

RAPPORTS DE MISSIONS  
SCIENCES DE LA TERRE  
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 44

2002

Campagne BOISALIS 1  
Cartographie multifaisceaux et dragages  
des pentes du récif barrière Est (Poindimié)  
et Sud-Est (Goro) de Nouvelle-Calédonie.  
Transport et débarquement du matériel de forage sur  
l'îlot Bayes

Guy CABIOCH  
Bernard PELLETIER  
Jean-Michel BORÉ  
Jean-Yves PANCHÉ  
Julien PERRIER



Institut de recherche  
pour le développement

## **Campagne "BOISALIS-1" à bord du N/O IRD "Alis"**

**(7 au 12 septembre 2001)**

**Cartographie multifaisceaux et dragages des pentes du récif  
barrière Est (Poindimié) et Sud-Est (Goro) de Nouvelle-Calédonie,  
et transport et débarquement du matériel de forage sur l'îlot Bayes**

**Guy Cabioch\*, Bernard Pelletier\*\*, Jean-Michel Boré\*\*\*, Jean-Yves  
Panché\*\*\* & Julien Perrier\*\***

\* UR 055 "Paléotropique", Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

\*\* UMR Géosciences Azur, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

\*\*\* US 025 Moyens à la mer et opérations navales, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

### **Résumé**

La Nouvelle-Calédonie présente un des plus grands récifs barrières au monde dont l'étude des processus d'édification lors des derniers grands interglaciaires (plusieurs centaines de milliers d'années) et lors du dernier maximum glaciaire (les derniers vingt-mille ans) constitue un des thèmes de recherche de l'UR "Paléotropique". Afin de mener à bien cette étude et celle des variations du niveau marin, plusieurs îlots situés sur le récif barrière ont déjà fait l'objet de carottages (îlot Amédée, îlot Ténia et îlot Kendec). Mais à ce stade, nous ne disposons d'aucune donnée sur la structure du récif barrière de la côte Est ni sur la structuration de la pente de celui-ci. C'est pourquoi, la campagne "BoisAlis-1" avait pour but 1 - de transporter et de débarquer le matériel de forage pour effectuer des carottages sur l'îlot Bayes situé sur la barrière face à Poindimié ; 2 - d'établir une cartographie par sondeur multifaisceaux des pentes externes de ce récif barrière face au site de forage, de repérer les ruptures de pente, encoches et toutes traces d'anciens niveaux marins afin par la suite de les corrélérer avec les niveaux d'émersion (discontinuités) observés dans les forages réalisés sur ce même récif barrière ; 3 - d'établir une cartographie par sondeur multifaisceaux du récif barrière ennoyé au Sud-Est de la Grande Terre. Ceci fournira des indications sur le rôle des fluctuations du niveau marin et aussi sur les modalités de construction et de fonctionnement du récif barrière de la côte Est. Outre cet aspect, la variation de profondeurs des traces de niveau marins sur les pentes externes du récif barrière en plusieurs points de la Nouvelle-Calédonie devrait donner des indications sur le comportement tectonique de la Grande Terre (différences dans le taux de subsidence).

# I - Objectifs scientifiques de la campagne

## I – 1 – Récifs coralliens et forages

Les récifs coralliens sont très largement répandus dans la ceinture intertropicale de la Province Indo-Pacifique et leur étude sur le terrain, leur structure et leur répartition (altimétrie des terrasses récifales, structure et morphologie des récifs modernes) et l'analyse par forages de leur structuration interne donnent des indications sur la succession des unités récifales déposées lors d'époques différentes (interglaciaires) et sur leurs modalités de croissance (Davies & Montaggioni, 1985 ; Neumann & Macintyre, 1985 ; Hopley, 1989 ; Montaggioni, 2000). Celles-ci sont directement liées aux variations d'origine eustatique du niveau marin (cycle glaciaire, bas niveaux marins relatifs / interglaciaire, hauts niveaux marins relatifs), des mouvements d'origine tectonique (relation avec la tectonique des plaques et la géodynamique régionale) et des facteurs environnementaux (relation directe avec les paramètres hydrodynamiques et climatiques).

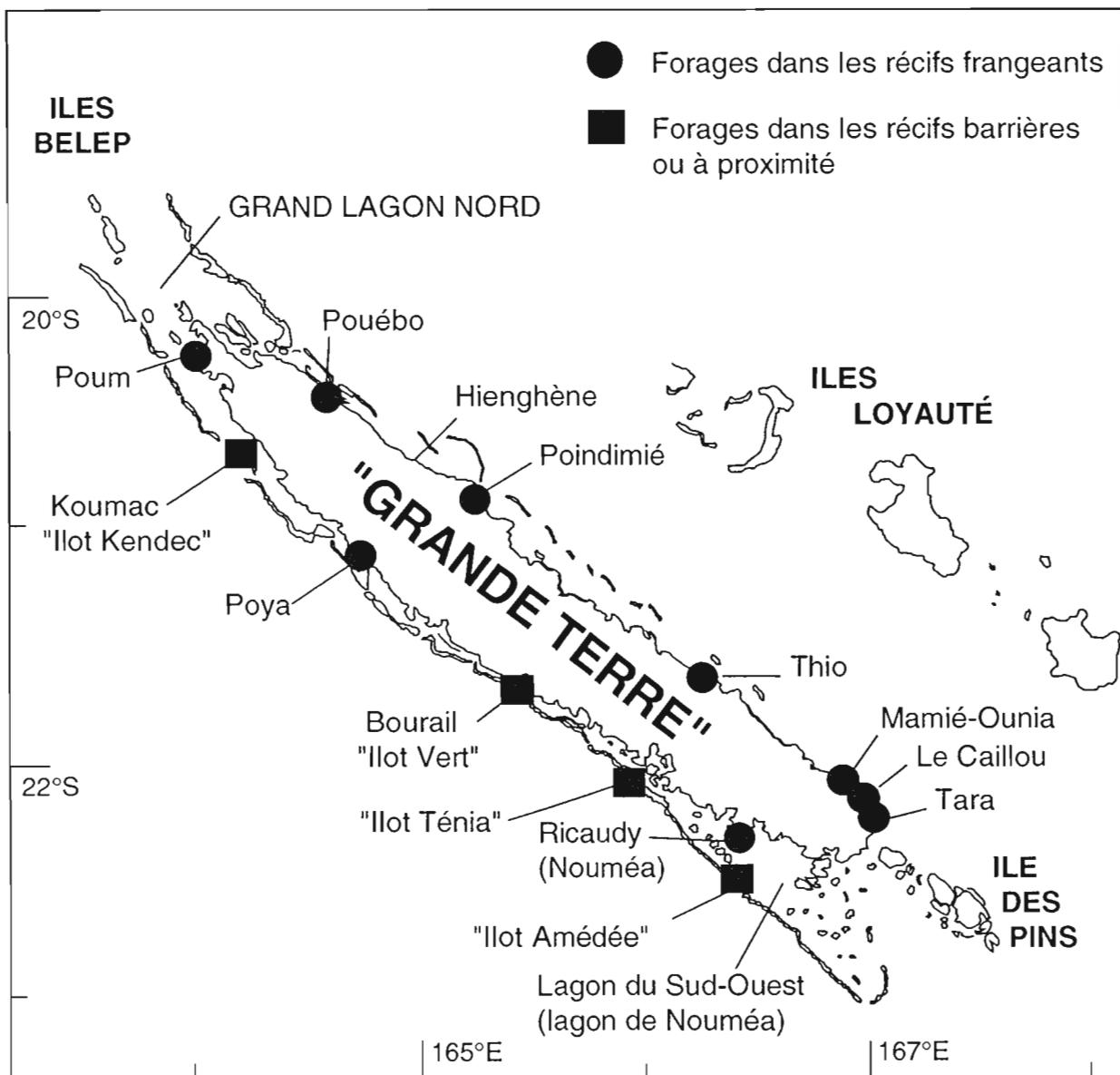
La Grande Terre de Nouvelle-Calédonie est entourée par le plus vaste ensemble récifal au monde après celui de la Grande Barrière australienne. Le récif barrière, parfois double ou triple, est pratiquement ininterrompu si ce n'est au droit des fleuves et en certains points où il peut être ennoyé. Il se prolonge au-delà de la côte Nord et au-delà de la côte Sud-Ouest créant respectivement le Grand Lagon Nord et le Lagon de Nouméa. Des îlots parsèment les lagons ou le récif barrière. De plus, des récifs frangent directement les côtes, particulièrement bien développés à l'Est et de manière plus éparse à l'Ouest.

Ce vaste complexe récifal a déjà offert l'opportunité de quantifier les mouvements verticaux récents subis par les marges néo-calédoniennes grâce à l'étude de la croissance des récifs barrières et frangeants et à la datation des coraux qu'ils renferment (Coudray, 1976 ; Fontes *et al.*, 1977 ; Cabioch, 1996). De nombreuses questions restent posées quant à l'édification des récifs de Nouvelle-Calédonie notamment le rôle des variations du niveau marin sur leur structuration.

## I – 2 – Apport de la structuration des récifs à la connaissance des paléoenvironnements, des variations du niveau marin et de la tectonique

La structure interne du récif barrière néocalédonien (lithologie et succession des unités coralliennes) commence à être connue en quelques points grâce à la réalisation et à l'étude de forages carottés comme à Ténia, Amédée et Kendec (Coudray, 1976 ; Fontes *et al.*, 1977 ; Cabioch, 1988 ; Cabioch *et al.*, 1999 ; Castellaro, 1999) (figure 1).

L'étude du forage Ténia sur le récif barrière de la côte ouest (figure 1) (Coudray, 1976) a révélé la superposition de 226 m de sédiments récifaux, l'identification de 4 complexes récifaux ainsi qu'un taux de subsidence de 0,1 mm/an pendant le Quaternaire en ce point. De nouveaux forages ont été entrepris par l'IRD en 2000 sur cet îlot Ténia afin de reconstituer les volumes des différents récifs interglaciaires et afin de caractériser la construction de chacun de ces récifs. Les forages Amédée 1, 2, 4 et 5 sur la côte Sud-Ouest face à Nouméa (figure 1), ont permis de mieux affiner la structure des ensembles récifaux et de différencier plusieurs unités récifales correspondant aux stades interglaciaires de 125 ka (1 ka = 1.000 ans), 200 ka, 300 ka, 400 ka et certainement plus (Cabioch *et al.*, 1999). Ces forages ont également montré que le taux de subsidence varie le long des marges néocalédoniennes (Cabioch *et al.*, 1996, 1999). Le forage de l'îlot Vert a montré la faible épaisseur du récif barrière dans la région de Bourail (figure 1) qui s'avère être une zone de moindre subsidence (Degaugue-Michalski, 1993 ; Cabioch *et al.*, 1996). Enfin, dans le cadre du programme PNRCO (puis PNEC) "Croissance récifale et diagenèse passée et récente d'un récif barrière en zone péritropicale: contrôle environnemental et structural (exemple de la Nouvelle-Calédonie)", un forage carotté d'environ 150 m a été réalisé sur le site de l'îlot Kendec (figure 1) qui se trouve au milieu de la passe de Koumac (Nord-Ouest de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie) (Cabioch *et al.*, 1998). Le matériel de forage transporté et débarqué sur l'îlot Bayes, lors de cette mission, a permis la réalisation de 3 nouveaux forages de quelques dizaines mètres (figure 3).



**Figure 1 : Localisation des forages réalisés sur les récifs autour de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie.**

### **I - 3 - Apport de la bathymétrie des pentes**

Une telle étude de la structuration des récifs barrières néocalédoniens ne saurait être complète sans la connaissance de la morphologie des pentes qui apporte des renseignements sur l'existence des niveaux relatifs de la mer. De telles études (Océan Indien : Camoin *et al.*, 1997, Anderson, 1998, Dullo *et al.*, 1998 ; Caraïbes : Toscano & Lundberg, 1998 ; Pacifique : Carter & Johnson, 1986, Carter *et al.*, 1986, 1993) ont fortement contribué à établir les modalités de remontée du niveau marin depuis le dernier maximum glaciaire (les 20.000 dernières années), remontée établie par ailleurs grâce à la datation de coraux dans des forages sur les récifs (Caraïbes : Fairbanks, 1989 ; Papouasie-Nouvelle-Guinée, Edwards *et al.*, 1993, Tahiti, Bard *et al.*, 1996). Ces études devraient également nous donner des indications sur la signification des récifs ennoyés que l'on retrouve par ailleurs à des niveaux bien précis (Rougerie *et al.*, 1992 ; Blanchon & Shaw, 1995) ainsi que sur le stationnement des niveaux marins lors de la dernière remontée postglaciaire (Carter & Johnson, 1986, Carter *et al.*, 1986, 1993).

Les rares profils bathymétriques le long de la pente externe du récif barrière néocalédonien, réalisés dans les années 60 (figure 2), montrent une succession de ruptures de pente (Taisne, 1965 ; Coudray, 1976) : sur la côte ouest, face à la baie de Saint-Vincent on les observe à -11 m, entre -40 et -45 m, à -65 m, -75 m, -160 m et -240 m (sur la côte est, à -20 m, -40 m et -70 m). Ces ruptures de pente correspondent certainement à la trace d'anciens niveaux marins sous la dépendance des facteurs eustatiques et néotectoniques. Cependant nous ne connaissons pas l'extension de ces niveaux ni leur âge. De même, les profils réalisés à cette époque manquent de précision pour établir une chronologie relative des événements. Des profils bathymétriques réalisés par un sondeur multifaisceaux entre 60 à 200 m de profondeur, voire un peu plus (épaisseur totale du récif= au moins 226 m) doivent apporter ce genre de renseignement.

### **I - 4 - Campagnes antérieures en Nouvelle-Calédonie**

De rares études ont été menées sur les pentes du récif barrière. Seuls de rares profils bathymétriques ont été réalisés dans les années 60 lors de l'Expédition française sur les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie menée sous l'égide de la fondation Singer-Polignac (voir ci-dessus). Cette première campagne fait appel pour la première fois à l'utilisation du sondeur multifaisceaux récemment installé sur le N.O. "Alis". D'autres campagnes sont prévues autour des récifs de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie (campagne "BoisAlis-2" et "PaléoPente").

## **II - Informations générales sur la campagne**

### **II - 1 - Campagne "BoisAlis-1"**

### **II - 2 - Lieu (figure 3)**

Nouvelle-Calédonie, Côte Est (face à Poindimié) et Sud-Est (face à Goro) de la Grande Terre.

### **II - 3 - Navire**

N/O IRD "Alis", Commandant Raymond PRONER

### **II - 4 - Equipe scientifique**

Guy Cabioch, Bernard Pelletier, Jena-Michel Boré, Jean-Yves Panché, Julien Perrier & Anne-Soline Lepetit (stagiaire).

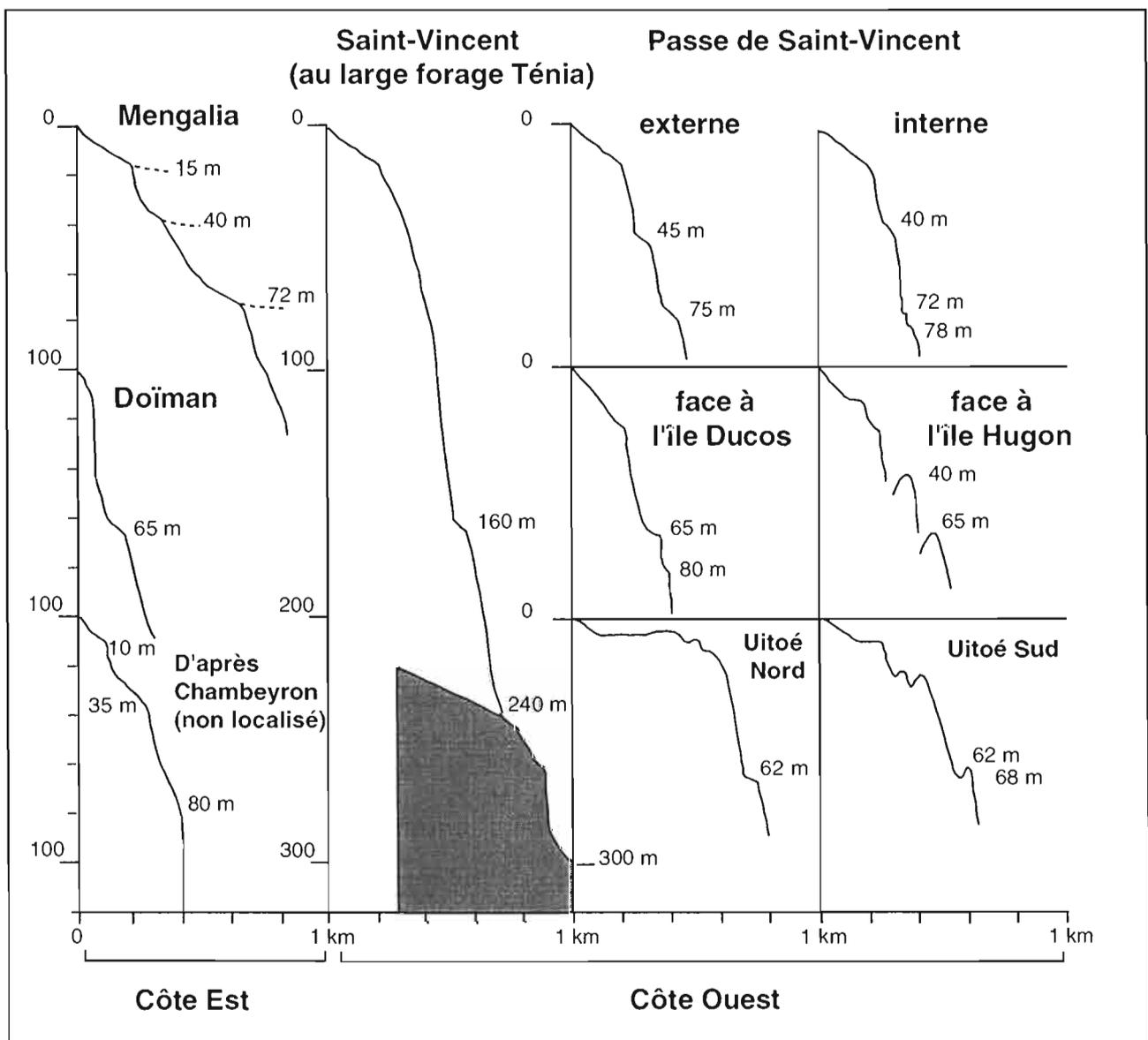
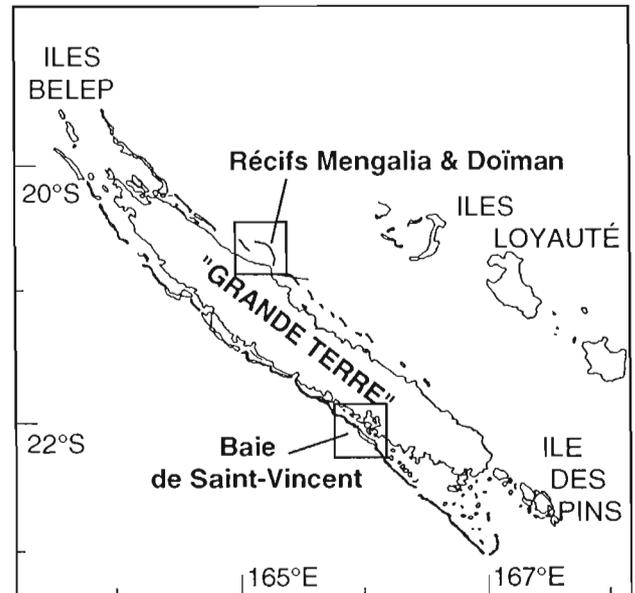


Figure 2 : Profils bathymétriques de la pente externe du récif barrière de Nouvelle-Calédonie (d'après Taisne, 1965 in Coudray, 1976). (à noter les nombreux décrochements le long des pentes).

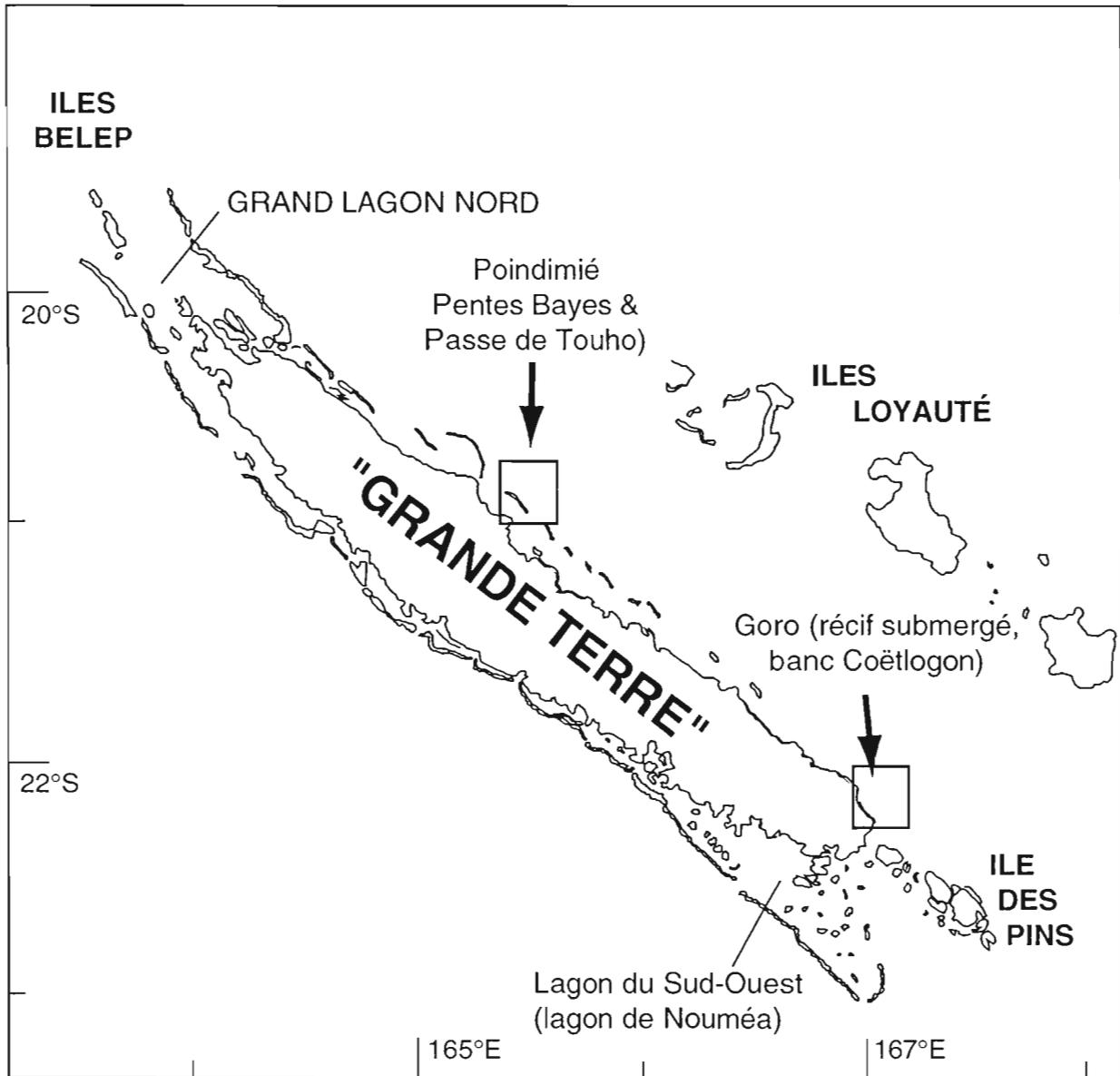


Figure 3 : Sites d'étude de la campagne "BoisAlis-1".

## **II - 5 - Etudes scientifiques**

1 - études bathymétriques par cartographie multifaisceaux des pentes du récif barrière de Nouvelle-Calédonie face à Poindimié et face à Goro pour identifier les plates-formes sous-marines témoins des variations du niveau marin ;

2 - dragages sur les plates-formes sous-marines identifiées pour les dater.

3 - Transport et débarquement du matériel de forages (sondeuse Sedidrill, tubes de forage et matériel) pour les opérations de carottages à terre sur l'îlot Bayes.

## **II - 6 - Laboratoires impliqués**

1 - UR IRD 055 "Paléotropique" ;

2 - UMR "Géosciences Azur" ;

3 - US IRD 025 "Moyens à la mer et opérations navales" ;

Ces campagnes se rattachent au programme d'études des paléoenvironnements des derniers interglaciaires et des variations du niveau marin depuis le dernier interglaciaire inscrit dans les thèmes de l'UR "Paléotropiques" de l'IRD. Ce programme est mené à terre par forages dans les récifs et en mer par l'étude des plate-formes récifales sous-marines. Elles se rattachent aussi à l'étude néotectonique de l'UMR "Géosciences Azur" menée actuellement à terre dans le Sud de la Grande Terre et dans le lagon Sud-Ouest de Nouvelle-Calédonie.

## **II - 7 - Équipement**

### **Pour l'opération de cartographie et de dragages en mer**

1 - sondeur multifaisceaux Simrad EM1002 ;

2 - dragues à roches ;

3 - sonde de température SBE 19

### **Pour l'opération de carottage à "terre" sur l'îlot Bayes**

4 - Foreuse Sédidrill 500 et son matériel de forage

5 - vedette de liaison de 5,70 m de longueur "Aldric" de l'UR "Paléotropique"

6 - Ponton de débarquement

## **III – Déroulement de la campagne**

### **Jeudi 6 septembre**

- **embarquement du matériel de forage** (sondeuse, tubes et matériel divers) sur l' "Alis" ;

- **le reste du matériel** est acheminé à Poindimié par voie de route.

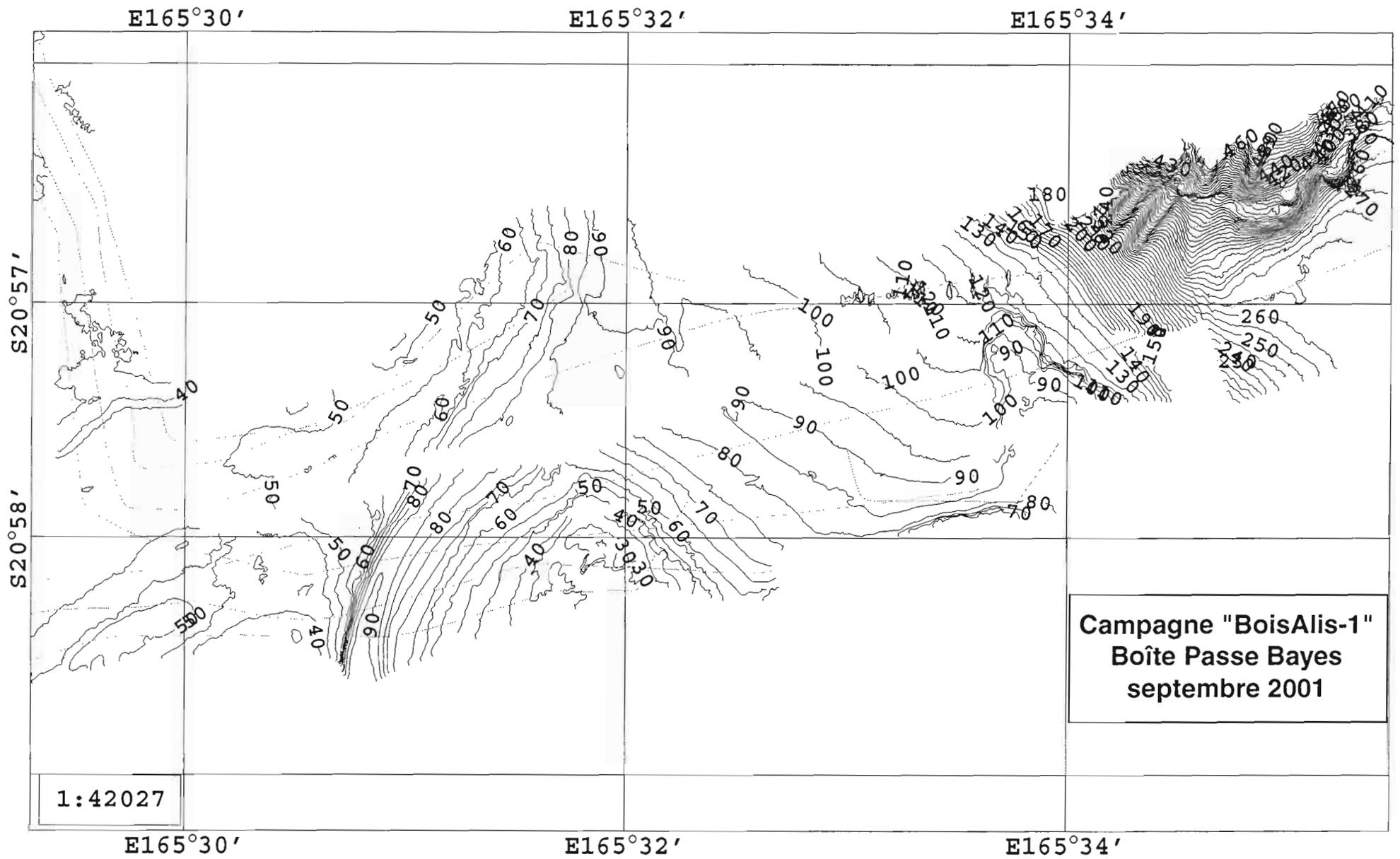


Figure 4

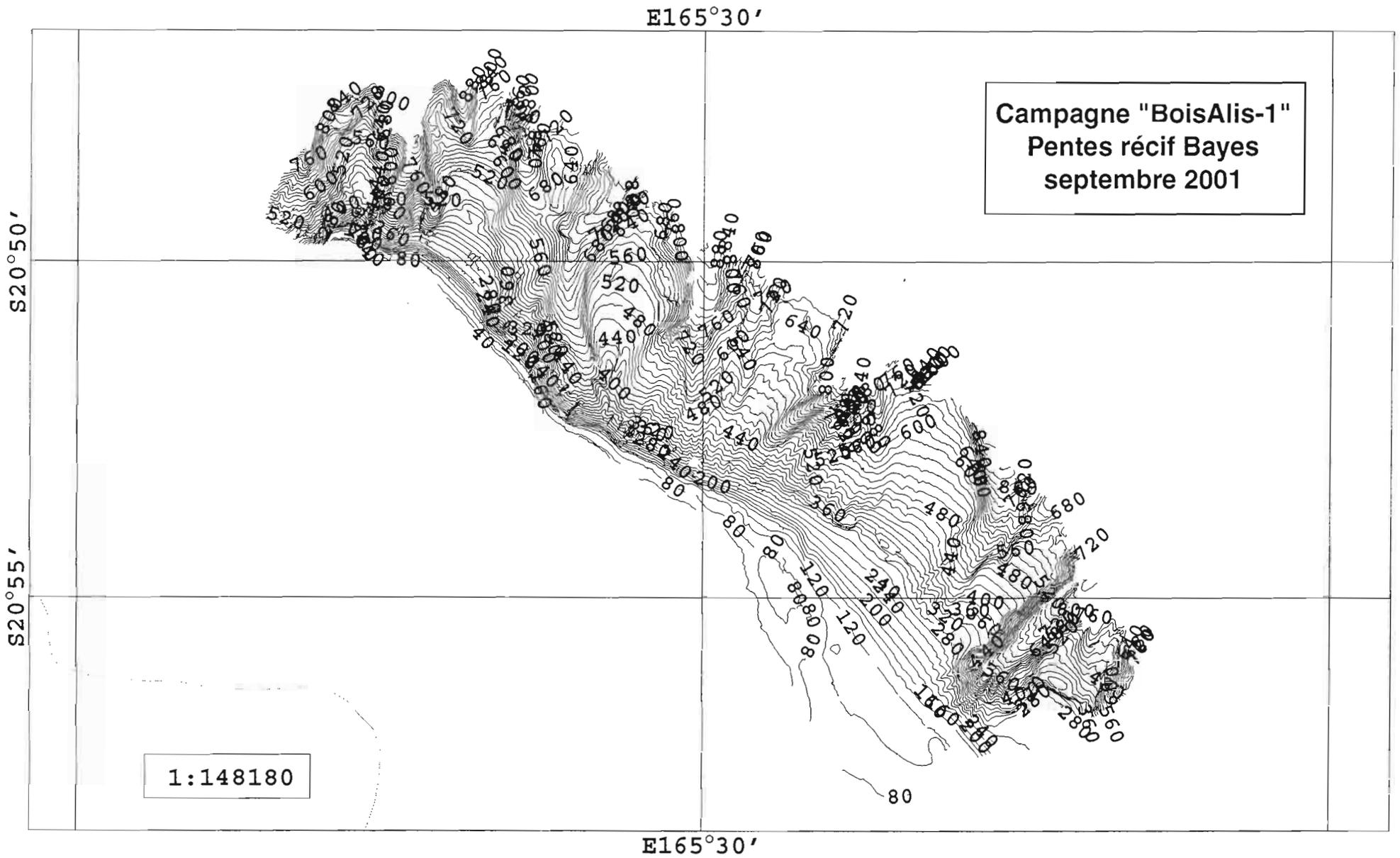


Figure 5

## Vendredi 7 septembre

- **départ** à 10 H 20 de Nouméa
- **transit** Nouméa / passe de la Havannah : fichier "Ouedine"
- **sonde de température** au large de la passe de la Havannah :
  - première tentative (380 m) : mesures non valables 22°16.26'  
167°12.53'
  - seconde tentative (380 m) : mesures valables 22°15.899'  
sonde "NC6.asvp" 167°12.815'
- **transit** passe de la Havannah / au Cap Bayes (Poindimié) au large du récif barrière : fichier "CoteEst"

## Samedi 8 septembre

- **remorquage** du ponton du cap Bayes à l'îlot Bayes sur le récif barrière ;
- **débarquement** du matériel de forage en 2 rotations (les tubes puis la foreuse) ;
- **sonde de température** au large de la passe de Bayes (480 m): 20°55.9'  
sonde "NC8.4940.asvp" = "NC\_Bayes1" 165°36.340'
- **début de la cartographie** passe Bayes et bords du récifs Bayes : fichier "Bayes" (figures 4 et 5) ;
- **mouillage** près de l'îlot Tibarama.

## Dimanche 9 septembre

- **poursuite de la cartographie** passe Bayes et bords du récifs Bayes" (figures 4 et 5) ;
- **mouillage** près de l'îlot Tibarama.

## Lundi 10 septembre

- **embarquement de l'équipe de RFO au wharf de Tibarama**
- **dragages**

<i>Dr 1 Bayes :</i>			
Début :	20°57.33'	165°32.56'	≠ 82 m
Fin :	20°57.57'	165°32.41'	≠ 90 m
<i>Dr 2 Bayes:</i>			
Début :	20°57.075'	165°32.187'	≠ 88 m
Fin :	20°57.070'	165°32.190'	≠ 96 m
<i>Dr 2-bis Bayes:</i>			
Début :	20°57.075'	165°32.187'	≠ 88 m
Fin :	20°57.070'	165°32.190'	≠ 96 m
<i>Dr 3 Bayes:</i>			
	20°57.113'	165°33.44'	≠ 90 m
<i>Dr 4 Bayes:</i>			
	20°57.189'	165°33.96'	≠ 120 m

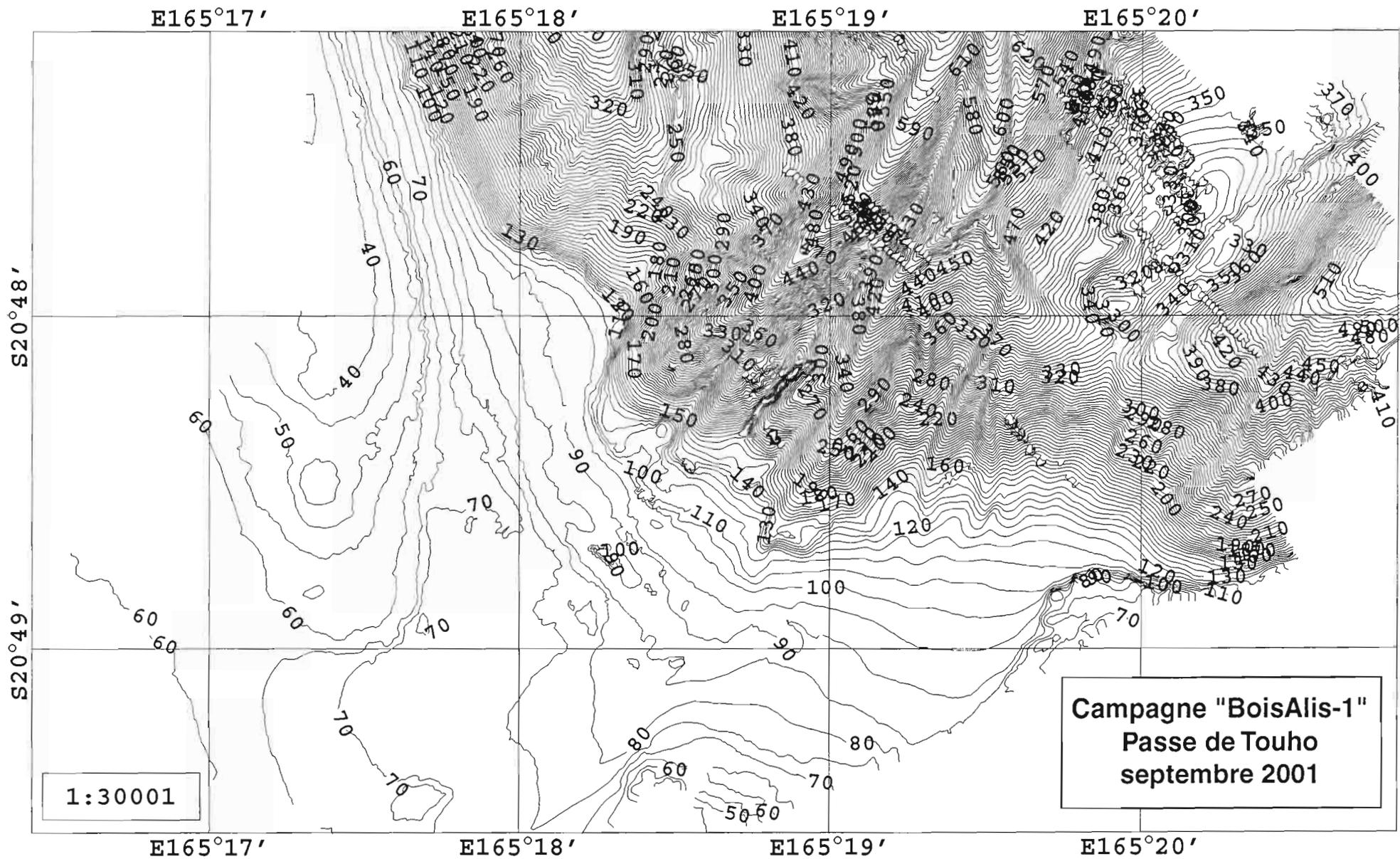


Figure 6

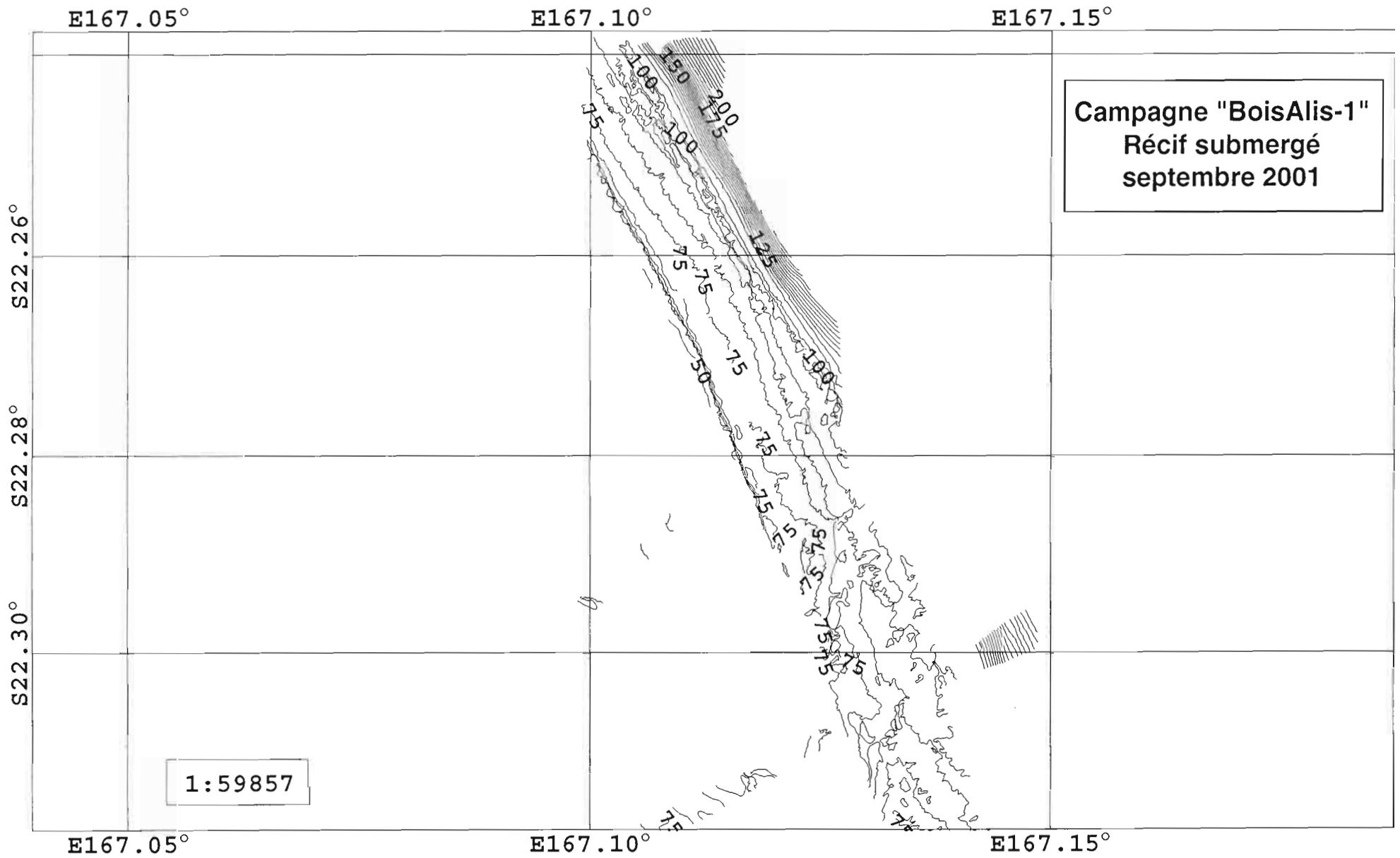


Figure 7

<i>Dr 5 Bayes:</i>			
Début :	20°57.25'	165°34.01'	≠ 120 m
Fin :	20°57.256'	165°33.70'	≠ 90 m
<i>Dr 6 Bayes:</i>			
	20°57.47'	165°33.7'	≠ 86 m
<i>Dr 7 Bayes:</i>			
Début :	20°57.31'	165°34.17'	≠ 123 m
Fin :	20°57.5'	165°34'	≠ 88 m
<i>Dr 8 Bayes:</i>			
	20°55.68'	165°32.07'	≠ 108 m
<i>Dr 8-bis Bayes:</i>			
Début :	20°55.615'	165°32.06'	
Fin :	20°55.86'	165°32.09'	
<i>Dr 9 Bayes</i>			
Début :	20°54.8'	165°31.64'	
Fin :	20°54.9'	165°31.58'	

- **poursuite de la cartographie** bords du récifs Bayes : fichier "pente-bayes" (figure 5).

### Mardi 11 septembre

- **poursuite de la cartographie** multifaisceaux : passe de Touho : fichier "Pente\_passe\_Touho " (figure 6) ;

- **dragages**

<i>Pente Touho Dr 1 :</i>			
	20°48.06'	165°18.43'	Début ≠ 208 m
<i>Pente Touho Dr 2 :</i>			
	20°48.06' (?)	165°18.43' (?)	
<i>Pente Touho Dr 3 :</i>			
	20°48.07'	165°18.16'	≠ 96 m

- **transit** Passe de Touho / récif submergé de Goro (Sud-Est).

### Mercredi 12 septembre

- **transit** Passe de Touho / récif submergé de Goro (Sud-Est) ;

- **cartographie** par multifaisceaux environ banc de Coëtlogon (Sud-Est) (figure 7) ;

- **arrivée** à 19 H 00 à Nouméa.

## IV – Conclusion

Les données obtenues lors de cette campagne ont permis d'effectuer la cartographie bathymétrique des pentes externes du récif barrière face à l'îlot Bayes sur la côte Est (Poindimié) et du récif barrière submergé de l'extrême Sud-Est (région du banc de Coëtlogon). Des dragages ciblés sur les plates-formes sous-marines ont permis de récupérer des échantillons en vue de datation. Avec l'acquisition de ces données couplées aux résultats des forages sur l'îlot Bayes, nous devrions pouvoir établir pour la première fois un "modèle" de constitution du récif barrière de cette côte et établir la part de la tectonique et de l'eustatisme dans la constitution du barrière.

## Remerciements

Nous tenons à remercier le commandant de l' "Alis" Raymond Proner et tout son équipage pour le bon déroulement de cette campagne ainsi que Christian Colin, directeur du Centre IRD de Nouméa pour son assistance dans la préparation de la campagne. Nous remercions également Anne-Soline Lepetit, stagiaire à Nouméa au Centre de Documentation et d'Information de l'IRD pour les reportages photographiques des divers aspects de cette mission.

## Références

- Anderson R.C. (1998) Submarine topography of Maldivian atolls suggests a sea level of 130 metres below present at the last glacial maximum. *Coral Reefs*, **17** : 339-341.
- Bard E., Hamelin B., Arnold M., Montaggioni L.F., Cabioch G., Faure G. & Rougerie F. (1996) Deglacial sea level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, **382** : 241-244.
- Blanchon P. & Shaw J. (1995) Reef-drowning during the last deglaciation : evidence for catastrophic sea-level rise and ice-sheet collapse: *Geology*, v. 23, p. 4-8.
- Cabioch G. (1988) *Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique* - Thèse Doct. Univ. Provence, Publ. Univ. Aix-MarseilleI, 291p.
- Cabioch G., Recy J., Jouannic C. & Turpin L. (1996) Contrôle climatique et tectonique de l'édification récifale en Nouvelle-Calédonie au cours du Quaternaire terminal. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **167** : 729-742.
- Cabioch G., Join Y., Ihilly C., Perrier J., Utramadra D. & Laurent J.-L. (1998) Forage carotté sur l'îlot Kendec dans la passe de Koumac (août-septembre 1998). *Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie - Géophysique*, Centre de Nouméa, **39** : 9 p.
- 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.
- Carter R.M. & Johnson D.P. (1986) Sea-level controls on the post-glacial development of the Great Barrier Reef, Queensland. *Mar. Geol.*, **71** : 137-164.
- Carter R.M. Carter L. & Johnson D.P. (1986) Submergent shorelines in the SW Pacific : evidence for an episodic post-glacial transgression. *Sedimentology*, **33** : 629-649.
- Carter R.M., Johnson D.P. & Hooper K.G. (1993) Episodic post-glacial sea-level rise and the sedimentary evolution of a tropical continental embayment (Cleveland Bay, Great Barrier Reef shelf, Australia). *Australian Journal of Earth Sciences*, **40** : 229-255.
- Camoin, G.F., Colonna, M., Montaggioni, L.F., Casanova, J., Faure, G. and Thomassin, B.A. (1997) Holocene sea level changes and reef development in southwestern Indian Ocean. *Coral Reefs* , **16** : 247-259.
- Castellaro C. (1999) Reconstitutions paléoclimatiques et paléoenvironnementales à l'Holocène et au Pléistocène terminal en Nouvelle-Calédonie et aux Seychelles (région indo-pacifique) : l'enregistrement par les coraux. *Thèse Aix/Marseille I*.
- 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 éd., **8**, 1-276.
- Davies P.J. & Montaggioni L.F. (1985) Reef growth and sea-level change: the environmental signature, *Proc. Fifth Intern. Coral Reef Congr.*, **3**, 477-51.
- Degaugue-Michalski F.-M. (1993) Croissance et évolution d'édifices récifaux du Pacifique occidental (Nelle-Calédonie, Chesterfield) à l'Holocène et au Pléistocène. *Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille I*, 227 p.
- Dullo W.-Ch., Camoin G.F., Blomeier D., Casanova J., Colonna M., Eisenhauer A., Faure G. & Thomassin B.A. (1998) Sediments and sea level changes of the foreslopes of Mayotte, Comoro Islands: direct observations from submersible. In: *Reefs and Carbonate*

- Platforms in the Pacific and Indian Oceans* (Ed. by G.F. Camoin and P.J. Davies). *Int. Ass. Sedim. Spec. Publ.* 25, pp. 219-236. Blackwell, Oxford.
- Edwards R.L., Beck W.J., Burr G.S., Donahue D.J., Chappell J.M.A., Bloom A.L., Druffel E.R.M. & Taylor F.W. (1993) A large drop in atmospheric  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  reduced melting in the Younger Dryas, documented with  $^{230}\text{Th}$  ages of corals. *Science*, **260** : 962-968.
- Fairbanks R.G. (1989) A 17,000-year glacio-eustatic sea level record : influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342** : 637-642.
- Fontes J.Ch., Launay J., Monzier M. & Recy J. (1977) Genetic hypothesis on the ancient and recent reef complexes in New Caledonia. *International Symposium on Geodynamics in South-West Pacific*, Nouméa, 1976, Technip (éd.) : 289-300.
- Hopley D, 1989, Coral reefs : zonation, zonality and gradients. *Essener Geogr. Arbeiten*, **18**, 79-123.
- Montaggioni L. (2000) Postglacial reef growth, *C. R. Acad. Sci. Paris*, **331**, 319-330.
- Neumann AC & Macintyre I. (1985) Reef response to sea level rise : keep-up, catch-up or give-up, *Proc. fifth Int. Coral Reef Congr.*, **3**, 105-110.
- Rougerie F., Wauthy & Rancher J. (1992) Le récif barrière ennoyé des Iles Marquises et l'effet d'île par endo-upwelling. *Compte-Rendu Académie des Sciences Paris*, ser. II, **315** : 677-682.
- Taisne B. (1965) Organisation et hydrographie de l'expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. *Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie*, Paris, Fond. Singer -Polignac (ed.), **1** : 1-132.
- Toscano M.A. & Lundberg J. (1998) Early Holocene sea-level record from submerged fossil reefs on the southeast Florida margin. *Geology*, **26** : 255-258.