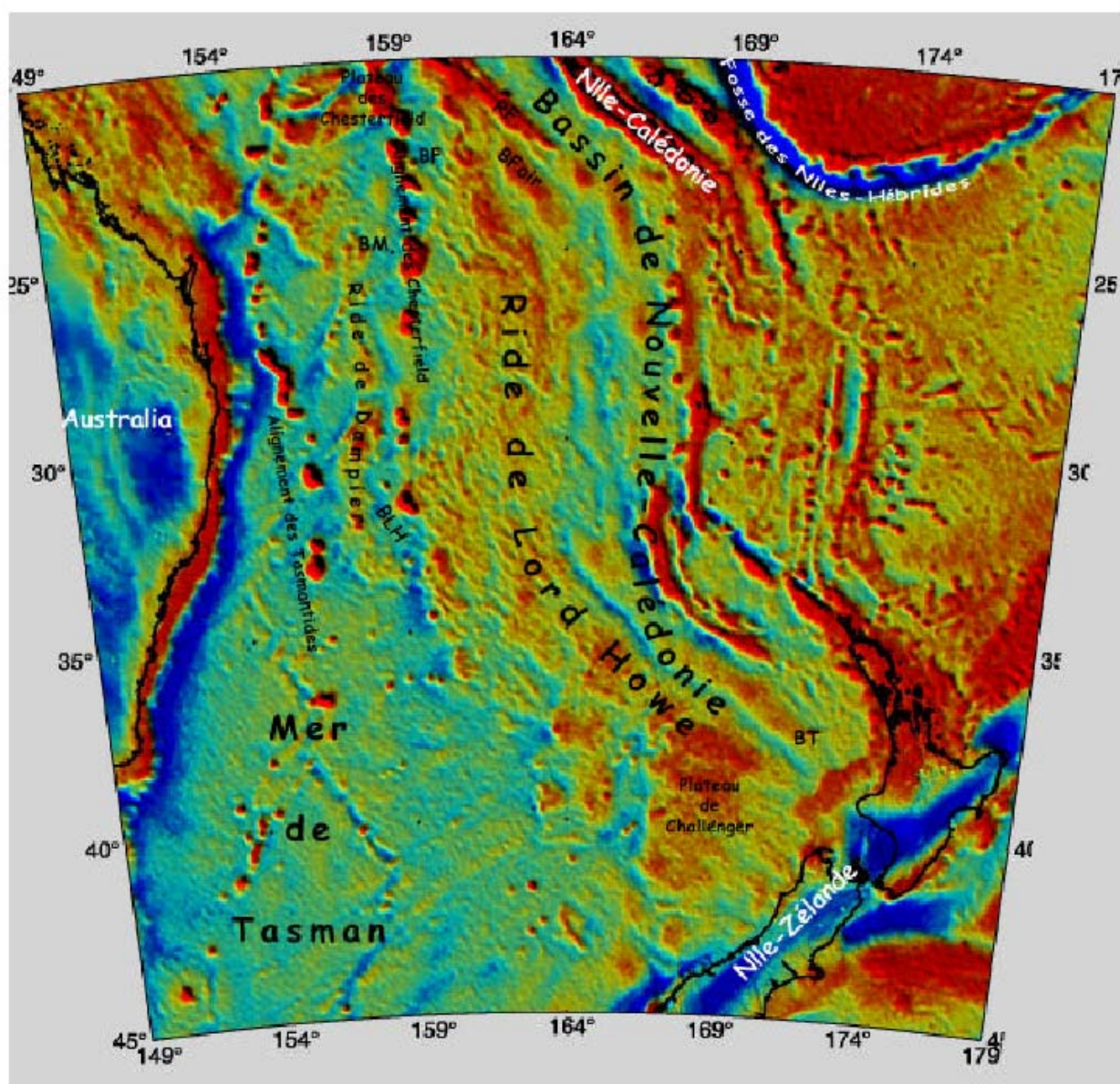


Fig. I.2.1 - Carte des anomalies gravimétriques (D'après Sandwell et Smith, 1997)

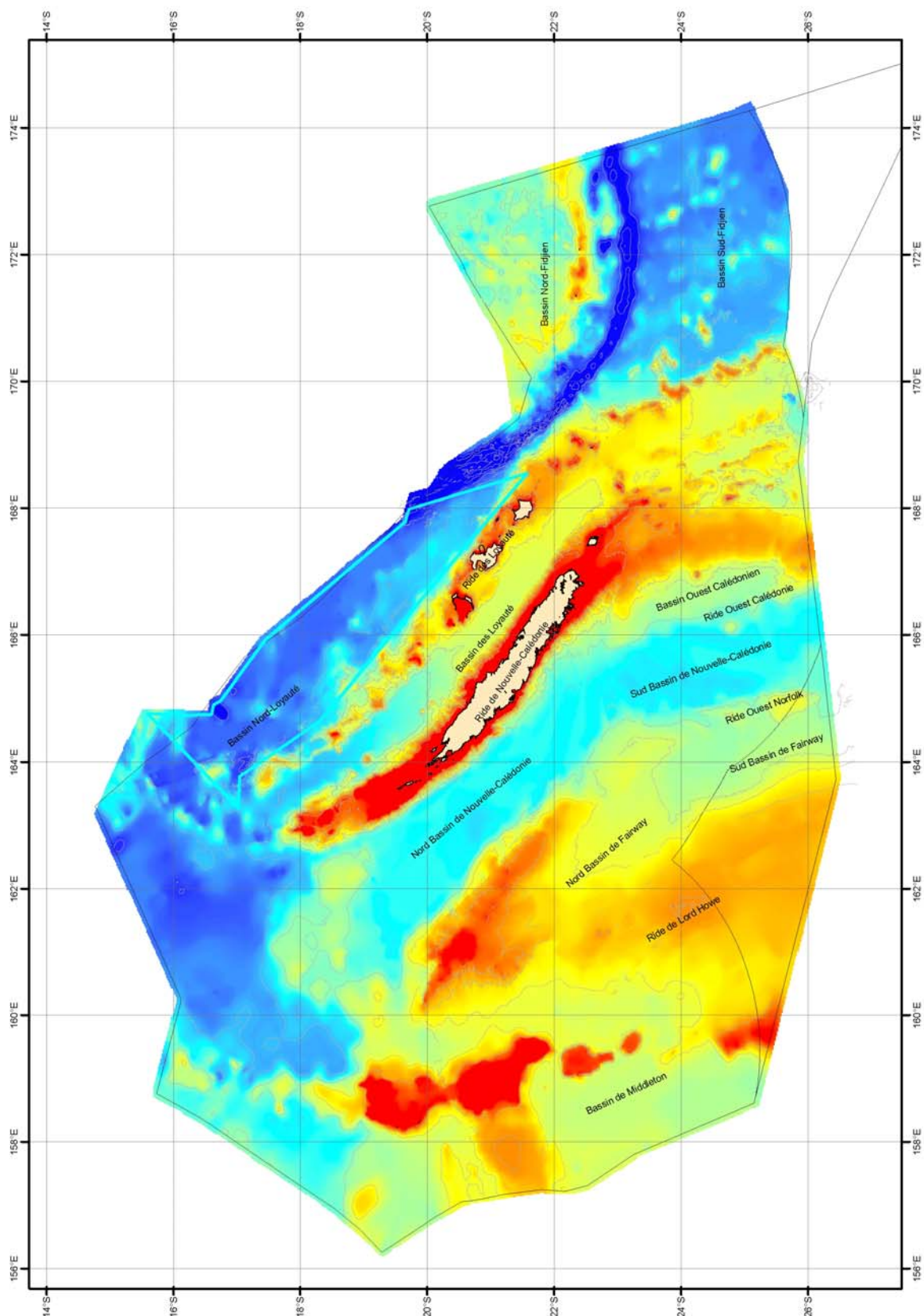


Fig. I.2.2 - Les unités morphostructurales de la zone économique de Nouvelle-Calédonie

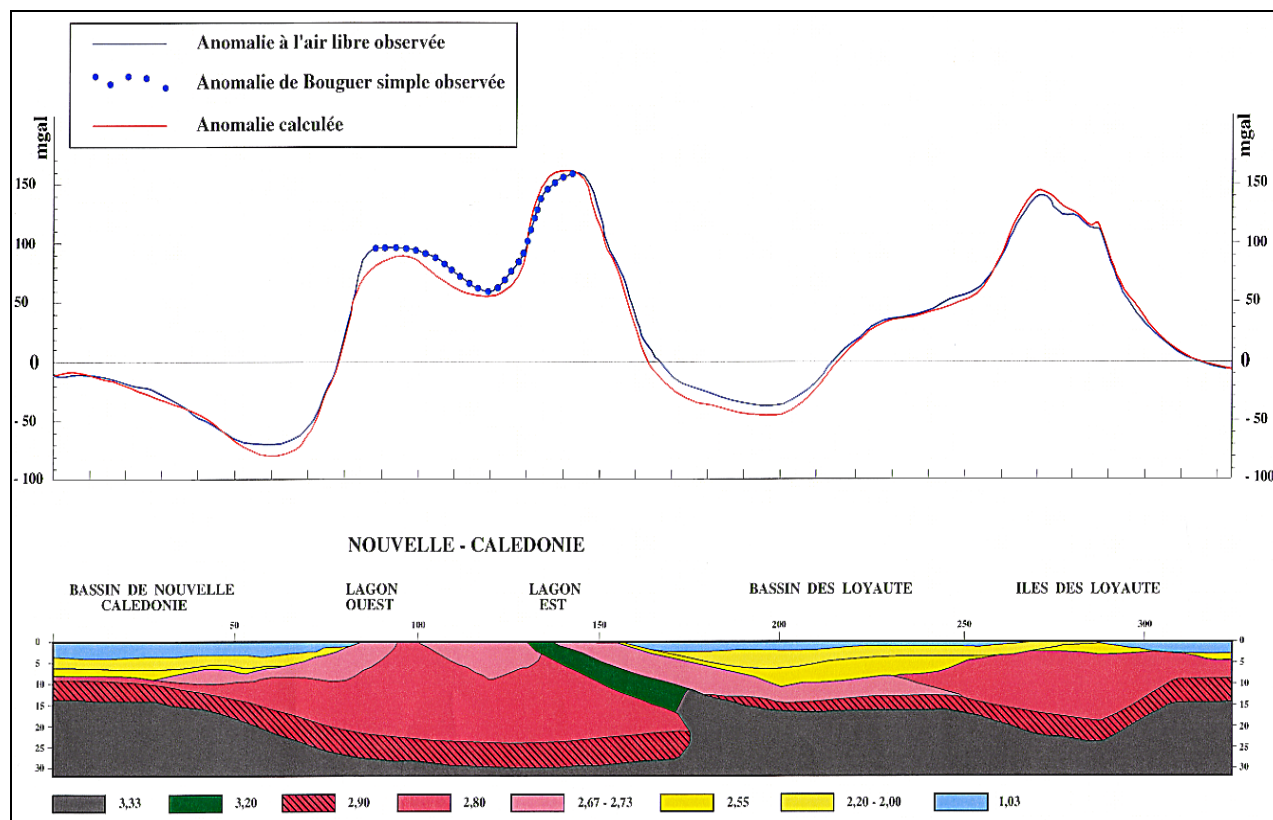


Fig. 1.2.3 - Modélisation gravimétrique de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté (Collot *et al.*, 1982)

II) LES TRAVAUX SISMIQUES ANTERIEURS REALISES DANS LA ZONE D'ETUDE – ESTIMATION DE POTENTIEL PETROLIER

Outre les campagnes de prospection générale (MOBIL, GULF, AUSTRADDEC) qui ont été réalisées dans les années 1970 avec une maille de prospection d'environ 200 km², l'essentiel des travaux au sein du secteur Ouest de la ZEE de Nouvelle-Calédonie comprend les campagnes de sismique réflexion multitraces FAUST 1 (1998) et NOUCAPLAC 2 (2004), ainsi qu'une étude de l'Institut Français du Pétrole (IFP) traitant du potentiel pétrolier du domaine offshore entourant la Nouvelle-Calédonie.

II.1) Les données de la campagne de sismique réflexion multitraces FAUST 1

Les profils de sismique réflexion multitraces qui ont été tirés durant la campagne ZoNéCo 11 à bord de L'Atalante, sont complémentaires à ceux acquis lors de la campagne FAUST 1 (1998) à bord du Rig Seismic (264 traces) (Lafoy *et al.*, 1998) (**Fig. II.1.1**). Un des résultats majeurs de la campagne FAUST 1 avait consisté en la définition précise de la couverture sédimentaire des bassins et des rides constituant la zone ouest Calédonienne (Lafoy *et al.*, 1998). Le profil LHRNC-B ayant recoupé le forage 208 du Leg DSDP 21 (Burns, Andrews *et al.*, 1973), les réflecteurs sismiques identifiés ont été corrélés aux discordances traversées par le forage.

II.1.1) Calage avec le profil sismique FAUST 1 - LHRNC-B (Lafoy *et al.*, 1998) recoupant le forage DSDP 208 (Burns, Andrews *et al.*, 1973) sur la ride de Lord Howe

Le calage de ce forage sur le profil LHRNC-B (**Fig. II.1.2**), recoupant longitudinalement le bord occidental de la ride de Lord Howe, a permis d'identifier quatre séquences sédimentaires dans la zone d'étude (Lafoy *et al.*, 1998 ; Van de Beuque *et al.*, 1998 ; Auzende *et al.*, 2000a). Les 594 m de sédiments forés montrent une première séquence, d'âge Oligocène supérieur à actuel limitée à la base par un réflecteur de forte amplitude correspondant à la discordance régionale **Eocène supérieur-Oligocène moyen**. Cette première séquence présente un réflecteur interne daté par le forage du Miocène moyen. La seconde séquence est d'âge Eocène moyen et sa limite inférieure est caractérisée par une lacune de dépôt du **Paléocène moyen à l'Eocène inférieur**. Le forage s'arrête dans des formations d'âge Crétacé supérieur à proximité, sur le profil, du réflecteur basal de la troisième séquence. Cette séquence est datée du Crétacé supérieur au Paléocène moyen. La quatrième séquence correspond aux séries anté-Crétacé supérieur consolidées et liées au substratum. Elle pourrait correspondre aux formations identifiées sur la marge est Australienne dont les plus anciennes sont d'âge Dévon-Carbonifère.

II.1.2) Principaux résultats de l'interprétation des profils sismiques acquis dans la zone d'étude durant la campagne FAUST 1

Outre le profil LHRNC-B recoupant le forage DSDP réalisé sur la ride de Lord Howe, trois autres profils de sismique réflexion multitraces (264 traces), orientés SW-NE (LHRNC-A, C et D), ont recoupé les unités géologiques reconnues durant la campagne NOUCAPLAC 2.

L'interprétation de ces profils sismiques a permis à Lafoy *et al.* (1998) de préciser le style structural et le remplissage sédimentaire du système de rides et bassins qui caractérise le domaine offshore entourant la Nouvelle-Calédonie avec, de l'Ouest vers l'Est (**Fig. II.1.3**):

- La ride de Lord Howe

Sur les profils de sismique multitraces FAUST 1, la ride de Lord Howe, orientée NNW-SSE, est constituée de trois unités géologiques transverses :

a) une partie orientale, qui s'élargit au sud et s'approfondit à l'est, est caractérisée par des structures en horst et graben contenant des sédiments à pendage est d'épaisseur moyenne 1,8 std. Les discordances angulaires qui affectent les lentilles sédimentaires présentes au niveau de la partie

orientale de la ride sont interprétées comme des figures de progradation édifiées dans un environnement de plate-forme, confirmant les résultats d'études antérieures (Willcox *et al.* 1980).

b) une partie centrale, qui s'approfondit vers le sud, est caractérisée par un socle acoustique tabulaire présent à une profondeur de 2 std et recouvert de 400 mstd de sédiments. Les volcans, datés du Miocène par Exon *et al.* (2004), qui recoupent la partie centrale de la ride, ainsi que les grabens présents en surface, suggèrent que la ride a été et est vraisemblablement encore soumise à des contraintes extensives.

c) une partie occidentale, caractérisée par une morphologie en horst et graben et par des sédiments à pendage Ouest atteignant une épaisseur de 2 std. Jongsma et Mutter (1978) considèrent que le rifting de la mer de Tasman était initialement situé sur la marge occidentale de la ride de Lord Howe. Un saut d'axe vers l'Ouest aurait alors permis d'ouvrir le bassin de Tasman s.s. et d'isoler la ride de Dampier. Les séries post Oligocènes montrent une épaisseur constante de 600 mstd. Les sédiments d'âge probable Crétacé supérieur à Eocène supérieur, plissés, faillés et localement recoupés par des intrusions volcaniques, atteignent une épaisseur de 1,2 std au sein des demi-grabens de la partie occidentale de la ride. Ces sédiments peuvent représenter un intérêt pétrolier comme souligné par Symonds et Willcox (1989). Entre 27°S et 27°50'S, la bordure occidentale de la ride de Lord Howe jouxte un vaste graben, large de 20 km, orienté NNW-SE et comblé de séries sédimentaires plissées. Lafoy *et al.* (1998) interprètent cette structure comme la trace de la terminaison nord-ouest de la zone de fracture de Vening Meinesz.

- Le bassin de Fairway

Le bassin de Fairway s'approfondit et s'élargit au sud. Au nord, il est légèrement bombé dans sa partie centrale qui culmine à 2250 m. Un remplissage maximum de 2,6 std est présent à la bordure orientale du bassin, au niveau d'un graben enfoui. Au sud, le bassin de profondeur moyenne 3000 m, affecté par des failles normales en surface, présente un remplissage sédimentaire atteignant 2 std au dessus du socle acoustique identifié à une profondeur de 6 std. L'épaisseur sédimentaire est maximale à la bordure Ouest du bassin, suggérant que cette dernière aurait été surélevée lors de contraintes tectoniques compressives (Lafoy *et al.* 1994). Ces dernières ont été suivies par des phénomènes extensifs à l'origine des failles normales qui affectent la surface du bassin.

Lafoy *et al.* (1998) interprètent le réflecteur identifié à 9 std sur le profil FAUST 1 - LHRNC-A comme la présence de la discontinuité de Mohorovicic à une profondeur de 15km individualisant une croûte épaisse de 10 km.

Après synthèse des données de gravimétrie, magnétisme et sismique réflexion multitraces, Lafoy *et al.* (in press) mettent en évidence que le bassin est divisé, de part et d'autre de la latitude 24°30'S, en un segment Nord, orienté NW-SE et un segment Sud, orienté NNW-SSE. Ces mêmes auteurs interprètent la forte anomalie gravimétrique positive sous-jacente au bassin comme résultant de la présence d'un manteau hydraté et serpentinisé, surmonté d'une croûte continentale étirée et amincie, en accord avec les modèles gravimétriques réalisés (Vially et Bénard, 2001 ; Hahn, 2001).

D'autre part, en raison de l'absence d'anomalies magnétiques marquées et de l'épaisseur de la croûte déduite des données de sismiques multitraces (10 km, Lafoy *et al.*, 1998), Lafoy *et al.* (in press) interprètent le bassin de Fairway Basin comme un bassin perché sur la marge Ouest continentale et étirée du bassin de Nouvelle-Calédonie, corroborant l'interprétation d'Auzende *et al.* (2000b,c).

- La ride de Fairway

La ride de Fairway qui s'ennoie au sud, est caractérisée par une morphologie transverse dissymétrique, avec des séries sédimentaires épaisses (1 std) à pendage Est et un socle acoustique s'approfondissant vers le sud (Lafoy *et al.*, 1998). La ride, orientée NW-SE à 23°20'S et NNW-SSE entre 25°20'S et 26°30'S, présente une morphologie bombée confirmant qu'elle ait été formée lors de contraintes compressives comme précédemment décrit (Lafoy *et al.* 1994). Vially et Bénard (2001) identifient des figures de progradations depuis le sud-ouest de la ride et suggèrent qu'une phase d'érosion majeure a affecté l'extrémité nord-ouest de la ride de Fairway au Crétacé. Une telle forme d'érosion suggérerait que la ride de Fairway soit d'origine continentale.

Au sud la ride se prolonge par une série de massifs discontinus orientés NNWSSE et soulignés par des anomalies gravimétriques positives. A partir de l'analyse des données de sismique multitraces (Exon *et al.*, 2001 ; Lafoy *et al.*, 2001 ; Exon *et al.*, in press) et l'interprétation des anomalies gravimétriques, Lafoy *et al.* (in press) interprètent ces massifs discontinus NNW-SSE comme le prolongement

septentrional de la ride West Norfolk (Ouest de la Nouvelle-Zélande) d'origine continentale (Herzer *et al.*, 1997 ; Mortimer *et al.*, 1998).

- Le bassin de Nouvelle-Calédonie

Les profils de sismique multitraces de la campagne FAUST 1 révèlent que le bassin de Nouvelle-Calédonie est, dans sa partie Sud orientée N-S, composé du bassin Ouest Nouvelle-Calédonie à l'est, et du bassin de Nouvelle-Calédonie (sens strict) (Lafoy *et al.*, 1998). Le premier, orienté NNW-SSE, correspond à un bassin perché de profondeur moyenne 3450 m. Le bassin Ouest Nouvelle-Calédonie se ferme au nord où il disparaît à 22°S.

Le bassin de Nouvelle-Calédonie (s.s.) qui se rétrécit et s'approfondit au sud, est orienté NW-SE à 22°30'S et NNW-SSE entre 25°S and 26°S. Il est caractérisé par un imposant remplissage sédimentaire atteignant 3,9 std au sein d'un graben enfoui près de la marge occidentale de la Nouvelle-Calédonie (Lafoy *et al.*, 1998).

Dans le segment Sud du bassin, ces mêmes auteurs identifient, dans la partie orientale du bassin, un réflecteur à une profondeur de 9 std. Interprété comme marquant la discontinuité de Mohorovicic, il soulignerait la base d'une croûte de type océanique (Lafoy *et al.*, 1998).

Après synthèse des données de gravimétrie, magnétisme et sismique réflexion multitraces, Lafoy *et al.* (in press) mettent en évidence que le bassin est divisé au nord et au sud d'une série de failles orientées WNW-ESE et SW-NE et centrées à 22°45'S, en :

- un segment nord orienté NW-SE, dépourvu d'anomalies gravimétriques et magnétiques, excepté celles négatives présentes à sa bordure orientale. Le substratum du bassin est caractérisé par une structuration en "horst et graben", avec des blocs basculés vers l'ouest comblés d'épais dépôts sédimentaires atteignant 8 km. Les dépôts-centre du bassin orientés selon un axe NW-SE, ont migré vers l'ouest depuis le Crétacé. Le substratum du segment nord du bassin de Nouvelle-Calédonie est interprété comme étant de nature continentale amincie (Vially *et al.*, 2003 ; Lafoy *et al.*, in press) ;
- un segment sud, orienté NNW-SSE, souligné par une forte anomalie gravimétrique positive liée à la présence d'une ride enfouie, large de 10 km. Cette dernière est marquée en magnétisme par une série d'anomalies orientées NNW-SSE. Lafoy *et al.* (in press) interprètent cette ride comme l'ancien axe d'accrétion du bassin de Nouvelle-Calédonie, la mise en place de la croûte océanique ou intermédiaire du bassin étant contemporaine de la fin de la phase d'étiement crustal au sein du bassin de Fairway.

- La ride de Norfolk

La ride de Norfolk, orientée NNW-SSE et structurée dans sa partie centrale par un bassin perché, s'approfondit vers le sud (Lafoy *et al.*, 1998). Le substratum de la ride est interprété comme un panneau de croûte continentale surmonté d'une couverture sédimentaire ancienne permo-triasique (Shor *et al.*, 1971; Paris et Lille, 1977; Cluzel *et al.*, 1994 ; 2001). Les profils de sismique multitraces de la campagne FAUST 1 (Lafoy *et al.*, 1998) montrent que la ride de Norfolk est constituée d'un soubassement de nature continentale, recouvert par des niveaux très anciens anté-crétacé couronnés par une plateforme carbonatée. La couverture post-Crétacé est le plus souvent érodée et se limite aux horizons post-Eocènes. Auzende *et al.* (2000a) interprètent cette érosion comme synchrone des événements tectoniques verticaux ou tangentiels qui affectent la région à la limite Paléocène-Eocène et à l'Eocène moyen-Oligocène inférieur et qui se marquent dans les bassins par des discordances angulaires.

II.2) Etude IFP (2001) du potentiel pétrolier du domaine offshore de la Nouvelle-Calédonie

Un des objectifs de l'étude du potentiel pétrolier du domaine offshore de la Nouvelle-Calédonie réalisée par l'Institut Français du Pétrole (IFP) consistait à modéliser la génération d'hydrocarbures dans les séries crétacées des bassins de Fairway et de Nouvelle-Calédonie (Vially et Bénard, 2001). Les auteurs de ces travaux ont, à partir de l'étude des vitesses de stack, calculé des vitesses de tranches pour les trois principales séquences sédimentaires :

- Séquence 1, Holocène (post-Oligocène): Au dessus d'une discordance interprétée comme la discordance tectonique liée à l'obduction de la nappe ophiolitique sur le bâti néo-calédonien, les séries

oligocène à actuel montrent des vitesses très faibles de l'ordre de 2000 m/s avec des valeurs extrêmement faibles dans les premières centaines de mètres (1600/1800 m/s dans les forages DSDP voisins).

- Séquence 2, Paléogène : Sous cette discordance et limité vers le bas par un marqueur régional supposé proche du toit du Crétacé, la série paléogène montre une augmentation régulière de vitesse avec la profondeur, la vitesse moyenne étant de l'ordre de 3000 m/s.

- Séquence 3, Crétacé supérieur : La série supposée crétacée montre une vitesse moyenne de 4000 m/s avec cependant de nombreuses variations laissant présager des variations lithologiques.

Les principaux résultats en terme de potentiel pétrolier sont détaillés au **Chapitre II.4** ci-après.

II.3 – Principaux résultats des profils de sismique réflexion multitraces de la campagne NOUCAPLAC 2

La campagne NOUCAPLAC 2 (Loubrieu *et al.*, en prép., 2004) a été réalisée dans le cadre du programme national EXTRAPLAC (Extension Raisonnée du Plateau Continental), au-delà de la limite des 200 milles de la ZEE de Nouvelle-Calédonie. Avant interprétation, les profils de la campagne NOUCAPLAC 2 (**Fig. II.3.1**) ont été corrélés avec le profil FAUST 1-LHRNC-B (Lafoy *et al.*, 1998). Les principaux résultats de cette campagne ont permis de mettre en évidence :

a) dans la partie Nord du levé (profils NCP 01 et 02) :

- une inversion de la bordure Est de la partie centrale du bassin de Nouvelle-Calédonie (profil NCP 01), suggérant des phénomènes compressifs (écaillage, chevauchement) à la jonction entre la marge Ouest de la Nouvelle-Calédonie et le bassin.
- un réflecteur profond (à 9,5 std) de forte amplitude identifié dans la partie occidentale du segment Sud du bassin de Nouvelle-Calédonie orienté N-S. Plongeant vers l'Ouest, ce réflecteur est interprété comme la discontinuité de Mohorovicic. La croûte présente sous-jacente à cette portion du bassin atteint une épaisseur d'environ 2,2 std., limitée au sommet par un réflecteur diffractant. Ce dernier, pointé à une profondeur de 7,5 std est interprété comme le socle acoustique du bassin et le toit d'une croûte de type océanique en raison des vitesses de 6 km/s obtenues lors des analyses (de vitesse) durant le traitement. Avec des vitesses de 8 km/s obtenues lors des analyses de vitesse, l'épaisseur de la croûte avoisinerait 9 km. Compte-tenu de la signature diffractante du réflecteur interprété comme le toit de la croûte, celle-ci serait d'origine océanique.
- la morphologie transverse dissymétrique de la ride de Fairway caractérisée par un basculement en surface vers le NE. La ride est soulignée par une épaisse couverture sédimentaire atteignant un maximum de 2,1 std dans la partie occidentale. En profondeur, le socle acoustique présente une morphologie en horst et grabens, avec des blocs basculés vers le SW. Cette morphologie suggère l'existence de contraintes extensives au sein d'une croûte de type continental probablement aminci.
- une épaisseur sédimentaire dans le bassin de Fairway supérieure à celle de la partie occidentale du bassin de Nouvelle-Calédonie, atteignant un maximum de 2,8 std.

D'autre part, la séquence basale, corrélée aux séries du Crétacé supérieur, et épaisse de 1,5 std est limitée à son sommet par la discordance Paléocène moy.-Eocène inf., interprétée comme le toit des séries crétacées. Cette séquence basale présente des structures « en dômes » mises pour la première fois en évidence sur les profils sismiques FAUST 1 (Lafoy *et al.*, 1998) et confirmées par Auzende *et al.* (2000a) qui les interprètent comme des diapirs intra-crétacé alignés le long d'accidents du substratum.

- une structuration en blocs basculés vers l'Ouest de la bordure Est de la ride de Lord Howe. Les séries sédimentaires sus-jacentes s'amincissent vers le sommet de la ride où des intrusions volcaniques, datées du Miocène par Exon *et al.* (2004), ont été identifiées.

b) dans la partie Sud du levé (profil NCP 08) :

- le prolongement Nord de la ride Ouest Norfolk caractérisé par un horst, large de 30 km et culminant à une profondeur de 2300 m. Ce horst, recouvert de sédiments d'1 std d'épaisseur surmontant un substratum possiblement structuré par des blocs basculés vers l'Est (?), sépare le bassin de Fairway à l'Ouest du bassin de Nouvelle-Calédonie à l'Est. Selon Lafoy *et al.* (in press), les données de bathymétrie prédictive dérivées de l'altimétrie satellitale (Smith et Sandwell, 1994) et celles de sismique réflexion (Exon *et al.*, 2001 ; Lafoy *et al.*, 2001 ; Exon *et al.*, in press) indiquent que ce

horst appartient à l'alignement sub-méridien discontinu (situé au Sud de la ride de Fairway) correspondant au prolongement Nord de la ride Ouest Norfolk située à l'Ouest de la Nouvelle-Zélande.

- une possible zone de transition de croûte (continentale amincie à l'Ouest, de type océanique à l'Est) à la bordure occidentale du bassin de Nouvelle-Calédonie, le long d'une faille normale à regard Est. Au sein de la partie Ouest du bassin, un réflecteur diffractant (typique d'une signature océanique), pointé à une profondeur de 6 std, est surmonté par des séries sédimentaires épaisses de 1,5 std.

II.4 – Bilan des résultats en terme de potentiel pétrolier

La Nouvelle-Calédonie est géologiquement située au sein du "géosynclinal Papou (Papuan Geosynclinal)", vaste complexe pétrolier générateur d'hydrocarbures où se concentre la majeure partie de la production Indonésienne. Ce géosynclinal se poursuit vers le Sud le long de la ride de Norfolk à travers l'île de Nouvelle-Zélande. La Papouasie - Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Zélande, toutes deux provinces pétrolières importantes, font actuellement l'objet d'une exploitation des hydrocarbures.

Le potentiel pétrolier de la Nouvelle-Calédonie est fortement lié à l'origine allochtone de la "formation des basaltes" (Gonord, 1977), unité située sous la nappe des péridotites charriée sur le bâti calédonien à l'Eocène supérieur (**Fig. II.4.1**), ainsi qu'au style structural qui a prédominé en Nouvelle-Calédonie.

Des indices d'hydrocarbures liquides ou gazeux ont été découverts le long des bassins de la côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie, en particulier au niveau des bassins de Bourail et de Nouméa-Bouloupari. Ces bassins sont les seuls à regrouper les trois critères favorables à une éventuelle concentration d'hydrocarbures: 1) ils possèdent des séries sédimentaires puissantes contenant les charbons du Sénonien (roche-mère potentielle); 2) ils ont été essentiellement structurés à l'Eocène terminal; 3) situés dans le domaine externe de l'orogène alpin, en position de bassins "d'avant-pays", ils n'ont pas été affectés par le métamorphisme haute pression/basse température lié à l'obduction des péridotites.

Vially et Mascle (1994) ont montré que les roches mères du Sénonien à charbons étaient présentes dans les bassins de la côte Ouest de la Grande Terre et que, malgré une maturation importante, la mise en place de la nappe des basaltes et des péridotites s'est effectuée sans métamorphisme.

En mer, une roche argileuse noire sulfureuse d'âge Crétacé supérieur (Campanien-Maastrichtien) contenant des traces d'huile a été prélevée sur le segment sud de la ride de Norfolk (vers 31°53'S-168°17'E) (Herzer, 1996). Selon cet auteur, le contexte géologique du site de dragage est similaire à celui du bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande, champ pétrolier important produisant huile et gaz.

Une synthèse des données de sismique réflexion marines, réalisée dans la zone économique de la Nouvelle-Calédonie, et provenant des données des campagnes MOBIL (1972), AUSTRADec I (1972) et II (1973), WNC80 (1981) et FAUST1 (LHRNC) (1998) a été réalisée par Vially et Bénard (2001). Selon ces auteurs, la croûte continentale très amincie et étirée du bassin de Nouvelle-Calédonie serait dédoublée par un chevauchement du bâti calédonien sur la marge est du bassin de Nouvelle-Calédonie à l'Eocène terminal, synchrone de l'obduction.

Cette nouvelle interprétation a des retombées en terme de potentiel pétrolier du domaine offshore néo-calédonien. En effet, le sondage carotté réalisé à terre sur l'anticlinal de Gouaro (Bourail) a révélé des venues de gaz dans les niveaux du Crétacé (France, 2000). Un système pétrolier (roche mère-réservoir-couverture) a donc fonctionné au niveau de la Grande Terre, ce qui confirme les indices d'huile et de gaz détectés dans les bassins de la côte Ouest (Pomeyrol, 1951, Jullian, 1955, Tissot et Noesmoen, 1958). Ce système pourrait donc être prolongé dans le bassin de Nouvelle-Calédonie si sa nature continentale est confirmée.

Selon Vially et Bénard (2001), les conditions de dépôts de la roche mère auraient été identiques pour les bassins de Nouvelle-Calédonie et de Fairway, et par conséquent le système pétrolier peut être étendu plus à l'Ouest. Là, la couverture n'est plus représentée par les nappes de basaltes (Poya) et de péridotites, mais par la série pélagique Néogène. Par contre le système pétrolier du bassin des Loyauté reste à démontrer, tout comme l'existence de la roche mère supposée d'origine marine.

Les principaux résultats des modélisations thermique et géochimique, qui avaient pour hypothèse de base la présence de charbons dans les séries crétacées offshore, indiquent que:

- les charbons sont actuellement matures et ont libéré des hydrocarbures
- les hydrocarbures sont produits et migrent principalement après la mise en place des nappes ophiolitiques
- les chemins de migration des hydrocarbures se font en direction de la Grande Terre, d'où le fort potentiel de l'anticlinal de Gouaro (Bourail), structuré dès l'Eocène (anté-obduction)

Ces mêmes modélisations permettent également d'individualiser deux principales zones prospectives (Vially *et al.*, 2003) :

- la partie orientale du bassin de Nouvelle-Calédonie et son raccord (complexe et non étudié) avec le lagon Ouest (fort potentiel) et la côte Ouest (prospects identifiés à Bourail). Le raccord entre la Grande Terre et le bassin de Nouvelle-Calédonie est une zone structurale complexe où peuvent exister des pièges structuraux susceptibles de piéger des hydrocarbures.
- la bordure occidentale de la ride de Fairway.

De plus, au niveau du bassin de Nouvelle-Calédonie, de la ride et du bassin de Fairway, la bathymétrie serait suffisamment importante, selon Vially et Bénard (2001), pour que des hydrates de gaz se concentrent dans les couches sédimentaires superficielles.

Dans le bassin de Fairway, l'origine des hydrates de gaz potentiels suggérée par la présence d'un réflecteur BSR (Exon *et al.*, 1998 ; Auzende *et al.*, 2000c) reste toutefois controversée faute de prélèvements. L'extension de ce BSR est superposable à celle de diapirs sous-jacents issus d'une couche profonde transparente en sismique (Auzende *et al.*, 2000b).

Les modélisations réalisées (Vially et Bénard, 2001) ont montré que pour obtenir des quantités significatives de méthane avec un flux géothermique compatible avec la position du BSR, il était nécessaire que l'épaisseur des séries sédimentaires crétacées soit de l'ordre de 2000 à 3000 mètres. Depuis le Crétacé supérieur, la sédimentation des dépôts a migré vers l'ouest dans cette partie nord du bassin où, selon Vially et Bénard (2001), les conditions de température et d'enfouissement seraient favorables à une stabilité des hydrates de gaz dans la partie supérieure (500 m) de la couverture sédimentaire. En conséquence, le segment nord du bassin de Fairway peut être considéré comme un prospect pétrolier à long terme, aussi bien du point de vue des hydrocarbures conventionnels que du point de vue des hydrates de gaz (Vially *et al.*, 2003). Son potentiel à générer des hydrocarbures reste toutefois à démontrer, et ce n'est que dans ce cas que la présence d'hydrates de gaz serait à relier avec un système pétrolier et gazier profond (origine thermogénique).

Au sein du segment Nord du bassin de Nouvelle-Calédonie, interprété comme ayant une affinité de croûte continentale amincie (Lafay *et al.*, in press), l'on peut supposer que le système pétrolier qui a fonctionné à terre au niveau de l'anticlinal de Gouaro (Côte Ouest) (Vially et Mascle, 1994; France, 2000) puisse être étendu en mer, avec des dépôts crétacés au sein des demi-grabens recouverts par une sédimentation continentale ou deltaïque comme piège structural (Vially et Bénard, 2001). Si l'on admet l'absence de variations latérales dans les niveaux crétacés, on peut alors supposer l'existence de charbons Sénoniens comme roche-mère. L'épaisseur des dépôts crétacés et tertiaires est suffisante pour générer des hydrocarbures liquides et gazeux dans les parties centrale et occidentale du bassin (Vially *et al.*, 2003).

La totalité des profils de sismique multitraces recoupant le bassin de Nouvelle-Calédonie s'arrête au niveau du tombant du récif barrière, au large du lagon. Ce domaine représente la zone clé du raccord entre le bassin et le môle de Nouvelle-Calédonie. La nature de ce raccord demeure controversée. Une première interprétation propose que la Nouvelle-Calédonie soit bordée par une faille normale à regard Ouest qui limite le domaine continental de Nouvelle-Calédonie. Dans cette hypothèse, le front de la déformation compressive Eocène se situerait dans le lagon. La seconde interprétation effectue le raccord entre la ride et le bassin de Nouvelle-Calédonie le long d'un paléo-plan de subduction Eocène (Régner, 1988), la croûte océanique du bassin passant sous la Nouvelle-Calédonie. Dans cette hypothèse, le môle continental calédonien aurait été charrié vers l'ouest suite au contrecoup de la phase d'obduction des péridotites (Rigolot et Pelletier, 1988), hypothèse corroborée par Vially et Bénard (2001) à partir d'une modélisation gravimétrique du raccord.

En conclusion, il est encore difficile de se prononcer sur les potentialités en hydrocarbures de la zone économique de Nouvelle-Calédonie. La bonne évaluation du potentiel pétrolier calédonien nécessite

une meilleure connaissance du style structural qui a prévalu en Nouvelle-Calédonie. Seule l'acquisition de nouvelles données peut permettre de mieux contraindre les conditions nécessaires et indispensables à la formation d'un prospect pétrolier ayant pu générer des hydrocarbures.

Ces nouveaux résultats contribuent cependant à accroître l'intérêt pétrolier de la Nouvelle-Calédonie et de ses domaines offshore et lagonaire, qui demeurent malgré tout sous-explorés.

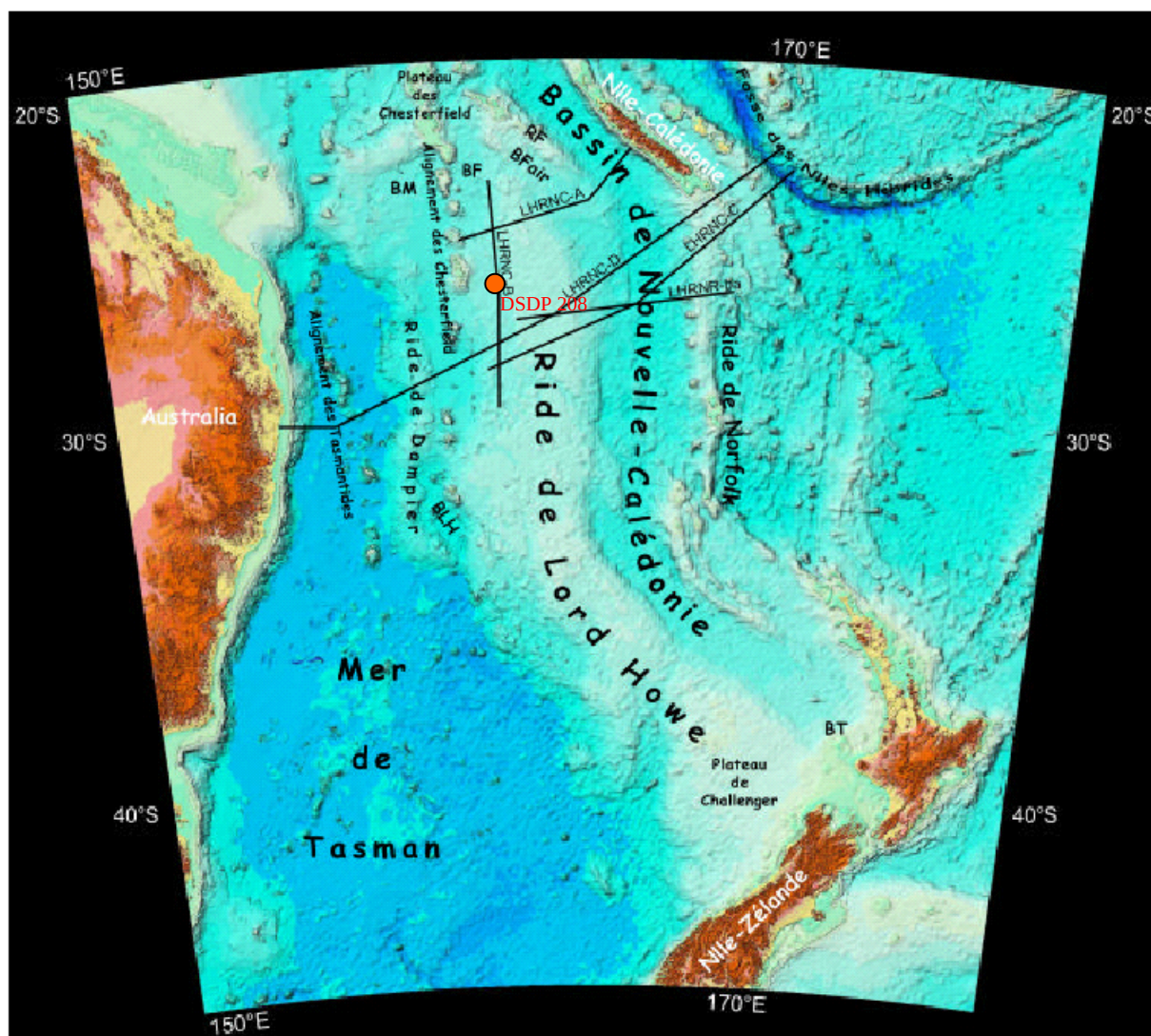


Fig. II.1. 1 Compilation des données de bathymétrie dans la région du Sud-Ouest Pacifique prédite de Smith et Sandwell (1997) et des données bateau. BF: bassin de Faust, BF: bassin de Fairway, BLH: bassin de Lord Howe, BM: bassin de Middleton, BT: bassin de Taranaki. Localisation du forage DSDP 208 (Burns, Andrews *et al.*, 1973).

Les traits noirs indiquent la navigation des campagnes FAUST 1 (Lafay *et al.*, 1998) et 177 (Ramsay *et al.*, 1997).

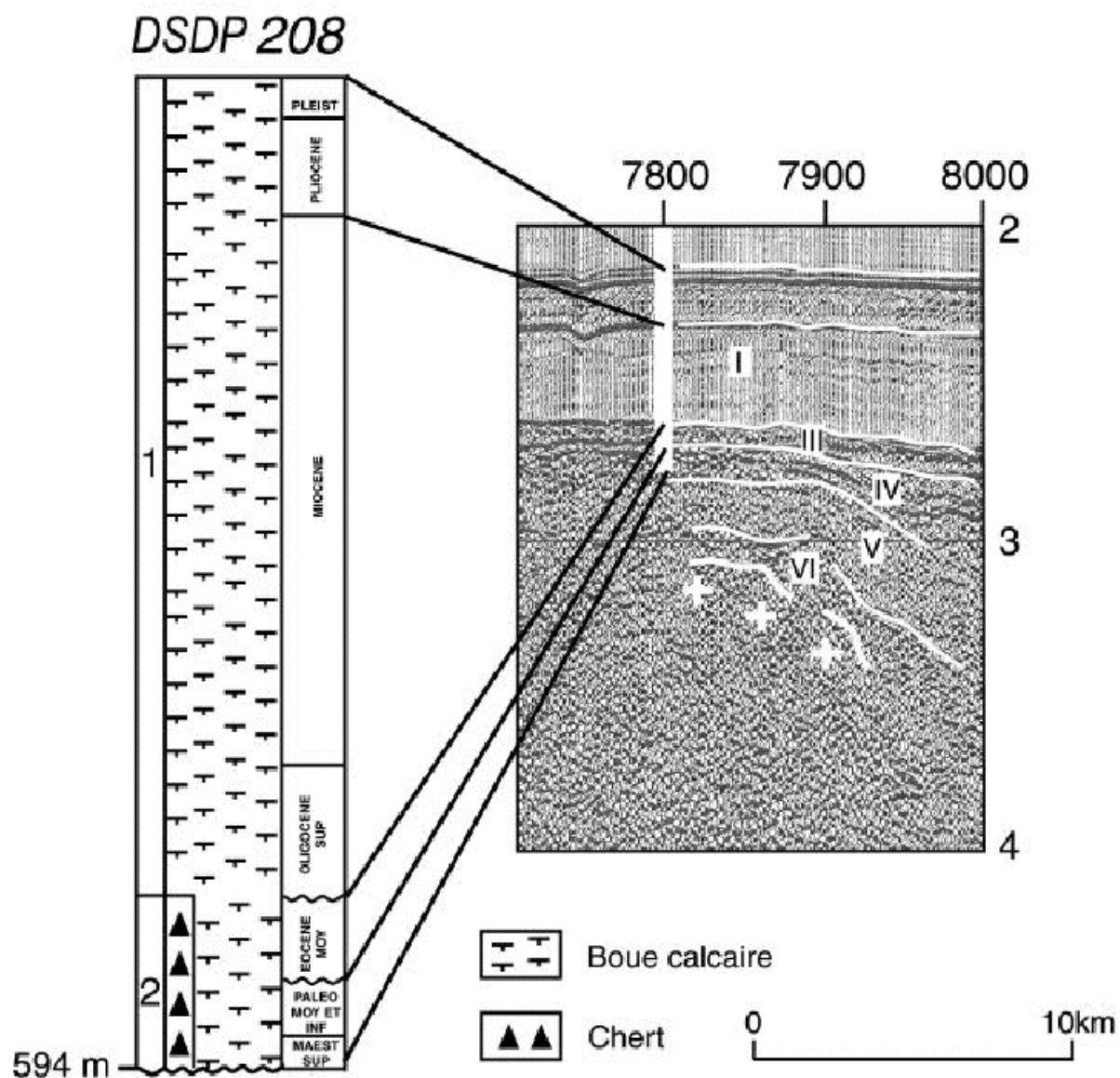


Fig. II.1. 2: Calage du profil sismique multitraces FAUST 1 – LHRNC-B (Lafoy *et al.*, 1998) avec le forage DSDP 208 (Burns, Andrews *et al.*, 1973) sur la ride de Lord Howe : Séquence I : dépôts Post-Oligocène supérieur ; Séquence II : érosion résultant du soulèvement des rides de Lord Howe et Fairway ; Séquence III : érosion des structures émergées entre l'Eocène supérieur et l'Oligocène supérieur ; Séquence IV : phase d'accrétion océanique Crétacé supérieur – Paléocène ; Séquence V : étirement crustal de la marge Est Australienne du Crétacé inférieur au Crétacé supérieur ; Séquence VI: dépôts Permo-Jurassique à Dévono-Carbonifère. Van de Beuque *et al.*, 1998, modifié d'après Lafoy *et al.* (1998)

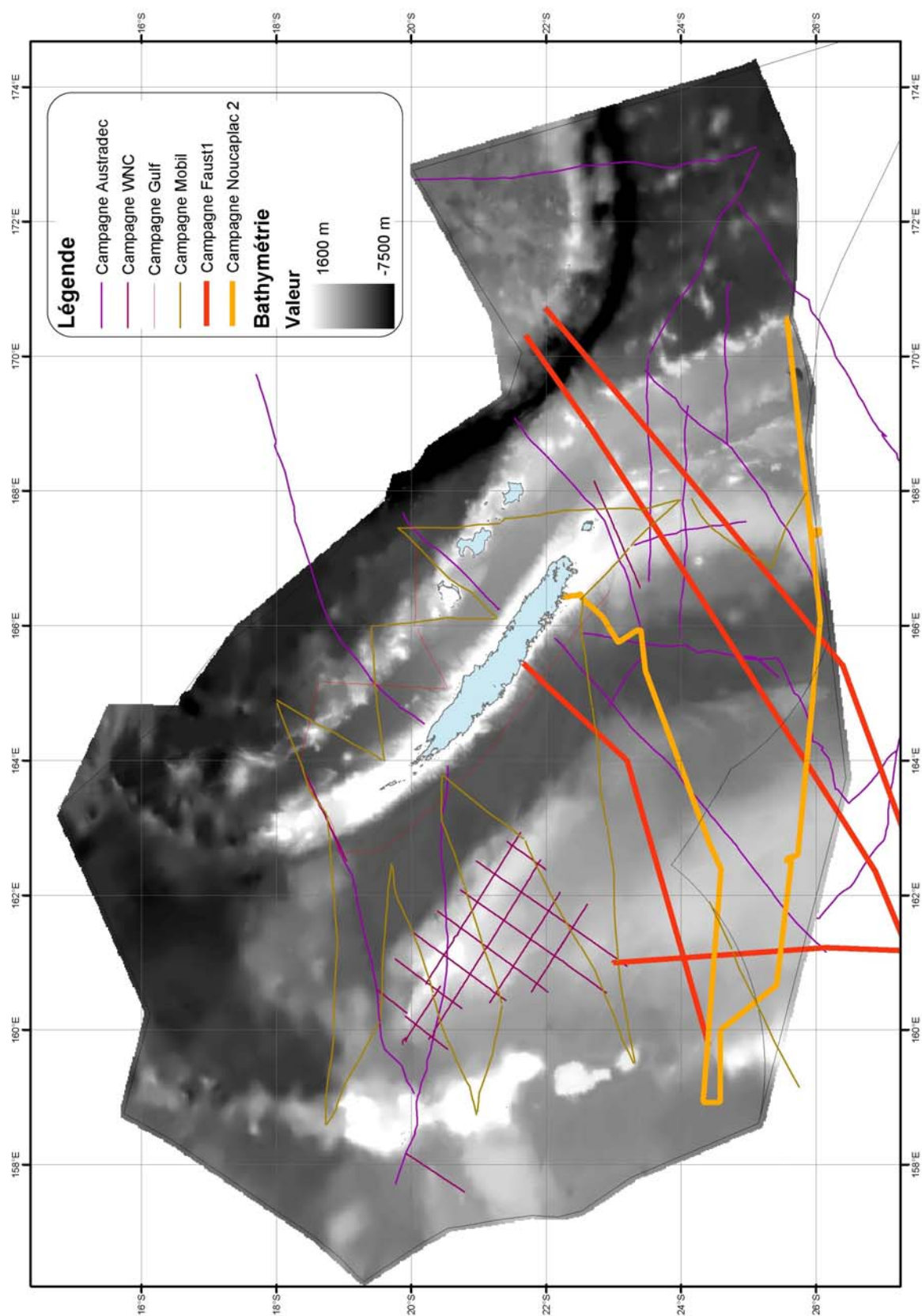


Fig. II.1. 3:– Bilan des campagnes de sismique réflexion multitraces réalisées au sein de la ZEE de Nouvelle-Calédonie. En traits gras, les campagnes récentes FAUST 1 (264 traces) (Lafay *et al.*, 1998) et NOUCAPLAC 2 (360 traces) (Loubrieu *et al.*, 2004, en prép.)

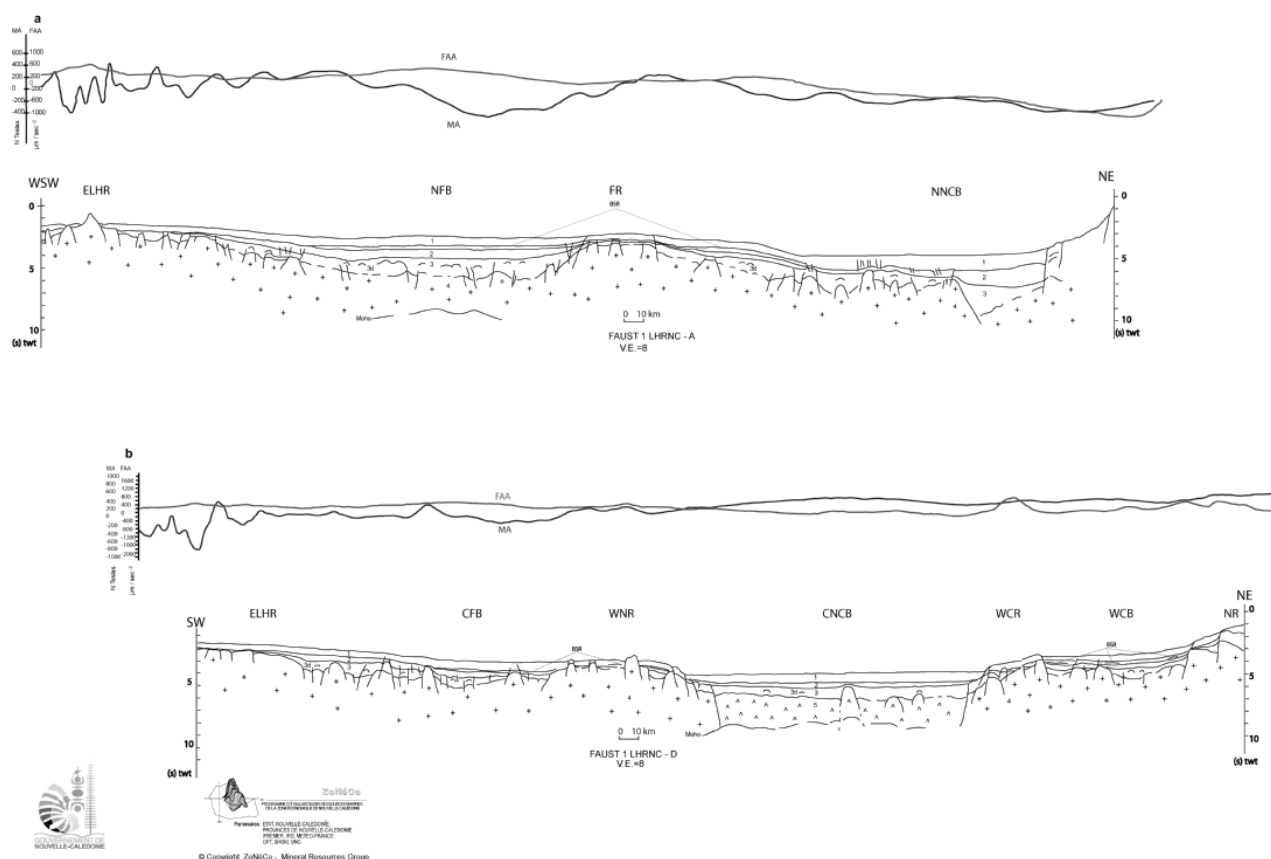


Fig. II.3. 1 - Interprétation des profils sismiques FAUST 1-LHRNC-A (haut) et LHRNC-D (bas) (D'après Lafoy *et al.*, in press). FAA: anomalie gravimétrique à l'air libre; MA: anomalie magnétique; Exagération verticale: 8; 1) Séquence Post Oligocène sup.; 2) Séquence Post Paléocène; 3) Séries du Crétacé avec 3d: structures en dômes; 4) Croûte continentale amincie; 5) Croûte océanique; 6) BSR: Bottom Simulating Reflector; ELHR: Ride de Lord Howe (Est); NFB, CFB: segments Nord et Central du bassin de Fairway; WNR: Ride Ouest Norfolk (Nord); NNCB, CNCB: segments Nord et Central du bassin de Nouvelle-Calédonie; WCR: Ride Ouest Calédonie; WCB: Bassin Ouest Calédonien; NR: Ride de Norfolk

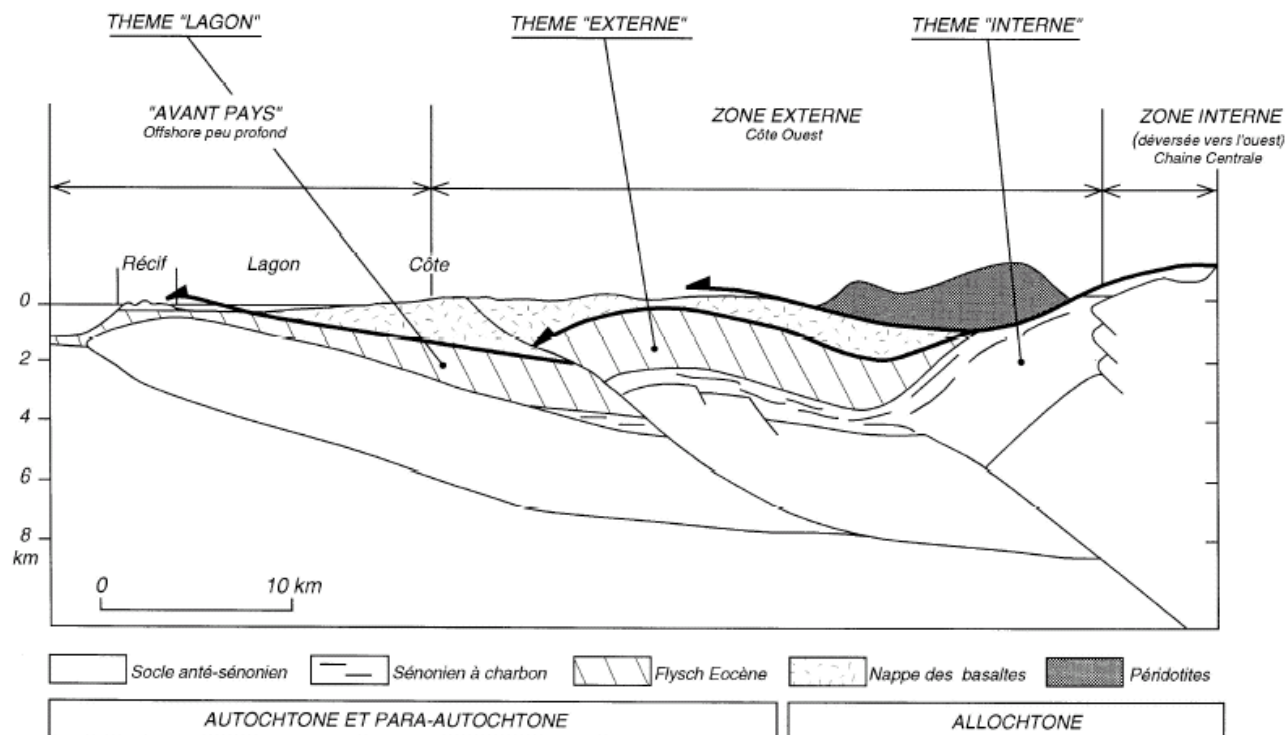


Fig. II.4. 1- Style structural et thèmes d'exploitation pétrolière en Nouvelle-Calédonie (Vially et Mascle, 1994)

III) LA CAMPAGNE ZONECO 11 (L'ATALANTE, 8 SEPT. – 5 OCT. 2004) : OBJECTIFS ET RESULTATS ESCOMPTEES

La campagne ZoNéCo 11, menée sous la tutelle de la DIMENC (Direction de l'industrie, des mines et de l'énergie de Nouvelle-Calédonie) et de l'Ifremer avec une participation de l'IFP (Institut Français du Pétrole) a été réalisée à bord du N/O L'Atalante. Sixième campagne de géologie-géophysique du programme ZoNéCo, elle a reconnu le secteur sud-ouest de la ZEE de Nouvelle-Calédonie, sur une superficie globale de 200 000 km², en recoupant, de l'Ouest vers l'Est (**Fig. III.1**):

- la ride de Lord Howe,
- le bassin de Fairway,
- la ride de Fairway et son prolongement méridional discontinu,
- le bassin de Nouvelle-Calédonie,
- la ride Ouest Calédonie,
- le bassin Ouest Calédonien,
- la bordure occidentale de la ride de Norfolk.

La chronologie de la mission est présentée dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexe A**.

La liste des participants est détaillée dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexe B**.

La campagne ZoNéCo 11 a mis en œuvre, à bord de L'Atalante, des équipements lourds de l'Ifremer, à savoir, sismique réflexion multitraces, réfraction (avec un parc de quinze OBS) et haute résolution.

Les caractéristiques techniques des équipements sismiques et géophysiques sont détaillées dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexes C, D, E, F, G et H**.

Durant l'acquisition du profil de réfraction Nord (PR Z11_01), les tirs sismiques effectués en mer ont été enregistrés sur la Grande Terre (transversale Ouest (Pindaï) - Est (N'Goye)) à l'aide de stations d'écoute du centre IRD de Nouméa.

L'acquisition des données de la campagne ZoNéCo 11 avait pour objectifs de préciser :

- à l'aide des données de sismique réfraction grand angle, la structure profonde et la nature (continentale amincie, océanique, intermédiaire ?) des unités du système de rides et bassins situé au sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie,
- à l'aide de la sismique réflexion multitraces (360 traces), le style structural et le remplissage sédimentaire des unités géologiques reconnues, afin de mieux en appréhender le potentiel pétrolier,
- à l'aide de la sismique haute résolution, la caractérisation des zones à hydrates de gaz potentiels dans le bassin de Fairway, par une expérience de tomographie sismique.

Les données de la campagne ZoNéCo 11 permettront :

- d'obtenir les lois de vitesse prises en compte pour estimer l'épaisseur et la nature des lithosphères des bassins de Fairway, Nouvelle-Calédonie et Ouest Norfolk (équivalent oriental du bassin de Fairway ?),
- de préciser la stratigraphie, le style structural, la structure profonde et la nature de la transition entre les rides et les bassins de la zone d'étude au niveau de laquelle la réponse à l'obduction de la nappe ophiolitique reste mal connue,
- de préciser le potentiel pétrolier des bassins de Fairway et de Nouvelle-Calédonie.

En plus du programme ZoNéCo, la campagne ZoNéCo 11 s'intègre dans trois autres principaux programmes :

- Programme national EXTRAPLAC d'extension du Plateau Continental (Article 76 de la Convention de Montégo Bay),
- Schéma de Mise en Valeur des Richesses Minières (SMVRM) (Article 39 de la Loi Organique n°99-209 du 19 mars 1999),
- Programme d'action pluriannuelle de relance de l'exploration pétrolière en France et dans les Départements et Territoires d'Outre-Mer.

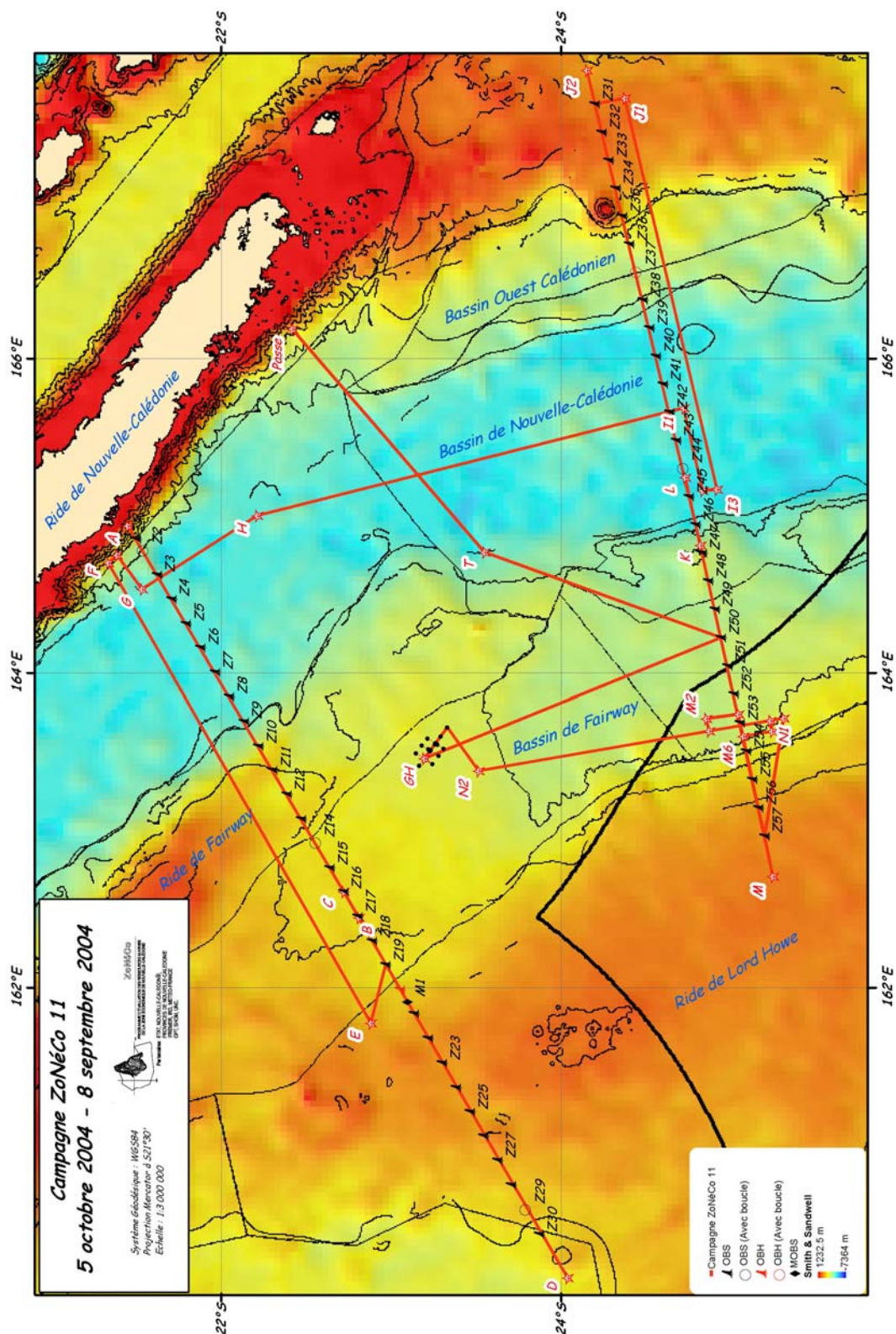


Fig. III. 1 - Plan de position de la campagne ZoNéCo 11 à bord du N/O L'Atalante (8 sept. – 5 oct. 2004) (Lafoy et al., 2004, en prép.)

IV - LES DONNEES DE SISMIQUE REFLEXION MULTITRACES

IV-1-Acquisition

Deux sources sismiques différentes en mode “monobulle” ont été utilisées lors de la campagne. La première, la source dite “Grosse Bertha” était particulièrement adaptée aux profils pour lesquels le signal était enregistré simultanément sur les OBS et sur les profils de sismique verticale. La seconde, dite “bulle” a été utilisée pour les profils pour lesquels seule la sismique verticale était enregistrée. Les détails relatifs au système SERCEL d’acquisition des données de sismique multitraces de l’Ifremer sont présentés dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexe C**.

IV- 2 Traitement

La méthodologie de traitement des données sismiques utilisée est une méthodologie classique de traitement bord. Le déroulement de la chaîne de traitement est décrit dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexe C4**.

IV-3- Interprétation préliminaire des données de sismique réflexion de la campagne ZoNéCo 11

Les profils sismiques traités à bord selon la procédure détaillée en **Annexe C4** sont présentés dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexe C7**.

IV-3-1- Les documents utilisés

L’interprétation des profils sismiques a été effectuée en intégrant les observations effectuées principalement sur trois types de documents :

- Sortie monotrace disponible dès la fin du profil et lecture des bandes d’acquisition. Ces profils sont d’une remarquable qualité jusqu’au socle et permettent une première interprétation.
- Les lignes stackées ont été les principaux documents de travail notamment du fait de leur meilleur « rendu » des faciès dans toute la série sédimentaire.
- Enfin les lignes migrées permettent d’obtenir une meilleure appréhension des zones fortement tectonisées ainsi que pour la localisation des horizons profonds. Ce sont ces sorties qui ont été utilisées pour les figures présentées dans la partie interprétation.

IV-3-2- Description et interprétation des profils sismiques multitraces

IV-3-2-1- Le calage des lignes sismiques

Dans la zone d’étude, aucun forage profond ne permet un calage des profils sismiques. Cependant, les campagnes FAUST et NOUCAPLAC II ainsi que tout les travaux de synthèse réalisés dans le cadre du programme ZoNéCo permettent d’avoir un cadre maintenant solide des principales séquences sédimentaires sur l’ensemble de la zone d’étude. Ce calage des séquences est présenté dans la figure **IV-3.2.1**.

Chaque séquence, limitée généralement par une discordance plus ou moins marquée ou par un changement drastique de la sédimentation et donc du faciès sismique, représente donc un événement géologique majeur à l’échelle de tous les bassins de la côte Ouest de Nouvelle-Calédonie. Ce découpage, assez fruste, permet cependant la corrélation cohérentes de profils souvent très espacés.

Du haut vers le bas les principales séquences corrélées sur l’ensemble des coupes sont les suivantes.

- Une séquence sommitale représentées par des dépôts faiblement réflectifs et qui est limité à la base par un fort réflecteur corrélé régionalement comme un marqueur intra-Miocène.

Cette séquence peut localement être subdivisée en 2 sous-séquences dont la plus élevée est remarquablement transparente (SEQUENCES JAUNES).

- Une séquence limitée vers le haut par le réflecteur intra-Miocène et vers le bas par une discordance régionale majeure en relation avec l'obduction de la nappe des péridotites sur la Grande terre et la phase compressive qui lui est attachée. Son âge est donc post-éocène supérieur et monte jusqu'à dans le Miocène (SEQUENCE ORANGE).

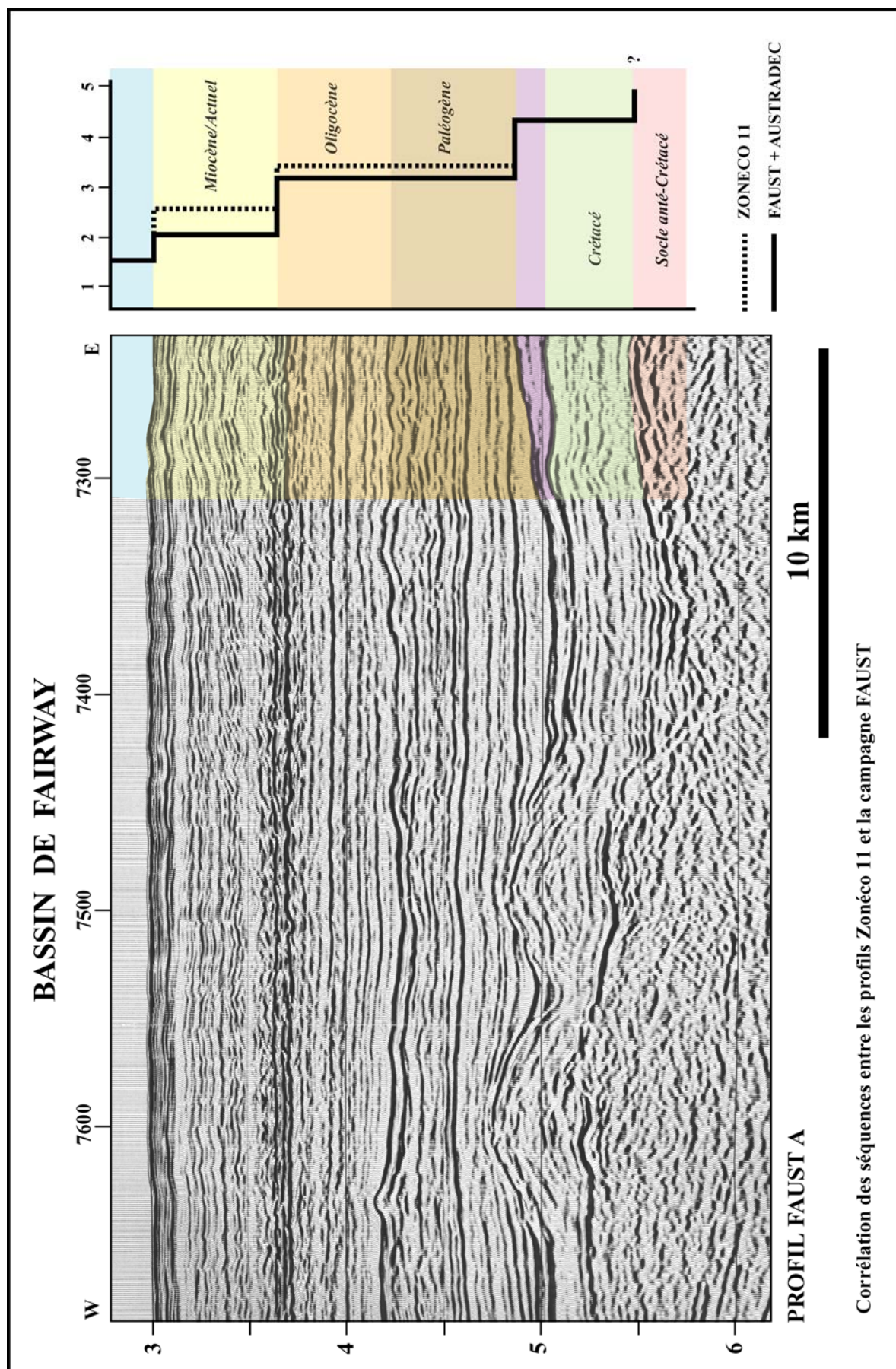


Fig. IV.3.2. 1 : Le découpage en séquences sédimentaires

Cette discordance, visible même dans le cœur des bassins sédimentaires de Fairway et de Nouvelle-Calédonie est spectaculaire sur les zones plus hautes comme la ride de Fairway ou de Norfolk. Dans certaines zones très accidentées, cette discordance est jalonnée par des dépôts de pente. Cette **discordance constitue un événement majeur dans l'évolution des bassins sédimentaires de l'offshore néo-calédonien**.

- Au delà de cette discontinuité majeure on trouve une séquence dont la base est mal daté mais qui pourrait correspondre soit au Paléocène soit au sommet du Crétacé. Cette séquence essentiellement paléogène repose en discordance plus ou moins marquée sur les dépôts sous-jacents (SEQUENCE MARRON).
 - Dans le bassin de Fairway notamment, la base de la séquence paléocène est marquée par un ou deux très forts réflecteurs qui pourraient représenter soit des émissions volcaniques soit des surfaces d'érosion (aériennes ou sous-marines) ayant entraînées des altérations et de la diagenèse (SEQUENCE VIOLETTE).
 - .
 - La dernière séquence sédimentaire reconnue à l'échelle des bassins offshore néo-calédonien, rempli des petits grabens et repose sur un socle relatif. Sa position à la base de la série sédimentaire et de remplissage de structures distensives permettent de lui attribuer un âge Crétacé supérieur.
- Le socle présente plusieurs faciès qu'il est difficile de distinguer clairement sur l'ensemble des profils sismiques. Cependant 3 faciès principaux ont été reconnus
- Faciès intrusif, fortement diffractant et recoupant plus ou moins toutes les séries sédimentaires (ROSE).
 - Faciès réflectif dans lequel on devine des réflecteurs organisés et qui a été interprétés comme un socle relatif pour le Crétacé ou les séries sus-jacentes. Il pourrait s'agir de séries anciennes d'arc volcaniques affectés par un métamorphisme lors de l'orogénèse Rangitata (Jurassique supérieur / Crétacé inférieur)
 - Faciès fortement diffractant, « rugueux » surtout présent dans le sud de la zone d'étude et qui a été interprété comme le toit de la croûte océanique.

IV-3-3- Les principaux résultats obtenus lors de l'interprétation préliminaire de bord.

Les données de sismique multitraces acquises lors de la campagne ZoNéCo 11 (**Fig. III.1**) peuvent se grouper en trois zones géographiques distinctes qui feront l'objet d'une interprétation séparée.

IV-3-3-1- La zone Nord (Profils Z11-01A et 01B, profil Z11-02)

Sur les deux grands profils régionaux, quatre domaines structuraux peuvent être mis en évidence. D'Est en Ouest on distingue le bassin de Nouvelle-Calédonie, la ride de Fairway, le bassin de Fairway, la ride de Lord Howe et sa retombée occidentale.

- Le bassin de Nouvelle-Calédonie

Les données sismiques dans le bassin de Nouvelle-Calédonie sont d'excellente qualité, il est possible de pénétrer sur plus de 4 à 5 sTD.

Le bassin de Nouvelle-Calédonie apparaît comme un bassin dissymétrique qui s'approfondit régulièrement en direction de l'Est pour atteindre sa profondeur maximale au pied de la Grande Terre (**Figures IV.3.3.1 et IV.3.3.2**). Deux architectures distinctes se superposent séparées par la discordance majeure de l'Eocène supérieur :

- 1- Au dessus de cette discordance (Séquences ORANGE et JAUNES), le remplissage sédimentaire important qui atteint 4 sTD (plus de 5000 mètres) dans la partie orientale vient reposer en discordance angulaire (« on-lap ») sur la discordance éocène supérieur. Ces dépôts viennent donc combler une paléotopographie héritée de la phase compressive synchrone de la mise en place de la nappe des Basaltes et de la nappe des péridotites au niveau de la Grande Terre.

Au raccord avec la Ride de Fairway, la discordance éocène supérieur est soulignée par des dépôts gravitaires de pente qui s'interdigitent vers l'est aux dépôts de bassins. Ces dépôts soulignent l'importance orographique de cette phase tectonique.

- 2- Au dessous de cette discordance on trouve les séquences paléocènes et crétacées (Séquences MARRON et VERT) montrant une organisation plus complexe où les structures distensives sont nettement visibles dans la séquence crétacée. Ces structures montrent une dissymétrie régionale avec une majorité de failles normales à regard Est. A l'échelle de l'ensemble du bassin les séries sont tronquées en direction de l'Est (« top-lap »), les séries paléocènes disparaissant par troncature.

Dans la partie la plus proximale et la plus épaisse du bassin de Nouvelle-Calédonie, la série post-éocène supérieur est affectée par une tectonique complexe (**Figures IV.3.3.3 et IV.3.3.4**) montrant à la fois des plis dans la partie la plus distale, des structures distensives et des basculements de blocs fortement listriques dans la partie la plus proximale. Cette association de structures distensives compensées par des structures compressives est typique des mouvements gravitaire de glissement. La largeur de cette zone dépasse les 30 km et affecte plus de 4000 mètres de série. De tels mouvements sont synonymes d'instabilité de pente récente, la quasi totalité de la séquence post éocène étant affectée par ces mouvements. Bien que les apports sédimentaires soient importants, ces structures sont marquées dans la topographie du fond.

Il est intéressant de noter que les deux profils ont été tirés avec des sources sismiques différentes : la source « réfraction » plus puissante permet d'imager sous la surface de décollement basal et montre ainsi que la discordance éocène ne plonge plus vers l'est mais commence à remonter. La source moins puissante mais plus « fine » permet quant à elle de mieux imager les plis et surtout le jeu listrique de la partie sommitale du glissement.

INTERPRETATION : La concordance entre le basculement généralisé du bassin vers l'est et la mise en place des nappes de charriage sur la Grande Terre, la forte discordance angulaire des dépôts tertiaires qui combler une paléotopographie tendent à faire interpréter la bassin de Nouvelle-Calédonie comme un bassin flexural en réponse à une forte surcharge tectonique située plus à l'Est. Ce bassin flexural se surimpose sur d'anciennes structures distensives héritées du Crétacé. La remontée récente de la Grande Terre serait responsable de la remobilisation de la pente fortement marquée et de la mise en place de ce glissement.

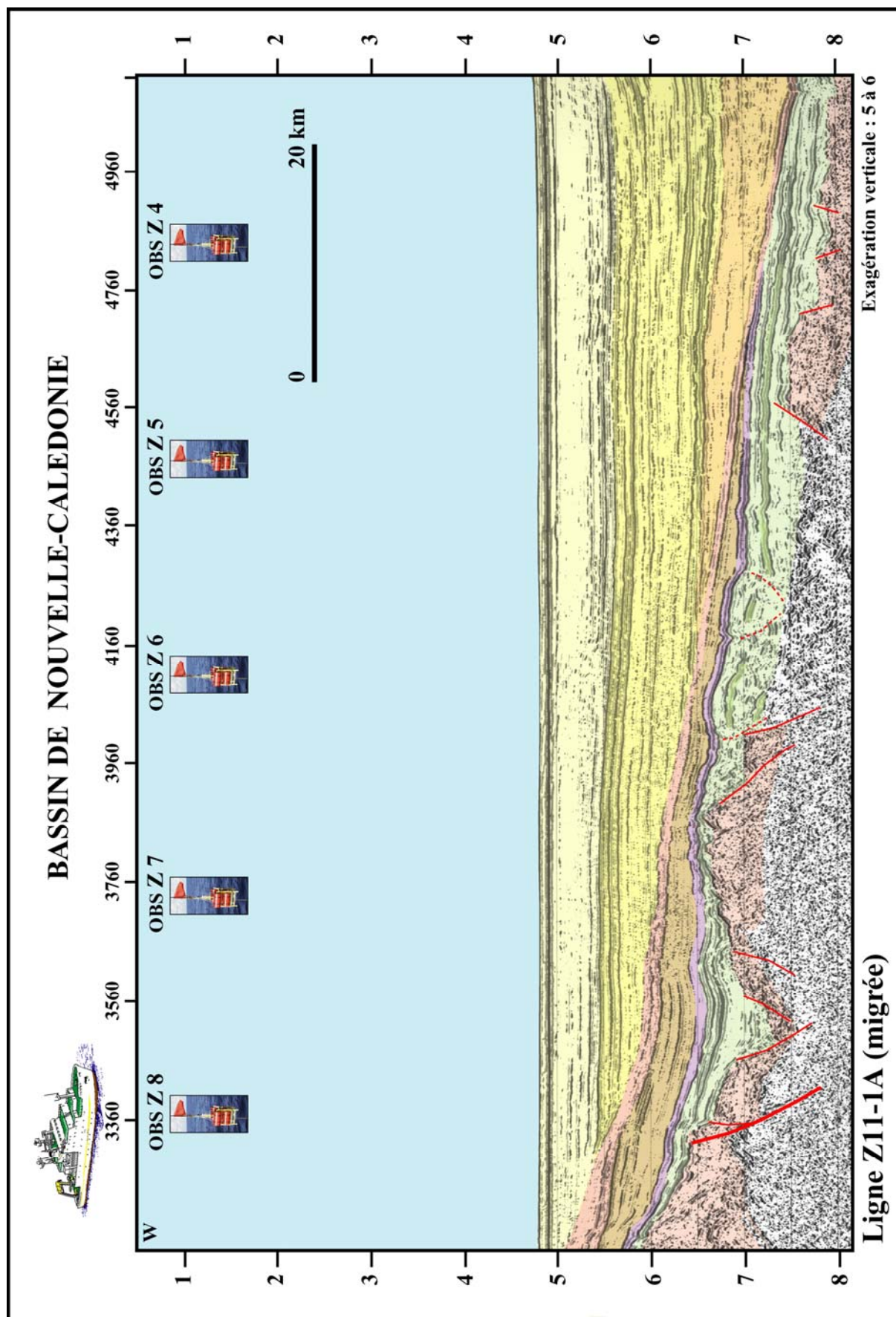


Fig. IV.3.3. 1 : Basculement du bassin de Nouvelle-Calédonie vers l'Est

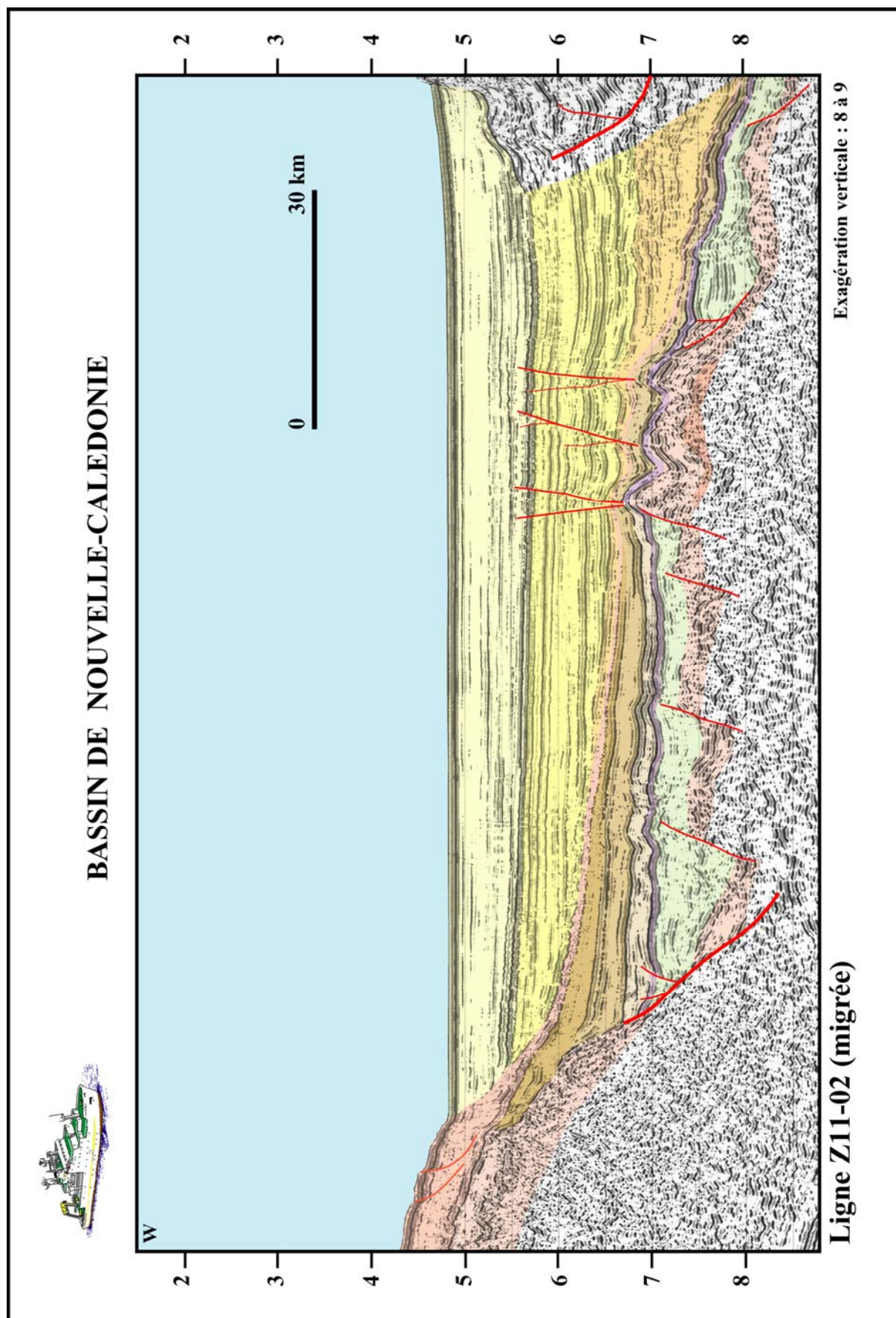


Fig. IV.3.3. 2 : Basculement du bassin de Nouvelle-Calédonie vers l'Est

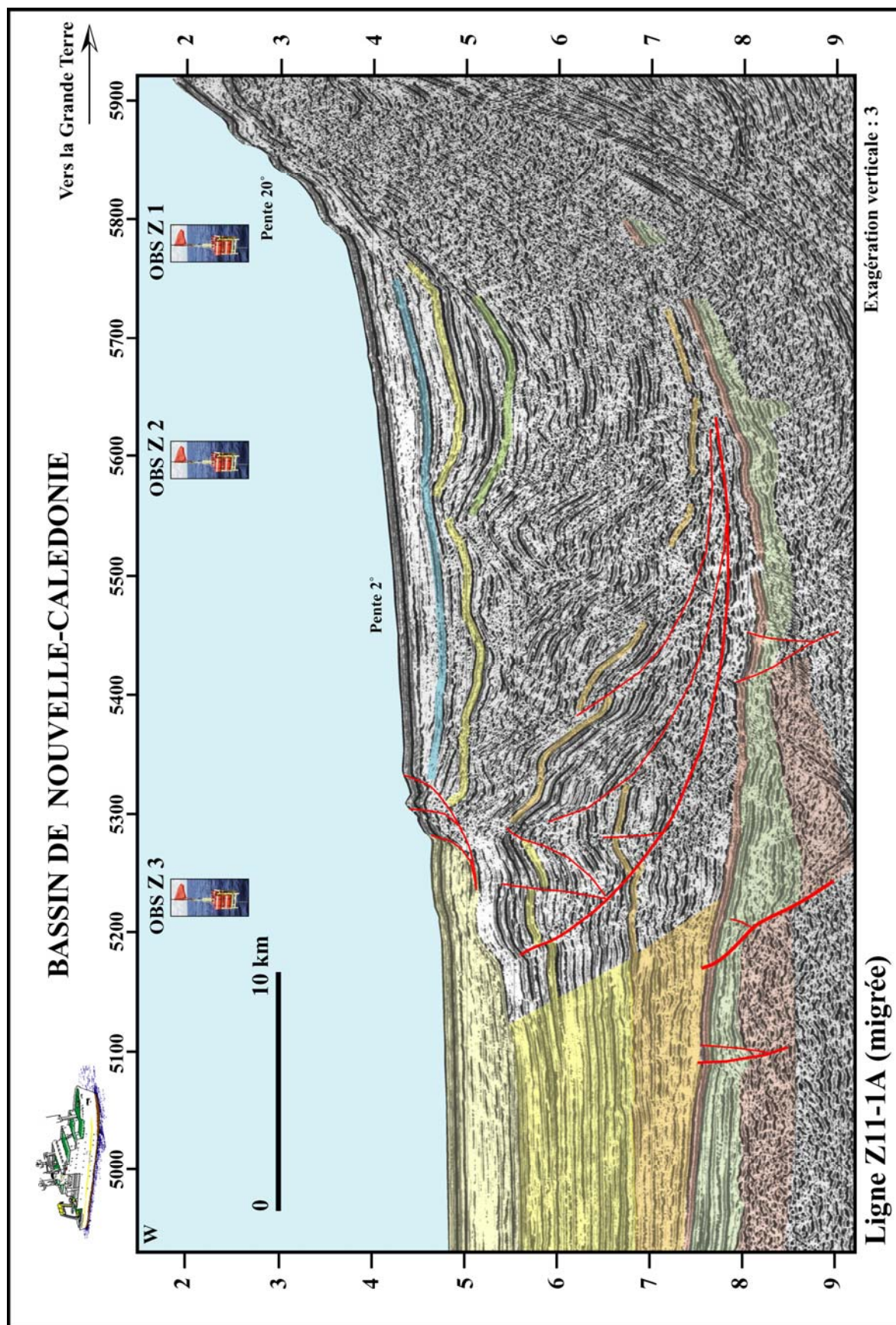


Fig. IV.3.3. 3: Glissement gravitaire au pied de la Grande Terre

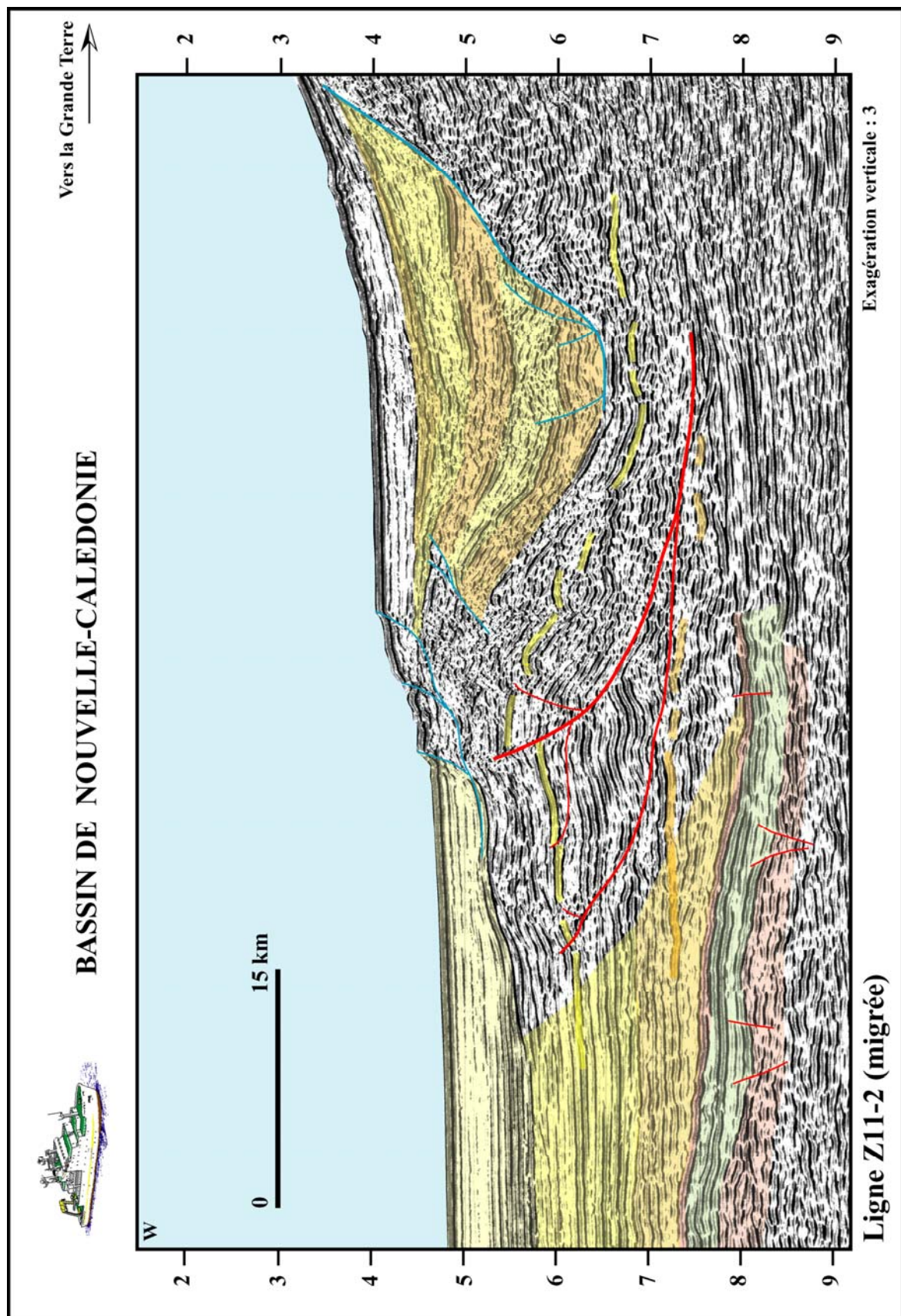


Fig. IV.3.3. 4: Glissement gravitaire au pied de la Grande Terre

- La ride de Fairway

Dans la partie nord de ZoNéCo 11, la ride de Fairway constitue une importante unité topographique qui donne à la fois une signature gravimétrique et une forte signature magnétique complexe.

Le raccord entre la ride de Fairway et le Bassin de Nouvelle-Calédonie est brusque et se fait par l'intermédiaire d'une série de failles normales dont le jeu est relativement récent est certainement contemporain de la flexuration du bassin de Nouvelle-Calédonie. L'expression de ce relief (**Fig. IV.3.3.5**) se marque par la présence d'un prisme sédimentaire qui s'interdigite avec les séries de bassin.

La ride de Fairway est formée de 2 culminaisons encadrant un graben central (**Figures. IV.3.3.5 et IV.3.3.6**). L'âge de ce graben est inconnu, on note sur un socle très réfléchissant interprété comme de nature continentale une série basculée présentant des analogies avec celles attribuées au Crétacé du bassin de Fairway mais un rejeu postérieur en distension est probable. Le remplissage supérieur de cette structure montre des mouvements tectoniques syn-sédimentaires ainsi qu'une forte pente des dépôts laissant penser à l'érosion d'un relief proche du graben.

Le raccord avec le bassin de Fairway est brusque mais moins brutal que celui avec le bassin de Nouvelle-Calédonie. Il est intéressant de noter que notamment sur la **figure IV.3.3.6**, la série crétacée (VERT) repose en relative concordance sur un socle structuré par de petites failles normales. Lors des campagnes FAUST, AUSTRADDEC et WNC, il avait été remarqué que les séquences crétacées montraient des corps progradants de grande ampleur depuis le sommet de la ride de Fairway en direction du bassin de Fairway. Ces dépôts sont eux même structurés de façon tégumentaires (avec les dépôts de la série paléogène MARRON) avec le socle et sont érodés. Les dépôts des séries ORANGES (Oligo-Miocène) reposent en discordance angulaire sur les dépôts crétacés.

INTERPRETATION : La ride de Fairway a été soumise à une érosion aérienne ou sub-aérienne durant le Crétacé montrant ainsi la pérennité de cette ride. Une réactivation des reliefs de la ride se produit lors de la phase tectonique de l'Eocène supérieur. Cette réactivation se traduit par la structuration des dépôts crétacés tégumentaires et leur érosion sur le sommet de la ride. De façon plus ou moins concomitante, de grandes failles normales jouent du côté du bassin de Nouvelle-Calédonie et sur le sommet de la ride. Les produits de l'érosion se déposent préférentiellement dans le bassin de Nouvelle-Calédonie montrant ainsi une dissymétrie de la structure avec une pente générale vers le bassin de Nouvelle-Calédonie.

- Le bassin de Fairway

Cette structure majeure de l'ouest calédonien se présente comme un bassin limité à l'est par la ride de Fairway et à l'ouest par la ride de Lord Howe qui alimente peu les dépôts du bassin.

Trois épisodes peuvent être mis en évidence (**Figures IV.3.3.7 et IV.3.3.8**)

- Erosion de la ride de Fairway et dépôt des prismes silico-clastiques progradants. La fin du Crétacé pourrait correspondre soit à une période d'activité volcanique avec des coulées et des sills soit à une érosion.
- En discordance angulaire sur cette surface, les dépôts du Paléogène inférieur montrent des structurations dont l'origine reste inconnue (diapirisme, volcanisme, « bourrage ») et qu'il faudra préciser.

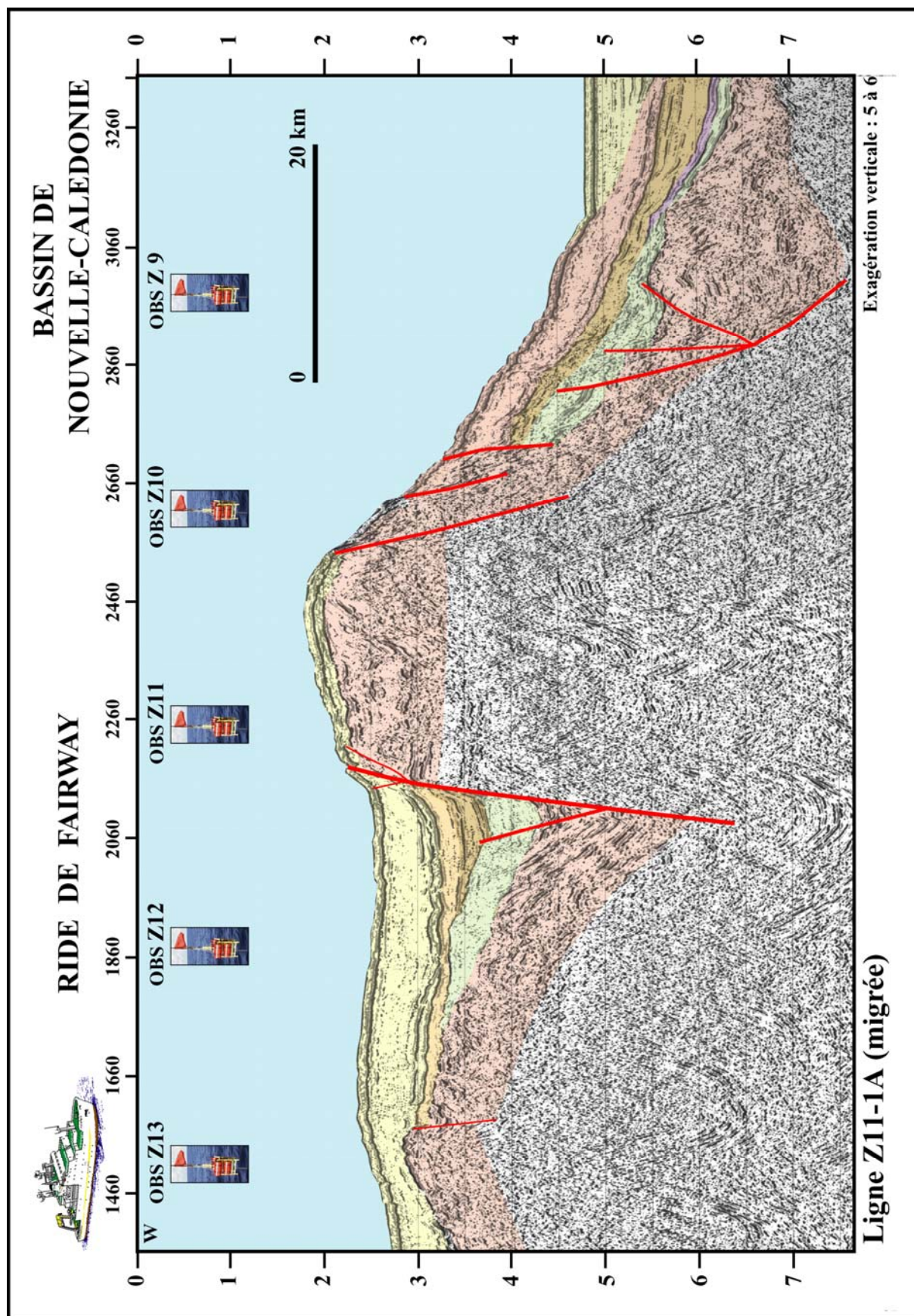


Fig. IV.3.3. 5 : Bordure Est de la Ride de Fairway

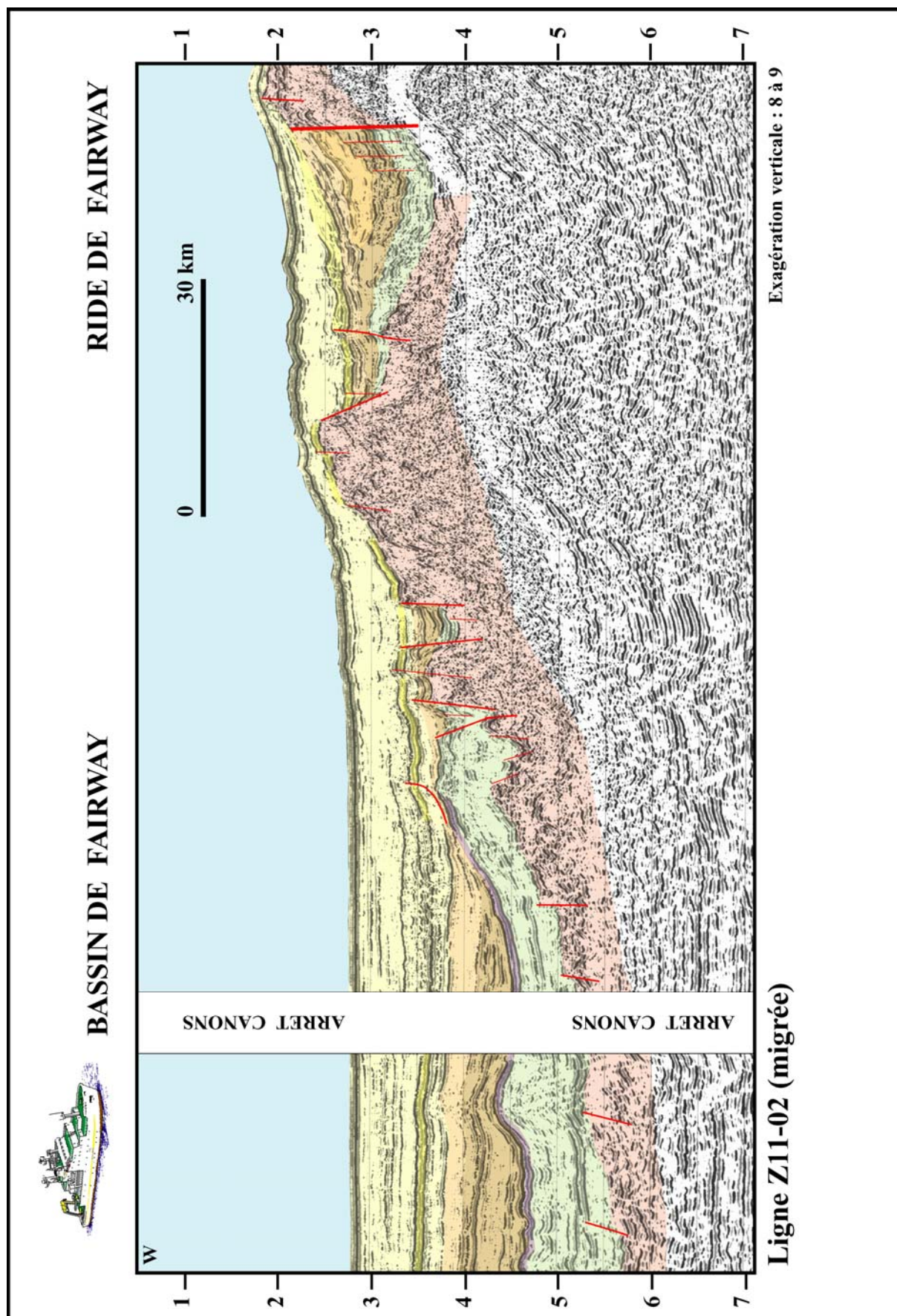


Fig. IV.3.3. 6 : La ride de Fairway et le raccord avec le bassin de Fairway

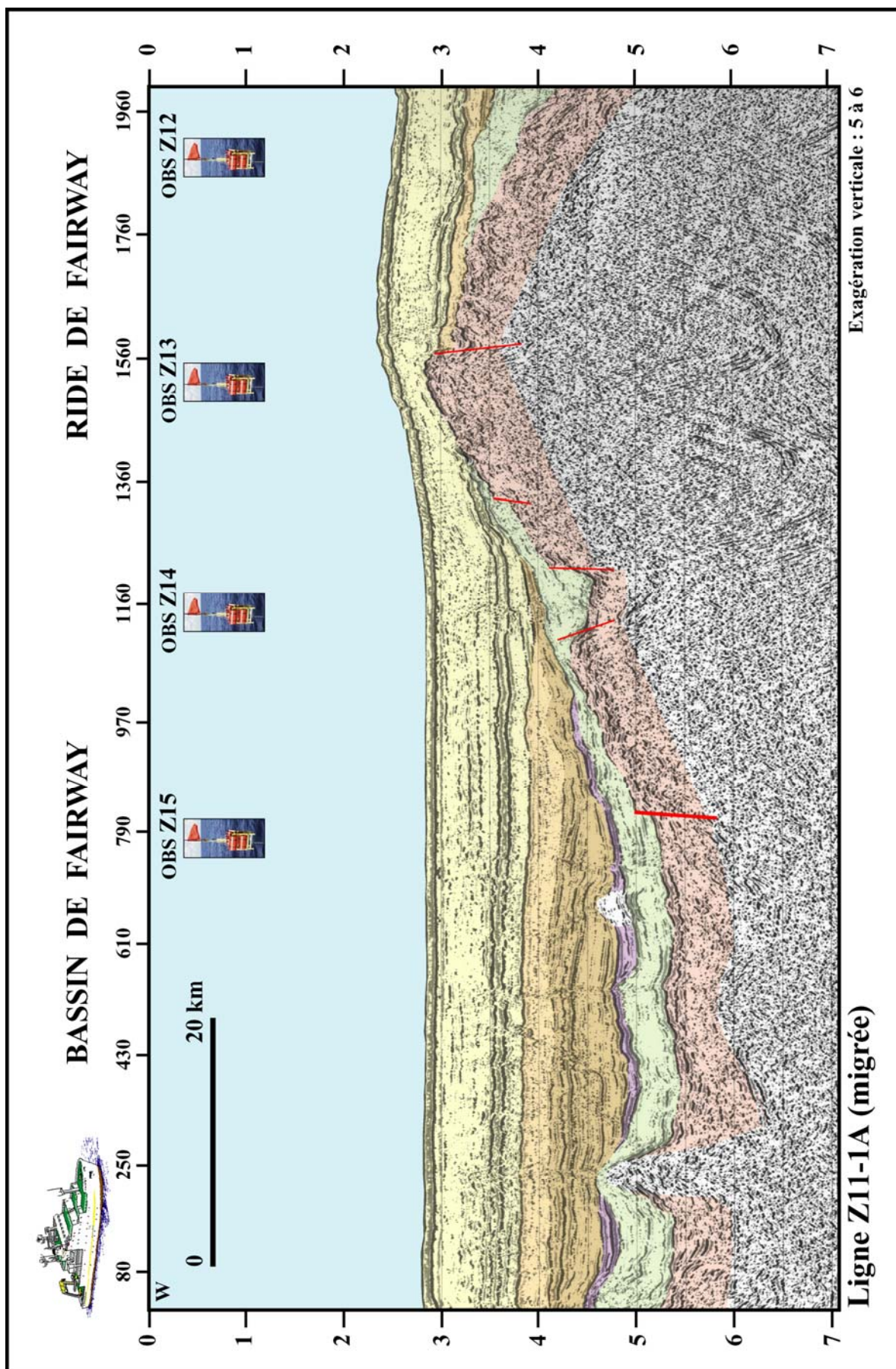


Fig. IV.3.3. 7 : La ride de Fairway et le raccord avec le bassin de Fairway

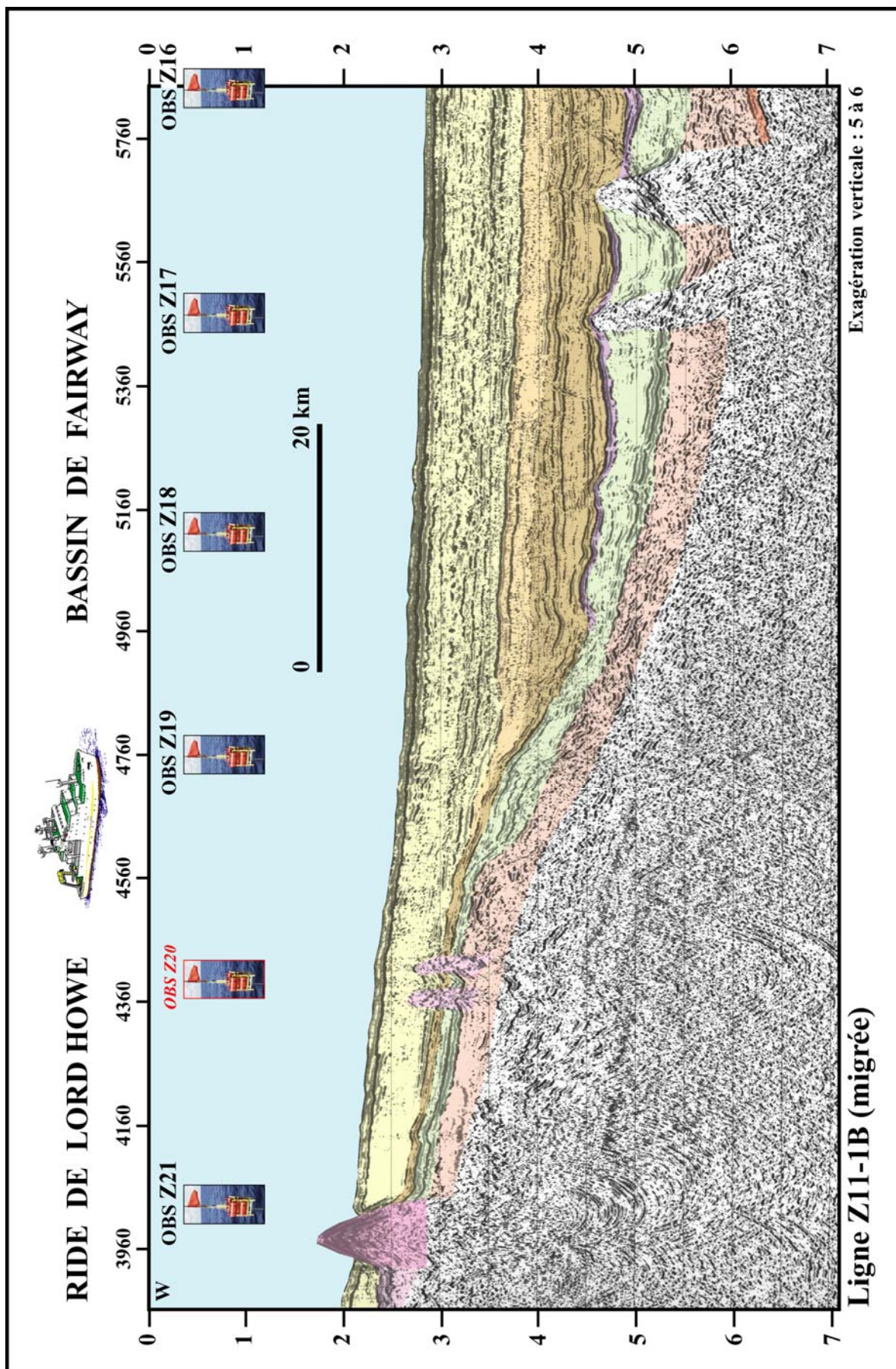


Fig. IV.3.3. 8 : La ride de Fairway et le raccord avec le bassin de Fairway

- La discordance Eocène supérieur n'est pas très marquée dans le centre du bassin mais se marque nettement sur les rides de Fairway et de Lord Howe.
- Les séries postérieures comblent le bassin.

L'épaisseur des séries dans le bassin de Fairway peut atteindre 2,5 à 3 sTD avec des vitesses relativement rapides. L'épaisseur des sédiments pourrait atteindre les 4000 mètres.

INTERPRETATION : La sédimentation crétacée et la structuration du bassin de Fairway sont directement liées à la dynamique de la ride de Fairway. Quand cette dernière émerge au Crétacé les produits d'érosion se déposent dans le bassin. Le jeu de la ride de Fairway durant les phases compressives Eocènes supérieur provoquent un léger serrage dans le bassin de Fairway accentuant sa forme en cuvette. Les ondulations et autres structures plus ou moins perçantes restent à expliquer.

- La ride de Lord Howe et sa retombée occidentale

La ride de Lord Howe se présente comme une large voussure de plus de 150 km de rayon. Il semble que cette ride (tout du moins pour son évolution post crétacée) soit restée une zone haute à faible sédimentation. Sous une série tertiaire transparente, on met en évidence de petites structures distensives dont l'âge est inconnu. Ces structures restent modestes ne sont affectées d'aucune trace de compression. Le sommet de la ride est affecté par un volcanisme récent créant des reliefs marqués à l'apex de la ride (**Fig. IV.3.3.8**).

La retombée occidentale de montre une intense activité intrusive, toute la bordure ouest de la ride de lord Howe est affecté par un volcanisme et des intrusions qui s'alignent sur une direction N-S et dont l'âge est Oligo-Miocène. Des structures de type guyots sont décrits et peuvent être mis en évidence sur le profil Z11-01B (**Fig. IV.3.3.9**). Quelques un sont surmontés par des édifices récifaux importants plus ou moins ennoyés sous la sédimentation miocène à actuelle.

L'épaisseur des séries sédimentaires est relativement importante et peut atteindre plus de 2 sTD entre les guyots. Cette sédimentation est affectée par les intrusions et le volcanisme comme l'atteste les nombreuses discordances angulaires dans les séries sédimentaires. Il est impossible de donner un âge à toutes ces séries mais une origine tertiaire pour l'ensemble de la série visible est probable.

Les données sismiques acquises dans le nord de la zone d'étude de ZoNéCo 11 confirme le lien direct entre la géodynamique des bassins de Nouvelle-Calédonie, des bassins et de la ride de Fairway et l'évolution géologique de la Grande Terre. Cette évolution commune permet de définir des séquences sédimentaires corrélables sur l'ensemble des bassins de l'ouest calédonien et ceci malgré une couverture sismique encore peu dense.

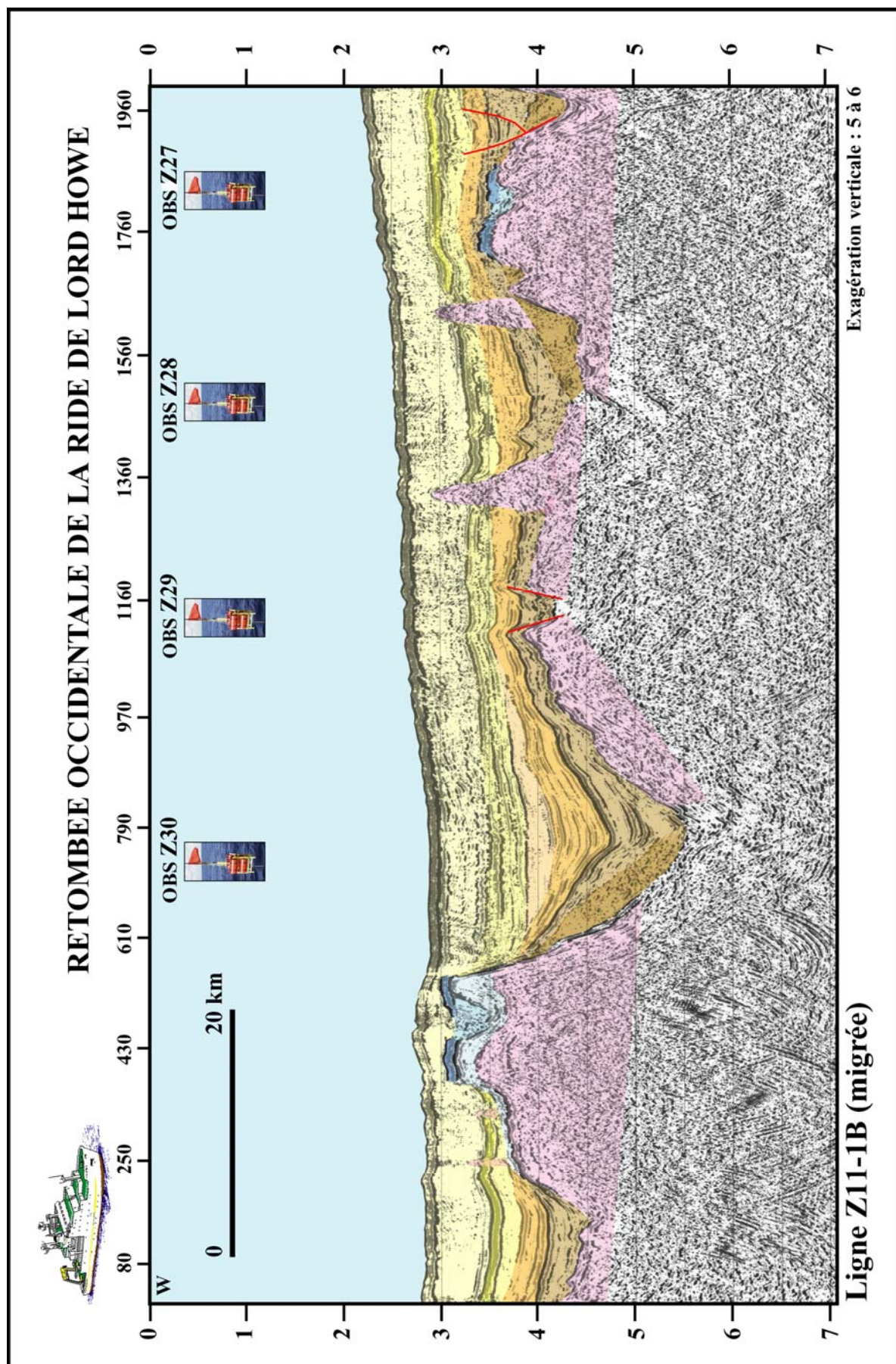


Fig. IV.3.3. 9 : La retombée occidentale de la ride de Lord Howe

- **Un essai d'intégration des différentes données acquises lors de la mission ZoNéCo 11**

Les observations géologiques des précédentes campagnes sismiques, les données nouvelles acquises lors de la campagne ZoNéCo 11 permettent d'élaborer un premier essai d'intégration des différentes données, illustré sous la forme de coupes géologiques « schématiques » présentées dans le **Chapitre VIII.1.**

IV-3-3-2- Le raccord entre la zone Nord et la zone Sud (profil Z11-04)

Ce profil a pour but d'assurer la liaison entre les deux profils de la zone Nord (Z11-01 et Z11-02) et les profils de la zone Sud (Z11-06 et Z11-07) en recoupant le profil NOCAPLAC II-1 et le profil FAUST-A.

Le profil Z11-04 montre deux domaines distincts :

-Une partie Nord (**Fig. IV.3.3.10**) sur laquelle la sismique montre d'importants grabens dont l'âge supposé est Crétacé. Ces grabens sont affectés par des intrusions qui les recoupent à l'emporte-pièce. En direction du sud, cette zone d'importants grabens est limitée par une série importante d'intrusions qui affectent les séries jusqu'à la discordance éocène supérieur. L'âge de mise en place de ces intrusions est difficile à estimer, une partie de la déformation visible dans les séries sédimentaires pouvant provenir de phénomènes de compaction différentielle. Il semble que les anomalies magnétiques se calquent sur ces intrusions.

Cette partie nord est marquée par une épaisse série sédimentaire post-éocène interprétée (cf paragraphe précédent) comme le remplissage d'un bassin de type flexural. Cette série sédimentaire a une épaisseur maximale dans la partie septentrionale du profil et se réduit considérablement en direction du sud passant de plus de 3sTD à des valeurs de l'ordre de 1,5 sTD. Cette diminution globale de la série post Eocène se marque dans la gravimétrie, l'anomalie gravimétrique à l'air libre augmentant régulièrement en direction du Sud. Les faciès « heurtés » sans marqueur continu sur de longue distance est certainement du au fait que le profil recoupe le bassin flexural à la limite des glissements gravitaires et dans certaines parties (SP 300 à 400) le recoupe certainement dans sa partie la plus distale.

-Une partie Sud (**Fig. IV.3.3.11**) qui présente une série post-Eocène beaucoup moins épaisse et qui présente des faciès sismique beaucoup plus transparent avec des réflecteurs continus assez typique d'une sédimentation pélagique calme à faible taux de sédimentation. Cette variation vers le sud à la fois de l'épaisseur et des faciès peut s'expliquer par la fermeture vers le sud du bassin flexural et la disparition des apports importants au sud de la Grande Terre, la ride de Norfolk ne fournissant que très peu d'apport détritique. Les séries sédimentaires sous la discordance éocène sont toujours présentes mais leur attribution stratigraphique reste sujette à discussion. Il peut s'agir d'une série essentiellement paléogène reposant sur un socle restant réflectif (nature continentale ?) mais la présence d'une série crétacée au contact du socle est tout aussi vraisemblable.

Le socle relatif possède sur les deux tiers nord du profil un caractère réflectif avec une organisation nette des réflecteurs laissant supposer une nature continentale, il passe cependant à des faciès plus diffractant plus typique d'une origine volcanique.

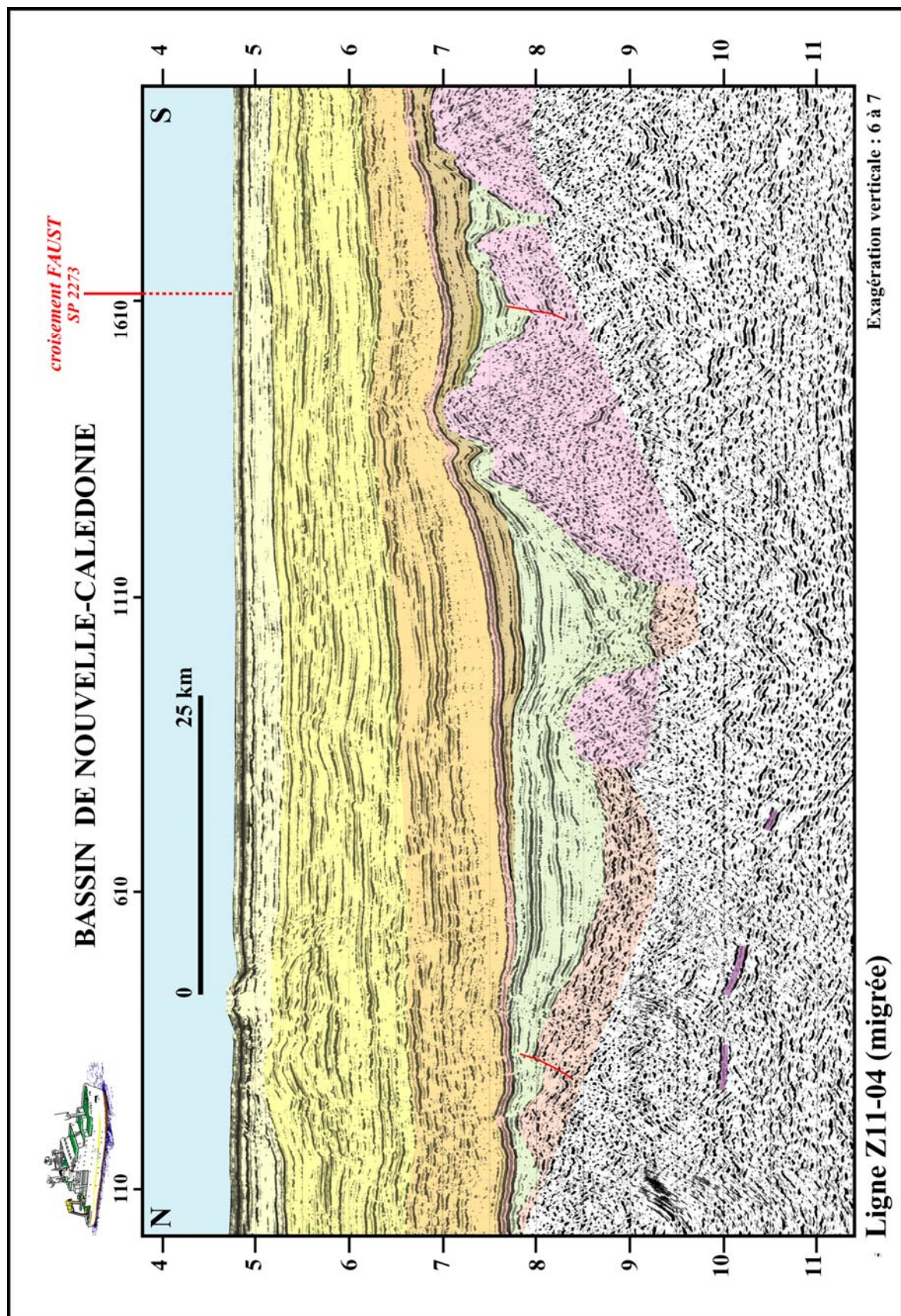


Fig. IV.3.3. 10 : Profil Z11-04 partie Nord

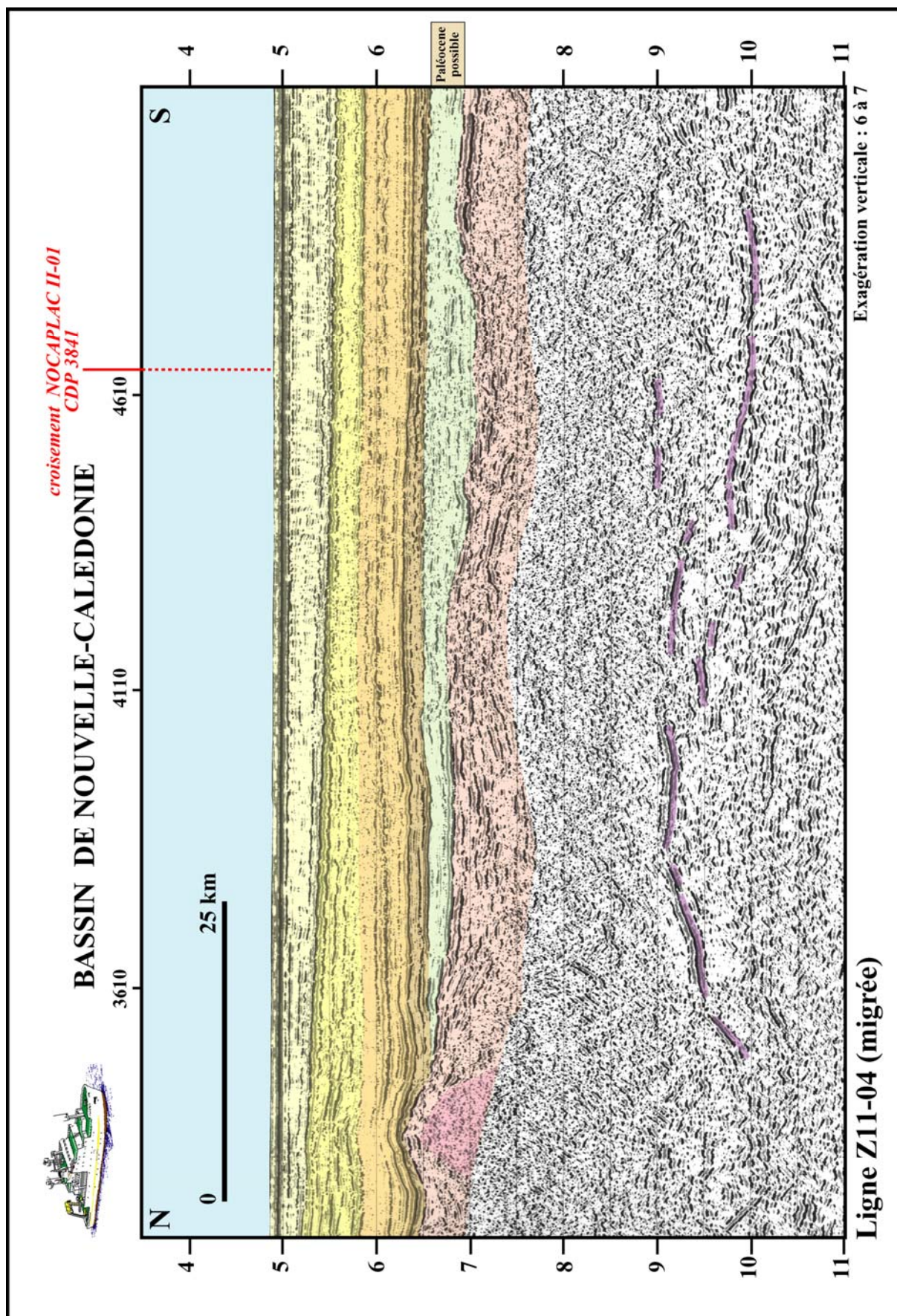


Fig. IV.3.3. 11 : Profil Z11-04 partie Sud

La caractéristique la plus marquante de cette partie sud est la présence quasiment continue de réflecteurs profonds situés à des profondeurs temps comprises entre 9 et 10 sTD. Ces réflecteurs pourraient être interprétés comme des réflecteurs intra-crustaux mais aussi comme le Moho, montrant ainsi une croûte fortement amincie.

INTERPRETATION : Du Nord au sud du profil, on observe de nombreuses variations tant dans l'épaisseur et les faciès de la série post-Eocène que dans la structuration crétacée. Les faciès du socle anté-Crétacé changent aussi passant d'un faciès réflectif à un faciès plus diffractant. Enfin, la nature profonde de la croûte change drastiquement avec l'apparition de réflecteurs profonds vers le sud. Ces changements dans les différents paramètres ne se surimposent pas, il est donc difficile de donner une limite franche entre la zone Nord et la zone Sud. Le changement majeur semble apparaître entre les CDP 1200 et 2500.

IV-3-3-3- La zone Sud (profils Z11-05-06 et 07)

Le grand transect de réfraction et de réflexion multitraces de la zone sud recoupe la ride Norfolk, le bassin ouest Norfolk, le bassin de Nouvelle-Calédonie, la prolongation méridionale de la ride de Fairway, le bassin de Fairway et remonte sur la ride de Lord Howe.

- La ride de Norfolk (Fig. IV.3.3.12)

La ride de Norfolk est la prolongation méridionale de la Grande Terre. Les premières données de réfraction indiquent d'ailleurs une profondeur importante du Moho aux alentours de 25 km. Les données acquises sur le profil Z11-07A (**Fig. IV.3.3.12**) montre une séquence tertiaire (SEQUENCE JAUNE) de faible épaisseur (de l'ordre de la sTD) qui repose sur une surface d'érosion interprétée comme la discordance Eocène supérieur. Cette discordance a un très fort coefficient de réflectivité (presque le double du fond de l'eau) ce qui laisse supposer un très fort contraste de vitesse avec les sédiments sous-jacents.

La séquence anté discordance est particulièrement épaisse (plus de 2 sTD) et montre un basculement régional anté-Eocène vers l'Est. L'âge de ces séries est inconnue et si on peut supposer que la séquence supérieure (SEQUENCE VERTE) est attribuable au Crétacé, les séquences inférieures peuvent être beaucoup plus anciennes et descendre dans le Paléozoïque.

Contrairement à la Grande Terre, la partie occidentale de la ride de Norfolk n'est pas affectée par l'épisode compressif de l'Eocène supérieur. Le profil confirme donc que la partie orientale de la ride de Norfolk n'a pas été affectée par l'obduction de la croûte océanique ou que cette dernière se situe plus à l'Est.

- La bassin Ouest calédonien (ou Ouest Norfolk) (Figures IV.3.3.13 et IV.3.3.14)

Le Ouest calédonien ou bassin Ouest Norfolk se situe entre la ride de Norfolk et le bassin de Nouvelle-Calédonie et se présente comme une terrasse morphologique.

Ce bassin se raccorde à l'Est à la ride de Norfolk par l'intermédiaire de grandes failles normales difficilement visibles sur la sismique sous une couverture tertiaire affectée par des glissements gravitaires (**Figures IV.3.3.13**). Sa limite occidentale est marquée par une structure corrélable sur plusieurs dizaines de kilomètres et qui présente une forte anomalie magnétique et gravimétrique. Associées à des vitesses très rapides (données préliminaires de réfraction) on peut l'interpréter comme une intrusion volcanique.

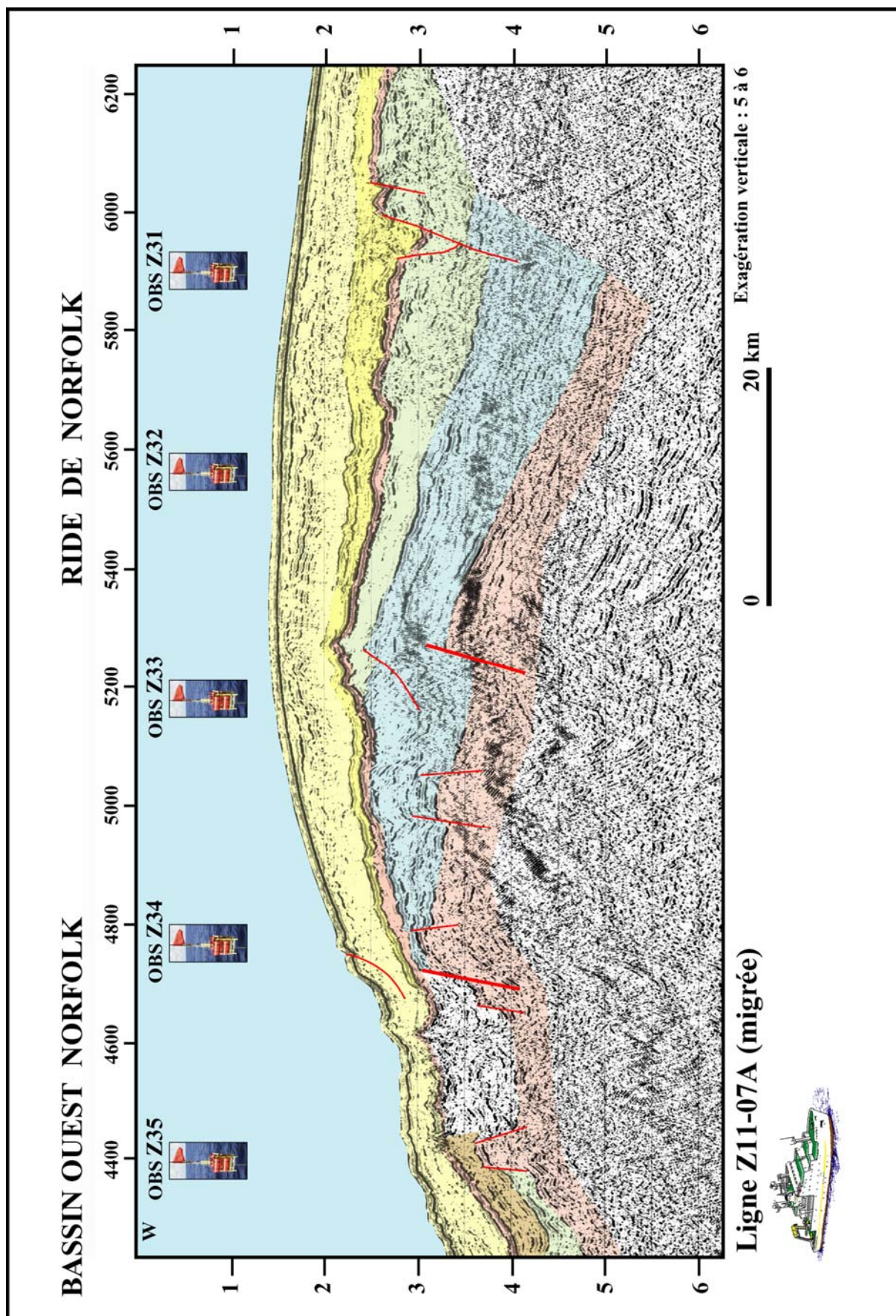


Fig. IV.3.3. 12 : Profil Z11-07A. La ride de Norfolk

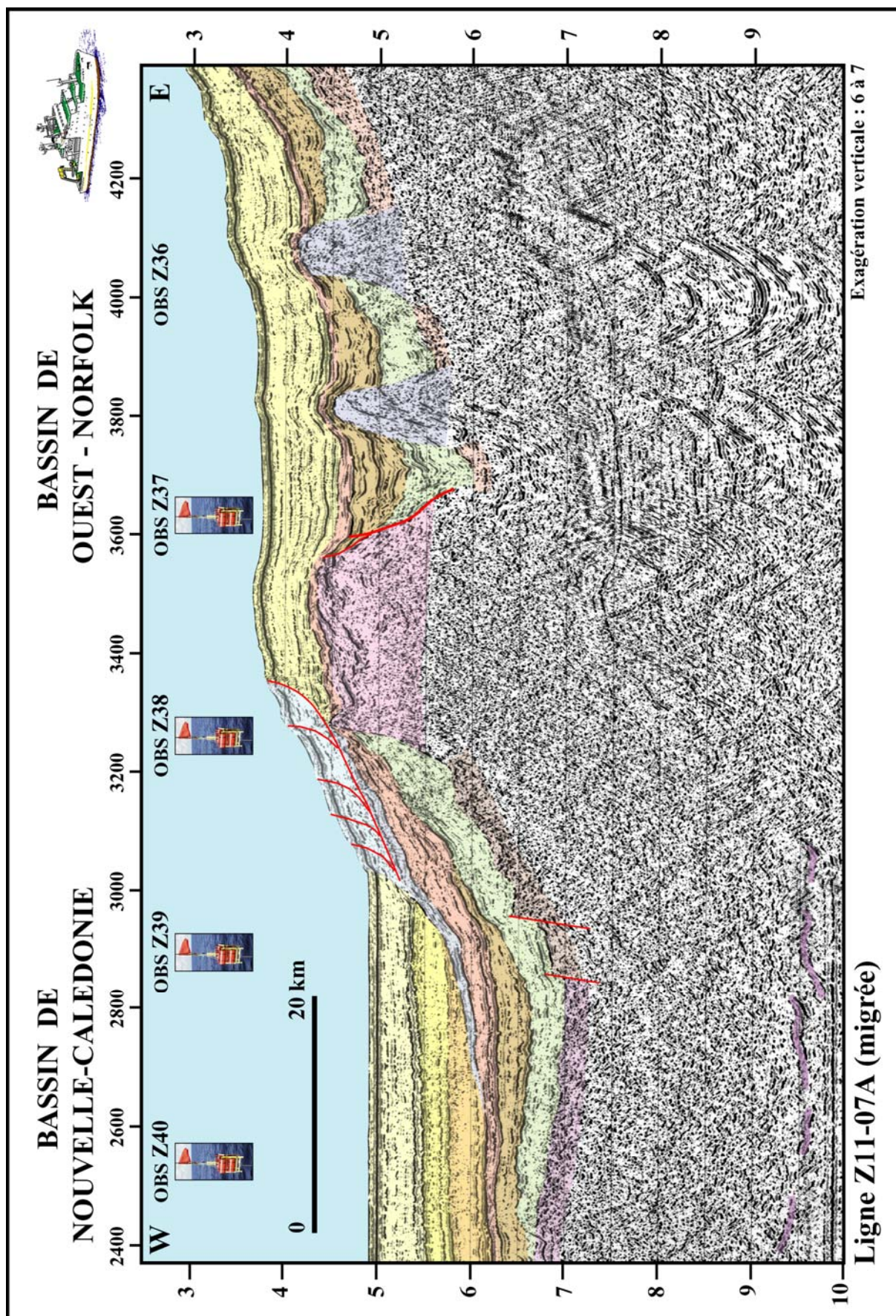


Fig. IV.3.3. 13 : Profil Z11-07A. Le bassin Ouest Calédonien (Ouest Norfolk)

La structure en demi-graben est certainement complexe, les deux profils Z11-06 et Z11-07B (**Figures IV.3.3.13 et IV.3.3.14**) ne montrant pas les mêmes figures. Sur les profils Z11-07A, on met en évidence deux corps intrusifs qui recoupent la série et affectent la discordance éocène supérieur. Le profil sismique ne permet pas d’imager la relation entre ces intrusions et le socle et les hypothèses entre intrusions volcaniques et intrusions sédimentaires (sel, argile) restent plausibles.

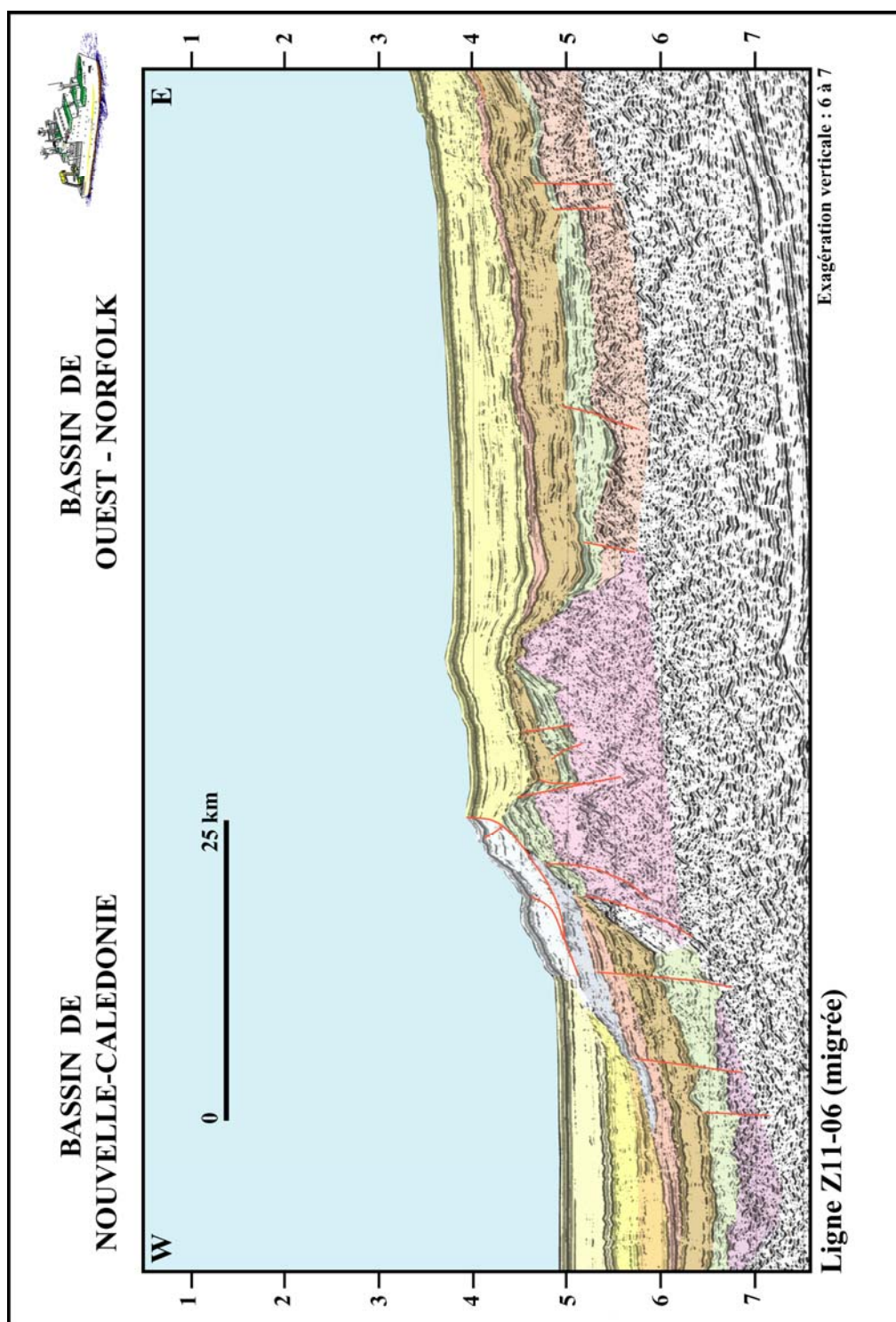


Fig. IV.3.3. 14 : Profil Z11-06. Le bassin Ouest Calédonien (Ouest Norfolk)

- **La bassin de Nouvelle-Calédonie (Figures IV.3.3.15 et IV.3.3.16)**

Le bassin de Nouvelle-Calédonie présente une structure relativement simple avec une faible couverture sédimentaire (<2 sTD) se décomposant en deux séquences limitées par la discordance Eocène supérieur. Les bordures du bassin tant du côté de la ride de Fairway que de la ride de Norfolk sont nettes et montrent des structures gravitaires et de démantèlement de relief pérennes durant toute l'évolution du bassin.

- Au dessus de la discordance (SEQUENCES ORANGE et JAUNE) éocène, les séries sont peu réfléchives et ne présentent aucune structuration ni cortèges sédimentaires visibles. Ces séries sont typiques d'un milieu pélagique profond.
- La discordance éocène supérieur est beaucoup moins marquée que dans le nord où elle est accentuée par la flexuration tectonique. On peut cependant noter une légère troncature des séries MARRON sous cette dernière. La base de cette série (SEQUENCE VERTE) est limitée sur les deux côtés du bassin et est absente dans le centre du bassin. Cette série présente un faciès particuliers et une vitesse sismique rapide et pourrait être constituées de séries volcano-sédimentaires dont l'âge est inconnu

Une des caractéristiques des profils recoupant la partie méridionale du bassin de Nouvelle-Calédonie est la présence entre 9 et 10 sTD de réflecteurs sismiques sur toute la largeur du bassin. Les premiers résultats de réfraction semblent montrer la coïncidence entre ces réflecteurs et la position du Moho ainsi que la nature océanique du substratum du bassin de Nouvelle-Calédonie.

- **La ride de Fairway (Fig. IV.3.3.17)**

La ride de Fairway présente sur le profil sud une expression orographique moins prononcée que sur le profil nord. Les interprétations préliminaires des données de réfraction montrent que la partie méridionale de la ride de Fairway est de nature continentale.

Cependant la transition avec le bassin de Nouvelle-Calédonie est brusque et se fait par l'intermédiaire d'une faille normale sur laquelle se surimpose une intrusion (**Fig. IV.3.3.17**). La pente est suffisamment prononcée pour provoquer des glissements des séries récentes.

La couverture sédimentaire sur la ride de Fairway est très faible et seuls les dépôts les plus récents (Miocène à Actuel) recouvrent un substratum constitué soit par un véritable socle soit par des intrusions plus récentes. On retrouve encore quoique très atténué, un petit graben limité par une faille normale à regard ouest. Son remplissage sédimentaire est très modeste (<500 msTD) et l'âge inconnu.

Le raccord avec le bassin de Fairway est lui aussi assez brusque et marqué par des intrusions récentes. Ces intrusions, visibles sur beaucoup de profils recoupant la ride de Fairway pourraient être responsables des fortes anomalies magnétiques qui caractérisent la ride de Fairway.

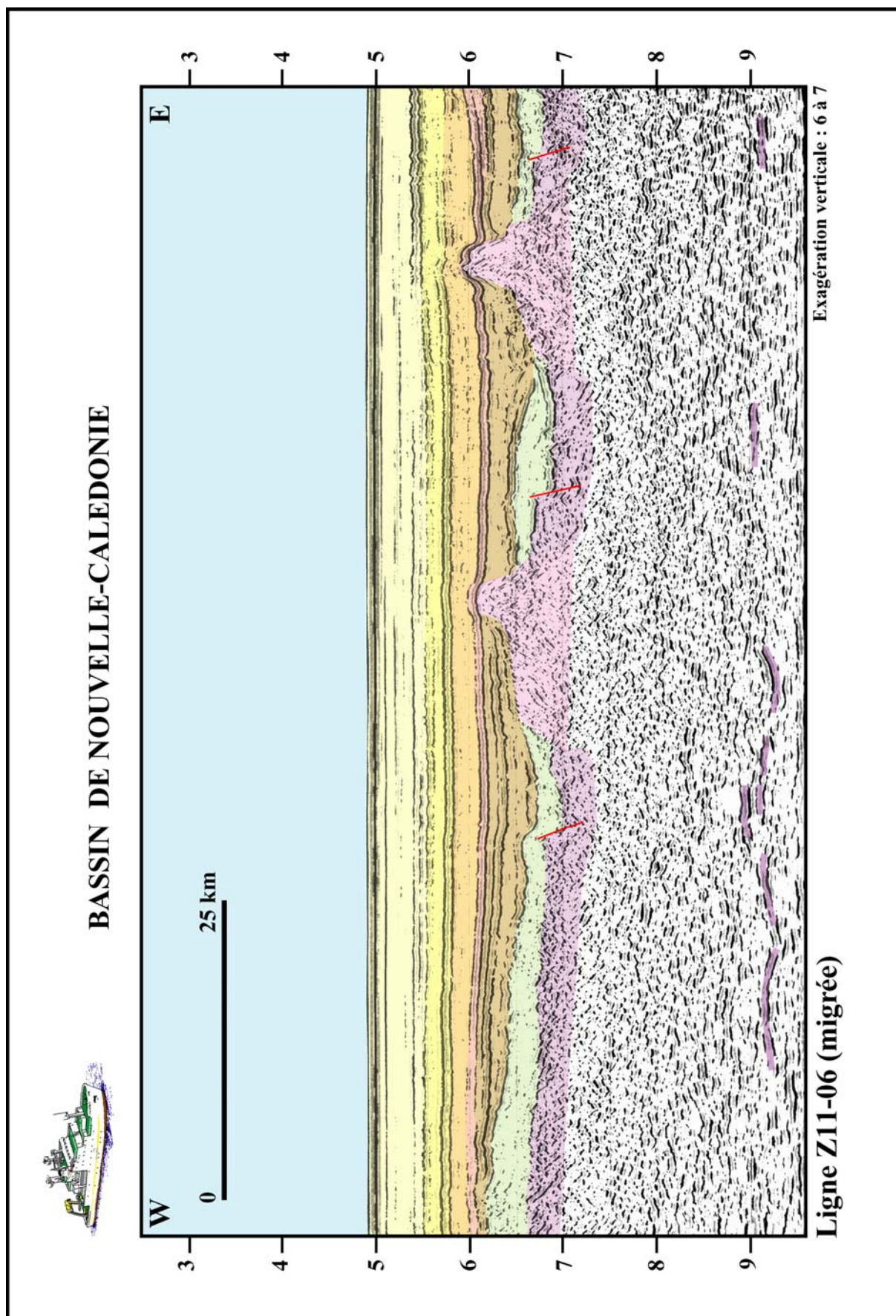


Fig. IV.3.3. 15 : Profil Z11-06. Le bassin de Nouvelle-Calédonie

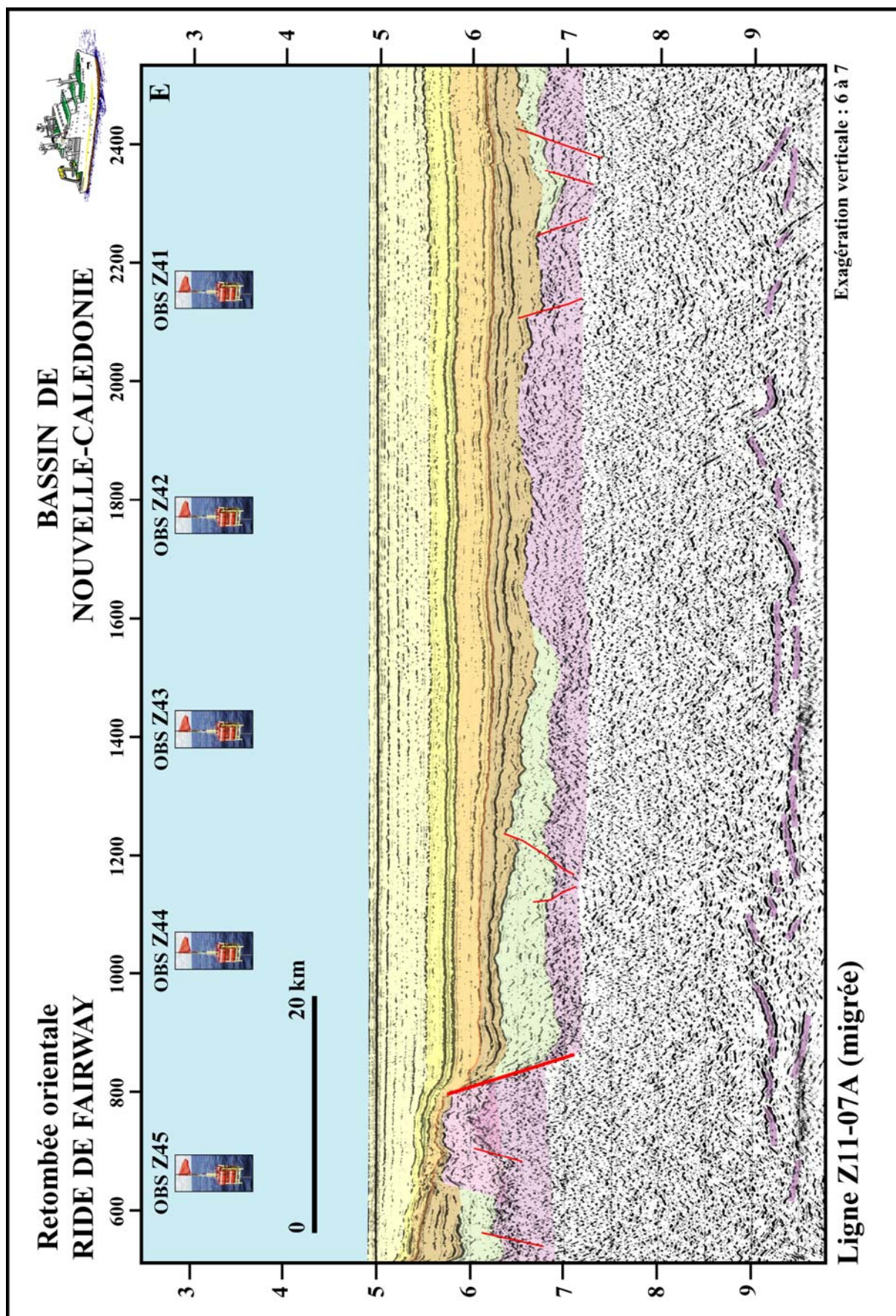


Fig. IV.3.3. 16 : Profil Z11-07A. Le bassin de Nouvelle-Calédonie

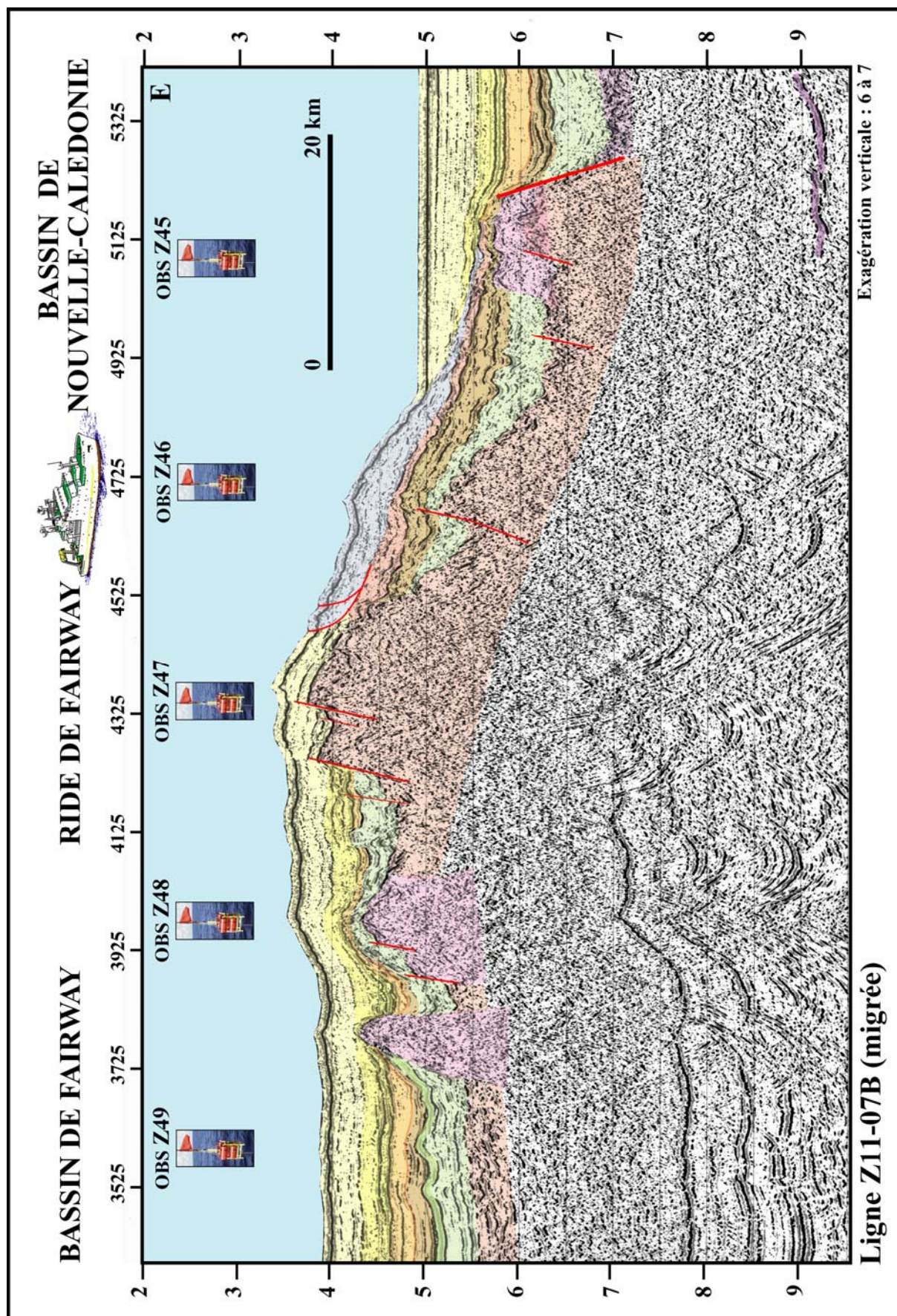


Fig. IV.3.3. 17 : Profil Z11-07B. La ride de Fairway

- **Le bassin de Fairway (Figures IV.3.3.18 et IV.3.3.19)**

Les premières analyses des données de réfraction sur la transversale Sud confirment la nature continentale de la croûte sous le bassin de Fairway. Les épaisseurs sédimentaires de la totalité des séries clairement interprétées comme sédimentaires atteignent 2sTD dans la majorité du bassin ce qui donne compte tenu des vitesses relativement élevées des séquences VERTES, MARRON et ORANGE une épaisseur de l'ordre de 3500 mètres.

La forme générale du bassin est celle d'une cuvette légèrement dissymétrique avec un raccord relativement brusque à l'est avec la ride de Fairway (faille normale et intrusion) et un raccord plus progressif en direction de la ride de Lord Howe.

Deux faits majeurs sont à remarquer :

- La présence de structures diapiriques sur la totalité du bassin de Fairway. Ces structures intrusives s'enracinent dans le Crétacé (**Figures IV.3.3.18 et IV.3.3.19**), percent des couches aussi récentes que l'Oligocène et provoquent des déformations actives visibles sur la topographie du fond de l'eau. L'apport de la sismique lourde est de montrer que le socle relatif de ce Crétacé est plat et non affecté par les diapirs prouvant ainsi une origine sédimentaire de ces intrusions. La forme de ces intrusions est difficile à préciser mais la « croix » effectuée au droit de l'OBS 53 montrant la même forme sur le profil Est-Ouest que sur le profil Sud-Nord permet d'envisager une structure sub-circulaire.

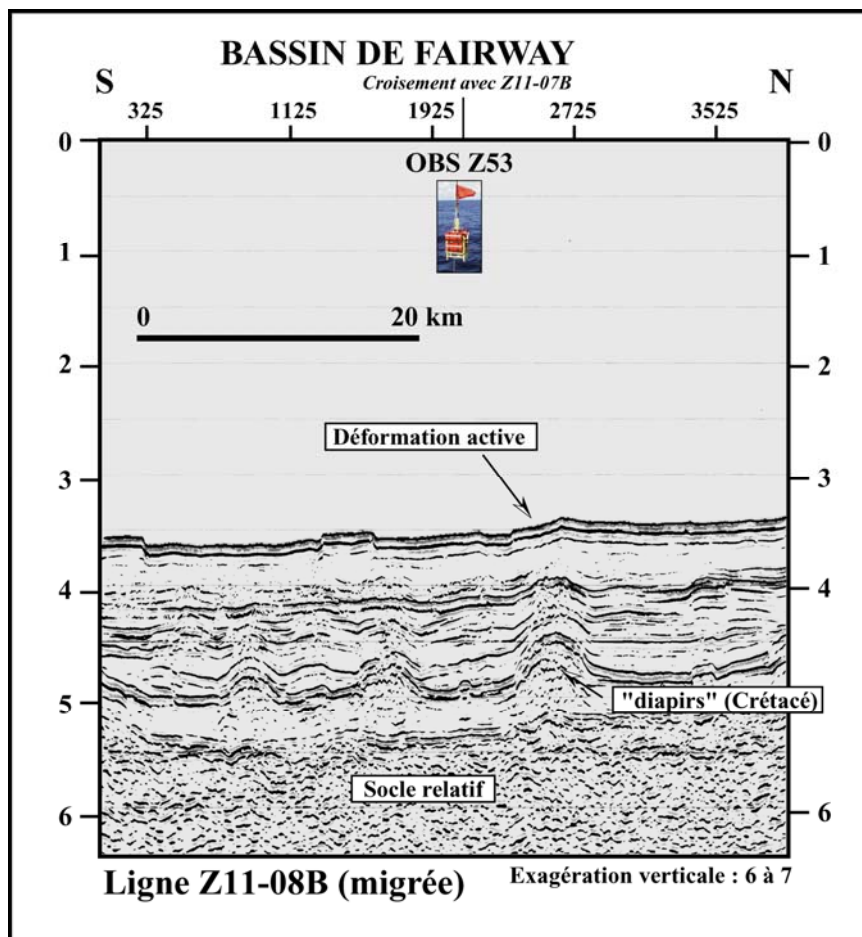


Fig. IV.3.3. 18 : Profil Z11-08B (S-N). Les structures « diapiriques »

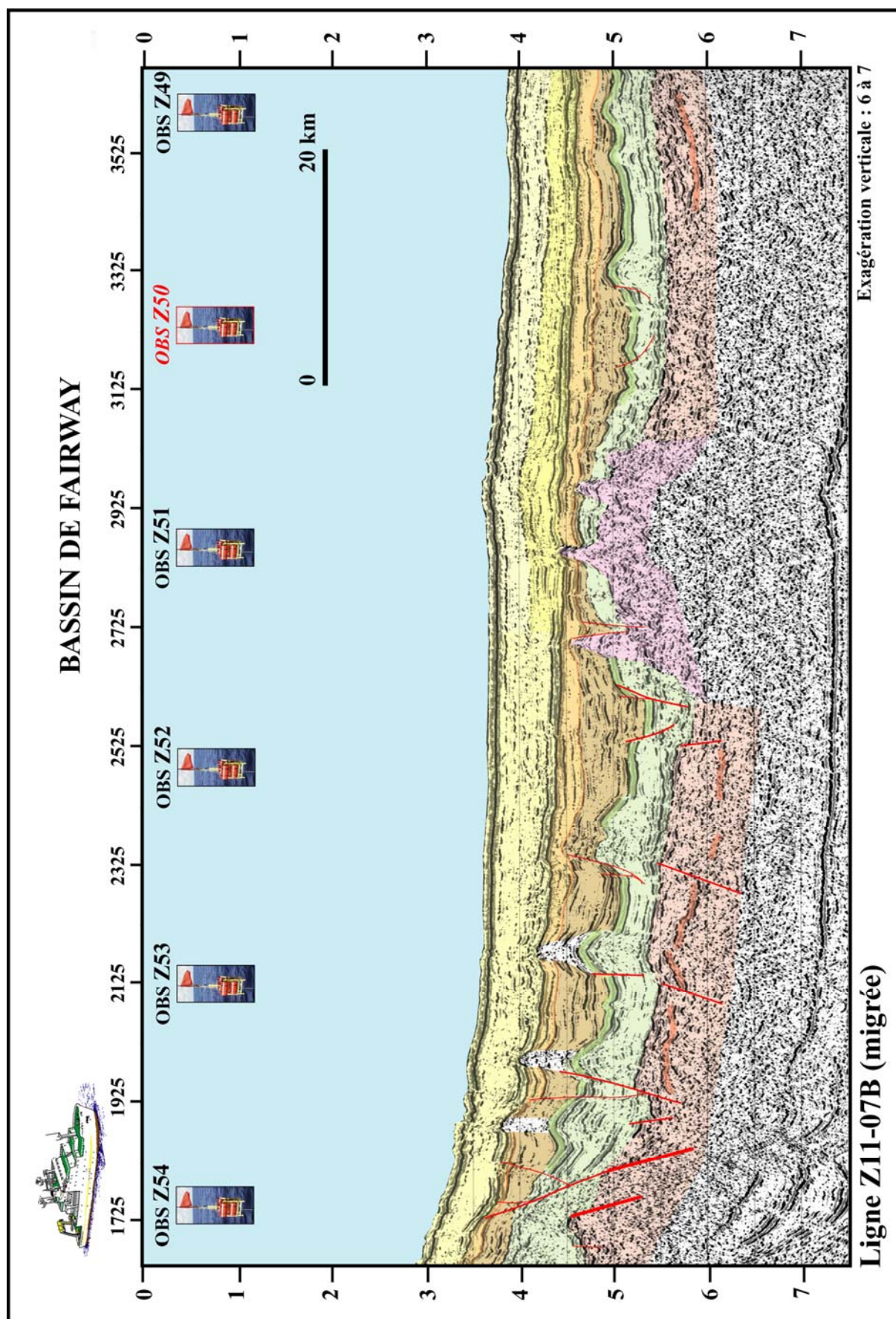


Fig. IV.3.3. 19 : Profil Z11-07B. Le bassin de Fairway

La nature de ces intrusions est inconnue, il peut s'agir soit d'halocinèse (sel), soit d'argilocinèse. L'hypothèse du sel est la plus probable bien qu'aucune référence à des séries évaporitiques n'ait été précédemment décrite dans le Crétacé de la marge australienne au sens large.

C'est dans cette zone où les diapirs sont les plus marqués qu'un fort réflecteur situé vers 500 msTD pourrait être interprété comme un « Bottom Simulating Reflector » lié à la présence d'hydrates de gaz. La sismique Haute Résolution devrait permettre de mieux imager la partie superficielle des sédiments et de caractériser ce réflecteur.

- La présence dans le centre du bassin, au droit de l'OBS 51 d'un corps intrusif de grande ampleur (plus de 20 km sur le profil) recoupant et déformant les séries jusqu'à la discordance Eocène supérieur. Les données magnétiques ainsi que les autres profils recoupant le bassin montrent une extension limitée vers le nord et vers le sud de cette intrusion.

- **La bordure orientale de la ride de Lord Howe (Figure IV.3.3.20)**

La ride de lord Howe a une origine continentale confirmée par les deux profils de réfraction de la mission ZoNéCo 11. Cette ride n'a pas été profondément affectée par la distension crétacée et restera une zone stable et topographiquement haute durant l'évolution du bassin de Fairway à l'est et de la mer de Tasman à l'ouest.

Le raccord avec le bassin de Fairway est relativement simple à grande échelle, la sismique montrant que l'on passe de la ride de Lord Howe au bassin de Fairway par l'intermédiaire d'un bloc basculé d'ampleur déca-kilométrique. Dans le détail, la structuration est rendue beaucoup plus complexe par la présence de sel (ou d'un fort niveau de dysharmonie). On peut interpréter les structures complexes visibles entre les CDP 925 et 1725 (**Figure IV.3.3.20**) comme le résultat de glissements sur ce niveau de décollement entraînant une forte déformation de la couverture crétacée ainsi que le fluage de la couche plastique. Cette déformation est particulièrement précoce car elle est scellée par deux séquences (VERT FONCE) que l'on ne retrouve que dans cette partie de la coupe et dont l'âge est aussi vraisemblablement Crétacé. Ces glissements seraient à mettre en relation avec la subsidence différentielle importante entre la ride de lord Howe, stable, et le bassin de Fairway, fortement subsidant. La pente ainsi créée et entretenue favoriserait la déstabilisation des sédiments au dessus de la couche plastique.

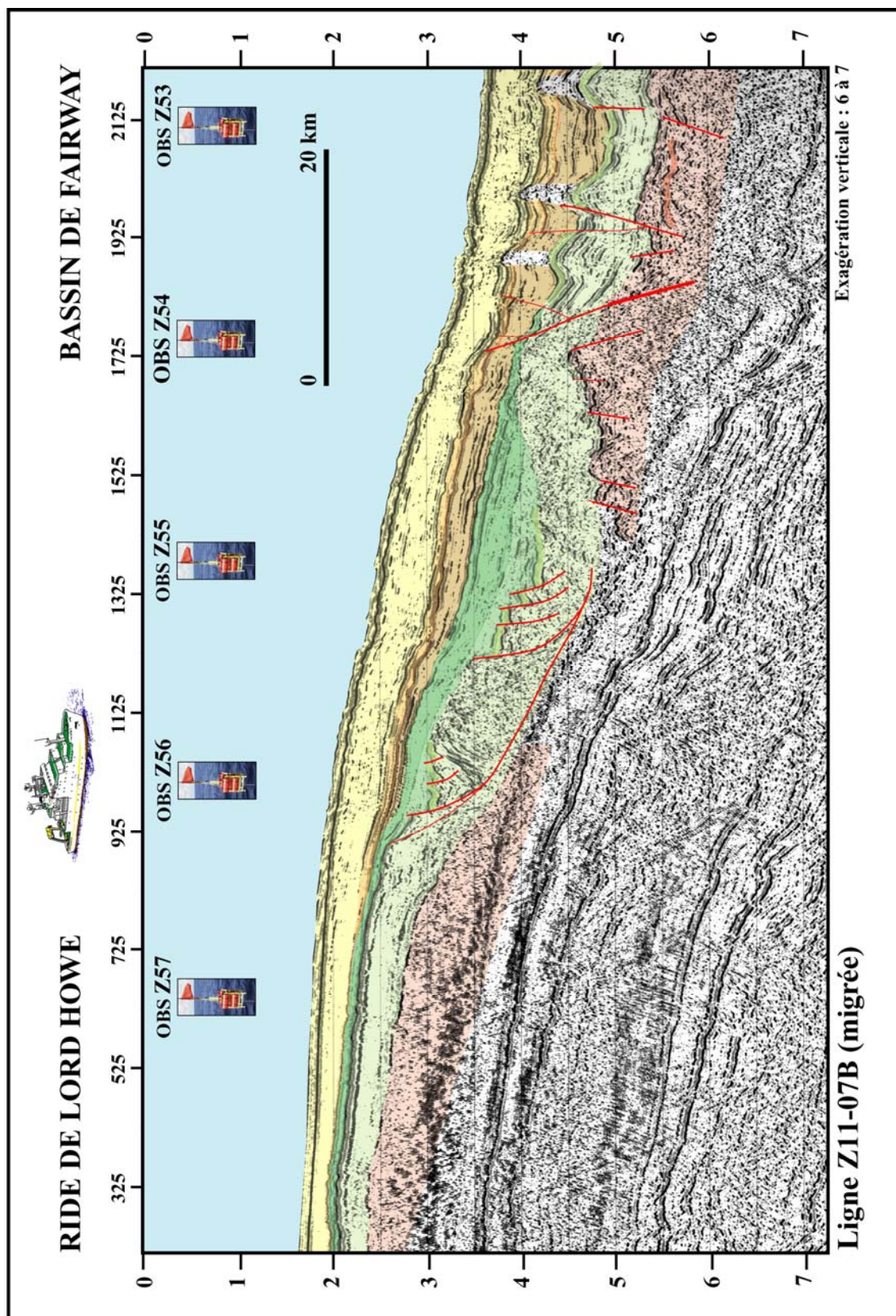


Fig. IV.3.3. 20 : Profil Z11-07B. Le bassin de Fairway

IV-3-4- Le raccord entre la zone Nord et la zone Sud (profil Z11-04)

Ce profil a pour but d'assurer la liaison entre les deux profils de la zone Nord (Z11-01 et Z11-02) et les profils de la zone Sud (Z11-06 et Z11-07) en recoupant le profil NOCAPLAC II-1 et le profil FAUST-A.

Le profil Z11-04 montre deux domaines distincts :

-Une partie Nord (**Fig. IV.3.4.1**) sur laquelle la sismique montre d'importants grabens dont l'âge supposé est Crétacé. Ces grabens sont affectés par des intrusions qui les recoupent à l'emporte-pièce. En direction du sud, cette zone d'importants grabens est limitée par une série importante d'intrusions qui affectent les séries jusqu'à la discordance éocène supérieur. L'âge de mise en place de ces intrusions est difficile à estimer, une partie de la déformation visible dans les séries sédimentaires pouvant provenir de phénomènes de compaction différentielle. Il semble que les anomalies magnétiques se calquent sur ces intrusions.

Cette partie nord est marquée par une épaisse série sédimentaire post-éocène interprétée (cf paragraphe précédent) comme le remplissage d'un bassin de type flexural. Cette série sédimentaire a une épaisseur maximale dans la partie septentrionale du profil et se réduit considérablement en direction du sud passant de plus de 3sTD à des valeurs de l'ordre de 1,5 sTD. Cette diminution globale de la série post Eocène se marque dans la gravimétrie, l'anomalie gravimétrique à l'air libre augmentant régulièrement en direction du sud. Les faciès « heurtés » sans marqueur continu sur de longue distance est certainement du au fait que le profil recoupe le bassin flexural à la limite des glissements gravitaires et dans certaines parties (SP 300 à 400) le recoupe certainement dans sa partie la plus distale.

-Une partie Sud (**Fig. IV.3.4.2**) qui présente une série post-Eocène beaucoup moins épaisse et qui présente des faciès sismique beaucoup plus transparent avec des réflecteurs continus assez typique d'une sédimentation pélagique calme à faible taux de sédimentation. Cette variation vers le sud à la fois de l'épaisseur et des faciès peut s'expliquer par la fermeture vers le sud du bassin flexural et la disparition des apports importants au sud de la Grande Terre, la ride de Norfolk ne fournissant que très peu d'apport détritique. Les séries sédimentaires sous la discordance éocène sont toujours présentes mais leur attribution stratigraphique reste sujette à discussion. Il peut s'agir d'une série essentiellement paléogène reposant sur un socle restant réfléchissant (nature continentale ?) mais la présence d'une série crétacée au contact du socle est tout aussi vraisemblable.

Le socle relatif possède sur les deux tiers nord du profil un caractère réfléchissant avec une organisation nette des réflecteurs laissant supposer une nature continentale, il passe cependant à des faciès plus diffractant plus typique d'une origine volcanique.

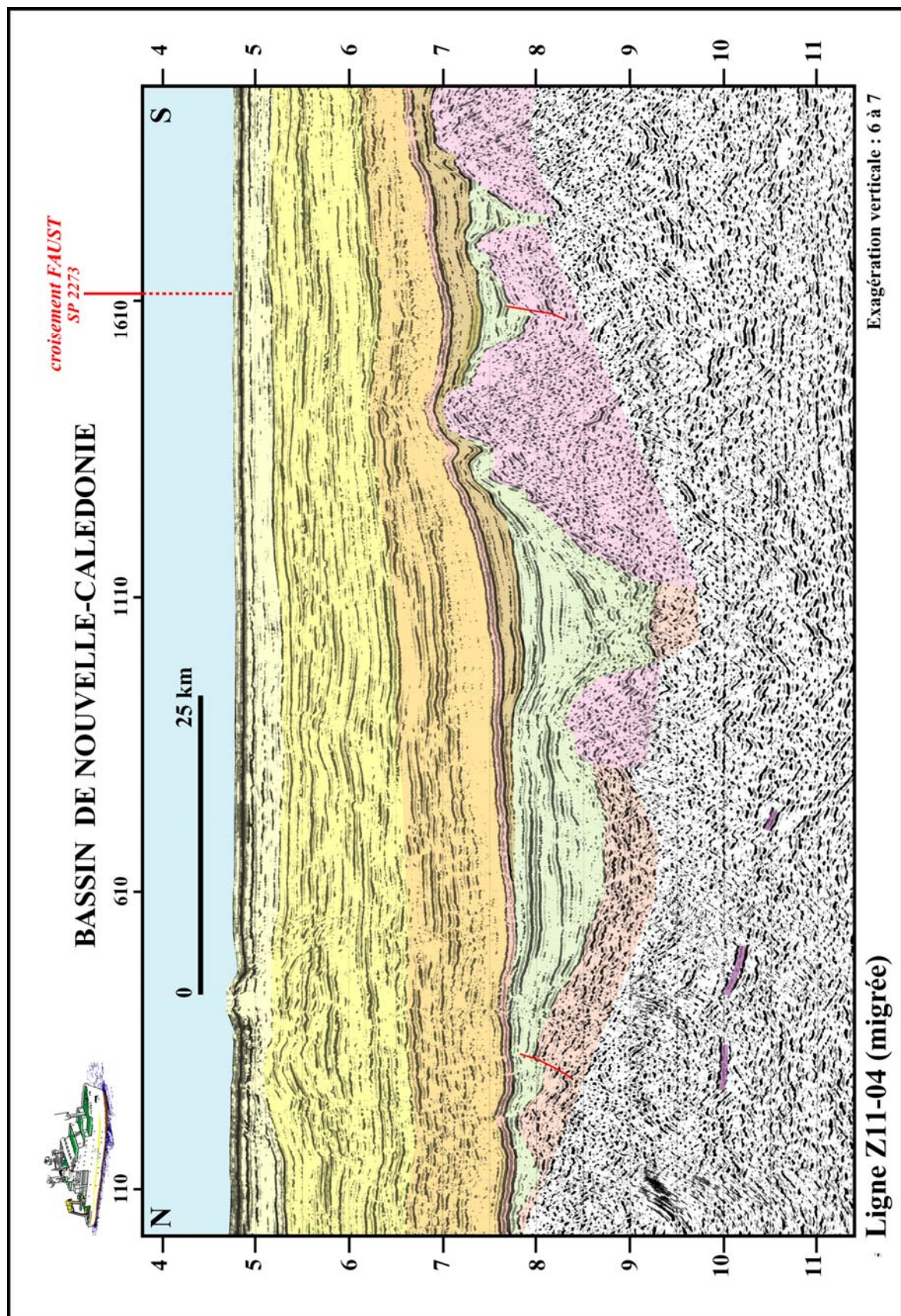


Fig. IV.3.4. 1 : Profil Z11-04 partie Nord

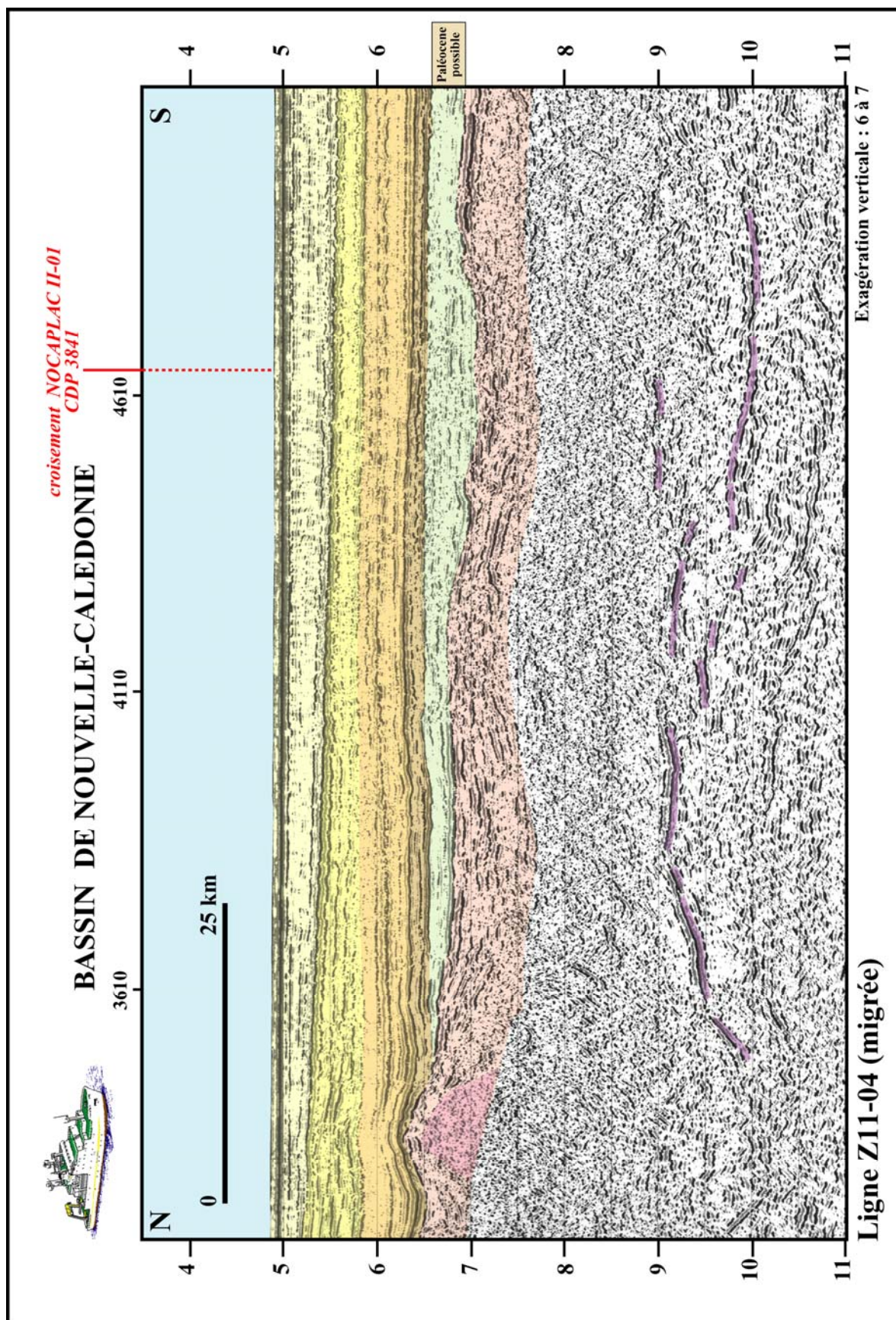


Fig. IV.3.4. 2: Profil Z11-04 partie Sud

La caractéristique la plus marquante de cette partie sud est la présence quasiment continue de réflecteurs profonds situés à des profondeurs temps comprises entre 9 et 10 sTD. Ces réflecteurs pourraient être interprétés comme des réflecteurs intra-crustaux mais aussi comme le Moho, montrant ainsi une croûte fortement amincie.

INTERPRETATION : Du Nord au Sud du profil, on observe de nombreuses variations tant dans l'épaisseur et les faciès de la série post-Eocène que dans la structuration crétacée. Les faciès du socle anté-Crétacé changent aussi passant d'un faciès réflectif à un faciès plus diffractant. Enfin, la nature profonde de la croûte change drastiquement avec l'apparition de réflecteurs profonds vers le sud. Ces changements dans les différents paramètres ne se surimposent pas, il est donc difficile de donner une limite franche entre la zone Nord et la zone Sud. Le changement majeur semble apparaître entre les CDP 1200 et 2500.

IV-3-5 - La zone du « chantier hydrates »

La sismique haute résolution et la tomographie sismique effectuée sur la zone du chantier hydrates nécessite un long retraitement et une analyse fine des données ne pouvant pas s'effectuer à bord en peu de temps. Ce paragraphe n'a pour but que de profiter de la qualité et de la pénétration (2sTD) de la sismique Haute Résolution pour mieux imager les structures intrusives s'enracinant dans les séries sédimentaires attribuées au Crétacé.

Ce chantier a été localisé à partir des données acquises lors de la campagne ZoNéCo 5 montrant des intrusions dont la profondeur d'enracinement était inconnue et un réflecteur pouvant être interprété comme un « Bottom Simulating Reflector ». Les données acquises sur le profil Z11-07B et Z11-08B avec une source pénétrante ont clairement montré que ces structures s'enracinaient dans le Crétacé, la **figure IV.3.5.1** montre avec beaucoup de précision la géométrie de cette intrusion qui peut être interprété comme un dôme de sel. La sismique HR

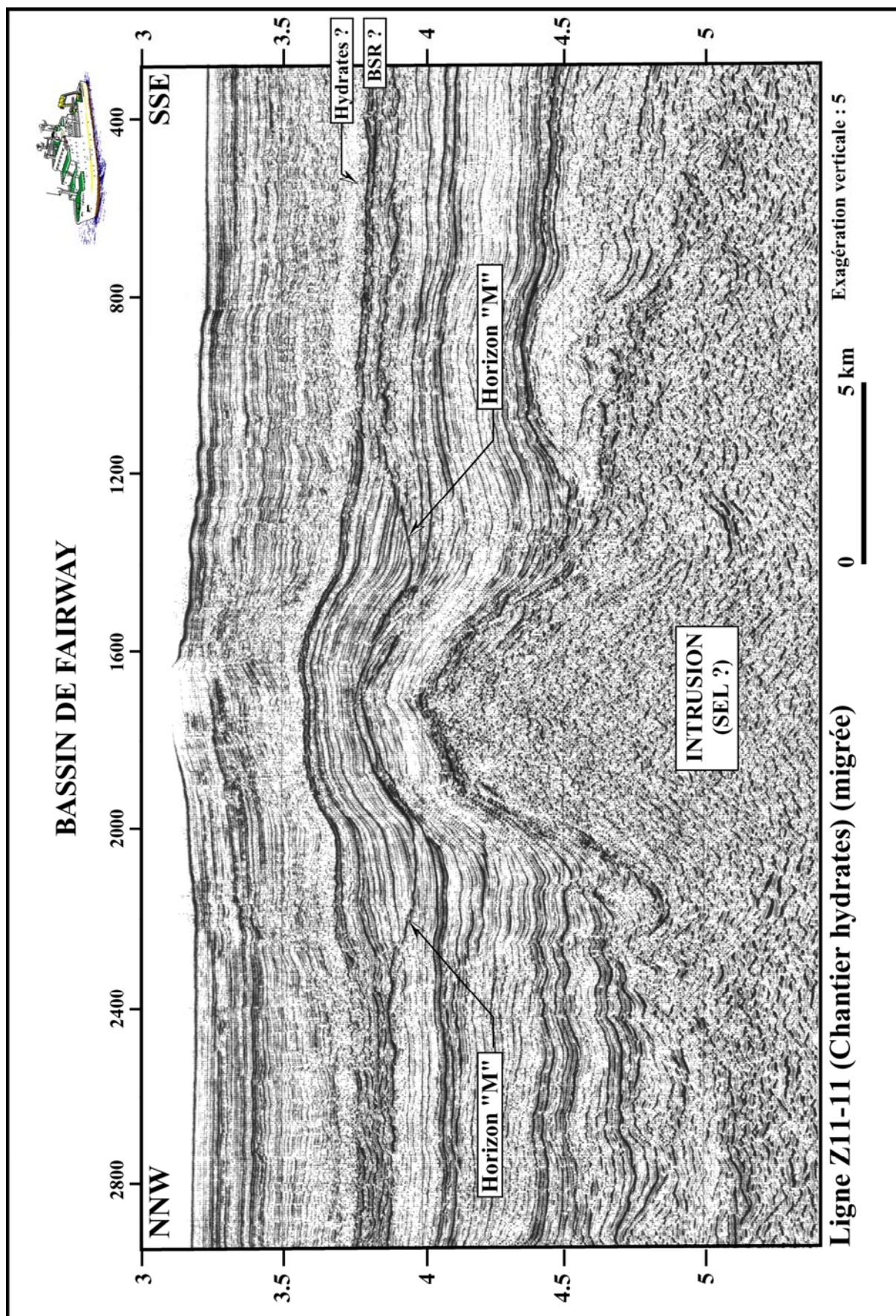


Fig. IV.3.5. 1 : Profil Z11-11. Structure diapirique

fait apparaître 2 réflecteurs particuliers, le réflecteur interprété lors de la campagne précédente comme un « Bottom Simulating Reflector » et qu'il faudra étudier avec plus de détail pour confirmer définitivement cette hypothèse et un réflecteur particuliers (réflecteur « M ») qui semble recouper les séries plus anciennes sans montrer d'inversion de polarité.

Les profils perpendiculaires au premier (**Figures IV.3.5.2 et IV.3.5.3**) montrent aussi ce réflecteur « M ». A ce stade de l'interprétation, il est difficile de donner une explication certaine à ce réflecteur. Deux hypothèses sont possibles

- Si une analyse fine des données confirme que ce réflecteur recoupe les couches, il faudra alors trouver une explication (front de diagenèse, front de salinité...)
- Il apparaît cependant qu'une seconde hypothèse est envisageable, celle d'une discordance recoupant les séries suivi par un remplissage sédimentaire postérieur. Cela implique une dynamique complexe de la structure diapirique avec une première phase de surrection, l'érosion des séquences les plus jeunes puis mouvement négatif de l'ensemble de la structure et remplissage sédimentaire. Enfin, une dernière phase redéformerait l'ensemble lui conférant une signature si particulière (« Moustache »)

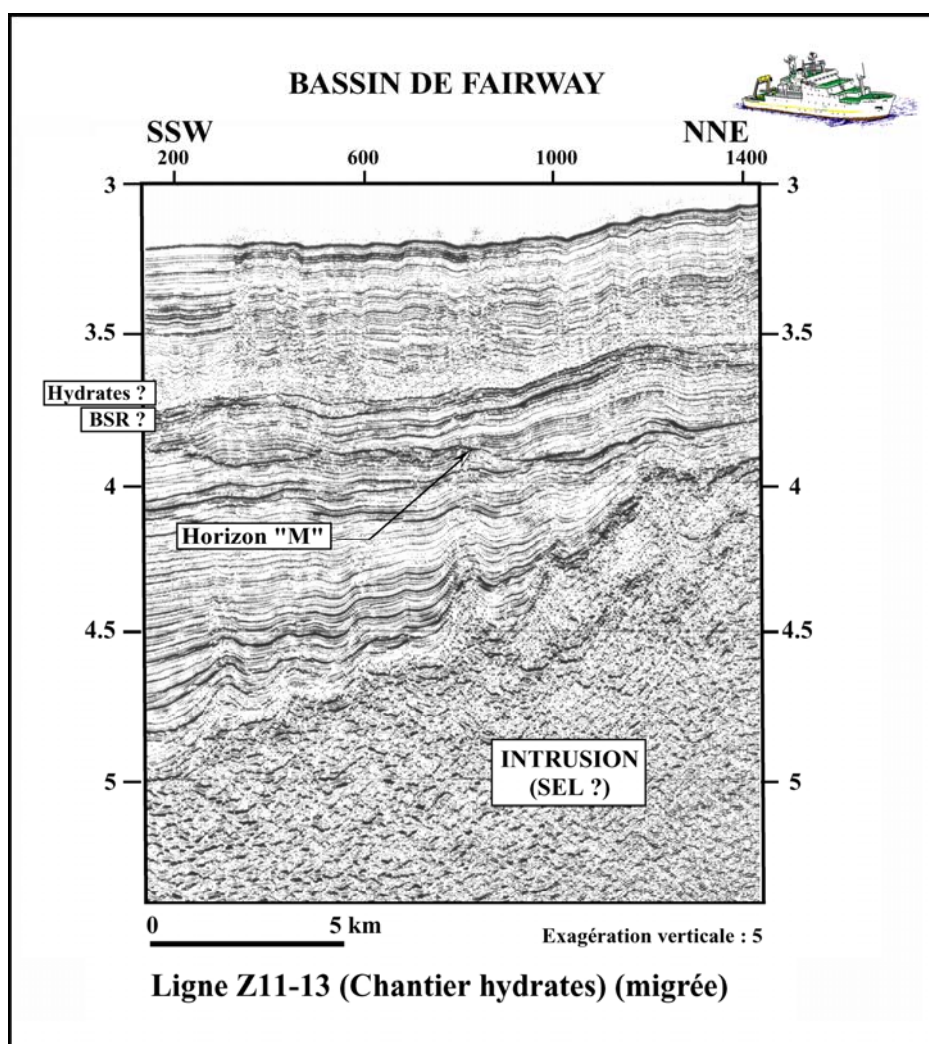


Fig. IV.3.5. 2 : Profil Z11-13. Structure diapirique

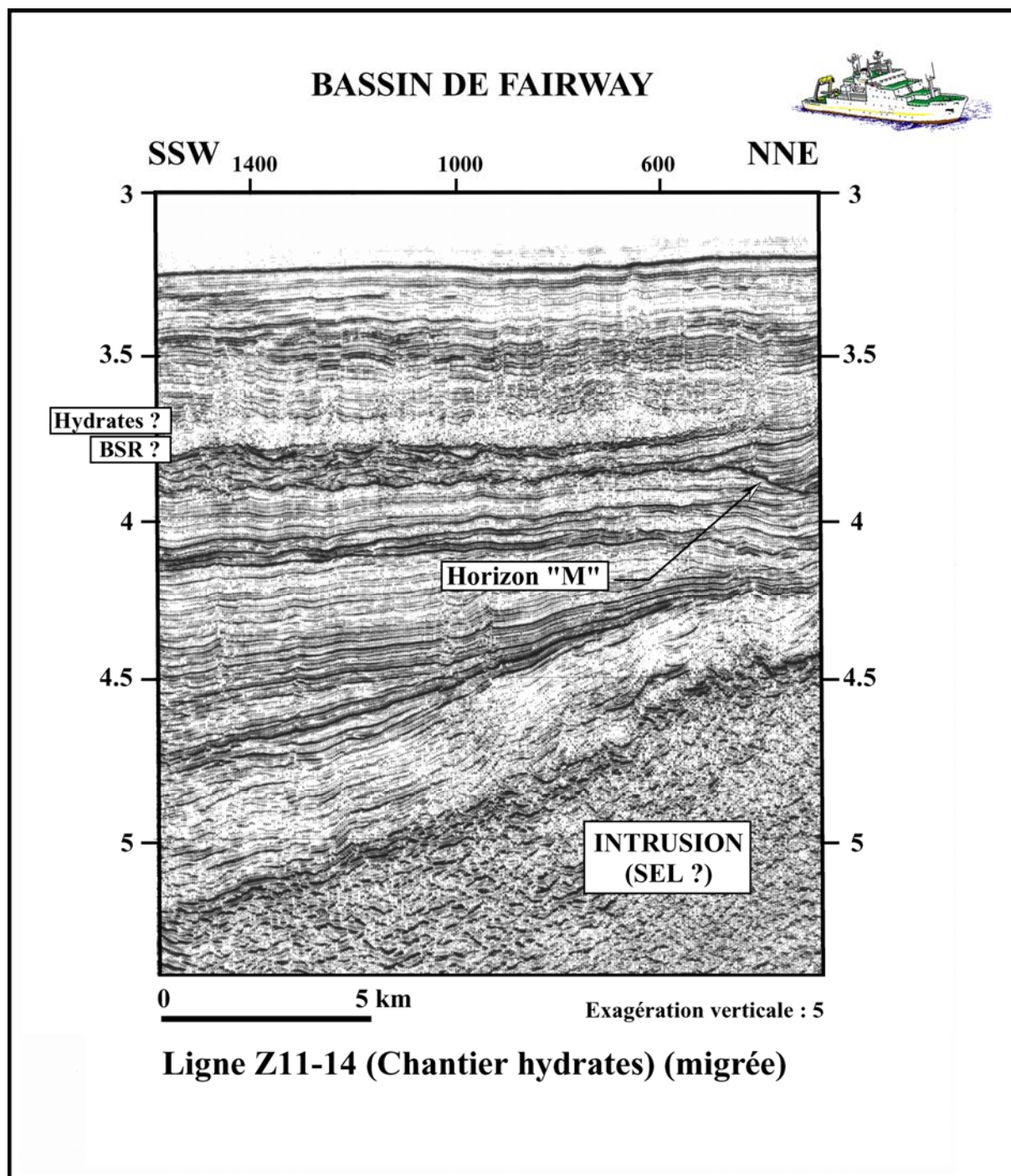


Fig. IV.3.5. 3 : Profil Z11-13. Structure diapirique

V. LES DONNEES DE REFRACTION

V.1 Les stations sismiques de fond de mer (OBS) de l'Ifremer

L'acquisition en mer des données de réfraction a été réalisée avec les 15 OBS (Ocean Bottom Seismometer) de l'Ifremer. Les horloges des OBS ont été synchronisées avant le déploiement sur le GPS. Les données de sismique multitraces acquises et celles des OBS se trouvent ainsi synchronisées, à la dérive des OBS près ($< 5 \cdot 10^{-8}$). Les données OBS ont été converties au format SEG-Y, après intégration de la navigation, puis archivées sur DVD (à terre, la maintenance de l'archive est assurée par le système Dorostore implanté sur le centre informatique de Brest).

Les caractéristiques techniques des 15 OBS de l'Ifremer sont décrites ci-après:

- Profondeur Maximum : 6000 m ;
- Largeur Acoustique : MORS AR 671-CE – Aluminium 7075 T6 – 12 kHz
- Container (électronique) : Cylindre Titane – diamètre int. = 150 mm ; ext. = 172 mm
- Connecteur : SUBCONN BH 2F et BH 8F en titane
- Electronique d'acquisition : SEND MBS-Methusalem
- Numérisation : 21 bits avec filtrage numérique par DSP TMS 320C32
- Pré-ampli : SEND Lown 20,21, 22 (0-50 Hz ; 0-150 Hz ; 0-500 Hz) 26 dB
- Horloge : TCXO – Précision 5×10^{-8}
- Mémoire : 4 slots pour disques de 1 Go (4 Go mémoire maximum).
- Consommation maxi. : 2.5 W – Tension : 10 – 24 V
- Autonomie : 20 jours avec 48 piles alcalino-manganèse
- Hydrophone OAS – E-2PD 0-5000 Hz
- 3 géophones Oyo Geospace dans container séparé posé sur le sol
- Flash : Novatech ST400-A
- Gonio : Novatech ST700-A
- Flottabilité : 4 pains de mousse syntactique assurant 64 kg de poussée

Les tirs effectués en mer ont également été enregistrés sur des stations disposées à terre par l'IRD. Les données de ces stations sont d'une importance capitale pour contraindre la structure sous la marge ouest calédonienne. Elles seront intégrées aux données des OBS pour la production des modèles de vitesse définitifs.

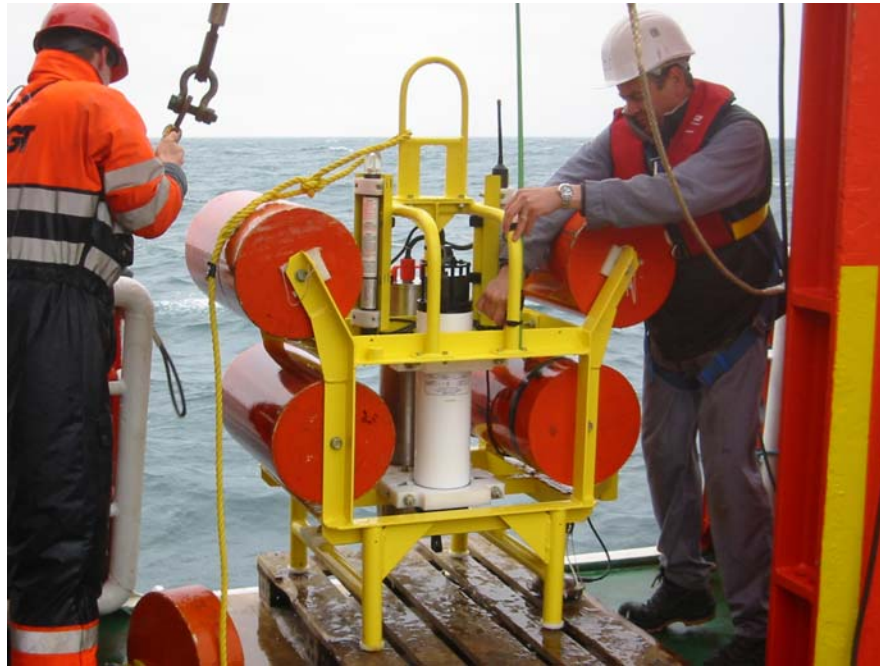


Fig. V.1.1 : Un OBS de l'Ifremer avant sa mise à l'eau. Noter dans l'encadré le géophone suspendu (conception Tim Owen), déporté sur le côté droit de l'instrument.



Fig. V.1.2 : Vue de détail de la gamelle contenant le géophone (conception Tim Owen, Université de Cambridge). Lorsque l'OBS arrive au fond, le géophone est libéré de son support par électrolyse de façon à reposer sur le sol



Fig. V.1. 3 : Mise à l'eau.

V.2 Déroulement des opérations de déploiements des OBS

Le déroulement de la campagne et les opérations réalisées sont synthétisés dans le dans le **volume n°2** de ce rapport, en **Annexe D**.

Le tableau récapitulatif des positions de mouillage des OBS est donné en **Annexe F**.

V.3 - Profil Nord : appréciation de la qualité des résultats OBS et modèle préliminaire

V.3.1 OBS disposés en ligne sur le Profil Nord (OBS Z1 à Z30)

Long de 360 milles et perpendiculaire à la marge ouest de l'île de Nouvelle Calédonie, ce profil a été tiré en deux fois, pour des raisons opérationnelles. En effet, ne disposant que de 15 OBS et d'un seul bateau, nous avons réalisé deux déploiements successifs : sur la partie occidentale (OBS Z1 à Z15) et sur la partie est (OBS Z16 à Z30). Entre chaque déploiement, la flûte et les canons ont été mis à bord.

La qualité des données sur les OBS est excellente. Un seul instrument (sur 30) n'a pas enregistré : il s'agit de l'hydrophone, mouillé à 800 m au dessus du fond, à l'aplomb du point Z20. On soupçonne un problème de fonctionnement de la carte mémoire. Le rapport signal / bruit est généralement meilleur sur le géophone, comparé à l'hydrophone, à l'exception de l'OBS10, où les données du géophone sont particulièrement bruitées, probablement à cause d'un problème de couplage avec le sol (l'OBS10 pourrait bien avoir été déposé dans une zone dénuée de sédiments).

Sur les OBS Z21, Z22 et Z26, on détecte des zones de bruit de forte amplitude, probablement liées à des courants des marées. Le signal visible en dehors de ces « zones bruitées » est néanmoins suffisant pour être exploité dans la modélisation. Les données sont systématiquement bruitées aux distances sources-récepteurs comprises entre 90 et 130 km, à cause de l'arrivée directe (dans l'eau) associée au tir précédent. Le bruit généré par les tirs semble être plus important lorsque la profondeur à l'aplomb des tirs diminue. Il est probablement amplifié et prolongé à cause des réflexions multiples entre le fond et la surface de l'océan se propageant dans l'eau.

Malgré ce bruit – qu'il soit naturel, comme en Z21, Z22 ou Z24, ou généré par les tirs –, on distingue des arrivées directes à des distances source-récepteur (offsets) atteignant 220 km. Les arrivées identifiées sur les hodochrones sont d'origine sédimentaire, crustale et mantellique. L'arrivée réfléchie sur le Moho (phase PmP) est de forte amplitude, visible sur presque tous les enregistrements. De plus, on distingue des arrivées (réflexions grand-angle) provenant de réflecteurs situés à grande profondeur, sous le Moho.

Des boucles ont été réalisées autour des points Z02 et Z14, avec une cadence de tir réduite à 1 tir toutes les 3 minutes, de manière à pouvoir sommer l'énergie émise par une série de tirs proches. Le dispositif expérimental et les données acquises sur ces boucles font l'objet d'un paragraphe séparé (voir § V.4).

La qualité des données est brièvement passée en revue ci-après :

OBS Z01 : Bonne qualité des données, sur l'hydrophone et le géophone. On distingue toutes les phases : sédiments, socle, croûte, PmP, Pn, Réfléchie sur le Manteau. On dispose de données exploitables jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 90 km.

OBS Z02 : Bonne qualité des données, sur l'hydrophone et le géophone. Les phases visibles sont associées, respectivement, aux sédiments, au socle, à la croûte, et à la réflexion sur le Moho (PmP). Les données sont exploitables jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 80 km.

OBS Z03 : Bonne qualité des données, sur l'hydrophone et le géophone. On distingue toutes les phases : sédiments, socle, croûte, PmP, Pn, Réfléchi sur le Manteau. On dispose de données exploitables jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 90 km.

OBS Z04 : Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z03. On distingue de surcroît des arrivées (de faible amplitude, mais clairement visibles) correspondant à des tirs effectués à des distances de l'ordre de 200 km, dans la partie distale du profil. Les données sont beaucoup plus bruitées à l'est du profil, dû à l'effet de la profondeur sur le bruit généré par les tirs.

OBS Z05 : Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z04, avec des arrivées visibles à des distances source-récepteur de l'ordre de 180 km.

OBS Z06 : Bonne qualité des données, sur l'hydrophone et le géophone. On distingue les phases : sédiments, socle, croûte, PmP. Les données sont exploitables jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 70 km. On distingue des arrivées de faible amplitude provenant de tirs effectués à 200 km de l'OBS.

OBS Z07: Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z04 (toutes les phases sont identifiées ; on distingue des réflexions profondes provenant de tirs effectués à 180 km de l'OBS, dans la partie distance – profonde – du profil).

OBS Z08: Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z07, sauf que les arrivées les plus lointaines proviennent de tirs effectués à 160 km de la station.

OBS Z09 : Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z08, sauf que les arrivées les plus lointaines proviennent de tirs effectués à 140 km de la station.

OBS Z10 : Problème sur les données du géophone (possiblement dû à un problème de couplage avec le sol ?). Les données de l'hydrophone sont de bonne qualité. On y distingue les phases associées aux sédiments, au socle, à la croûte, au Moho (PmP) ainsi que des réfléchies provenant de réflecteurs situés sous le Moho. Les données sont exploitables jusqu'à 100 km de distance source/récepteur à l'ouest de l'OBS et jusqu'à 130 km à l'est de l'OBS. Le bruit est très asymétrique, de plus forte amplitude à l'est de l'OBS (vers la marge).

OBS Z11 : Les données sont fortement bruitées aux offsets compris entre 130 et 160 km, à l'est de l'OBS, dans une zone où nous avons observé de très forts courants de surface. Le bruit observé à ces offsets pourrait donc bien être d'origine naturelle, liée aux courants. On observe, jusqu'à 100 km, des phases associées, respectivement aux sédiments, au socle, à la croûte, et au Moho (PmP).

OBS Z12 : Exemple type de l'asymétrie observée dans la distribution spatiale du bruit. Du côté ouest (plein océan), on observe à peu près toutes les phases (sédiments, socle, croûte, PmP, Pn) jusqu'à des distances source / récepteur de l'ordre de 130 km. Du côté est (vers la bordure continentale), les données sont obscurcies par le bruit engendré par les tirs. Malgré le bruit, on distingue des arrivées, visibles jusqu'à des distances de l'ordre de 170 km.

OBS Z13: Commentaires identiques à Z12 (bruit asymétrique ; malgré le bruit, arrivées extrêmement ténues à 170 km de distance).

OBS Z14 : Commentaires identiques à Z12 et Z14 : bruit asymétrique ; à l'est de l'OBS (vers l'océan), les données sont pleinement exploitables ; on voit à peu près toutes les phases : sédiments, socle, croûte PmP, Pn ; à l'ouest de l'OBS, les données sont affectées par le bruit généré par les tirs, mais on distingue néanmoins du signal à 170 km de distance.

OBS Z15 : Commentaires identiques à Z15.

OBS Z16 : Les données de l'hydrophone et du géophone sont d'excellente qualité. On distingue des arrivées nettes à des distances source / récepteur supérieures à 220 km. Quasiment toutes les phases apparaissent, en provenance, respectivement, des sédiments, du socle et de la croûte (arrivées Pn et PmP). On ne distingue pas *a priori* d'arrivée réfléchie sur une interface qui serait située sous le Moho.

OBS Z17 : Commentaires identiques à ceux de Z16. Les données correspondant aux distances source / récepteur comprises entre 90 et 130 km sont affectées par le bruit généré par les tirs. Entre 100 et 150 km, s'ajoute du bruit vraisemblablement d'origine naturelle (peut-être lié aux courants. On distingue néanmoins des arrivées ténues, à des distances de l'ordre de 200 km. Toutes les phases jusqu'au Moho sont visibles (sédiments, socle, croûte, PmP, Pn).

OBS Z18 : Commentaires identiques à ceux de Z18. L'apparition d'un point de rebroussement dans l'hodochrone suggère l'existence d'une zone à faible vitesse dans les sédiments (intrusion ? sel ?). On distingue des arrivées jusqu'à des offsets supérieurs à 200 km. L'examen des données de la boucle devrait être particulièrement intéressant.

OBS Z19 : Commentaires identiques à ceux de Z18.

OBS Z20 : Un hydrophone a été mouillé en Z20 à 800 m au dessus du fond dans le but d'enregistrer la signature de la source. L'engin n'a pas fonctionné (pas d'enregistrement), à cause, probablement, d'une panne de disque dur.

OBS Z21 : Commentaires identiques à ceux de Z18. Entre 30 et 50 km à l'est de l'OBS, une zone bruitée apparaît, qui pourrait bien être due à des courants de surface. A l'ouest de l'OBS, la zone obscurcie par les tirs précédents recouvre les offsets compris entre 90 et 140 km. On distingue toutes les phases jusqu'au Moho : sédiments, socle, croûte, PmP, Pn.

OBS Z22 : Le signal est affecté par du bruit de forte amplitude, d'origine probablement naturelle (courants de surface, de marée ?), tant à l'ouest (entre les offsets 30 et 85 km), qu'à l'est de l'OBS (entre les offsets +15 et + 40 km). En dehors de ces bandes bruitées, le signal est exploitable à l'est de l'OBS, à des distances de l'ordre de 150 km. On distingue les phases associées au socle et à la croûte (Pn et PmP).

OBS Z23 : OBS situé dans la partie centrale du profil. Des deux côtés de l'instrument, on distingue des arrivées d'excellente qualité, exploitables à des distances supérieures à 120 km. Les phases visibles concernent le socle, la croûte et le Moho (Pn et PmP).

OBS Z24 : OBS situé au milieu du profil. Les données sont exploitables des deux côtés de l'OBS, à des distances supérieures à 120 km. Des bandes de bruit d'origine naturel affectent le signal entre -10 et -40 km. De part et d'autre de l'OBS, on distingue des arrivées exploitables à des distances supérieures à 130 km. Les hydrophones et les géophones de bonne qualité. Bande de bruit 10 à 30 km offset.

OBS Z25 : Commentaires identiques à l'OBS Z23. On distingue des arrivées à des distances de l'ordre de 160 km à l'ouest de l'OBS, qui donnent des indications sur la racine de la ride de Lord Howe et sur le contact avec la marge du bassin de Fairway. Les phases visibles concernent le socle, la croûte et le Moho.

OBS Z26 : Commentaires identiques à celles de l'OBS Z25. A l'ouest de l'OBS, les multiples des arrivées les plus lointaines sont de forte amplitude et visibles à des distances source / récepteur supérieures à 180 km.

OBS Z27 à Z30 : Commentaires identiques à celles de l'OBS Z26.

A l'ouest de l'OBS, les multiples des arrivées les plus lointaines sont de forte amplitude ; on distingue de l'information exploitable à des distances source / récepteur supérieures à 180 km. Ces données devraient permettre de bien contraindre la profondeur de la croûte sous la Ride de Lord Howe.

En conclusion, les données acquises doivent nous permettre de déterminer les caractéristiques de la croûte (profondeur des interfaces et vitesses) dans chacun des domaines étudiés : le Bassin Ouest Calédonien, la Ride de Fairway, le Bassin de Fairway et la Ride de Lord Howe. Sur le plan strictement technique, en termes d'acquisition de données, les objectifs de la campagne ont été atteints.

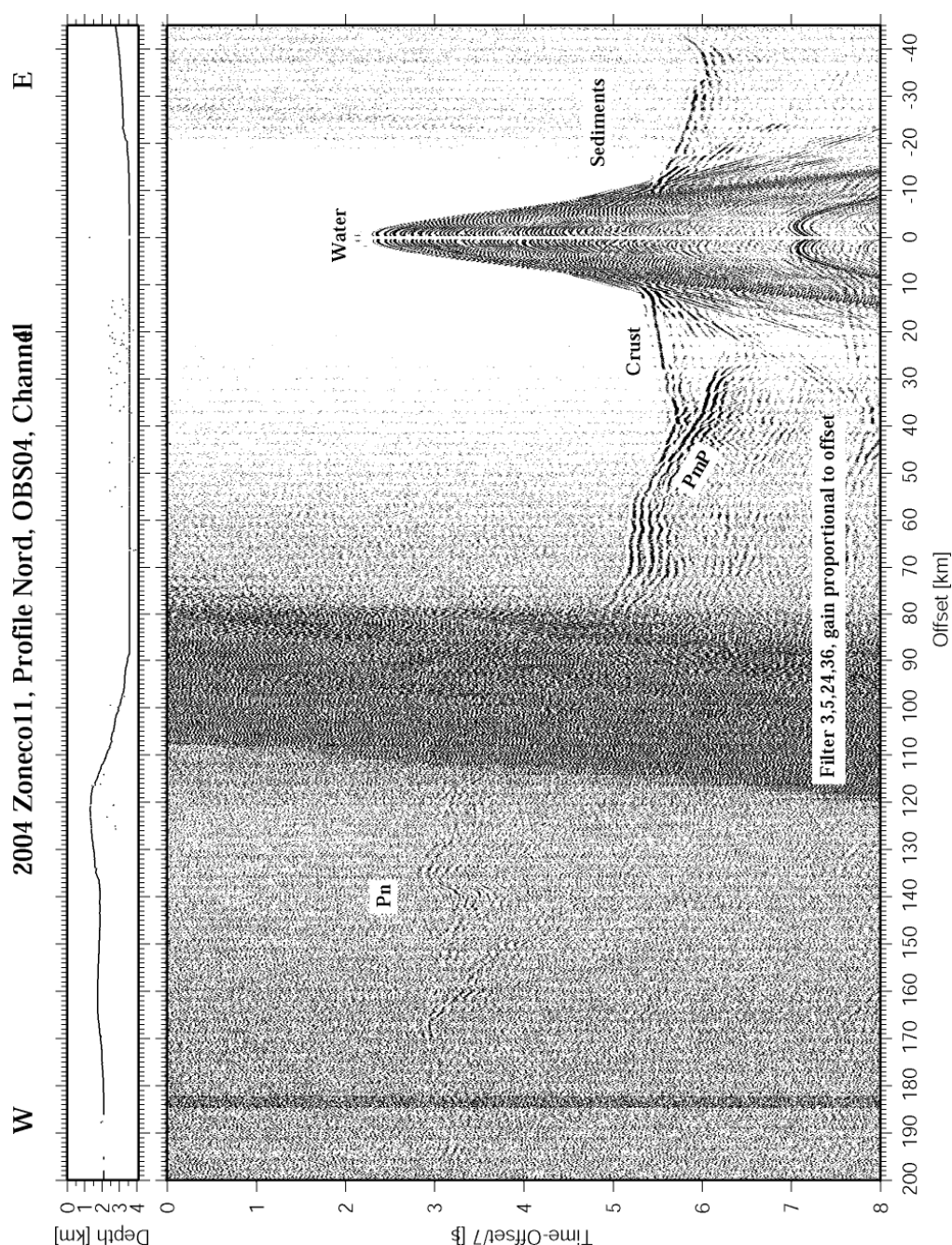


Fig. V.3.1.1 : Coupe de sismique réfraction (profil Nord) correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS 04

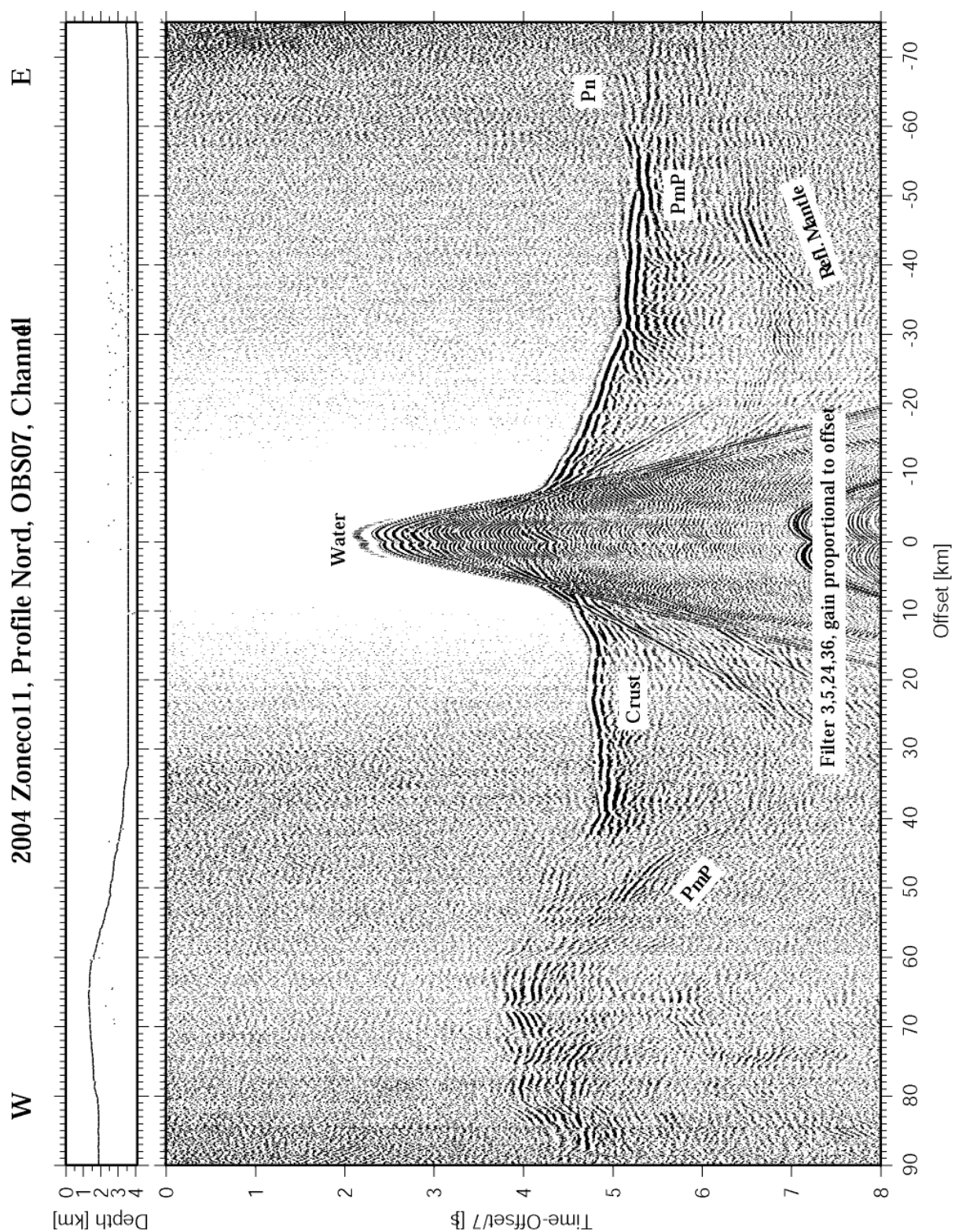


Fig. V.3.1.2 : Profil Nord, OBS 07

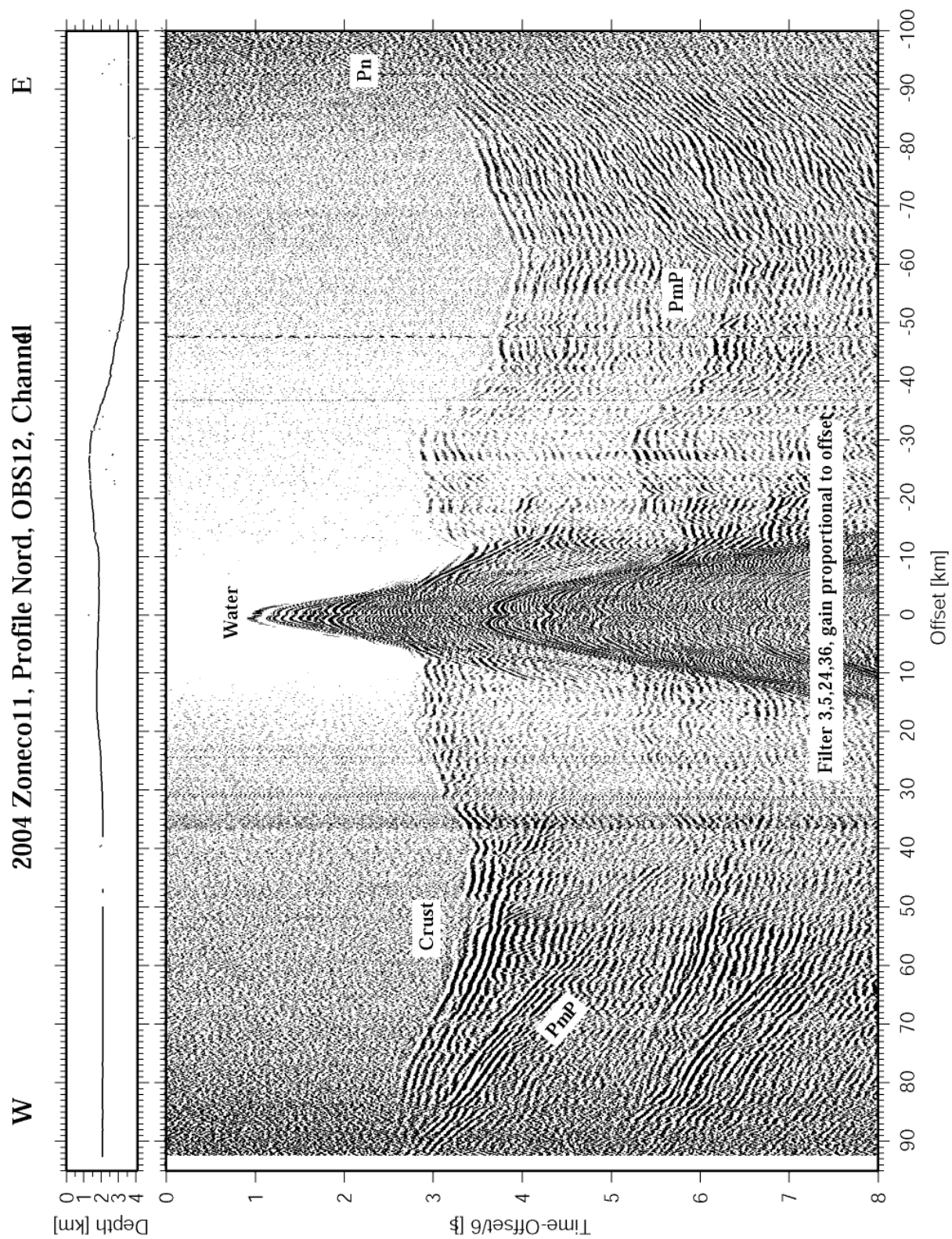


Fig. V.3.1.3 : Profil Nord, OBS12

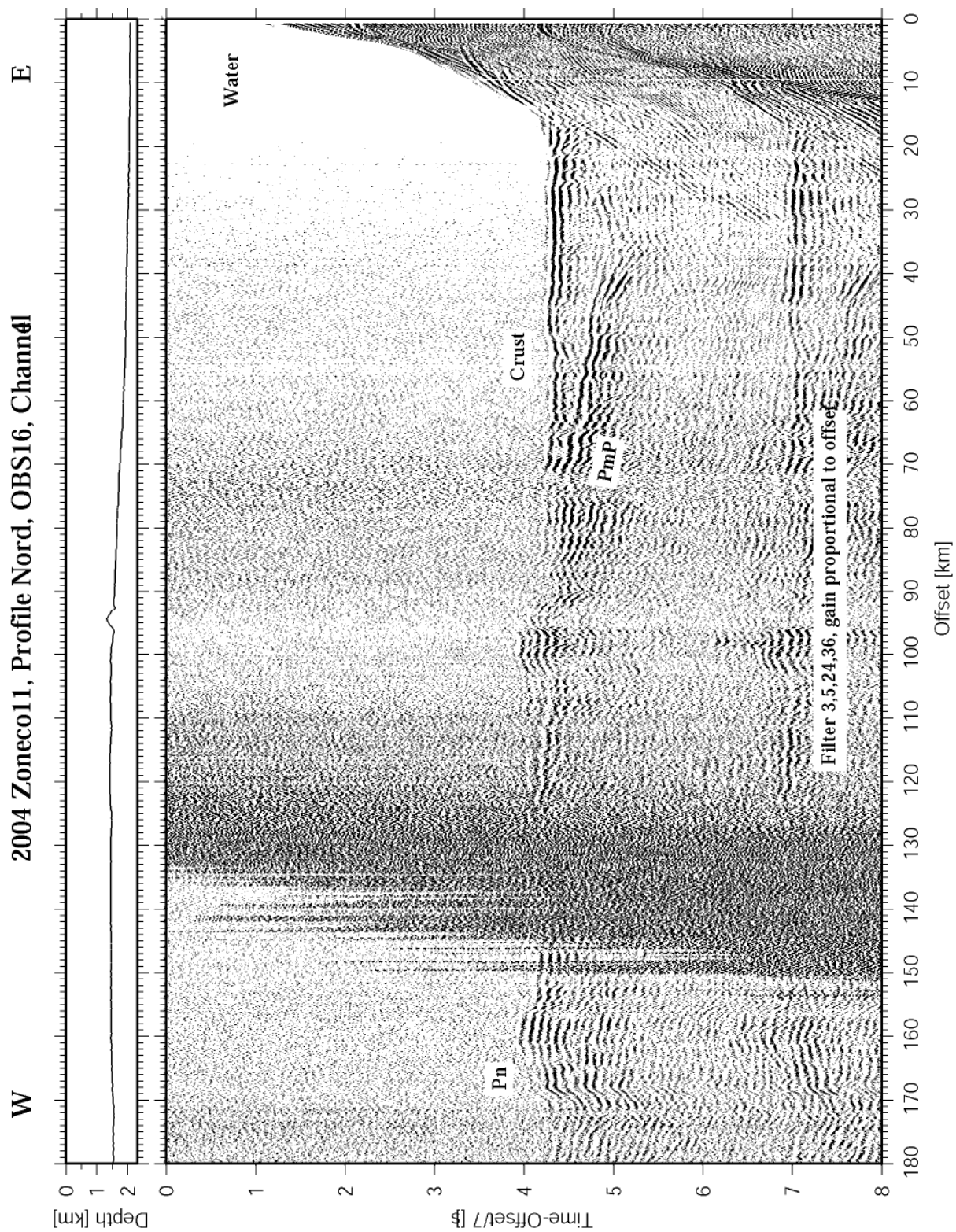


Fig. V.3.1.4 : Profile Nord, OBS 16

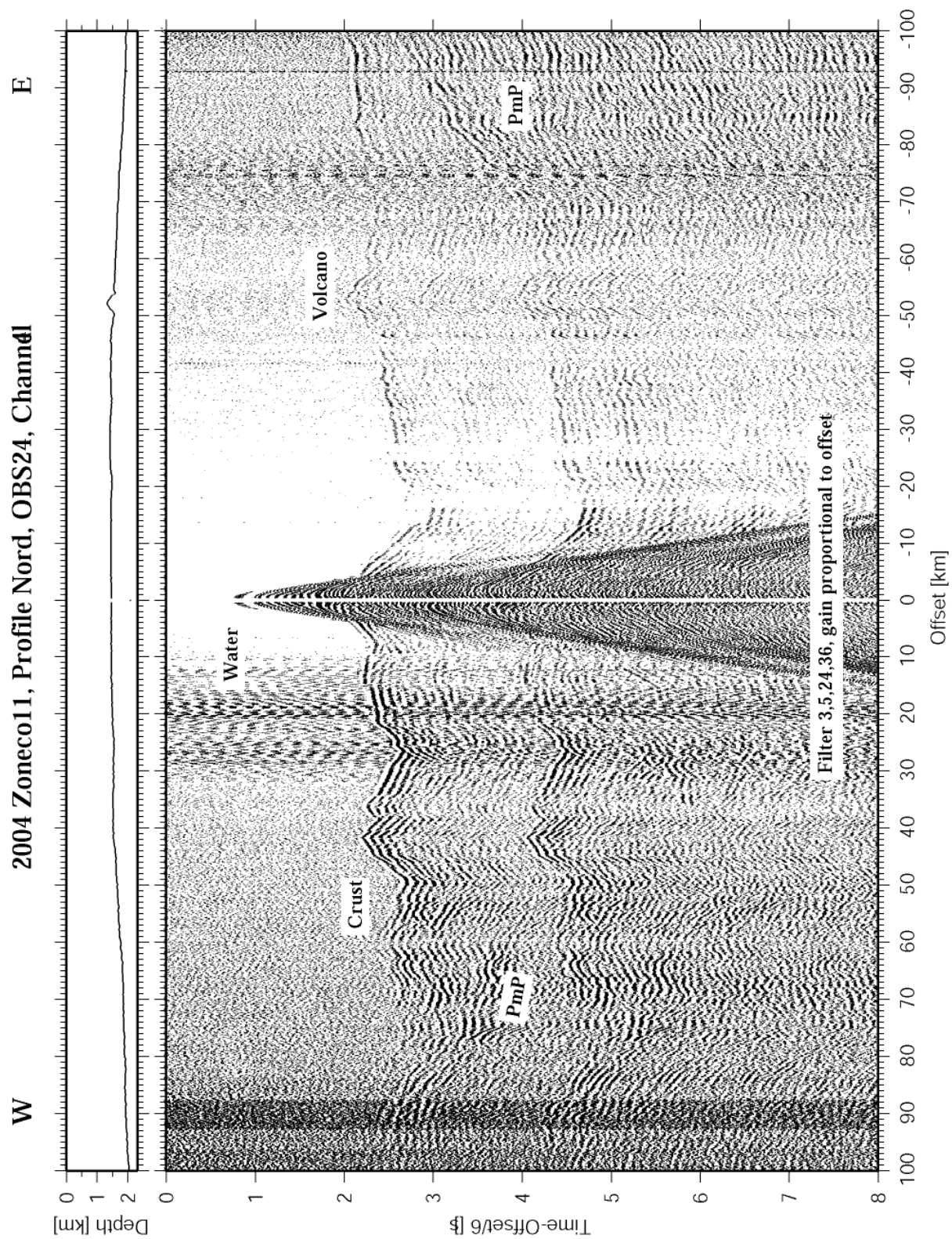


Fig. V.3.1.5 : Profile Nord, OBS 24

V.3.2 Analyse des données acquises sur les « boucles », profil Nord

Dans le but de détecter la présence de marqueurs sous-crustaux, à l'intérieur du manteau supérieur, nous avons effectué sur les lignes AB et CD des émissions sismiques de très forte puissance obtenues par sommation de tirs voisins, sur le même site. Autour des points Z02, Z14 et Z29, L'Atalante a effectué une boucle à 5 noeuds (de manière à garder constante la profondeur des canons) et en tirant toutes les 3 minutes (au lieu de 1 tir / minute, de manière à réduire le bruit généré par les tirs). Les boucles ayant duré 3 heures, nous avons réalisé 60 tirs dans un rayon dans un périmètre restreint (de 5 km de diamètre environ). Ces tirs seront mis en phase et sommés, dans le but d'améliorer le rapport signal sur bruit. Une expérience comparable, réalisée par Collins *et al* (EOS, *Transactions, Am. Geophys. Union*, vol 84, N° 46, 18 Nov. 2003) dans le domaine océanique (Atlantique Nord-Ouest, croûte d'âge compris entre 87 et 127 Ma) a permis de mettre en évidence de façon claire un marqueur sismique situé à 24 km sous la croûte.

En tout, trois boucles ont été effectuées sur le profil Nord : autour, respectivement, des OBS Z02, Z14 et Z29 (voir Fig. V.3.2.1 à V.3.2.3). Les résultats sont en cours d'examen, mais on peut d'ores et déjà tirer un certain nombre de conclusions :

- pour les profils en ligne, avec des tirs toutes les minutes, la dégradation du rapport signal / bruit provient en premier lieu du bruit généré par les tirs eux-mêmes : lorsque la distance source / récepteur est comprise entre environ 90 et 110 km, le signal arrive en même temps que l'onde directe du tir précédent qui s'est propagée dans l'eau (voir Fig. V.3.2.4). Suivant les conditions topographiques, cette arrivée directe peut être suivie par des réflexions multiples entre le fond et la surface de l'eau. Ces réflexions peuvent prolonger le bruit généré par les tirs, dégradant ainsi le rapport signal sur bruit aux offsets supérieurs à 110 km.
- lorsque l'on diminue la cadence de tirs (pour passer à un tir toutes les 3 minutes), le rapport signal/bruit est très nettement amélioré. Ceci permet de détecter du signal qui aurait été noyé dans le bruit si la cadence de tir avait été de 1 tir / minute.
- en revanche, il est difficile de se prononcer à ce stade sur l'efficacité de la sommation des tirs : de nombreux effets sont à corriger, en particulier, l'effet de la topographie sous la boucle.

A ce stade de l'analyse, nous ne sommes pas certains de détecter des arrivées provenant de réflecteurs profonds situés sur le Moho que nous n'aurions pas vues avec les tirs « simples » en ligne, le long du profil. En revanche, les boucles apportent des contraintes supplémentaires précieuses, car elles permettent de pointer des arrivées à des offsets où le signal est noyé par le bruit généré par les tirs.

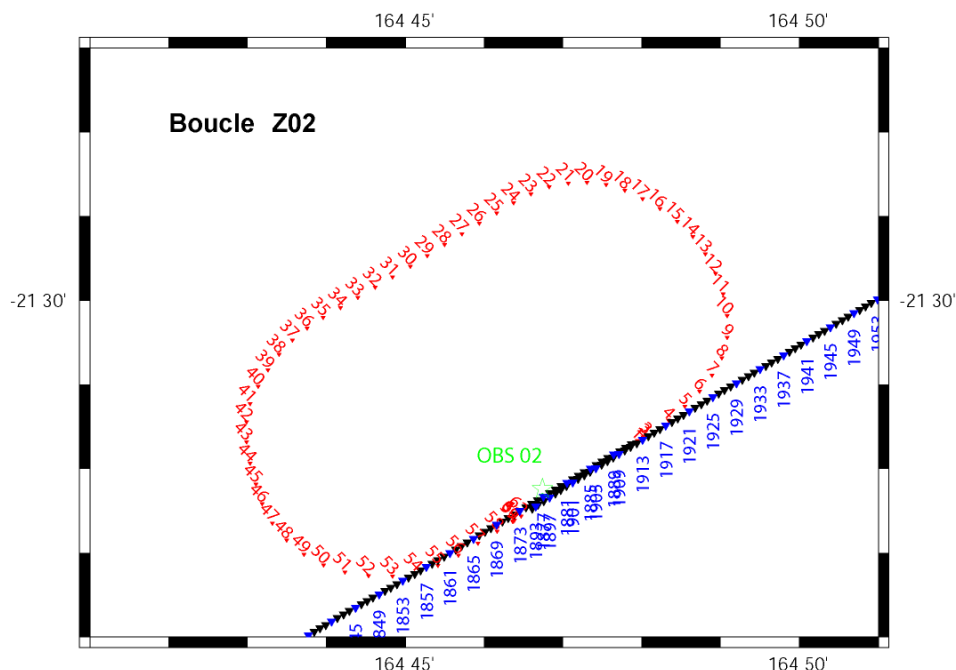


Fig. V.3.2.1 Détail de la boucle réalisée au voisinage de l'OBS02, sur le Profil Nord.

Les points rouges indiquent les tirs effectués lors de la boucle, toutes les 3 minutes. Les triangles (bleus ou noirs) indiquent les tirs effectués le long du profil. Noter le recouvrement des traces le long du profil. Le N/O L'Atalante n'a commencé à virer qu'après le passage d'une demi-flûte sur le point Z02. Après la boucle, l'autre demi-flûte s'est retrouvée alignée sur le profil au moment où le navire repassait sur Z02

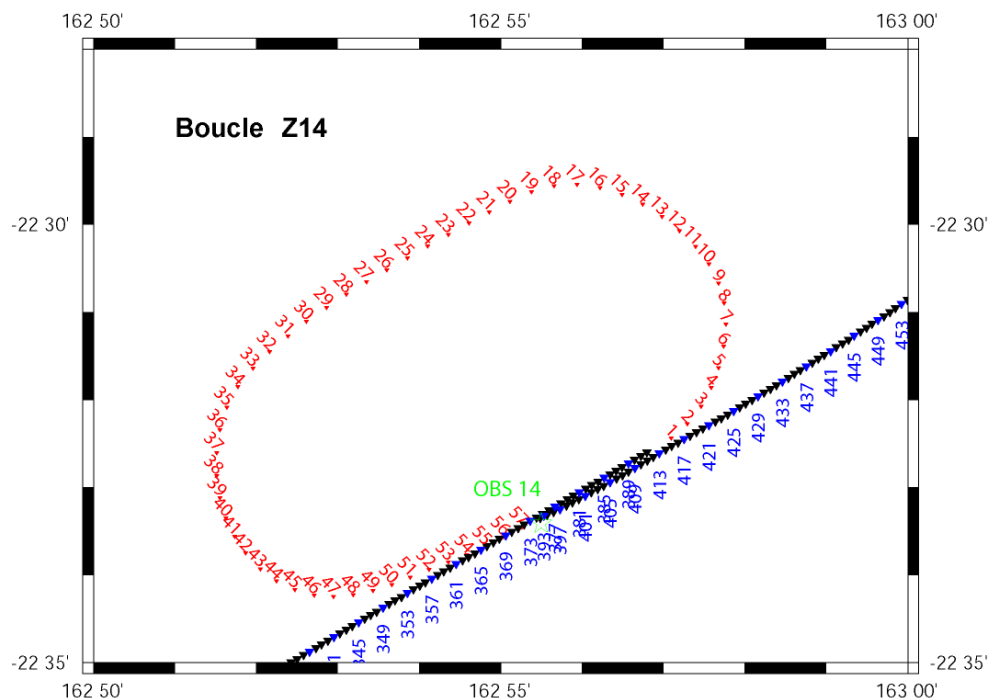


Fig. V.3.2. 2 Détail de la boucle réalisée autour de l'OBS14
(cf légende, Fig. V.3.2.1)

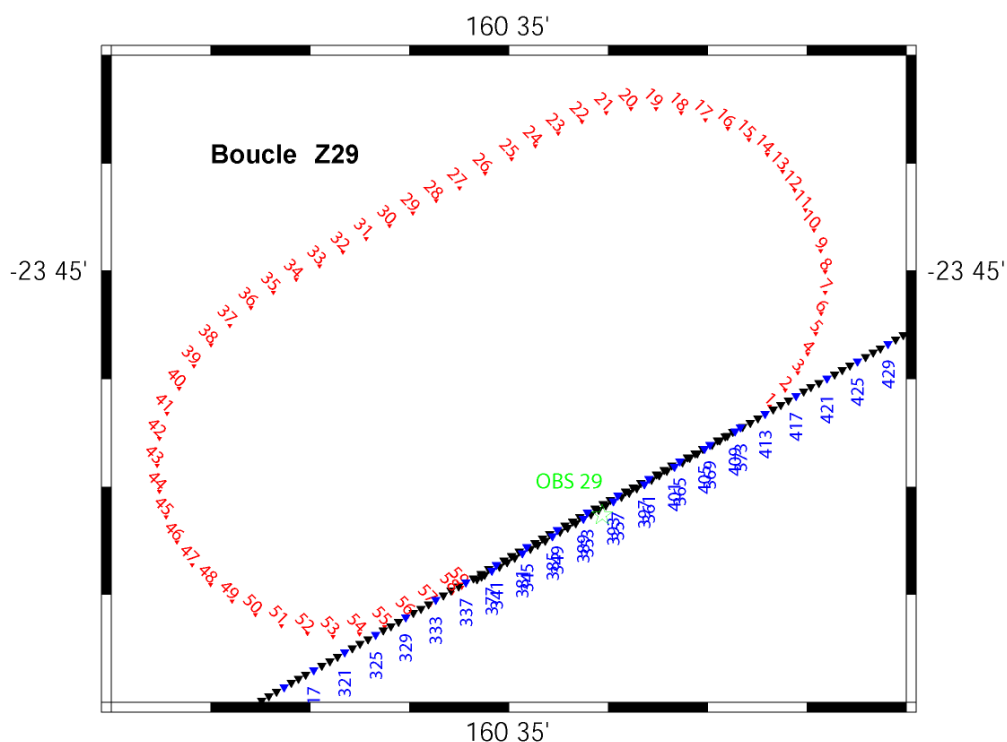


Fig. V.3.2. 3 Détail de la boucle réalisée au voisinage de l'OBS14, sur le Profil Nord.
 Les points rouges indiquent les tirs effectués lors de la boucle, toutes les 2 minutes. Les triangles (bleus ou noirs) indiquent les tirs effectués le long du profil par le N/O L'Atalante. Noter le recouvrement des traces le long du profil. Voir la légende de la Fig. V.3.2.1.

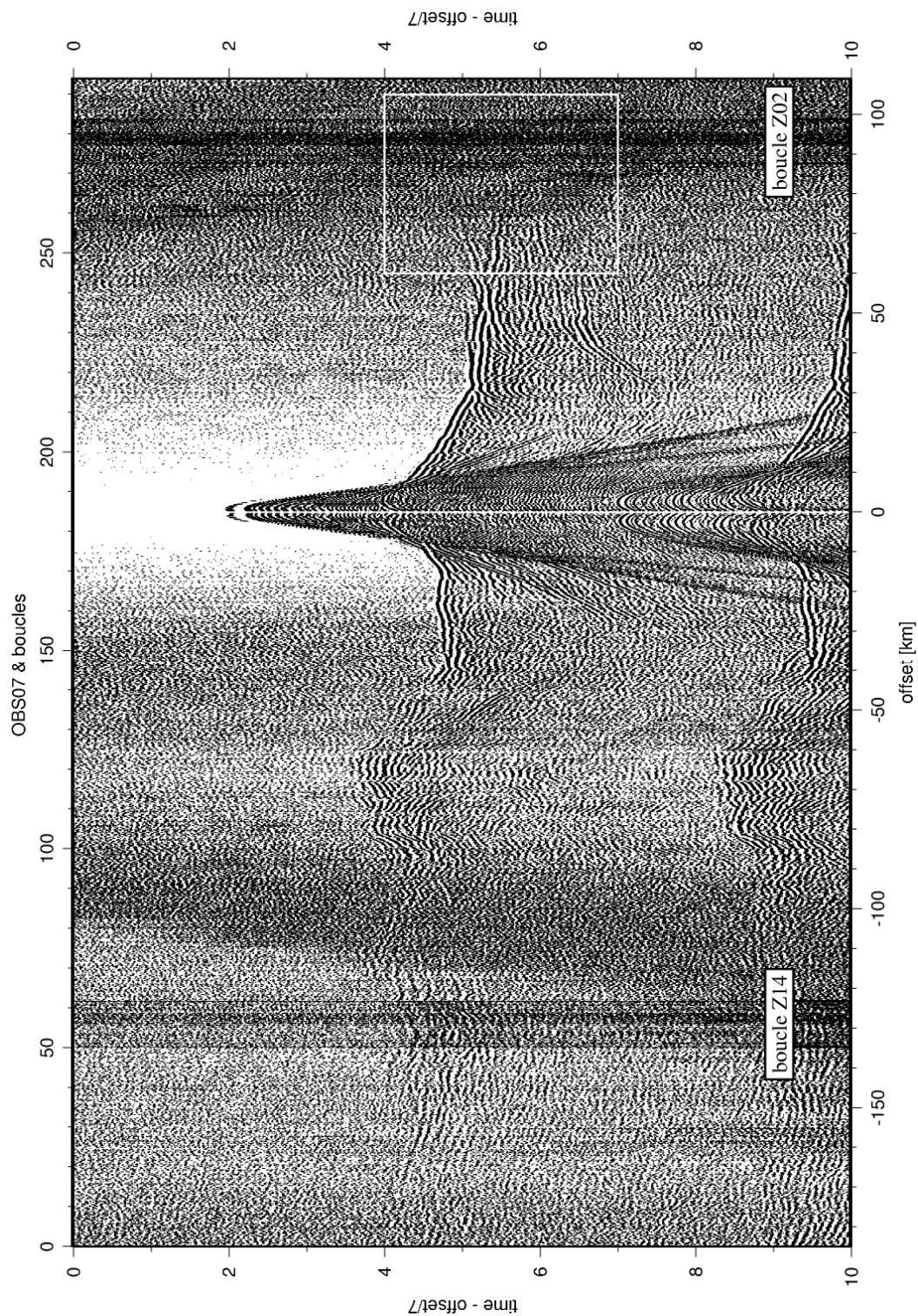


Fig. V.3.2. 4 Enregistrement obtenu sur l'OBS Z07, situé sur le Profil Nord.

Montré à titre d'exemple pour illustrer les résultats que l'on peut espérer avec les tirs effectués sur les boucles. Tous les tirs sont représentés : ceux tirés le long du profil (1 tir / minute) et ceux tirés sur les boucles. Les bandes noires (au voisinage des Z02 et Z14) sont dues au recouvrement des traces. Le rectangle blanc encadre la zone de détail montrée dans les figures suivantes.

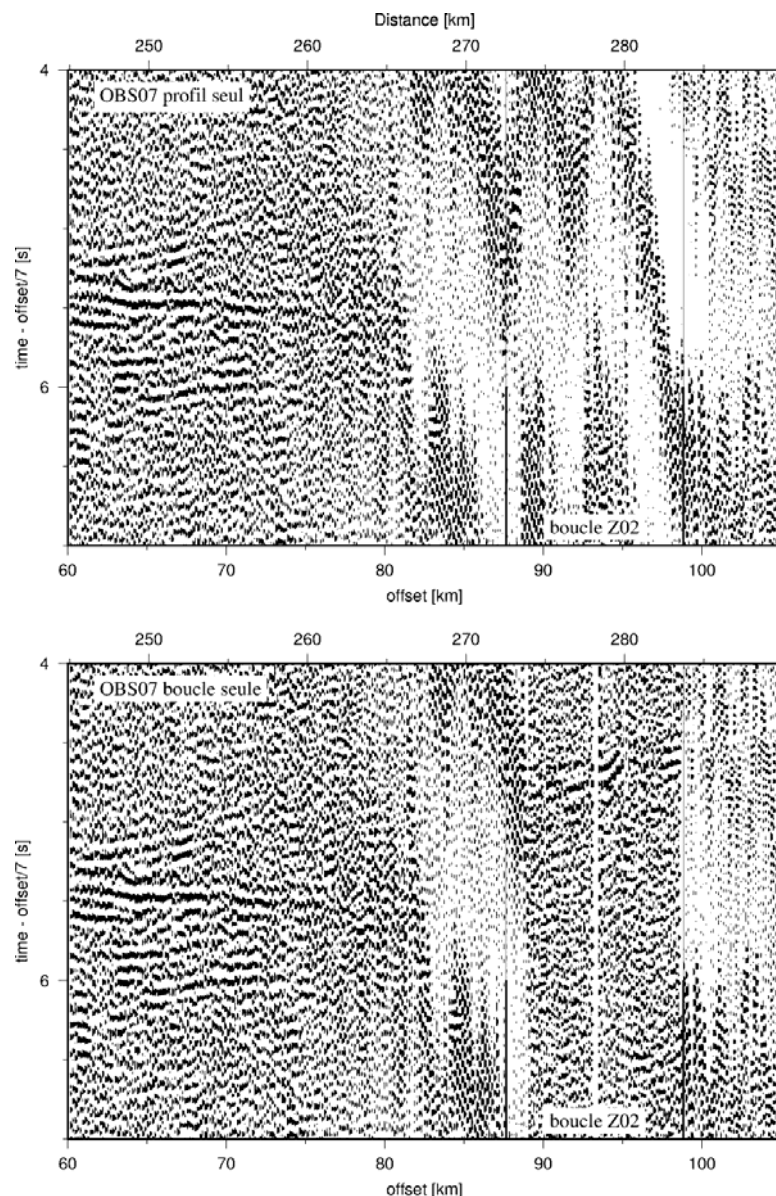


Fig. V.3.2. 5 Détails de l'enregistrement obtenu sur l'OBS Z07 correspondant à la zone indiquée par le rectangle blanc en Fig. V.3.2.4.

Une normalisation RMS trace à trace a été appliquée, ainsi qu'un filtre passe-bande, entre 3 et 5 Hz et 15 et 25 Hz. Les traces sont représentées à intertrace constant. Figure du haut : représentation des tirs alignés sur le profil de réflexion (cadence 1 tir / minute). La section entre les offsets 87 km et 98 km est très affectée par le bruit généré par les tirs (le temps de première arrivée d'un tir coïncide avec l'onde directe correspondant au tir précédent). Les « blancs » sont dus à la normalisation appliquée. Figure du bas : les tirs effectués sur la boucle Z14 (1 tir toutes les 3 minutes) sont représentés entre les offsets 87 km et 98 km ; à l'extérieur de cette bande (offsets inférieurs à 87 km ou supérieurs à 98 km), les tirs en ligne sont représentés (1 tir toutes les minutes). L'amélioration du rapport signal/bruit résulte directement de la diminution de la cadence des tirs effectués sur la boucle.

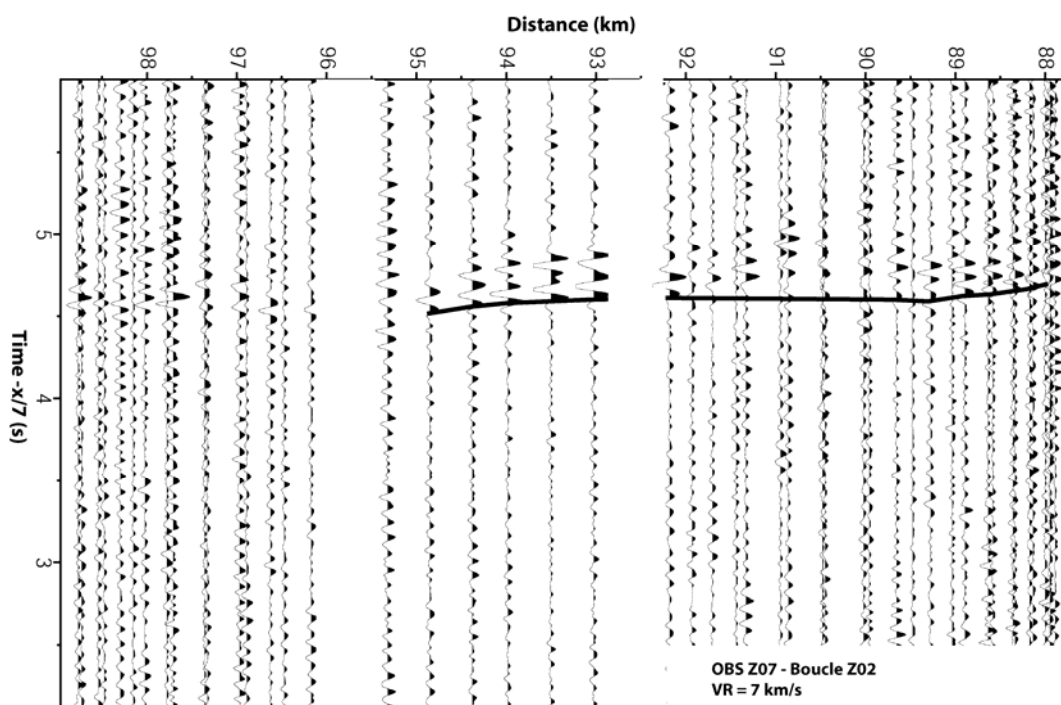


Fig. V.3.2. 6 : Détail de l'enregistrement obtenu avec les tirs de la boucle Z02 sur la composante verticale de l'OBS Z07

(vitesse de réduction de 7 km/s. Filtrage Butterworth, 3-5 Hz ; 15 – 25 Hz). La cadence de tir est de 1 tir toutes les 3 minutes. Les premières arrivées - ici parfaitement visibles à plus de 90 km de la source - auraient été noyées dans le bruit si la cadence avait été de 1 tir/minute. D'autres arrivées semblent pouvoir être corrélées d'une trace à l'autre (entre 5 et 5.5 s et entre 88 et 90 km). Un traitement du signal détaillé est nécessaire pour affiner l'analyse.

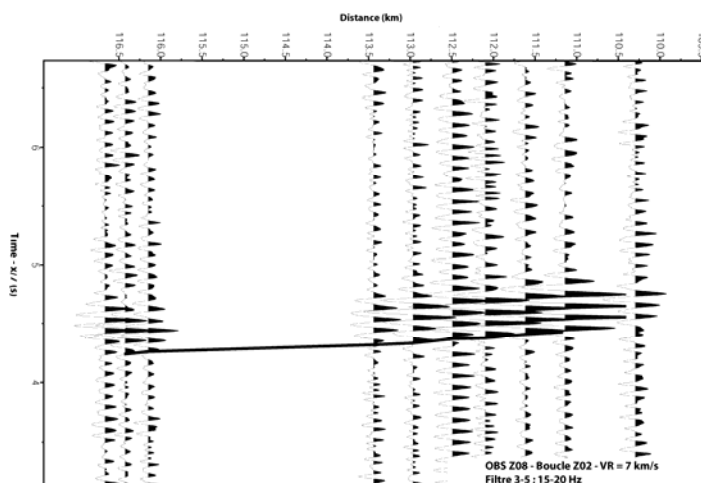


Fig. V.3.2. 7 : Détail de l'enregistrement obtenu avec les tirs de la boucle Z02 sur la composante verticale de l'OBS Z08

(voir légende de la figure V.3.2.6 ci-dessus). Les premières arrivées sont clairement visibles. D'autres phases semblent également apparaître.

V.4 Profil Sud : appréciation de la qualité des résultats OBS et modèle préliminaire

V.4.1 OBS disposés en ligne sur le Profil Sud (OBS Z31 à Z57)

Le tableau récapitulatif des positions de mouillage des OBS est donné en **Annexe F**.

Long de 300 milles et perpendiculaire à la marge ouest de l'île de Nouvelle Calédonie, ce profil a été tiré en deux fois, pour des raisons opérationnelles. En effet, ne disposant que de 15 OBS et d'un seul bateau, nous avons réalisé deux déploiements successifs : sur la partie occidentale (OBS Z31 à Z45) et sur la partie est (OBS Z46 à Z57). Pour des raisons opérationnelles (par manque de temps et faute de disposer de davantage d'OBS), douze OBS seulement ont été mouillés dans la partie orientale, entre L et M.

D'une façon générale, les données sont d'excellente qualité, même si on n'observe pas sur ce profil des arrivées à des distances source/récepteur aussi grande que sur le profil nord. Un instrument a été perdu (Z50), pour une raison non élucidée à ce jour. Par ailleurs, un OBH a été mouillé à 800 m au dessus du fond, à l'aplomb du point Z37. Comme pour le profil Nord, le rapport signal / bruit est généralement meilleur sur le géophone, comparé à l'hydrophone.

Sur les OBS Z31 et Z32, on détecte des zones de bruit de forte amplitude, probablement liées aux courants des marées. Le signal visible en dehors de ces « zones bruitées » est néanmoins suffisant pour être exploité dans la modélisation. Par ailleurs, ce bruit peut être aisément filtré, par déconvolution prédictive, par exemple.

Les données sont systématiquement bruitées aux distances sources-récepteurs comprises entre 90 et 130 km, à cause de l'arrivée directe (dans l'eau) associé au tir précédent. Le bruit généré par les tirs semble être plus important lorsque la profondeur à l'aplomb des tirs diminue. Il est probablement amplifié et prolongé à cause des réflexions multiples entre le fond et la surface de l'océan se propageant dans l'eau. Aux très grands offsets, entre 180 et 240 km, le signal est également affecté par le bruit généré par le tir n-2.

Des boucles ont été réalisées autour des points Z37 et Z44, avec une cadence de tir réduite à 1 tir toutes les 3 minutes, de manière à pouvoir sommer l'énergie émise par une série de tirs proches. Le dispositif expérimental et les données acquises sur ces boucles font l'objet d'un paragraphe séparé (voir § V.4).

La qualité des données est brièvement passée en revue ci-après :

OBS Z31. La qualité des données est bonne, tant sur l'hydrophone que sur le géophone. On distingue du bruit d'origine vraisemblablement naturelle à des distances source/récepteur comprises entre 110 et 130 km. Ce bruit pourra aisément être filtré (par déconvolution prédictive). On observe à peu près toutes les phases : sédimentaire, PmP et Pn. Malgré le bruit du tir n-2 entre les offsets -180 et -240 km, on distingue du signal (Pn) à des distances source / récepteur de l'ordre de 240 km. La Pn (réfractée sous le Moho) est très accidentée. Des effets importants liés à la topographie du Moho sont à prévoir.

OBS Z32. La qualité des données n'est pas aussi bonne que pour l'OBS Z31. Le bruit généré par les tirs n-1 et n-2 est très présent, aux offsets compris entre -90 et -130 km et entre 190 et 240 km. Entre les offsets -130 km et -200 km, l'arrivée Pn est à peine visible. Les données des boucles 37 et 44 (sur lesquelles on discerne du signal) devraient permettre d'apporter des contraintes supplémentaires. DE très forts effets liés à la topographie du Moho sont à prévoir.

OBS Z33. Les commentaires sont identiques à ceux formulés pour l'OBS Z33. Le signal est à peine discernable au delà de 80 km de distance entre la source et le réflecteur. Les informations apportées par les tirs effectués sur les boucles devraient être cruciales.

OBS Z34. Les données sont bruitées à des distances source/récepteur respectivement comprises entre 15 et 25 km et entre -45 et -60 km. Ce bruit devrait pouvoir être filtré par déconvolution prédictive. Les données sont exploitables à l'est comme à l'ouest de l'OBS Z34, jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 80 km environ. Au delà, le signal apparaît noyé dans le bruit. Les données des tirs effectués sur les boucles devront être examinées avec attention.

OBS Z35. Les données sont d'excellente qualité jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 80 km environ. Au delà, il devient très difficile de discerner le signal dans le bruit. Les effets de la topographie du Moho sont visibles sur les données.

OBS Z36. Mêmes commentaires que pour l'OBS Z35. Dans le bruit généré par le tir n-1, aux offsets compris entre 90 et 130 km, on distingue une première arrivée Pn, de façon très ténue. Cette arrivée semble être visible dans la fenêtre correspondant aux tirs effectués sur la boucle centrée sur le point Z44.

OBS Z37. En Z37, seul un hydrophone a été mouillé, à 800 m au dessus du fond, pour enregistrer le signal de la source en vue d'améliorer la procédure de déconvolution. Les données de l'hydrophone, enregistrées à 1 Hz, seront exploitables pour le modèle de réfraction (le signal est visible jusqu'à des distances source/récepteur de l'ordre de 70 km).

OBS Z38. Le profil de réfraction est très asymétrique. A l'est de l'OBS, la première arrivée (Pn), visible à des offsets de l'ordre de 150 km, est très accidentée : on observe un bombement dû à la topographie accidentée du Moho. A l'ouest de Z38, la première arrivée est plutôt plate, avec des vitesses légèrement inférieures 7 km/s. On distingue une arrivée Pn au delà du point critique situé à environ 50 km du récepteur. Cette arrivée est discernable, de façon ténue, dans les données de la boucle tirée en Z44.

OBS Z39. Mêmes commentaires que pour l'OBS Z38. Le profil est très asymétrique entre l'est et l'ouest de l'OBS Z38. Le Moho est accidenté à l'est de l'OBS 39, mais plus régulier à l'ouest de l'OBS. La figure V.4.2.5 montre que l'arrivée Pn est discernable sur les données de la boucle 44 (1 tir/minute), alors qu'elle est noyée dans le bruit dans le profil en ligne à 1 tir / minute.

OBS Z40 Mêmes commentaires que pour l'OBS Z39 : asymétrie entre l'est et l'ouest du profil ; arrivée Pn « bombée » à l'est de l'OBS, à cause de la topographie du Moho ; première arrivée « plate » à l'ouest de l'OBS, avec des vitesses légèrement inférieures à 7 km/s. Les premières arrivées sont très clairement discernables sur les données de la boucle 44 (1 tir/minute), alors qu'elles sont noyées dans le bruit dans le profil en ligne à 1 tir / minute.

OBS Z41. Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z40. Toutes les phases crustales utiles apparaissent (socle, PmP, Pn). A l'ouest de l'OBS, la branche Pn apparaît clairement au delà de 40 km, puis disparaît dans le bruit généré par les tirs n-1. On retrouve cette arrivée Pn sur les données de la boucle Z44.

OBS Z42. On distingue toutes les phases utiles (socle, Pn, PmP) aux offsets inférieurs à 90 km. Au delà de cette distance, à l'est de l'OBS, le rapport signal sur bruit se dégrade nettement à cause de l'arrivée directe du tir n-1. Le signal est cependant parfaitement visible sur les données de la boucle Z37, à une distance source-récepteur de l'ordre de 90 km environ (cf Fig. V.4.2.5).

OBS Z43. Cet OBS est le symétrique de l'OBS Z41 par rapport au centre du bassin de Nouvelle Calédonie. On distingue toutes les phases utiles (socle, Pn, PmP). Les phases Pn et PmP sont parfaitement visibles (la Pn apparaît à 40 km) à l'est de l'OBS Z43 et à l'ouest de l'OBS Z41, ce qui permet de contraindre la profondeur du Moho sous le bassin de Nouvelle Calédonie. Le signal des tirs de la boucle 37 est visible à 110 km.

OBS Z44. Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z43. Malgré le bruit généré par les tirs n-1 et n-2, on distingue des arrivées des tirs de la boucle Z37, à plus de 130 km de la source. Ces arrivées sont très ténues, mais peut-être exploitables.

OBS Z45. Commentaires identiques à ceux de l'OBS Z44. On distingue des arrivées des tirs de la boucle Z37 à 148 km. Ces arrivées, très ténues, sont peut-être exploitables. L'OBS est situé en fin de profil J2-K.

OBS Z46. Cet OBS est situé en début de profil LM. A l'ouest de l'OBS, on distingue toutes les phases utiles (socle, PmP, Pn). La réflexion sur le Moho est particulièrement énergétique aux offsets compris entre 45 et 75 km. La Pn est surtout discernable par son multiple aux offsets supérieurs à 80 km.

OBS Z47. Commentaires analogues à ceux de l'OBS Z46. Toutes les phases crustales (socle, PmP, Pn) sont autant visibles de chaque côté de l'OBS. La réfléchie sur le Moho (PmP) arrive plus tôt à l'est, qu'à l'ouest de l'OBS, ce qui laisse supposer que la croûte est moins épaisse à l'est, sous le Bassin de Nouvelle Calédonie.

OBS Z48. . Commentaires analogues à ceux de l'OBS Z47. Toutes les phases crustales (socle, PmP, Pn) sont visibles de chaque côté de l'OBS, mais la coupe est dissymétrique. A l'ouest de Z48, le signal apparaît jusqu'à des distances source/récepteur supérieures à 100 km.

OBS Z49. Cet OBS est situé non loin du milieu de la ligne LM. La coupe est très dissymétrique entre l'est et l'ouest de l'OBS. A l'est, les premières arrivées sont « chaotiques » et fortement perturbées par la topographie du Moho. A l'ouest de l'OBS, les arrivées premières forment une branche rectiligne que l'on peut suivre sur plus de 50 km.

OBS Z50. L'OBS est resté au fond.

OBS Z51. OBS situé au milieu de la ligne LM. La coupe est dissymétrique entre l'est et l'ouest de l'OBS. A l'est de l'OBS, les arrivées sont surtout visibles sur le multiple. On discerne qu'elles sont fortement perturbées par la topographie du Moho.

OBS Z52. La qualité des données est excellente, de part et d'autre de l'OBS, lequel est situé non loin du milieu de profil. La pente des premières arrivées est plus grande à l'ouest, relativement à l'est.

OBS Z53. Toutes les arrivées crustales sont visibles (socle, PmP, Pn). On distingue en particulier une branche Pn, qui apparaît en première arrivée à 80 km environ à l'est de l'OBS.

OBS Z54 à Z57. Données d'excellente qualité. Toutes les phases crustales sont exploitables (socle, Pn, PmP). Les premières arrivées visibles sont (Pn et PmP) au delà de la centaine de kilomètres. Asymétrie entre les côtés est et ouest de l'OBS, du fait de la topographie du toit de la croûte au niveau de la Ride de Lord Howe. A l'est de l'OBS, les premières arrivées ont une vitesse à peine supérieure à 6 km/s, confirmant la nature continentale de la Ride de Lord Howe.

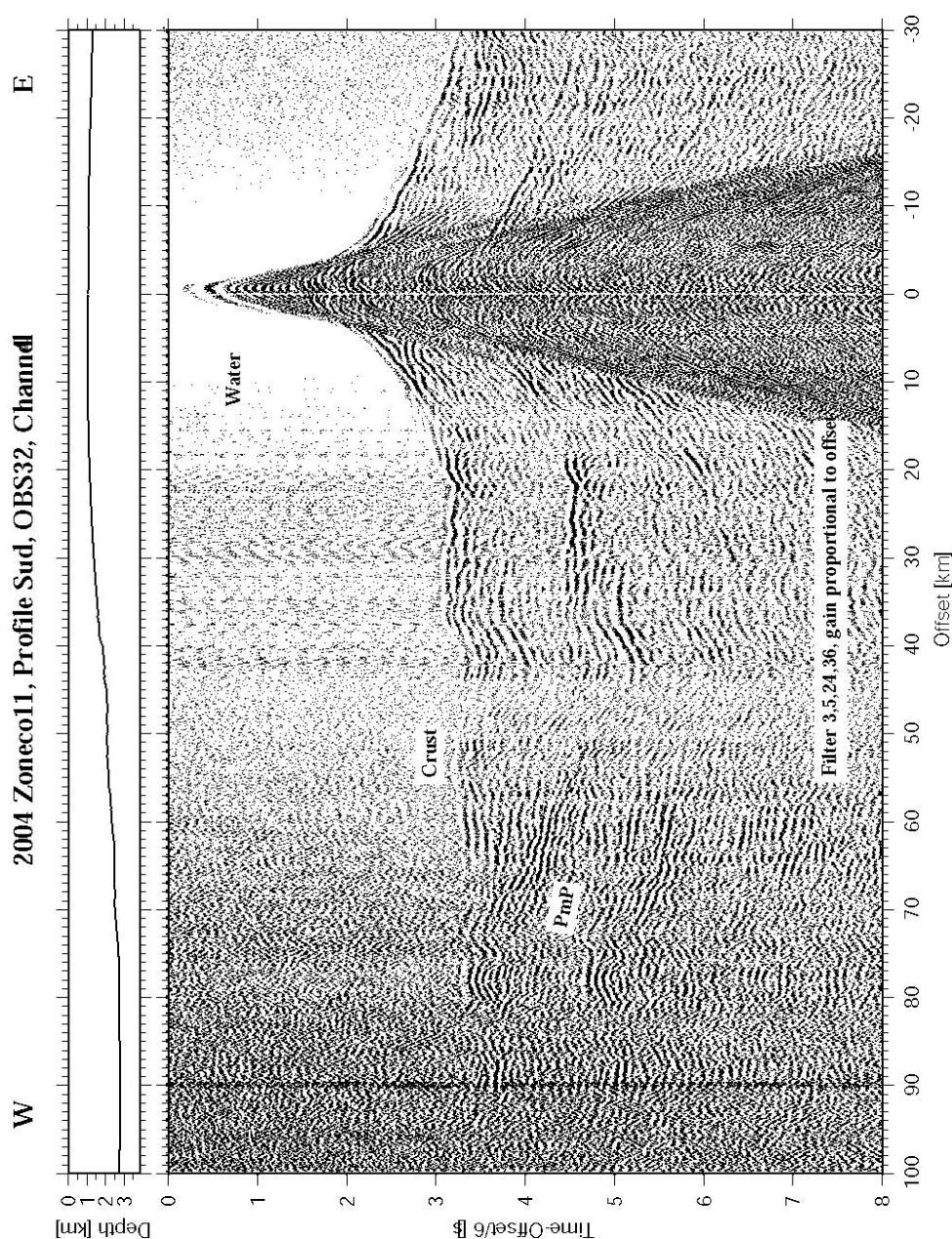


Fig. V.4.1.1 Coupe de sismique réfraction (profil Sud) correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z32.

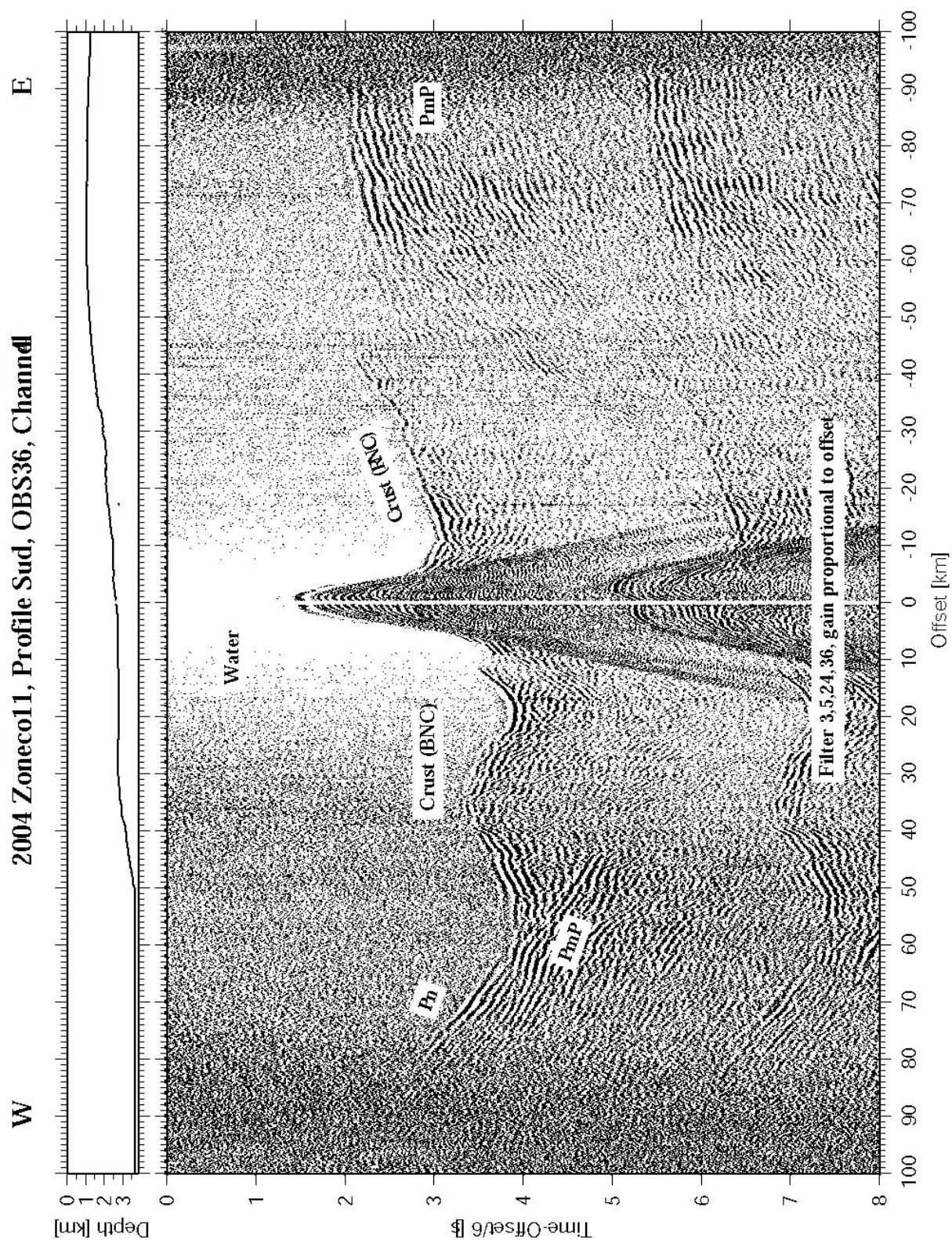


Fig. V.4.1. 2 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z36

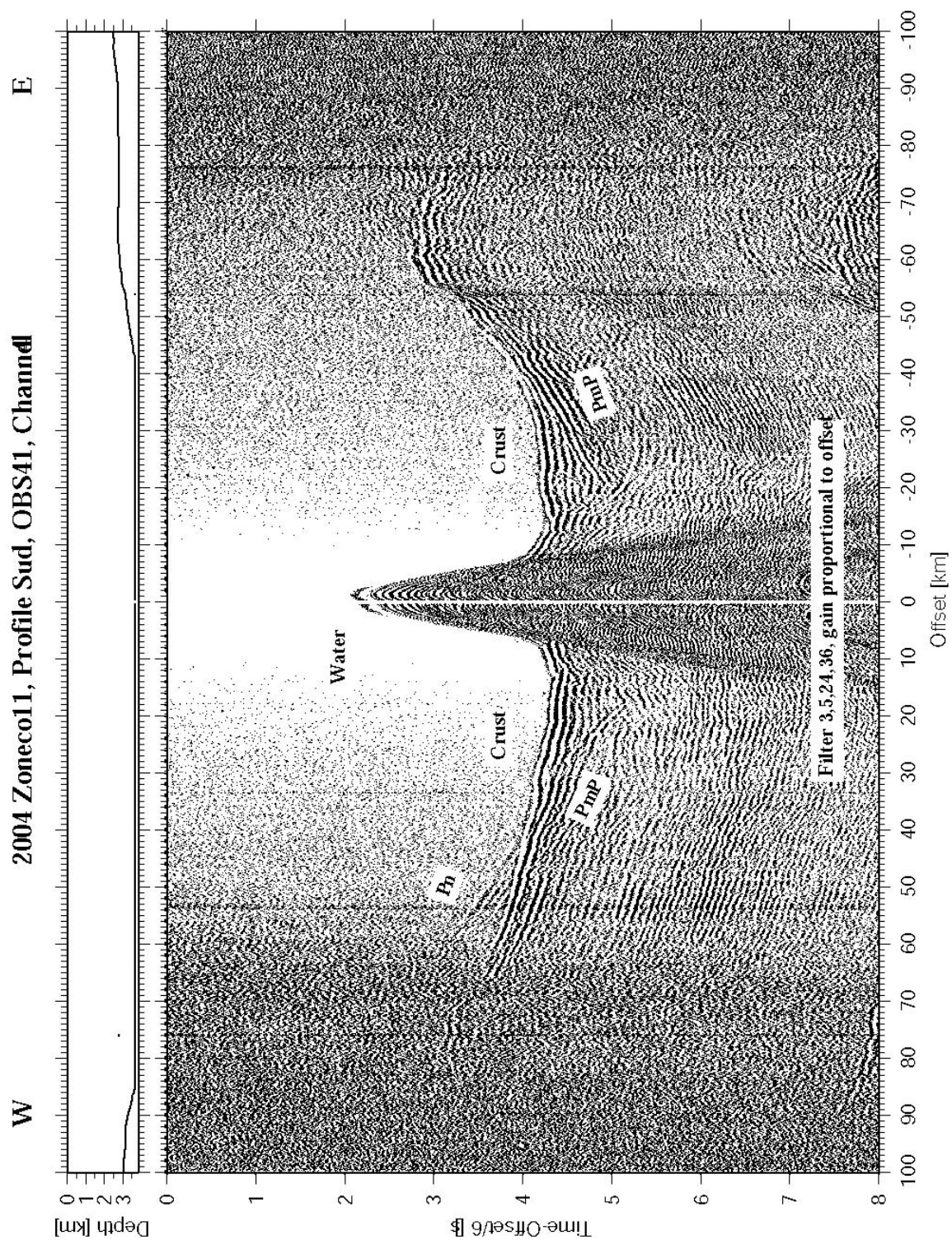


Fig. V.4.1. 3 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z41.

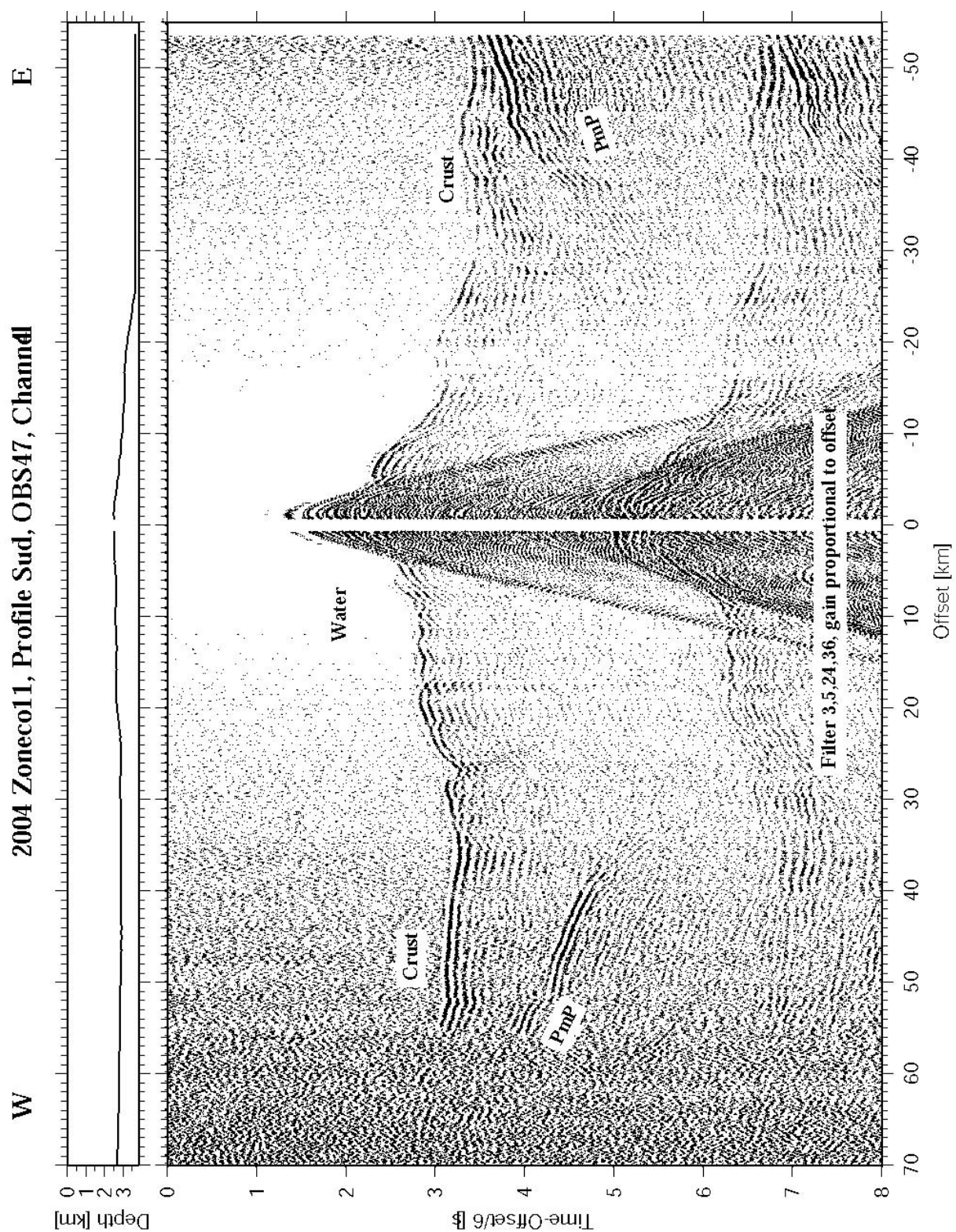


Fig. V.4.1. 4 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z47.

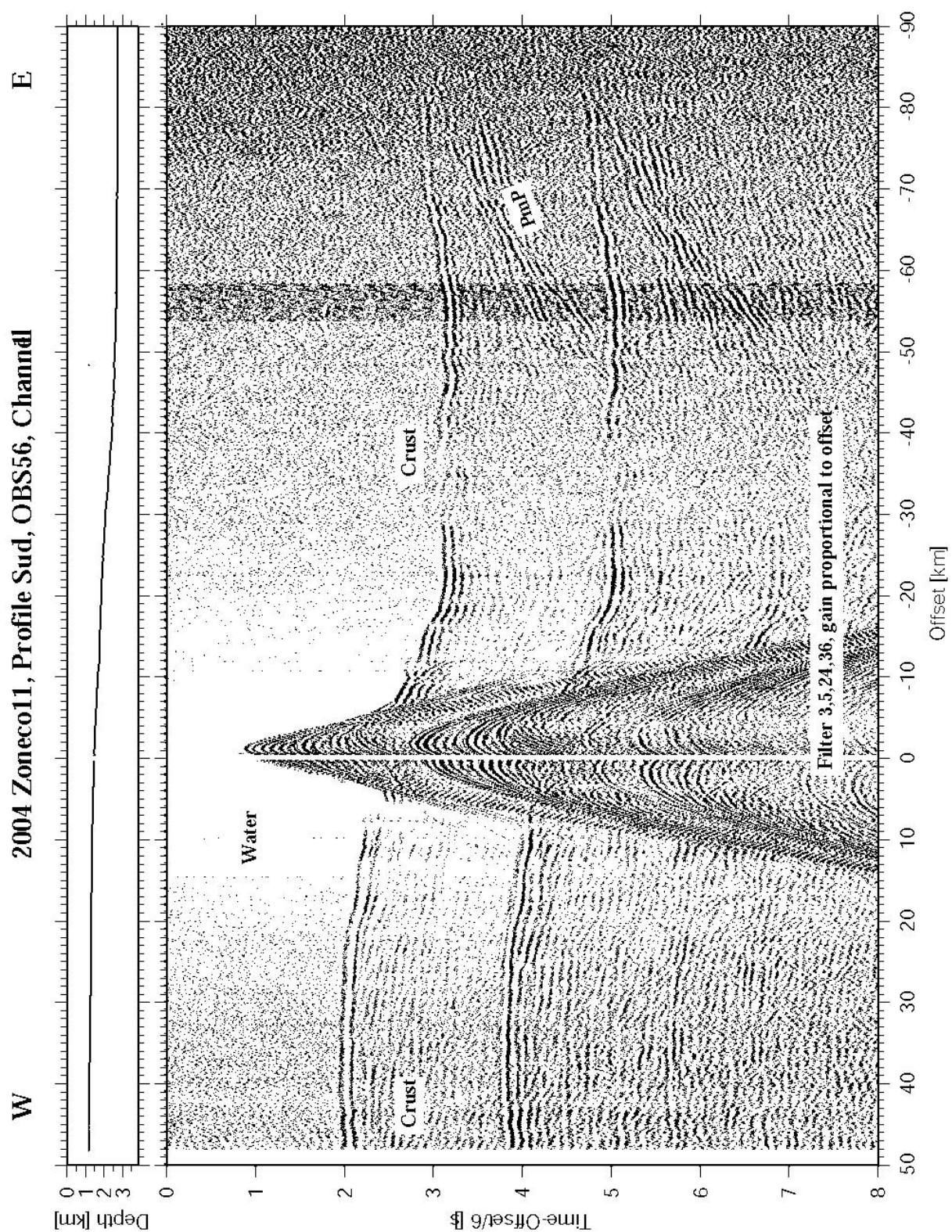


Fig. V.4.1. 5 Coupe de sismique réfraction correspondant aux données du géophone vertical enregistrées par l'OBS en Z56.

V.4.2 Analyse des données acquises sur les « boucles », profil Sud

Sur la partie orientale du profil sud (ligne J2-K), nous avons tenté la même expérience que sur le profil Nord (voir § V.3.2), dans le but d'améliorer le rapport signal sur bruit par sommation de tirs voisins, sur le même site. Autour des points Z37 et Z44, L'Atalante a effectué une boucle à 5 noeuds (de manière à garder constante la profondeur des canons) et en tirant toutes les 3 minutes, au lieu de 1 tir / minute (Fig. V.4.2.1 et V.4.2.2). Les boucles ayant duré 3 heures, nous avons réalisé environ 60 tirs par boucle, dans un périmètre restreint (de 5 km de diamètre environ).

Quelques exemples de résultats sont montrés ci-après (Fig. V.4.2.3 à V.4.2.4). Les résultats sont en cours d'examen. Les conclusions sont les mêmes que pour le Profil Nord :

- Avec une cadence d'un tir par minute, la dégradation du rapport S/B est essentiellement due au bruit généré par les tirs : lorsque la distance source / récepteur est comprise entre environ 90 et 110 km, le signal arrive en même temps que l'onde directe du tir précédent qui s'est propagée dans l'eau à 1500 m/s. Lorsqu'on diminue la cadence de tirs (pour passer à un tir toutes les 3 minutes), le rapport signal/bruit est très nettement amélioré.
- En revanche, il est difficile de se prononcer à ce stade sur l'efficacité de la sommation des tirs : de nombreux effets sont à corriger, en particulier, l'effet de la topographie sous la boucle.

Comme indiqué au § V.3.2, nous ne sommes pas certains de détecter des arrivées provenant de réflecteurs profonds situés sur le Moho que nous n'aurions pas vues avec les tirs « simples » en ligne, le long du profil. En revanche, les boucles permettent de pointer des arrivées à des offsets où le signal est noyé par le bruit généré par les tirs effectués toutes les minutes.

.

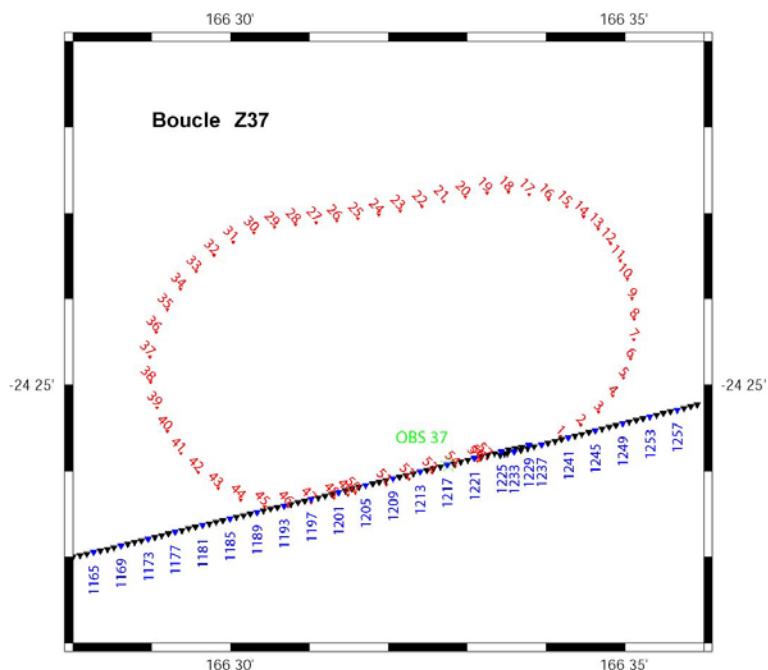


Fig. V.4.2. 1 Détail de la boucle réalisée au voisinage de l'OBS37, sur le Profil Nord.

Les points rouges indiquent les tirs effectués lors de la boucle, toutes les 3 minutes. Les triangles (bleus ou noirs) indiquent les tirs effectués le long du profil. Noter le recouvrement des traces le long du profil. Le N/O L'Atalante n'a commencé à virer qu'après le passage d'une demi-flûte sur le point Z37. Après la boucle, l'autre demi-flûte s'est retrouvée alignée sur le profil au moment où le navire repassait sur Z37.

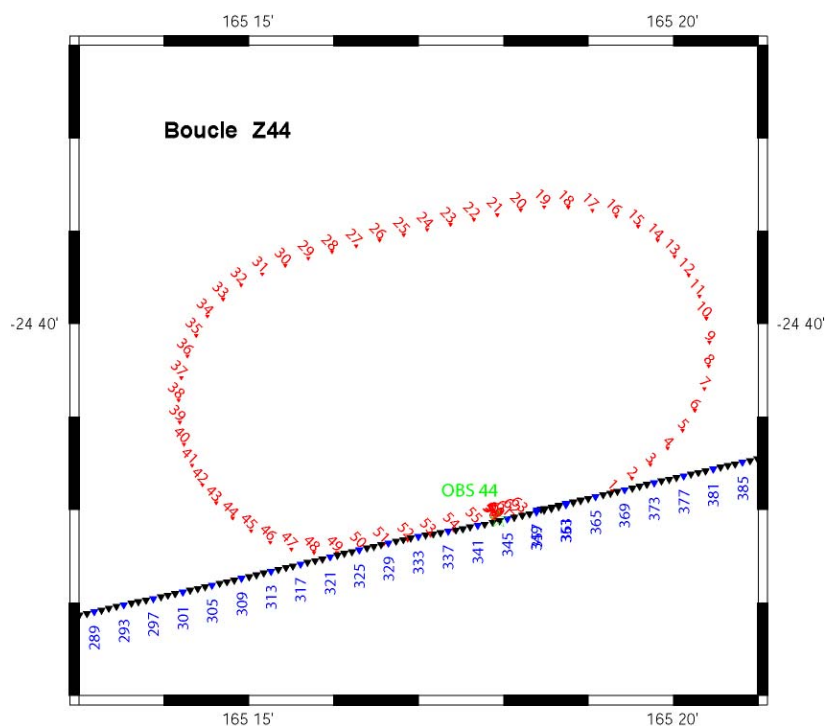


Fig. V.4.2. 2 Détail de la boucle réalisée autour de l'OBS44 (cf légende, Fig. V.4.2.1).

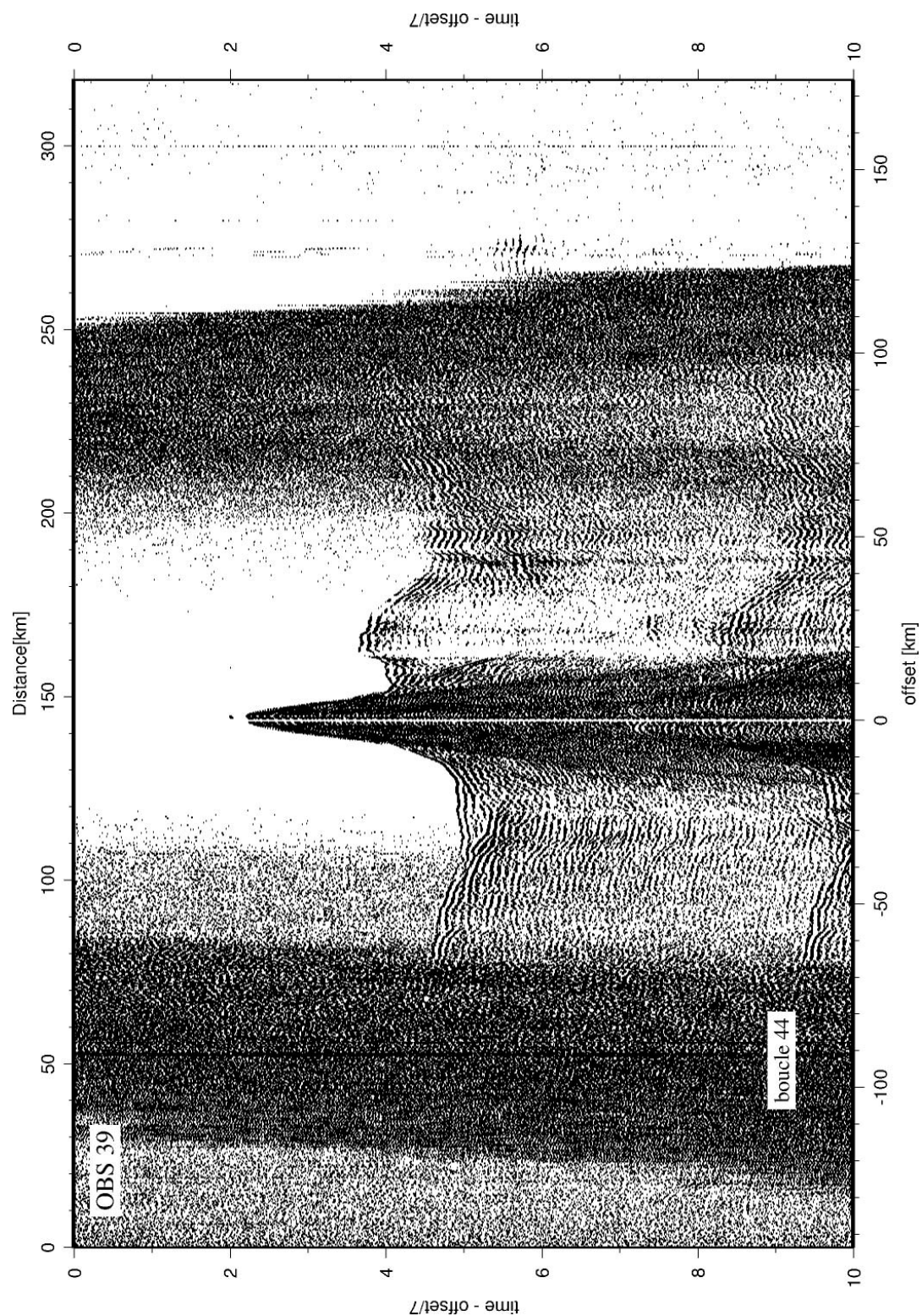


Fig. V.4.2. 3 Profil de sismique réfraction enregistré sur l'OBS Z39.

Les distances sont reportées par rapport au début de profil (de 0 à 320 km) ou par rapport à l'OBS. Le temps est réduit avec une vitesse égale à 7 km/s. Noter le bruit engendré par les tirs aux offsets compris entre 80 et 130 km.

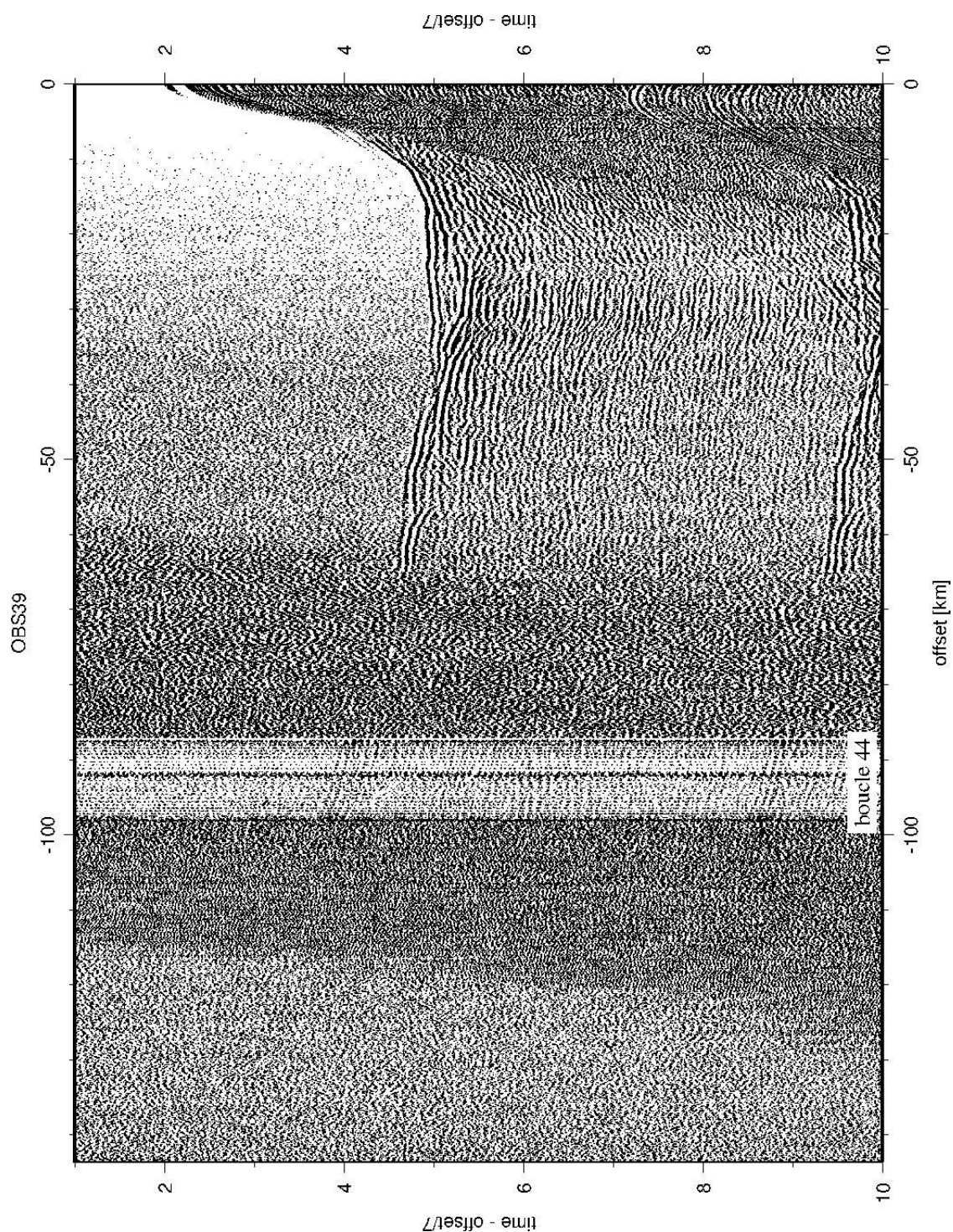


Fig. V.4.2. 4 Détail du profil de réfraction enregistré sur l'OBS Z39 pour les offsets négatifs uniquement.

Les tirs effectués sur la boucle Z44 sont représentés entre les offsets -90 et -110 km. Le signal est rendu visible du fait de la réduction de la cadence de tirs (celle-ci est de 1 tir/3 minutes dans la boucle et 1 tir/minute sur le profil). Comparer avec la figure V.4.2.3.

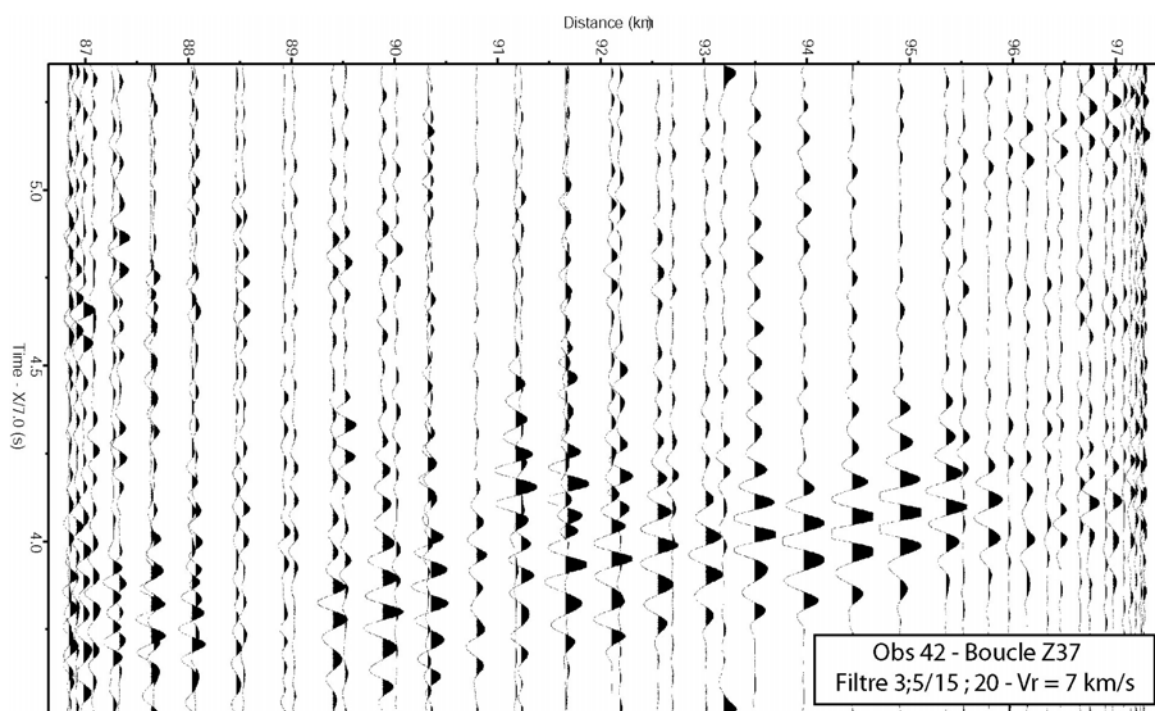


Fig. V.4.2. 5 Détail de l'enregistrement obtenu avec les tirs de la boucle Z37 sur la composante verticale de l'OBS Z42

(vitesse de réduction de 7 km/s. Filtrage Butterworth, 3-5 Hz ; 15 – 25 Hz). La cadence de tir est de 1 tir toutes les 3 minutes. Les premières arrivées - ici parfaitement visibles à plus de 90 km de la source - auraient été noyées dans le bruit si la cadence avait été de 1 tir/minute. D'autres arrivées semblent pouvoir être corrélées d'une trace à l'autre (entre 3 et 4.5 s et entre 88 et 90 km). Un traitement de signal détaillé est nécessaire pour affiner l'analyse.

Les premières interprétations des données de réfraction des profils Nord et Sud sont synthétisées dans le **Chapitre VIII.2** de ce rapport, sous la forme de deux modèles de vitesses préliminaires.

VI – LES DONNEES DE SISMIQUE HAUTE RESOLUTION (HR)

VI-1 - Contexte

VI.1.1 Hydrates de gaz dans le bassin de Fairway

Les hydrates de gaz sont composés de molécules d'eau organisées en cages, qui sous certaines conditions thermodynamiques (hautes pressions et faibles températures en particulier), piègent des molécules de gaz, principalement du méthane, pour former un solide dont l'aspect rappelle celui de la glace. Les conditions de stabilité des hydrates de gaz sont atteintes sur la plupart des marges continentales, à partir d'une bathymétrie de 500-700m. En raison du gradient géothermique, donc de l'augmentation de la température avec la profondeur dans les sédiments, la zone de stabilité des hydrates est limitée à quelques centaines de mètres sous le fond marin. L'indice géophysique principal qui permet de suspecter la présence d'hydrates de gaz, est l'existence sur les profils sismiques, d'un réflecteur sub-parallèle au fond marin que l'on appelle Bottom Simulating Reflector (noté BSR). Ce réflecteur se situe à la base de la zone de stabilité des hydrates, et selon la plupart des études menées à ce jour, marque la transition entre des sédiments plus ou moins riches en hydrates de gaz et des sédiments contenant du gaz libre. Ce réflecteur suit en première approximation les isothermes, généralement sub-parallèles au fond de l'eau. Il recoupe de ce fait fréquemment les réflecteurs sédimentaires. Il marque une diminution d'impédance acoustique (la présence de gaz dans les sédiments fait fortement chuter la vitesse des ondes de compression) et présente donc une polarité inverse de celle du signal du fond de l'eau.

Le gaz impliqué dans la formation des hydrates peut être d'origine biogénique, ou thermogénique. Dans ce dernier cas, le gaz doit migrer depuis sa profondeur de formation, jusqu'au domaine de stabilité des hydrates.

Au niveau du bassin de Nouvelle-Calédonie, de la ride et du bassin de Fairway, compte tenu de la bathymétrie, la profondeur selon Vially et Bénard (2001) de la limite de stabilité des hydrates se situerait à environ 500m sous le fond de l'eau.

Dans le bassin de Fairway, la présence potentielle d'hydrates de gaz a été signalée par Exxon *et al.* (1998), à partir de l'observation d'un BSR sur 1/plusieurs profils sismiques (localisation). Suite à la mission ZoNéCo 5, Auzende *et al.* (2000c) ont proposé l'extension de ce BSR à une large partie du bassin. Auzende *et al.* (2000b) mettent en relation l'existence de ce BSR et la présence sur les coupes sismiques de structures interprétées comme des diapirs.

Dans l'hypothèse où ce BSR marquerait effectivement la présence d'hydrates dans les sédiments et où le méthane impliqué dans la formation des hydrates serait d'origine thermogénique, les modélisations réalisées (Vially et Bénard, 2001) ont montré que pour obtenir des quantités significatives de méthane avec un flux géothermique compatible avec la position du BSR, il était nécessaire que l'épaisseur des séries sédimentaires crétacées soit de l'ordre de 2000 à 3000 mètres afin de permettre la génération de gaz thermogénique.

VI.1.2. Hydrates et Zonéco 11

Les résultats obtenus pendant la campagne ZoNéCo 5 suggèrent l'existence d'un BSR dans le bassin de Fairway, et posent la question de ses relations avec des structures diapiriques (Auzende *et al.*, 2000b,c). Cependant les données de sismique rapide acquises lors de ZoNéCo 5, faute notamment d'une pénétration suffisante, ne nous permettent pas d'avoir une vision complète des dépôts et de leur agencement dans la totalité du bassin de Fairway.

Le réflecteur interprété comme un BSR représente-t-il effectivement la limite de stabilité des hydrates de gaz sur l'ensemble de la zone où il a été carté ou bien peut-il être en totalité ou localement associé à une discordance sédimentaire? Quelle est la nature des structures en dôme visibles sur les profils sismiques? Y a-t-il un lien direct entre ces structures et le BSR sus-jacent? Est-il possible de détecter et quantifier gaz et hydrates de gaz dans les séries sédimentaires respectivement en dessous et au dessus du BSR?

Afin de répondre à ces questions, une expérience d'acquisition sismique haute résolution a été réalisée (**Fig. III.1**):

- œ une série de profils de sismique réflexion haute résolution a été acquise. Elle comprend un long profil (points N -> GH) et quatre profils plus courts. Le long profil a été tiré sur une partie du profil 28 de la campagne ZoNéCo 5 sur lequel de nombreuses structures en dôme ont été observées. Il était destiné à préciser la géométrie et la nature de ces structures. Les quatre profils courts ont été réalisés sur une zone limitée (le “chantier hydrates”) afin de fournir des images sismiques détaillées pour contraindre l'inversion des données OBS sur ce chantier.
- œ Une expérience de tomographie sismique a été réalisée sur le “chantier hydrates” (voir **figure VI-2-1**) : des OBS ont été placés à l'aplomb et à proximité d'une structure en dôme (voir **figure VI-4-5**) bien développée identifiée sur le profil 8 de la campagne ZoNéCo 5, et des tirs en surface effectués le long des quatre profils de sismique réflexion mentionnés ci-dessus (voir **figure VI-2-1**). Les OBS ont été disposés en trois groupes de quatre instruments. Ces trois groupes d'instruments doivent permettre de préciser l'existence et la nature du BSR présumé : i/ à l'écart de la structure en dôme (OBS 1, 2, 3 et 4), ii/ sur les flancs de cette structure (OBS 5, 6, 7 et 8) et iii/ au sommet de cette structure (OBS 9, 10, 11 et 12).

VI-2 - Détails de l'opération

VI.2.1. Profils Flûte multitrace

Rappel de la configuration d'acquisition en sismique réflexion Haute Résolution

- 1 barre de canons : 2 G.I. 45/105, immersion 3m
- 1 barre de canons : 3 mG.I. 24/24, immersion 2m
- flûte, immersion 3 m
- œ Intertirs 25 m
- œ longueur enregistrement 6 secondes
- œ pas d'échantillonnage 1 ms

VI.2.2 Profils réalisés (voir coordonnées et plan d'acquisition : tableau VI-2-1, figure VI-2-1)

profil SMT GH00 -> GH01
 profil SMT GH02 -> GH03
 profil SMT GH04 -> GH05
 profil SMT GH06 -> GH07

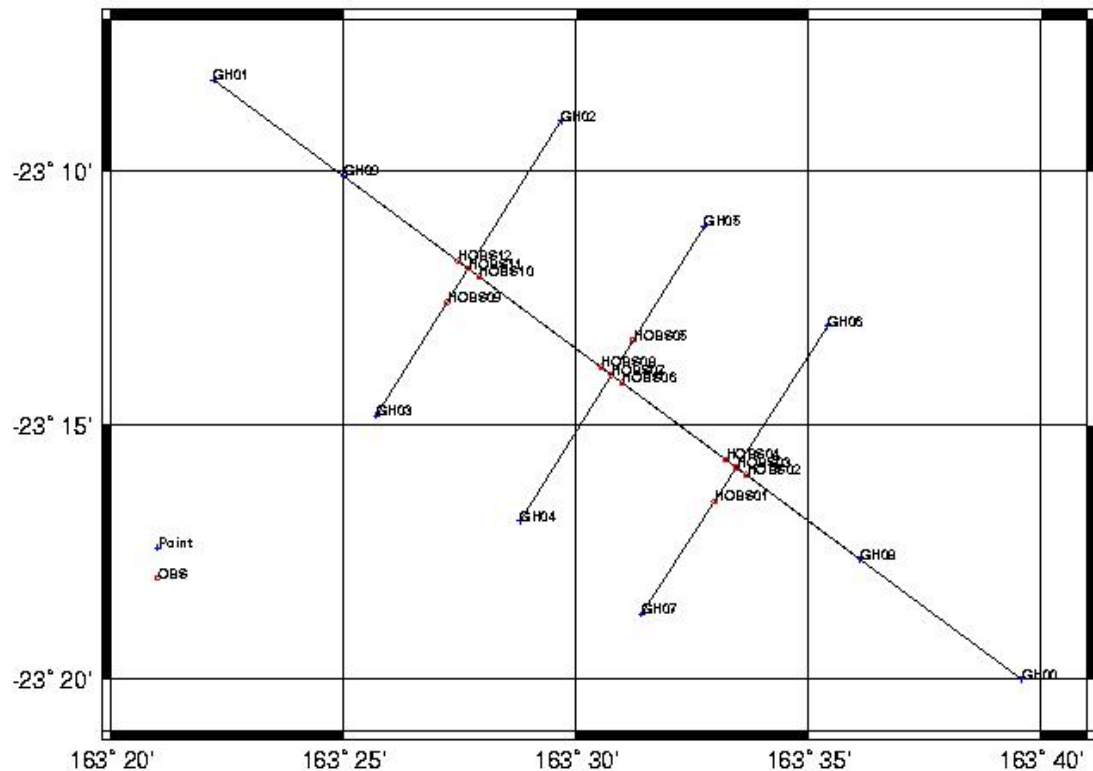


Fig. VI.2. 1 : Positions des profils de sismique réflexion et positions optimales des OBS sur le fond

<i>Point</i>	<i>latitude</i>	<i>longitude</i>
GH00	-23.33333	163.65993
GH01	-23.13649	163.36995
GH02	-23.15000	163.49461
GH03	-23.24685	163.42834
GH04	-23.28131	163.48001
GH05	-23.18468	163.54605
GH06	-23.21757	163.59030
GH07	-23.31194	163.52336
GH08	-23.29392	163.60197
GH09	-23.16824	163.41667

Tableau VI.2. 1 : Positions des débuts et fin de profil

VI.2.3. Déploiement OBS et tirs sur OBS

Rappel de la configuration d'acquisition en sismique réflexion grand angle

œMême source que profils SMT

œ12 OBS groupés par 4 sur 3 “sous-chantiers” (1/ discordance, 2/ flanc du dôme, 3/ dôme).La position des OBS sur les profils de sismique réflexion HR est détaillée dans le volume 2 de ce rapport en **Annexe E**.

œéchantillonnage 1 ms

œ4 composantes

œpré-amplis 500 Hz

VI.2.4. Points de largage

Les profils de sismique réflexion et les profils OBS ont été réalisés en deux opérations distinctes. Afin que la position des instruments sur le fond corresponde au mieux à leur position optimale sur les profils de sismique réflexion, une estimation de la dérive des instruments lors de leur descente sur le fond, a été réalisée. Les positions de largage ont été calculées en fonction des positions optimales et de la dérive.

<i>Point</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
HOBS01	-23.27486	163.54964
HOBS02	-23.26622	163.56110
HOBS03	-23.26374	163.55750
HOBS04	-23.26117	163.55368
HOBS05	-23.22207	163.52045
HOBS06	-23.23595	163.51640
HOBS07	-23.23333	163.51266
HOBS08	-23.23077	163.50899
HOBS09	-23.20968	163.45374
HOBS10	-23.20113	163.46518
HOBS11	-23.19842	163.46136
HOBS12	-23.19595	163.45764

Tableau VI.2. 2 : Positions optimales sur le fond

<i>Action</i>	<i>début</i>	<i>fin</i>
Profil SMT GH00 -> GH01	02/10/04 6h17	02/10/04 10h20
Giration GH01-> GH02		
Profil SMT GH02-> GH03	02/10/04 13h29	02/10/04 15h14
Giration GH03-> GH04		
Profil SMT GH04 -> GH05	02/10/04 16h41	02/10/04 18h26
Giration GH05-> GH06		
Profil SMT GH06-> GH07	02/10/04 19h43	02/10/04 21h47
Mise à bord flûte et canons		
Mise à l'eau des OBS HOBS01, HOBS05, HOBS06 et Estimation de dérive	03/10/04 02h01	03/10/04 06h10
Mise à l'eau des autres OBS Sippicans (HOBS03 et HOBS11)	03/10/04 06h18	03/10/04 08h55
Mise à l'eau canons		
Tirs sur OBS (GH09-GH08-GH07-GH06-GH05-GH04-GH03-GH02)	03/10/04 10h36	03/10/04 20h17
Mise à bord canons		
Récupération OBS	03/10/04 20h29	04/10/04 0h24

Tableau VI.2. 3 : Récapitulatif des opérations

VI-3/ Traitement des données

VI-3.1) Sismique réflexion

Un traitement à bord des données a été réalisé. Nous avons utilisé une géométrie d'acquisition constante et ré-échantillonné les données à 2ms. Ce traitement n'est donc pas optimal, mais il a permis de contrôler la qualité des données acquises, et d'avoir à bord des sections migrées pour une interprétation préliminaire.

La séquence de traitement est détaillée dans la **figure VI-3-1**

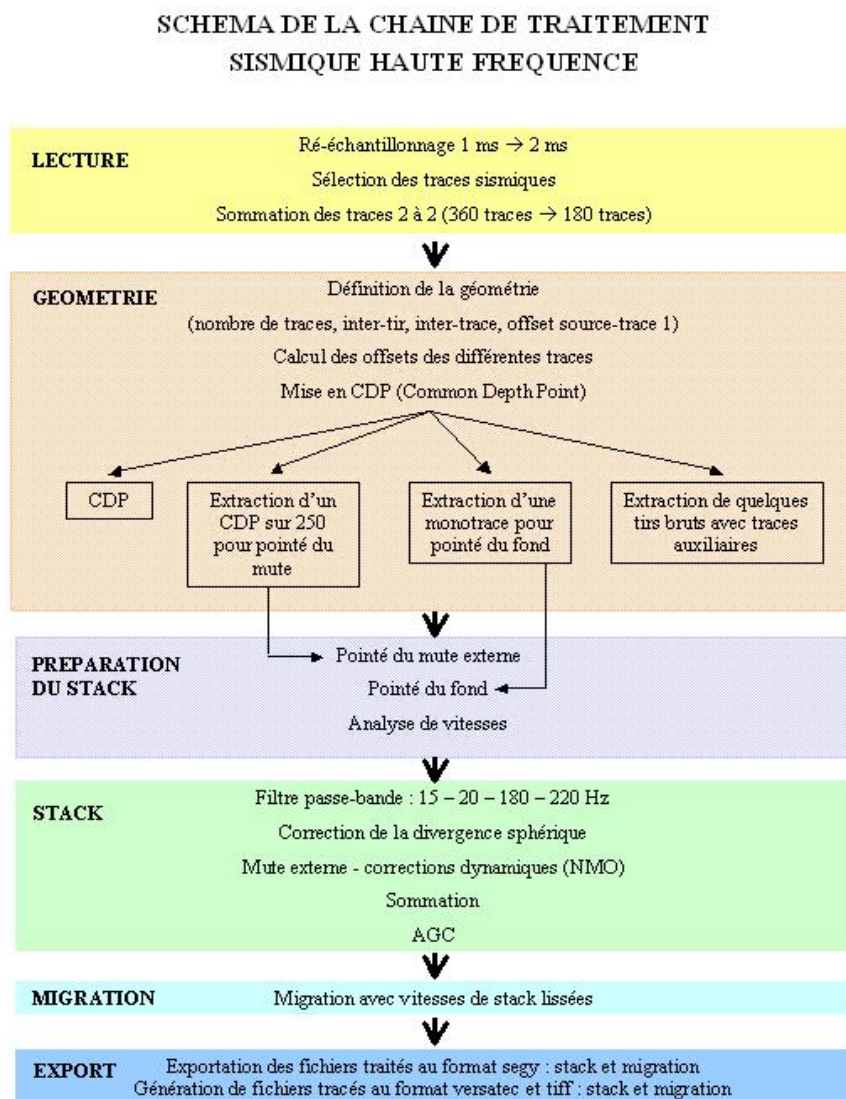


Fig. VI.3. 1 : Chaîne de traitement de la sismique Haute Résolution

VI-3.2) Données OBS

Les données OBS n'ont pas été traitées à bord : la construction d'un modèle de vitesse demande un traitement préliminaire de la navigation (relocalisation précises des OBS et des tirs), et une synchronisation très précises des tirs. Ces opérations ne sont pas réalisables dans un temps limité.

La qualité des données a toutefois été contrôlée (**figures VI-2-2 à VI-3-7**).

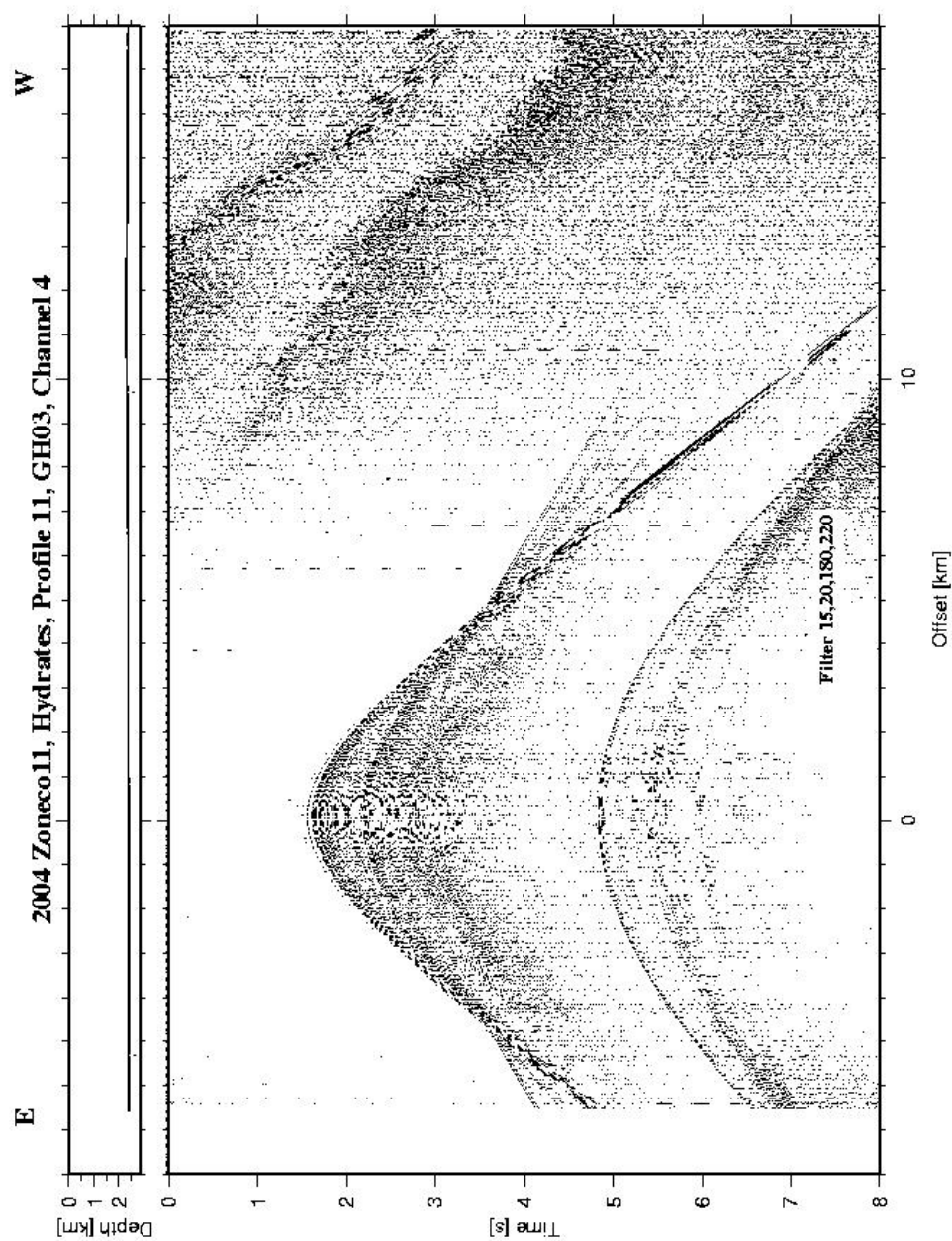


Fig. VI.3. 2 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS03, profil GH08-GH09

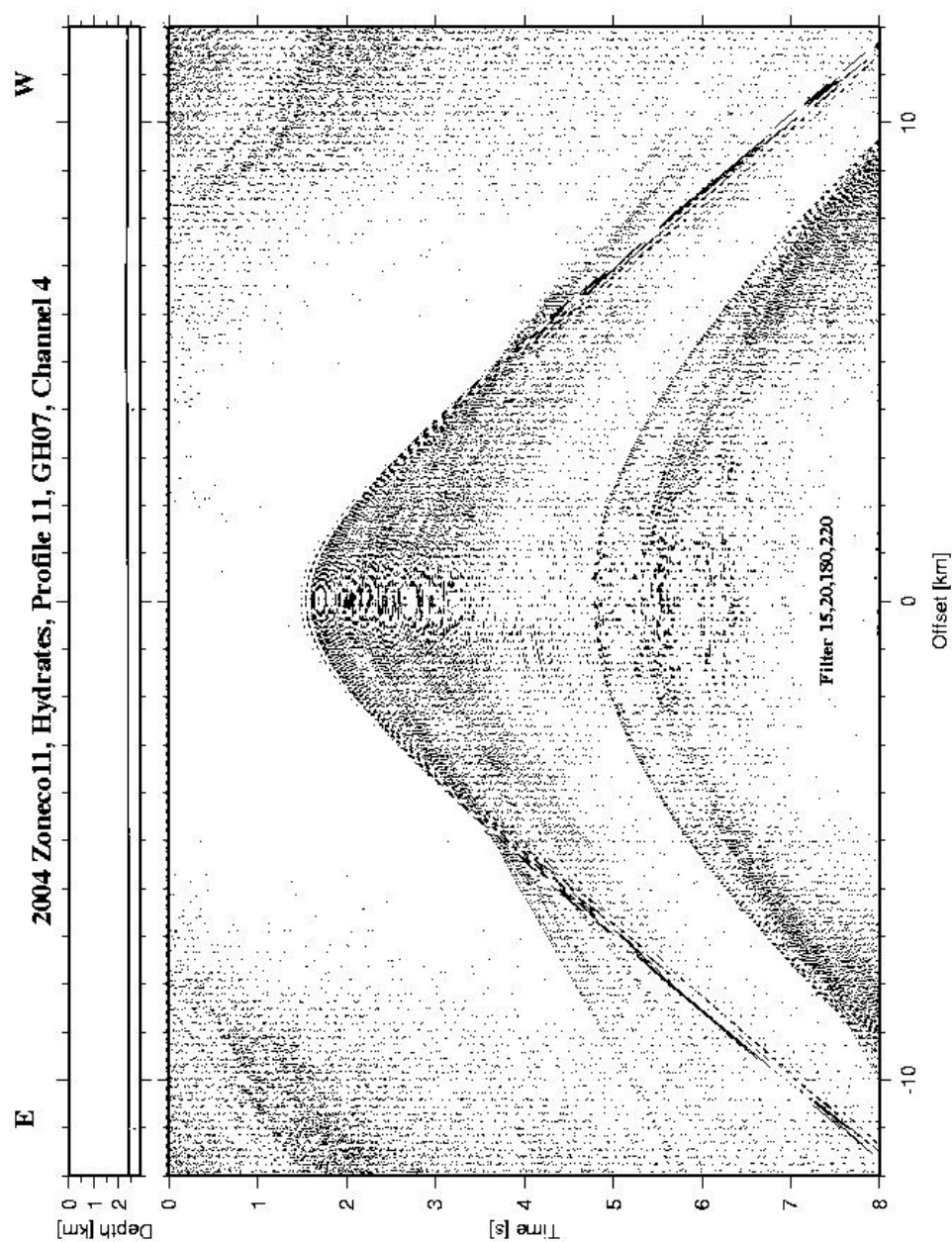


Fig. VI.3. 3: Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS07, profil GH08-GH09

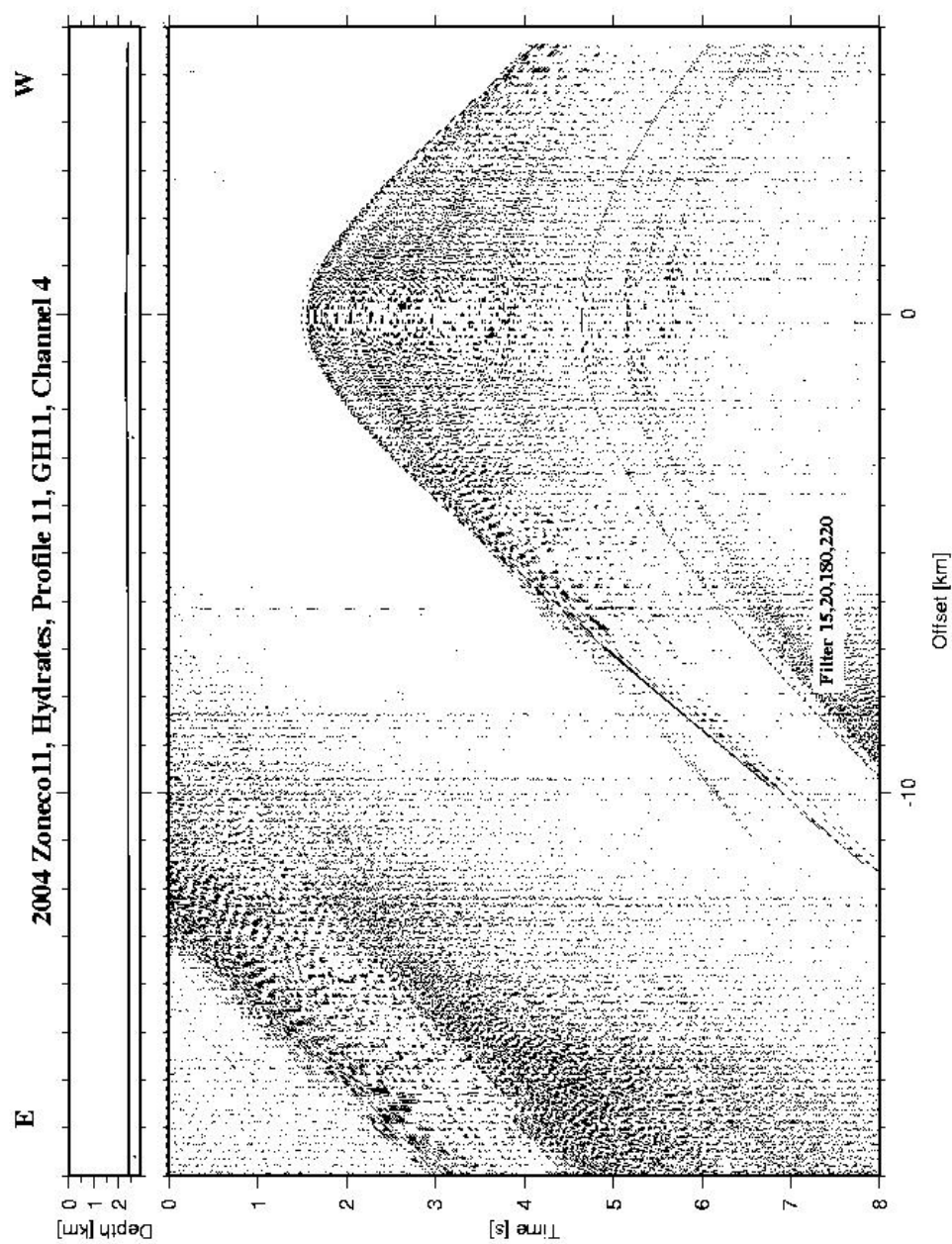


Fig. VI.3. 4 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS11, profil GH08-GH09

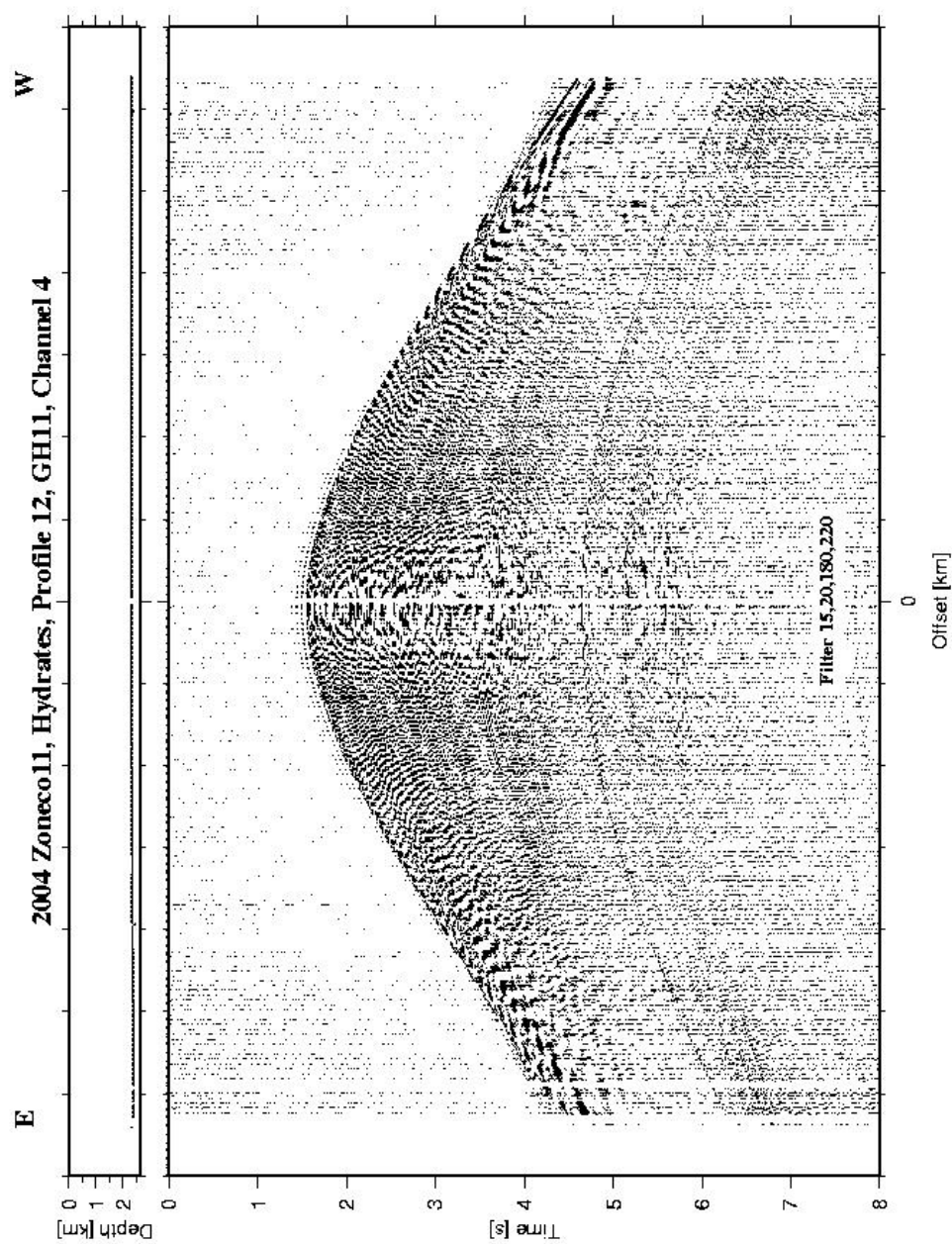


Fig. VI.3. 5 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS11, profil GH02-GH03

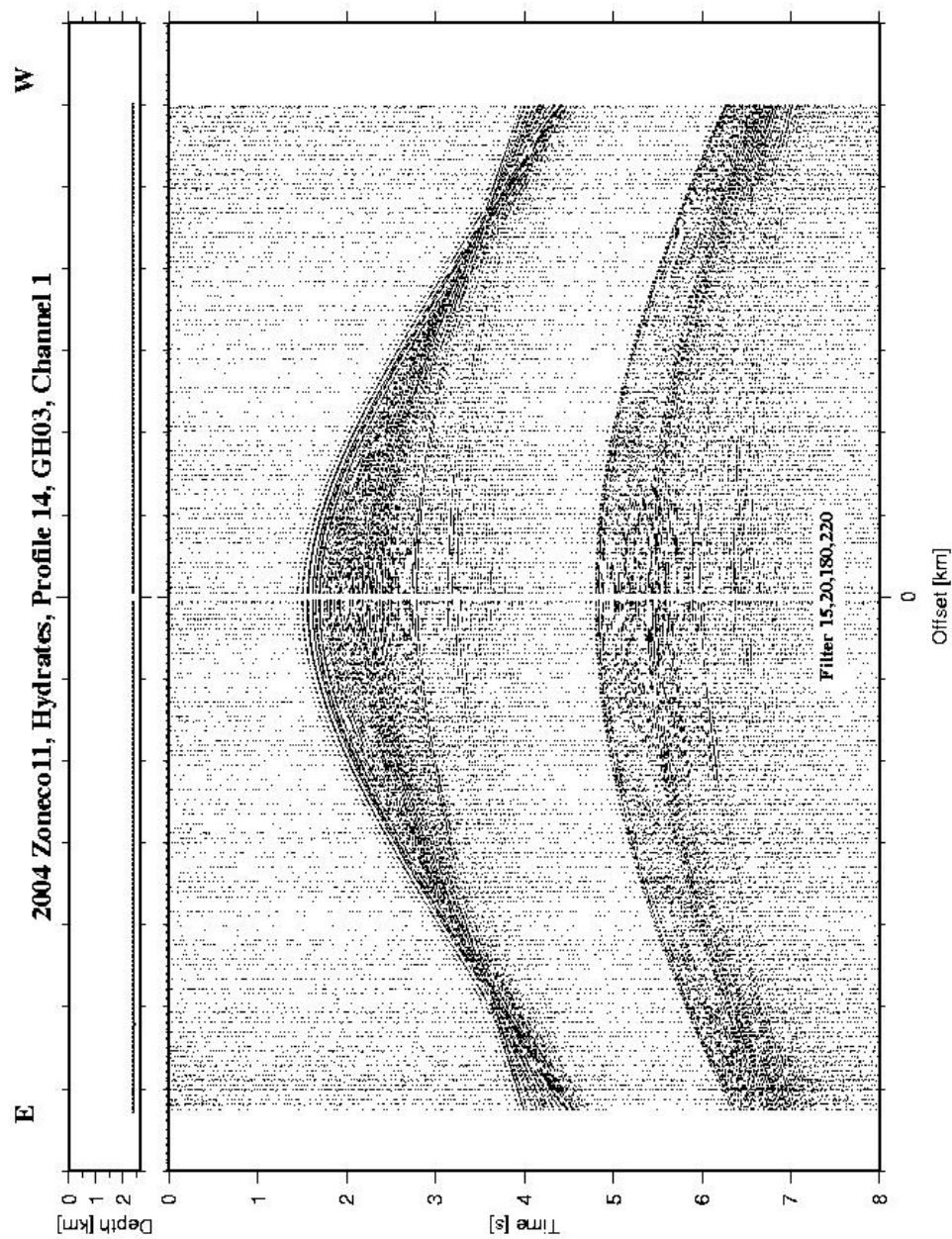


Fig. VI.3. 6 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS03, profil GH06-GH07

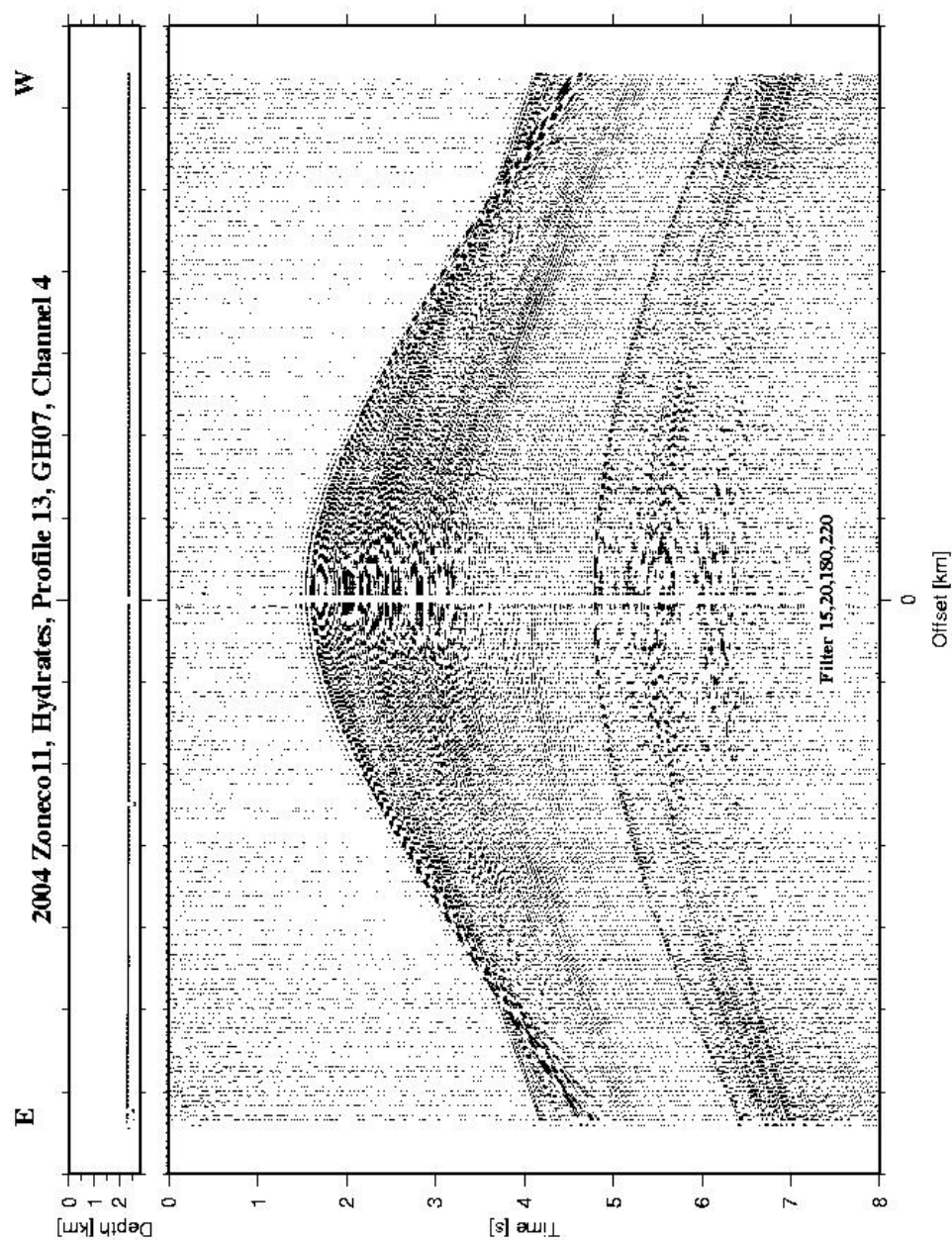


Fig. VI.3. 7 : Enregistrement de la composante verticale sur l'instrument HOBS07, profil GH04-GH05

VI-4/ Premiers résultats

Aussi bien les données de sismique réflexion que celles enregistrées sur les OBS sont d'excellente qualité. La pénétration atteinte est largement supérieure à deux secondes. Cette très bonne pénétration s'explique en particulier par les conditions de mer idéales lors de l'expérience.

Afin d'illustrer le gain en résolution obtenu avec la sismique haute résolution, par rapport à la sismique basse fréquence, une image d'une structure identique est présentée en sismique basse fréquence (**figure VI-4-1**) et en sismique haute résolution (**figure VI-4-4**).

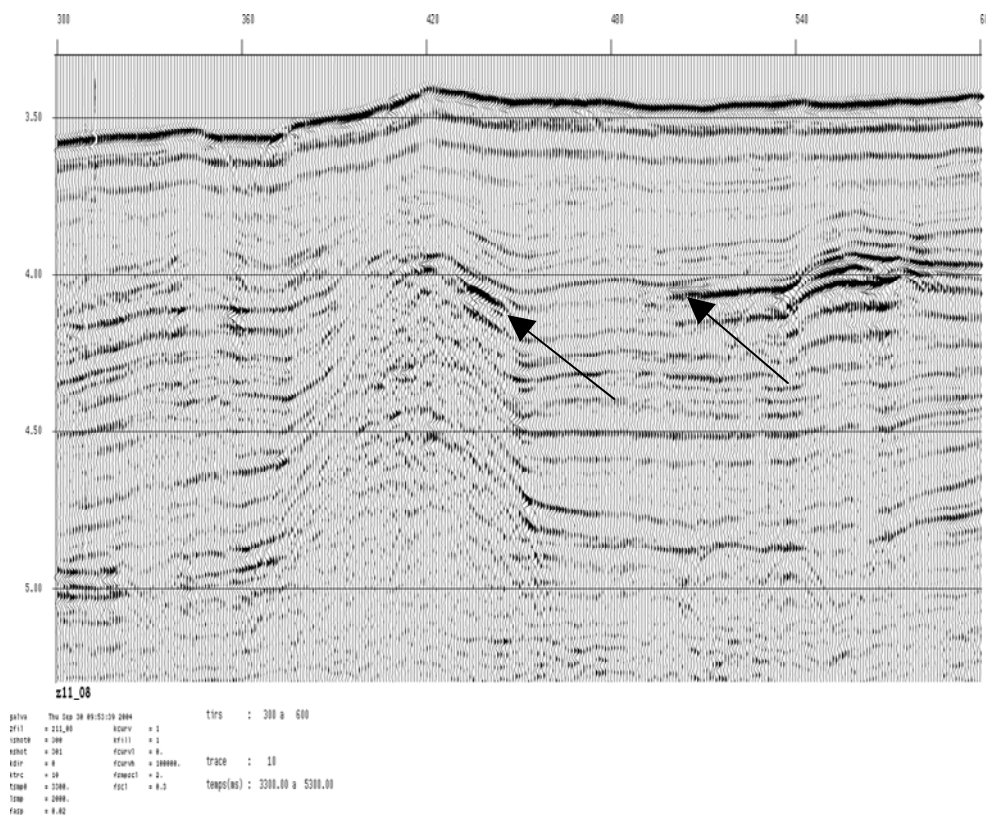


Fig. VI.4. 1 : Structure en dôme sur le profil basse fréquence Z11_08b.

Bien que la résolution soit médiocre, on note un réflecteur de type “BSR”, parallèle au fond, et qui présente des anomalies d'amplitude (repérées par les flèches).

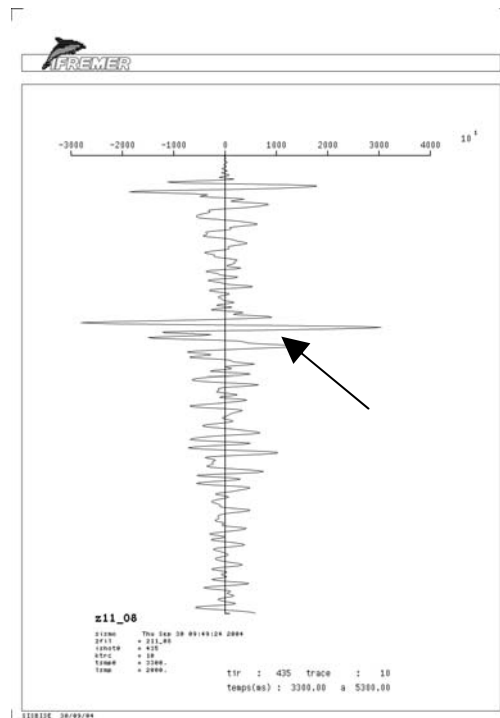


Fig. VI.4. 2 : Représentation d'une trace du profil précédent, au niveau d'une anomalie d'amplitude. Noter la forte amplitude de l'anomalie (amplitude supérieure à l'amplitude du fond de l'eau). La phase du signal est difficile à déterminer (peut être en raison d'interférences entre deux réflecteurs, la résolution de cette sismique étant médiocre).

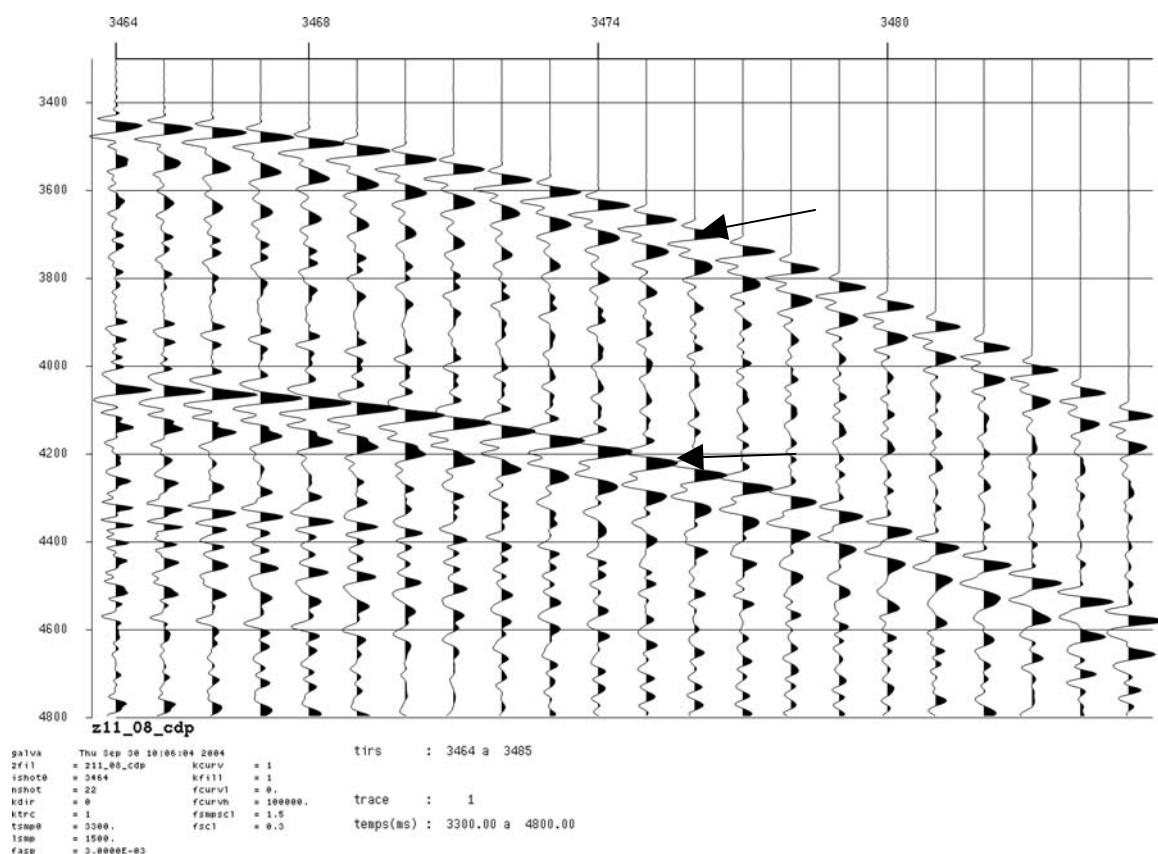
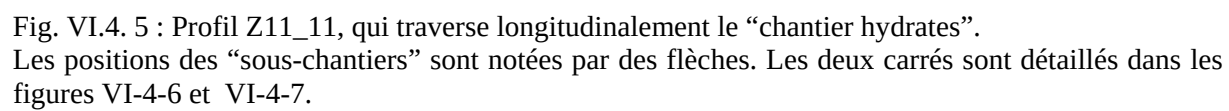


Fig. VI.4. 3 : Représentation d'un CDP du profil précédent, au niveau d'une anomalie d'amplitude. Noter la forte amplitude de l'anomalie (amplitude supérieure à l'amplitude du fond de l'eau). La phase du signal est difficile à déterminer (peut être en raison d'interférences entre deux réflecteurs, la résolution de cette sismique étant médiocre).



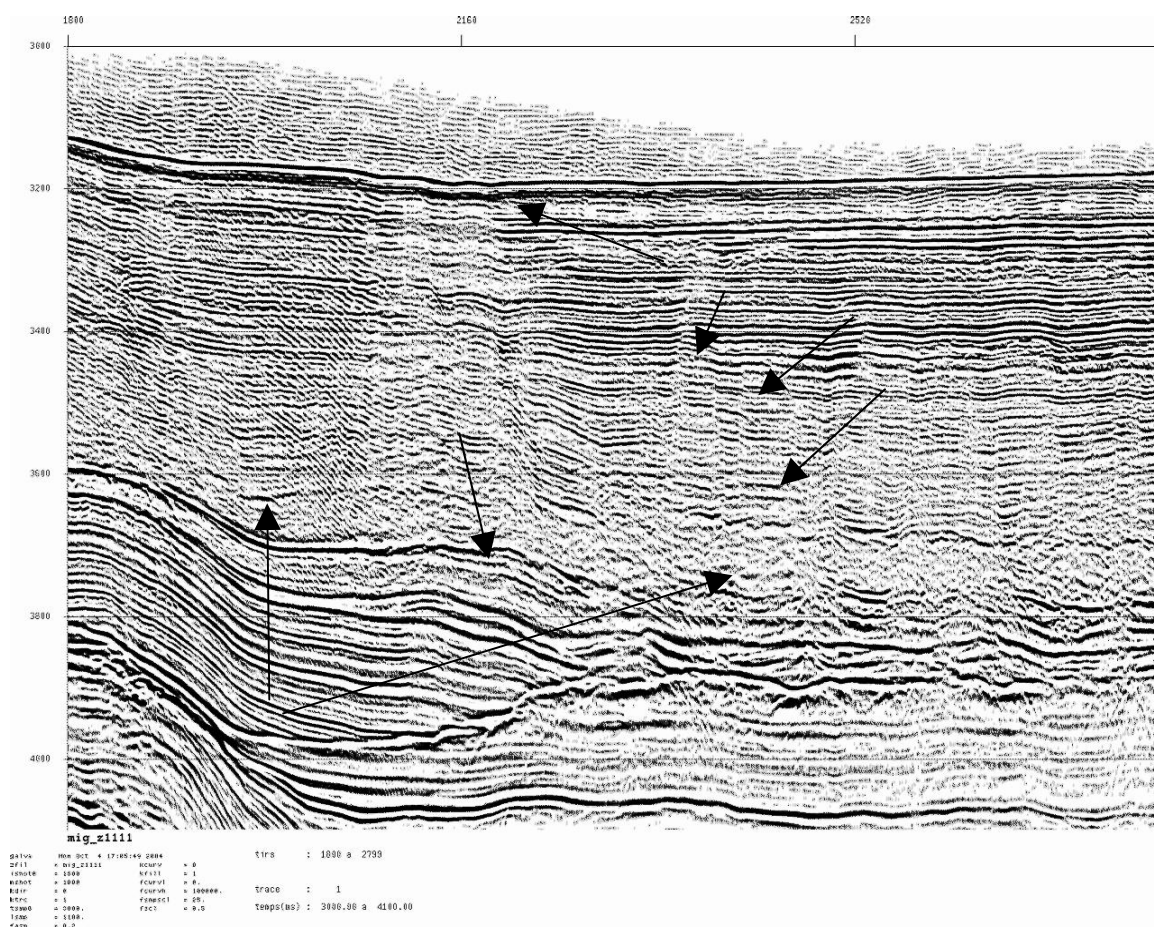


Fig. VI.4. 6 : Détail de la gauche du profil Z11_11, qui traverse longitudinalement le “chantier hydrates”.

On fait sur cette figure les mêmes observations que sur l'extrait du profil Z11_09 présenté en figure VI-4-4 :

On note :

- que les sédiments sont affectés par de nombreuses failles depuis le fond de l'eau jusqu'à une profondeur d'environ 300 ms temps double.
- Sous ces sédiments faillés, on note une zone où la réflectivité est très atténuée
- au toit de cette zone, un réflecteur discontinu : alternance de fortes amplitudes, parfois en inverse de phase par rapport au fond de l'eau, et d'amplitudes plus faibles (jusqu'à disparition parfois du réflecteur). Ce réflecteur semble affecté par les failles.
- Environ 150 ms sous ce réflecteur, un second réflecteur, d'amplitude relativement forte, de même phase que le fond de l'eau. Ce réflecteur limite souvent la zone de réflectivité atténuée, mais peut aussi être surmonté de “paquets” de réflecteurs de plus faible amplitude.

On observe de plus qu'un réflecteur de forte amplitude semble recouper les séries sédimentaires (double flèche). Lorsqu'il recoupe ces séries, il semble suivre parfois la stratification sédimentaire sur une courte distance.

La continuité des séries sédimentaires à travers ce réflecteur peut être discutée : en effet, le caractère bien lité et réflectif des séries au dessus du réflecteur, change dès que les séries le traversent. Toutefois, cette continuité est souvent très plausible (marqueurs ronds).

VII – LES AUTRES DONNEES

VII.1) Les données de « potentiel »

C'est ainsi que l'on désigne les données concernant les variations du champ de pesanteur ou gravimétrie et celles du champ magnétique.

VII.1.1) Acquisition des données de magnétisme

Les données magnétiques ont été enregistrées à partir d'un magnétomètre à protons à polarisation dynamique du type « Sea Spy » de Marine Magnetics (Cf. **Vol.2 de ce rapport, Annexe G**). Comme tous les magnétomètres à protons, ces appareils ont l'immense avantage de donner une mesure absolue du Champ Magnétique Terrestre (CMT). Les « sea-spy » sont gréés de deux manières : soit en « magnétomètre marin » classique au bout d'un câble de 300m de long de manière à diminuer très notablement la perturbation magnétique induite par le bateau, ils peuvent alors être tractés à la vitesse de route du bateau (~ 11 nœuds ou plus), soit en « queue » de flûte sismique pour éviter que la remorque simultanée d'une flûte sismique de plusieurs kilomètres de long et d'un magnétomètre marin classique ne risquent de s'emmêler. Dans ce dernier cas la vitesse de traction, imposée par la flûte, est de l'ordre de 5 nœuds. Dans le premier cas il s'agit de restituer la navigation du magnétomètre à partir de la position du bateau décalée de la longueur de remorque. Dans le deuxième cas la queue de flûte est positionnée par un GPS différentiel situé sur la bouée de queue qui remorque à son tour le magnétomètre au bout d'un câble de 50 mètres. Les « puristes » décaleront la navigation de la bouée de queue de 50 m pour obtenir celle du magnétomètre.

Remarque : *Il convient ici de souligner que le gréement d'un magnétomètre en queue de flûte sismique pour éviter le risque d'emmêlement est une solution retenue depuis longtemps sur les flûtes utilisées par la Marine américaine et commercialisées par EGG-GEOMETRICS. Une expérience du même genre a été réalisée durant la campagne Dakhla en accrochant par un simple bout, le MAP (Magnétomètre Autonome Polyvalent) de DRO/GM à la bouée de queue. Ce dispositif a donné satisfaction mais ne permettait la récupération des données qu'à la remontée de la flûte. Le dispositif qui a donné entière satisfaction durant ZONECO11 s'inscrit dans l'effort permanent de collecte simultanée du maximum de données géophysiques : la flûte utilisée n'ayant pas été construite pour être équipée d'un capteur supplémentaire, l'équipe en charge de la sismique multitraces de GENAVIR a utilisé l'énergie de la bouée de queue pour alimenter le magnétomètre et une paire de conducteurs de secours pour remonter l'information par modem. Cette solution n'avait encore jamais été testée en mer et de ce point de vue on peut considérer cet essai comme un coup de maître.*

Les utilisateurs finaux recommandent de pérenniser ce dispositif en l'intégrant définitivement dans le système « flûte multitraces » par l'affectation des moyens nécessaires.

Les données sont enregistrées par le logiciel TECHSAS (TECHnical and Scientific sensors Acquisition System) toutes les deux secondes. Elles sont reprises par CARAIBES ou par des logiciels utilisateur pour fusionner une fois par minute les données de la navigation et du champ magnétique (ou de la pesanteur). Pour ces deux paramètres, Carabes permet de retrancher le « champ théorique » du champ mesuré ce qui est la définition d'une anomalie. Le champ magnétique théorique est calculé par un développement en harmoniques sphériques des polynômes de Legendre jusqu'à l'ordre 10 : c'est l'IGRF (International Geomagnetic Reference Field). On dispose ainsi, à une date donnée de 1900 à 2000, d'une image du CMT en tout point de la surface du globe entre 0 et plusieurs kilomètres d'altitude. Au cours du 20^{ème} siècle les coefficients des polynômes de Legendre étaient moins bien déterminés et les développements restaient d'ordre très inférieurs. Les données acquises entre 2000 et 2005 seront « provisoirement » référencées par rapport à l'IGRF jusqu'à ce que l'IAGA (International Association of Aeronomy and Geomagnetism) publie les coefficients définitifs qui couvriront la période 2000-2005 et qui permettront de calculer le DGRF (Definitive Geomagnetic Reference Field) et ainsi de suite de 5 en 5 ans pour tenir compte de l'évolution dans le temps du CMT. Malgré l'ordre de ses développements et la précision de la détermination de ses coefficients, l'image du CMT, dans une région de plusieurs centaines de kilomètres de côté comme celle étudiée durant cette campagne, peut être significativement différente de la moyenne des mesures. Si l'on veut alors présenter une carte où les anomalies positives et négatives sont équilibrées il convient de retrancher aux mesures une

correction supplémentaire calculée en général selon une régression linéaire de la latitude et de la longitude.

VII.1.2) Interprétation des données de magnétométrie

Les résultats magnétiques existant, rassemblés et représentés sous forme de carte (Champollion 2001 ; Lafoy *et al.*, in press) couplés aux résultats de la campagne Zonéco11 permettent de remarquer que la zone couverte est caractérisée par de fortes anomalies magnétiques (de l'ordre de plusieurs centaines de nT) linéaires, sub-méridiennes à NO-SE dont les positives correspondent en gros, d'Est en Ouest, aux rides de Norfolk, de Nouvelle Calédonie, de Fairway et de Lord Howe et les négatives aux bassins intermédiaires (**Fig. VII.1.2.1**). Au sein des ensembles hauts et positifs, on suit aisément des linéaments magnétiques qui rappellent par leur amplitude, leur longueur d'onde et leur corrélation dans l'espace, des anomalies océaniques de type Vines et Matthews. Cependant les données de sismique réfraction (cf. ce rapport, § V) et des considérations géologiques antérieures ne laissent planer aucun doute sur l'origine continentale des rides. Il faut donc en conclure qu'il existe une relation indiscutable entre des régions hautes et fortement aimantées et des régions basses et peu aimantées. La nature de cette relation et le type de roches qui peut en être responsable reste à discuter mais la structuration générale de la zone dans les directions décrites se retrouve à plus petite échelle au sein de cette structuration générale. Ce point devra être retenu pour une explication tectonique de la région. Contrairement au bassin de Fairway ou de Calédonie ouest, le bassin de Nouvelle Calédonie (Nord et Sud) est caractérisé par deux anomalies faibles (inférieures à 50 nT) plutôt négatives, qui s'organisent suivant deux linéaments grossièrement parallèles à l'axe du bassin. Cette organisation n'avait jamais été signalée précédemment probablement à cause de la modestie de ses manifestations (du second ordre par rapport aux anomalies des rides ou du bassin de Fairway). Les données de sismique réflexion et de réfraction (cf. ce rapport, § V) aussi bien dans la partie Nord que Sud, tendent à montrer que le centre du bassin a de fortes chances d'être océanique. Cette interprétation est en accord avec les données magnétiques, mais la faiblesse de l'amplitude des anomalies suppose soit une mise en place de la croûte océanique à une époque sans inversion du CMT (les anomalies de faibles amplitudes n'étant alors dues qu'à des variations d'intensité du dipôle géomagnétique). La période calme du crétacé moyen serait un bon candidat comme pourrait l'indiquer des considérations géologiques tirées de la continuité sismique de séquences datées ailleurs (cf. ce rapport, § IV), soit une ouverture très lente sans production magmatique et l'origine des anomalies pourrait être recherchée dans la serpentinitisation du manteau supérieur capable de créer des « anomalies floues » (B.Sichler, com.pers.).

Sans s'étendre sur l'origine de ces anomalies il faut remarquer qu'elles ne semblent pas continues du Nord au Sud : elles disparaissent sur une cinquantaine de km autour de 23°S latitude qui marque le changement général d'orientation, NW-SE au nord de 23°S et pratiquement N-S au Sud. On remarque en outre qu'un décalage de 10 à 20 km vers l'Est des anomalies du nord par rapport à leurs homologues du sud est perceptible à cette latitude. Celles du Sud subissent en outre, un étranglement vers 26° S qui réduit leur distance au tiers de ce qu'elle était (une bonne trentaine de km) jusque vers 24°40' S comme si l'ouverture avait été plus faible dans cette région.

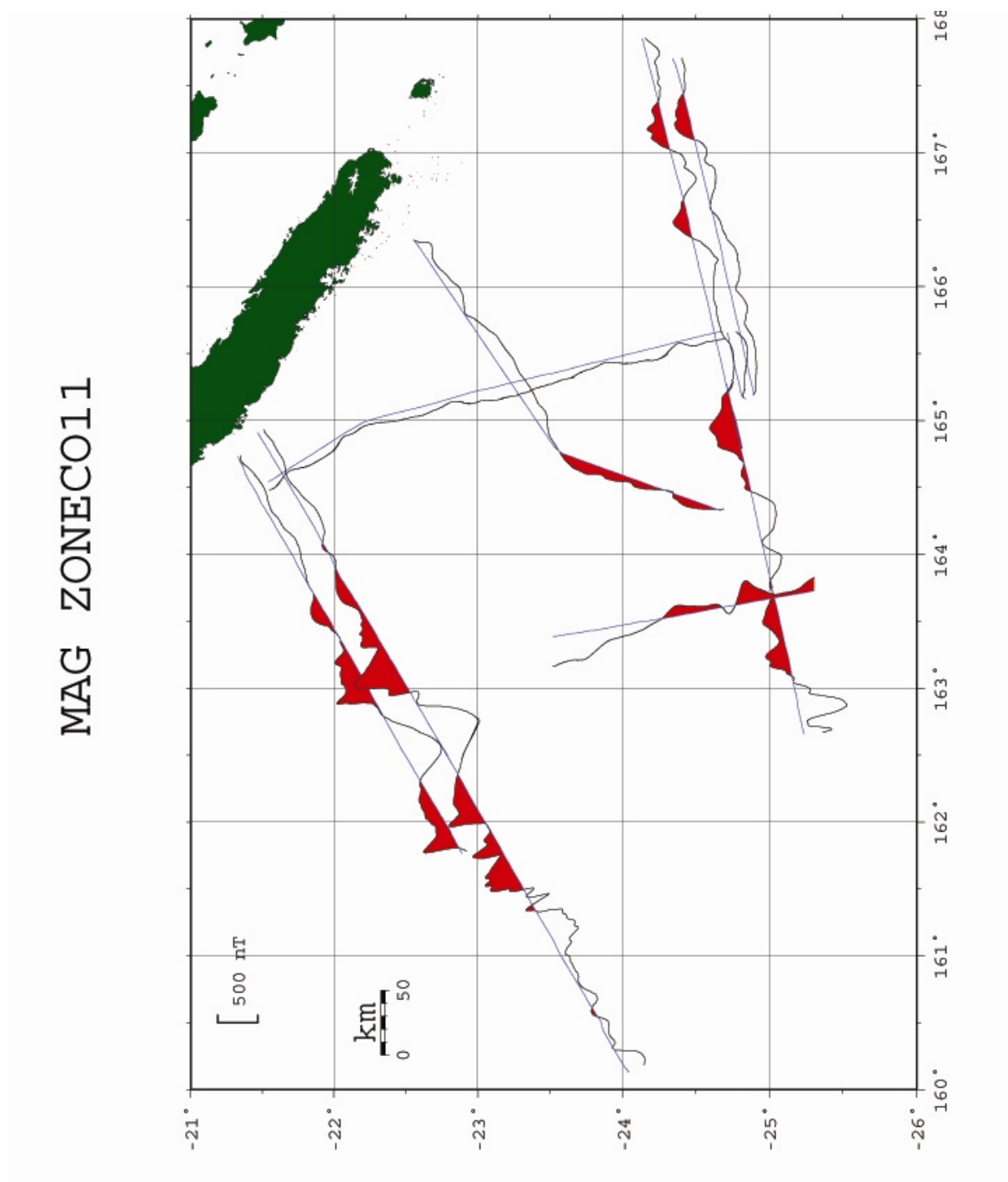


Fig. VII.1.2. 1 Carte des anomalies magnétiques de la zone d'étude

VII.1.3) Acquisition des données de gravimétrie

La mesure des variations du champ de gravité sur une plateforme mobile se déplaçant sur une sphère tournante et soumise en plus à des accélérations pouvant atteindre cent mille fois les valeurs à mesurer relève d'un défi que plusieurs constructeurs ont néanmoins relevé : « Bodense Werke » en Allemagne qui a stoppé sa construction de gravimètres marins il y a une bonne dizaine d'années et « Lacoste et Romberg » aux USA, rejoint il y a quelques années par Lockheed-Martin qui a repris l'activité de la Bell Corporation dans ce domaine. Le gravimètre à bord de l'Atalante, un « BGM5 » (**Cf. Vol.2 de ce rapport, Annexe H**), provient de cette fusion scientifico-industrielle. Les fiches de rattachement du gravimètre sont présentées en volume 2 de ce rapport, en **Annexe I**. Le principe du BGM5 réside dans la lévitation magnétique d'un petit solénoïde pesant, entre deux électro-aimants, asservi par un système à contre réaction pour rester immobile par rapport à son support malgré les variations de pesanteur. Les variations de courant nécessaires au maintien de la position du solénoïde sont une mesure relative du champ de pesanteur. Le gravimètre est installé sur une table stabilisée maintenue horizontale par des boucles d'asservissement contrôlées par un gyromètre et deux accéléromètres horizontaux. Le gyromètre permet de garder une direction fixe dans l'espace mais qui implique un basculement par rapport à la verticale, de 15°/heure dû à la rotation terrestre. Ce basculement est détecté par les accéléromètres qui s'y opposent par une autre boucle d'asservissement. Le couplage de l'action du gyromètre et des accéléromètres permet ainsi de disposer d'une « verticale instantanée » et d'une « verticale moyenne » qui sont pratiquement confondues quand la vitesse du bateau est stabilisée : aux changements de cap ou de vitesse la mesure de la pesanteur est perturbée par l'écart entre la « verticale vraie » et la « verticale de la table ».

Un mobile se déplaçant sur une sphère est soumis aux accélérations de Coriolis et centrifuge respectivement proportionnelle à la composante nord de sa vitesse et au carré de sa vitesse. La détermination de la gravité fait donc intervenir ces corrections liées à la vitesse et au cap du bateau appelées « correction d'Eötvös » (**Cf. Vol.2 de ce rapport, Annexe H**). Les accélérations verticales parasites dues aux vagues et à la houle peuvent atteindre des valeurs considérables mais elles sont censées être de moyenne nulle quand elles sont intégrées sur un temps suffisamment long. Un filtre passe bas à plusieurs étages traite les données brutes du capteur avec des constantes de temps qui peuvent être augmentées en fonction de l'état de la mer.

Dans chaque port de quelque importance un point précis, souvent un point géodésique, est associé à une mesure de gravité faisant office de point de référence. Un gravimètre de terrain est installé sur le quai à proximité immédiate du bateau et ensuite au point de référence pour y mesurer la gravité. Compte tenu de la différence d'altitude entre le gravimètre du quai et du BGM5, on peut ainsi « rattacher » la mesure sur le bateau à une valeur de la gravité et estimer sa dérive entre deux escales. Ce qui se traduit, après l'arrivée au port, par une correction supplémentaire de dérive que l'on considère comme linéaire du temps. Le BGM5, contrairement aux gravimètres classiques à ressort et après des débuts difficiles, ne dérive plus que faiblement. Le logiciel TECHSAS assure le couplage entre les données de navigation et les mesures pour le calcul des corrections et le stockage des données.

L'anomalie gravimétrique « à l'air libre » représente la différence entre les mesures du BGM5 corrigées d'Eötvös et de sa dérive et le champ théorique calculé à partir des coordonnées géographiques. Généralement, et ce sera le cas pour la campagne ZoNéCo11, « l'anomalie à l'air libre » est préférée à celle de Bouguer qui rajoute une correction liée à la profondeur d'eau.

L'acquisition de ces données de gravimétrie étaient importante car de fortes anomalies gravimétriques ont été signalées dans les bassins de Fairway et de Nouvelle-Calédonie (Lafay *et al.*, in press) :

- Le segment Nord du bassin de Fairway orienté NW-SE au nord de la latitude 24°30'S est caractérisé par une forte anomalie gravimétrique positive. En raison de l'absence d'anomalies magnétiques marquées et de la présence de la discontinuité de Mohorovicic à une profondeur de 15km, Lafay *et al.* (in press) interprètent cette forte signature gravimétrique comme résultant de la présence d'un manteau hydraté et serpentinisé, sous-jacent à une croûte continentale étirée et amincie, en accord avec la récente modélisation gravimétrique proposée (Hahn, 2001). En extrapolant leurs interprétations vers le Sud à l'aide de la carte des anomalies gravimétriques à l'air libre (Hahn, 2001), ces mêmes auteurs concluent que le bassin de Fairway se prolonge vers le Sud jusqu'à l'extrémité Nord du plateau du Challenger (Nouvelle- Zélande), jusqu'au sein du bassin de Taranaki. Ce dernier correspondrait donc à

la terminaison méridionale du bassin de Fairway plutôt qu'à celle du bassin de Nouvelle-Calédonie comme jusqu'à présent décrit.

- Le segment Sud du bassin de Nouvelle-Calédonie, orienté WNW-ESE au Sud de 22°45'S, est lui aussi souligné par une forte anomalie gravimétrique positive liée à la présence d'une ride enfouie, large de 10 km. Cette dernière est marquée en magnétisme par une série d'anomalies orientées NNW-SSE. Lafoy *et al.* (in press) interprètent cette ride comme le probable ancien axe d'accrétion du bassin de Nouvelle-Calédonie.

A partir de l'analyse de la carte des anomalies gravimétriques à l'air libre (Hahn, 2001), l'affinité océanique (ou intermédiaire) de la croûte du segment Sud du bassin se limiterait à la portion du bassin comprise entre les latitudes 23°S et 27°15'S (Lafoy *et al.*, in press). La terminaison orientale de la faille SW-NE "en échelon" mise en évidence par ces auteurs, est interprétée comme une zone de découplage individualisant, au nord et au sud de 23°S, les segments NW-SE et NNW-SSE du bassin de Nouvelle-Calédonie caractérisés respectivement par une croûte continentale amincie et une croûte océanique ou intermédiaire. Au sud de 27°15'S, la nature continentale amincie de la croûte du bassin a en effet été décrite.

VII.1.4) Interprétation des données de gravimétrie

La carte des anomalies gravimétriques à l'air libre obtenue permet de confirmer les signatures positives des bassins de Fairway et de Nouvelle-Calédonie (**Fig. VII.1.4.1**).

Le premier présente une forte signature gravimétrique qui décroît légèrement depuis le Nord (22°30'S) jusqu'au Sud (25°45'S).

Le second présente des anomalies à l'air libre marquées du Sud (25°45'S) jusqu'à 22°10'S, latitude au Nord de laquelle la signature devient négative. Ce changement de signature correspond à la présence du graben N-S identifié dans la partie Nord du profil Z11_04. Ce dernier, large de 10 km à une profondeur de 8,5 à 9 std, est caractérisé par un important remplissage sédimentaire (4 std).

Les rides de Lord Howe et Norfolk sont caractérisées par de fortes anomalies positives.

La ride de Fairway est bien marquée en gravimétrie dans sa partie Nord (22°30'S), sa signature s'amenuisant vers le Sud en raison son ennoïement.

Dans la partie sud-est du levé, la ride Ouest Calédonie et le bassin Ouest Calédonien sont peu marqués du point de vue gravimétrique.

GRAVI ZONECO11

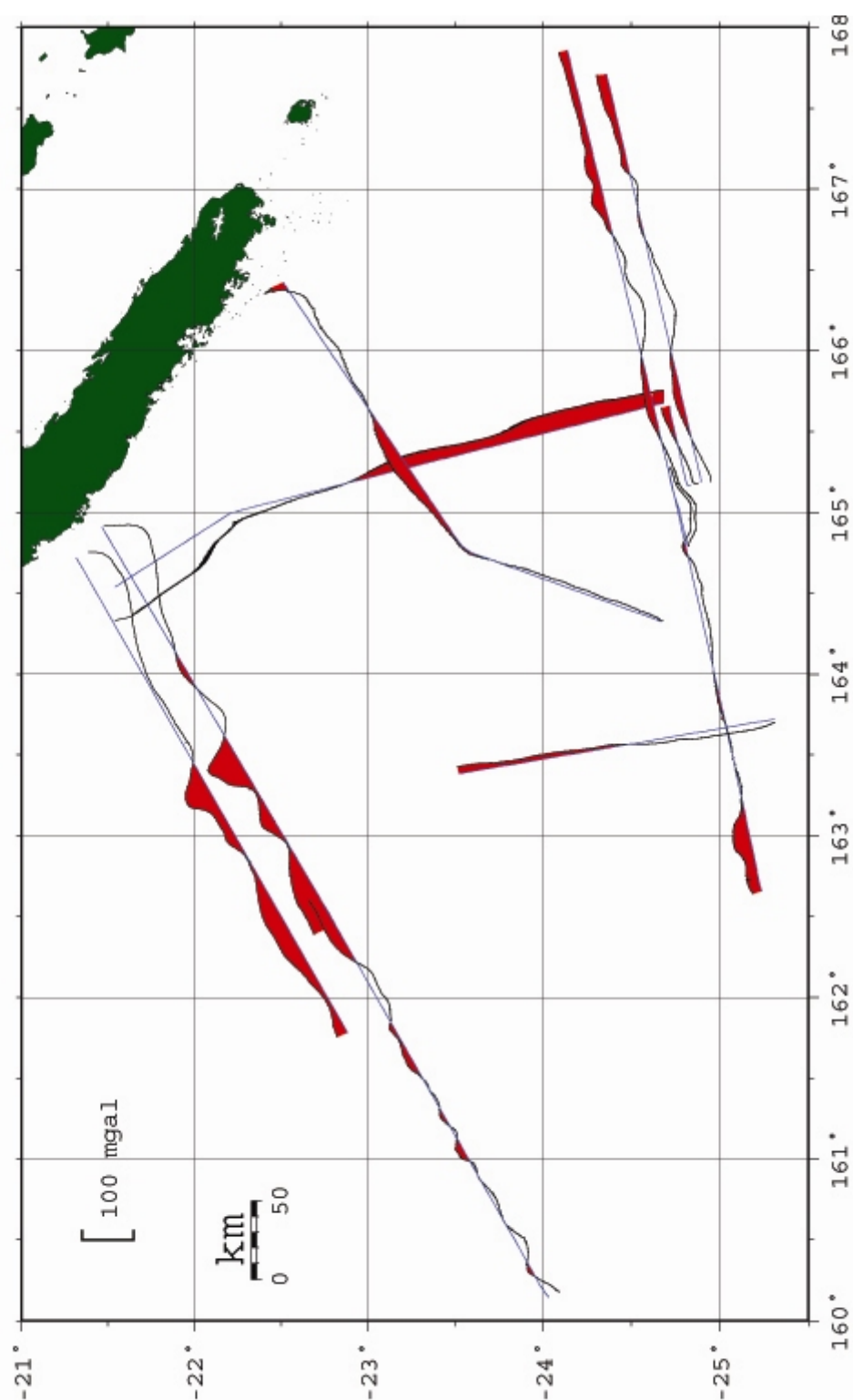


Fig. VII.1.4. 1 Carte des anomalies gravimétriques à l'air libre de la zone d'étude

VII.2) Les données de bathymétrie

La sismique multitraces étant l'équipement prioritaire de la mission, compte tenu du fait qu'une vitesse maximum de 5 nœuds est possible durant l'acquisition de cette donnée, le sondeur bathymétrique multifaisceaux EM12 DUAL de L'Atalante n'a pas été utilisé. Ce dernier nécessite en effet des vitesses de levés comprises entre 8 et 10 nœuds.

Seul le faisceau vertical du sondeur a été enregistré.

VII.3) Les données d'océanographie physique

Les données d'océanographie physique (températures, courants, salinité de la tranche d'eau comprise entre 0 et -800 m.) ont été enregistrées durant le levé sismique.

VIII - RESULTATS PRELIMINAIRES

Ces résultats, issus de l'interprétation à bord de l'ensemble des données de la campagne ZoNéCo 11 sont préliminaires. Synthétisés dans une publication (Lafoy *et al.*, en préparation), ils sont présentés ci-dessous. Les résultats définitifs de la campagne n'interviendront qu'après traitement final et interprétations détaillées des données à terre.

VIII.1) INTERPRETATION DES DONNEES DE SISMIQUE REFLEXION DE LA MISSION ZONECO 11

Les observations géologiques des précédentes campagnes sismiques, les données nouvelles acquises lors de cette campagne permettent d'élaborer un premier essai d'intégration des différentes données. A ce stade de l'étude **il faut considérer ce modèle plus comme un sujet de réflexion que comme le résultat d'une analyse minutieuse.**

Il faut pouvoir rendre compte des premiers résultats de sismique réflexion qui montrent que la ride de Lord Howe, le bassin et la ride de fairway sont de nature continentale alors que le bassin de Nouvelle-Calédonie a une nature particulière ne correspondant ni à une croûte continentale ni à une croûte océanique classique.

Il faut aussi intégrer autant que faire se peut les épaisseurs sédimentaires et les variations dans le temps des différents dépocentres.

ETAT INITIAL (Figure VIII.1.1a)

On admet une croûte continentale homogène de 30 km d'épaisseur.

DEBUT DE DISTENSION (Figure VIII.1.1b)

Pour rendre compte de la différence de nature de la croûte sous le bassin de Fairway et le bassin de Nouvelle-Calédonie ainsi que la présence de la ride de Fairway et de la ride de Norfolk (ou la Grande Terre), un modèle d'étirement de type Wernicke est envisageable. Le niveau de décollement, à faible profondeur sous le bassin de Fairway s'approfondit sous la ride de Fairway reste profond sous le bassin de Nouvelle-Calédonie pour atteindre le Moho sous la Grande Terre. De façon théorique, si l'on fait jouer ce grand décollement on va créer un bassin de type intra-cratonique sous le bassin de Fairway, une zone stable sous la ride de Fairway et un domaine plus aminci et subsident sous le bassin de Nouvelle-Calédonie. Un déplacement d'un maximum 50 km sur ce niveau de décollement suffirait à expliquer la structure des bassins. Cette valeur est très approximative et demandera d'être précisée.

FIN DE LA DISTENSION (Figure VIII.1.2a)

Cette étape montre la coupe à la fin de la distension avec les épaisseurs de croûte déduites des premières analyses de réflexion. Au niveau de la ride de Fairway, l'étirement est important sur sa bordure orientale et on peut penser que le déséquilibre isostatique va faire remonter la partie orientale de la ride expliquant que les produits de l'érosion se sédimentent principalement dans le bassin de Fairway. Sous le bassin de Nouvelle-Calédonie, l'étirement a été suffisant pour modifier notablement les structures crustales sans pour cela atteindre la stade d'une océanisation complète. Le manteau pourrait être anormal comme le montre les vitesses déduites de la réflexion.

ETAPE POST-EOCENE SUPERIEUR (Figure VIII.1.2b)

A l'Eocène supérieur, la Grande Terre subit une phase compressive très importante en relation avec la mise en place par obduction de la nappe des péridotites (**Figures VIII.1.3 et VIII.1.4**). Cette compression, sensible sur l'ensemble de la Grande Terre se transmet à tout le bloc calédonien qui va avoir tendance à chevaucher sur le bassin de Nouvelle-Calédonie. Cette surcharge tectonique importante sur une croûte amincie provoque la flexuration de l'ensemble du bassin de Nouvelle-Calédonie. Le bassin flexural ainsi créé va se remplir de plusieurs milliers de mètres de sédiments provenant de l'érosion de la Grande Terre.

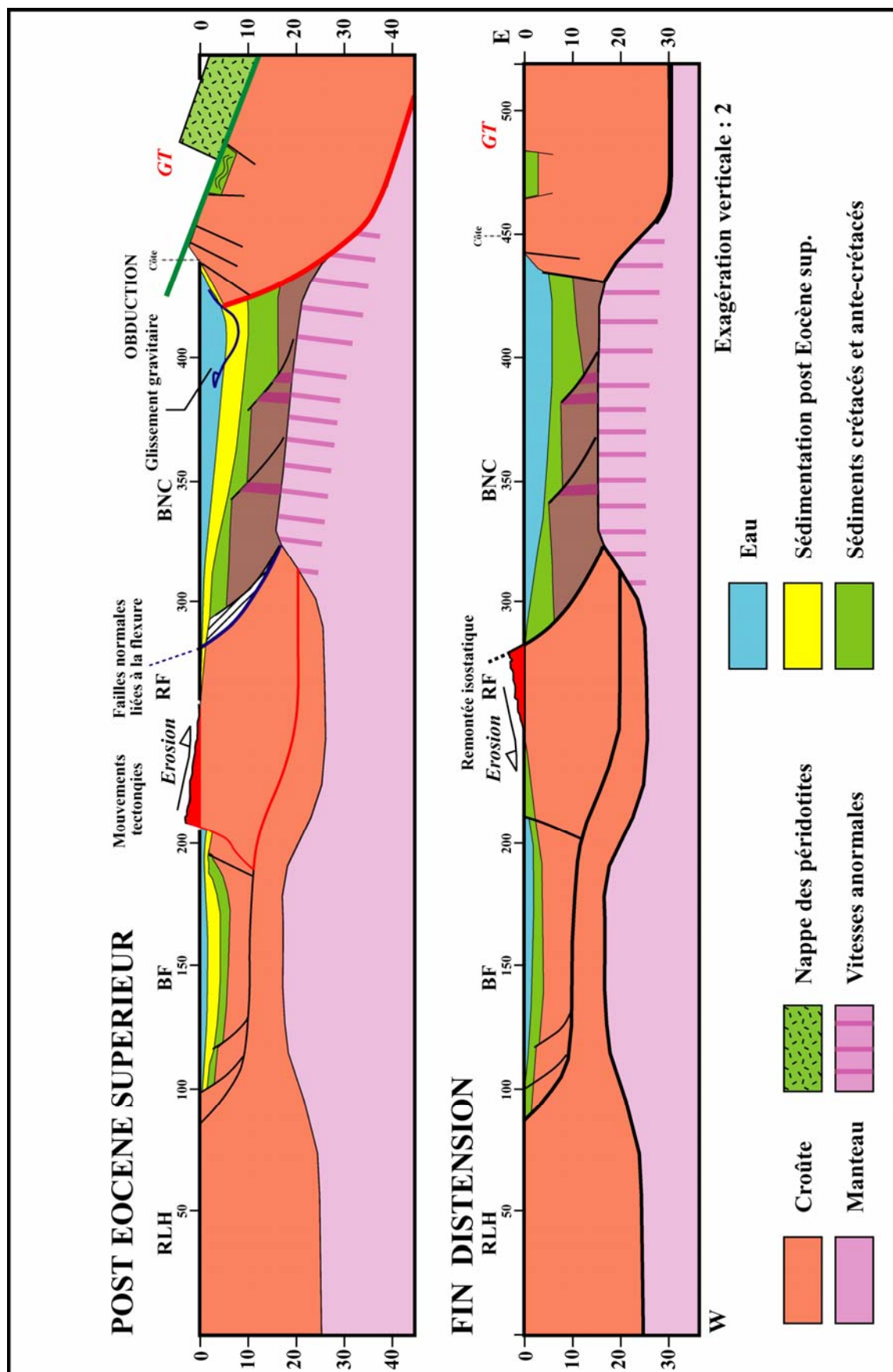


Fig. VIII.1.2 : Coupe schématique de l'évolution des bassins et des rides de l'ouest calédonien (2)

Au niveau du raccord avec la ride de Fairway qui joue le rôle de pivot la flexure se traduit par l'apparition de grandes failles normales. Il faut admettre qu'il existe un certain couplage mécanique entre la Grande Terre, le bassin de Nouvelle-Calédonie et la ride de Fairway pour expliquer que la ride de Fairway subit une légère poussée tectonique vers l'est. Cette poussée a deux conséquences :

- Surélévation de la ride de Fairway créant un relief soumis à l'érosion ; du fait de la dissymétrie du relief créée par le jeu du décollement distensif en inverse, les produits de l'érosion vont majoritairement se sédimenter dans le bassin de Nouvelle-Calédonie. La poussée modeste de la ride de Fairway est suffisante pour comprimer un peu le bassin de Fairway qui acquiert alors sa forme en cuvette.

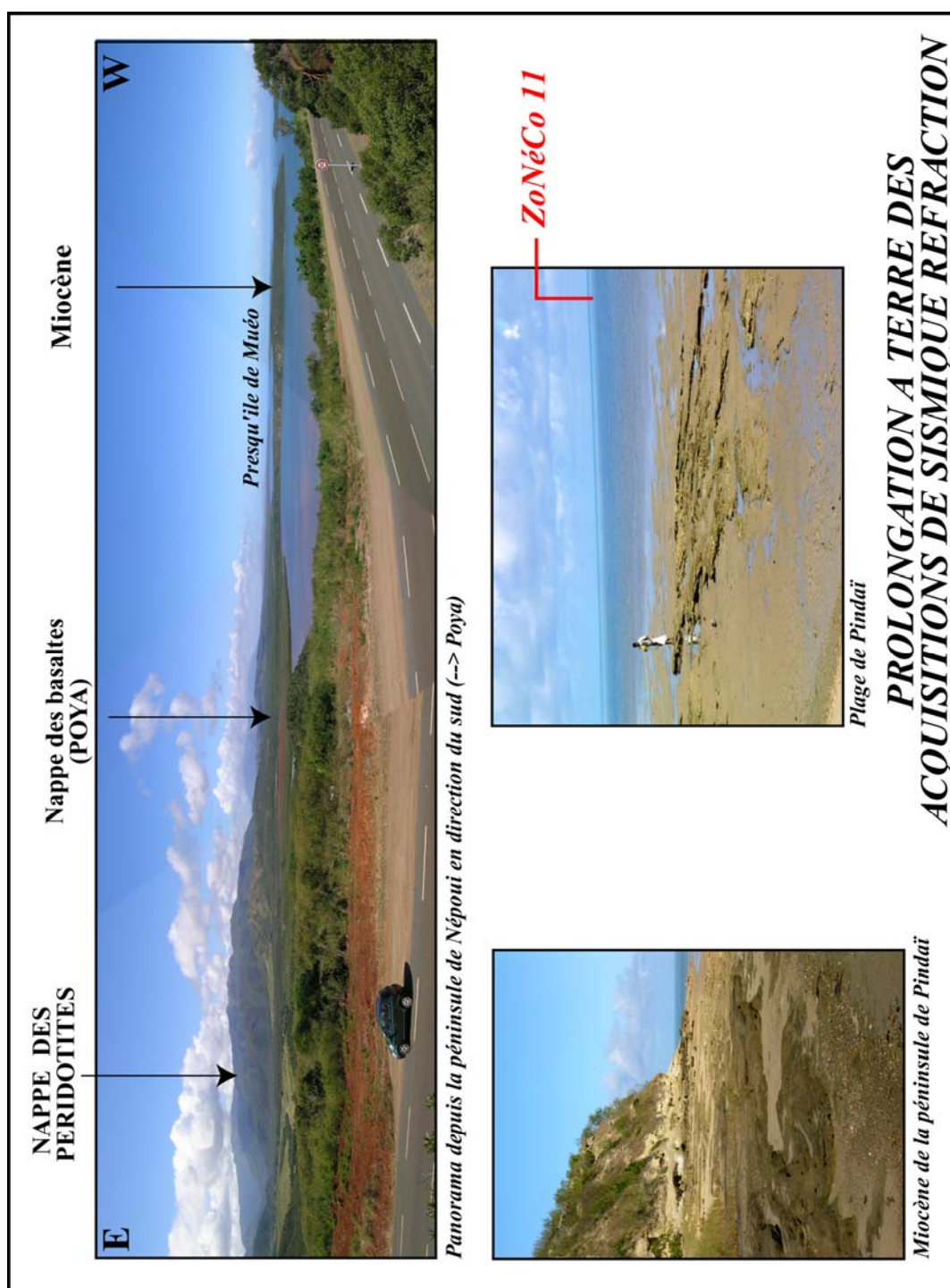


Fig. VIII.1.3 : Panorama géologique au bout du profil Z11-01A

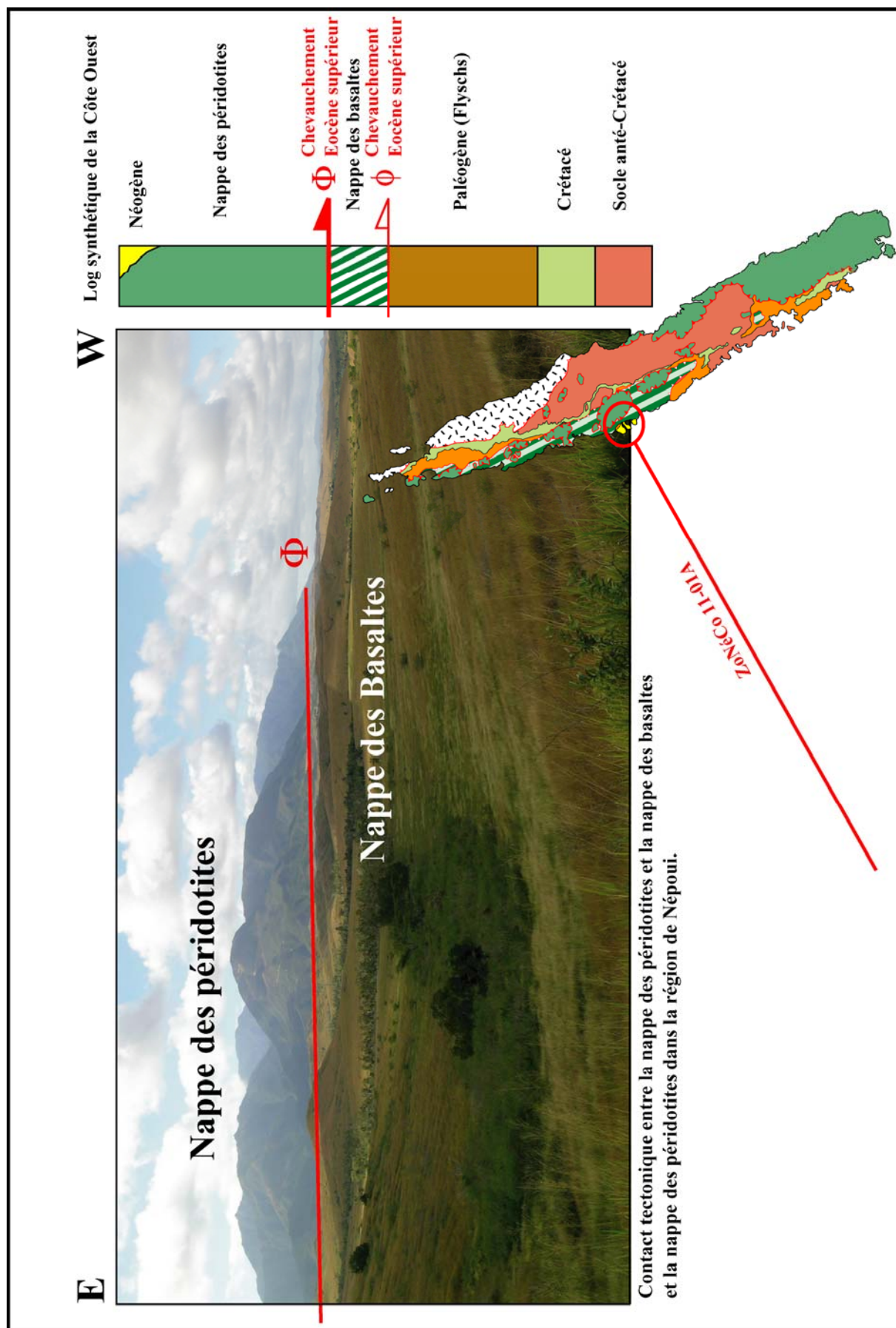


Fig. VIII.1.4 : Charriage de la nappe des péridotites sur la nappe des basaltes

VIII.2 - INTERPRETATION PRELIMINAIRE DES DONNEES DE REFRACTION

VIII.2.1) Profil Nord

Une modélisation préliminaire des données OBS du profil Nord a été réalisée à bord dans le but d'orienter la conduite des opérations pour l'implantation des instruments le long du Profil Sud.

Cette modélisation est sommaire : elle ne tient pas compte des données des stations à terre ; les OBS n'ont pas été relocalisés ; par ailleurs, une trace sur dix seulement a été pointée. Le modèle est peu détaillé ; il comprend moins de couches que le modèle final (le nombre de phases modélisées a été volontairement limité), à savoir : deux couches de sédiments, une couche crustale, une couche mantellique et une couche sub-crustale, de nature inconnue. Le programme utilisé pour le calcul des temps d'arrivées et les tracés de rais a été développé par Colin Zelt (1992). Ci-après, nous énumérons les grands traits structuraux du modèle, qui – au premier ordre - ne devraient pas beaucoup changer après une modélisation plus sophistiquée :

Profondeur du socle / toit de la croûte : Les données de réfraction indiquent que le socle acoustique déterminé par la réflexion ne correspond pas au toit de la croûte. En effet, les données de réfraction montrent l'existence d'une couche située sous ce socle acoustique et caractérisée par des vitesses « sédimentaires » : comprises entre 5 et 5.5 km/s à l'ouest du profil et entre 4.5 et 5 km/s à l'est, dans le bassin de Nouvelle Calédonie. Les données de géologie de terrain obtenues sur l'île de Nouvelle Calédonie indiquent que cette couche pourrait correspondre à des séries sédimentaires anté-Crétacé, qui ont probablement été métamorphisées (faciès schistes verts).

Ride de Lord Howe. L'épaisseur et les vitesses crustales de la Ride de Lord Howe sont bien contraintes par des arrivées réfléchies (PmP) et réfractées (Pn) que l'on peut voir sur quasiment tous les enregistrements, de Z16 à Z30. L'épaisseur est de l'ordre de 20 km environ (le Moho est à 25 km de profondeur) et les vitesses sont comprises entre 6.2 et 7.2 km/s. Ces résultats indiquent clairement que la Ride de Lord Howe est d'origine continentale, confirmant ainsi les conclusions de Shor *et al* (1971).

Bassin de Fairway. Les caractéristiques de la croûte sous le Bassin de Fairway sont également bien contraintes par les données, avec des phases Pn et PmP visibles sur presque tous les enregistrements. L'épaisseur de la croûte sous le Bassin de Fairway est de l'ordre de 12 à 15 km (le Moho est à 20 km de profondeur), et les vitesses sont comprises entre 6 et 7 km/s. Ces résultats indiquent que la croûte sous le Bassin de Fairway est relativement mince, mais de nature continentale .

Ride de Fairway. Les caractéristiques de la Ride de Fairway sont comparables à celles de Lord Howe (profondeur du Moho vers 25 km, épaisseur crustale de l'ordre de 20 km, vitesses entre 6.2 et 7.2 km/s). La Ride de Fairway serait donc bien, comme la Ride de Lord Howe, de nature continentale.

Bassin de Nouvelle Calédonie. Le socle acoustique (déterminé par la sismique réflexion) a tendance à s'approfondir vers l'est, en direction de la Nouvelle Calédonie. En revanche, la couche sédimentaire située sous le socle (avec des vitesses de l'ordre de 4.5 km/s correspondant aux séries anté-Crétacé) a tendance à s'amincir. L'épaisseur crustale sous le bassin est de l'ordre de 10 km, tandis que les vitesses varient entre 6.4 et 7.4 km/s. Par ailleurs, des arrivées réfléchies sur un marqueur profond situé 5 à 8 km sous la base de la croûte, indiquent l'existence d'une couche de vitesse anormale. Cette couche pourrait être soit de la croûte inférieure, soit du manteau supérieur. Dans tous les cas, il apparaît que les structures crustales sous les bassins de Nouvelle Calédonie et de Fairway sont très différentes. Sous le bassin de Nouvelle Calédonie, la croûte ne peut pas être interprétée comme étant de nature continentale. Il s'agirait plutôt d'une croûte qui était « en voie d'océanisation » au moment où la phase de rifting s'est interrompue. La structure sismique observée serait une structure fossile, figée depuis la fin du rifting.

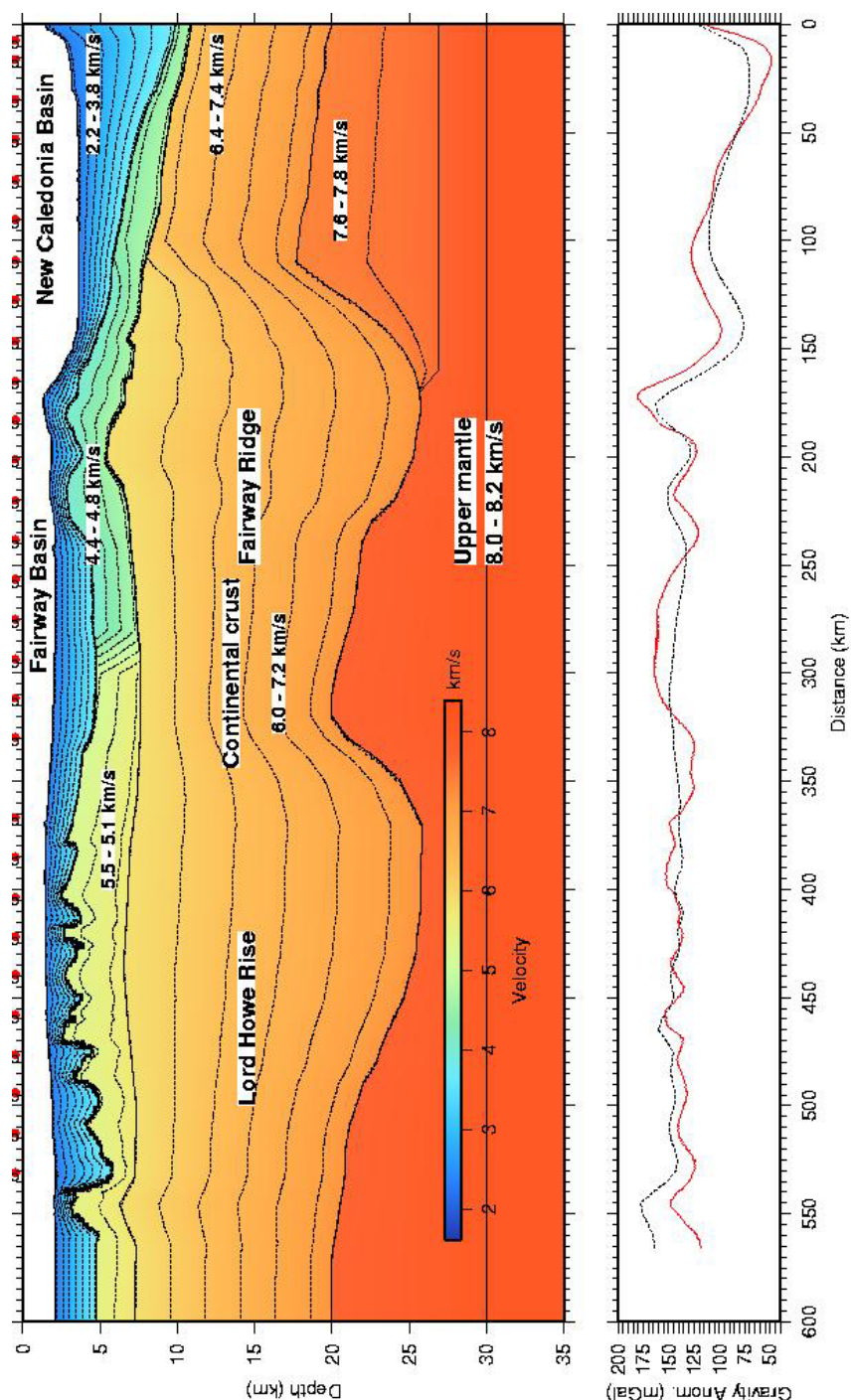


Fig. VIII.2.1. 1 Interprétation préliminaire des données de réfraction OBS le long du profil Nord.

Les couleurs indiquent les vitesses sismiques ; les lignes noires sont les courbes d'isovitesse. La modélisation gravimétrique représentée ici prend en compte la loi de densité vs vitesses de Ludwig et al (1971). Cette loi est utilisée dans le logiciel de Zelt & Smith (1992).

NB : Le modèle de vitesses ci-dessus est PRELIMINAIRE et ne tient pas compte des données des stations à terre. Il est donc susceptible de modifications et ne doit pas être publié ni diffusé.

VIII.2.2) Profil Sud

VIII.2.2.1 Modèle préliminaire de réfraction

La modélisation présentée ici est sommaire. Les OBS n'ont pas été relocalisés ; une trace sur dix seulement a été pointée ; le nombre de phases modélisées a été volontairement limité ; le modèle, peu détaillé, ne comprend que 4 couches ; par ailleurs, il n'est pas contraint par la gravimétrie. Les grands traits structuraux du modèle sont énumérés ci-après :

Profondeur du socle / toit de la croûte : Les données de réfraction indiquent que le socle acoustique déterminé par la réflexion ne correspond pas au toit de la croûte. En effet, les données de réfraction montrent l'existence d'une couche située sous ce socle acoustique et caractérisée par des vitesses « sédimentaires » : comprises entre 5 et 5.5 km/s à l'ouest du profil et entre 4.5 et 5 km/s à l'est, dans le bassin de Nouvelle Calédonie. Les données de géologie de terrain obtenues sur l'île de Nouvelle Calédonie indiquent que cette couche pourrait correspondre à des séries sédimentaires anté-Crétacé, qui ont probablement été métamorphisées (faciès schistes verts).

Ride de Lord Howe. Le profil ne recouvre pas toute la Ride de Lord Howe. La répartition des OBS est telle que seule la partie orientale de la ride a été éclairée par des rais sismiques. Les données confirment les observations faites sur le profil nord, sans pour autant donner des informations sur toute l'épaisseur de la ride. La ride est recouverte d'une couche de 3 km d'épaisseur environ et de vitesses comprises entre 5.0 et 5.4 km/s. Sous cette couche, qui pourrait être interprétée comme des sédiments anté-crétacé, la croûte a des vitesses comprises entre 6.4 et 7.2 km/s. Sous l'OBS 55, le Moho est à environ 20 km et l'épaisseur crustale, de l'ordre de 12 à 14 km environ.

Bassin de Fairway. Les caractéristiques de la croûte sous le Bassin de Fairway sont bien contraintes par les données, avec des phases Pn et PmP visibles sur presque tous les enregistrements. Ce bassin semble être relativement peu aminci par rapport au flanc oriental de la Ride de Lord Howe, avec une épaisseur crustale de l'ordre de 13 à 15. Ces résultats confirment que la croûte sous le Bassin de Fairway serait plutôt de nature continentale.

Ride de Fairway. Les caractéristiques de la Ride de Fairway sont comparables à celles de Lord Howe (profondeur du Moho vers 20 km, épaisseur crustale de l'ordre de 13 à 15 km, vitesses entre 6.2 et 7.2 km/s). La Ride de Fairway serait donc bien de même nature que la Ride de Lord Howe.

Bassin de Nouvelle-Calédonie. La structure crustale du bassin de Nouvelle Calédonie est bien contrainte par des arrivées PmP et Pn enregistrées par les OBS 41 à 45. On distingue une couche supérieure, de 1 à 2 km d'épaisseur et de vitesse comprise entre 5.4 et 5.8 km/s, ainsi qu'une couche d'environ 6 à 7 km d'épaisseur et de vitesse comprise entre 6.4 et 7 km/s, qui surmonte un milieu de vitesse égale à 8.2 km/s. L'existence de cette vitesse rapide (> 8 km/s) d'identifier le manteau sans ambiguïté et de proposer une borne supérieure pour l'épaisseur crustale : celle-ci est à coup sûr inférieure à 9 km environ. Ce résultat est cohérent avec la sismique réflexion multitraces, qui révèle l'existence d'un réflecteur quasi continu sous les Profils 6 et 7, à une profondeur de l'ordre de 2.5 s-twt sous le socle, que nous interprétons comme le Moho. Ces résultats indiquent que la croûte sous les bassins de Nouvelle Calédonie n'est pas de nature continentale, mais bien océanique. Enfin, on notera la topographie extrêmement accidentée du Moho à la limite entre la Ride de Fairway et le Bassin de Nouvelle Calédonie.

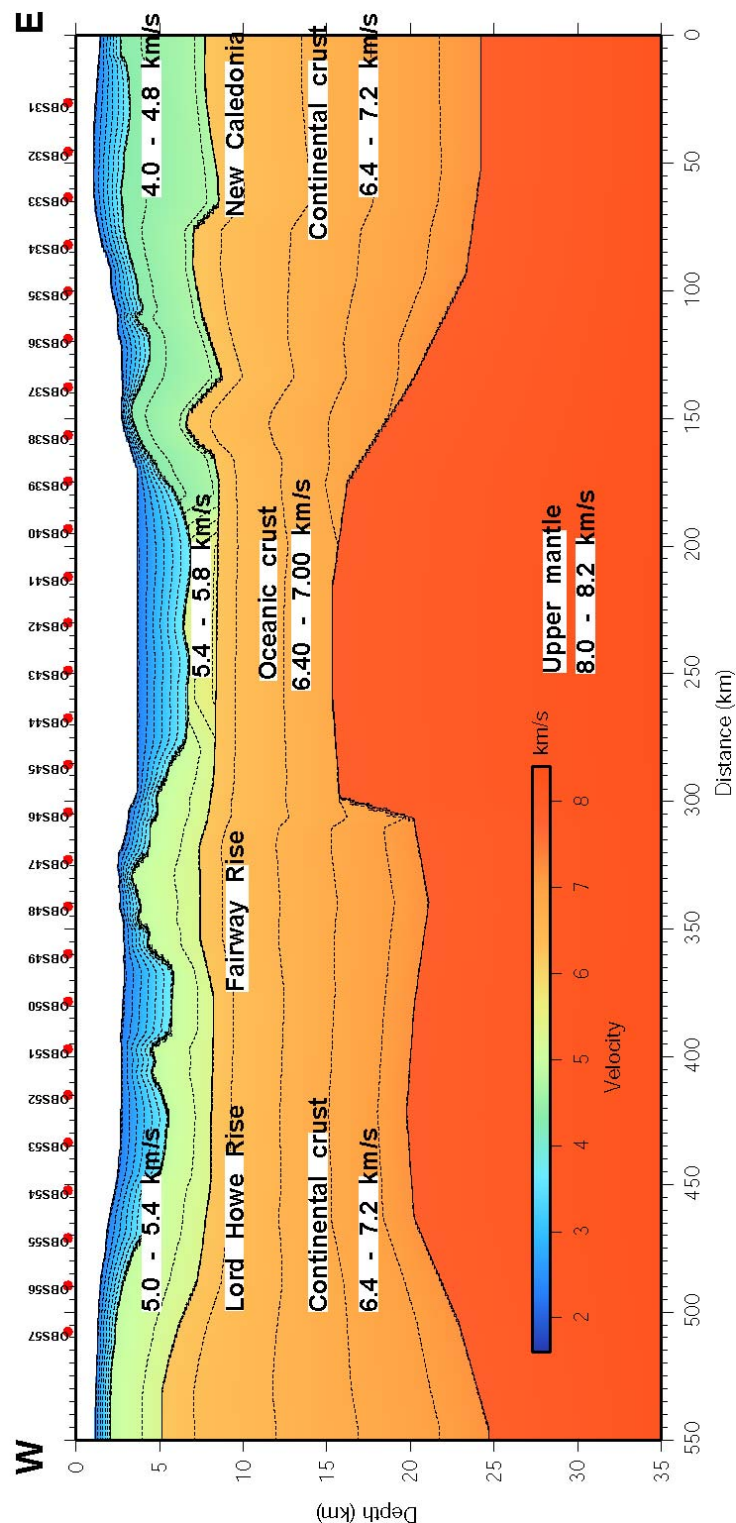


Fig. VIII.2.2. 1 Modèle préliminaire réalisé à partir de l'interprétation des données du Profil Sud. Les couleurs indiquent les vitesses sismiques ; les lignes noires sont des lignes d'isovitesse. Le modèle n'est pas contraint par la gravimétrie (la modélisation gravimétrique est à faire).

Ce modèle préliminaire ne doit être ni diffusé, ni publié

VIII.2.2.2 La nature de la croûte dans le Bassin de Nouvelle Calédonie

Tout au long du profil Z11-04, le toit de la croûte est fortement diffractant. On observe dans la topographie du socle, une succession de hauts et de bas, d'amplitude variable, comprise entre 0.5 et 1 s temps double (**Fig. VIII.2.2.2.1**), qui définissent une segmentation de 60 km de longueur d'onde (la distance entre deux hauts topographiques successifs est relativement constante, de l'ordre de 55 à 65 km).

Les hauts topographiques et les maxima relatifs du profil d'anomalies magnétiques sont systématiquement corrélés. Par ailleurs, on distingue des réflecteurs intra-crustaux caractéristiques, plutôt diffractants, discontinus, mais clairement visibles sur toute la section sismique. A la base de la croûte, on observe une zone fortement réflective qui apparaît soit sous la forme d'un réflecteur simple, soit sous la forme d'une série de réflecteurs, plus ou moins diffractants. Cette zone réflective peut être interprétée comme le Moho.

L'épaisseur crustale, ainsi définie par l'épaisseur entre le toit de la croûte et le sommet du Moho varie entre 1.5 s et 3.25 s temps-double. En considérant une vitesse moyenne de l'ordre de 6 km/s, on trouve que l'épaisseur crustale varie entre 4.5 et 10 km environ. Au nord du profil (croisement avec le profil 1a), sous le graben situé à l'ouest de Grande Terre, on distingue le Moho, à environ 1.75 s temps double sous le socle (ce qui correspond à 5 à 6 km d'épaisseur environ). Au sud de l'accident situé près du CDP 1325, les maxima d'épaisseur crustale sont associés aux hauts topographiques. Sous le haut situé au niveau du CDP 3140, l'épaisseur est maximum (de l'ordre de 3,25 s temps double, soit 10 à 11 km environ).

L'ensemble de ces observations conduit à penser que la croûte sous le profil 04 est très probablement de nature océanique (**Fig. VIII.2.2.2.1**). Les fortes variations d'épaisseur crustale (de l'ordre de 5 à 10 km), ; la segmentation de 60 km de longueur d'onde en une série de hauts et bas topographiques ; l'épaississement crustal au niveau des hauts topographiques et l'amincissement crustal au niveau des hauts ; la corrélation entre les maxima d'anomalies magnétiques et les hauts de socle sont des propriétés caractéristiques que l'on observe à l'axe des dorsales dites « lentes » (demi-taux d'ouverture de l'ordre de 1 cm/an).

Implanté dans l'axe du Bassin de Nouvelle Calédonie, le Profil 04 relie des hauts relatifs, tant topographiques que magnétiques ou gravimétriques, qui pourraient matérialiser la présence d'une dorsale fossile, probablement à taux d'ouverture lent. Cette conclusion est étayée par les profils Z11-06 et Z11-07, perpendiculaires à l'axe du bassin. Sur chacun de ces profils, on retrouve le caractère très diffractant du toit de la croûte. Le long du profil Z11-06, le Moho est relativement plat, situé entre 9 s et 9.5 s twt. sous la surface de l'eau, ce qui donne une épaisseur crustale variant entre 2 et 2,5 s twt. A la base de la croûte, on observe une zone réflective, constituée soit d'un réflecteur simple, soit d'une série de réflecteurs. Un haut de socle d'environ 1 s temps double apparaît au centre du bassin. Sous ce haut de socle, un réflecteur apparaît à 1.8 s, tandis que le Moho est situé à 2.5 s twt sous le socle. Les données du Profil Z11-07 sont moins nettes, à cause du plus faible taux de couverture, mais on retrouve les mêmes observations.

En conclusion, l'analyse des profils de sismique multitraces montre, à elle seule, que la croûte dans le Bassin de Nouvelle Calédonie est très vraisemblablement d'origine océanique. Son épaisseur varie entre 5 et 10 km. L'amplitude ces variations est telle que l'on peut raisonnablement supposer que la croûte a été formée à l'axe d'une dorsale lente, voire ultra-lente. Dans ce cas, les anomalies magnétiques que l'on peut corréler d'un profil à l'autre signent la phase d'accrétion océanique (sea-floor spreading) qui a accompagné l'ouverture du bassin. Le fait que ces anomalies soient de très faible amplitude suggère que l'accrétion océanique pourrait avoir eu lieu au Crétacé pendant la période magnétique improprement appelée « calme », comprise entre 84 et 110 Ma environ.

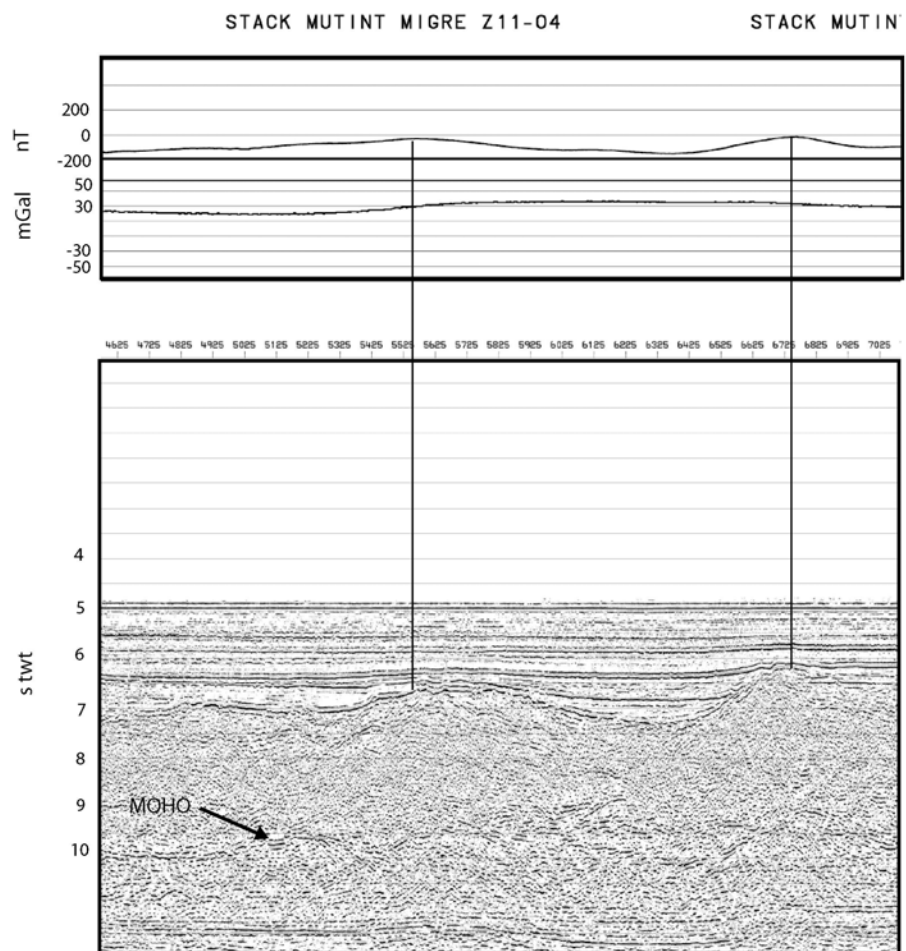


Fig. VIII.2.2. 2 – Extrait du profil Z11-04 avec anomalies gravimétriques et magnétiques. Noter la signature diffractante du réflecteur acoustique et la présence du Moho à une profondeur constante de 9,5 stD

VIII.3 - INTERPRETATION PRELIMINAIRE DES DONNEES DE SISMIQUE HAUTE RESOLUTION

La similarité des observations effectuées dans la zone du “chantier hydrate” et sur le profil Z11_09 indique que les phénomènes observés s'étendent sur une grande partie du bassin de Fairway.

Ces observations concernent :

- Le réflecteur interprété comme un BSR dans le bassin de Fairway

Le réflecteur interprété comme un BSR dans le bassin de Fairway par Auzende *et al.* (2000b) semble pouvoir être corrélé au réflecteur que l'on observe à la base de la zone où les amplitudes sismiques sont atténuées. Ce réflecteur ne présente aucune des caractéristiques propres aux BSR : il est en phase normale par rapport au fond de l'eau, n'est en général pas exactement parallèle au fond de l'eau, est affecté par des failles, et ne recoupe pas clairement les séries sédimentaires.

- Les réflecteurs atypiques

On note la présence de plusieurs réflecteurs atypiques :

œ le réflecteur cité précédemment, au toit de la zone de faible réflectivité sismique.

œ Le réflecteur à la base de cette zone, souvent de forte amplitude, et en phase inverse par rapport au fond de l'eau.

œ Le réflecteur de forte amplitude et de polarité normale bien marqué sur la zone du chantier hydrates.

Ces réflecteurs marquent clairement des contrastes de vitesse et ou de densité dans les sédiments, et dont il va être nécessaire de préciser l'origine.

- Les hydrates de gaz ?

Comme indiqué précédemment, il semble qu'il n'y ait pas de réflecteur qui présente toutes les caractéristiques d'un BSR sur la zone étudiée. De même, mises à part de nombreuses anomalies d'amplitude dont l'origine n'est pour le moment pas connue, on n'observe sur la zone pas d'indices évidents de présence de gaz en grande quantité (fortes atténuations, très fortes anomalies de vitesse négatives).

- Les structures en dômes

A ce stade des travaux, il est encore difficile de préciser la nature des dômes présents sur la zone d'étude. On notera toutefois qu'il n'y a pas de très fortes amplitudes au toit de ces dômes, comme celles que l'on pourrait avoir pour un contact sédiments/séries évaporitiques ou sédiments/édifice volcanique. De plus malgré sa faible puissance, la source HR utilisée parvient à traverser environ 500 ms (plus de 500m) de la série dont semblent originaires les dômes.

La relation entre les dômes observés et les réflecteurs atypiques cités précédemment est encore à préciser, mais semble acquise, en particulier pour le plus profond d'entre eux (qui recoupe les séries sédimentaires).

La qualité des données acquises doit permettre après traitement et analyses poussées des données de répondre à une bonne partie des questions posées ci dessus. Les conclusions préliminaires données ici ne sont en aucun cas définitives.

IX – CONCLUSIONS ET PROSPECTIVE

Menée sous la tutelle de la DIMENC avec une participation de l’Ifremer et de l’IFP (Institut Français du Pétrole), la campagne ZoNéCo 11 (L’Atalante, 8 sept. – 5 oct.) de sismique lourde a été réalisée dans le cadre du volet « ressources minérales » du programme ZoNéCo géré par l’ADECAL (Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie).

Sixième campagne de géologie-géophysique du programme ZoNéCo, la campagne a permis de mieux appréhender la géologie, la structure profonde et la nature de la croûte des bassins de Fairway et de Nouvelle-Calédonie afin de préciser leur potentiel pétrolier en matière d’hydrocarbures (liquides ou gazeux).

En 27 jours, 2500 km de sismique ont été acquis sur la zone d’étude couvrant une superficie de 200 000 km².

L’acquisition des données de la campagne ZoNéCo 11 a permis d’imager :

- à l’aide des données de sismique réfraction grand angle, la structure profonde et la nature (continentale amincie, océanique, intermédiaire ?) des unités du système de rides et bassins situé au sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie (obtention des lois de vitesse par sismique réfraction grand angle),
- à l’aide de la sismique réflexion multitraces, le style structural et le remplissage sédimentaire des unités géologiques reconnues, afin de mieux en appréhender le potentiel pétrolier,
- à l’aide de la sismique haute résolution, la caractérisation d’un réflecteur pouvant représenter la base d’hydrates de gaz potentiels dans le bassin de Fairway.

Le résultat essentiel de la campagne ZoNéCo 11, d’un point de vue appliqué, consiste à avoir démontré la nature continentale amincie du bassin Ouest Calédonien, ainsi que de la ride et du bassin de Fairway. Cette découverte permet de valider l’analogie avec la Grande Terre et les autres systèmes pétroliers de la région Sud-Ouest Pacifique.

Le centre du bassin de Nouvelle-Calédonie quant à lui montre une nature plus océanique notamment dans sa partie Sud moins favorable à l’existence d’un système pétrolier actif.

Le raccord entre la Grande Terre et le bassin de Nouvelle-Calédonie reste pour l’instant inconnu. Il fera l’objet d’une étude spécifique qui intégrera, aux données de réfraction acquises en mer, celles enregistrées sur la Grande Terre par le centre IRD de Nouméa.

Les premiers résultats de la campagne indiquent également que les épaisseurs sédimentaires sont suffisantes pour avoir généré des hydrocarbures dans la partie Nord du bassin de Nouvelle-Calédonie et du bassin de Fairway, mais qu’elles diminuent progressivement en direction du Sud.

Les données sismiques de la campagne permettent ainsi d’individualiser les secteurs prospectifs du point de vue pétrolier. Il s’agit :

- du raccord entre la Nouvelle-Calédonie et le bassin de Nouvelle-Calédonie,
- de la bordure occidentale de la ride de Norfolk,
- et du bassin de Fairway.

Enfin, les structures « diapiriques » (dômes de sel, volcans de boue ?) décrites lors des campagnes FAUST 1(1998) et ZoNéCo 5 (1999) ont été confirmées au sein du bassin de Fairway, avec un enracinement dans le Crétacé. La nature ainsi que la relation qui existe entre ces structures « diapiriques » et la répartition spatiale d’un réflecteur sismique atypique (précédemment interprété comme un « Bottom Simulating Reflector » du à la présence d’hydrates de gaz), restent cependant à déterminer.

Les résultats définitifs de la campagne pourront venir actualiser le volet « Hydrocarbures » du Schéma de Mise en Valeur des Richesses Minières (SMVRM) (Article 39 de la Loi Organique n°99-209 du 19 mars 1999).

D'un point de vue scientifique, les analyses préliminaires réalisées à bord et portant, sur les profils de sismique multitraces, sur les données OBS et sur celles du magnétisme, montrent que la croûte dans le Bassin de Nouvelle Calédonie est d'origine océanique. Son épaisseur varie entre 5 et 10 km. Les anomalies magnétiques que l'on peut corrélérer d'un profil à l'autre sont interprétées comme résultant de la phase d'accrétion océanique (sea-floor spreading) qui a accompagné l'ouverture du bassin. Le fait que ces anomalies soient de très faible amplitude suggère que l'accrétion océanique pourrait avoir eu lieu au Crétacé pendant la période magnétique improprement appelée « calme », comprise entre 84 et 110 Ma environ.

Prospectives

La réalisation de la campagne ZoNéCo 11 représente une remarquable action de coopération scientifique entre, la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie (DIMENC), l'Ifremer, l'IFP, et l'IRD. Cette action va se poursuivre durant la phase de valorisation des données acquises en mer, via des traitements et interprétations approfondis qui seront effectués à terre.

Les résultats, encore préliminaires, de la campagne permettent d'individualiser deux principaux secteurs présentant les meilleures potentialités pour l'exploration pétrolière et où des études complémentaires devraient se concentrer :

- le bassin de Fairway, avec ses structures « diapiriques » enracinées dans le Crétacé. La détermination de leur nature (dômes de sel, volcans de boue ?) devra faire l'objet de traitements géophysiques approfondis à terre ;
- le raccord entre la Nouvelle-Calédonie et le bassin de Nouvelle-Calédonie, via le bassin Ouest Calédonien. Ce domaine représente la zone clé du raccord entre le bassin et le môle de Nouvelle-Calédonie. La nature de ce raccord, complexe et non étudiée (la totalité des profils de sismique multitrace recoupant le bassin de Nouvelle-Calédonie s'arrête au niveau du tombant du récif barrière, au large du lagon), demeure controversée. Ce raccord fait d'ores et déjà l'objet d'une étude spécifique qui intégrera, aux données de réfraction acquises en mer, celles enregistrées sur la Grande Terre par l'IRD Nouméa. Les résultats de cette étude qui fait l'objet d'une convention entre l'ADECAL et l'Ifremer, constitueront un élément important pour évaluer la potentialité de cette zone charnière. La partie orientale du bassin de Nouvelle-Calédonie et son raccord avec le lagon Ouest (fort potentiel) et la côte Ouest (prospects identifiés à Bourail) correspondent en effet à une zone où peuvent exister des pièges (structuraux) susceptibles de piéger des hydrocarbures.

Les données géophysiques acquises durant la campagne nécessitant des traitements spécifiques approfondis, il est donc encore prématuré de se prononcer sur les potentialités en hydrocarbures de la ZEE de Nouvelle-Calédonie et de son domaine lagonaire qui demeurent tous deux sous-explorés. La bonne évaluation du potentiel pétrolier calédonien nécessite une meilleure connaissance du style structural qui a prévalu en Nouvelle-Calédonie.

Seule l'acquisition de nouvelles données peut permettre de mieux contraindre les conditions nécessaires et indispensables à la formation d'un prospect pétrolier ayant pu générer des hydrocarbures. A ce titre, les études proposées dans le cadre des deux demandes d'autorisation personnelle minière « offshore » des sociétés Dampier Hardman Int. et Westbank Resources pourraient permettre l'acquisition de nouvelles données géophysiques.

Enfin, précisons que les résultats de la campagne ZoNéCo 11 seront également de tout premier intérêt pour les scientifiques de la région (Australiens, Geoscience Australia, et Néo-Zélandais, Institute of Geological and Nuclear Sciences) impliqués dans les thématiques de recherche fondamentale et de prospection pétrolière.

X - Références bibliographiques

- Aitchison, J.C. et Meffre, S., 1992. A tectonic collage in the Southwest Pacific, *International Geological Congress, 29th, abstracts*, **2**, 255.
- Aitchison, J.; Clarke, G.L.; Meffre, S.; Cluzel, D. 1995: Eocene arc-continent collision in New Caledonia and implications for regional Southwest Pacific tectonic evolution. *Geology* **23**: 161-164.
- Auzende, J.M., Van de Beuque, S., Regnier, M., Lafoy, Y., and Symonds, P.A., 2000a - Origin of New Caledonian Ophiolites based on a French-Australian Transect (FAUST), *Marine Geology*, **162** (2-4), 225-236
- Auzende, J.M., Van de Beuque, S., Dickens, G., François, C., Lafoy, Y., Voutay, O., Exon, N., 2000b – Deep sea diapirs and bottom simulating reflector in Fairway Basin (SW Pacific), *MGR*, **21** : 579-587
- Auzende, J.M., Dickens, G., Van de Beuque, S., Exon, N., François, C., Lafoy, Y., Voutay, O., 2000c – Thinned Crust in Southwest Pacific may harbor gas hydrate, *EOS Trans. American Geophys. Union*, **81** (17), 182-185
- Avias, J., 1967. - Overthrust structure of the main ultrabasic New Caledonian massives. *Tectonophysics*, **4** (4-6), 531-541.
- Baubron, J.C., Guillon, J.H. and Récy, J., 1976 : Géochronologie par la méthode K/Ar du substrat volcanique de l'île Maré - Archipel des Loyauté (Sud-Ouest Pacifique). *Bulletin du BRGM*, (2), IV, 3: 165-175.
- Burns, R.E., Andrews, J.E. *et al.*, 1973. Initial Report of the Deep Sea Drilling Project, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 21, 931 p.
- Cluzel, D, Aitchison, J.C, Picard, C., 2001. Tectonic accretion and underplating of mafic terranes in the Late Eocene intraoceanic fore-arc of New Caledonia (Southwest Pacific): geodynamic implications. *Tectonophysics*, **340**, p. 23-59.
- Cluzel, D., Chiron, D., et Courme, M.D., 1998 – Discordance de l'Eocène supérieur et événements pré-obduction en Nouvelle-Calédonie, *C.R. Acad. Sci. Paris*, **327**, série IIa, 485-491
- Cluzel, D., Picard, C., Aitchison, J.C., Laporte, C., Meffre, S. et Parat, F., 1997 – La nappe de Poya (ex formation des basaltes) de Nouvelle-Calédonie (Pacifique Sud-Ouest) : un plateau océanique Campanien-Paléocène supérieur obducté à l'Eocène supérieur, *C.R. Acad. Sci. Paris*, **324**, série IIa, 443-451
- Cluzel, D., Aitchison, J., Clarke, G., Meffre, S. et Picard, C., 1994 - Point de vue sur l'évolution tectonique et géodynamique de la Nouvelle-Calédonie. *C.R. Acad. Sci.*, **319**, Série II, 6, 683-690
- Collins *et al.*, 2003 – EOS, Transactions, Am. Geophys. Union, vol. 84, N°46
- Collot, J.Y., Malahoff, A., Recy, J., Latham, G., Missegue, F. 1987 : Overthrust emplacement of the New Caledonia ophiolite : geophysical evidence. *Tectonics* **6** (3) : 215-232.
- Collot, J.Y., Missegue, F. and Malahoff, A., 1982 : Anomalies gravimétriques et structure de la croûte dans la région de la Nouvelle-Calédonie: enracinement des péridotites. *In*: Equipe de Géologie-Géophysique du Centre ORSTOM de Nouméa. Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique. *Travaux et Documents ORSTOM* **147**: 549-564.
- Crawford, A.J., Meffre, S., Symonds, P., 2003: 120 to 0 Ma tectonic evolution of the Southwest Pacific and analogous geological evolution of the 600 to 220 Ma Tasman Fold Belt system. *In*: R. Hills, R.D. Müller, Evolution and Dynamics of the Australian Plate. *Geological Society of Australia Special Publication* **22**: 383-404 and Geological Society of America Special Publication **372**.
- Daniel, J., Dugas, F., Dupont, J., Jouannic, C., Launay, J., Monzier, M. et Récy, J., 1976: La zone charnière Nouvelle-Calédonie - Ride de Norfolk (S.W. Pacifique) - Résultats des dragages et interprétation. *Cah. ORSTOM*, sér.Géol., **1**: 95-105.
- Dooley, J.C., 1963 - Results of Southwest Pacific submarine gravity survey 1956. *In*: *Bureau of Mineral Resources*, Australia (1963/43), unpublished
- Dubois, J., Launay, J., Récy, J. et Marshall, J., 1977. New Hebrides trench: subduction rate from associated lithospheric bulge, *Can. J. Earth Sci.*, **14**, 250-255.
- Dubois, J., Launay, J., Recy, J., 1974 : Uplift movements in New Caledonia – Loyalty Islands area and their plate tectonic interpretation. *Tectonophysics* **24** (1/2) : 133-150.

- Dupont, J., Launay, J., Ravenne, Ch et de Broin, C.E., 1975 – Données nouvelles sur la ride de Norfolk (Sud-Ouest Pacifique). *C.R. Acad. Sci.*, t. 281, Série D, 605-608
- Eade, J.V., 1988. The Norfolk Ridge system and its margins, In: A.E.M. Nairn, F.G. Stehli et S. Uyeda (Eds), *The Ocean Basins and Margins*, Vol. 7B, The Pacific Ocean, Plenum Press, N.Y. and London, 303-322.
- Exon, N., Hill, P., Lafoy, Y., Fellows, M., Perry, K., Mitts, P., Howe, R., Chaproniere, G., Dickens, G., Ussler, B., Paull, C., 2004, in press – Geology of the Fairway and New Caledonia Basins in the Tasman Sea from *Franklin* Cruise FR9/01: sediment, pore water, diapirs and bottom simulating reflectors, *Geoscience Australia Record* 2004/
- Exon, N.F., Quilty, P.G., Lafoy, Y., Crawford, A.J., and Auzende, J.M., 2004. Miocene volcanic seamounts on northern Lord Howe Rise: lithology, age and origin, *Australian Journal of Earth Sciences*, 51, 291-300
- Exon, N., Hill, P., Lafoy, Y., Fellows, M., Perry, K., Mitts, P., 2001 – FAUST 3 R.V. Franklin Cruise FR9/01 : Geophysics, geochemistry and sedimentology, associated with a large inferred gas hydrate deposit, eastern Lord Howe Rise, Tasman Sea, *Geoscience Australia Cruise* 232 Record, 2001, 18 p.
- Exon, N.F. Dickens, G.R., Auzende, J-M., Lafoy, Y., Symonds, P.A., and Van de Beuque, S., 1998 - Gas hydrates and free gas on the Lord Howe Rise, Tasman Sea, *PESA Journal*, **26**, 148-158
- France, R., 2000 – PRA 436, New Caledonia : CADART-1 & CADART-1st Final Well Report (Vol. 1 : Text and enclosures, 66 p. ; Vol. 2 : Appendices), Victoria Petroleum N.L. Report A.C.N. 008 942 827 , May 2000
- Gaina, C., Müller, R.D., Royer, J-Y., Stock, J., Hardebeck, J. et Symonds, P., 1998. The tectonic history of the tasman Sea: a puzzle with 13 pieces, *J. Geophys. Res.*, 103 (B6), 12413-12433.
- Gonord, H., 1977 - Recherches sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie, sa place dans l'ensemble structural du Pacifique Sud-Ouest. *Thèse Doct. Etat*, 23 tabl., 104 fig., 31 pl., 341 p.
- Grant-Mackie, J.A., Paris, J.P., Freneix, S. et Campbell, J.D., 1977. Advances in correlation of Mesozoic sequence of New Zealand and New Caledonia, *25th Intern. Geol. Congress., abstract*, **1**, 268-269.
- Hahn, A., 2001 - Etude gravimétrique de l'ensemble "ride de Lord Howe-bassin de Fairway-ride de Fairway-bassin de Nouvelle-Calédonie (SW Pacifique) : cartes et modélisations, Rapport ZoNéCo de diplôme d'ingénieur de l'EOPG Strasbourg 63 p., mars-septembre 2001
- Hayes, D.E. et Ringis, J., 1973. Seafloor spreading in the Tasman Sea, *Nature*, **243**, 454-458.
- Herzer, R.H., 1996 - Mature Oil found in Offshore rocks 500 km northwest of New Zealand, *Institute of Geological & Nuclear Sciences press release material*, March 06, 1996, 2 p.
- Herzer, R.H., Chaproniere, G.C.H., Edwards, A.R., Hollis, C.J., Pelletier, B., Raine, J.I., Scott, G.H., Stagpoole, V., C.P., S., Symonds, P., Wilson, G.J. and Zhu, H., 1997. Seismic stratigraphy and structural history of the Reinga Basin and its margins, Southern Norfolk Ridge system, *N. Z. Journal Geol. Geophys.*, **40**, 425-451.
- Jongsma, D., Mutter, J.C., 1978. Non axial breaching of a rift valley: evidence from the Lord Howe Rise and the Southeastern Australian margin, *Earth Planet Sci. Lett.* **39**, 226-334.
- Jullian, Y., 1955 - Rapport de mission en Nouvelle-Calédonie (Arch. S.R.E.P.N.C., inédit)
- Kennett, J.P. & von der Borch, C.C., 1985 - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, XC, Washington (U.S. Government Printing Office).
- Kroenke, L.W., 1984: The New Caledonia: the Norfolk and Loyalty Ridges, chap. 2, Cenozoic Tectonic development of the Southwest Pacific with a contribution by Peter RODDA, *Committee for co-ordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in South Pacific Offshore Areas*, Suva, FIJI, *CCOP/SOPAC Technical Bulletin* 6 : 15-28.
- Lafoy, Y., Brodien, I., Vially, R., Exon, N.F., in press. Structural style of the submarine basin and ridge system west of New Caledonia (Southwest Pacific) (submitted to MGR).
- Lafoy, Y., Exon, N., and Hill, P., Fellows, M., Perry, K., Mitts, P., 2001 – Reconnaissance géophysique et géologique du bassin de Fairway (Sud-Ouest Pacifique) : résultats préliminaires des données acquises dans la zone économique de la Nouvelle-Calédonie, 1ère partie de la campagne FAUST 3 (R/V Franklin, 13 nov. - 6 déc. 2001), Décembre 2001, 13 p.
- Lafoy, Y., Van de Beuque, S., Missegue, F., Nercessian, A., Bernardel, G., Auzende, J.M., Symonds, P.A., and Exon, N.F., 1998 - Australian and French Scientists study the Deep Geological

- Structure between New Hebrides Arc and Eastern Australian Margin - (FAUST (French Australian Seismic Transect) Program), EOS Trans. American Geophys. Union, 79 (50), 613-614
- Lafoy, Y., Missegue, F., Cluzel, D., Le Suavé, R., 1996: The Loyalty-New Hebrides arc collision: effects on the Loyalty ridge and basin system, Southwest Pacific (First results of the ZoNéCo programme). *Mar. Geophys. Res.* 18, 337-356.
- Lafoy, Y., Pelletier, B., Auzende J.-M., Missegue, F., Molard, L., 1994. Tectonique compressive cenozoïque sur les rides de Fairway et de Lord Howe, entre Nouvelle-Calédonie et Australie. *C.R. Acad. Sci. Paris* 319, série. Ila, 1063-1069.
- Launay, J., Dupont, J., Lapouille, A., Ravenne, C., de Broin, C.E., 1977 - Seismic traverses across the northern Lord Howe Rise and comparison with the southern part (Southwest Pacific). In: *Symposium on International Geodynamics in Southwest Pacific*, Nouméa, 27 August-2 September 1976, *Editions Technip*, Paris, 155-163
- Ludwig, J. W., Nafe, J. E., & Drake, C. L., 1970. Seismic refraction, in: *The Sea*, 4, 1, pp. 53--84.
- Meffre, S., 1991. Terrane analysis of New Caledonia with special reference to the Koh area, *B.S. honors thesis*, Sydney, Australia, University of Sydney, 113 p.
- Meffre, S., Symonds, P., Bernardel, G., Carson, L., Mauffret, A., 2001: Basalts, sedimentary rocks and peridotites of the Three Kings Ridge: Implications for the initiation of convergence along the Tonga-Kermadec Arc. In: *Fifth Australian Marine Geoscience conference*, pp. 28-29, Hobart, Australia, 2001.
- Mignot, A., 1984. - Sismo-stratigraphie de la terminaison nord de la ride de Lord Howe. Evolution géodynamique du Sud-Ouest Pacifique entre l'Australie et la Nouvelle-Calédonie. *Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, UPMC, Paris*, 205 p.
- Monzier, M., 1993 : Un modèle de collision arc insulaire-ride océanique. Evolution sismo-tectonique et pétrologique des volcanites de la zone d'affrontement arc des Nouvelles-Hébrides - ride des Loyauté. *Thèse Université Française du Pacifique*, Nouméa, 2 vol., 322 p., 1 carte annexe.
- Mortimer, N., Herzer, R. H., Gans, P. B., Parkinson, D. L. & Seward, D., 1998. Basement geology from Three Kings Ridge to West Norfolk Ridge, southwest Pacific Ocean: evidence from petrology, geochemistry and isotopic dating of dredge samples. *Marine Geology* 148, 135–162. *Australia Abstracts* 59, 406.
- Officer, C.B., 1955 - Southwest Pacific crustal structure, *Trans AGU*, **36**, 449-459
- Paris, J.P., 1981. Géologie de la Nouvelle-Calédonie. Thèse, Mém. Bureau Rech. Geol. Min., 278 p.
- Paris, J.P. et Lille, R., 1977 - La Nouvelle Calédonie du Permien au Miocène : données cartographiques, hypothèses géotectoniques., *Bulletin du B.R.G.M., deuxième série*, 1 (section IV), 79-95
- Pelletier, B. et Louat, R., 1989. Mouvements relatifs des plaques dans le Sud-Ouest pacifique, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 308, série II, 123-130.
- Pomeyrol, R., 1951 - Rapport sur les possibilités d'existence de gisement de pétrole en Nouvelle-Calédonie. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, **6**, 8, 271-282
- Prinzhofer, A., Nicolas, A., Cassard, D., Moutte, J., Leblanc, M., Paris, J.P. & Rabinovitch, M., 1980 - Structures in the New Caledonia peridotites-gabbros: Implications for oceanic mantle and crust. *Tectonophysics*, **69**, 85-112.
- Ramsay, D.C., Herzer, R.H. et Barnes, P.M., 1997. Continental shelf definition in the Lord Howe Rise and Norfolk Ridge regions: Law of the Sea Survey 177, part 1 – preliminary results, *AGSO Record*, 1997/54.
- Ravenne, C. et de Broin, Ch.-E., 1975. - Campagne AUSTRADec II. Zone océanique entre Nouvelle-Calédonie et Nouvelle-Zélande. *Rapport d'interprétation. CEPM, IFP, CFP, ELF-ERAP, SNPA, ORSTOM, CNEXO, Texte et planches*, 49 p.
- Ravenne, C., Dunand, J.P., de Broin, C.E. & Aubertin, F., 1982 - Les bassins sédimentaires du Sud-Ouest Pacifique. In : Equipe de Géologie-Géophysique du Centre ORSTOM de Nouméa. Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, **147**, 461-477.
- Ravenne, C., de Broin, C.E., Dupont, J., Lapouille, A. & Launay, J., 1977 - New Caledonia Basin-Fairway Ridge : Structural and sedimentary study. In : *International Symposium on Geodynamics in South-West Pacific*, Nouméa (New Caledonia), 1976, Technip, Paris, 145-154.

- Régnier, M., 1988 - Lateral variation of upper mantle structure beneath New Caledonia determined from P-wave receiver function: Evidence for a fossil subduction zone. *Geophysical Journal*, **95**, 561-577
- Rigolot, P. & Pelletier, B., 1988 - Tectonique compressive récente le long de la marge Ouest de la Nouvelle-Calédonie : Résultats de la campagne ZOE 400 du N/O Vauban (Mars 1987). *C.R. Acad. Sci. Paris*, **307**, série II, 179-184
- Rigolot, P., 1989. Origine et évolution du "système" ride de Nouvelle-Calédonie / Norfolk (Sud-Ouest Pacifique) : synthèse des données de géologie et de géophysique marine, étude des marges et bassins associés, *Thèse de Doctorat*, Université de Bretagne Occidentale, 319 p.
- Routhier, P., 1953 – Etude géologique du versant occidental de la Nouvelle-Calédonie entre le col de Boghen et la pointe d'Arama. *Mém. Soc. Géol. Fr, N.S.*, 32 (67): 1-127
- Sandwell, D.T.; Smith, W.H.F. 1997: Marine gravity anomaly from Geosat and ERS 1 satellite altimetry. *Journal of Geophysical Research, B, Solid Earth and Planets* 102: 10,039-10,054.
- Sdrolias, M.; Muller, R.D.; Gaina, C., 2003: Tectonic evolution of the SW Pacific using constraints from backarc basins. In: R. Hills, R.D. Müller, Evolution and Dynamics of the Australian Plate. *Geological Society of Australia Special Publication* 22: 383-404 and *Geological Society of America Special Publication* 372.
- Shaw, R.D., 1978. Seafloor spreading in the Tasman Sea; a Lord Howe Rise-Eastern Australian reconstruction. In: P.J. Coleman (Ed), *Southwest Pacific Earth Science Symposium and IGCP Project Meeting, 2nd*, Australian Society of Exploration Geophysicists Bulletin, **9**, 75-81.
- Shor, G.G.J., Kirk, H.K., Menard, H.W., 1971. Crustal structure of the Melanesian area, *J. Geophys. Res.* 76, 2562-2586.
- Solomon, S. et Biehler, S., 1969. Crustal structure from gravity anomalies in the Southwest Pacific, *J. Geophys. Res.*, **74**, 27, 6696-6701.
- Stagg, H.M.J., Alcock, M., Borissova, I., Moore, A.M.G., Symonds, P.A., et Van de Beuque, S., 2000. Structural elements of the Lord Howe Rise, In *15th Australian geological Convention*, Sydney, Abstract, 476.
- Symonds, P. A., Colwell, J. B., Struckmeyer, H. I. M., Willcox, J. B. & Hill, P. J. 1996. Mesozoic rift basin development off eastern Australia. *Geological Society of Australia Abstracts* 43, 528–542.
- Symonds, P.A. and Willcox, J.B., 1989 - Australia's petroleum potential beyond an Exclusive Economic Zone. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics* **11**, 11-36
- Tissot, B. et Noesmoen, A., 1958 - Les bassins de Nouméa et de Bourail (Nouvelle-Calédonie), *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, **13**, 5, 739-760
- Uruski, C & Wood, R., 1991 - A new look at the New Caledonia Basin, an extension of the Taranaki Basin, offshore North Island, *New Zealand. Marine and Petroleum Geology*, **8**, 379-391
- Van de Beuque, S., 1999 - Evolution géologique du domaine péri-calédonien, *Thèse de Doctorat* de l'Université de Bretagne Occidentale, 265 p.
- Van de Beuque, S., Auzende, J.M., Lafoy, Y. et Missegue, F., 1998 - Tectonique et volcanisme tertiaire sur la ride de Lord Howe (Sud-Ouest Pacifique), *C.R. Acad.Sc.Paris*, **326**, Sér.II a, 663-669
- van der Lingen, G.J., et al., 1973. The Lord Howe Rise rhyolites. In: R. Fraser (comp) (Ed), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, **21**, 523-539.
- Vially, R., Lafoy, Y., Auzende, J.M., France, R., 2003. Petroleum potential of New Caledonia and its Offshore Basins, AAPG International Conference, Barcelona, Spain, Sept. 21-24, 2003, 1-6
- Vially, R., et Bénard, F., 2001 - Rapport régional d'évaluation pétrolière (Regional Report) – Potentiel pétrolier de l'offshore de Nouvelle-Calédonie (New Caledonia). Version incluant l'évaluation des hydrates de gaz dans le bassin de Fairway. 169 Pl., V annexes, 1 Pl. HT, Avril 2001, Institut Français du Pétrole.
- Vially, R., et Mascle, A., 1994. Rapport régional d'évaluation pétrolière Nouvelle-Calédonie, *Institut français du Pétrole*, 136 pp.
- Weissel, J.K. et Hayes, D.E., 1977. Evolution of the Tasman sea reappraised, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 77-84.
- Weissel, J.K., Watts, A.B., Lapouille, A., Karner, G., Jongsma, D., 1977. Preliminary results from recent geophysical investigations in marginal basins of Melanesia, *EOS Trans. AGU*, 58, p. 504.

- Willcox, J.B., Symonds, P.A., Hinz, K., Bennet, D., 1980. Lord Howe Rise, Tasman Sea preliminary geophysical results and petroleum prospects. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics* 5, 225-236.
- Woodward, D.J. & Hunt, T.M., 1971. - Crustal structure across the Tasman sea. *J. Geophys. New Zealand*, 14, 1, 39-45.
- Zelt, C. A. & Smith, R. B., 1992. Seismic travel time inversion for 2-d crustal velocity structure, *Geophys. J. Int.* 108, pp. 16--31.