

LISTE DES PARTICIPANTS A ANTARES 1.

A bord du Marion Dufresne

Patrick Arnaud	Centre d'Océanologie de Marseille, Marseille.
Mejdoub Benzohra	INSU-Toulon, La Seyne.
Micheline Bianchi	Microbiologie Marine, Luminy-Marseille.
Thierry Bouvier	Laboratoire d'Océanographie Biologique, Bordeaux.
Jaime Carrion	School of Earth and Atmospheric Sciences, Atlanta, GA, USA.
Rutger De Wit	Laboratoire d'Océanographie Biologique, Bordeaux & Arcachon.
Feliatra	Microbiologie Marine, Luminy-Marseille.
Jean-Francois Gaillard	Laboratoire de Géochimie des Eaux, IPGP, Paris.
Lucien Gamberoni	Laboratoire d'Océanographie Physique, MNHN, Paris.
Chafik Hammoud	Laboratoire de Physique et Chimie Marine, Paris.
Jeanne Laureillard	Laboratoire de Physique et Chimie Marine, Paris.
David Moriarty	Department of Chemical Engineering, Brisbane, Australia.
Jean Morvan	Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, Rennes.
Young Park	Laboratoire d'Océanographie Physique, MNHN, Paris.
Jean-Jacques Pichon	Département d'Océanographie et Géologie, Bordeaux.
Catherine Pierre	Laboratoire d'Océanographie et de Dynamique du Climat, Paris.
Christophe Rabouille	Centre des Faibles Radioactivités, Gif sur Yvette.
Jean-Claude Relexans	Laboratoire d'Océanographie Biologique, Bordeaux.
Catherine Riaux-Gobin	Laboratoire ARAGO, Banyuls.
Jean-Philippe Roudier	Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, Rennes.
Sabine Schmidt	Centre des Faibles Radioactivités, Gif sur Yvette.
George Stora	Centre d'Océanologie de Marseille, Marseille.
Vincent Talbot	Microbiologie Marine, Luminy-Marseille.
Paul Tréguer	Institut Universitaire Européen de la Mer, Brest.
Jean-Louis Turon	Département d'Océanographie et Géologie, Bordeaux.
Justus Van Beusekom	Netherlands Institute for Sea Research, NIOZ-Texel, NL.
Philippe Van Cappellen	School of Earth and Atmospheric Sciences, Atlanta, GA, USA.
Maryline Vautravers	Département d'Océanographie et Géologie, Bordeaux.
Marie-Anne Vincendeau	Institut Universitaire Européen de la Mer, Brest.
Eric Virvaux	Laboratoire d'Océanographie Physique, MNHN, Paris.

CODES DES OPERATIONS

- + Bouteille 200 L. Code: BGV.
- + Bathysondes & Bouteilles. Code: CTD.
- + Carottier Boite Etanche (NIOZ, Hollande). Code: KBE.
- + Carottier Grande Surface (USNEL). Code: KGS .
- + Carottier Grande Longueur, Kullenberg. Code: KGL.
- + Carottier Multi-Tubes. Code KTB.
- + Maregraphe Grand Fond: Code MGF
- + Palanquée de Bouteilles Hydrologiques (Go-Flo): Code PBH
- + Petite Bouteille de Surface: Code PBS.
- + Filet Plancton de Surface: Code PKS.
- + Mouillage Pieges a Particules: Code PPS.

Chronologie des Opérations.

Cette chronologie relate la suite des opérations, les problèmes rencontrés ainsi que les conditions météorologiques (état de la mer). La chronologie détaillée des opérations est fournie dans le tableau: **STATION . SUM** en suivant les formats préconisés par WOCE. Cette chronologie est donnée en heure locale c'est à dire GMT+ 5 H, tandis que le tableau récapitulatif est donné en heure Z (GMT).

29 Mars 1993: Départ de l'île de la Réunion route vers les Iles Kerguelen.

État de la mer: 3.

Premières opérations à effectuer: essais du treuil océanographique Cobra: problème car il n'est plus possible d'avoir une indication de la tension du câble. La cause probable supposée est la rupture d'un ampli opérationnel.

30 Mars: En route.

État de la mer: de 4 à 8 en soirée.

Installation des différents laboratoires.

31 Mars: En route vers Kerguelen.

État de la mer: 6-7.

Installations des laboratoires.

01 Avril: En route vers Kerguelen.

État de la mer: 5-6.

Opérations:

Essai du treuil cobra pour réglage du troncage et tensiomètre: O.K. Recherche du câble EPI pour mouillage ANTARFIX. Après contact avec Catherine Jeandel, localisation d'une partie du mouillage ANTARFIX à la base de Kerguelen, le câble d'araline pour ANTARFIX a été expédié dans un container pour Kerguelen en Octobre et se trouve à Port au Français. Cela va retarder le gréement du mouillage sur le treuil arrière, qui est ainsi reporté à l'escale à Port au Français.

Installations des laboratoires.

02 Avril: En route vers Kerguelen. Changement d'heure: GMT +5.

État de la mer: 5

Installations des laboratoires.

03 Avril: En route vers Kerguelen.

État de la mer: 4-6

Installations des laboratoires.

04 Avril: Route vers Kerguelen.

Position: 48 59 S 66 58E. État de la mer: 4-7.

Opérations:

Station Hydrologique pour prélèvement d'eau servant à conditionner les pièges à sédiments: CTD

05 Avril: Escale à Port aux Français, Iles Kerguelen. Récupération de la ligne d'araline pour le mouillage ANTARFIX ainsi que réparation de la station marégraphique à Port aux Français.

05 Avril: Départ à 18h00

État de la mer: 6-8.

Départ de la Baie du Morbihan et de Port aux Français route vers le site ANTARFIX. Vers 21h00 fort coup de vent en cours.

06 Avril: Arrivée sur le site ANTARFIX (HL = GMT+5)

Position: 50° 40'S, 68° 25 E. État de la mer: 7. Averses de neige

Opérations:

- 1/ Carottier Multitubes KTB
- 2/ Carottier Kullenberg KGL.
- 2/ Hydrologie: CTD avec Rosette 12
- Bouteilles
- 3/ Tentative de mouillage de la ligne de pièges a sédiment ANTARFIX. A 15h00 arrêt du filage et relevage de la ligne car mer grosse et vents > 40 Noeuds.
- 4/ CTD annulée.
- 5/ Carottier boîte étanche KBE
- 6/ Attente sur site conditions plus favorables!

07 Avril: Sur site ANTARFIX

Position: 50 40'S, 68 25 E État de la mer: 8. Grains de neige, très grosse houle, allure de cape.

Opérations:

- 1/ Carottier KBE
- 2/ Carottier Grande Surface USNEL: KGS.
- 3/ 5 Palanquées de Bouteilles Hydro de Surface PBH.
- 4/ Hydrologie CTD
- 5/ Attente sur site pour conditions favorables pour mouillage de la ligne ANTARFIX

08 Avril: Sur Site ANTARFIX

Position: 50 40'S, 68 25 E État de la mer: 7-8.

Opérations:

- 1/ Carottier KTB
- 2/ Mouillage de la ligne ANTARFIX. De 8h30 à 10h29.
- 3/ Carottier KTB

Départ de la station a 13h30. Début de la mission ANTARES 1 avec 2 jours de retard sur le calendrier...

09 Avril: Arrivée sur Site de Carottage C1 a 10h.54

Position: 54 21 46S, 74 00 59E. État de la mer de 6 a 8.

Opérations:

- 1/Carottier KGL
- 2/ Carottier KTB (déclenchement dans l'eau net sur tensiomètre, => retour a bord. Recherche d'un système d'anti-déclenchement dans la colonne d'eau.

Départ de la station C1 à 14h.20. Route vers C2 par très grosse houle de 8 à 10 m.

09 Avril: Arrivée sur Site de Carottage C2 a 21h20

Position: 54 23S, 72 53'E. État de la mer: 8.

Opérations:

1/ Carottier KGL

Départ de la station C2 à 23h.45. Route vers C3 par grande et longue houle d'Ouest. Tangage et Roulis.

10 Avril: Arrivée sur Site de Carottage C3 a 5h54, Profondeur = 3570 m.

Position: 55 00S, 71 50E État de la mer de 8 a 7.

Opérations:

1/ Carottage KGL (messenger coincé sur le câble par une tresse de bourrage pour tronçonnage)

2/ Carottage KTB. Problème avec le treuil océano.

Départ de la station a 13h18. Route vers la Station ANTARES M3: 61S, 71E.

11 Avril: a 02h29 franchi le 58 S.

Position: 59 23 S, 71 12'E. État de la mer: de 7 à 9 (16h) puis 10 (20h),

sonde= 4480 m.

Opérations:

1/ CTD

pour conditionnement pièges à sédiments

fin de la CTD 12h État de la mer: 8.

Creux de 12 m et plus. *Changement du cap du navire.: raisons invoquées: partir de la zone et avoir un bateau manoeuvrant..* Navire à la cape, cap entre 300 et 310. Mer énorme. Vents > 65 Noeuds, Grosse fatigue du navire dans l'ensemble, paquets de mer sur AV, barre en manuel.

12 Avril: Navire à la cape route entre 300 et 310. Gouverne manuelle

État de la mer: De 9(04h) a 6(24h).

13 Avril: Route 320, retour en route de cape au 320. État de la mer: 7a 8 après accalmie dans la nuit du 12/13. *Décision de repositionner sites M1 M2 et M3 dans la POOZ pour instrumenter la zone à boue siliceuse. Puis d'enchaîner sur la radiale direction Sud par 58 E.* Route vers nouvelles coordonnées M3: 51 58S, 61 08E.

14 Avril: Arrivée sur Site M3 a 11h25, Sonde = 4780 m.

Position: 51 58S, 61 08E État de la mer: 7.

Opérations:

1/ Mouillage ligne de pièges a sédiment: PPS.

Dès largage du lest, le navire fait route virant de 180. La tête de mouillage est aperçue à la timonerie par tribord avant!

2/ Carottage KGL.

3/ Tête de mouillage toujours en surface. Recherche du mouillage jusqu'à la nuit.

4/ Carottage KGL.

15 Avril: sur Site M3

Position: 51 58S, 61 08E État de la mer: de 6 a 8.

Opérations:

- 1/ Carottage KTB.
- 2/ Carottage KGS
- 3/ Recherche de la ligne de pièges a sédiments = néant.
- 4/ Hydrologie CTD
- 5/ Route recherche mouillage après point ARGOS.
Mouillage en vue, bouée jaune de milieu de ligne. Puis
flotteurs SNPE de tête en vue. Crochage du mouillage, trop
de résistance, bout a cassé. Arrêt de l'opération de
récupération à la tombée de la nuit.
- 6/ Carottage KGS

A 23h, navire à la cape. Vents supérieurs à 45 noeuds.

16 Avril: Départ site M3 car navire en route de cape. Mise à la cape au 300

État de la mer: 8.

Opérations:

- 1/ Vers 8h30 départ pour recherche du mouillage.
3 Tentatives de récupération de la ligne de mouillage. A la
dernière tentative, la ligne doit être coupée car elle risque
de se prendre soit dans le gouvernail soit dans l' hélice. Le
mouillage offrait une forte résistance à la traction (piège
ancre flottante!). Par deux fois des bouts de 20 mm de
diamètre en cordage ont lâchés. Après la coupe de la ligne,
navire à la dérive en attente.
- 2/ Route vers point de largage du lest. Écoute des

largueurs.

Interrogation des largueurs: négatif. Pas de réponses
valides, distances aléatoires! Route vers site M3 pour

suite

des opérations.

- 3/ Carottage KTB

17 Avril: sur Site M3

Position: 51 59S, 61 08E, État de la mer: 6 (matin)- 7 (après midi).

Opérations:

- 1/ Hydrologie CTD
- 2/ Carottage KTB
- 3/ Palanquée PBH.
- 4/ Carottage KTB
- 5/ Hydrologie CTD
- 6/ Carottier KTB

18 Avril: Départ de la Station a 1h00. Route à la cape vitesse minimum pour gouverner. Cap au 330-325. A 18h15, une lame de mer a éventrée le container IFRTP-ALGECO qui avait été transformé en laboratoire pour filtrations. Personne n'était dans le container car l'accès sur le pont avant avait été condamné à 17h00. Après réduction d'allure, évacuation du matériel du container avant bâbord dans les coursives.

État de la mer: 7 (4h), 8((8h), 9(20h). Rafales de vent a plus de 70 noeuds.
Route vers le point le plus nord de la radiale par 58E: 49S, 58E.

19 Avril: Arrivée en station H1 a 13h37.

Position: 49S, 58E. État de la mer: de 7(matin) a (6/5)

Opérations:

- 1/ Carottage KTB
- 2/ Hydrologie CTD
- 3/ Carottage KTB

20 Avril: en station H1.

Position: 49S, 58E. État de la mer: de 5 à 7.

Opérations:

- 1/ Hydrologie CTD
- 2/ Palanquée PBH
- 3/ Carottage KGS
- 4/ Carottage KBE.
- 5/ Filet Plancton de surface: PKS.

Route vers station H2, arrivée a 15h48.

Position: 50S, 58E État de la mer: 6.

Opérations:

- 6/ Bouteille Grand Volume: BGV
- 7/ Carottage KTB
- 8/ Hydrologie CTD

21 Avril: en station H2

Position: 50S, 58E État de la mer: 5.

Opérations:

- 1/ Carottage KTB
- 2/ Hydrologie CTD
- 3/ Carottage KGS.

Route vers Station H3, arrivée à 14h45

Position: 51S, 58E, État de la mer: 5->7.

Opérations:

- 4/ Carottage KTB
- 5/ Hydrologie CTD

Vent forcé à la fin des opérations est devenu supérieur à 40 noeuds. Arrêt des opérations

22 Avril: A 01h30, route en vitesse réduite à la cape suite a fort coup de vent, cape au 295. État de la mer entre 7 et 8. Retour sur station H3, arrivée à 10h15. Vents toujours supérieurs à 40 noeuds avec rafales mer creusée, 8 à 10m. Navire à la cape. Suite à coup de vent 2^{ème} moteur embrayé, passage DO à FO. On quitte la station cap au 315...

Réunion des scientifiques dans la salle de conférence à 17h00: Ordre du jour: suite de la mission? Impossibilité de se maintenir en station vu les conditions météorologiques et les décisions successives du commandant de partir en route de cap, peu de résultats jusqu'à présent. Conclusion => Impossibilité de faire le programme de la mission ANTARES 1, tel qu'annoncé. Programme de rechange proposé, qui s'inscrit toujours dans le cadre du programme ANTARES: Étude de la zone frontale sur deux radiales par 58°E et 56°E en partant de 48°S jusqu'à 39°S.

A 22h25 route vers S1: 48S, 56E.

23 Avril: Arrivée en station S1 à 8h50.

Position: 48S, 56E. État de la mer De 6-5 en début de journée passant à 8 à 20 H, puis 9 à 24 H

Opérations:

- 1/ Carottage KTB (problème de troncantage 1H)
- 2/ Hydrologie Profonde CTD
- 3/ Carottage KTB
- 4/ Hydrologie de Surface (0-1000m)

Problème à la remonté de la CTD de surface car le vent s'est soudainement levé. Rafales de vent de plus de 60 noeuds, 5 bouteilles sont endommagées sur la rosette qui a heurté la coque lors de la remontée à bord. Après un examen une seule bouteille a été jugée irrécupérable. Navire à la cape.

24 Avril: Navire à la cape jusqu'à 5h15 puis retour sur S1.

État de la mer: De 8 à 5-6.

Position S1: 48S 56E.

A 8h00 lorsque nous faisons route vers S1, rupture de la purge du filtre à huile du réducteur d'arbre d'hélice. Descente d'urgence en allure du moteur. Bateau stoppé en dérive. A 13h10 fin des réparations et retour sur S1.

Opérations:

- 1/ Carottage KTB
- 2/ Carottage USNEL KGS
- 3/ Hydrologie Surface CTD
- 4/ Bouteille Grand Volume BGV.

25 Avril: En station S1, puis route vers S2

Position: 48S, 56 E, État de la mer: 5-6.

Opérations:

- 1/ Carottier Boite Étanche KBE

Départ vers la station S2: 47S, 58E. Arrivée en station à 14h00.

Position 47S, 58E, État de la mer 5-6.

Opérations:

- 2/ Carottage Multitubes KTB
- 3/ Hydrologie Profonde CTD
- 4/ Carottage Multitubes KTB

26 Avril: En Station S2.

Position: 47S, 58E. État de la mer: 6

Opérations:

- 1/ Hydrologie Surface CTD
- 2/ Palanquée de Bouteilles Hydrologiques: PBH
- 3/ Carottage KGS
- 4/ Hydrologie CTD
- 5/ Carottage KGL non déclenché

Appareillage pour station S3: 46S, 56E, tangage accentué sur grosse houle de SW.

27 Avril: En Station S3.

Position: 46S, 56E. État de la mer: 5 à 7

Opérations:

- 1/ Bouteille Gros Volume BGV.
- 2/ Carottage KTB (Câble Océano sorti de la gorge de la poulie, remonté du carottier, 100 m de câble coupé pour regréer le carottier resté sur babouin sur la grue à la mer)
- 3/ Hydrologie Profonde
- 4/ Carottage KTB

Coup de vent d'Est, la mer se creuse de 6 à 8m. On continue.....

- 5/ Hydrologie Surface CTD
- Avarie sur télécommande bouteilles
- 6/ Palanquée de bouteilles surface PBH
- 7/ Carottage KGS
- 8/ Carottage KBE

Route vers point S4: 47S 5430E

28 Avril: En Station S4.

Position: 47S, 5430E. État de la mer: de 6 à 5.

Opérations:

- 1/ Hydrologie Profonde
- 2/ Hydrologie Surface
- 3/ Palanquée de Bouteilles: PBH

Route vers la station S5: 4630S, 53E

Position: 4630 S, 53 E:

- 4/Hydrologie Profonde.

Problème de communication entre le PC et le treuil hydro. Le microphone passerelle était resté bloqué en position d'appel, ce qui couvrait toute communication entre le PC et le treuil hydro. L'incident est arrivé au moment où la bathysonde était proche du fond: dernier 100 m. La bathysonde a touché le fond: observation de la trace pinger au PC. A la remontée pas de casse de bouteilles, uniquement câble hydrologique endommagé, les bouteilles ont bien déclenchées. Arrêt de l'hydrologie pour couper le câble et refaire l'épissure. Route vers Crozet pour Escale.

29 Avril: Escale à Crozet, très beau temps!. Au mouillage à 07h36, Départ de Crozet à 18h00. Route vers station S5 pour finir l'hydrologie de surface. En station à 21h50

Position: 46 30S, 53 E. État de la mer: de 6 à 3.

Opérations:

- 1/ Hydrologie de Surface CTD.
- 2/ Palanquée de Bouteilles PBH

Route vers la Station S6: 45S 58E.

30 Avril: Route vers Station S6, pendant la route arrêt pour carottage Kullenberg. Arrivée sur site après recherche de site à 08h12.

Position: 45 55 35S, 54 57 00E. État de la mer: 5-6.

Opérations:

- 1/ Carottier Kullenberg KGS

Puis route vers Station S6. Arrivée en station: 22h00.

Position: 45S 58E. État de la mer: 5-6.

Opérations:

- 2/ Carottier Kullenberg.
- 3/ Bouteille Grand Volume BGV
- 4/ Carottage KTB

1 Mai: Fête du travail.... En Station S6.

Position: 45S 58E. État de la mer: 5-6 en début de journée, puis forçant 8-9.

Opérations:

- 1/ Hydrologie Profonde CTD
- 2/ Carottage KTB
- 3/ Hydrologie de Surface CTD
- 4/ Palanquée de Bouteilles Hydro PBH
- 5/ Carottage KTB
- 6/ Filet à plancton de Surface PKS.

Coup de vent de force 9, rafales à plus de 60 noeuds. Suspension des opérations. Mise à la cape. Paquets de mer sur les ponts. Creux de plus de 10 m.

2 Mai: Navire à la cape puis retour sur station S6 à partir de 13h30 jusqu'à 20h30.

Position S6: 45S 58E. État de la mer: 9-8.

Opérations:

- 1/ Hydrologie CTD

23h50 coup de vent. Opérations suspendues, navire à la cape.

3 Mai: Opérations suspendues. Navire à la cape. Cape au 350-340. Vent en rafale à plus de 65 noeuds.

État de la mer: 9-8

4 Mai: Retour sur S6 à 16h22.

Position: 45S 58E. État de la mer: De 9 à 5

Opérations:

- 1/ Carottage KGL.
- 2/ Hydrologie CTD
- 3/ Carottage KGS.

5 Mai: Station S6 puis route vers S7.

Position S6: 45S 58E. État de la mer: 5-4

Opérations:

- 1/ Bouteille Grand Volume BGV
- 2/ Carottage KGS
- 3/ Carottage KBE

Route vers S7. Arrivée à 15h48.

Position: 44S, 56E. État de la mer 4-6.

Opérations:

- 1/ Bouteille Grand Volume BGV
(100^{ième} opération)
- 2/ Carottage KTB
- 3/ Hydrologie Profonde CTD

Creux de 5m sur houle bien formée vent de 30-35 noeuds.

6 Mai: Station S7

Position: 44S, 56E. État de la mer: 6-7

Opérations:

- 1/ Carottage KTB
- 2/ Hydrologie de Surface CTD
- 3/ Palanquée de Bouteilles Hydro PBH
- 4/ Carottage KGS (vide)
- 5/ Hydrologie CTD
- 6/ Carottage KGS (vide)
- 7/ Bouteille de Grand Volume BGV.
- 8/ Carottage KGL
- 9/ Filet à plancton de Surface PKS.
- 10/ Carottage KBE

Route vers station S8: 43S 58E.

7 Mai: Station S8. Arrivée à 09h00.

Position: 43S 58E. État de la mer: 6-7 puis 9 vers 21h30.

Opérations:

- 1/ Bouteille Grand Volume BGV.
- 2/ Carottage KTB
- 3/ Hydrologie Profonde CTD
- 4/ Carottage KTB

Premier problème sérieux avec le treuil cobra. Reprise lente de la remontée du carottier KTB après arrêt du treuil. Opérations suspendues à 21h30. Vents en rafales > 45 Noeuds, rafales à 65 et 75 noeuds, creux de 10m. Navire à la cape.....

8 Mai: Navire à la cape.... Violente tempête. État de la mer 9-8. A la cape au 340. Retour vers S8 à 20h45. A 23h45 vents de nouveau > 45 Noeuds, navire à la cape. La victoire à la cape....

9 Mai: Abandon S8 pour le moment route vers S10 car à proximité. Arrivée en Station à 14h05.

Position: 41S 58E. État de la mer: 8 jusqu'à 13h00 puis 7 -6.

Opérations:

- 1/ Bouteille Grand Volume BGV
- 2/ Carottage KTB

Problème de troncantage: Arrêt de 15 minute avec 4616 m filés. Puis fuite d'huile sur le treuil. Arrêt de 1h05 avec 3053 m filés.

- 3/ Hydrologie Profonde CTD

10 Mai: Station S10. Puis à la fin des opérations route vers S8

Position S10: 41S 58E. État de la mer: 7-5.

Opérations:

- 1/ Carottage KTB

Arrêts multiples du treuil cobra le réa central #3 patine. Enregistrements de la vitesse de descente et de la tension du câble deviennent bruités par les changements de vitesse du treuil du au patinage de la roue #3 qui s'arrête même de tourner à la descente.

- 2/ Hydrologie de Surface
- 3/ Palanquée de Bouteilles Hydro PBH
- 4/ Carottage KTB

La pose devient de plus en plus difficile à détecter. Variations de vitesse importantes aux niveaux du filage du câble...

- 5/ Bouteille Grand Volume BGV
- 6/ Carottier AET(TAAF) => Vide.

Retour sur S8. Départ à 15h30.

11 Mai: Arrivée en station S8 à 00h30.

Position S8: 43S, 58 E. État de la mer: 6-7 puis 5 !!!!

Opérations:

- 1/ Hydrologie de Surface CTD
- 2/ Palanquée de Bouteilles Hydro PBH
- 3/ Carottier USNEL KGS (Vide)

Route vers S'9: 42S, 58E. Départ à 05h36. Arrivée en station à 11h30.

Position S'9: 42S, 58E.

Opérations:

- 4/ Hydrologie Profonde CTD

Problème avec la bathysonde. Avarie sur chariot antiroulis du treuil hydrologique. En remplacement bathysonde de surface. Filage jusqu'à 2780m.

- 5/ Palanquée de Bouteille Hydro PBH
- 6/ Carottage KTB
- 7/ Hydrologie Profonde CTD
- 8/ Filet à Plancton de Surface PKS
- 9/ Carottage KTB

12 Mai: En Station S'9.

Position S'9: 42S, 58E. État de la mer: 5

Opérations:

- 1/ Bouteille Grand Volume BGV.

Route sur S9. Départ à 02h15 Arrivée à 09h55.

Position: 42S, 56E. État de la mer: 5-7 puis 8 à partir de 12h00.

Opérations:

- 2/ Hydrologie Profonde CTD

Route sur Station S12: 39S 58E. Départ à 13h27.

13 Mai: Station S12. Arrivée à 0h30.

Position S12: 39S, 58E. État de la mer 7-8 jusqu'à 16h puis mollissant 6-5.

Opérations:

- 1/ Bouteille Grand Volume BGV
- 2/ Carottier KTB

Le treuil cobra patine de plus en plus notamment le réa # 3. Le treuil est plusieurs fois arrêté lors de la remonté.

- 3/ Hydrologie Profonde CTD
- 4/ Carottier KTB

Patinage des réas lors de la descente bien qu'il y ait eu intervention suite aux problèmes rencontrés précédemment. Impossibilité de virer le câble en début de remonté du carottier. Le

carottier reste en pendant sur le câble pendant 50 minutes en étant posé sur le fond.... Le bateau dérive et la carottier doit être entraîné par la dérive forte du bateau. Reprise très laborieuse de la remontée du carottier. L'opération aura duré 4 heures. **Le treuil cobra est déclaré inopérational par le bord.** Plus de carottages possibles. Il ne reste plus qu'à finir les opérations hydrologiques....

13 Mai: Station S12.

Opérations:

- 5/ Hydrologie de Surface CTD
- 6/ Palanquée de Bouteilles Hydro PBH
- 7/ Bouteille Grand Volume BGV

Fin des opérations ANTARES 1 le 13 Mai à 21h00, il n'y a plus de prélèvement de sédiments possible suite à l'arrêt du treuil cobra.

=> Route libre vers la Réunion et le soleil!!!!

Manque de chance, le rangement s'effectue les jours suivant 14 et 15 par des mers 8-9 avec forts coups de vent. Il faut attendre le **Dimanche 16 Mai** pour avoir **du soleil** est une mer correcte: 4-3 !!!!.....

Rapport de l'Equipe "Hydrologie" pour la Campagne ANTARES 1

Young Park, Lucien Gamberoni, Eric Virvaux.

Laboratoire d'Océanographie Physique
Muséum National d'Histoire Naturelle
43, rue Cuvier, 75005 Paris
Tél: (1) 40 79 31 70, FAX: (1) 40 79 31 63

1. Objectifs

- Meilleure définition de la circulation périantarctique et de son flux dans le secteur Indien de l'Océan Austral;
- Mise en évidence des échanges des masses d'eau entre l'Océan Austral et l'Océan Indien et des chemins privilégiés de l'injection de ces masses d'eau.
- Validation du modèle FRAM (Fine Resolution Antarctic Model)

2. Equipement et Techniques de Mesures

Equipement:

- Sonde CTDO₂ Neil-Brown type Mark III B, donnant un profil continu de température, salinité, et oxygène en fonction de la pression
- Rosette General- Oceanics (GO) couplée à la sonde et équipée de 12 bouteilles GO de 12 litres pour le prélèvement d'eau

Mesure de salinité:

- Salinomètre Guildline AUTOSAL dans une pièce thermostatée (conteneur laboratoire)
- Eau standard utilisée: Batch P120 (6 avril 1992), $K_{15} = 0.99985$
- Eau standard basse salinité pour contrôle: Batch 30L3 (12 déc 1991)
- Mesures effectuées à 18°, 21° et 24°C, avec une régulation de la température de la salle de $\pm 1^\circ\text{C}$

Mesure de l'oxygène:

- Méthode de Winkler selon la procédure de WOCE (1991), sauf pour le virage (virage colorimétrique à l'amidon)
- A chaque palanquée, 2 niveaux pris au hasard sont doublés en salinité et en oxygène, afin de vérifier la reproductibilité des mesures et des prélèvements des échantillons.

3. Procédures d'Echantillonnage

- Au total 19 stations CTD dont 9 sur la radiale 58°E et 4 sur la radiale 56°E
- Prélèvement d'eau à 24 niveaux prédéterminés, avec deux "palanquées" sur chaque station: une palanquée jusqu'au fond et une autre jusqu'à 1000 m
- Thermosalinomètre du bord: prélèvement régulier d'eau de surface pour recalage de la valeur de salinité

4. Calibration et Traitement des Données

- Les données brutes enregistrées par la sonde (32 cycles P, T, C, O_C, O_T par seconde) seront validées à partir des étalonnage des capteurs
- Pression (P) et Température (T): étalonnage effectuée à l'IFREMER à Brest en juillet 1993
- Conductivité (C) et Oxygène (O₂): étalonnage effectuée au Muséum à Paris en automne 1993 à partir des mesures de salinité (S) et d'oxygène faites à bord sur les prélèvements d'eau
- Les données sont réduites à 1 cycle P, T, S, O₂ par décibar (novembre 1993)

5. Résultats des Analyses

5.1 A bord: voir le tableau "ANTARES 1_SEA"

5.2 Au Laboratoire:

- Calibration des données CTDO₂ (fin novembre)
- Calcul dynamique (courant et flux géostrophique) et l'analyse des masses d'eau (fin 1993)

6. Discussions des Résultats Préliminaires

- Confirmation de l'écoulement vers le Nord de l'Eau de Fond Antarctique le long du bord Ouest du bassin de Crozet, collé sur le flanc Est de la Ride Sud Ouest Indienne à l'Ouest de 56°E (cf Park et al., 1993)

- Confirmation à 58°E de la zone frontale bien développée et composée des trois fronts fortement accolés (Front Subantarctique + Front Subtropical + Front du Courant de retour des Aiguilles) entre 42° et 45°S, et du Front Polaire situé vers 51°S (cf Park et al., 1991, 1993)

- Mise en évidence de la variation temporelle importante de la position de la zone frontale, probablement due au méandre du courant ou à des tourbillons à méso-

échelles. En effet, on a observé un tourbillon (ou méandre) cyclonique très intense centré à 41°S, 58°E qui influence fortement la stratification sur toute la colonne d'eau. Cette observation confirme que le centre du bassin de Crozet est un lieu privilégié de très forte activité tourbillonnaire (cf Park et al., 1993)

- A la station juste au Sud de ce tourbillon cyclonique (42°S, 58°E) en particulier, on a identifié pour la première fois une forte injection de l'Eau Antarctique Intermédiaire extrêmement récente (oxygène 6.1 ml/l, salinité 34.16 à 1200 m, eau intermédiaire anormalement très oxygénée et peu salée par rapport à la moyenne de la région: 5.0 ml/l, 34.35 - cf Park et al., 1991, 1993)

7. Incidents et Problèmes

- 5 bouteilles GO appartenant à l'INSU (et/ou) LODYC ont été cassées lors de la remontée de la sonde à bord à la St CTD 8/2: OP 57-CTD 16 (60 noeuds de vent)

- Mauvais fonctionnement de la rosette aux profondeurs > 4000 m, entraînant un double déclenchement des bouteilles et une perte d'un niveau de mesure pour la chimie

- Nombreux arrêts de treuil lors de la remontée de la sonde dus au problème de truncage du câble, allongeant ainsi la durée d'une station d'une heure en moyenne

- Le câble électroporteur a du être sectionné 2 fois, nécessitant de refaire l'épissure câble/sonde

8. Références

Park, Y. H., L. Gambéroni, and E. Charriaud, 1991, Frontal structure and transport of the Antarctic Circumpolar Current in the South Indian Ocean sector, 40°-80°E, *Marine Chemistry*, 35, 45-62.

Park, Y. H., L. Gambéroni, and E. Charriaud, 1993, Frontal structure and circulation in the Crozet Basin, *J. Geophys. Res.*, in press.

WOCE, 1991, WHP Operations and Methods, WOCE Report No. 68/91, Woods Hole, USA.

TRACEURS ISOTOPIQUES NATURELS (^{18}O & ^{13}C) DES EAUX DU SECTEUR AUSTRAL DE L'OCEAN INDIEN

Catherine PIERRE

Université Pierre et Marie Curie, LODYC
4 Place Jussieu
75252 Paris Cedex 05

1- Introduction; objectifs scientifiques

L'utilisation en océanographie des traceurs isotopiques naturels ^{18}O et ^{13}C de l'eau permet de connaître certains paramètres du milieu océanique (bilan précipitation-évaporation, activité biologique) aux zones sources des masses d'eau et de suivre leur évolution horizontale et verticale [phénomènes de mélange d'eaux, reminéralisation de matière organique] . La comparaison des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ du ΣCO_2 mesurées au cours de la campagne GEOSECS [Janvier-Février 1978] et au cours de la campagne ANTARES 1 permettra également d'évaluer la contribution du CO_2 anthropique dans l'océan Austral pendant la période de 15 ans écoulée. Les données sur la colonne d'eau sont par ailleurs couplées avec l'étude isotopique des foraminifères benthiques du sédiment afin d'évaluer les variations spatiales et au cours du temps de la productivité organique .

2- Equipement et technique :

A bord, les échantillons d'eau sont prélevés à partir de la rosette de la bathysonde. Les échantillons sédimentaires proviennent des carottes du carottier multitubes. Les eaux interstitielles sont extraites d'une carotte grosse section échantillonnée dans le carottier boîte étanche du NIOZ.

A terre, les échantillons sont traités sur des lignes à vide pour l'analyse isotopique au spectromètre de masse:

- équilibration eau- CO_2 à 25 C pour l'analyse isotopique de l'oxygène de l'eau
- extraction acide du ΣCO_2 pour l'analyse isotopique du carbone
- extraction acide du CO_2 du carbonate des tests de foraminifères

3- Protocole d'échantillonnage

Les prélèvements d'eau sont effectués à partir des bouteilles de la rosette et des bouteilles Goflo des palanquées de surface. A chaque station hydrologique, le nombre de niveaux prélevés est de 26 (2 palanquées) ou 40 (3 palanquées). Un échantillon d'eau est stocké dans un flacon de verre de 125 ml pour mesure du pH et dosage à bord de l'alcalinité . Un flacon de verre de 20 ml d'eau est utilisé pour l'analyse isotopique de l'oxygène de l'eau. Deux flacons en verre de 125 ml destinés à l'analyse isotopique du carbone du carbone total inorganique dissous sont empoisonnés avec 1 ml de solution saturée de HgCl_2 . Les échantillons d'eau interstitielle des carottes proviennent de la centrifugation de tranches de 1 cm d'épaisseur et sont empoisonnés avec 1 ml de solution saturée de HgCl_2 .

Les carottes sédimentaires provenant des carottiers multitubes sont découpées tous les 0,5 cm jusqu'à 10 cm de profondeur et tous les cm jusqu'à la base de la carotte. Les tranches de sédiment jusqu'à 5 cm de profondeur sont conservées dans une solution alcool-rose bengale qui préserve et colore la matière organique .

4- Bilan des opérations

colonne d'eau : 407 échantillons

station Kerfix : 2 palanquées de 12 bouteilles + 6 Goflo

M3 : 3 rosettes de 12 bouteilles + 5 Goflo

H1 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

H2 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

H3 : 1 rosette de 12 bouteilles

S1 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S2 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S3 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S4 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S6 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S7 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S8 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S9 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S9' : 1 rosette de 12 bouteilles

S10 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

S12 : 2 rosettes de 12 bouteilles + 2 Goflo

Sédiments:

11 carottes KTB + eau surnageante [KTB 07,12, 14, 18, 20, 22, 25, 27, 29, 31, 34]

1 carotte KBE 03 pour eaux interstitelles

5- Résultats analytiques :

A bord : Les mesures d'alcalinité de l'eau ont été effectuées à bord en collaboration avec C.Rabouille suivant la méthode de Culberson [titration jusqu'à pH= 4.5]. Les données sont consignées dans le tableau général HYDRO SEA. Elles permettent de calculer les concentrations du ΣCO_2 des eaux .

Au laboratoire : Une année est nécessaire pour effectuer l'ensemble du traitement analytique des échantillons de la campagne ANTARES 1.

6- Etudes associées :

L'analyse isotopique des foraminifères sera effectuée par Colette VERGNAUD-GRAZZINI du LODYC .

Rapport d'activité de l'équipe de chimie/sels nutritifs

URA CNRS 1513 (UBO, Brest): Paul TREGUER et Marie-Anne VINCENDEAU

ENSCR: Jean MORVAN et Jean-Philippe ROUDIER

1-Objectifs de l'équipe dans le cadre d'ANTARES 1:

-Objectif général ANTARES: Cycle biogéochimique du silicium et de l'azote dans l'Océan Austral

-Objectifs spécifiques ANTARES 1:

1-Thème 7: Flux d'acide silicique et de nitrates à l'interface eau-sédiment (en collaboration avec C. RABOUILLE, CFR, Gif-sur Yvette et J-F. GAILLARD, Laboratoire de Géochimie des Eaux, Université Paris 7 & IPGP, Paris).

2-Thème 2: Sels nutritifs, traceurs des masses d'eaux et de leur circulation dans le secteur Indien de l'Océan Austral (en collaboration avec Y. PARK et al., LOP, Museum National d'Histoire Naturelle); contexte coopératif avec WOCE-France.

2-Equipements et Techniques:

2-1-Eaux interstitielles du sédiment (cf. C. RABOUILLE): carottes prélevées au carottier multi-tubes,

2-2-Eaux de la colonne d'eau: échantillons prélevés à l'aide d'une rosette de bouteilles NISKIN de 12 litres, associées à une CTD Neil Brown.

2-3-Analyse des nitrates + nitrites (μM) et de l'acide orthosilicique (μM): analyse automatique par AutoAnalyzer II Technicon (cf Tréguer et Le Corre, 1975): 2 analyses par échantillon.

Deux chaînes d'analyses tournent en parallèle (une pour les eaux interstitielles, l'autre pour la colonne d'eau).

Les échantillons d'eaux interstitielles sont filtrés sur Millipore 0.45 μm ; ceux de la colonne d'eau ne sont pas filtrés sauf les eaux de la couche de mélange superficielle (Millipore 0.45 μm)

3-Procédures d'échantillonnage:

3-1-Eaux interstitielles (cf. C. RABOUILLE): carottes découpées en tranches de 0,5 cm de 0 à 4 cm, tous les cm ensuite; eaux interstitielles extraites par centrifugation. Echantillons (quelques ml) conservés en tubes plastiques hermétiquement fermés et conservés au réfrigérateur (4°C) avant analyse.

Les échantillons sont dilués au 1/10 avec de l'eau de mer pauvre en sels nutritifs dite "EM0" (acide silicique = 2.4 μM ; nitrates+nitrites=0.2 μM) pour le dosage de l'acide silicique dans la gamme 0-150 μM et au 1/2 pour les nitrates+nitrites, dans la gamme 0-45 μM .

3-2-Colonne d'eau: échantillons recueillis dès la remontée à bord de la rosette: 100 ml d'eau de mer dans flacon de polyéthylène, conservés au réfrigérateur à +4°C avant analyse (qui intervient au plus tard 12 H après le prélèvement).

4-Calibration/Standards:

4-1-Ligne de base: réalisée soit de l'eau doublement déionisée DIW (jusqu'à fin avril 93), soit sur l'eau de mer de référence (EM₀) utilisée pour les solutions de standards.

La correction de "turbidité" (cf. Tréguer et Le Corre, 1975) est négligeable.

4-2-Standards: réalisés dans de l'eau de mer de référence (EM₀) prélevée dans les eaux centrales sud-indienne après le départ de La Réunion.

Température du laboratoire au moment des analyses= 20 à 25°C.

La procédure préconisée par Gordon et al. (1992) a été utilisée pour la préparation de standards mixtes d'acide silicique et de nitrates.

Fioles de plastique de 500 ml en Nalgene, de volumes contrôlés par pesée au retour au laboratoire à terre. Pipettes PROLABO de verre (borosilicate) de classe A+.

Echantillons (usuellement de basse température au moment du prélèvement) et solutions standards sont conservés ensemble au réfrigérateur avant analyse (réalisée en général dans les heures qui suivent le prélèvement).

Standards de travail préparés dans EM₀ au minimum tous les 3 jours; conservés au réfrigérateur à +4°C an flacons de plastique (Nalgene) de 250ml soigneusement bouchés:

N°	Nitrates+Nitrites μM	Acide silicique μM
1	7.5	25
2	15	50
3	22.5	75
4	30	100
5	37,5	125
6	45	150

Les hauteurs des pics de l'enregistreurs sont mesurés manuellement (à 0,5 mm près).

4-3-reproductibilité:

< 0.1 μM-N <0.35 μM-Si

4-4-Précision (estimation):

4-4-1-colonne d'eau: <1%

4-4-2-eaux interstitielles: <3%

La précision sera déterminée au retour au laboratoire après re-calibration par pesée des fioles et pipettes des fioles et pipettes utilisées pour les standards.

5-Résultats (à bord)

5-1-eaux interstitielles:

Station	KTB	N+N	Si
	05B	+	+
M3	06	+	+
H1	11	+	+
H2	13	+	+
S1	16	+	+
S2	19	+	+
S3	21	+	+
S6	23	+	+
S7	26	+	+
S8	28	+	+
S9'	33/34S	+	+
S12	36	+	+

5-2-colonne d'eau

Stat	CTD	N+N	Si
Atf	02	+	+
M3	06	+	+
M3	07	+	+
M3	08	+	+
H1	10	+	+
H1	11	+	+
H2	12	+	+
H2	13	+	+
H3	14	-	+
S1	15	+	+
S1	17	+	+
S2	18	+	+
S2	19	+	+
S3	21	+	+
S3	22	+	+
S4	23	+	+
S4	24	+	+
S5	25	+	+
S5	26	+	+
S6	27	+	+
S6	28	+	+
S7	31	+	+
S7	32	+	+
S10	35	+	+
S10	36	+	+
S8	37	+	+
S9'	38	+	+
S9'	38	+	+
S9	40	-	+
S12	41	+	+
S12	42	+	+

6-Discussions/Premières conclusions:

6-1-Interface eau/sédiment et eaux interstitielles:

A ce stade très préliminaires de l'exploitation des données nous ne commentons pas la distribution de **nitrates+nitrites** dans les eaux interstitielles, si ce n'est pour observer que *dans la couche 0-20/30cm les nitrates sont toujours supérieurs à ceux de l'eau surnageante (32 à 34 μM), atteignant des plateaux à environ 40-50 μM* . Ceci est en accord avec le caractère oxiqne des sédiments dans l'ensemble de la zone étudiée mis en évidence par JC RELEXANS et al. et R. DE WIT.

S'agissant de l'**acide silicique** les profils réalisées (0-30cm) révèlent (Tableau ci-dessous) un gradient sud-nord décroissant en ce qui concerne la richesse maximale des eaux interstitielles en $\text{Si}(\text{OH})_4$:

-Dans la POOZ (Permanently Open Ocean Zone):

.un plateau maximal d'environ **850 μM** dans la zone de très riches dépôts siliceux,

.la présence d'un *floc*, véritable zone tampon entre l'eau et le sédiment a pu être mis en évidence. Cette couche est trois fois plus *riche en $\text{Si}(\text{OH})_4$* que l'eau de fond,

.des *flux diffusifs de silicates, élevés sur toute la zone*, par rapport au reste de l'Océan Mondial; à noter qu'ils se maintiennent à de haut niveaux également dans la zone frontale.

KTB	lat.(°S)	système	plateau Si (μM)	gradient 0-1 cm mol m^{-4}
05B	55	POOZ	848	41,2
06	52	POOZ	825	10,9
13	50	POOZ	747	9,9
11	49	PFZ	750	8,9
16	48	PFZ	750	18,0
19	47	PFZ	712	20,6
21	46	SAF	776	25,9
23	45	SAF	658	21,0
26	44	FZ	638	13,9
28	43	STC	498	6,9
33	42	STC	514	9,1
36	39	Nord STC	435	

POOZ=Permanently Open Ocean Zone; PFZ=Polar Front Zone; SAF=SubAntarctic Zone, FZ=Frontal Zone, STC=SubTropical Zone

6-2-distributions verticales de nitrates et de silicates dans la colonne d'eau:

Les profils (24 profondeurs en général) de sels nutritifs réalisés sur les transects 58°E, 56°E ainsi que sur le bord ouest du chenal Crozet-Kerguelen:

1-confirment la richesse en acide silicique des eaux de fond: parallèlement au gradient décroissant sud-nord des valeurs maximales en Si(OH)_4 des eaux interstitielles, *les teneurs abyssales diminuent de 158 μM dans la POOZ (52°S) à 141 μM au nord de la STC (39°S)*. Ces données sont en accord avec les résultats antérieurs dans cette zone (e.g. Le Jehan et Tréguer, 1983; Edmond et al., 1979, Smith et Tréguer, 1993).

2-appuyent l'hypothèse suggérée par Y. Park d'un *écoulement privilégié de l'Eau Antarctique de Fond (AABW) sur le bord ouest du chenal Crozet-Kerguelen*: permanence d'un gradient décroissant ouest-est en acide silicique dans les eaux abyssales.

DISTRIBUTION OF DISSOLVED ALUMINIUM IN THE SOUTHERN SECTOR OF THE INDIAN OCEAN

J.E.E. van Beusekom

Netherlands Institute for Sea Research
P.O.Box 59, 1790 AB Texel, Netherlands

1. Introduction

Within the ocean diatoms play an important role in the particularization of dissolved carbon dioxide through the process of photosynthesis. The high growth rates of diatoms enable them to escape control by grazers and thus diatoms can form extensive blooms during the early stages of the annual phytoplankton cycle (e.g. FOGG 1991). After the collapse of such blooms the particularized organic matter is transferred rapidly from the surface layers to the deep ocean. Here it is either remineralized or "permanently" buried within the sediment. A prerequisite for diatom growth is, however, the availability of dissolved silicate which they use for the construction of the silica cell wall. Therefore knowledge on the remineralization of biogenic silica is needed.

One of the factors that influence silica solubility is the aluminium content (VAN BENNEKOM 1981). There is evidence to suggest that the remineralization rates of biogenic silica in the Southern Ocean are high and that these high rates are related to the low dissolved aluminium concentrations both in the water column and in the diatom frustules from the Southern Ocean (VAN BENNEKOM *et al.*, 1991). However, since the information on dissolved aluminium in the Southern Ocean is limited, our primary objective during the present cruise was to investigate the distribution pattern of dissolved aluminium.

2. Material and methods

Cleaning procedures First analyses of antarctic sea water showed that the concentrations of dissolved Aluminium are generally very low (VAN BENNEKOM *et al.* 1991). Therefore rigorous cleaning procedures of sampling flasks and reaction vessels were necessary to avoid any contamination. Most importantly the cleaning procedure included the removal of organic coatings on the inner surface of the bottles with a detergent. After this the teflon reaction bottles were soaked with 3N suprapure HNO₃. The polycarbonate sampling bottles were soaked with a 0.4 N suprapure HNO₃ solution. No influence could be taken on the quality of the on-board Niskin sampling bottles. Blanks were determined at our laboratories and showed the contamination of the bottles to be less than 0.1 nM.

Sampling procedure and analysis Water samples were taken with a rosette sampler equipped with 12 Niskin bottles and transferred to clean polycarbonate flasks. The water samples were analyzed directly on board with the Lumogallion method after HYDES & LISS (1976). This method is based on the formation of a fluorescent Lumogallion-Aluminium complex. The fluorescence signal was measured with a Perkin-Elmer LS 2B filter fluorimeter. The results were corrected for the natural fluorescence of the sea water and for the Al added with the reagents. Reagent blanks were measured directly on board. The two batches of reagent used showed a Al contribution of 0.28 nM and 0.50 nM. The standard deviation between replicate samples (usually three) amounted to 0.03 nM ± 0.01.

The advantage of an immediate analysis on board is that possible sources of contamination can be traced back and if possible be solved. Furthermore the relative simplicity of the method allows the analysis of a large number of samples. This is of utmost importance is when one tries to assess "oceanographically consistent distribution patterns".

In addition to the Al analysis of water samples the Al content of some samples of interstitial water was measured. Due to the limited sample size these assessments are based on single measurements. The method of obtaining the interstitial water samples (basically by centrifuging sediment samples) is described by C. RABOUILLE (this report).

4. Calibration

The measurements were calibrated with a Merck standard solution (1 g/L) which was diluted to a working standard of 135 μ M. For each series of measurements a duplicate calibration was carried out by adding 50 μ L of the working standard to one of the samples.

5. First results

5.1 Table of preliminary results

The preliminary results of the Al analysis on water column samples and interstitial water samples obtained during the ANTARES I cruise are presented as part of the attached Tables containing all on-board analyses.

In short: along the investigated transect the surface concentrations of dissolved Al range from 0.4 nM south to 3-4 nM in the subtropical gyre. The deep water values range from 0.9-1.0 nM in the antarctic to 1.5-3.5 nM in the north of the subtropical front.

Most of the dissolved Al profiles in the interstitial water show a subsurface maximum at approximately 1 cm. The values within this maximum range from range from ~50 nM in the south to 360 nM in the north. The Al concentrations in the deeper layers range from ~ 20 nM in the south to 40-50 nM in the North. It should be noted that in contrast to the more continuous Al profiles in the south the northern profiles had a scattered appearance.

5.2 On-land analyses

No water samples have been taken for further analysis in the home laboratory. The data analysis will include the study of the relation between Al distribution and hydrography of the investigated area. Furthermore, the obtained data will be put into a global perspective to assess the role of the Antarctic Ocean in the oceanic cycle of dissolved Al.

6. Discussion

The Al concentrations in the southern sector of the Indian Ocean show a marked South-North gradient. In the south the concentrations range from 0.4 - 0.5 nM in the upper 1000 Meters to 0.9 - 1.0 nM in the deep water. These deep water concentrations are lower than recently published data of ~2.5 - 2.7 nM Al in the deep Weddel and Scotia Seas (VAN BENNEKOM *et al.* 1991). They are also substantially lower than 10-40 nM observed in the deep Greenland and Norwegian Sea (MEASURES & EDMOND 1992) - the other northern oceanic province of deep water formation- and concentrations of 3-5 nM observed in the deep Pacific ocean (ORIAN & BRULAND 1986). Thus in contrast to nutrients no gradual build up of Al during the course of the evolution of the deep water occurs. Our results suggest the Antarctic region to be a sink for dissolved aluminium instead.

7. References

- VAN BENNEKOM, A.J., 1981: On the role of aluminium in the dissolution kinetics of diatom frustules.- In "Proceedings of the 6th Diatom Symposium 1980", (R. ROSS, Ed.), Königstein, W. Germany, Otto Koltz Science Publishers, 445-456.
- VAN BENNEKOM, A.J., A.G.J. BUMA & R.F. NOLTING, 1991. Dissolved aluminium in the Weddel-Scotia Confluence and effect of Al on the dissolution kinetics of biogenic silica.- *Mar. Chem.* **35**: 423-434.
- FOGG, G.E., 1991: The phytoplanktonic ways of life.- *New Phytol.* **118**: 191-232.
- HYDES, D.J., & P.S. LISS, 1976: Fluorometric method for the determination of low concentrations of dissolved aluminium in natural waters.- *Analyst* **101**: 922-931.
- MEASURES, C.I., J.M. EDMOND, 1992. The distribution of aluminium in the Greenland Sea and its relationship to ventilation processes.- *J.Geoph. Res.* **97(C11)**: 17,787-17,800.
- ORIAN, K.J., & K.W. BRULAND, 1986: The biogeochemistry of aluminium in the Pacific Ocean.- *Earth Planet. Sci. Lett.* **78**: 397-410.

8. Associated scientists

The present studie is carried out in close cooperation and under the supervise of A.J. van Bennekom, NIOZ, Postbus Texel, Netherlands. Apart from his involvement in the data analysis he will investigate the relation between the occurrence of biogenic silica, associated clay minerals and Al pore water concentrations. His analysis will include röntgen diffraction measurements and special electron microscopy techniques which allow the assessment of low Al concentrations in particulate matter.

PEUPELEMENTS MACROBENTHIQUES ET BIOTURBATION

Patrick M. ARNAUD - Georges STORA

Centre d'Océanologie de Marseille . Station Marine d'Endoume
Rue batterie des Lions . 13007 Marseille

1. OBJECTIFS DANS LE CADRE D'ANTARES

Si les organismes benthiques subissent les contraintes du milieu et si leur dynamique est largement influencée par les apports de matières sur le fond, la bioturbation qu'ils induisent a des répercussions non négligeables sur les échanges à l'interface eau-sédiment. Elle contrôle en effet l'enfouissement et l'évolution des éléments biogènes dans la colonne sédimentaire et régule les échanges à l'interface eau-sédiment. Les effets s'en font sentir aussi bien sur la répartition des éléments biogènes dans le sédiment, que sur l'évolution de la matière organique et sur les flux à l'interface.

Les recherches entreprises pendant la campagne Antarès 1 ont pour but la qualification et la quantification de la macrofaune benthique (organismes benthiques de taille supérieure à 250 micromètres) dans des sites soumis à des apports particuliers variables. Les objectifs poursuivis étant :

- d'étudier l'incidence des flux particuliers et d'énergie sur la composition et la structuration de la macrofaune benthique
- d'évaluer les potentialités de bioturbation induits par les organismes en place.

2. ENGINS ET PRELEVEMENTS

Les engins de prélèvements utilisés ont été le carottier boîte USNEL et le carottier multitube.

3. ECHANTILLONNAGE

Les procédures d'échantillonnage sont différentes selon les carottiers.

CAROTTIER USNEL (Surface prélevée 1/4 m²). **Etude de la macrofaune totale.**

Nombre de carottages : 5.

Pour chaque USNEL moins d'1/16 de m² a été utilisé pour divers prélèvements.

- 1 carotte pour les géologues du D.G.O Bordeaux
- 3 mini carottes pour la méiofaune
- Raclage sédiment superficiel pour le programme d'étude des polluants (voir plus loin)

La surface restante a été divisée en deux parties égales. Pour chaque échantillon, les 15 premiers centimètres de sédiments ont été prélevés, tamisés sur un tamis de maille 250 µm et les refus de tamis fixés au formol neutralisé.

CAROTTIER MULTITUBE (Surface prélevée par tube : 0,005024 m²). **Etude de la répartition verticale.**

74 carottes ont été disponibles pour la macrofaune (le nombre de carottes variant entre 1 et 7 par opération). Ces 74 carottes ont été coupées sur toute leur hauteur en tronçons

de 3 centimètres, numérotés et fixés séparément au formol neutralisé. Au total, 434 tronçons ont ainsi été conservés.

4. TRAVAUX PREVUS AU LABORATOIRE

Sur les prélèvements précités, les travaux suivants sont prévus :

- tamisage à 250 μm des 434 tronçons de carottes de Multitube et nouveau tamisage des prélèvements USNEL;
- extraction, sous loupe binoculaire, des organismes benthiques de chacun des prélèvements, avec tri par groupes systématiques;
- identification aussi poussée que possible des espèces présentes, puis comptage des nombres d'individus de chaque catégorie;
- calcul de divers paramètres significatifs tels que la richesse spécifique, la densité, la diversité, l'équitabilité, et définition des groupes fonctionnels présents;
- mesure des biomasses.

En fonction des difficultés de tri et d'identification, fin des analyses possible en décembre 1994.

5. REMARQUES PRELIMINAIRES FAITES A BORD

Très peu de remarques sont actuellement possibles, compte tenu de la procédure imposée par les conditions de bord. On notera cependant dès maintenant la confirmation d'un certain degré de bioturbation -- présence de plusieurs terriers dont un de très grande taille (avec Polychète en bonne état de conservation), et de faeces de surface --, et celle de plusieurs organismes benthiques de taille moyenne (Polychètes principalement).

6. REFERENCES

Cf. rapport Antares précédent.

ETUDES ASSOCIEES : SCIENTIFIQUES NON EMBARQUES

Magali GERINO et J. P. DURBEC respectivement pour les groupes fonctionnels de la macrofaune et le traitement des données.

- J. L. MONOD et A. ARNOUX , Faculté de Pharmacie, CHU La Timone, Marseille, dans le cadre du programme Polltaf. Les analyses chimiques concernant les polluants (métaux lourds et composés organiques et organométalliques rémanents) devraient être assurées dans un délai de 18 mois.

Caractérisation de la matière organique d'origine microalgale à l'interface eau / sédiment en zones profondes antarctiques et subantarctiques, comparaison avec les masses d'eau de sub-surface.

(C. Riaux-Gobin, M. Fontugne, C. Descolas-Gros)

Intervenants à ANTARES 1 : C. Riaux-Gobin (pigments, taxinomie à l'interface, cultures)
M. Fontugne* ($\delta^{13}\text{C}$), {* non embarqué}
J.-J. Pichon (taxinomie phytoplancton de surface)

I/ Introduction : Lors d'un bloom phytoplanctonique une partie des cellules microphytiques est susceptible de sortir de la zone euphotique et d'échapper au recyclage *in situ* par le biais de processus d'agrégation et de sédimentation rapide, amenant à un "seeding process" (une partie des cellules s'enkyste). Ces microphytes enkystés, accompagnés des cellules en voie de dégradation, peuvent soit être piégés au niveau d'une structure physico-chimique (et participer ensuite, par le biais de courants, à un nouveau cycle en zone euphotique), soit atteindre l'interface eau-sédiment. La quantification de ce stock de matière organique viable (cellules enkystées) et en voie de dégradation -par l'étude des pigments photosynthétiques et du $\delta^{13}\text{C}$ - peut apporter des indices sur les flux de matière particulaire et sur l'origine des particules sédimentées. Des tests de reviviscence (sur milieu enrichi F/2) à partir de l'échantillons de l'interface permettent de contrôler la viabilité de telles cellules.

II/ Equipement, techniques et procédures d'échantillonnage :

Stations échantillonnées : "W-Kerguelen", "ANTARFIX", KTB05, M3, H1, H2, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S10, S9, S12

A- eau de surface (prélèvement bouteille hydrologique GO-FLO, ou CTD, préfiltration sur soie 250 μm):

-pigments (filtration sur filtre Whatman GF/F, congélation -80°C , dosage différé par spectrofluorimétrie, méthode Neveux = "Chl." a, b, c & "Phéo." a, b, c, expression par unité de volume filtré)

- $\delta^{13}\text{C}$ particulaire (filtration sur GF/F prétraités, séchage 60°C , acidification différée)

-taxinomie phytoplancton (sans préfiltration, fixation formol)

B- interface eau/sédiment (prélèvement par carottier Hern Wuttke "multitube", assurant le prélèvement de l'interface dans les meilleures conditions):

1-fraction 0-20 cm eau surnageante (prélèvement par siphonnage) :

-pigments (protocole idem eau surface)

-taxinomie (fixation formol, Scanning)

- $\delta^{13}\text{C}$

-occasionnellement : $\text{S}^\circ/\text{O}^\circ$ (L. Gamberoni) et sels nutritifs (équipe P. Tréguer) pour contrôle pollution à la remontée

2-fraction "fluff" ou millimètre surnageant (prélèvement par seringue) :

- pigments si assez matériel (protocole idem eau surface)
- taxinomie (fixation formol, Scanning)
- $\delta^{13}\text{C}$ si assez matériel
- fixation au paraformald. (pour controle en épifluorescence)
- mise en culture de 5cc sur milieu F/2 (500 ml), sous éclairage constant, température contrôlée (mais non constante : 7 à 12°C), suivi temporel des concentrations pigmentaires et numérations cellulaires + taxinomie)

3-fraction 0-0,5cm sédiment :

- teneur en eau
- pigments (expression par unité de poids sec)
- taxinomie (fixation formol, Scanning)
- $\delta^{13}\text{C}$ (séchage 60°C)

4-fractions suivantes (0,5-1 ; 1-2 ; 2-3 ; 3-4 ; 4-6 ; 6-8 cm) :

- teneur en eau
- pigments (expression par unité de poids sec)

IV/ Résultats Analyses

Analyses prévues :

- dosages pigmentaires : dès le rapatriement des échantillons congelés à -80°C (fin 1993)
- tests en épifluorescence : dès le retour en métropole.
- Détermination des éventuels microphytes enkystés et dépouillement des tests de reviviscence : Scanning Hitachi S520, Université de Perpignan (mi-1994)

V/ Résultats préliminaires

Après un mois de culture les tests de reviviscence sont positifs pour les prélèvements "W-Kerguelen", "Antarfix", KTB05, KTB06 et KTB07. Un contrôle au microscope révèle la présence de diatomées en chaînes appartenant au genre Chaetoceros. Le temps de culture des autres prélèvements n'a pas été assez long. L'examen de tous les échantillons au Scanning, et au microscope à épifluorescence, permettra de déceler la présence de cellules enkystées ou de début de "bloom".

MICROFLORES BACTÉRIENNES AUTO ET HÉTÉROTROPHES :

1. Intervention dans les flux de carbone et d'azote entre le sédiment superficiel et l'eau surnageante
2. Mesures d'activités dans la colonne d'eau

Micheline Bianchi^{*}, Felatria^{*}, David Moriarty[#], Vincent Talbot^{*}

^{*}MICROBIOLOGIE MARINE
CNRS UPR 223 CAMPUS DE LUMINY CASE 907
13288 MARSEILLE CEDEX 9

[#]Department of Chemical Engineering
University of Queensland
Brisbane, Q. 4072
AUSTRALIA

1. Introduction

La minéralisation de la matière organique est liée à l'action des bactéries hétérotrophes, avec, dans une première étape, l'hydrolyse des macromolécules en oligomères, puis, dans une deuxième étape, la minéralisation des produits formés et la production de carbone bactérien. Le modèle choisi pour ANTARES 1 est la dégradation des composés organiques azotés : hydrolyse des protéines et minéralisation des acides aminés résultants. L'azote minéral (ammonium) produit par la minéralisation des acides aminés est oxydé en nitrite et nitrate sous l'action des bactéries nitrifiantes autotrophes. Il est important de définir les vitesses de réalisation des mécanismes et la prépondérance des processus les uns par rapport aux autres. La nature taxonomique des bactéries des eaux antarctiques superficielles et des différentes masses d'eau dans le front subtropical sera déterminée par séquençage de l'ARN 16S de souches bactériennes isolées après mise en culture. Ainsi, les principaux buts du laboratoire de Microbiologie Marine dans l'opération ANTARES 1 concerneront :

1. La détermination de la biomasse bactérienne (Micheline BIANCHI)
2. Production de biomasse par les bactéries hétérotrophes (David MORIARTY)
3. La recherche des étapes successives des actions bactériennes sur la matière organique et sa minéralisation, à savoir hydrolyse des macromolécules protéiques, déamination des acides aminés, oxydation de l'ammoniac en nitrate :
 - 3.1. Mesure de l'activité protéasique (hydrolyse des macromolécules protéiques) (Vincent TALBOT)
 - 3.2. Mesure de vitesse de minéralisation des acides aminés (Micheline BIANCHI)
 - 3.3. Mesure des vitesses d'oxydation de l'ammoniac en nitrite et nitrate (FELIATRA)
4. Identification moléculaire des souches bactériennes (coopération R. CHRISTEN)

2. Equipement et techniques

2.1. Prélèvements

Découpage carottes du carottier multitubes (KTB)

Toutes les opérations sont effectuées dans le laboratoire à 4°C.

- * L'eau surnageante est syphonée dans un flacon en polycarbonate
- * La carotte est découpée en tranches de 1 cm à l'aide d'un anneau du même diamètre que le carottier, de façon systématique jusqu'à 10 cm. Pour les profondeurs supérieures à 10 cm, la découpe se fait au choix selon l'aspect du sédiment.

*Les rondelles de sédiment, dont le volume est de 28 ml, sont mises en suspension dans un même volume d'eau surnageante filtrée sur 0,2 μm , dans des fioles en polycarbonate. Les suspensions sont gardées dans un bain marie à température de la glace fondante jusqu'à utilisation

Prélèvements d'eau sur les bouteilles de la CTD réalisés dans des flacons en polycarbonate

2.2 Analyses

Activités enzymatiques (protéasique)

**Mesures sur le sédiment*

De l'eau de mer bouillie, filtrée sur 0,2 μm à une température de 1°C est ajoutée à chaque niveau de sédiment pour obtenir une dilution finale de 1/4 du sédiment.

Interface 0-1 cm : cinétique substrat :

Toutes les opérations sont réalisées à une température de 0,5°C voisine de celle in situ .

100 μl de 8 différentes concentrations en substrat (50, 100, 200, 500, 1000, 1666, 2500 et 5000 μM) est ajouté à 1ml de sédiment en suspension dans des tubes en verre à protéolyse. Le substrat utilisé est le MUF-LEU, analogue artificielle modélisant les protéines.

Après différents temps d'incubation (jusqu'à 2 heures environ) 8 tubes contenant 8 différentes concentrations en substrat sont centrifugés 15 minutes à 5000 rpm puis 100 μl de surnageant est mélangé à 3 ml d'eau de mer bouillie ,filtrée sur 0,2 μm dans des cuves en quartz.

La fluorescence des différentes solutions est alors lue au spectrofluorimètre à 455 nm sous 365 nm d'excitation.

Sédiment profond (de1 cm à 30 cm suivant la carotte) :

Le sédiment est étudié tous les cm jusqu'à 5 cm puis sur différent niveaux plus profond suivant l'aspect de la carotte. Pour chaque niveau le même protocole est utilisé que précédemment mais pour une seule concentration en substrat : 100 μl de MUF-LEU à une concentration de 1000 μM est ajouté à 1 ml de sédiment.

Minéralisation des acides aminés

**Mesures sur l'eau surnageante*

Trois flacons de polycarbonate de 125 ml reçoivent 100 ml d'eau surnageante. Le premier sert de témoin et reçoit 10 ml de formol à 20% pH 8,5. Au temps 0 les trois flacons sont inoculés avec 50 µl de solution de ¹⁴C Acides Aminés uniformément marqués (Amersham, CFB 25 activité spécifique) pour une concentration finale de 2 nmol l⁻¹. Après 4 à 6 heures d'inubation, l'incubation dans les duplicats est stoppée par adjonction de 10 ml de formol (20%, pH 8,5). La quantité d'acides aminés incorporée dans les cellules bactériennes est déterminée par la filtration (filtre Nuclepore 0,2 µm) du volume incubé et comptage au compteur à scintillation du filtre.

La quantité minéralisée est mesurée sur le filtrat qui est décarbonaté par adjonction 4 ml d'un mélange éthylamine plus méthanol (1 ml de chaque) dans le lequel on ajoute 4 ml de liquide scintillant. Comptage au compteur à scintillation.

**Mesures sur le sédiment*

4 fois 200 µl de la suspension de sédiment sont répartis dans des petits tubes stériles. 2 vont servir de témoin et reçoivent 200 µl de formol. Au temps 0 chacun des tubes est inoculé avec 50 µl de la solution de ¹⁴C AA. L'incubation est de 4 heures à 1°C. Puis elle est stoppée par adjonction de 200 µl de formol. Un papier imbibé du mélange de ethanolamine + méthanol est suspendu dans le tube. Puis 100 µl de HCl 6 N est ajouté à travers un bouchon de caoutchouc. La décarbonatation dure 2-3 heures. Le papier est alors suspendu dans du scintillant est mis à compter au compteur à scintillation. Lors des premières mesures une cinétique temps : 1 h, 2 h; 4 h et 12 h a permis de montrer que 4 heures d'incubation est le temps le plus adéquat pour la mesure.

Production bactérienne hétérotrophe

**Sediment*

Sediment was mixed with filtered water from above the core and tritiated thymidine (final concentration 5 µM; in 200 µl) and incubated for 4 hours at 1 - 2°C. Samples were extracted in alcohol and 5% TCA; Hydrolysed DNA was counted.

**Water*

DNA synthesis was determined from rates of tritiated thymidine incorporation (10 nM in 50 ml water; incubation times from 2 h in surface waters north of frontal zones and 24 h at 1000 m to 24h at surface and 48 h in deep water from southern zones; *in situ* temperatures were used). Water was filtered and DNA was separated from protein etc by alcohol washes and hydrolysis in 5% TCA.

Cinétique de nitrification

La méthode mise au point pour l'étude de l'activité nitrifiante permet de tester la capacité des bactéries autotrophes nitrifiantes par simple dosage du nitrite. Grace à la comparaison des cinétiques d'apparition ou disparition du nitrite en présence et en absence d'inhibiteur, on peut déduire l'activité bactérie nitrifiante.

Deux types d'inhibiteurs sont utilisés pour bloquer sélectivement la nitrosation ou la nitrification. L'allylthiourea (2 propényl thiourea) est un inhibiteur de l'oxydation de l'ammonium (HAUCK, 1980, HALL, 1984). L'ATU bloque l'oxydation de l'ammonium ou stade NH₂OH (HALL et JEFFRIES, 1984). Le chlorate (ClO₃) est un inhibiteur spécifique de l'oxydation du nitrite (BELSER et MAYS, 1980; HYNES et KNOWLES, 1983).

**Eau*

Chaque échantillon est transféré dans 3 bouteilles de 1 litre. 1 bouteille a reçu 10 mM chlorate, une a reçu 10 mg/l d'ATU et la troisième est témoin. Les échantillons ont été incubés dans une chambre de culture dans les conditions d'obscurité et de température in situ. Les analyses ont été faites toutes les 4 heures.

L'activité nitrifiante a été calculée à partir de la phase exponentielle de chaque échantillon. L'activité nitrosante a été déduite d'échantillon contenant du chlorate. L'activité nitrifiante a été déduite d'échantillon contenant d'ATU, et l'échantillon sans inhibiteur est l'activité de nitrifiante (nitrosante et nitrifiante) (PERFETTINI ET BIANCHI, 1990)

* *Sédiment*

La carotte est découpée en tranches de 1 cm (cf protocole) les tranches sont mises en suspension dans de l'eau de mer filtrée 0.2 μ m (dilution 1/10). Le traitement est alors identique à celui appliqué sur les échantillons d'eau.

4. Calibration et standards

5. Résultats analyses

Toutes les données acquises à bord sont portées dans les fichiers "Cinétiques KTB" "Microbio CTD"

5.1. *A bord*

Les cinétiques d'hydrolyse, de production, de minéralisation, de nitrification ont été mesurées à bord. Les résultats préliminaires sont portés dans le tableau 1.

5.2. *Au laboratoire*

- * Mesures des biomasses bactériennes (analyse d'image couplée épifluorescence)
 - * Dosage qualitatif acides aminés (HPLC)
 - * Poids sec des échantillons de sédiments utilisés pour les mesures à bord
 - * Adsorption de la thymidine et des acides aminés sur les échantillons de sédiment
- Fin des analyses prévues début 1994

6. Discussions

* *Production hétérotrophe (David Moriarty)*

Production dans le sédiment

DNA synthesis was linear for the first 4 hours or longer in surface samples and then showed effects of treatment. It was found that DNA synthesis was stimulated after 4 hours in most subsurface samples, but not in the upper 1 - 2 cm, where it decreased. This is particularly noteworthy for the Kullenberg core samples at 15 and 115 cm, because it indicates that the bacteria (very old bacteria ?) in ancient deposits are still active or potentially ready to act on organic material.

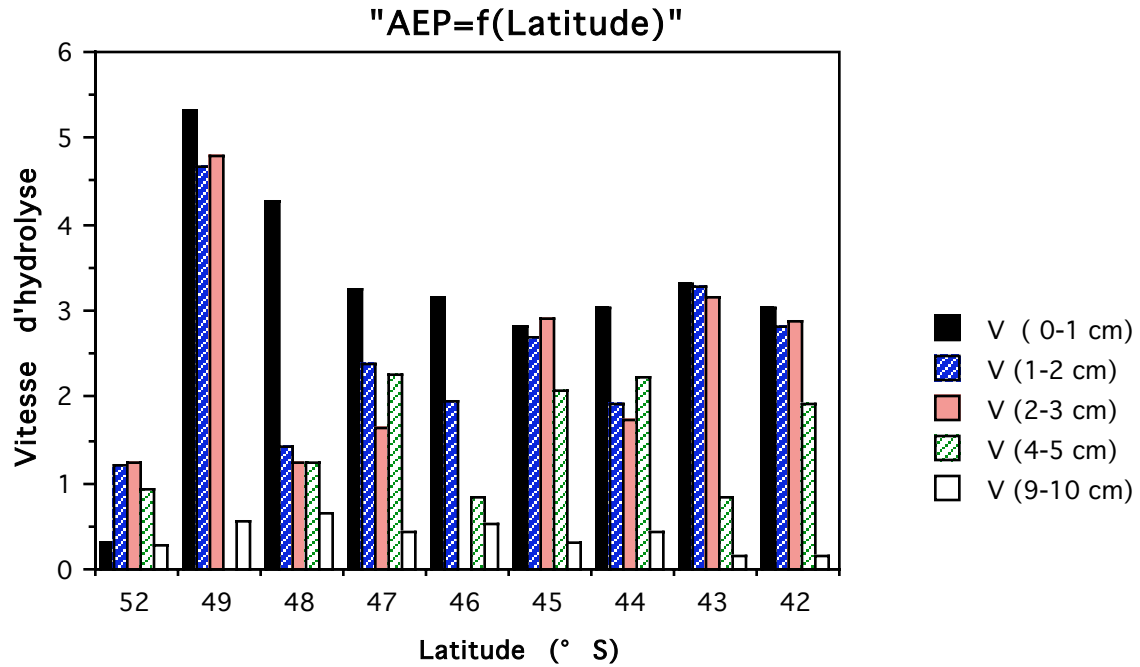
Production dans la colonne d'eau

South of the frontal zones, bacterial growth was greatest at the surface and decreased exponentially in the deep layers. North of the SAF/STC zone, growth was high at the surface and decreased exponentially to 400 m, but then increased in layers with low salinity, e.g. Antarctic Intermediate water. This supports the hypothesis that these waters originated from the surface to the south (i.e. where primary production provides a source of organic matter) and that organic matter is being advected towards the equator from the Southern Ocean.

* *Activité protéasique*

Dans la colonne d'eau l'activité protéasique est très faible

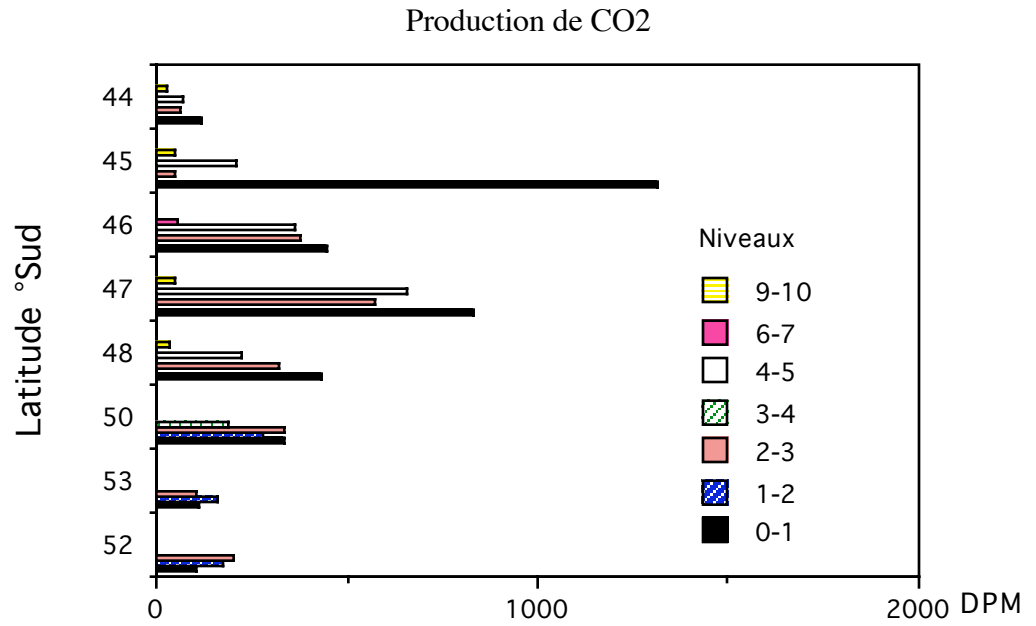
Dans le sédiment l'activité décroît de la surface vers la profondeur. Il y a une décroissance de l'activité de 49 à 45°S, puis une remontée jusqu'à 43°S.



** Minéralisation des acides aminés*

Dans les sédiments

Décroissance de la production de CO₂ de la surface vers 10 cm. Dans l'eau surnageante la production est faible sauf pour les carottes où la couche d'interface a été remise en suspension.



En fonction de la latitude croissance de la production de CO₂ de 52 à 45 °S, puis chute de la production. Pour les autres niveaux, il y a une croissance de la production de CO₂ de 52 à 47°S puis une décroissance.

Dans la colonne d'eau

L'incorporation des acides aminés est relativement élevée de la surface jusqu'à 200 m puis elle chute brusquement jusqu'au fond

** Nitrification*

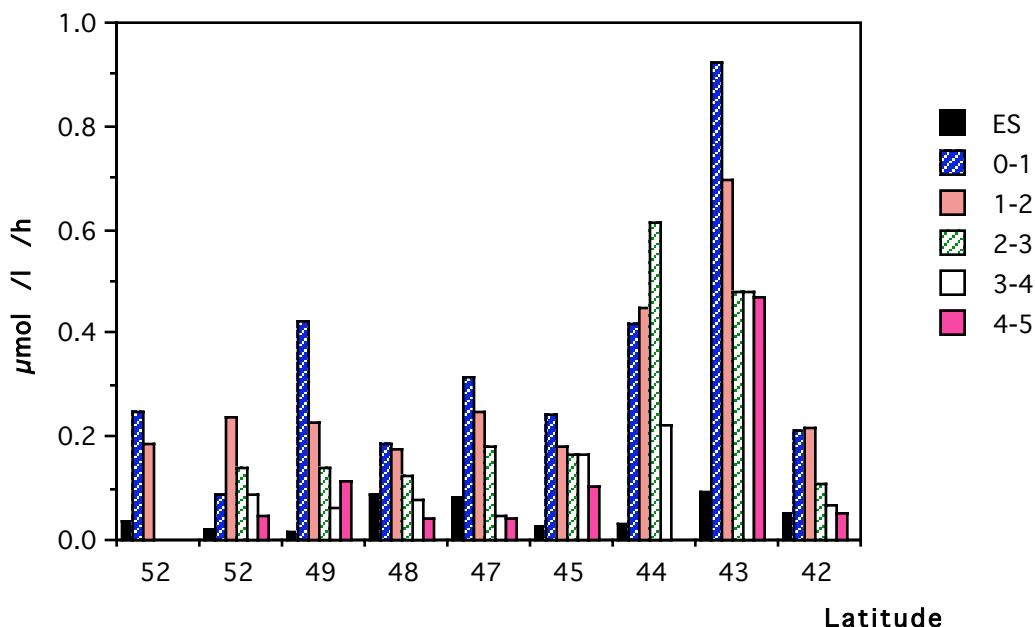
Dans la colonne d'eau

L'activité nitrifiante est maximale aux environs de 50 - 100 m, puis à partir de 500 m il n'y a plus d'activité in situ

Dans le sédiment

L'activité est très forte de 0 à 2 cm, puis elle diminue et elle est pratiquement nulle à 7-8 cm. Par rapport à la latitude, l'activité in situ augmente jusqu'à 43°S, puis elle diminue.

Activité de nitrification in situ



7. Références

- BELSER, L.W. & E.L. MAYS. 1980. Specific inhibition of nitrite activity oxidation by chlorate and its use in assessing nitrification in soils and sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 43: 945 - 948.
- BILLEN, G. 1976. Evaluation of nitrifying activity in sediments by dark ^{14}C bicarbonate incorporation. *Water Res.* 10: 51 - 57.
- Cooper B. 1984. Activities of benthic nitrifiers in streams and their role in oxygen consumption. *Micro. Ecol.* 10: 317-334.
- Glibert P.M., Dennett M.R. & Caron D.A. 1988. Nitrogen uptake and NH_4^+ regeneration by pelagic microplankton and marine snow from the North Atlantic. *J. of marine Res.* 46: 837-852.
- HALL, G.H., 1984. Measurement of nitrification rates in lake sediment: comparison of the nitrification inhibitors nitrapyrin and allythiourea. *Microb ecol.* 10: 25 - 36.
- Jones R.D. & Morita R.Y. 1985. Low temperature growth and whole-cell kinetics of a marine ammonium oxidizer. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 21: 239-243.
- Keil R.G. & Kirchman D. L. 1991. Contribution of dissolved free amino acids and ammonium to the nitrogen requirements of heterotrophic bacterioplankton. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 73: 1-10.
- Mayer L.M. 1989. Extracellular proteolytic enzyme activity in sediments of an intertidal mudflat. *Limnol. Oceanogr.* 34: 973-981.

Meyer-Reil L.A. & Köster M. 1992. Microbial life in pelagic sediments: the impact of environmental parameters on enzymatic degradations of organic material. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 81: 65-72.

Moriarty, D.J.W. 1990. Techniques for estimating bacterial growth rates and production of biomass in aquatic environments. In: R. Grigorova and J.R. Norris (Eds.), *Methods in Microbiology*, Vol. 22. pp.211-234. Academic Press. London.

PERFETTINI, J. & M.BIANCHI. 1990. the comparison of two simple protocols designed to initiate and stimulate ammonia oxidation in closed aquaculture systems. *Aquaculture*. 88: 179 - 188.

Priscu J.C., Downes M.T., Priscu L.R., Palmisano A.C. & Sullivan C. 1990. Dynamics of ammonium oxidizer activity and nitrous oxide (N₂O) within and beneath Antarctic sea ice. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 62: 37-46.

Reichardt W. 1987. Differential temperature effects on the efficiency of carbon pathways in Antarctic marine benthos. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 40: 127-135.

8. Etudes associées : scientifiques non embarqués

Séquençage ARN 16 S : Richard CHRISTEN Station Zoologique 06630 Villefranche sur Mer. Fin des analyses : non déterminée

MICROBIOLOGIE: Etude des bactéries sulfatoreductrices dans les sédiments.

Rutger DE WIT

LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE
2 RUE DU PROF. JOLYET. 33120 ARCACHON

1. Introduction.

Les objectifs de cette étude sont les suivantes:

1. Enumérations des bactéries sulfatoreductrices comme indicateur des populations bactériennes anaérobies. Néanmoins que la dégradation de la matière organique dans la zone anoxique est portée à terme par différentes populations interagissantes, dans le milieu marin, la dernière étape de ce processus est toujours portée à terme par des bactéries sulfatoreductrices.
2. Obtenir des souches des bactéries sulfatoreductrices psychrophiles (optimum température croissance ca. 4-10 °C); pour des études de la taxonomie et physiologie de ce groupe.

2. Equipement et Techniques.

Les dénombrements sont effectués selon la technique du numéro plus probable. Des sous-échantillons sont pris dans les carottes avec des seringues coupées et directement transposées dans l'eau de mer (filtrée 0,2 µm), anoxique avec 1mM sulfure et tamponné à pH 7,3 (milieu de dilution). A partir d'ici, dilutions décimales en série de cet échantillon sont préparées utilisant le même milieu de dilution (10^{-1} jusqu'à 10^{-5}), et 3 tubes de culture sont ensemencés à partir de chaque dilution et incubés à 4-8 °C. Le milieu de culture est une modification des milieux décrits par WIDDEL & BAK (1992) (plus faibles conc. de NH_4Cl , acetate, lactate et butyrate); la composition est décrite dans la Table 1.

Un résultat positif dans un tube de croissance devra être caractérisé par 1) production de sulfure; 2) présence des bactéries observée par microscopie. Ces observations seront effectuées au Labo en Arcachon. Néanmoins, à bord, la formation de turbidité nous peut donner une première indication de la croissance bactérienne. Les numéros le plus probable et l'intervalle de confiance (95 %) seront déterminés selon LOYER & HAMILTON (1984).

Les isolations des souches pures seront effectuées à partir des tubes positifs des dilutions les plus fortes. De cette manière on garantit d'obtenir les espèces dominantes.

Table 1: Milieu de culture pour bactéries sulfatoréductrices de ANTARES I:

l'eau de mer (Bassin d'Arcachon) filtrée 0,2 μm .	
NH_4Cl	2.5 mM
KH_2PO_4	1 mM
SL-12 sans EDTA	1 ml/l
NaHCO_3	20 mM
Na_2S	1 mM
Vitamins V7	4 ml/l
Na-acetate:	5 mM
lactate:	10 mM
butyrate:	10 mM
solution Se-Th	1 ml/l
Dithionite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)	100 μM

3. Procédures d'échantillonnage

La plupart des échantillons (16 sur 25) a été pris des carottes KGL, car les conditions d'anoxie se trouvent seulement a grande profondeur dans les sédiments (KGL 01 , 02 , 04 , 05 et 08).

Néanmoins, échantillons oxiques (entre 10 et 100 μM de O_2) ont été obtenu des KTB pour étudier la présence des bactériessulfato réductrices dans les milieux oxiques; Leur activité a été mis en évidence récemment pour les systèmes côtiers (CANFIELD & DESMARAIS, 1991).

5. Résultats Analyses.

Les résultats des dénombrements et une globale caractérisation morphologique des espèces seront obtenus au Labo en Arcachon (date prévue: fin juin). Le temps nécessaire pour l'isolation des souches pures est difficile de prévoir, mais peut être un an ou plus.

Les premières indications obtenues a bord concernant la croissance nous indiquent que dans les échantillons profondes des KGL le numéro des bactéries sulfatoréductrices peut se trouver entre 100 et 5000 par cm^3 .

Voir les résultats tableau 1

6. Discussions.

Les numéros des bactéries sulfatoréductrices par cm^3 est très faible dans les sédiments de l'océan profond étudié dans le cadre de ANTARES I. Pour autres sédiments profondes océaniques, une très faible activité sulfatoréductrices a été calculé a partir des profils sédimentaires de sulfate (CANFIELD 1991), mais jusqu'au moment la présence de ces bactéries n'a pas été mis en évidence. La croissance des bactéries anaérobies a grande profondeur dans le sédiment ne peut que être supporté par la dégradation de une type de matière organique généralement considéré comme réfractaire. La présence et les activités des bactéries anaérobies dans se zone suggère que cette matière organique n'est pas totalement réfractaire, mais seulement dégradé a des taux très lents. Cette observation est de grand intérêt pour les modèles de flux de C globaux a très long terme.

7. Références.

- CANFIELD, D.E. (1991). Sulfate reduction in deep-sea sediments. *Amer. J. Sci.* 291, 177-188
- CANFIELD D.E. & DESMARAIS, D.J. (1991). Aerobic sulfate reduction in microbial mats. *Science* 251, 1471-1473
- LOYER, M.W. & HAMILTON, M.A. (1984). Interval estimation of the density of organisms using a serial-dilution experiment. *Biometrics* 40, 907-916
- WIDDEL, F. & BAK, F. (1992). Gram-negative mesophilic sulfate-reducing bacteria. In: "The Prokaryotes II Ind Ed.". Springer, New York.

ETS (Electron Transport Activity)

Equipe J.C. RELEXANS, R. De WIT* & T. BOUVIER

Laboratoire d'Océanographie biologique; Université de Bordeaux 1
Avenue des Facultés-33405 TALENCE Cédex
*2, Rue du Pr Jolyet-33120 ARCACHON

1/ INTRODUCTION: L'activité de transport des électrons par les chaînes respiratoires en conditions de vitesse maximum (saturation en donneurs et en accepteurs d'électrons) représente un indice global de la biomasse micro-méiobenthique. Sa mesure devrait refléter l'abondance et la qualité des apports organiques au sédiment.

2/ EQUIPEMENT ET TECHNIQUES: la mesure est faite à bord sur des broyats de sédiment (aliquotes de 1 ml) par US, en présence de Triton X100. Après centrifugation, le surnageant est mis en présence d'un excès de substrat (NADH et NADPH) et d'un excès d'accepteur d'électrons (INT) dont on suit la réduction par mesure d'absorption à 492 nm. La cinétique est réalisée sur microplaques.

3/ PROCEDURES D'ECHANTILLONNAGE: la stratégie de découpe des carottes (obtenues à partir du carottier multitubes) a été autant que possible celle adoptée pour les expériences de microbiologie (0-1, 2-3, 4-5 et 9-10 cm), l'ETS étant essentiellement le fait des bactéries.

4/ CALIBRATION-STANDARDS: La quantité d'INT réduite en INT-formazan est convertie en équivalent-Oxygène par heure et par ml de sédiment, à 20°C.

5/ RESULTATS- ANALYSES:

5.1 A bord: Les résultats sont consignés dans le tableau "microbiologie".

5.2 Au laboratoire: Des prélèvements à partir des échantillons utilisés pour l'ETS ont été conditionnés pour les comptages bactériens (formol; 4°C) par épifluorescence et pour la mesure du carbone organique particulaire (-20°C). Résultats escomptés pour Novembre 1993.

6/ DISCUSSION: En première approximation, la variation d'activité ETS est parallèle à celle de la consommation d'oxygène calculée à partir des profils (atténuation de l'oligotrophie aux fronts polaire et subantarctique) ainsi qu'aux taux de croissance bactérienne mesurée par l'équipe de microbiologie

7./ REFERENCES:

Christensen J.P., 1983. Electron Transport System activity and oxygen consumption in marine sediments. *Deep-Sea Res.*, 30: 183-194.

Relexans J.C., Etcheber H. & Beliard M., 1993. Relationships between the quality of the organic matter and the benthic respiratory potential in surficial sediments of the Bay of Biscaye (France) III International Workshop on the Bay of Biscaye, Arcachon; CNRS Publ. (in press).

8/ ETUDES ASSOCIEES:

H.ETCHEBER, LDGO, URA 197; Avenue des Facultés, 33405 TALENCE Cedex: Carbone organique particulaire total et Carbone "hydrolysable" (par HCl 6N), mesurés par analyseur LECO, sur les sous-échantillons utilisés pour l'activité ETS.

PROFILS OXYGENE, pH, RESISTIVITE.

Equipe J.C.RELEXANS; R. De WIT* & T.BOUVIER

Laboratoire d'Océanographie Biologique- Université de BORDEAUX 1
Avenue des Facultés 33405 TALENCE Cédex
*2, Rue du Pr Jolyet. 33120 ARCACHON

1/ INTRODUCTION: les profils sont réalisés dans l'eau interstitielle du sédiment dans le but d'apprécier l'activité métabolique du micro- méiobenthos, agents essentiels de la minéralisation de la matière organique apportée sur le fond des océans. Cette activité minéralisatrice consomme en priorité l'oxygène dissous et acidifie le milieu environnant; l'équivalence (au signe près) entre la respiration et la diffusion permet le calcul du flux d'oxygène consommé. Les profils de résistivité permettent le calcul du facteur de formation (F) entrant dans l'équation de diffusion.

2/ EQUIPEMENT ET TECHNIQUES: La mesure est faite à bord, grâce à des électrodes spécifiques (miniélectrode à oxygène; électrode pH; tétra-électrode de résistivité), descendues avec des pas choisis (de 0.1 à plusieurs mm) à l'intérieur du sédiment jusqu'à 10 cm de profondeur sous l'interface. Durant la mesure, les carottes sont maintenues au froid dans des boîtes isothermes. Néanmoins, le réchauffement de l'eau surnageante durant la remontée et la manipulation sont inévitables.

Outre ce problème, les vibrations puissantes du bateau (notamment par le fait des propulseurs latéraux) ont fortement perturbé les mesures dans l'eau surnageante et les couches superficielles du sédiment, les plus importantes pour le calcul. Néanmoins, les résultats moyennés restent fiables.

3/ PROCEDURES D'ECHANTILLONNAGE: Le carottier multitube a été utilisé dans tous les cas car il semble permettre une bonne conservation de l'interface eau-sédiment. Un échantillon a été choisi en routine pour chaque station. Après avoir mesuré la température de l'eau surnageante et prélevé deux échantillons de cette eau pour la mesure de l'oxygène dissous, le sédiment est délicatement poussé dans un tube de même diamètre, adapté à recevoir l'implantation des électrodes, immédiatement placé dans la boîte isotherme. Les mesures sont réalisées le plus rapidement possible; la durée moyenne pour profiler l'oxygène, le pH et la résistivité (successivement) est d'environ deux heures.

La comparaison de la température mesurée dans l'eau des carottiers et de celle mesurée par CTD dans l'eau du fond à la même station montre au mieux un réchauffement des échantillons durant la remontée. De plus, l'observation de témoins volcaniques à la surface des sédiments ainsi que de constructions biologiques tubulaires dépassant cette surface laisse, dans certains cas, planer un doute sur la conservation même de cette interface.

4/ CALIBRATION; STANDARDS: La réponse (en nA) de l'électrode à oxygène a été étalonnée au niveau zéro d'oxygène dans l'eau de mer additionnée de sulfite de sodium, à 4°C; la réponse dans l'eau surnageante de chaque échantillon correspond à la concentration en oxygène mesurée dans cette eau par la méthode de Winkler (procédure core-parameters JGOFS); entre ces deux points, on admet une

proportionnalité entre la concentration en O₂ et l'intensité du courant engendré dans l'électrode.

L'électrode pH mesure le potentiel (mV) par rapport à une référence calomel placée dans l'eau surnageante. Cette mesure a été étalonnée par des solutions-référence (à 0.2 M phosphate de sodium et 30 g.l⁻¹ NaCl) dont le pH exact a été mesuré grâce à une électrode combinée Ingold.

La tétraélectrode mesure la perturbation du champ électrique qu'elle engendre, due à la tortuosité du sédiment: F est le rapport des résistivités dans l'eau interstitielle et dans l'eau surnageante.

5/RESULTATS: Tous les résultats ont été obtenus à bord et sont consignés dans le fichier "Profils eau interstitielle".

6/DISCUSSION: Les zones étudiées apparaissent typiquement ologotrophes (carbone limitant). Néanmoins, les premiers résultats de consommation d'oxygène montrent un accroissement aux niveaux des fronts polaire et subantarctique, par rapport aux zones interfrontales.

7/ REFERENCES

Reimers C.E., Kalhorn S., Emerson S.R. & Nealson K., 1984. Oxygen consumption rates in pelagic sediments from the Central Pacific: first estimates from microelectrodes profiles. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 48: 903-910.

Revsbech N.P. & Jorgensen B.B., 1986. *Microelectrodes: their use in microbial ecology*, in: *Advances in Microbial Ecology*, vol.9. Plenum Press, New-York, pp 293-352.

Smith K.L. Jr & Hinga K.R., 1983. Sediment community respiration in the deep sea, in: *The Sea*, vol.8, *Deep-Sea Biology*; G.T.Rowe ed., Wiley-Interscience Publ., pp 331-370.

8/ ETUDES ASSOCIEES: Les échantillons ayant servi pour les mesures des profils décrits ici ont été enfin sous-carottés pour l'étude de la méiofaune (A.DINET; Laboratoire ARAGO; Banyuls/mer), en complément des prélèvements de méiofaune dans les carottiers-boîte.

Les sous-carottes sont des corps de seringue en plexiglass; le prélèvement fait sur 5 cm de profondeur est conservé dans le formol.

Rapport d'Activité: Analyse des Lipides

Jeanne LAUREILLARD
Chafik HAMMOUD

Laboratoire de Physique et Chimie Marines
Tour 25-24. 5e étage, 4, place Jussieu
75252 Paris Cédex 05

1- Equipement et Techniques utilisés

BGV: Bouteille inox Grand Volume (200 l environ)

Elle a fonctionné à chaque mise à l'eau.

KTB: Carottier Multitubes

Parfois, problème de déclenchement prématuré en raison d'une forte houle

PKS: Filet à Plancton

Mise à l'eau et remontée délicates en raison de l'état de la mer. Le collecteur s'est fendu en heurtant la coque du bateau.

2- Procédure d'Echantillonnage

BGV: -20l sont prélevés pour les mesures de COP et COD.

- Le reste de la bouteille est filtré, sur filtre GF/F ($0,7\mu\text{m}$) puis membrane $0,2\mu\text{m}$, en serie.

- Parfois, prélèvement de petites quantités d'eau non filtrée et d'eau filtrée sur GF/F qui sont formolées, pour des comptages de bactéries.

KTB: - Carottes coupées en tranches de 1cm, de la surface à 5cm, puis de 2cm jusqu'à 11cm.

PKS: - filet de $150\mu\text{m}$ de vide de maille, trainé à l'arrière du bateau à une vitesse de 0,5 à 2 nœuds, la profondeur étant modulée par le poids du lest utilisé.

3- Calibration-Standard

Les lipides seront analysés au laboratoire. Leur quantification est réalisée par chromatographie gazeuse à l'aide de standards deutériés de structure analogue à celle des composés analysés, introduits au sein de l'échantillon.

4- Résultats

A bord:

BGV: 13 bouteilles, dont 8 en surface, 3 dans la couche d'eau antarctique intermediaire, 1 entre la surface et les eaux antarctiques intermédiaires, et 1 à 500m du fond.

KTB: 10 carottiers ont fait l'objet de prélèvements pour les lipides à raison de 2 carottes par station.

PKS: 4 traits de filet à plancton horizontaux, 2 de jour peu intéressants, 2 de nuit qui ont donné lieu à une collecte de fécès dans un incubateur.

Au laboratoire:

Les manipulations d'extraction et d'analyse des lipides, souvent à l'état de trace dans les échantillons, ne peuvent être réalisées à bord car elles exigent un matériel lourd et surtout des conditions de propreté très rigoureuses.

Le protocole est le suivant:

- Extraction des lipides totaux selon la methode de BLIGH et DYER, au soxhlet ou par sonication.
- Identification et quantification des classes de lipides par TLC/FID IATROSCAN.
- Séparation des classes de lipides.
- Dérivatisation des acides, alcools, stérols, . . .
- GC et GC/MS pour quantifier les lipides et élucider les structures inconnues.

Echéancier:

L'analyse des échantillons collectés au cours de cette mission constituera le travail de thèse de Chafik HAMMOUD; au bout d'un an , une partie des objectifs sera atteinte, avec des résultats dépouillés et interprétés.

5- Discussion-Objectif

Etude de la production primaire dans la zone des fronts en début d'Automne; variation spatiale.

Etude de la diagénèse dans les sédiments. Relation entre les lipides de la couche euphotique et ceux du sédiment superficiel.

Composition et régime alimentaire des copépodes en Océan Austral, en Automne.

Caractéristiques des eaux Antarctiques intermédiaires en Océan Indien, à l'aide de traceurs lipidiques.

Rapport d'activité de la campagne Antares 1

S. Schmidt, C. Rabouille,

Centre des Faibles Radioactivités
Laboratoire Mixte CNRS-CEA
Avenue de la Terrasse
91198 GIF sur YVETTE Cedex.

Tel: 69 82 35 30

E-mail: rabouil@asterix.saclay.cea.fr

1) INTRODUCTION

L'objectif de ce travail est d'étudier le recyclage et l'enfouissement des débris organiques dans les sédiments superficiels et de déterminer la part de ce recyclage dans les cycles de matière du carbone et de l'azote organique ainsi que de la silice biogénique dans l'océan Antarctique. Afin de quantifier les bilans de matière, il est nécessaire d'estimer d'une part les processus de transport comme la bioturbation ou la sédimentation qui peuvent être obtenues par la mesure des déséquilibres entre isotopes radioactifs naturels, et d'autre part le carbone, l'azote et la silice dans les eaux interstitielles et le sédiment.

2) EQUIPEMENT ET TECHNIQUES

Mesure de l'alcalinité de l'eau interstitielle par la méthode de Gran à l'aide de HCl 10^{-2} M par un titrateur Titrino 702 (Metrohm). Cette mesure a été effectuée dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Mesure du pH dans une microcellule de 50 μ l de marque Cole-Parmer avec électrode combinée en epoxy. Mesure effectuée juste après centrifugation sur échantillon non filtré à 4°C.

3) PROCEDURES D'ECHANTILLONNAGE

Echantillonnage sur le carottier multitube (2 carottes) et sur le carottier boîte étanche de NIOZ avec une carotte de 8 cm de diamètre et une de 12 cm de diamètre. La découpe s'est effectuée par demi-centimètre jusqu'à 4 cm et par centimètre jusqu'au fond. Sauf pour le carottier de 12 cm, qui a été échantillonné tous les centimètres sur toute la longueur. Les échantillons ont été centrifugés à 5500 rpm pendant environ 10 mn, filtrés sur Minisart 0,45 μ m, puis mis dans des tubes polyéthylène et conservés au froid pour analyse immédiate (Si, NO₃, Alk, Al, NH₄). La partie à analyser au laboratoire a été acidifiée au HCl Suprapur en concentration finale de 4‰ en volume.

ECHANTILLONS: - Eaux interstitielles acidifiées sur KTB05, 06, 11, 13, 16, 19, 21, 23, 26, 28 et KBE03 et 04.

- Sédiment résidu de centrifugation sur ces mêmes carottes

4) CALIBRATION ET STANDARDS

Le pH mètre et le titrateur ont été étalonnés avec des tampons de type NBS en milieu non ionique effectué à même température que la mesure (pH 4, 7, 10).

5) RESULTATS DES ANALYSES

5.1) Voir les tableaux eaux interstitielles (colonnes pH et Alk_t).

5.2) Au laboratoire

Eaux interstitielles

- Phosphate par colorimétrie en flux continu sur Alpkem dès que les échantillons sont disponibles.
- Manganèse et Fer dissous (GFAAS) Fin 93.
- Métaux en trace (Mo, Zn, V, Cr et autres...) en GFAAS pas avant la fin de l'année

Sédiment

- Silice biogénique (méthode de Demaster avec comparaison à Mortlock et Froelich) Prioritaire. Terminé pour fin 93.
- Porosité sur sédiment séché (analyse de Cl après reprise dans l'eau distillée). Dès réception du matériel. Terminé pour fin 93.
- Teneur en carbonate (dissolution HCl, mesure de Ca^{2+}). Terminé pour fin 93.
- Analyse en EDAX sur des pastilles pour la teneur en éléments majeurs (Al, Ca, Mg, Si, Fe, Mn, ...). Terminé pour fin 93.

Modélisation (collaboration avec J-F. Gaillard)

- Bilans de masse pour le carbone compte-tenu des données d'oxygène et de carbone organique à venir
 - Modélisation du cycle de l'azote dans ces sédiments (sans dénitrification) avec l'azote particulaire organique, les acides aminés dissous, l'ammoniaque, et les nitrates. Essai de modèle direct en entrant les vitesses de réaction mesurées (collaboration avec l'équipe Bianchi).
 - Modélisation du cycle de la silice en collaboration avec P. Van Cappellen.
- Echéancier modélisation: pour l'atelier de travail de Novembre pour la partie carbone (Si analyse carbone organique disponible). Dans un an, pour le reste.

6) Premières Interprétations.

Les profils de pH montrent tous une décroissance à l'interface eau sédiment d'environ 0,2 unités pH. Ceci est vraisemblablement dû à la minéralisation de la matière organique qui libère du CO₂ et acidifie le milieu ambiant.

Dans presque toutes les carottes l'alcalinité augmente avec la profondeur, parfois de manière erratique. Dans ce type de sédiment qui semble contenir des foraminifères, il se peut qu'il y ait dissolution de la calcite, car les sédiments sont en dessous de la CCD.

B. RADIOELEMENTS

2B - Equipement et Techniques:

Les sédiments sont prélevés sur les carottiers de type multitube et (KTB) Kullenberg (KGL), l'eau de mer profonde à partir de la rosette.

Aucune mesure n'est effectuée à bord. Par contre, dans le cas de l'eau de mer, une séparation rapide du ²³⁴Th de son producteur est nécessaire. Compte tenu de la recroissance rapide de ce dernier (période de 24 jours). Cette purification est effectuée par radiochimie classique.

Pour ce traitement, l'équipement avait été initialement installé dans le container avant babord. L'éclatement du container a occasionné :

- la perte d'échantillons: 4 niveaux prélevés la veille étaient en cours de décantation dans des récipients de grand volume. Sous l'action de la vague, ceux-ci ont été projetés à l'extérieur, d'où perte de deux niveaux.

- l'endommagement et perte de matériel : une liste a été établie à cette effet. En particulier tous les appareils électriques (pompes, agitateurs magnétiques, pompe péristaltique) ont pris l'eau de mer.

3B - Procédures d'échantillonnage :

Pour le multitube, la carotte est découpée par tranches de : 0,5 cm de l'interface à 5 cm puis de 1 cm jusqu'à la base. Les 5 premiers centimètres sont séchés à l'étuve

KTB 05, 07, 11, 13, 16, 18, 21, 23, 26, 28, 33

Pour les carottages de type Kullenberg (KGL), les prélèvements seront effectués à Bordeaux dès que ceux-ci y seront disponibles. L'échantillonnage sera adapté en fonction des résultats obtenus sur le multitube correspondant.

KGL 01, 02, 03, 04, 05, 08

Pour l'eau profonde, compte tenu des limites de détection de ²²⁸Ra par spectrométrie g, un volume minimum de 30 litres est nécessaire soit 4 niveaux par rosette. L'eau de mer est directement filtrée à partir des bouteilles hydrologiques sur filtre Millipore (HAWP, diam. 142 mm, porosité 0.4 µm). Les filtres sont stockés pour mesures d'activité au laboratoire. Après acidification de la phase soluble, l'extraction des thorium et radium à partir de l'eau filtrée est effectuée par: précipitation des hydroxydes -Th- et des sulfates de baryum -Ra- suivie d'une purification préliminaire du thorium par passage sur résine échangeuse d'ion. Les échantillons sont ramenés au laboratoire sous forme d'hydroxydes pour le thorium et de sulfate de baryum pour Ra: CTD 09, 20, 29, 33

5B- Résultats Analyses:

5B.2 - Au laboratoire:

Pour l'ensemble des échantillons, les analyses prévues sont des déterminations d'activité par spectrométrie α et γ avec traitement radiochimique préalable.(séparation et purification de U, Th et Pa)

	Eau de mer	Sédiment KTB et KGL
spectrométrie α	- ^{228}Th	après attaque chim. et radiochimie : - ^{238}U , ^{234}U - ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th - ^{231}Pa
spectrométrie γ	- ^{234}Th - ^{226}Ra , ^{228}Ra	mesure directe sur le sédiment sec : - ^{210}Pb , ^{234}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{137}Cs (KTB)
Echéancier	fin année 93	KTB: fin année 93 KGL: 6 mois après échantillonnage

Données exprimées en activité (dpm ou Bq) par poids sec (g) ou par litre

ANTARES 1

Shipboard Activity Report

by

Philippe Van Cappellen and Jaime Carrion

Georgia Institute of Technology
School of Earth and Atmospheric Sciences

May 1993

INTRODUCTION

The objective of our participation to Antares 1 was to apply a novel experimental technique to measure the dissolution rates of biogenic silica in sediments of the Southern Ocean. The major difference with previous studies is that dissolution was measured directly on undisturbed sediment, rather than on pre-treated biogenic silica samples. The results of the kinetic experiments will allow to better quantify the role of dissolution at the seafloor on (1) the silica budget of the sector of the Southern Ocean studied and (2) the preservation of biogenic silica in the sedimentary record.

EQUIPMENT AND METHODS

Sediments were collected with the multitube lander, except in one experiment (KBE04) where the NIOZ boxcorer was used. Subcores (diameter: 3.8 cm) were taken from the multitube cores and the boxcore. Sections of undisturbed sediment were extruded directly from the subcores into custom-made, cylindrical flow-through reactors of identical diameter. The reactors have a length of 2, 3 or 4 cm, and are closed at both ends with 0.45 μm Nylon filters supported by plastic grids and screw-on caps.

Peristaltic pumps were used to control the flow of either seawater or synthetic salt solutions through the reactors. The inlet solutions were buffered at pH values in the range 7.5-9 with TRIS (hydroxymethyl-aminomethane)-HCl. The experiments were run either at room temperature (18-25°C) or in a coldroom (4-8°C). Dissolution rates were determined from the measured differences in silicic acid between inlet and outlet solution, DC , and from the flow rate, F , according to

$$R = \frac{F \cdot \Delta C}{V} \quad (1)$$

where R is the dissolution rate in mass per unit time and per unit total sediment volume and V is the volume of the reactor.

In addition to the flow-through experiments a number of simple batch experiments were performed in 50 ml plastic flasks. In these experiments, sediment was added to seawater buffered at $\text{pH} \approx 8$ with TRIS-HCl and the silicic acid concentration was measured periodically.

Our analytical instrumentation consisted of a UV-Vis spectrophotometer, pH electrodes, a pH meter and a temperature probe. Dissolved silica was determined by spectrophotometric measurement of the blue silicomolybdic complex at 810 nm. Samples were diluted to concentrations in the range 8 - 83 μM , where the molar absorbance was found to be constant.

SAMPLING

1. *Sediment*: several sections in the depth range 0-20 cm were collected per core and introduced in the reactors. Other sections were used in the batch experiments. After termination of a flow-through experiment, the reactor content was collected wet in a water-tight container for later analysis of porosity and biogenic silica content. Sediment sections not used in shipboard experiments were dried at 50°C and saved for later analysis. In one case (KTB11) it was possible to obtain a duplicate core for archiving.

2. *Seawater*: seawater was collected from a depth of 400 m at one location (AFIX400: lat. 50°42' lon. 43°55'), and from a depth of 5 m at two locations (SSWC: lat. 51°30' lon. 60°58'; SSWC': lat. 51°58' lon. 61°07'). The seawater was filtered on 0.22 μm filters and analyzed for dissolved silica.

CALIBRATION/STANDARDS

1. *Dissolved silica*: a 16.64 mM $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$ stock solution was diluted with distilled-deionized water to prepare 6 standard working solutions in the range 8.32-83.2 μM . Excellent linearity ($R > 0.999$) between absorbance and concentration was observed.

2. *pH*: the following NIST/NBS traceable standard buffers were used: 7.00 pH (potassium phosphate monobasic/sodium hydroxide) and 10.00 pH (potassium carbonate/potassium borate/potassium hydroxide). The pH meter was equipped with an ATC probe, which allowed to compensate automatically for temperature variations of standards and samples.

RESULTS

The flow-through reactors were used to investigate the effect on the dissolution process of the following variables: depth (age) of sediment, degree of saturation, pH, temperature, salinity and ion composition. The table below offers a general overview of the variables studied on the different cores during the cruise.

Core	depth distribution	degree of saturation	pH	temperature	salinity/ion composition
KTB03			X		
KTB05	X			X	X
KTB06	X		X	X	X
KTB11	X	X	X	X	X
KBE04					X
KTB19	X	X	X	X	

The following analyses will be performed on the core material upon our return to Atlanta: (1) determination of porosity, (2) measurement of biogenic opal concentrations, (3) BET surface area measurements on samples having undergone a variety of treatments (sieving, ultrasonic cleaning, ashing, acid cleaning), (4) scanning electron microscopy and chemical analysis with energy dispersive X-ray microanalysis of siliceous particles. We expect to finish (1), (2), and (3) by the end of the summer of 1993. The scanning electron microscopy study will start during the summer of 1993 and should be completed by December 1993.

In addition to the above analyses, we plan a long-term (2-3 years) study of the dissolution kinetics and solubility of biogenic silica (Ph. D. Research of Jaime Carrion). This study will use the sediment material collected during ANTARES 1, as well as other natural and synthetic amorphous silica materials.

DISCUSSION

The kinetic analysis of the data is based on the law (Hurd, 1973, Lawson *et al.*, 1978; many others),

$$R = Ak \left(1 - \frac{C}{C_{eq}} \right) \quad (2)$$

where k is the apparent rate constant, C is the concentration of dissolved silica, C_{eq} is the solubility of biogenic silica, and A is a measurable parameter proportional to the reactive surface area of biogenic silica (e.g. the concentration of biogenic Si).

A complete treatment of the data is not presented here, because we still need to determine the concentrations, surface areas and solubilities of the biogenic silica in our samples. In addition, we also need to model the concentration profiles of dissolved silica in the reactors in order to derive rate constants from the measured, integrated dissolution rates. As part of our future work, we will fully develop the transport-reaction theory of the reactors. However, preliminary, order-of-magnitude calculations were made by (1) combining the product Ak into a reactor specific apparent rate coefficient, k^* , and (2) substituting the measured silica concentration of the outlet solution into eqn. (2) and using, as an approximation,

$$k^* \approx \frac{F \cdot \Delta C}{V \cdot \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{eq}} \right)} \quad (3)$$

where C_{out} is the dissolved silica concentration measured in the outlet solution.

Among our preliminary results, we note:

1. For cores KTB05 and KTB06 a drop by a factor of approximately three is observed in the apparent rate coefficient, k^* , between depths of 3 and 22 cm. This drop may reflect the aging of the biogenic opal particles, resulting in a decrease of their reactive surface area. For cores KTB11 and KTB19, a subsurface maximum of is found. The explanation of this feature will require the analysis of the porosity and biogenic silica concentration data of this core.
2. In the range 7.5-9 pH, the dissolution rate constants increase by approximately a factor of two per pH unit. This increase is observed both in the room temperature (18-23°C) and cold room (6-8°C) experiments. No rate maximum as reported by Hurd (1973) was found. This raises the possibility of silica reprecipitation in the high pH experiments (pH >8.3) of Hurd.
3. The dissolution rate constants exhibit a very strong temperature dependence. The apparent activation energy at pH≈8 is on the order of 80-100 kJ mol⁻¹. Precise determinations of the activation energy were not possible because of (1) poor temperature control and (2) the pH dependence of the Arrhenius activation energy (Brady and Walther, 1990). In further laboratory experiments, we hope to better constrain the temperature dependence of biogenic silica dissolution.
4. Dissolution experiments done with seawater solutions diluted with distilled-deionized water to 25, 50 and 75% salinity gave very similar apparent rate constants as the experiments with 100% seawater. A similar conclusion was reached for experiments run with 0.1, 0.4 and 0.7 M NaCl solutions. Pending more detailed analysis of the data and laboratory experiments, we can, nonetheless, conclude that salinity and major ion composition appear to have only second-order effects on the dissolution of biogenic silica.
5. In two experiments, the reactors were fed with seawater solutions spiked with dissolved aluminum (courtesy J. Van Bennekom). Most of the Al was retained by the sediment (adsorption). No effect on the dissolution rate was observed. This was probably due to the large amount of surface area available in the reactors.

REFERENCES

- Brady, P. V. and Walther, J. V. (1990) Kinetics of quartz dissolution at low temperatures. *Chem. Geology* **82**, 253-264.
- Hurd, D. C. (1973) Interactions of biogenic opal, sediment and seawater in the Central Equatorial Pacific. *Geochim. Cosmochim. Acta* **37**, 2257-2282.
- Lawson, D. S., Hurd, D. C., and Pankratz, H. S. (1978) Silica dissolution rates of decomposing phytoplankton assemblages at various temperatures. *Amer. Jour. Sci.* **278**, 1373-1393.

Paléoclimatologie

Jean-Jacques Pichon, Jean-Louis Turon, Maryline Vautravers

Departement d'Océanographie et Géologie
Université de Bordeaux I
Talence.

1) Problématique

Plusieurs axes de recherche seront abordés à partir des nombreux prélèvements effectués lors de la campagne ANTARES I:

Etude des paléoclimats Pleistocène et Holocène à partir des carottages Kullenberg sur plusieurs cycles climatiques. Améliorations des techniques de quantifications des données paléoenvironnementales (fonctions de transfert) à partir des sédiments superficiels et sub-superficiels obtenus grâce aux carottages de type Usnel et Multitubes. Variations des flux de carbonates actuels et évolutions de ces flux au cours des cycles climatiques en relation avec les fluctuations de la lysocline .

Etude de la variabilité superficielle des assemblages des microorganismes en relation avec les conditions physico-chimiques superficielles (les SSTs en particulier). Les nombreux échantillons superficiels récupérés par la mission ANTARES viendront augmenter la base de données des analogues actuels en assemblages de diatomées silicoflagellés et foraminifères planctoniques utilisée dans les fonctions de transfert. En particulier les sédiments prélevés dans la zone polaire frontale permettront une amélioration sensible des estimations paléoclimatiques dans cette zone de forts gradients

Etude à haute résolution de la période holocène dans la zone depuis le sud du front Polaire jusqu'à la zone subantarctique. Grâce aux nombreux carottages (KTB KTS et KGL) une étude originale de cette période à très haute résolution sous cette latitude sera entreprise. La reconstruction des paléotempératures estimées à partir de la fonction de transfert basée sur la distribution des diatomées et des silicoflagellés (Pichon et al., 1992) seront calculées et comparées avec les estimations quantitatives obtenues à partir des foraminifères planctoniques (J. Duprat, non publié). Par ailleurs, les études stratigraphiques préliminaires obtenues au cours d'Antares I montrant des enregistrements paléoclimatiques dépassant le stade 5, les études paléoenvironnementales seront entreprises. Elles devraient permettre non seulement de préciser nos connaissances sur l'évolution des 125 000 dernières années mais également de documenter de façon plus complète les deux cycles climatiques antérieurs imparfaitement connus à ce jour. La distribution des différents assemblages de microfossiles serviront s'il y a lieu de marqueurs des variations dans les paléopositions de la zone frontale.

Etude des variations des flux de carbonates aussi bien au cours de l'holocène à partir des KTB et KGS qu'au cours des deux derniers cycles climatiques grâce à l'exploitation des KGL. La distribution de ces flux dans l'espace mais aussi au cours du temps devrait servir de marqueur des variations dans les paléopositions du front polaire. L'étude des flux de carbonates sur un gradient bathymétrique dans une même

1 boîte 4cc tous les 10 cm pour diatomées.

1 boîte 8cc tous les 10 cm pour rads, forams.

1 à 2 cc mis sous poches plastiques pour calcimétries.

conservation sous gaine + chemise PVC.

frigo + 4°C.(carottes et échantillons).

4) Calibration / Standards

5) Résultats d'analyse:

5.1 - A bord

Une stratigraphie préliminaire est obtenue à partir de l'examen en espèces de diatomées de différents niveaux des carottes (sur frottais lithologiques).

(KGLO3 = base estimée à 150 000 ans B.P.)

5.2 - Au laboratoire DGO

Comptage de toutes les espèces de diatomées

Détermination des assemblages de foraminifères planctoniques tant dans les carottes que dans les filets à plancton

- Etablissement d'une biostratigraphie
- Estimation des SSTs
- détermination des % de CaCO₃ et calcul de flux
- constitution d'index de dissolution des carbonates
- publication des résultats: fin 1994.

5.3- Autre laboratoire associé: CFR

- établissement d'une climatostratigraphie ($\delta^{18}\text{O}$)
- courbes $\delta^{13}\text{C}$
- susceptibilité magnétique
- réflectance des couleurs
- autres marqueurs (voir S. Schmidt)

6) Discussion

Une des grandes surprises de la Mission ANTARES 1 a été de prélever sur plusieurs sites des sédiments carbonatés ,foraminifères et en forte proportion de *G. bulloides* tant dans les filets que dans les carottages à des profondeurs supérieures à 4000 mètres. L'examen sous loupe binoculaire des résidus > à 150 μ et notamment la détermination des % de fragments de foraminifères planctoniques joint à la quantification des teneurs en carbonates du sédiment total ne pourra être qu'un atout supplémentaire quant à la meilleure compréhension des paléoproduktivités et des paléocirculations dans l'océan austral

7) Références

Labracherie M., Labeyrie L.D., Duprat J., Bard E., Arnold M., Pichon J.-J., Duplessy J.-C.
The last deglaciation in the Southern Ocean. *Paleoceanography*, 4, 629-638, 1989.

Bareille, G., Labracherie M., Labeyrie L., Pichon J.J. et Turon J.L. Biogenic silica
accumulation rate during the Holocene in the Southeastern Indian Ocean *Marine
Chemistry* 35 537-551 1991

Pichon J.J., Bareille G., Labracherie M., Labeyrie L., et Turon J.L. Experimental opal
dissolution and transfer function D166/34/4 based on holocene diatoms in South
Ocean sediments, *Quatern. Res* 37, 361-378 1992

Pichon J.J., Labeyrie L., Bareille G., Labracherie M., Duprat J., et J. Jouzel. Surface water
temperature changes in the high latitudes of the Southern Hemisphere over the last
Glacial-Interglacial cycle, *Paleoceanography*, 1992

8) Personnel URA197, DGO:

G. Bareille, CR CNRS
J. Duprat, TECH. Université
M. Labracherie, DR CNRS
J. J. Pichon, CR CNRS
J.L. Turon, CR CNRS
M. Vautravers, Thésant

8) Personnel associé:

L. D. Labeyrie, DR CNRS
S. Schmidt, CR CNRS

CAMPAGNE ANTARES 1

29 mars - 18 mai à bord du "Marion-Dufresne"

ANTARFIX III

Rapport sur la mise à la mer du 8 avril 1993

J. J. Pichon et M. Benzohra

Préparation de la ligne de mouillage

Matériel prêt au mouillage:

- segments araline (sauf 1 terminaison)
- segments galva gainé
- segments en tresse nylon

Les segments araline et galva gainé ont été retrouvés dans un conteneur débarqué à Kerguelen. Pour ne pas perdre plus de temps, les différents segments ont été enroulés sur le treuil arrière dès réception du conteneur lors de l'escale, le 5 avril. D'autre part, une bobine d'araline étant marquée 750 m et l'autre non marquée (pour 610 m prévue), il a été nécessaire de les remesurer dans la coursive extérieure pour être sûr de leur longueur.

Matériel à assembler à bord:

- Flotteur de tête (drapeau orange sur hampe + bouée radio + 1 flash de signalisation
+1 lanterne de drapeau + 1 flotteur cylindrique SNPE).
- 4 Groupes de flottabilité (BENTHOS).

Éléments fournis par les TAAF/IFRTP:

- lest 1,5 T
- harnais du lest
- harnais liant les 2 largeurs (réalisé par l'équipe du Marion Dufresne)
- anneau de larguage
- 14 élingues courtes en tresse nylon épaissées sur cosse plastique (28).
- 4 élingues épaissées à même les pieds de titane des pièges (manque d'accastillage).

Balise ARGOS:

La balise a été testée par J. -J. Pichon en liaison avec CLS ARGOS (Toulouse) en utilisant des piles au lithium. Aucun résultat n'ayant été obtenu, l'utilisation de la balise a été abandonnée. Elle est ramenée pour révision et se trouve dans le conteneur ANTARFIX 93008.

Largueurs OCEANO:

Ils ont été testés avec succès par M. Benzohra avant et après montage en parallèle sur le système d'accouplement en fer + 2 élingues de sécurité.

Ligne:

Peu de modifications par rapport au schéma revu par C. Jeandel après le rapport 1992 de J.-M André et P. Mazzega. Seule la longueur de l'araline la plus profonde a été adaptée à la profondeur plus importante due à la dérive lors du mouillage et portée à 680 m.

Pièges à sédiment:

Tests et programmations des moteurs ont été effectués avec succès par J. Morvan et M. Benzohra . Le calendrier de programmation du défilement des godets est donné en annexe.

Opérations

Prélèvement Hydrologique du mouillage:

La préparation des flacons a été effectuée selon le protocole de C. Jeandel avec de l'eau prélevée aux profondeurs prévues pour les pièges (250m et 100 m).

La station **CTD 01** a eu lieu le 4 avril 1993 de 12h à 13h (TU + 3) avec le prélèvement de:

-6 bouteilles de 12 litres à 1010 m par	49°04.225	S
	67°01.18	E
-6 bouteilles de 12 litres à 253 m par	49°04.36	S
	67°01.29	E

La filtration de 25 litres d'eau pour chacune des profondeurs a été effectuée à l'aide d'une pompe (J. Morvan, J.J. Pichon et Sabine Schmidt).

L'empoisonnement des échantillons après filtrage du formol (pH8) a été effectué juste avant la fixation des godets sur leur disque de rotation le 5 avril (J. Morvan et J. -J. Pichon).

Les disques ont été placés sur les pièges le 6 avril lors du premier essais de mise à l'eau de la ligne de mouillage et y sont restés jusqu'au moment de leur mise à l'eau définitive, le 8 avril (J. Morvan et M. Benzohra).

Les moteurs programmés une première fois pour l'ouverture du premier godet le 8 avril à 0h00 ont été reprogrammés pour le 9 avril à 0H00 (J. Morvan et M. Benzohra).

Mise à l'eau du mouillage

Un premier essai de mouillage (Station n°5 d'ANTARES I) eu lieu le 6 avril à 11h53 (heure locale) par 50°40.966 S et 68°26.907 E. Un vent établi au

voisinage de 45 noeuds et surtout des creux de 7-8 mètres entraînant des secousses de fortes amplitudes (>10 m) de la plate-forme arrière rendaient la manoeuvre difficile. Le flotteur de tête et 40 m de tresse nylon ont été mis à la mer. La ligne de mouillage prit très vite un angle de 90° avec la direction du navire, rendant sa rupture par frottement possible. Le bateau ayant des difficultés à revenir dans l'axe, le second capitaine prit très vite la décision d'annuler l'opération. En virant le nylon tréssé, celui-ci est sorti du réa de la poulie installée sur le portique arrière. Il a alors été nécessaire d'utiliser une échelle appuyée sur le portique pour réengager le nylon (séquence "acrobatie par 8 m de creux").

La journée suivante du 6 avril ne connaît pas de bouleversement météorologique et ce n'est que tard dans la soirée que les trains de vagues d'environ 7-8 mètres se font plus rares. La décision est prise d'attendre jusqu'au lendemain matin pour retenter le mouillage.

Le 8 avril, les conditions météorologiques sont relativement plus favorables. Les vagues de hautes amplitudes sont plus rares mais le vent est toujours établi autour de 40 noeuds. La manoeuvre peut s'effectuer vent debout, cap au sud-ouest dérivant sur le fond depuis 1730 m jusqu'à 1755 m. La mise à l'eau commence (9h30 locale) par le flotteur de tête et les 40 m de nylon tréssé. la ligne dérivant à 90° de l'axe du navire, le filage est interrompu un long moment. Le mouillage est repris à 9h53 et se termine à 10h29.

Incidents lors de la mise à l'eau:

- Perte de 6 godets sur le piège à 250 mètres (Positions probables 4, 6, 8, 10 ...ou 21, 19, 17, 15...).
- Perte d'1 godet sur le piège à 1000 mètres (Position probable 4 ou 20).
- 1 cosse en plastique est cassée sur chaque élingue supérieure des 2 courantomètres.
- Quelques cm de la gaine du fil galva sont déchirés avant le passage des courantomètres.

Améliorations de la ligne de mouillage:

- Godets en plastique dur
- 40 m plutôt que 20 seraient souhaitables entre PPS5 et courantomètres afin de permettre l'immersion complète du PPS5 (et la protection des godets) lors de la pose des courantomètres.
- Nécessité de "galva-gainé moulé à chaud" pour éviter les déchirures de gaine.

Remerciements

Nous remercions les TAAF/IFRTP pour l'important soutien qu'ils apportent au programme ANTARFIX. Nous remercions particulièrement Lamy-Jalabert, Henri Thomas et tout l'équipage de la CGM pour leur aide précieuse au moment du montage, et leur efficacité lors du mouillage.

Marion Dufresne

Commandant: J. F. Huet

Sd Capitaine: Lamy-Jalabert

Maître d'équipage: H. Thomas

Représentant TAAF: B. Hen

Mission ANTARFIX III

J. J. Pichon, responsable scientifique
(URA197, Talence)

M. Benzohra (INSU, La Seyne)

J. Morvan (ENSC, Rennes)

J.F. Gaillard, chef de mission
ANTARES I (IPGP, Paris)

P. Treguer, chef de projet
ANTARES I (URA 1513, Brest)

OPERATIONS SCIENTIFIQUES SUR LE SITE D'ANTARFIX

STATIONS

ANTARES	DATE	Heure (TU)	Opérations	Commentaires
1	4 avril	8:52	CTD01	Prélèvement d'eau pour les godets d'ANTARFIX
2			KTB01	carottier vide
	5 avril			ESCALE KERGUELEN + Enroulement de la ligne de mouillage ANTARFIX
3	6 avril	2:29	KGL1	Carotte de 13 m de long. 49°05.59 S 67°00.93 E 1235 m
4		5:07	CTD02	
5		8:53		MOUILLAGE
ANTARFIX		10:09		(1er essai)
6		12:05	CTD03	
7		15:11	KBE1	Carottier vide
8	7 avril	5:12	KBE2	Carottier vide
9		9:17	KGS1	Carottier vide
10		10:58	PBH1	2 bouteilles
11		12:40	CTD04	
12	8 avril	0:51	KTB02	Carottier vide

STATIONS

ANTARES	DATE	Heure (TU)	Opérations	Commentaires
13		3:14		MOUILLAGE
ANTARFIX		5:29		50°43.537 S 68°25.827 E 1755 m
14		6:27	KTB03	1/2 carotte et 11 vides

Codes: **CTD** = Bathysonde et bouteilles, **KTB** = Carottier multi-tubes, **KGL** = Carottier Grande Longueur (Kullenberg), **KBE** = Carottier Boite Etanche (NIOZ), **KGS** = Carottier Grande Surface (Usnel), **PBH** = Palanquée Bouteilles Hydro.

PROGRAMMATION DES PIEGES ANTARFIX

Position 1: avril	22 jours (départ = 9 /04/93)
2: mai	31 jours
3: juin	30 jours
4: juillet	31 jours ^{^**}
5: août	31 jours
6: septembre	30 jours [^]
7: octobre	15 jours
8: "	16 jours [^]
9: novembre	10 jours
10: "	10 jours [^]
11: "	10 jours
12: décembre	8 jours
13: "	8 jours
14: "	8 jours
15: "	7 jours [^]
16: janvier 94	8 jours
17: "	8 jours [^]
18: "	8 jours
19: "	7 jours [^]
20: février	9 jours
21: "	9 jours ^{^**}
22: "	10 jours
23: mars	15 jours
24: "	16 jours

[^] perte possible du godet 250 m
^{**} " " " " 1000 m