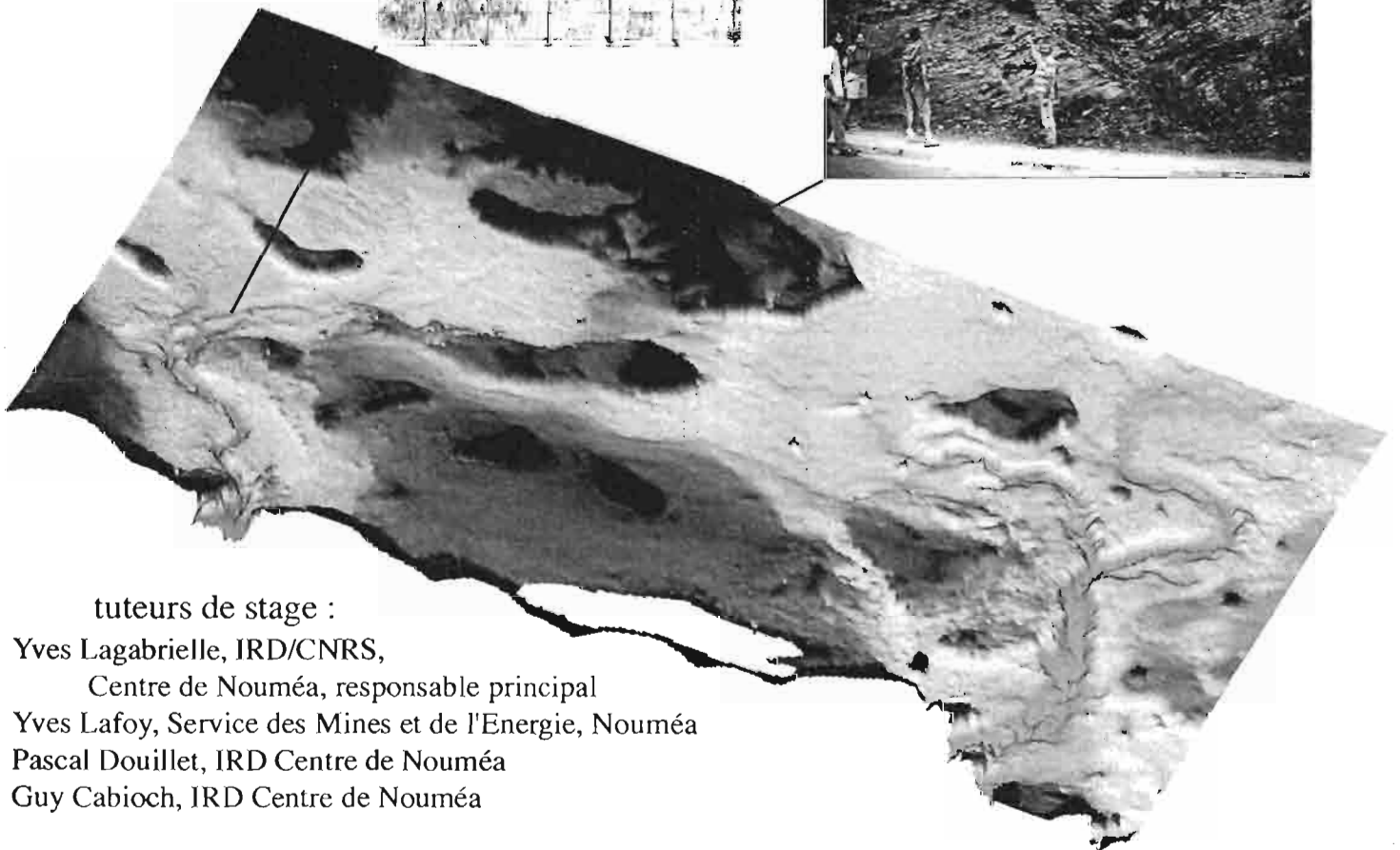
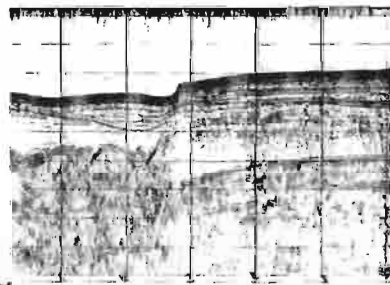


Isabelle Wabete

Stage T.E.R.

Maitrise des Sciences de la Terre de
L'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand

Tectonique tertiaire et quaternaire du sud-ouest
de la Nouvelle-Calédonie :
étude structurale en mer et à terre



tuteurs de stage :

Yves Lagabrielle, IRD/CNRS,
Centre de Nouméa, responsable principal
Yves Lafoy, Service des Mines et de l'Energie, Nouméa
Pascal Douillet, IRD Centre de Nouméa
Guy Cabioch, IRD Centre de Nouméa

Responsable à Clermont-Ferrand : Olivier Merle

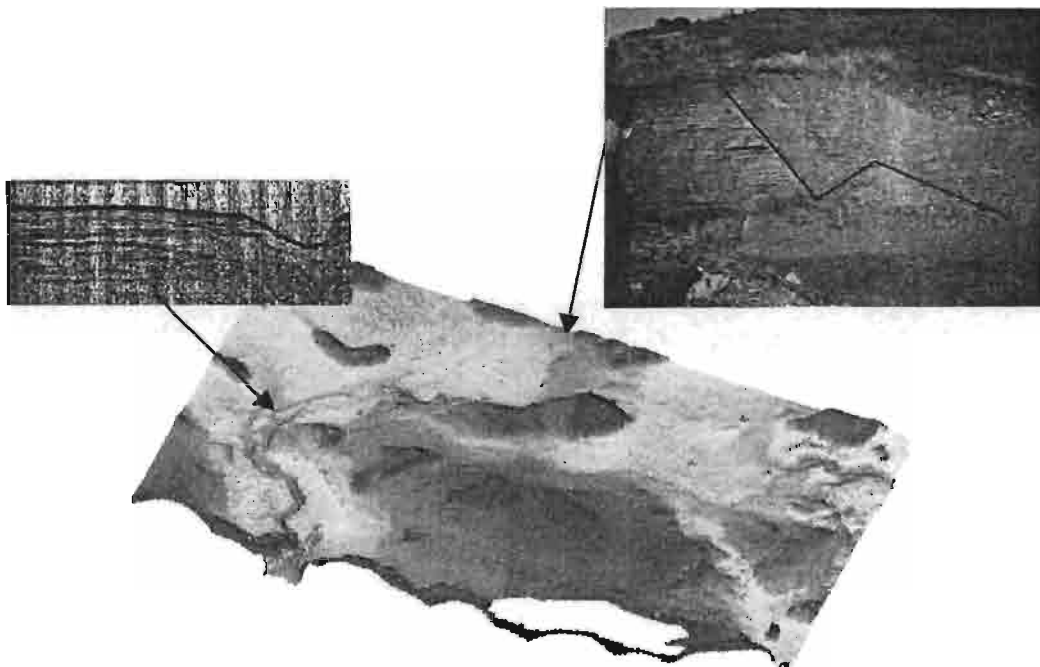
Jun 2001

ANNEE 2000-2001

*RAPPORT DE STAGE T.E.R DE LA MAITRISE DE SCIENCES DE LA TERRE A
L'UNIVERSITE BLAISE PASCAL DE CLERMONT-FERRAND, PAR
ISABELLE WABETE*

Sur le sujet :

TECTONIQUE TERTIAIRE ET QUATERNAIRE DU
SUD-OUEST DE LA NOUVELLE-CALEDONIE : ETUDE
STRUCTURALE EN MER ET A TERRE



TUTEURS DE STAGE : Y. LAGABRIELLE, responsable principal (CNRS, accueil IRD)
Y. LAFOY, Service des Mines et de l'Energie
P. DOUILLET, IRD, centre de Nouméa
G. CABIOCH, IRD, centre de Nouméa

TUTEUR A L' UNIVERSITE BLAISE PASCAL : O.MERLE

REMERCIEMENTS

A la suite de mon stage effectué dans le laboratoire de géologie/géophysique de l'Institut de recherche, je tiens à remercier Yves LAGABRIELLE pour m'avoir proposé de travailler avec lui et permis d'effectuer mon travail de recherche sur un sujet touchant la Nouvelle-Calédonie mais également pour sa disponibilité, ses nombreux conseils et son charisme. Je remercie aussi Bernard PELLETIER pour m'avoir intégré dans son équipe ainsi que pour ses bons conseils.

Je remercie Olivier MERLE d'avoir accepté d'être mon tuteur à l'Université Blaise Pascal, sans quoi ce stage n'aurait pas pu avoir lieu, pour son jugement objectif sur mon sujet de recherche et pour ses conseils avisés durant l'année écoulée.

Je remercie sincèrement Yves LAFOY pour m'avoir donné accès à tous les documents nécessaires concernant la campagne ZoNéCo 7, sans quoi mon travail n'aurait pas pu avancer, mais aussi pour m'avoir accueilli au sein du Service des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie au début de mon travail, pour sa gentillesse et tous ses conseils.

Je tiens à remercier tout particulièrement Pascal DOUILLET pour avoir réalisé tous les supports (cartes bathymétriques et visualisation 3D) dont j'avais besoin, pour sa patience, sa disponibilité et son intérêt pour mon travail.

Je remercie également Guy CABIOCH pour m'avoir fait partager ses connaissances sur les formations récifales, pour tous les documents qu'il m'a fournis, pour l'aide précieuse qu'il m'a apporté lors de la rédaction de mon mémoire, pour sa grande gentillesse et sa disponibilité.

Je remercie aussi Marc REGNIER pour m'avoir donné la possibilité de travailler sur son programme pour le traitement de mes données et pour toutes les explications nécessaires à la compréhension du programme.

Je remercie aussi Pierre MAURIZOT pour ses conseils avisés sur le terrain, et Julien PERRIER pour m'avoir accueilli dans son bureau pendant toute la durée de mon stage.

Et un grand merci à toute l'équipe du laboratoire de géologie/géophysique pour leur accueil, leur gentillesse et leur bienveillance.

Résumé

Depuis le charriage de la nappe péridotitique à l'Eocène moyen, la Nouvelle-Calédonie a enregistré des mouvements verticaux. Spécifiquement, dans le bassin de Nouméa et son lagon, les mouvements se traduisent par une subsidence relativement importante. Le lagon porte les marques dans la morphologie de cette tectonique récente liée à la subsidence. De plus, les affleurements de la péninsule de Nouméa révèlent une extension multidirectionnelle, qui rend compte de la complexité de l'enfoncement. En fait, le Sud calédonien par cette tectonique complexe (coulissage et basculement) s'engage dans un effondrement par jeux de blocs d'un peu plus d'une vingtaine de km vers le Sud et contrôlés par des failles Est-Ouest actives. Ce sont ces failles qui structurent actuellement le lagon

Abstract

Since the peridotitic overlapping in the middle of the Eocene, New Caledonia shows some vertical movements. Especially, this movement is explained by a relatively important subsiding behavior of the basin of Noumea and its lagoon. Therefore, the lagoon bathymetry reveals this recent tectonic associated with the subsiding behavior. And, the Noumea peninsula shows a multidirectional extension, which shows that the plunge is complex. In fact, the South of New Caledonia goes in a collapse toward the South by this complex tectonic by movement of more than a twenty kilometers wide homogeneous block controlled by East-West fault.

Résumé	3
Abstract	3
INTRODUCTION, OBJECTIF DU TRAVAIL	5
I. CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
1/ Situation géographique et contexte géologique	6
2/ La Nouvelle-Calédonie : un socle continental et une nappe ophiolitique :	6
3/ La géologie dans la région de Nouméa :	6
4/ Situation de l'étude	7
4.1. Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie : apport de l'étude des formations récifales et des surfaces d'érosion	7
4.2. Evolution tectonique post-nappe de la Nouvelle-Calédonie : données anciennes en mer	8
4.3. Calendrier des événements tectoniques du Tertiaire et du Quaternaire dans le bassin de Nouméa d'après Paris (1981), (Annexe 2, Echelle)	8
4.4. La sismicité actuelle du Sud-Ouest calédonien :	9
II. STRUCTURE ET EVOLUTION TECTONIQUE QUATERNAIRE DU LAGON SUD-OUEST	10
1/ Analyse de la bathymétrie :	10
1.1. Réalisation des cartes bathymétriques et des représentations en 3D	10
1.1. Interprétation morpho-structurale	10
2/ Données de la sismique réflexion : la campagne ZONECO 7	11
2.1. Equipement et acquisition	11
2.2. Les profils sismiques : preuves d'une tectonique récente	12
3/ Le lagon Sud-Ouest, témoin de la tectonique récente	14
III. ANALYSE MICROTTECTONIQUE (DONNEES DE TERRAIN)	15
1/ Acquisition des données sur la péninsule de Nouméa	15
1.1. Les observations de terrain : marqueurs d'une probable extension	15
1.2. La méthode : mesures sur des plans (direction et pendage) de faille (pitch des stries)	15
1.3. "Zoom" sur quelques affleurements : la tectonique extensive dans la région de Nouméa	16
1.4. La péninsule de Nouméa : tectonique ancienne et récente	17
2/ Traitement des données : Programme DIEDRE	17
2.1. Principe et fonctionnement du programme	17
2.2. Directions d'extension dans la Région de Nouméa : les résultats	18
IV. DISCUSSION-CONCLUSION	19
Annexe 1 : Carte géologique de Nouméa (Gonord, 1977)	20
Annexe 2 : Echelle chronologique d'après Paris (1981)	21
Annexe 3 : Carte bathymétrique du lagon SW et localisation des points de tirs sismiques de la campagne ZoNéCo 7, réalisation Pascal Douillet (2001)	22
Annexe 4 : Quelques profils sismiques caractéristiques de la campagne ZoNéCo 7	23
Annexe 5 : Interprétation des profils sismiques dans le secteur de la Passe de Dumbéa	24
Annexe 6 : Projections stéréographiques des sites de la Péninsule de Nouméa (Quelques résultats du programme Diedre)	25
Liste des figures	26
Bibliographie	27

INTRODUCTION, OBJECTIF DU TRAVAIL

Originaire de Nouvelle-Calédonie, mon stage se situe dans le cadre d'un travail d'étude et de recherche de Maîtrise des Sciences de la Terre préparée à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. L'équipe de géologie/ géophysique de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), centre de Nouméa m'a proposé d'effectuer un travail de recherche sur un sujet totalement nouveau. J'ai été accueillie au laboratoire géologie/ géophysique pour une part importante de ma recherche mais également au sein du Service des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie.

Les forages prélevés sur les récifs frangeants (Ténia et Amédée) et l'étude des formations récifales montrent un phénomène de subsidence, soit dans une période comprise entre 125Ka et actuel, soit dans des périodes plus reculées du quaternaire. De plus, certains auteurs ont toujours évoqué l'interaction de mouvements verticaux de subsidence et de soulèvement durant des périodes récentes (tertiaire et quaternaire). Pourtant aucune structure tectonique rendant compte de ces mouvements n'a été analysée et décrite dans le détail, notamment dans le Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie. Il s'agissait pour moi de reconnaître et d'identifier d'éventuelles structures tectoniques à terre comme en mer dont les mouvements pourraient contrôler l'évolution structurale récente du lagon.

Le sujet sera abordé selon deux grands axes: Dans un premier temps, l'analyse des données acquises en sismique marine dans le lagon lors de la campagne ZoNéco 7 (Lafoy et al, 1999-2000) devra apporter les arguments de cette tectonique récente, permettant alors de cerner la morphologie de cette portion de lagon et de comprendre la création de bassins dans l'axe des passes de Dumbéa et de Boulari. Cette analyse complétera celle réalisée dans la portion plus au Sud de la passe de Boulari (Dugas et al., 1980). Dans un second temps, une étude microtectonique à terre dans la région de Nouméa pourra me permettre de faire une corrélation avec les structures identifiées en mer. A partir des données acquises sur le terrain, leur traitement informatique permettra de dégager les grandes directions d'extension dans le secteur Sud-Ouest de Nouvelle-Calédonie.

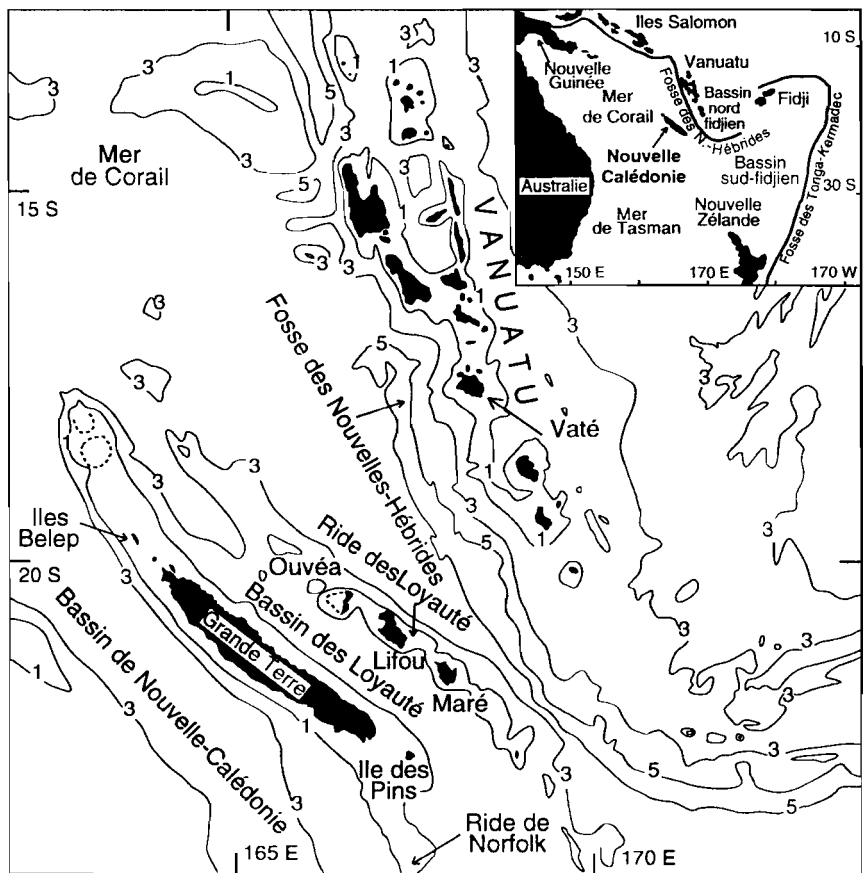


Figure 1 : Carte de localisation de la Nouvelle-Calédonie dans la zone Pacifique (courbe bathymétrique tous les 1000 mètres)

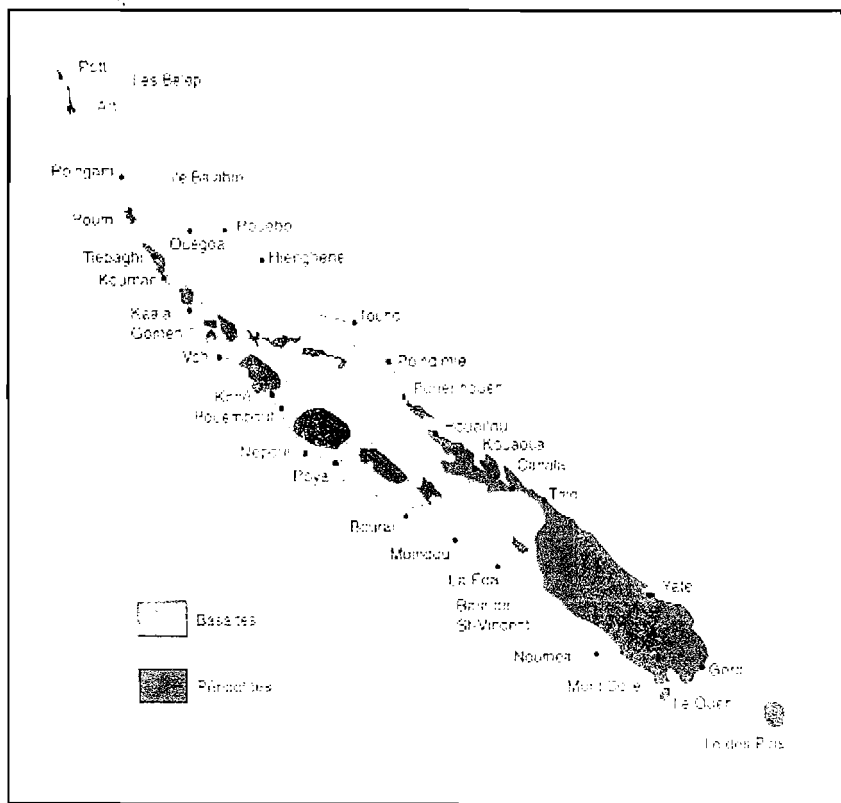


Figure 2 : Localisation de l'unité des péridotites en Nouvelle-Calédonie (D'après Cluzel, in Picard, 1999)

I. CONTEXTE GEOLOGIQUE

1/Situation géographique et contexte géologique

La Nouvelle-Calédonie se situe dans la partie Sud-Ouest de l'Océan Pacifique à 1500km de l'Australie et à 1900km de la Nouvelle-Zélande (**Figure 1**, carte de localisation). L'île est allongée sur 400 km selon une direction NW-SE et est entourée d'un récif-barrière qui isole un lagon dont la profondeur ne dépasse pas 70 mètres. La partie centrale de l'île est occupée par un puissant relief montagneux qui culmine à 1628m au Mont Panié au Nord de l'île. C'est l'unité péridotitique qui forme l'essentiel des reliefs, dans le Sud et le long de la côte Ouest. Cette unité recouvre en contact anormal les autres unités plus anciennes et sa mise en place date de moins de 40Ma. La Nouvelle-Calédonie se situe à proximité d'une zone de subduction : au niveau du Vanuatu, la plaque Australienne passe sous la plaque Pacifique. La zone de subduction est marquée par une fosse profonde (Fosses des Nouvelles-hébrides). La Nouvelle-Calédonie constitue également la partie émergée de la ride de Norfolk, se reliant au Sud au domaine continental néo-zélandais. Cette ride est comprise entre le bassin de Nouvelle-calédonie profond de 3000m à l'Ouest et le bassin des Loyauté à l'Est, limité par l'ancienne chaîne volcanique des Loyauté active au Miocène.

2/ La Nouvelle-Calédonie : un socle continental et une nappe ophiolitique :

La Nouvelle-Calédonie est couverte pour un tiers de sa surface par les péridotites (**Figure 2**, carte de localisation des péridotites). Elles constituent la formation géologique la plus étendue, et économiquement la ressource la plus importante du territoire. L'unité péridotitique se répartit en lambeaux sur une grande partie du territoire, excepté dans le Sud au niveau du grand Massif minier du Sud, qui représente 81% de la surface des péridotites (Paris, 1981). A la base de cette unité, il a été trouvé des plans de schistosité sub-horizontaux et des matériaux laminés et broyés, témoins de grande déformation, engendrés par le glissement horizontal de la nappe péridotitique (Picard, 1999). La mise en place de cette nappe s'est produite à l'Eocène terminal (environ 38 Ma) lors d'un phénomène d'obduction. Le charriage s'est fait sur un socle continental, de nature métamorphique et sédimentaire, à la faveur d'une semelle de serpentine. Dans le bassin d'avant-pays (Côte Ouest actuelle de l'île), la sédimentation Eocène (flysch et phtanites) a enregistré les mouvements tectoniques liés au charriage de la nappe.

Au Miocène, des mouvements différentiels sont observés. Les déformations post-charriage se marquent essentiellement au sein de la nappe et du bâti ancien par une succession de phases en coulissage, extension-compression puis extension (Leguere, 1976 ; Gonord, 1977). Du Miocène à l'actuel, les variations du niveau marin et les mouvements verticaux vont définir la morphologie actuelle du territoire et la répartition des récifs barrières et frangeants.

3/ La géologie dans la région de Nouméa :

La région de Nouméa (**Annexe 1**, *carte géologique de Nouméa*) est constituée principalement de terrains sédimentaires datés du Crétacé supérieur à l'Eocène. Les grès déposés au Crétacé supérieur, riches en débris de feldspaths, sont retrouvés par exemple, dans le quartier de Magenta. Les terrains du paléocène affleurent au Ouen-Toro, au Mont Vénus, à Nouville

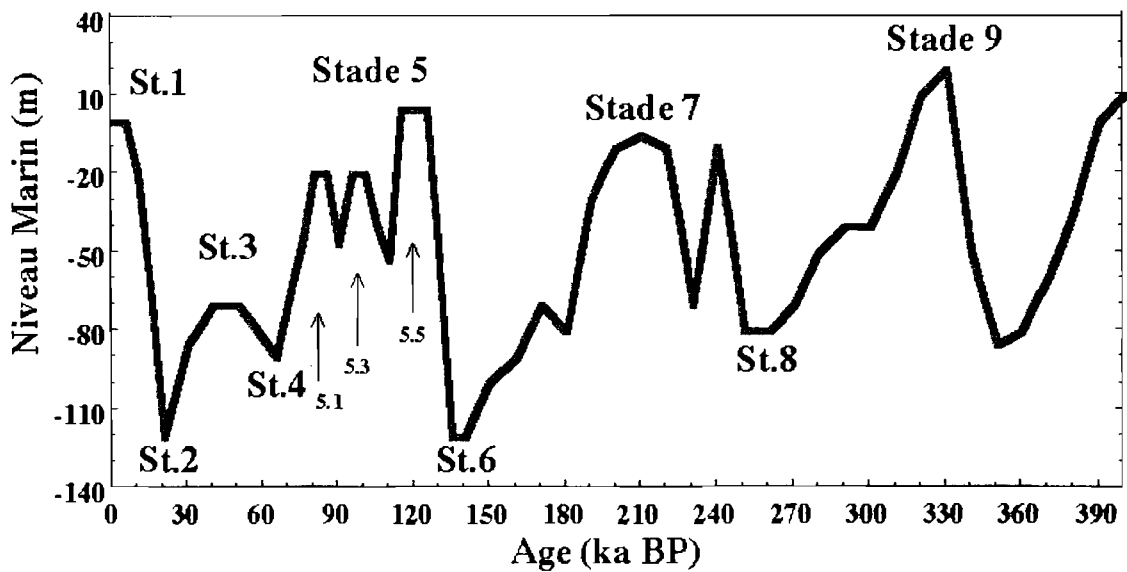


Figure 3: Courbe du niveau marin pour les derniers 400 000 ans modifiée d'après Bard, Jouannec, Hamelin, Pirazzoli, Arnold, Faure, Sumosusastro & Syaefudin, Geophy. Res. Lett (1996)

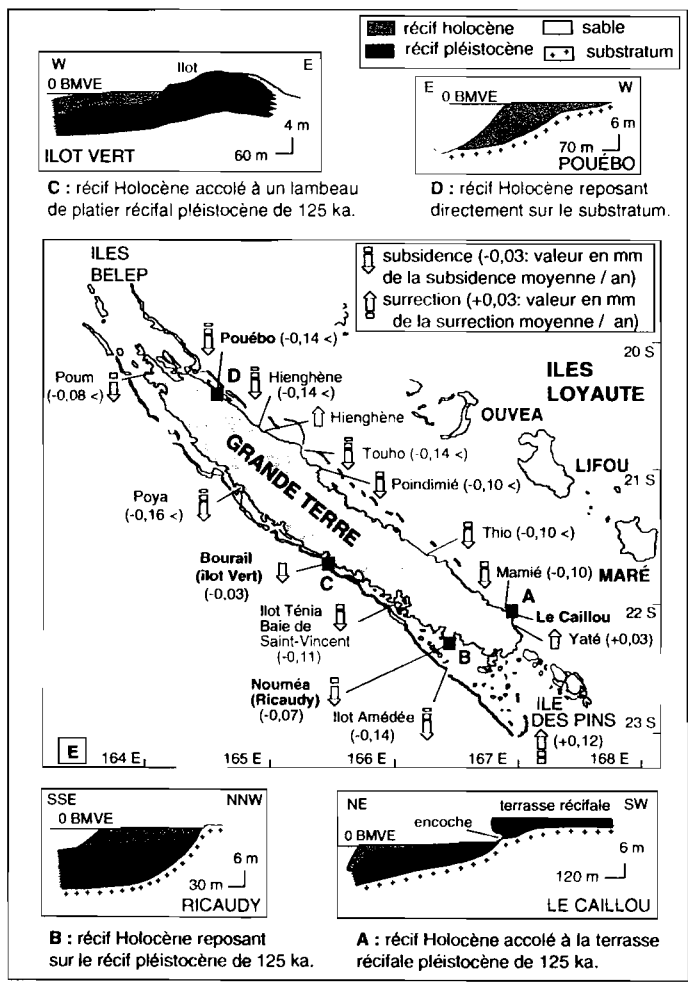


Figure 4: Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie d'après l'étude des formations récifales (Cabioch et al., 1999)

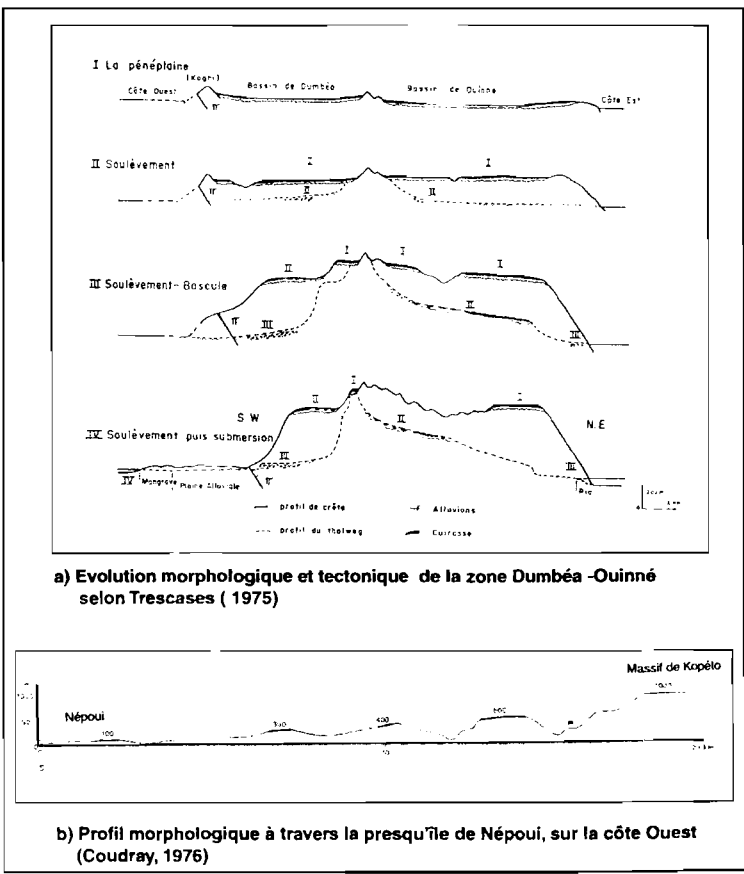


Figure 5: Etude des surfaces d'érosion dans le Sud et sur la côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie

(Pointe Denouel, Kuendu Beach, Fort de Téréka...). Il s'agit principalement d'une roche siliceuse formée de petits grains de quartz invisibles à l'œil nu. Ce sont des phtanites. Sur la presqu'île de Nouville, l'ancienne carrière de la pointe de Denouel (à proximité du centre de tir de la police) est creusée dans des matériaux blancs, se débitant en plaquettes centimétriques et moins durs que les phtanites. Ce sont des calcaires renfermant d'innombrables restes de foraminifères planctoniques (globigérines). Ce faciès également retrouvé au rocher-à-la-voile (sur le littoral de Nouméa) traduit un environnement typiquement marin de faible hydrodynamisme. Sur la péninsule de Nouméa, deux faciès de l'Eocène moyen et supérieur peuvent être observés, se rattachant tous deux au type flysch (Paris, 1981) :

- une formation détritique, terrigène, le "Flysch" proprement dit,
- une formation particulière à olistolites et olistotromes : "la formation de la cathédrale" (B.Tissot et A.Noesmoen, 1958 *in* Paris, 1981). L'origine des olistolites est interprétée comme le détachement du relief Eocène de gros blocs puis de leur chute dans un bassin se remplissant des sédiments détritiques (Picard, 1999).

La Formation de la Cathédrale repose en transgression et en discordance (Gonord, 1956 *in* Paris, 1981) par l'intermédiaire de brèches, sur la série phtanitique à l'extrémité Sud de la presqu'île de Ducos et sur les arénites et shales sénoniens de l'îlot N'Géa. Dans les quartiers sud de Nouméa (Val Plaisance, Motor-Pool, Receiving), les terrains sont beaucoup plus marneux.

4/ Situation de l'étude

4.1. Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie : apport de l'étude des formations récifales et des surfaces d'érosion

D'un point de vue eustatique, le Quaternaire montre une succession de hauts et bas niveaux marins comme le montre la courbe du niveau marin des derniers 400000 ans (400 Ka) (Bard et al, 1996) (**Figure 3**).

De plus, la distribution des unités récifales datées de l'Holocène et de 125 Ka (haut niveau marin précédent l'actuel) reflète le comportement subsident des marges de la ride de Nouvelle-Calédonie, mais des soulèvements locaux sont également décrits, exemple de Yaté (Cabioch et al., 1999)(**Figure 4**). Il existe donc des jeux verticaux différentiels. Selon les endroits, il est possible de trouver des indications d'un relativement fort taux de subsidence (> 0.1 mm/an), alors que les unités juxtaposées montrent plutôt un taux faible de subsidence (< 0.005 mm/an) ou des soulèvements lents. L'allure de tout le récif âgé de 125 Ka entourant la Nouvelle-Calédonie résulte de l'irrégularité du taux de subsidence affectant l'île du Nord au Sud à partir d'une zone centrale relativement stable incluant Bourail à l'Ouest et Yaté-Tara et Hienghène à l'Est. Ceci se marque notamment dans la région de Bourail, la barrière récifale est très proche de la côte : Coudray (1976) observait déjà ces irrégularités. Le taux de subsidence croît nettement vers le large comme dans le lagon de Nouméa et au niveau de la barrière récifale au large de Yaté. La ride de Nouvelle-Calédonie semble avoir enregistré un gauchissement continu pendant les derniers 125 Ka. Ce gauchissement longitudinal mais aussi transversal est caractéristique d'une tectonique verticale au niveau de la ride depuis le Miocène (Dubois et al., 1973). D'ailleurs cette tectonique en distension reconnue dans la région du centre (Gonord et al, 1973), à Népoui (Coudray, 1976) et dans la région de Dumbéa-Ouiné (Trescases, 1976) (**Figure 5**) est responsable de cette morphologie particulière "en gradins" du paysage, dans ces régions, avec ces surfaces d'érosions nettes formant des plateaux d'altitudes décroissantes vers la mer.

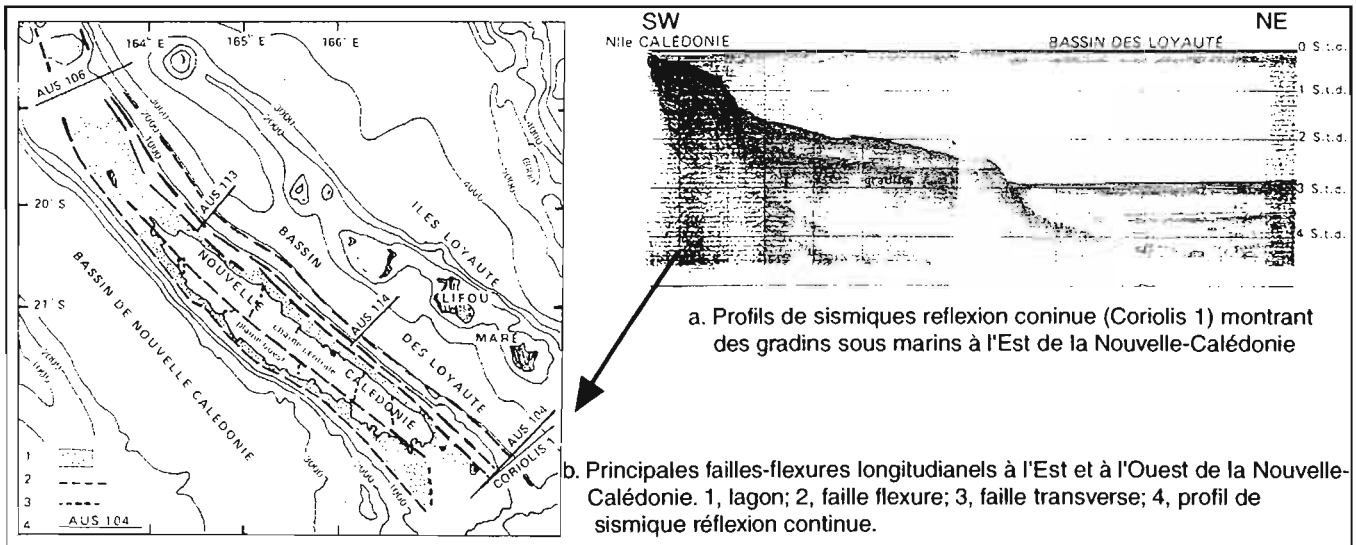


Figure 6: Failles-flexures et morphologie en gradins dans le domaine marin (Dugas, 1978)

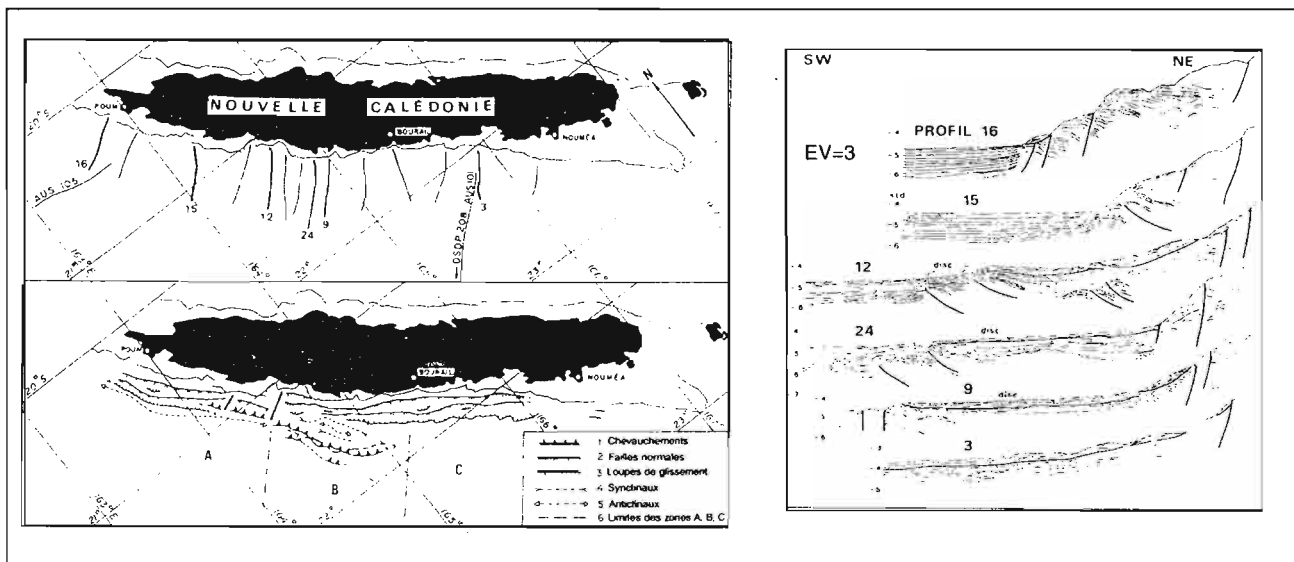


Figure 7 : Tectonique en extension récente le long de la marge Ouest de Nouvelle-Calédonie (Rigolot, 1988)

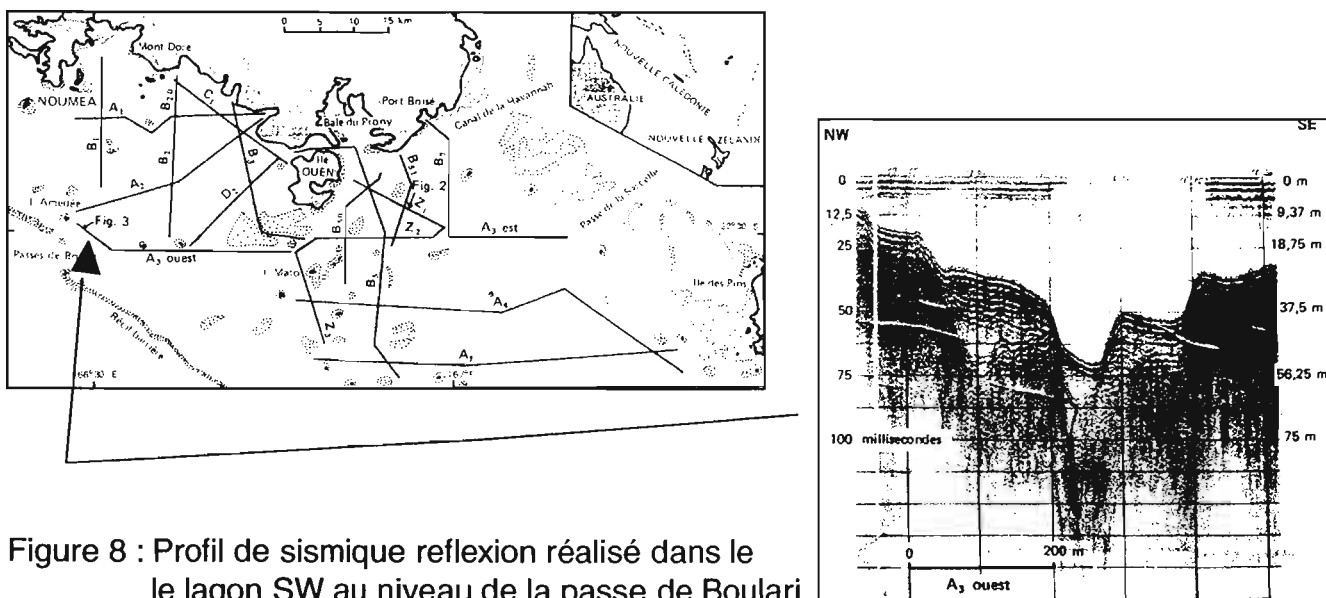


Figure 8 : Profil de sismique réflexion réalisé dans le lagon SW au niveau de la passe de Boulari (Dugas et al., 1980)

La reconnaissance de cette subsidence variable sur toute l'île met en évidence une compartimentation de la Nouvelle-Calédonie en blocs plus ou moins bien individualisés (Coudray, 1976 ; Cabioch, 1988). Ces blocs subissent un mouvement de bascule et de coulissage.

4.2 Evolution tectonique post-nappe de la Nouvelle-Calédonie : données anciennes en mer

D'un point de vue morphologique, de part et d'autre de la chaîne centrale, les gradins affaissés parallèles à l'île sont apparemment contrôlés par des failles-flexures. Cette morphologie "en gradins" a été reconnue sur un profil de sismique réflexion continu (Coriolis 1)(Figure 6) réalisé au Sud-Est de l'île (Dugas et Debenay, 1978). Sur ce profil, se succèdent une plaine immergée (le lagon) et un gradin sous-marin qui forme la bordure occidentale du Bassin des Loyauté. Ces deux pénélaines sont séparées par une pente plus forte. Les failles-flexures à N120-130 provoquent l'effondrement des blocs reconnus par ces gradins, ces derniers servant de substratum au lagon. Les résultats de la campagne ZOE 400 du N/O Vauban réalisée en mars 1987, mettent en évidence cette tectonique en extension récente plurikilométrique de direction N120-130 découpant des structures plissées et chevauchantes (Rigolot et Pelletier, 1988) (Figure 7). La tectonique en faille normale très récente bien exprimée tout au long du récif barrière et de la pente continentale pourrait rendre compte du dispositif structural actuel. Enfin, une étude de sismique réflexion du lagon Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie a confirmé un affaissement récent (Quaternaire récent) dans cette portion du lagon (Dugas et *al.*, 1980) contrôlé par une tectonique en faille normale(Figure 8).

4.3. Calendrier des événements tectoniques du Tertiaire et du Quaternaire dans le bassin de Nouméa d'après Paris (1981), (Annexe 2, Echelle)

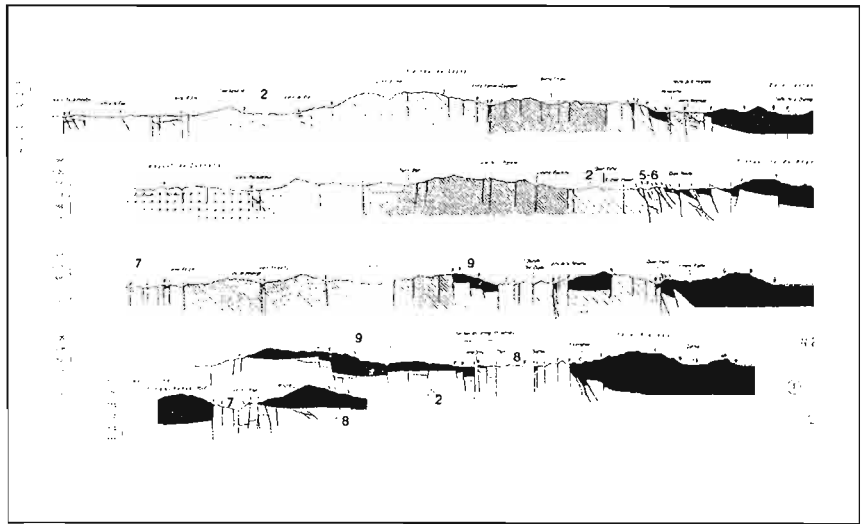
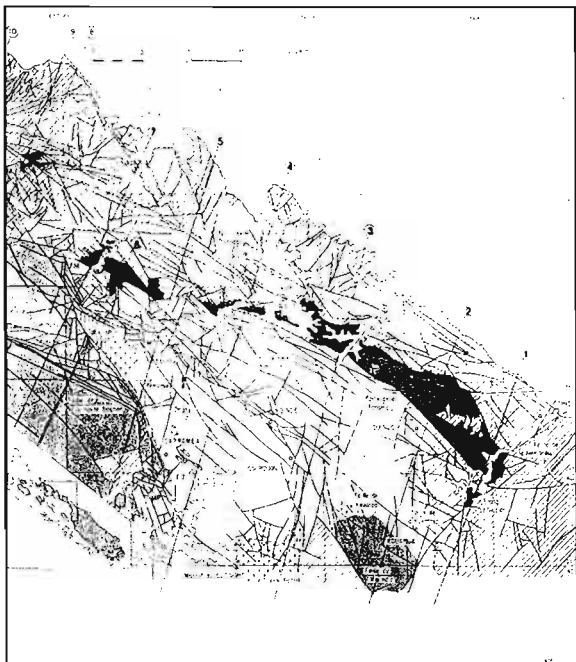
EOCENE MOYEN : des mouvements précurseurs de l'orogénèse d'âge alpin.

C'est à l'Eocène moyen qu'apparaissent les premières manifestations de l'orogénèse d'âge alpin. Durant la sédimentation des séries transgressives et discordantes de l'Eocène moyen, ce sont des mouvements verticaux qui prédominent. Dans le bassin de Nouméa apparaît entre Boulouparis et la baie de Magenta, une structure pouvant être identifiée comme un simple pli en genou ou une flexure anticlinale, sépare au Sud un bassin à subsidence rapide où s'accumule le flysch à olistolites, d'une aire orientale plus stable à sédimentation carbonatée.

EOCENE SUPERIEUR : des mouvements contemporains de la mise en place de la nappe ultrabasique.

L'Eocène supérieur est marqué par une intensification des mouvements et l'apparition de contraintes tangentielles liées à l'obduction des péridotites. Dans le bassin de Nouméa, deux phases distinctes se succèdent :

- des contraintes transverses aux structures préexistantes engendrent, avant le dépôt de l'Eocène supérieur des structures plissées de direction N120 déjetées vers le Sud-Ouest (Synclinal de Ouatom).
- Cette phase est suivie d'une émergence associée à de l'érosion. Lors de la mise en place de la nappe de péridotites, les dépôts de l'Eocène supérieur alors indurés, sont à leur tour déformés par des plis hectométriques et kilométriques, déversés vers le Sud ou engagés dans un système d'écailles chevauchantes dans la même direction, nettement perceptibles sur le front de la nappe, dans la région du col de la Pirogue. Cette seconde phase de

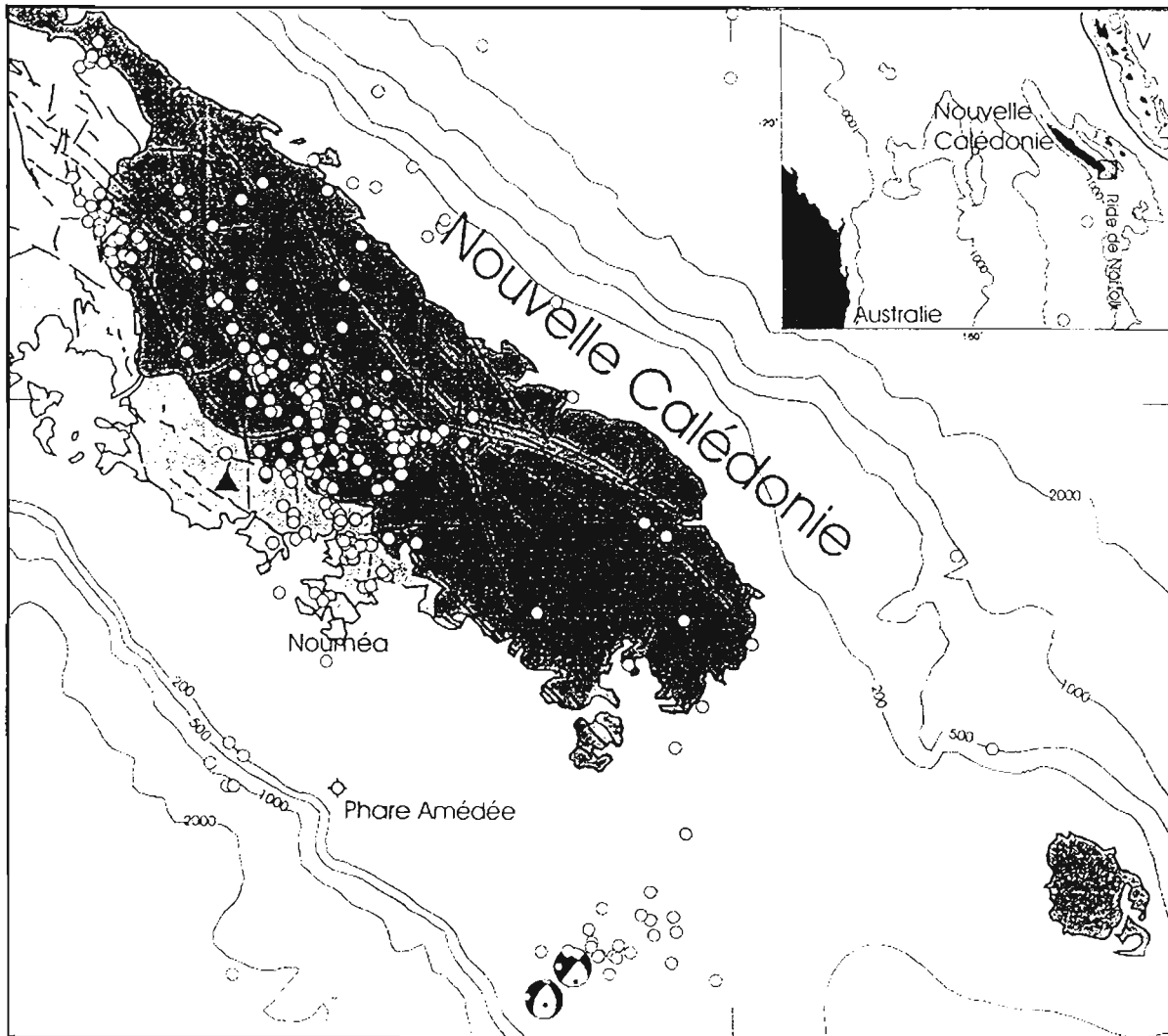


1, Séries volcano-sédimentaires paléozoïques. 2, Formation des grauwackes (Trias-Jurassique). 3, Formations volcaniques de la Ouambéo (Jurassique Probable) 4, Roches éruptives, intrusives post-jurassique et anté-sénonien. 6, Schistes siliceux et phanites du tertiaire II. 7, Calcaire biodétritique et marne du Tertiaire II. 8, Formations volcano-sédimentaires du tertiaire II. 9, Péridotites et serpentines de la "Nappe des péridotites"

Figure 9 : Carte géologique simplifiée des régions de la côte Est situées entre Houailou et Thio, et celles de la chaîne centrale et coupes dans les régions centrales de la Nouvelle-Calédonie au Sud-Est de Table Unio (Gonord, 1977)

166

167



166

167

Figure 10 : Carte de la sismicité enregistrée de 1992 à 1996 de la partie Sud de la Nouvelle-Calédonie.

Les stations sismologiques sont représentées par des triangles noirs. Les deux mécanismes au foyer sont tirés du catalogue des CMTS de Harvard. La zone en gris clair représente le substratum calédonien; la zone en gris foncé, la nappe des péridotites. Les failles représentées en traits noirs sont tirées de la carte géologique de Paris (1981). Profondeurs des contours bathymétriques en mètres. En insertion, localisation de la zone d'étude. V pour Vanuatu

plissement reprend et exagère les déversements antérieurs pour aboutir aux structures complexes de la péninsule de Nouméa, par exemple au niveau de la presqu'île de Ouemo (pli dans le flysch de la cathédrale, Gonord, 1977) ou dans les phtanites de Ouen Toro.

EOCENE TERMINAL – OLIGO-MIOCENE : des déformations post-charriage

Ces déformations tardives se traduisent par une succession de phases en compression et en extension, mise en évidence par Leguère (1976). En effet, au sein de la nappe des péridotites, l'analyse de la fracturation (Leguère, 1976 ; Moutte, Paris, 1977 *in* Paris, 1981) a révélé sa relation directe avec des mouvements post-charriage. C'est un mouvement en extension de direction N120 qui prélude à la déformation tardi-tectonique. Il s'en suit des mouvements en compression reconnus en deux phases (Leguère, 1976). La première engendre des décrochements et failles conjuguées correspondant à une direction de raccourcissement N20 dans le massif du Sud et la côte Est (**Figure 9**) et N70 dans le massif de la côte Ouest. La seconde montre une direction de contrainte assez uniforme N160, créant des failles inverses de même direction que le raccourcissement de la phase compressive antérieure, puis passe à des directions N90 dans le Nord (Tiébaghi) et N120 dans le Sud. Ces variations témoignent de probables gauchissements de l'édifice.

Dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, les chevauchements observés à la Pointe Mâa et à l'extrémité de la péninsule de Nouméa sont affectés par des failles normales (Paris, 1981). Il est possible que ces chevauchements en apparence dirigés vers le Nord soient dus à des phénomènes de contre-poussée tardifs ou contemporains du charriage des ultrabasites.

MIOCENE A L'ACTUEL : des mouvements complexes

L'envahissement partiel du bâti calédonien par la mer du Miocène inférieur, précède un mouvement de surrection qui se poursuit durant la période Miocène supérieur-Pliocène. La limite du bâti émergé est alors repoussée au delà du récif-barrière actuel. Celui-ci se développe ensuite durant le Pléistocène lors d'un mouvement de subsidence (Coudray, 1976) qui se poursuit jusqu'à l'actuel.

4.4. La sismicité actuelle du Sud-Ouest calédonien :

Deux séismes récents de magnitude intermédiaire (mg. 5,6 et 5,1) ont été enregistrés dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (**Figure 10**). Les mécanismes au foyer montrent des solutions en faille normale (mb 5,6, séisme du 3 décembre 1990) et en décrochement (5,1, séisme du 24 février 1991) avec dans les deux cas un axe des tensions orienté Est-Ouest (Regnier *et al.*, 1999). La profondeur de l'épicentre a été estimé à 2 km, ce qui en fait un mécanisme très superficiel. En plus de ces deux séismes, d'autres séismes de magnitude plus faible forment des essaims qui sont alignés dans des directions globalement Nord-Sud et Est-Ouest. L'activité sismique est localisée dans les péridotites et les terrains sédimentaires du Sud du territoire, mais également dans le domaine marin du Sud calédonien, indiquant la présence de failles actives très localisées. La profondeur très superficielle de tous ces séismes, leur localisation à terre et en mer et l'orientation des plans nodaux suggèrent un jeu actuel de faille normale qui découpe le Sud calédonien en blocs plurikilométriques.



Figure 11 : Localisation des récifs et îlots dans le lagon Sud-Ouest

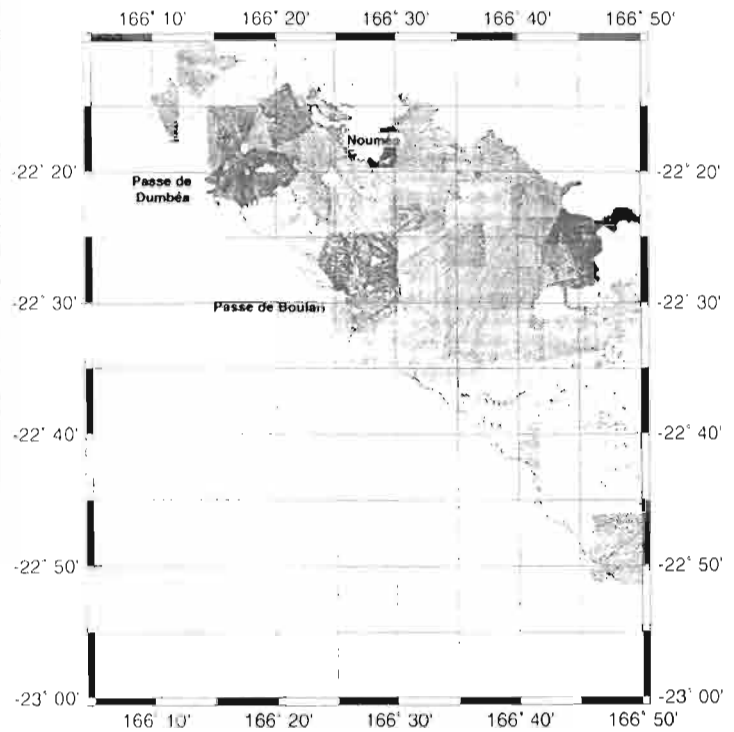


Figure 12 : Localisation des points de sonde monofaisceau du SHOM dans le lagon Sud-Ouest

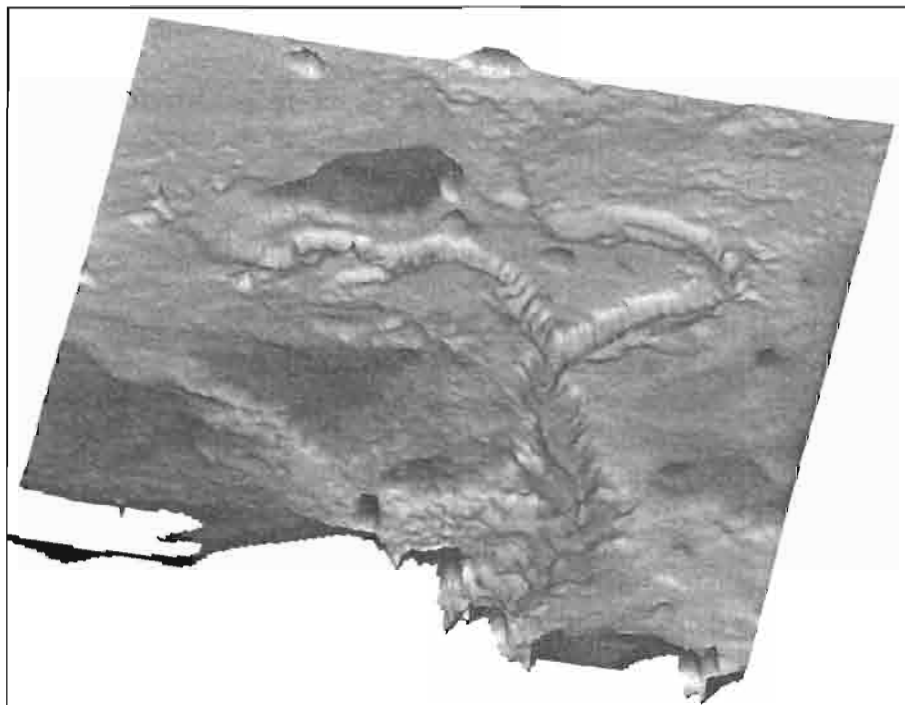


Figure 13 : Vue 3D de la passe de Boulari, réalisé par Douillet (2001)

II. STRUCTURE ET EVOLUTION TECTONIQUE QUATERNAIRE DU LAGON SUD-OUEST

Le lagon constitue un domaine privilégié d'étude structurale puisqu'il contient des sédiments d'âge Holocène, excellents marqueurs potentiels de déformation récente (**Figure 11**). De plus, la morphologie du fond peut montrer un éventuel contrôle structural de la sédimentation. Dans un premier temps, j'ai donc procédé à l'analyse des cartes bathymétriques et les différentes vues en 3D réalisées par Pascal Douillet (2001) à partir des minutes de bathymétrie monofaisceau (**Annexe 3**, Carte Bathymétrique). Dans un second temps, la bathymétrie multifaisceaux et les profils sismiques obtenus lors de la campagne ZoNéCo7 (Lafoy et *al.*, 1999-2000) permettront de mieux préciser les hypothèses obtenues précédemment et de mieux identifier les structures.

1/ Analyse de la bathymétrie :

1.1. Réalisation des cartes bathymétriques et des représentations en 3D

La carte bathymétrie et les images en 3-dimension ont entièrement été réalisées par Pascal DOUILLET (Labo. Océanographie physique, IRD, centre de Nouméa, 2001). Le fichier de données servant de base aux différents traitements informatiques a été constitué par la digitalisation (1990-1991) des minutes de bathymétrie (sonde monofaisceau) levées par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) (**Figure 12**).

Pour la création des images, deux logiciels d'Advanced Visual Systems Inc. (AVS) ont été utilisés :

- le premier, AVS/UNIRAS, va permettre l'interpolation des données brutes grâce à deux sous-fonctions. La première (GFAULT) va permettre de définir les limites physiques de l'interpolation et les lignes de fractures. La seconde (GINPTF) calcule pour la grille régulière les valeurs d'interpolation en construisant une fonction bipolynomiale à partir des points contenus à l'intérieur d'un cercle de calcul défini par l'utilisateur (dans notre cas, 1 km) et tel que les points ne soient pas séparés de la ligne de fracture.
- Le second, AVS-Express (série Visualization Techniques) permet, par exemple, une visualisation en 3-dimensions. A partir de l'interpolation réalisée précédemment, la grille de données est récupérée et traitée par le logiciel dans le but de créer une image en 3 dimensions. La manipulation très facile de l'image sous ce logiciel (rotation, changement de point de vue....) est la grande particularité de ce programme.

La vision en relief offre ainsi une meilleure appréciation de la morphologie du lagon Sud-Ouest (**Figure 13**).

1.1. Interprétation morpho-structurale

A l'échelle du lagon Sud-Ouest, la grande direction qui ressort est N120-130. Elle est donnée d'une part par l'alignement oriental des îlots et récifs Senez – Sèche-croissant – Maître – Quatre-bancs-du-Nord , d'autre part par l'alignement occidental des îlots et récifs de Mba –

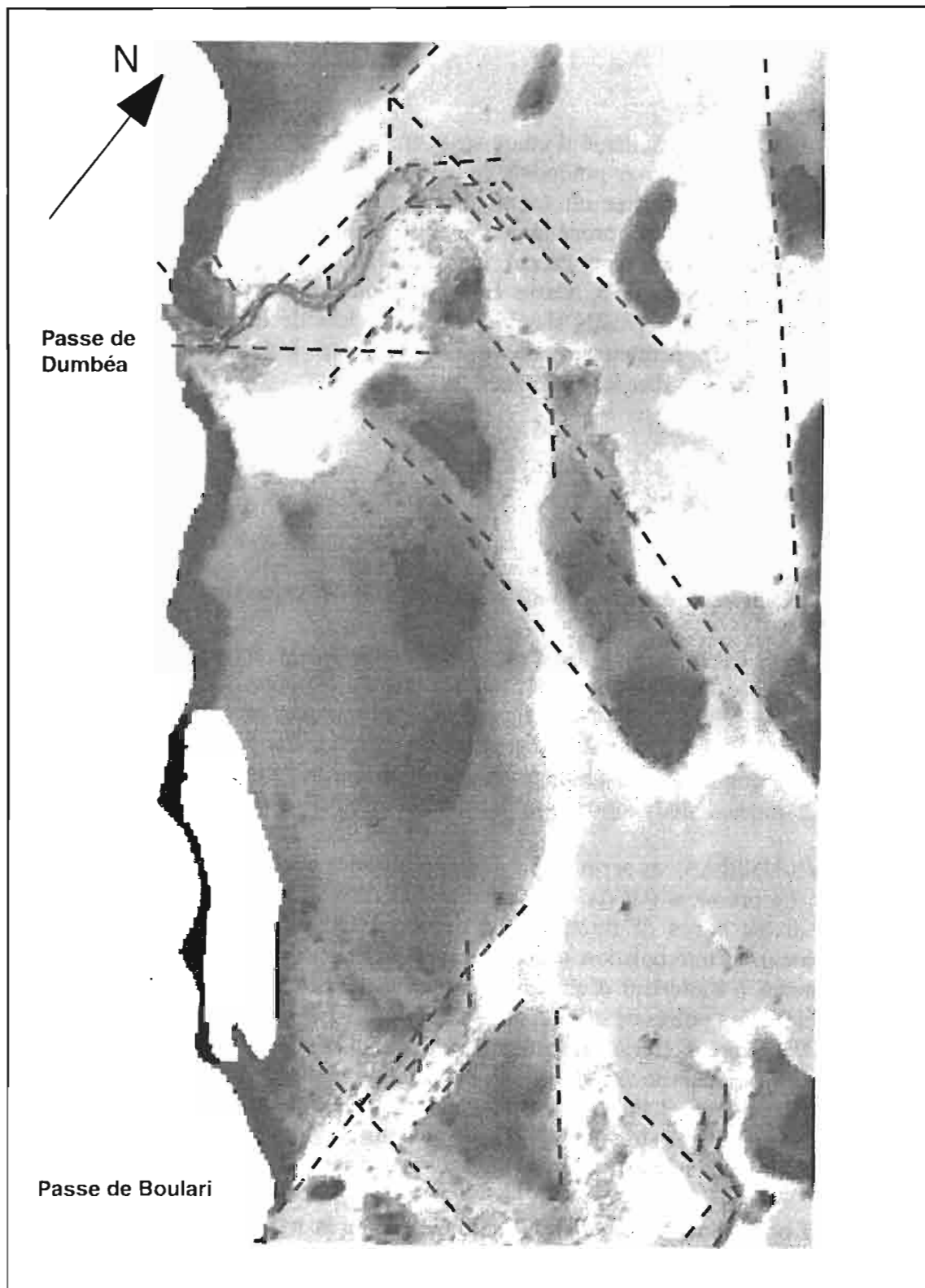


Figure 14 : Carte structurale du lagon Sud-Ouest sur une représentation 3D (Vue d'un angle à 90°) de la bathymétrie (Pascal DOUILLET, 2001) (du rouge vers le bleu: profondeur croissante)

Mbo - Signal – Laregnère – Crouy – Goëlands. La profondeur des ces rides ne dépasse pas 10-15 m . L'îlot Amédée est séparé de la ride occidentale par un chenal orientée Nord-Sud. Les passes de Dumbéa et de Boulari s'ouvrent dans le lagon par l'intermédiaire d'un réseau hydrographique de profondeur allant de 30 à 60 m dans des bassins globalement allongés dans une direction N 40 (**Figure 14**).

Dans le détail, les bassins de Dumbéa et de Boulari témoignent d'une morphologie particulière :

- La passe de Dumbéa présente une structure "en échelon" (Lafoy *et al.*, 1999-2000). La divagation des chenaux est contrôlée par des grandes directions structurales Est-Ouest, Nord-Sud et N40. Celles-ci sont responsables de l'allure particulière du réseau hydrographique.
- La morphologie du Bassin de Boulari montre un chenal Nord ancien de direction Nord-Sud tandis que le réseau hydrographique à N40 récent se sépare en deux diverticules sigmoïdes délimitant un seuil bathymétrique dans le prolongement SSE des récifs des Quatre-Bancs-du-Nord. Le diverticule à l'Ouest des Quatre-Bancs-du-Nord présente une direction structurale principale Nord-Sud. L'allure sigmoïde va être donnée par deux linéaments Est-Ouest recoupant et décalant cette grande direction structurale. Le diverticule à l'Est des Quatre-Bancs-du-Nord présente une forme en " S", ce qui fait ressortir des directions également Est-Ouest mais aussi N40.

Le creusement des vallées dans les bassins de Dumbéa et de Boulari se fait par l'intermédiaire de canyons rectilignes et de chenaux méandiformes limités par des escarpements.

Les linéaments de direction N40, N90-100 et N0 vont traverser les vallées tandis que les méandres vont principalement prendre ces directions. La divagation des chenaux sera directement déterminée par ces linéaments.

En résumé, ces grands linéaments, qui semble être des failles contrôlent la morphologie du lagon et plus précisément, les chenaux et les bassins qui les contiennent.

2/ Données de la sismique réflexion : la campagne ZONECO 7

Cette campagne fait partie d'un programme visant à l'évaluation des ressources de la zone économique marine de la Nouvelle-Calédonie. La partie technique a réellement débuté en 1993 avec la venue de l'Atalante, navire océanographique français gérée par l'IFREMER.

La campagne ZoNéCo7 constitue le septième volet de ce programme. Réalisée entre le 11 et le 25 juin 1999 à bord de la vedette océanographique de l'IRD, le DAWA, elle a consisté en une reconnaissance bathymétrique multifaisceau et sismique petit-fond du lagon au large de Nouméa entre les passes de Dumbéa et de Boulari (**Annexe 2**, plan de position). Elle se différencie des précédentes campagnes ZoNéCo par le fait qu'elle est la première opération à la mer intéressant le lagon. En effet, les autres investigations ont uniquement intéressé le domaine marin offshore.

2.1. Equipement et acquisition

Pour pouvoir étudier la portion de lagon comprise entre les passes de Dumbéa et de Boulari, le matériel utilisé fut (Lafoy *et al.*, 1999 ; Labails, 1999) :

- un sondeur bathymétrique multifaisceaux petit fond portable SeaBat 8101 (RESON). Emettant à une fréquence de 240 kHz, il est opérationnel jusqu'à 300 mètres de

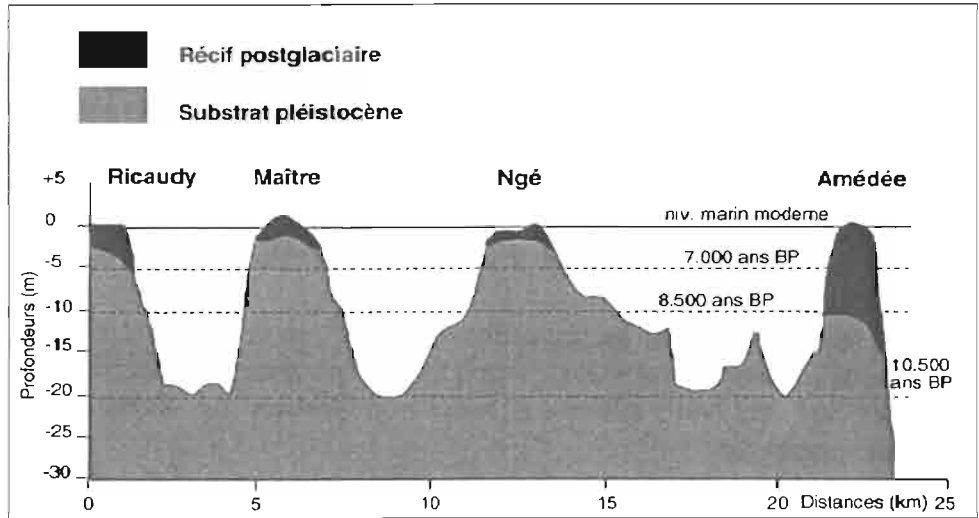
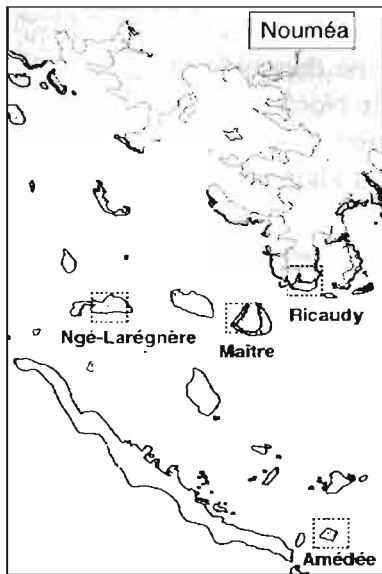


Figure 15 : Relation entre l'âge de mise en eau des substrats potentiels et l'âge des récifs postglaciaires dans le lagon de Nouméa (d'après Castellaro, 1999).

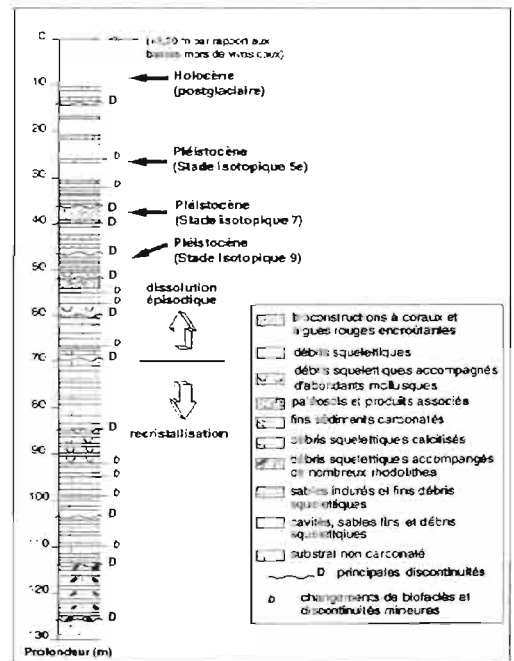
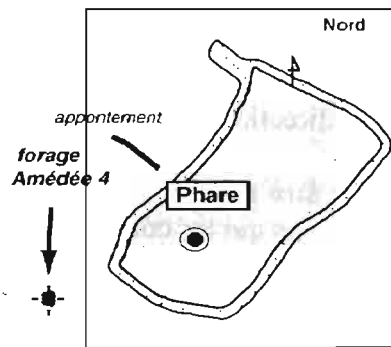
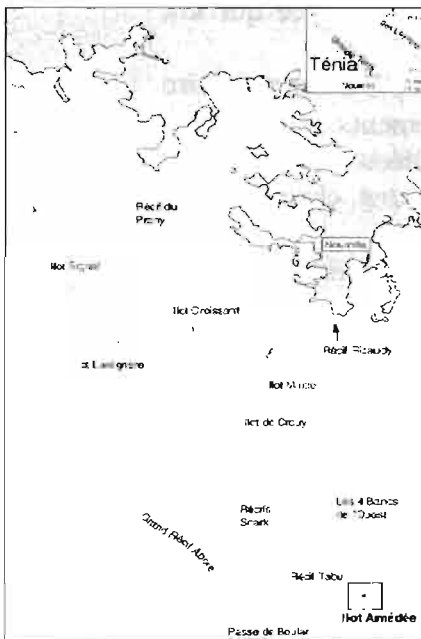


Figure 16 : localisation et interprétation du forage Amédée 4 sur l'îlot du phare Amédée (octobre - novembre 1995)

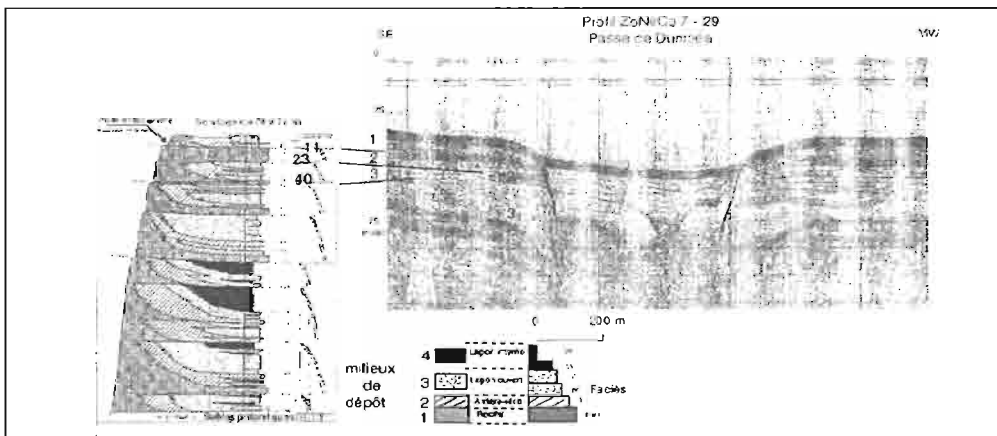


Figure 17 : Corrélation du profil sismique ZoNéCo7-29 avec le forage de l'îlot Ténia (Lafoy, 1999)

profondeur. Son angle de 150° permet de cartographier sur le fond, en un passage, un couloir d'une largeur équivalente à 7 fois la profondeur d'eau, entre 0 et 70m ;

- un équipement de sismique réflexion SPR 1200, constitué, pour la source, d'un transducteur électro-magnétique (boomer) de fréquence 400Hz, et pour le récepteur, d'une flûte sismique de 10 hydrophones, d'une longueur active de 7 m.
- un système de positionnement DGPS (Differential Global Positioning System) DEL NORTE 1008, qui permet un positionnement en temps réel avec une précision de 1 à 3 mètres. La balise émettrice était positionnée sur le point coté du site de la tour OPT à Montravel qui est un point haut de Nouméa.

A partir de l'ensemble des résultats de cette campagne, j'ai pour l'essentiel réalisé l'analyse des profils sismiques, en corrélation avec la bathymétrie acquise par multifaisceaux.

2.2. Les profils sismiques : preuves d'une tectonique récente

L'étude des profils sismiques peut fournir la preuve d'évènements récents. Pour cela, il faut identifier les réflecteurs puis leur attribuer un âge. L'étude détaillée de profils sismiques caractéristiques devrait indiquer si le lagon a subi, voire subit encore des mouvements distensifs.

2.2.1. Détermination et datation des réflecteurs

La région de Nouméa et son lagon a subi, comme le reste du monde, la variation du niveau de la mer. La courbe eustatique (Bard *et al.*, 1996) précise ces variations sur les derniers 400 Ka (**Figure 3**). En Nouvelle-Calédonie, les formations récifales s'édifient pendant les hauts niveaux marins, périodes chaudes, correspondant aux phases interglaciaires et ce à peu près tous les 100 Ka (Stades isotopiques 9 (310 ka), 7 (210 ka), 5 (125 ka) et 1 (moderne)). Pendant les bas niveaux marins, il se produit une émergence des terrains, alors immergés, et la formation de surfaces d'érosions et de discontinuités. Ainsi, dans la région de Nouméa, l'étude des formations récifales se formant pendant les périodes interglaciaires a montré l'existence d'une subsidence. Celle-ci a été estimée à 0,07 mm/an à Ricaudy situé à proximité de la ligne de rivage actuelle alors qu'elle est de 0,14 mm/an à l'îlot Amédée situé près du récif barrière à une trentaine de kilomètres de la ligne de rivage (Cabioch *et al.*, 1999) (**Figure 15**). Ces taux ont été calculés en prenant comme repère la discontinuité entre le récif moderne et le récif formé il y a 125Ka. En effet, à 125ka, le niveau de la mer était estimé à +6m au dessus de l'actuel. Après avoir déterminée la nature du platier récifale du sommet de l'unité pléistocène, la profondeur de sa discontinuité par rapport au niveau actuel rajoutée aux +6m de ce niveau donne la quantité de subsidence depuis 125Ka. Ainsi à Ricaudy, une telle discontinuité a été trouvée à -6 m, c'est-à-dire correspondant à 12 m de subsidence alors qu'à Amédée, cette même discontinuité a été trouvée à -15m, c'est à dire correspondant à 21m de subsidence.

De plus, l'étude complémentaire des forages dans les récifs des îlots Amédée (**Figure 16**), et Ténia a permis de faire ressortir tous les arguments nécessaires à la compréhension de l'histoire du lagon dans le Sud-Ouest calédonien. En admettant un taux de subsidence moyen de 0,10 mm/an pour le lagon de Nouméa, et en tenant compte des variations du niveau de la mer, la partie centrale, actuellement à -30m de profondeur alors que le socle acoustique sur les profils sismiques est à -50m, aurait été mise en eau vers 200Ka et constituait donc le fond du lagon à cette époque. Cependant, on peut observer que sur le forage de l'îlot Amédée des récifs plus vieux ont pu s'édifier, témoignant alors d'une subsidence plus forte dans ce secteur, et prouvant l'irrégularité de la subsidence, point sur lequel j'ai déjà insisté plus haut.

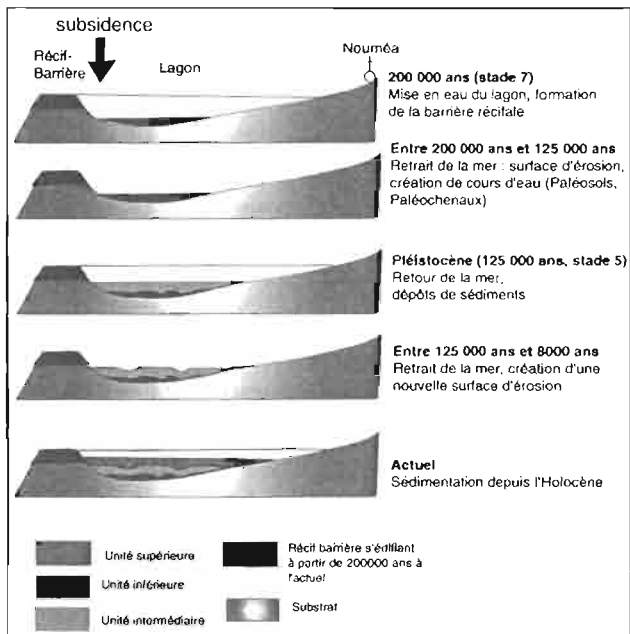


Figure 18 : Histoire du lagon des derniers 200 000 ans, la subsidence est couplée à la variation du niveau marin quelque soit l'époque.

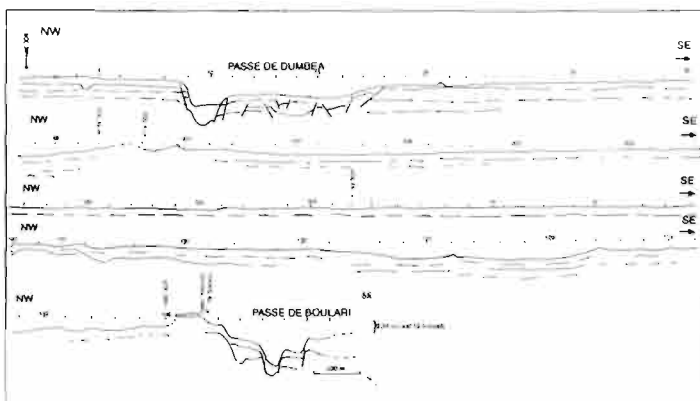


Figure 19 : Coupe NW- SE entre la passe de Dumbéa et la passe de Boulari, réalisés à partir des profils sismiques de ZoNéCo7 et de Dugas et al. (1980).

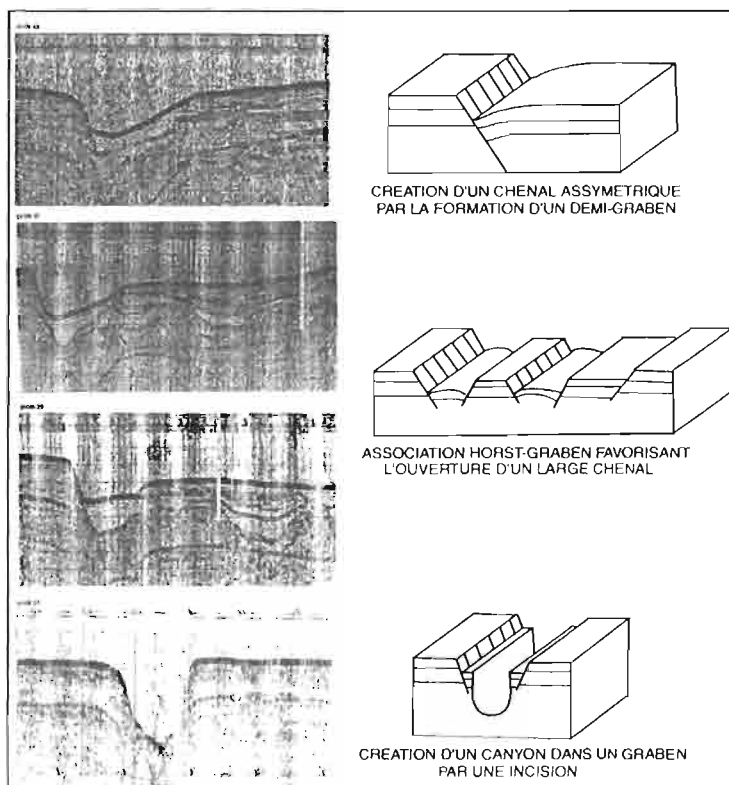


Figure 20 : Profils caractéristiques et leur représentation schématique montrant le caractère tectonique de passage de chenaux ou de canyons dans le secteur de la passe de Dumbéa.

De même, sur l'îlot Ténia, on observe un taux de subsidence moindre de 0.11mm/an (Coudray, 1976).

A partir de toutes ces informations, on peut donc proposer un âge pour les réflecteurs reconnus sur les profils. Outre celui affecté au socle acoustique, les autres réflecteurs sont attribués aux surfaces d'érosion provoquées par les phases d'émersion (périodes glaciaires). De même, ces réflecteurs limitent des niveaux de sédimentation et de remaniement causés par le retour de la mer (phase glaciaire). Sur les profils sismiques, j'ai pu observer trois réflecteurs. Une première corrélation réflecteur/discontinuité ayant déjà été réalisée (Lafoy et al, 1999) avec l'îlot Ténia (Coudray, 1976) (**Figure 17**), j'ai pu la vérifier grâce aux données du forage de l'îlot Amédée (1995).

- L'unité supérieure dont la base est limitée à une profondeur de 15 m (réflecteur 1) constitue le remplissage sédimentaire le plus récent, l'Holocène.
- L'unité intermédiaire entre 15 et 35 m de profondeur est limitée par la discontinuité entre les stades isotopiques 5 et 7 (réflecteur 2). Il s'agit essentiellement d'une sédimentation pléistocène de milieu calme de faible tranche d'eau.
- L'unité basale entre 45m et 35m de profondeur est interprétée comme le niveau appartenant à l'interglaciaire de 200 ka. Elle est séparée de l'unité précédente à 45 m de profondeur (réflecteur 3).

En résumé, l'histoire du lagon dans cette zone résulte d'une succession de phases de transgression et de régression du niveau marin. Les réflecteurs (niveaux d'émersion marqués par des paléosols et paléochenaux indurés) se sont formés lors des retraits de la mer pendant les phases glaciaires, après la mise à l'eau du lagon à 200 ka. La marque de la variation de niveau marin a été accentuée par la subsidence, principalement vers le Sud (**Figure 18**).

2.2.2. Preuve d'une tectonique récente

L'analyse des profils sismiques de la campagne ZoNéCo7 montre que les passes de la Dumbéa et de Boulari correspondent à des directions structurales héritées avec un fort contrôle tectonique (Lafoy et al, 2000)

Le fait remarquable sur les profils sismiques est que les réflecteurs constituent des séries relativement monoclinales à une profondeur de 10-15 m sous le niveau actuel marin en dehors des passes (**Figure 19**), au niveau de l'alignement des récifs cités précédemment. Les passes vont constituer des anomalies bathymétriques avec des profondeurs maximales de 60-70 m dans l'axe des chenaux principaux. Les indicateurs du contrôle tectonique de ces vallées sont :

- les discontinuités recoupant les réflecteurs, se prolongeant par endroit jusqu'à la surface et prouvant ainsi un jeu récent,
- la continuité et l'alignement de ces discontinuités sur plusieurs profils, dans des directions principalement Nord-Sud et Est-Ouest, montrant que ce sont des structures linéaires, donc des failles,
- le rebroussement des couches à la limite de ces discontinuités, témoignant d'un jeu en faille normale,
- l'abaissement et le basculement des couches par des mouvements le long de ces discontinuités, formant localement des demi-grabens,

On peut alors suggérer que l'ouverture des bassins dans l'axe des passes est consécutive à un effondrement contrôlé par des failles normales.

De même la morphologie des canyons et chenaux dépend de ces failles (**Figure 20**) :

- Sur le profil 43, la formation d'un demi-graben crée un chenal asymétrique,

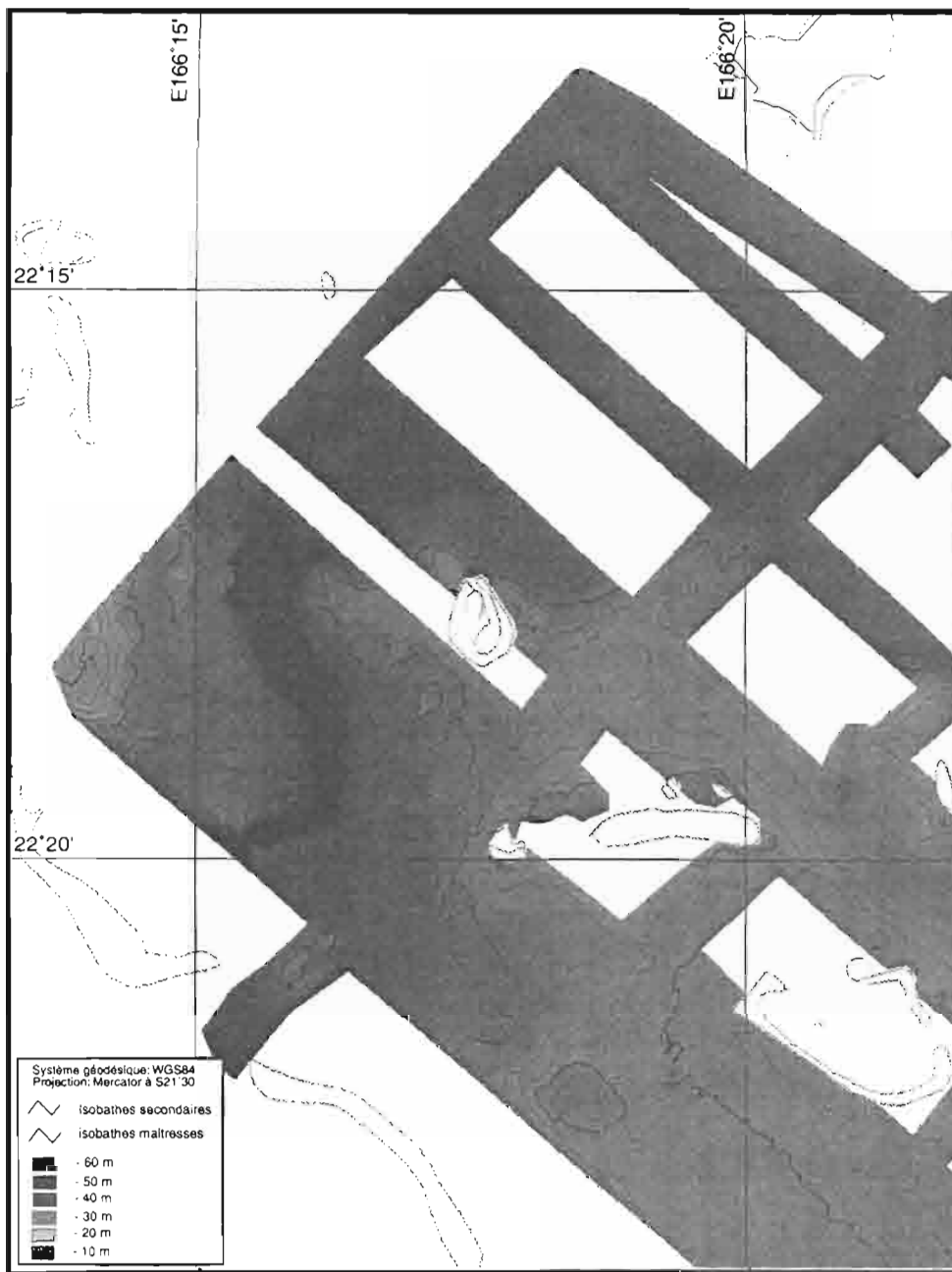


Figure 21 : Carte de bathymétrie multifaisceau obtenue lors de la campagne ZoNéCo 7 (Lafoy et al. 2000)

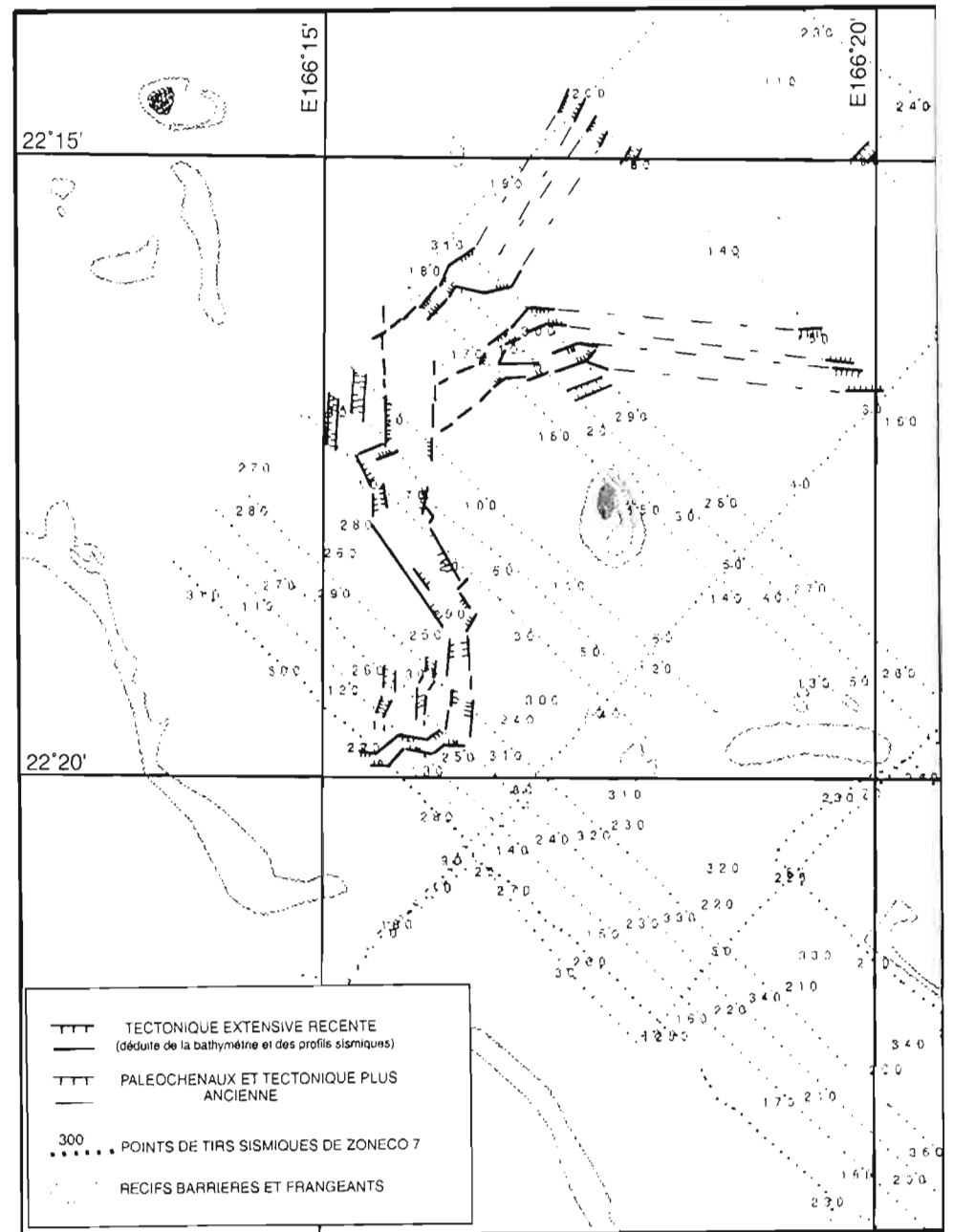


Figure 22: Carte structurale dans le secteur de la Passe de Dumbéa

- Sur les profils 39 et 37, la structuration en horst et graben exprime un contrôle de la position des anciens cours d'eau favorisant l'écoulement et le remplissage sédimentaire. Pour ce type d'effondrement, la largeur du chenal est plus importante (2-3km de large),
- Sur le profil 51, l'incision dans le graben est tardive et les escarpements bordant les chenaux ne sont pas directement les plans de failles.

Le passage des divers cours de la Dumbéa vers la passe est directement contrôlé par ces trois types de morphologie.

3/ Le lagon Sud-Ouest, témoin de la tectonique récente

Les failles décrites ci-dessus semblent donc contrôler l'ouverture des passes. L'analyse morpho-structurale réalisée précédemment grâce aux vues 3D est précisée par les résultats de bathymétrie multifaisceau de la campagne ZoNéCo 7. La structuration particulière des vallées indique nettement que les failles ont des directions variées avec des relais.

Les grandes failles tracées et définies grâce aux profils sismiques ne sont pas strictement linéaires. La bathymétrie multifaisceaux de ZoNéCo 7 (**Figure 21**) dominée par des directions Nord-Sud, Est-Ouest et NO-SE (Lafoy et al, 1999, 2000) souligne bien le caractère "en baïonnette" de ces zones de failles. J'ai pu reporter sur une carte (**Figure 22**) les failles repérées sur les profils sismiques en tenant compte des directions données par la bathymétrie. Il apparaît que les failles se propagent en système de relais. Les zones de relais se biseautent et sont reprises par d'autres relais, le long de failles de transfert. L'extension ne va pas former des réseaux linéaires et continus. Cependant, il est quand même possible de voir ressortir des grandes directions structurales de failles normales N 40, Nord-Sud, et Est-Ouest. La chronologie des grandes directions est à vérifier avec les observations à terre. Ces failles sont souvent cartographiées comme de simples structures continues mais une étude plus détaillée révèle souvent que la plupart de ces structures sont composées de segments de failles connectés par des structures de relais (Cartwright et al, ?).

De plus, la bathymétrie dans le secteur de la Passe de Dumbéa apporte des arguments importants quant à l'évolution du système.

D'une part, entre la passe de Dumbéa et le profil 35, la portion au Sud-Est du canyon est plus profonde que celle au NW. Par le jeu de failles normales, ce bloc SE a subi un basculement vers le Sud-Ouest.

D'autre part, à partir du profil 29, c'est le compartiment Nord-Ouest qui a subi un basculement, cette fois-ci vers le Nord-Est.

Cette inversion de basculement semble être délimitée par un accident à Est-Ouest. Cet accident constitue également la limite entre une zone où les chenaux sont étalées, peu profonds et peu creusés et une zone où les chenaux deviennent de véritables canyons aux rives de pentes fortes.

Il est nécessaire pour former une incision dans cette direction, que le compartiment Sud près de la Passe de Dumbéa soit soulevé progressivement au niveau de cette limite à N90-100, tout en étant basculé au niveau du récif barrière actuel. Cette incision semble récente car les canyons ont un relief abrupt.

La zone Nord, quant à elle, constitue une zone moins accidentée, mais néanmoins bien structurée, qui a pu voir l'installation d'un lac au cours de la dernière période glaciaire.

De plus, les cours des bassins de Dumbéa et Boulari ont respectivement divagué vers le Sud-Est et l'Ouest depuis la période post-pléistocène moyen, en édifiant des levées sédimentaires associées au fonctionnement de paléochenaux (Lafoy et al., 2000)



Figure 23 : Photo et interprétation de la faille sous la cathédrale de Nouméa (centre ville)

En résumé, le lagon a enregistré une tectonique récente (voire actuelle). Les grandes directions N120-130 qui ont formées les alignements de récifs et îlots sont actuellement recoupées par des failles qui ouvrent les bassins de Dumbéa et de Boulari. Ces failles qui dotent le lagon de cette nouvelle morphologie contrôlent la subsidence du bâti calédonien au moins dans ce secteur.

III. ANALYSE MICROTTECTONIQUE (DONNEES DE TERRAIN)

Le lagon a révélé les preuves de la tectonique distensive récente. Il est maintenant important de connaître la continuité des failles à terre, le rapport entre chaque réseau de failles et les directions de contraintes principales.

1/ Acquisition des données sur la péninsule de Nouméa

1.1. Les observations de terrain : marqueurs d'une probable extension

La zone du bassin de Nouméa représente le haut de la marge affaissée du bassin de Nouvelle-Calédonie, la région de Nouméa est donc une zone privilégiée d'observation de déformation fragile en relation avec la déformation péri-calédonienne. L'objectif fut de trouver des sites de mesure, mettant en évidence cette déformation. Le sens de rejet des failles a pu être connu :

- par la mise en évidence du décalage des compartiments (faille de la VDE, faille de cathédrale.....)
- par l'examen, sur la surface des failles, des tectoglyphes :
 - stries provoquées par la trace d'un débris situés entre les lèvres, ou par de petites écailles formant des gradins dans le sens de mouvement (Camps Est, Anse Lallemand, VDE.....).
 - Enduits de calcite qui cristallisent dans des cavités formées par des irrégularités de la surface de faille (VDE, Nouville, Anse Vata....)
- par l'observation d'un rebroussement des couches près d'un plan de faille, appelé crochons de failles (Camps Est, Cathédrale, Promenade Vernier.....).

Ainsi, la faille observée dans "la formation de la cathédrale" (Flysch, Eocène Moyen), située sous la cathédrale de Nouméa (boulevard Vauban, centre-ville, Nouméa) (**Figure 23**), représente un cas d'école en terme de reconnaissance de tectonique extensive. L'examen des plans de direction N140 et N90-100 dévoile la présence de strie et de cristaux de calcite, tous les deux indicateurs de mouvement normal dans ce cas. De plus, à l'échelle de l'affleurement, la stratification est décalée et les couches sont rebroussées à l'interface des discontinuités.

1.2. La méthode : mesures sur des plans (direction et pendage) de faille (pitch des stries)

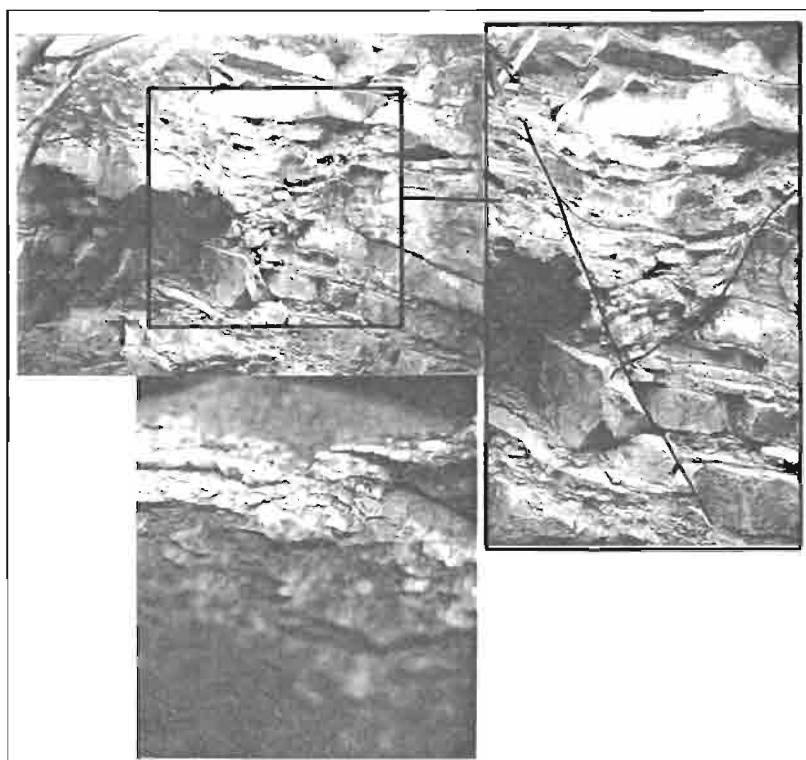


Figure 24 : Failles conjuguées et stries au Camps Est (Nouvelle-Calédonie)

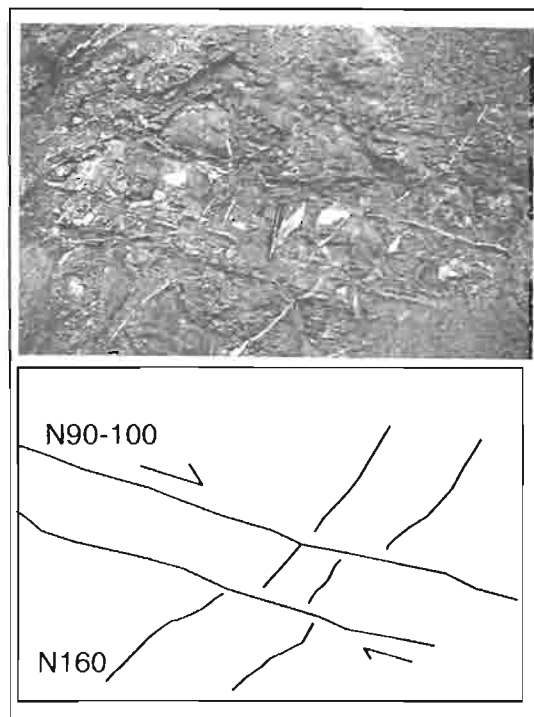
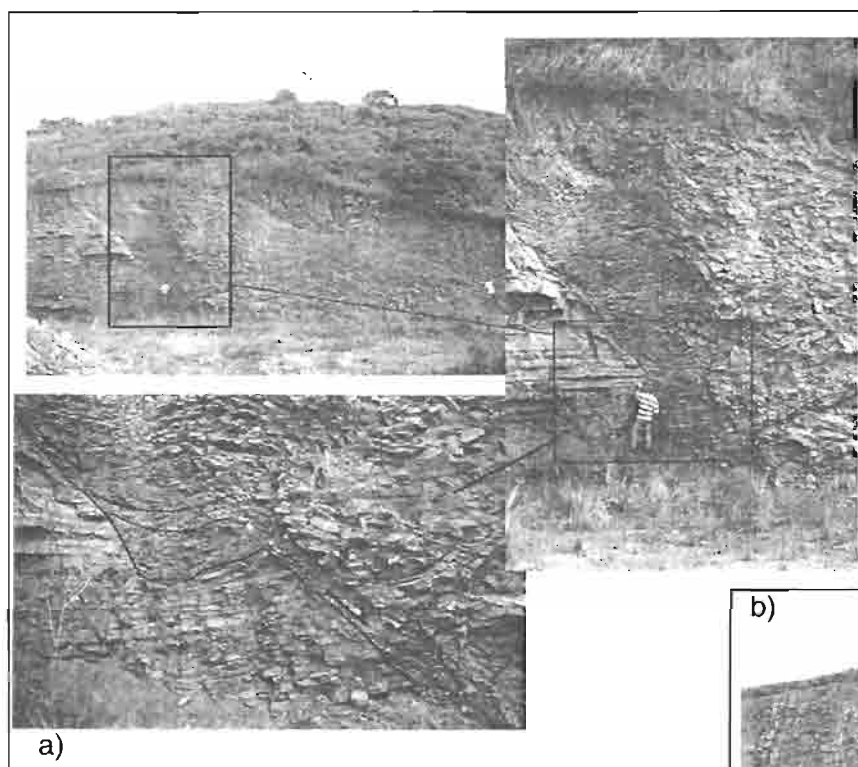


Figure 25: Failles N-S recoupées par des failles Est-Ouest (Lycée Garnier, Nouvelle-Calédonie)



a)



b)

Figure 26 : a) Rampe extensive du site de VDE-faïlle
b) Pli dans le flysch Eocène, témoin de la compression (sur la voie de dégagement Est (Nouméa))

Tous les sites intéressants que j'ai repérés sur le terrain comme caractéristiques de ce mouvement extensif ont fait l'objet de mesures dans le but de pouvoir réaliser une étude statistique et de déterminer le tenseur de déformation.

Une observation méthodique préalable permet de reconnaître les structures. La boussole est l'outil utilisé pour mesurer les directions et pendages des failles (mesures de plans) ainsi que les directions des stries (mesures de lignes). La boussole permet la prise de mesures d'angles :

- la direction : dans un plan horizontal par référence au Nord magnétique (dans le cas de la Nouvelle-Calédonie, il faut tenir compte de la déclinaison qui est de + 13° par rapport à la référence),
- le pendage : dans un plan vertical par rapport à l'horizontal (clinomètre).

Ainsi toute mesure de direction, faite par rapport au Nord est celle du plan vertical qui contient cette direction. Toute mesure de pendage ou de plongement se fait par rapport à l'horizontale du plan vertical qui contient la direction de plus grande pente.

Les plans sont définis par la direction de leur horizontale et leur pendage perpendiculaire à cette horizontale.

Les lignes sont situées dans l'espace grâce à leur direction de leur plongement dans le plan vertical (virtuel) contenant la ligne.

Il est également possible de mesurer les "pitches" ou angles de chute de stries dans les plans de faille à l'aide d'un rapporteur pour avoir un maximum d'informations. Le pitch correspond à l'angle entre la ligne et l'horizontale du plan porteur dans ce plan.

1.3. "Zoom" sur quelques affleurements : la tectonique extensive dans la région de Nouméa

Dans le but de mieux aborder l'étude microtectonique, j'ai sélectionné quelques affleurements caractéristiques de la déformation fragile tardive sur toute la région de Nouméa.

➤ *Nouvelle*

Sur la presqu'île de Nouvelle, la pointe Est de l'anse Lallemand porte la marque d'une phase extensive postérieure à la grande compression Eocène. Un réseau de petites fractures correspondant à des failles normales conjuguées discrètes portent des stries assez mal marquées au mouvement normal. Plus loin, entre l'école d'infirmière et le lycée Garnier, le talus bordant la route est incisé de grandes fractures de direction de N160 à N180. Une étude plus détaillée révèle que ces failles sont nettement recoupées par des failles de direction N90 à N100 (**Figure 25**). Toujours à Nouvelle, c'est au niveau du Camp Est (en allant vers la Pointe Denouel, après la maison du gardien) (**Figure 24**) que le flysch Eocène offre les plus belles marques de ce mouvement extensif : failles normales conjuguées, rebroussement de la stratification le long des discontinuités et présence de calcite cristallisée et striée. Les plans de faille ont des directions principalement Nord-Sud, Est-Ouest, et N40.

➤ Voie de Dégagement Est (**Figure 26**)

Du côté de la voie de dégagement Est (VDE), les terrains Eocène ont également enregistré cette déformation cassante. Avant le péage (en direction du Mont-Dore), la station que j'ai nommée "VDE-Faille" (en contrebas de la route) offre un exemple de rampe extensive, le long de plan de glissement de direction N100-120. Un peu plus loin, l'ouverture de la VDE a dégagé de part et d'autre de la route un pli d'axe globalement N100 dans le flysch relatif à la seconde phase de plissement de l'Eocène supérieur. La zone de charnière du pli témoigne d'une déformation en extension à l'extrados. Ce grand pli est recoupé par des plans en distension N80-90 et N60-70 mais également par des grands décrochements sénestres de direction N90-100. Passé le péage, le talus gauche est découpé par une série de failles

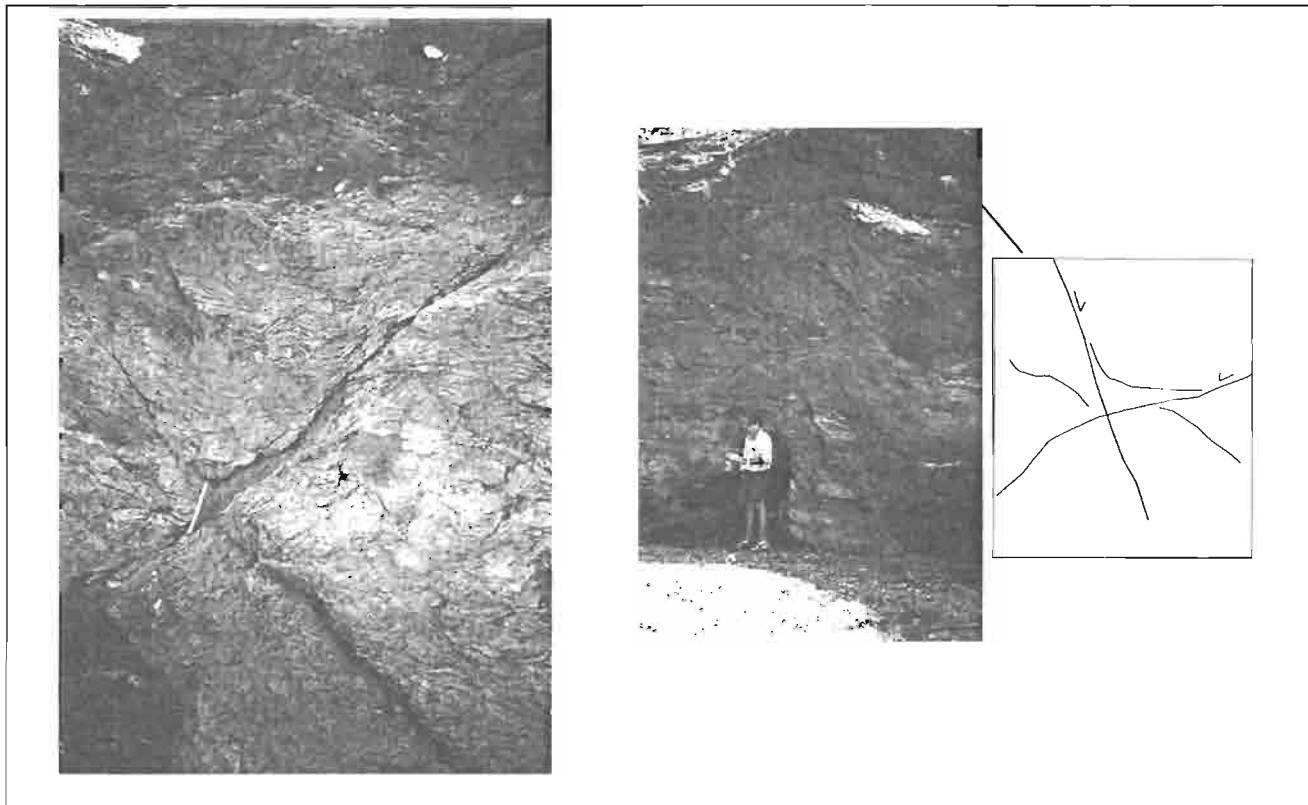


Figure 27 : Failles normales conjuguées sur l'îlot Ngéa

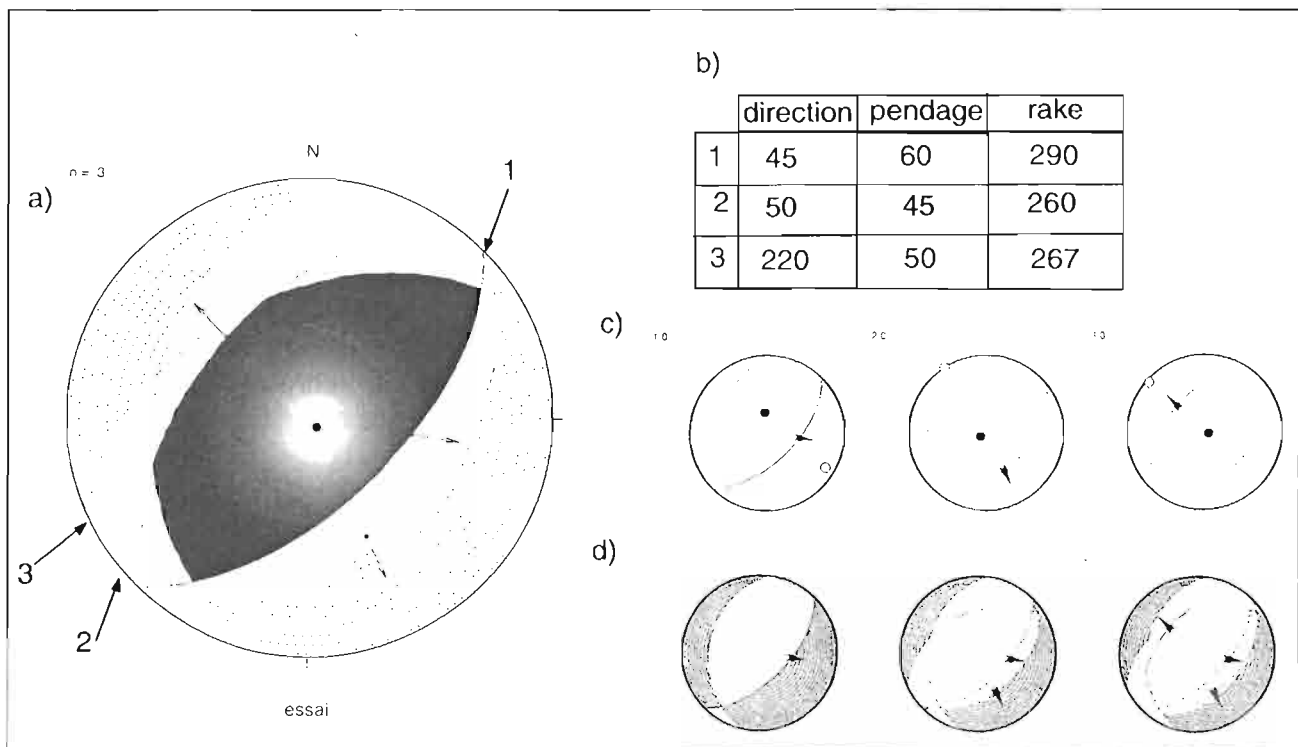


Figure 28 : Projection dans l'hémisphère inférieur de 3 plans (Fichier essai)

a) résultats du programme, zones de Pression (gris foncé) et de Tension (tireté), b) tableau de données
 c) méthode de tracé du plan auxiliaire, d) méthode de délimitation des zones de Pression et Tension.

direction N90-100. Passé le péage, le talus gauche est découpé par une série de failles normales de direction N-S et N100-110 et par un grand décrochement dextre (mouvement indiqué par la présence de belles cannelures sur le plan) de direction N140-150.

➤ Littoral de Nouméa

Sur le littoral de la péninsule de Nouméa, de la Baie des Citrons à la promenade P.Vernier, les affleurements portent toujours des indications de mouvement extensif (stries, crochons, cristallisation de calcite...). Au Rocher à la Voile, les directions prédominantes sont N90-100, N130-140 et N-S. Au Ouen Toro, les crochons montrent un mouvement normal sur des plans à N70 et N90-100, mais il n'y a pas de stries. C'est également le cas le long de la promenade P.Vernier, dans les phtanites, les plans ne portent pas de stries, le sens du rejet en failles normales est donné par le rebroussement des couches. On retrouve des directions N70-80, N90-100 et N130-140.

➤ Ilots

Enfin, l'analyse microtectonique des îlots Ngéa (**Figure 27**), Porc-épic, Uere dans le lagon de Nouméa a été réalisée par Y.Lagabrielle (CNRS, accueil IRD), Y.Lafoy (Service des Mines et de l'Energie), P.Maurizot (BRGM) et G.Cabioch (IRD). Ces sites font ressortir une gamme de direction pour les plans de faille qui sont N90-110, N130-140, N-S et N40.

1.4. La péninsule de Nouméa : tectonique ancienne et récente

La région de Nouméa porte les marques de la phase compressive de l'Eocène, contemporaine du charriage de la nappe péridotite. Tous les terrains post-nappe ont enregistré cette déformation (pli dans le flysch à Ouemo, Ouen toro et sur la VDE ; chevauchement de phtanites sur le flysch, Nouville.....) par des directions N130-140 et N60-70. Dans la plupart des cas, les failles dans ces directions ont été reprises en mouvement normal. Puis, elles sont recoupées par des directions N40, N0 et N90-100. J'ai pu trouver sur le terrain des indications quant à la chronologie des événements pour ces nouvelles directions. Sur certains sites, les failles N90-100 recoupent les failles Nord-Sud (Nouvelle...) et sont ainsi les marqueurs de la tectonique la plus récente. De la même manière, elles vont donner la direction de la contrainte extensive principale qui va faire rejouer les anciennes failles dans des mouvements de compression ou de décrochements.

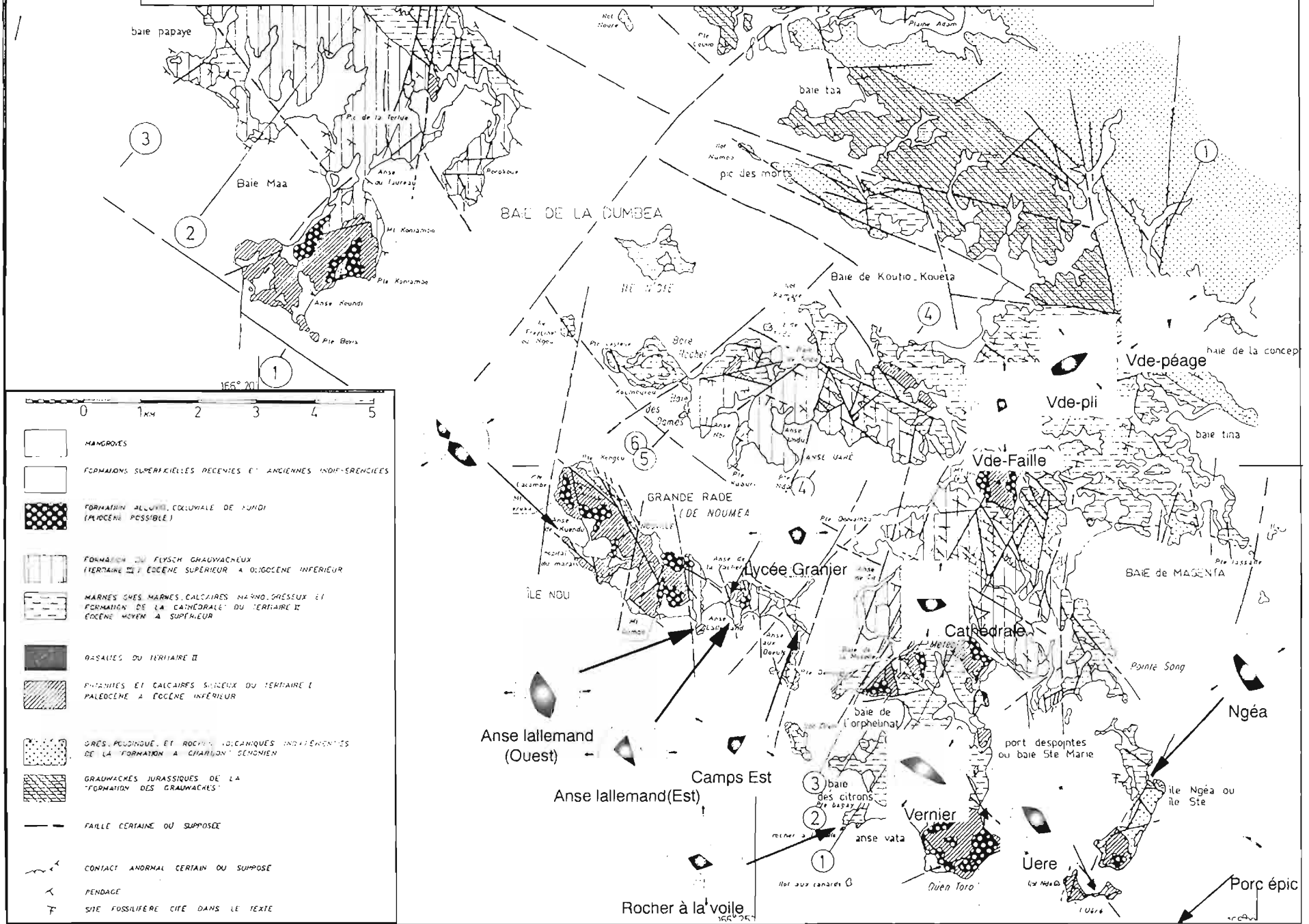
2/Traitement des données : Programme DIEDRE

Les données brutes recueillies sur le terrain sont traitées sur station SUN afin de déterminer les directions préférentielles d'allongement et de raccourcissement.

2.1.Principe et fonctionnement du programme

Ce programme entièrement créé par Marc REGNIER, du laboratoire de géophysique de l'IRD, utilise les principes des sismologues en terme de quantification de mouvements sur des plans de rupture. La projection se fait dans l'hémisphère inférieur type Canevas de Wulf. Rappelons qu'une projection est " un système de correspondance entre les points de la surface à représenter et les points d'un plan de projection, tel que chacun de ceux-ci représente un point et un seul de la surface projetée" (F.Reignier, 1957).

Figure 29 : Localisation des projections stéréographiques sur la carte géologique de Nouméa (1977)



Dans ce programme, la strie est considérée comme un vecteur de glissement. Elle est déterminée par son rake (de 0 à 360°). Le plan auxiliaire perpendiculaire au plan porteur est tracé en prenant comme polaire la strie. Les plans nodaux dans le cas d'une faille normale vont délimiter une zone de Pression à l'intérieur du diagramme traduisant un raccourcissement maximal. Ils vont également définir la zone de Tension (allongement) sachant que l'axe de tension principale est située à 90° de l'axe de pression principale.

L'ensemble des données acquises sur le terrain (direction et pendage des plans, pitches des stries) doit être transformée dans les conventions des sismologues.

- la direction du plan devra renseigner directement sur le sens de pendage. Les directions sont données de 0 à 360° et non de 0 à 180°, le sens de pendage étant pris à partir de l'azimut dans le sens horaire. Par, exemple, pour un plan de direction N135 et de pendage de 30° vers l'Est, on prendra une direction N315 pour un pendage de 30°. Dans le cas, où le plan aurait un pendage vers l'Ouest, à ce moment-là, on prendra une direction N135
- Le pitch devra indiquer s'il s'agit d'une faille normale ou inverse. Dans le cas d'une faille normale, les valeurs seront comprises entre 180° et 360°.

Ainsi modifiées, les données sont manipulées sous forme de fichier de valeur (type .txt). Ce fichier sera directement traité par le programme, sur plate-forme UNIX.

Dans le but de mieux appréhender les résultats, j'ai réalisé des constructions de diagrammes à partir de fichiers simples, exemple avec trois plans et trois stries (**Figure 28**).

2.2. Directions d'extension dans la Région de Nouméa : les résultats

L'étude statistique réalisée grâce au programme Diedre pour chaque station a permis de trouver la direction d'extension et de raccourcissement pour chacune d'entre elle (**Figure 29**). Les résultats de ce traitement sont relativement homogènes :

L'extension est Est-Ouest pour les sites de l'anse Lallemand (Pointe Est et Ouest) et du lycée Garnier, et quasi-Est-Ouest sur l'îlot Uere.

Les sites de Kuendu Beach, de la promenade P. Vernier, de l'îlot N'gée et du péage de la Voie de dégagement Est (VDE) montrent des directions d'extension de l'ordre du N40-50.

Les autres directions visibles sont principalement Nord-Sud (Faille de la VDE, Faille de la Cathédrale, Rocher à la Voile) et N130 (pli de la VDE, Camp Est).

Par contre, le traitement du site de l'îlot Porc-épic n'a pas pu donner de direction d'extension, mais seulement une valeur de Pression en raison de nombreux décrochements.

Ainsi l'extension dans la région de Nouméa se matérialise par des directions d'allongement N40, N130, Nord-Sud et Est-Ouest. A l'échelle de la péninsule de Nouméa, l'extension est donc multidirectionnelle. Cette caractéristique est probablement induit par un rejeu de failles anciennes (au jeu inverse lors de la grande compression Eocène) mais aussi par l'existence de phases en extension d'intensité différente et chronologiquement séparées.

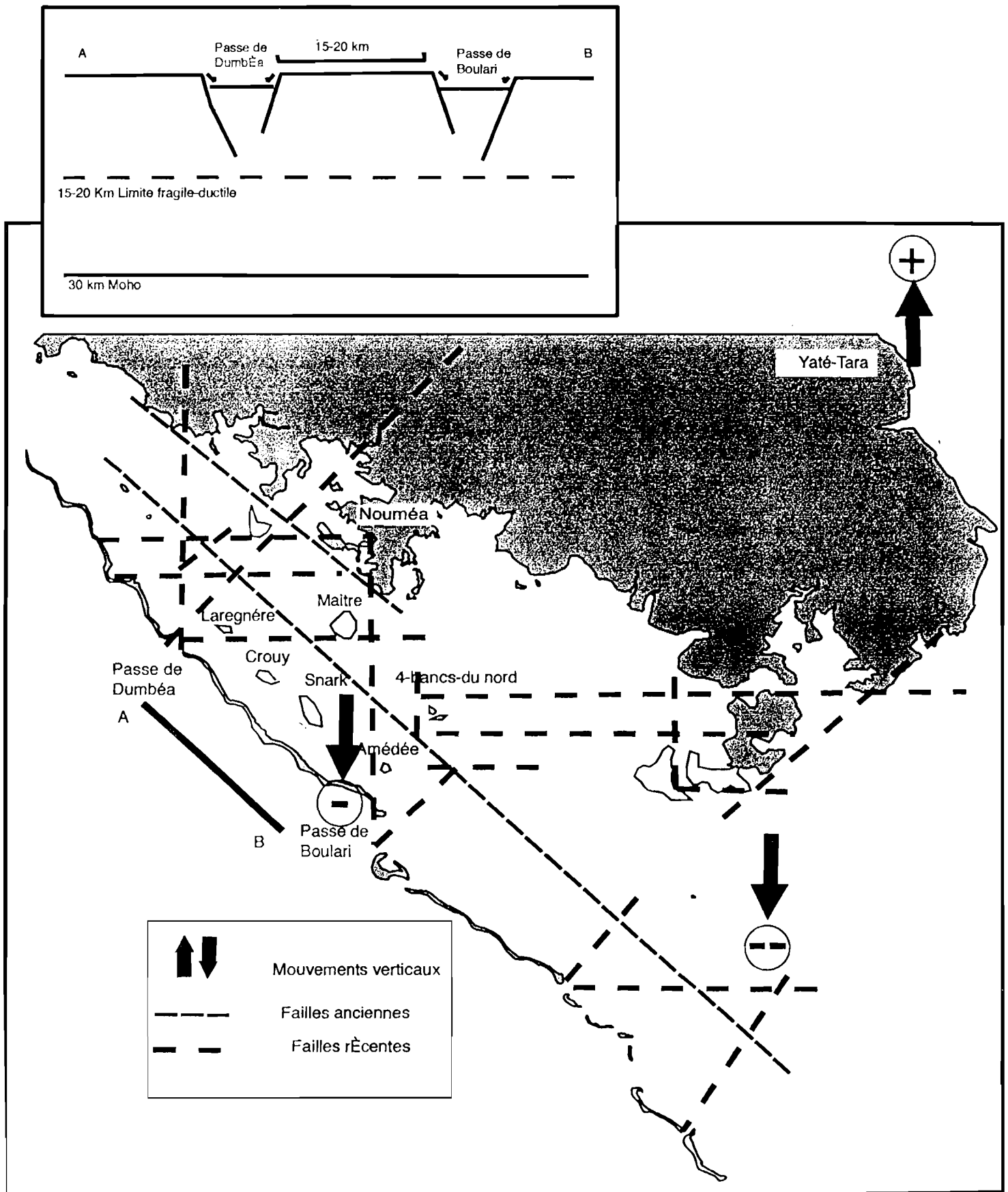


Figure 30 : Carte structurale schématique de la région de Nouméa et interprétation en système de blocs (coupe A-B)

IV. DISCUSSION-CONCLUSION

Les grandes directions structurales décrites grâce à la bathymétrie et identifiées comme des failles sur les profils sismiques dans le lagon Sud-Ouest, se retrouvent à Terre sur la péninsule de Nouméa.

Dans le lagon, au niveau des bassins dans l'axe des passes de Dumbéa et Boulari, les failles contrôlent directement la morphologie des chenaux et des canyons qui constituent les bassins. D'après ces observations, les mouvements traduisent un jeu en faille normale, et d'après les profils sismiques une tectonique récente voire actuelle.

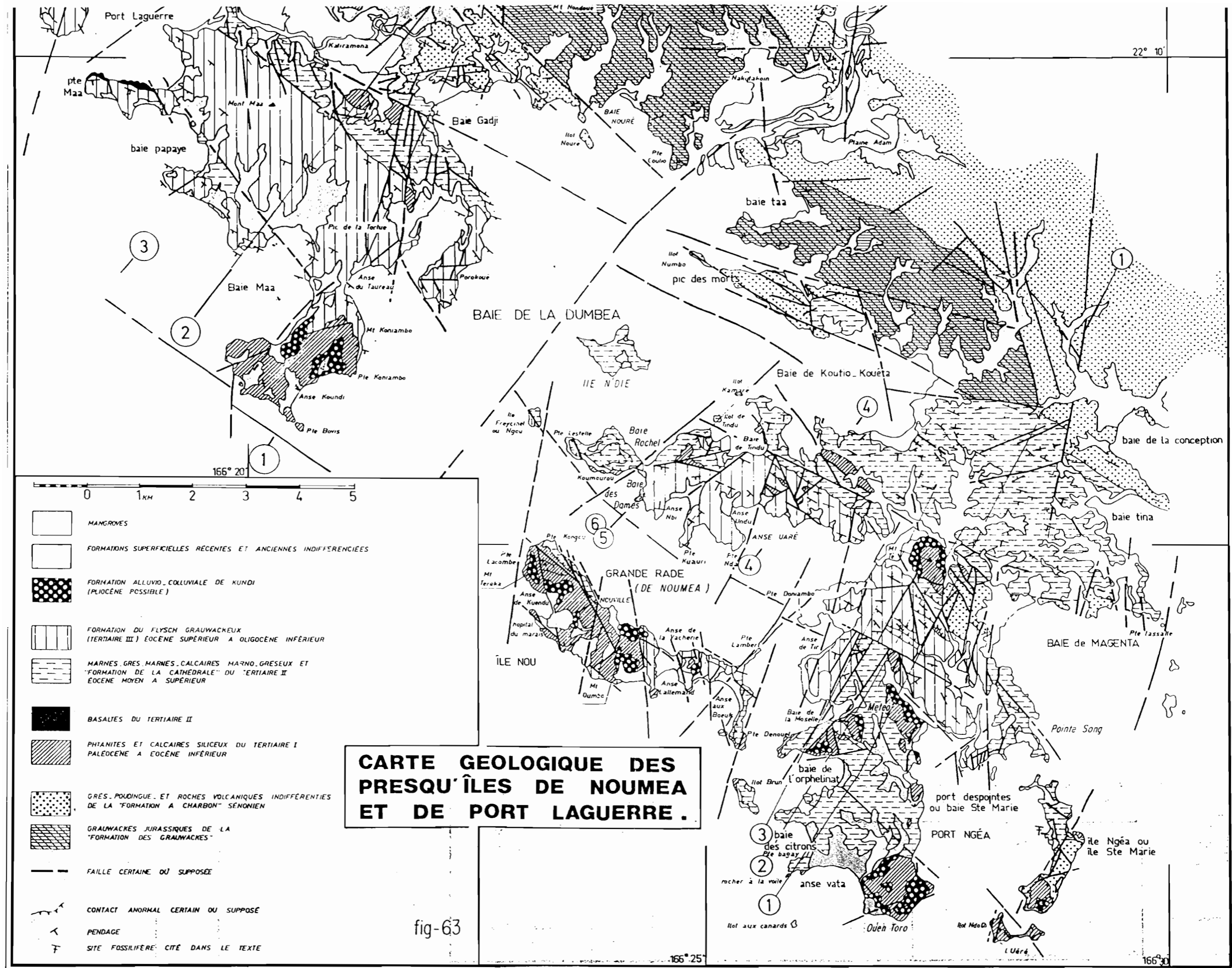
Sur la péninsule de Nouméa, les indicateurs de rejet des failles ont permis de prouver le caractère extensif, de retrouver les mêmes directions que celles qui structurent le lagon, d'apporter les informations supplémentaires quant à la chronologie des événements tectoniques récents et enfin de réaliser une étude statistique pour chaque site intéressant afin de dégager les grandes directions d'extension.

Les grandes directions structurales qui ressortent sont N130-140, N40-50 Nord-Sud et Est-Ouest, pour des directions d'allongement N40, N130-140, Est-Ouest et Nord-Sud. L'extension dans la région de Nouméa est multidirectionnelle dans le temps et l'espace. Cependant, les indications à terre ont permis de montrer que les failles Est-Ouest et Nord-Sud étaient les plus récentes, fait déjà pressenti dans le lagon puisque ces accidents actifs y nettement marqués. De plus, c'est selon cette direction que l'on retrouve la sismicité actuelle. Ces failles sont récentes et actives, et sont susceptibles d'être à l'origine de séismes. Ainsi les directions N130-140 qui ont structurées le bâti calédonien lors de la compression et dont les traces subsistent dans la morphologie (alignement de récifs et d'îlots) traduisent des mouvements relativement ancien. Il serait intéressant de savoir de quelle manière l'extension récente fait rejouer toutes les failles les plus anciennes (mouvements en décrochements, en compression.... pour un système globalement en extension).

De plus, la déformation apparaît être localisée dans des zones bien particulières délimitant des blocs. Ainsi, des blocs non-déformés sont limités par ces zones déformées et faillées que constituent les bassins de Dumbéa et de Boulari dans la continuité des passes du même nom. Ces blocs sous l'action de ces couloirs de failles, subissent des mouvements verticaux mais aussi de basculement vers le Sud-Sud-Est. Le contrôle tectonique de la subsidence est assuré par l'intermédiaire de ces failles normales. Le Sud calédonien subside selon un gradient d'enfoncement croissant vers le Sud par blocs interposés, on peut parler de subsidence en "touche de piano". De plus, La taille de ces blocs (20 à 25 km de long) devrait fournir une indication sur l'épaisseur de la croûte cassante. Par une série de modèles expérimentaux (Allemand et Brun.,1989 ; Buck,1991 ; Michon et Merle, 2000), il a été montré que la distance entre les réseaux de failles limitant les blocs et la géométrie de l'association horst-graben sont directement liées à la profondeur de la limite fragile-ductile dans la croûte (**Figure 30**). Il faudrait continuer une recherche plus poussée, mais on peut constater que cela semble cohérent.

Enfin, à l'échelle du Pacifique Sud, il serait également intéressant de replacer ce comportement subsident et en extension dans le contexte plus général de la tectonique des plaques et d'interpréter les directions d'allongement à cette échelle. D'ores et déjà, on peut imaginer deux hypothèses pour cette extension soit il s'agirait d'une déformation post-charriage, soit elle serait associée au bombement de l'arrière- pays en zone de subduction. Il est bien évident que ces hypothèses sont à vérifier.

Annexe 1 : Carte géologique de Nouméa (Gonord, 1977)



CARTE GEOLOGIQUE DES PRESQU'ÎLES DE NOUMEA ET DE PORT LAGUERRE.

fig-63

166° 25'

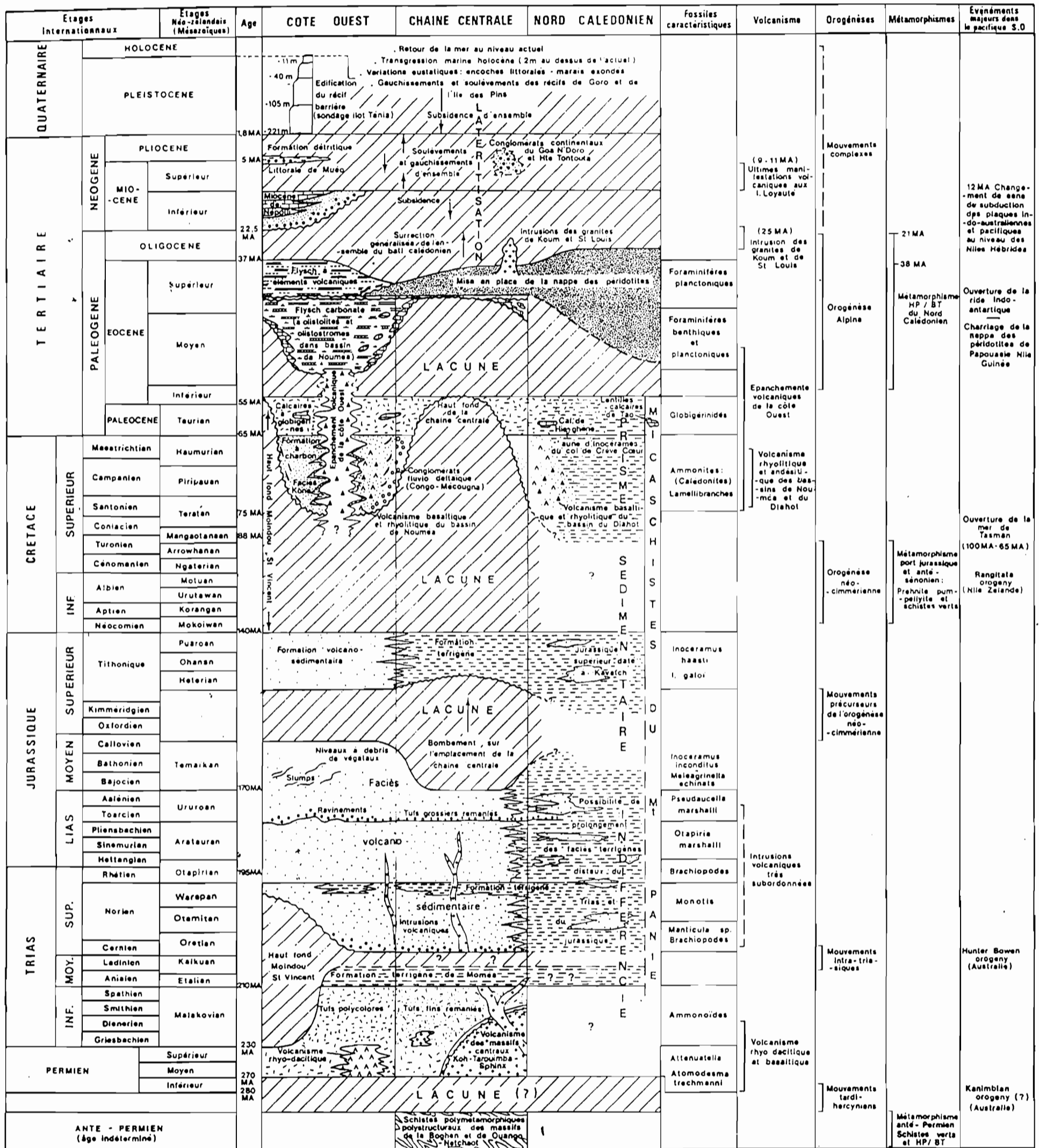
166° 30'

22° 10'

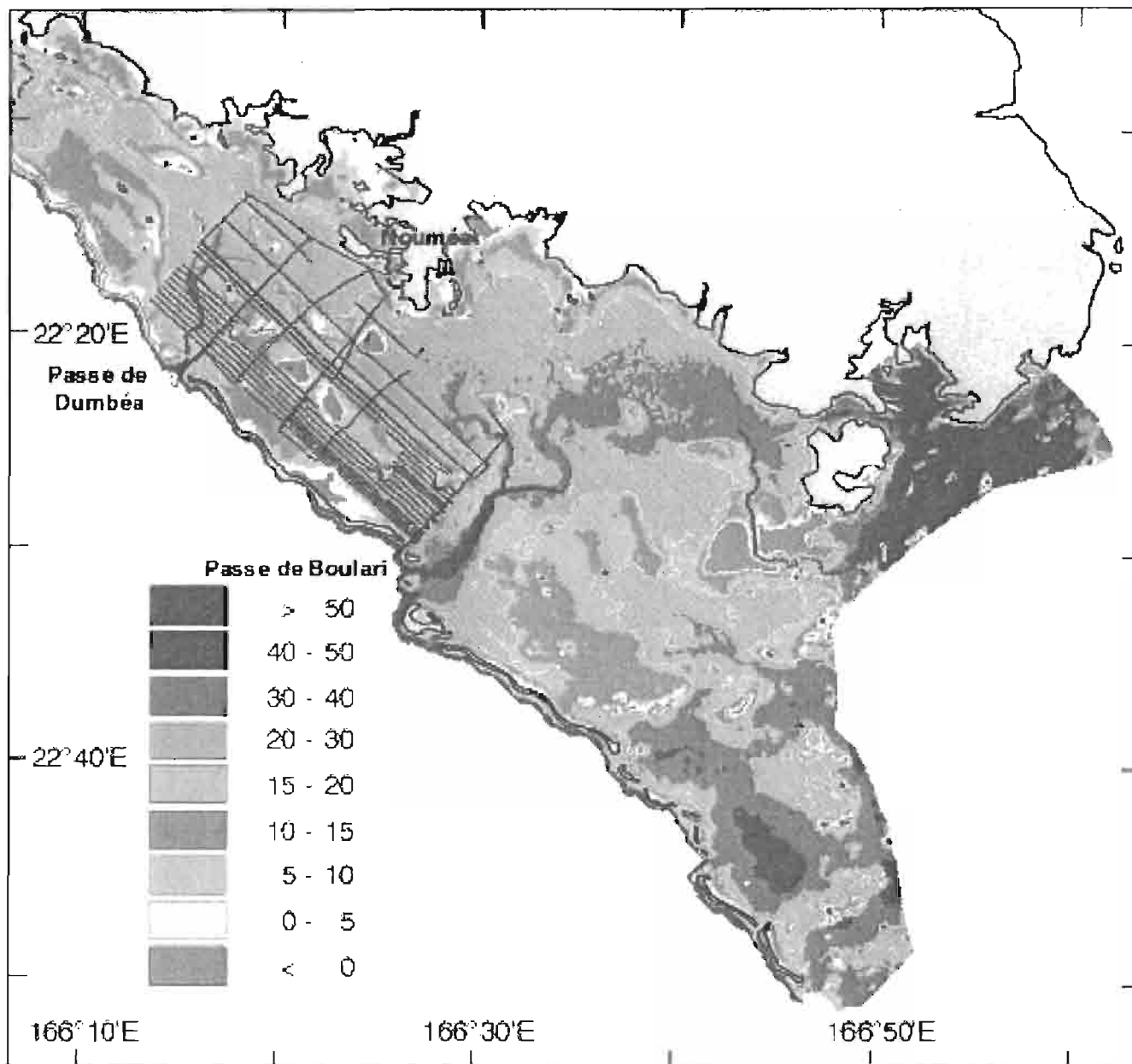
166° 20'

0 1 KM 2 3 4 5

Annexe 2 : Echelle chronologique d'après Paris (1981)



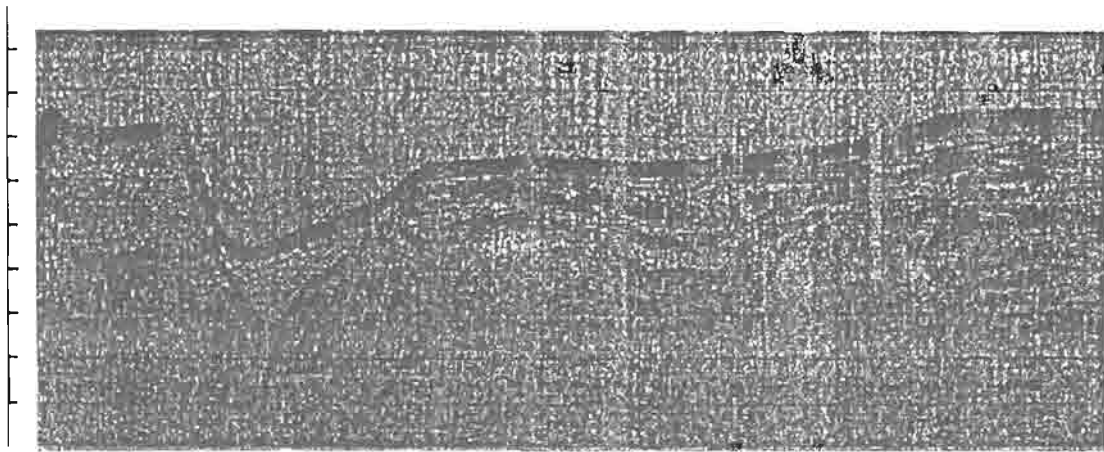
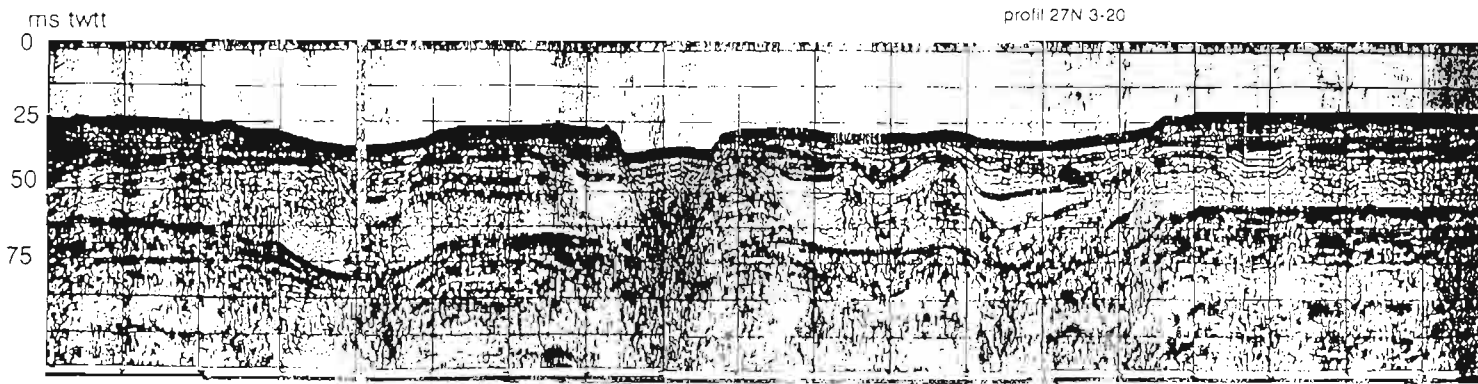
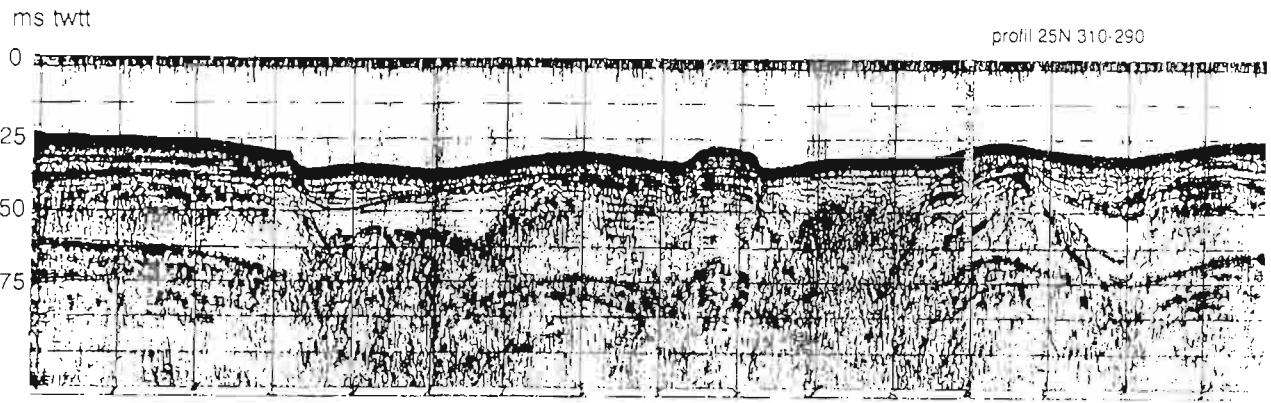
Annexe 3 : Carte bathymétrique du lagon SW et localisation des points de tirs sismiques de la campagne ZoNéCo 7, réalisation Pascal Douillet (2001)



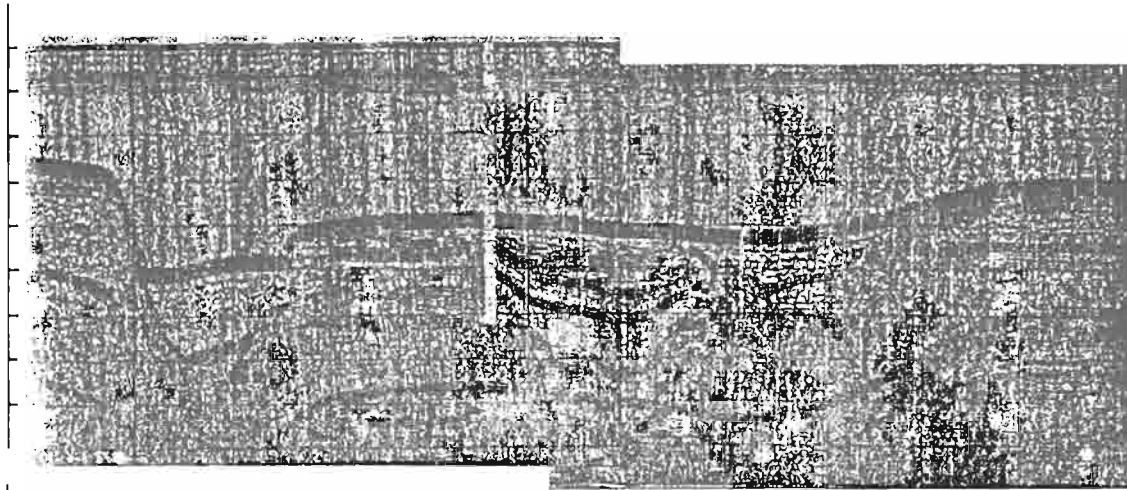
**BATHYMETRIE DU LAGON SW REALISEE PAR PASCAL DOUILLET (Labo. Océano. physique, IRD, centre de Nouméa, 2001) A PARTIR DES POINTS NUMERISES DE SONDE DU SHOM.
LOCALISATION DES POINTS DE TIRS SISMIQUES DE ZONECO 7.**

Annexe 4 : Quelques profils sismiques caractéristiques de la campagne ZoNéCo 7

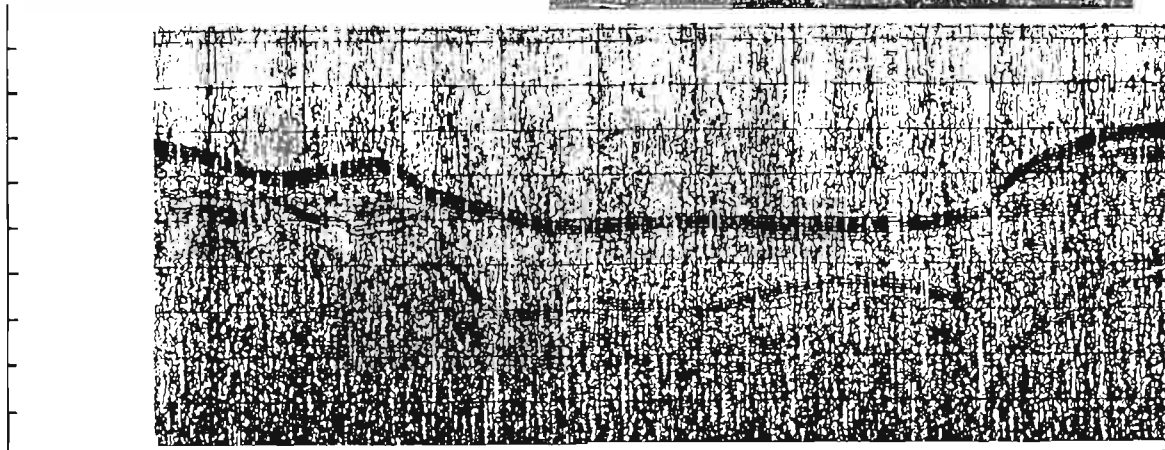
(profil, n° de profil, n° de points de tirs ; ms twtt : milliseconde twice time)



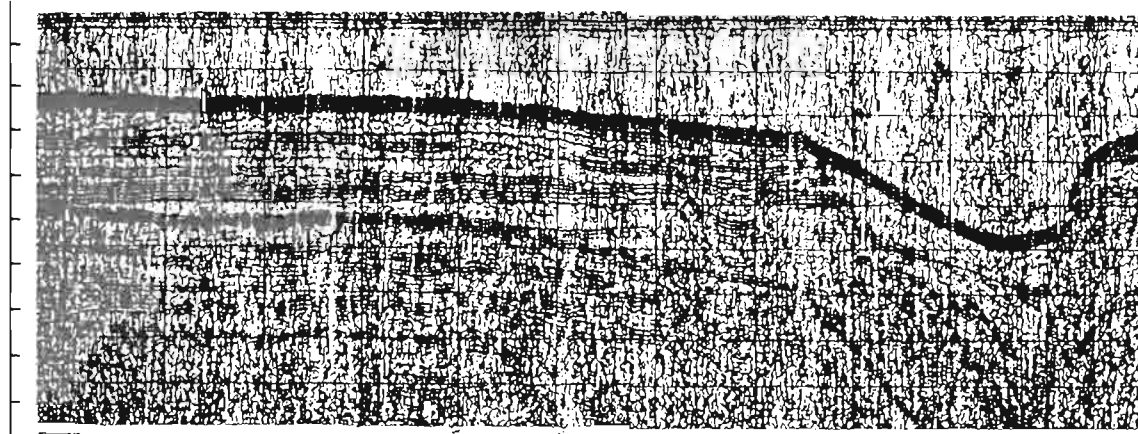
profil 37-80-70



profil 39-8-20



profil 41-280-290

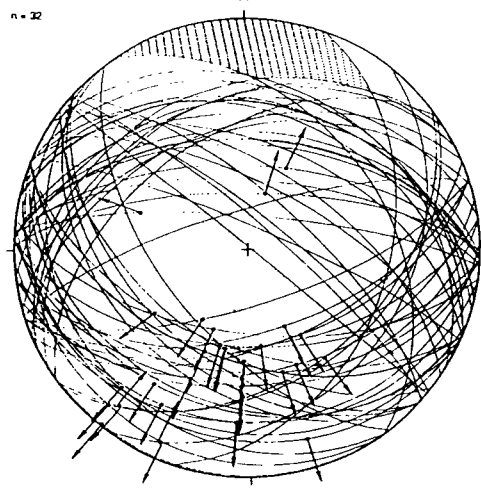


profil 43 247-260

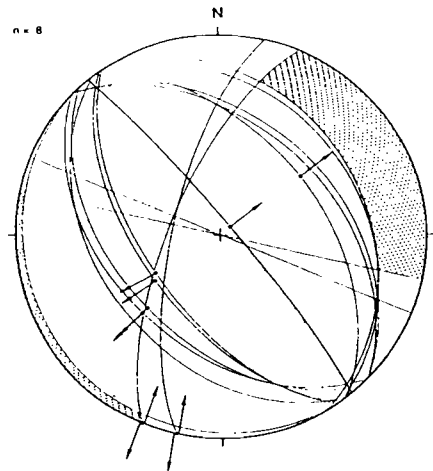
Annexe 5 : Interprétation des profils sismiques dans le secteur de la Passe de Dumbéa

(selon une direction NW-SE, à partir des profils de ZoNéCo7, réduits à 2* 50%)

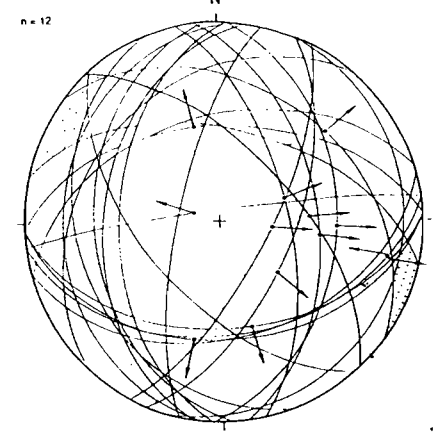
Annexe 6 : Projections stéréographiques des sites de la Péninsule de Nouméa (Quelques résultats du programme Diedre)



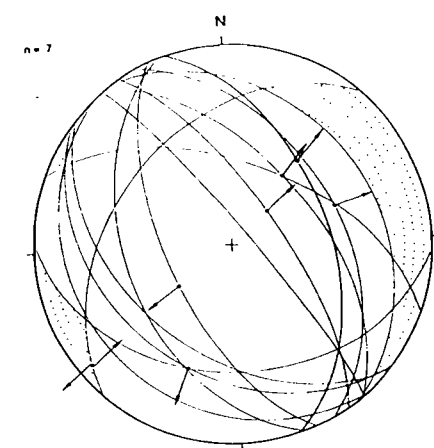
ROCHER A LA VOILE



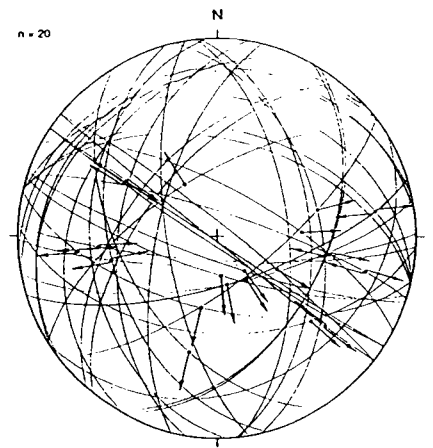
kuendu



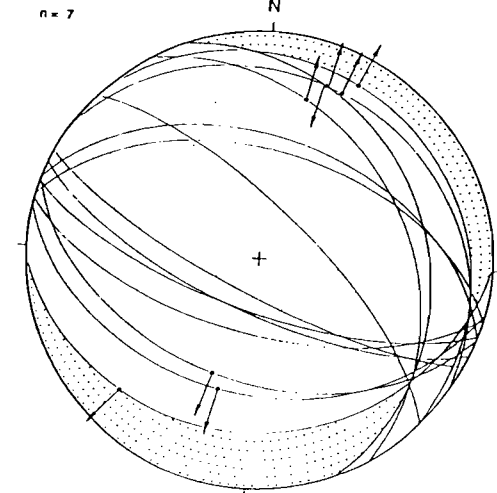
camp-est



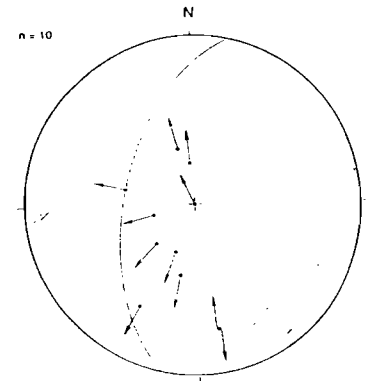
Noea-NW



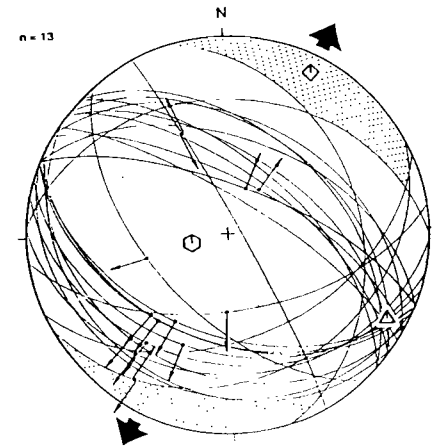
porc-epic4



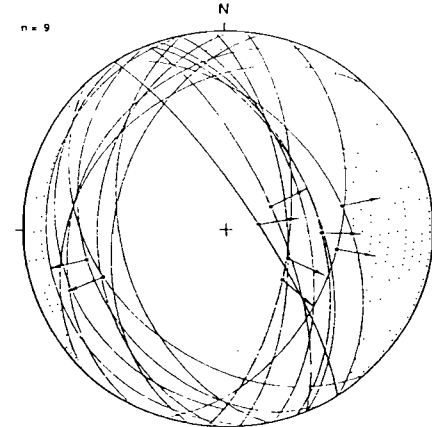
vernier



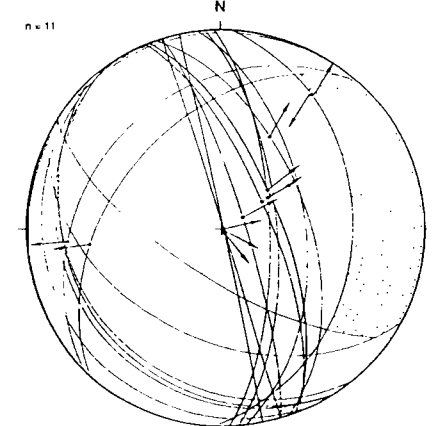
lycee-garnier



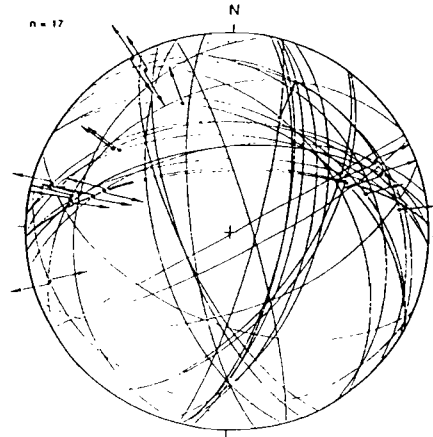
UEAE



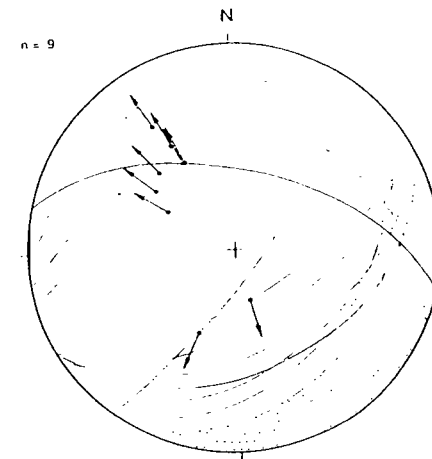
anse-lallemand-W



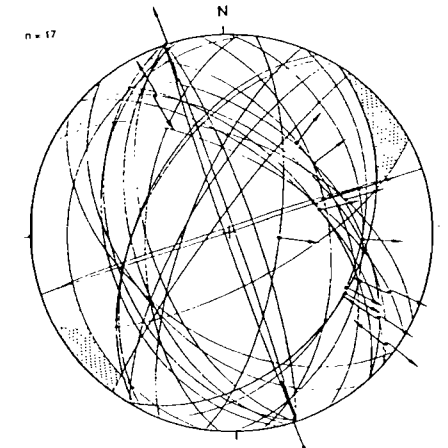
anse-lallemand-E



vdefaitez



vde-pli



vde-peage

Liste des figures

- Figure 1 : Carte de localisation de la Nouvelle-Calédonie dans la Zone Pacifique (Courbe bathymétrique tous les 1000 mètres).
- Figure 2 : Localisation de l'unité des péridotites en Nouvelle-Calédonie (d'après Cluzel, *in* Picard, 1999).
- Figure 3 : Courbe du niveau marin pour les derniers 400 000 ans modifiée d'après Bard *et al*, 1996.
- Figure 4 : Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie d'après l'étude des formations récifales (Cabioch *et al.*, 1999)
- Figure 5 : Etude des surfaces d'érosion dans le Sud et sur la Côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie.
- Figure 6 : Failles-flexures et morphologie en gradins dans le domaine marin (Dugas, 1978).
- Figure 7 : Tectonique en extension récente le long de la marge Ouest de Nouvelle-calédonie (Rigolot et Pelletier, 1988).
- Figure 8 : Profil de sismique réflexion réalisée dans le lagon SW au niveau de la Passe de Boulari (Dugas *et al*, 1980).
- Figure 9 : Carte géologique simplifiée des régions de la côte Est entre Houailou et Thio, et celles de la chaîne centrale et coupes dans les régions centrales de la Nouvelle-Calédonie au Sud –Est de Table Unio (Gonord, 1977).
- Figure 10 : Carte de la sismicité enregistrée de 1992 à 1996 de la partie Sud de la Nouvelle-Calédonie (Regnier, 1999).
- Figure 11 : Localisation des récifs et des îlots dans le lagon Sud-Ouest.
- Figure 12 : Localisation des points de sonde monofaisceau du SHOM dans le lagon Sud-Ouest.
- Figure 13 : Vue 3D de la Passe de Boulari, réalisée par Douillet (2001).
- Figure 14 : Carte structurale du lagon Sud-Ouest sur une représentation 3D (vue d'un angle de 90°) de la bathymétrie (Pascal Douillet, 2001).
- Figure 15 : Relation entre l'âge de mise en eau des substrats potentiels et l'âge des récifs post-glaciaires dans le lagon de Nouméa (d'après Castellaro, 1999).
- Figure 16 : Localisation et interprétation du forage Amédée 4 sur l'îlot du phare Amédée (oct-nov, 1995)
- Figure 17 : Corrélation du profil sismique ZoNéCo 7 avec le forage de l'îlot Tenia (Lafoy, 1999).
- Figure 18 : Histoire d lagon des derniers 200000 ans, la subsidence est couplée à la variation du niveau marin quelque soit l'époque.
- Figure 19 : Coupe NW-SE entre la passe de Dumbéa et la passe de Boulari réalisés à partir des profils sismiques de ZoNéCo7 et de Dugas *et al.* (1980).
- Figure 20 : Profils caractéristiques et leur représentation schématique montrant le caractère tectonique de passage des chenaux ou de canyons dans le secteur de la passe de Dumbéa.
- Figure 21 : Carte de bathymétrie multifaisceaux obtenue lors de la campagne ZoNéCo7 (Lafoy *et al*, 1999)
- Figure 22 : Carte structurale dans le secteur de la passe de Dumbéa.
- Figure 23 : Photo et interprétation de la Faille sous la cathédrale de Nouméa (centre ville)
- Figure 24 : Failles conjuguées et stries au Camp Est (Nouvelle)
- Figure 25 : Failles N-S recoupées par des failles Est-Ouest (Lycée Garnier, Nouvelle)
- Figure 26 : a) Rampe extensive du site de VDE-Faille
b) Pli dans le flysch Eocène, témoin de la compression (sur la Voie de Dégagement Est)
- Figure 27 : Failles normales conjuguées sur l'îlot Ngéa
- Figure 28 : Projection dans l'hémisphère inférieur de 3 plans (Fichier essai)
- Figure 29 : Localisation des projections stéréographiques sur la carte géologique de Nouméa (Gonord, 1977)
- Figure 30 : Carte structurale schématique de la région de Nouméa et interprétation en système de blocs

Bibliographie

- Allemand P., Brun J.P., Davy P., Van Den Driessche J. (1989) – Symétrie et asymétrie des rifts et mécanismes d'amincissement de la lithosphère. *Bull. Soc. Géol. France*, 5(3), t, V, n°3 : 445-451.
- Allemand P., Brun J.P. (1991) – Width of continental rifts and rheological layering of the lithosphere. *Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam*, 186 : 63-69.
- Buck O. (1991) – Modes of Continental Lithospheric Extension. *Journal of geophysical research*, 96(B12) : 20.161-20:178.
- Cabioch G. (1988) - Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. *Thèse de Doctorat de l'Université de Provence (Aix-Marseille I)* : 322 p. + 25 planches-photos.
- Cabioch G., Corrège T., Turpin L., Castellaro C. & Récy J. (1999) - Development patterns of fringing and barrier reefs in New Caledonia (south-west Pacific). *Oceanologica Acta*, 22(6) : 567-578.
- Coudray J. (1976) - Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Nouvelle-Calédonie. Contribution de l'étude sédimentologique à la connaissance de l'histoire géologique post-Eocène de la Nouvelle-Calédonie. *Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie*, Paris, Fond. Singer -Polignac (ed.), 8 : 1-276.
- Dugas F. & Debenay J.P. (1978-a) - Interférences des failles-flexures littorales et de l'érosion karstique sur les constructions coralliennes : le lagon de Nouvelle-Calédonie. *C. R. Acad. Sci.*, Paris (ser. D), 287 : 1091-1094.
- Dugas F., Ville P. & Coudray J. (1980) - Etude sismique du lagon Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie (Sud-Ouest Pacifique). Paléomorphologies successives et comportement au Quaternaire supérieur du littoral de l'île. *C. R. Acad. Sci.*, Paris (ser. D), 290 : 963-966. □
- Foucault A., Raoult J.F (1996) – *Dictionnaire de géologie*. Ed. Masson (4^{ème} édition révisée et augmentée), 319 p.
- Gonord H. (1977) - Recherches sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie : sa place dans l'ensemble structural du Pacifique Sud-Ouest. *Thèse Doct. Univ. Montpellier* : 341 p.
- Lafoy Y., Auzende J.M., Smith R., Labails C. (1999) – Evolution géologique post-Pleistocène moyen du domaine lagonaire Néo-Calédonien méridional. *C. R. Acad. Sci, Paris*, 330 (ser.II) : 265-272.
- Michon L., Merle O. (2000) – Crustal structures of Rhinegraben and massif Central grabens : An experimental approach. *Tectonics* (vol.19), No. 5 : 896-904.
- Nicolas A. (1989) – *Principe de tectonique*. Ed Masson (2^{ème} ed.), 223 p.
- Paris J.P. (1981) - Géologie de la Nouvelle-Calédonie. *Mém. Bureau Rech. géol. min.*, 113 : 278 p.
- Picard M. (1999) – *L'archipel néo-calédonien: 300 millions d'années pour assembler les pièces d'un puzzle géologique*. CDP de Nouvelle-Calédonie, 102p.

Regnier M., Van De Beuque S., Baldassari C., Tribot Laspiere G. (1999) – La sismicité du Sud de la Nouvelle-Calédonie : implications structurales. *C. R. Acad. Sci. Paris (ser.II)* 329 : 143-148.

Rigolot P. & Pelletier B.A. (1988) - Tectonique compressive récente le long de la marge ouest de la Nouvelle-Calédonie : résultats de la campagne ZOE 400 du N/O Vauban. *C. R. Acad. Sci. Paris*, (sér. II), 307 : 179-184.

Trescases J.J. (1975) – L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale : formations des gisements nickelifères de Nouvelle-Calédonie. *Mém. O.R.S.T.O.M n°78*, 259p.

Vialon P., Ruhland M., Grolier J. (1976) – *Eléments de tectonique analytique*. Ed. Masson , 112 p.