

FR-916-5558

CEA-R-5558

CEA-R-5558

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

B30

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA
VITESSE DE DEPOT DES SEDIMENTS
EN CERTAINS PLANS D'EAU
DE POLYNESIE FRANCAISE**

par

*Claude SERRA, Christian POLETIKO,
Christian BADIE*

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

ECHELON POLYNESIEN

Papeete - Polynésie Française

Rapport CEA-R-5558

- A 11
- A 12
- A 13
- A 14
- A 15
- A 16
- A 17
- A 20
- A 30
- B 11
- B 12
- B 13
- B 14
- B 16
- B 22
- B 23
- B 24
- B 30
- C 10
- C 20
- C 40

1991

SERVICE DE DOCUMENTATION

C.E.N. - SACLAY 91191 GIF-sur-YVETTE Cedex FRANCE

CLASSIFICATION DES RAPPORTS, NOTES ET BIBLIOGRAPHIES CEA

(Classification du système international de documentation nucléaire INIS
de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique)

A 11	Physique théorique générale et physique mathématique	C 50	Santé, radioprotection et environnement
A 12	Physique atomique et physique moléculaire	C 60	Radiologie et médecine nucléaire
A 13	Physique de l'état solide et physique des fluides		
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 15	Astrophysique et cosmologie, rayonnement cosmique	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie		
A 17	Physique des basses températures et cryogénie	E 11	Thermodynamique et écoulement des fluides
A 20	Physique des hautes énergies	E 13	Structures mécaniques et équipements
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 14	Explosions nucléaires
		E 15	Manutention des matériaux radioactifs
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 16	Accélérateurs
B 12	Chimie minérale, chimie organique et chimie-physique	E 17	Essais des matériaux
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire	E 20	Réacteurs à fission (généralités)
B 14	Chimie des rayonnements	E 30	Types spécifiques de réacteurs à fission et centrales associées
B 16	Combustibles nucléaires		
B 22	Métaux et alliages	E 40	Instrumentation
B 23	Céramiques et cermets	E 50	Gestion des déchets
B 24	Autres matériaux		
B 30	Sciences de la terre	F 10	Sociologie et sciences économiques
		F 20	Droit
C 10	Tous les effets et aspects variés de l'irradiation externe en biologie	F 30	Documentation nucléaire
C 20	Effets et cinétique des radioisotopes	F 40	Garanties nucléaires et contrôle de vérification
C 40	Sciences de la vie appliquées	F 50	Méthodes mathématiques et codes pour ordinateur
		F 60	Divers

Rapport CEA-R-5558

Cote-matière de ce rapport : B30

MOTS CLEFS (*extraits du thesaurus INIS*)

en français

PLOMB 210
POLONIUM 210
RADIUM 226
RADON 222
SEDIMENTS
EAU DE MER
LACS
ANALYSE CHIMIQUE QUANTITATIVE
TAILLE DES PARTICULES
PLANCTON
MIGRATION DES RADIONUCLÉIDES
TECHNIQUES DES TRAVEURS
INTERFACES EAU-SEDIMENT
Océanographie

en anglais

LEAD 210
POLONIUM 210
RADIUM 226
RADON 222
SEDIMENTS
SEAWATER
LAKES
QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS
PARTICLE SIZE
PLANKTON
RADIONUCLIDE MIGRATION
TRACER TECHNIQUES
SEDIMENT-WATER INTERFACES
OCEANOGRAPHY

RAPPORT CEA-R-5558 - Claude SERRA, Christian POLETIKO, Christian BADIE

" CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VITESSE DE DEPOT DES SEDIMENTS EN CERTAINS PLANS D'EAU DE POLYNESIE FRANCAISE"

Sommaire - Les mesures de vitesse de sédimentation dans divers plans d'eau de Polynésie française (lacs, lagunes et lagons) ont été effectuées en utilisant le plomb 210 dosé par l'intermédiaire de son descendant le polonium 210. Si les résultats dans les sédiments terrigènes sont satisfaisants, il n'en n'est pas de même pour les sédiments coralliens qui présentent un déséquilibre du rapport $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$, oscillant entre 0,33 et 0,69. Ce phénomène, déjà observé dans les eaux océaniques profondes du Pacifique, semble pouvoir être lié à deux facteurs : la perte de radon 222 dans les sédiments les plus grossiers de lagon et l'influence de l'endouppwelling géothermique qui enrichirait l'atoll en ^{226}Ra , provoquant un déséquilibre $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ déjà mentionné dans les eaux océaniques d'une zone d'upwelling (côtes du Pérou) selon Thomson et Turekian (1976).

1991 -Commissariat à l'Energie Atomique - France

RAPPORT CEA-R-5558 - Claude SERRA, Christian POLETIKO, Christian BADIE

"CONTRIBUTION TO THE STUDY OF SEDIMENTATION RATES IN SOME FRENCH POLYNESIAN LAKES AND LAGOON"

Summary - ^{210}Pb measurements using ^{210}Po deposition technique were performed in several marine and lacustrine sediments of French Polynesia to determine sedimentation rates in lakes and lagoons.

Some results in terrigenous sediments were acceptable and permit rate measurements ; on the contrary other sediments, especially coral sands provided a $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ disequilibrium (0.33 to 0.69).

The occurring phenomena seem to be related to ^{222}Rn scavenging and geothermal endouppwelling which induces ^{226}Ra enhancement ; this leads to the same $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ disequilibrium as in deep ocean waters as described, for instance by Thomson and Turekian (1976) in an upwelling zone on Peru coasts.

1991 - Commissariat à l'Energie Atomique - France

- Rapport CEA-R-5558 -

Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
Echelon Polynésien
Laboratoire d'Etude et de Surveillance de l'Environnement
Papeete - Polynésie Française

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VITESSE
DE DEPOT DES SEDIMENTS EN CERTAINS PLAN D'EAU
DE POLYNESIE FRANCAISE

par

Claude SERRA, Christian POLETIKO, Christian BADIE

- Mars 1991 -

INTRODUCTION

I. Cadre géographique :

L'objectif des études entreprises a été de déterminer des vitesses de sédimentation dans différents environnements lacustres et lagunaires de Polynésie Française.

La connaissance de cette donnée sédimentologique revêt un intérêt dans de nombreux domaines :

- **L'aménagement du littoral** : grâce à une meilleure connaissance des processus et de la dynamique sédimentaires,

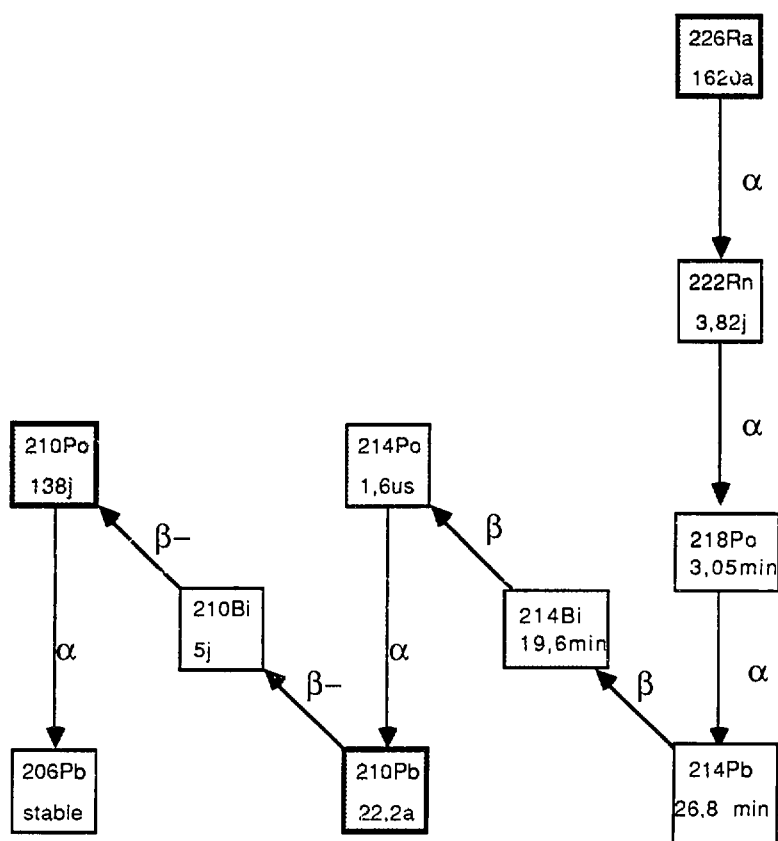
- **l'environnement** : la vitesse de sédimentation, particulièrement dans les lagons et lacs d'îles hautes, témoigne des apports terrigènes consécutifs à l'érosion des sols. Ce phénomène est très important en milieu tropical où les précipitations sont violentes et abondantes, et sont à même de perturber profondément l'écosystème lagunaire,

- **l'étude des retombées naturelles** : la reconnaissance des mécanismes qui président à la retombée du ^{210}Pb dans les sédiments est une contribution à la connaissance générale des retombées (radioactives et non radioactives)

Divers lieux géographiques ont été choisis afin de pouvoir comparer les résultats. Au premier abord, on distingue les îles hautes, formées de volcans basaltiques entourés d'un récif, et les îles basses, ou atolls, formations coralliennes à peine émergées et édifiées par les organismes sur des sommets volcaniques immergés. Ces dernières îles sont sous une influence océanique encore plus marquée que les précédentes.

Le but à atteindre était dans un premier temps de corréler les couches de sédiments et les retombées permanentes de radioéléments naturels en fonction du temps donné par la période de l'élément considéré. Les radioéléments "artificiels", conséquence des essais nucléaires aériens mondiaux, ont par ailleurs été recherchés et, en particulier, le césium 137.

DECROISSANCE RADIOACTIVE DU 226Ra



a: années
j: jours
min:minutes
s: secondes
 μ s:microsecondes

II.- FONDEMENT DE LA METHODE EMPLOYEE

On utilise un radioélément naturel présent dans les retombées atmosphériques à la surface du sol et de l'océan , le ^{210}Pb , afin de mesurer l'âge des dépôts sédimentaires récents. Le ^{210}Pb (période 22,2 ans) est un radioélément naturel, émetteur β^- provenant de la filiation du ^{226}Ra (période 1620 ans) élément présent en solution dans l'eau de mer et surtout dans les roches des vieux "cratons" granitiques. La désintégration du ^{226}Ra produit le ^{222}Rn , gaz rare de période 3,8 jours dont le mode de désintégration est la radioactivité alpha . On estime généralement que le taux de dégagement de ce nucléide à partir du ^{226}Ra dissous dans les océans est environ 100 fois plus faible qu'à partir des continents (HOANG et SERUANT, 1972). Seul le radon peut être introduit dans l'atmosphère, les autres nucléides de la descendance du radium sont des métaux.

Dans les eaux océaniques de surface du Pacifique, NOZAKI et al.(1976) mentionnent, pour la Polynésie française, des activités en ^{210}Pb situées entre 0,15 et 0,25 Bq/100 kg , tandis que les valeurs de ^{226}Ra mesurées par Bruland et al.(1974) dans le Pacifique Nord Est oscillent entre 0,8 et 0,15 Bq/100kg.

Le ^{210}Pb présent dans les sédiments a deux origines :

- une origine terrigène : l'élément est alors associé à des phases minérales du sédiment (^{210}Pb "supporté"). Le sédiment contient du ^{226}Ra en traces plus ou moins importantes ; le ^{210}Pb "supporté" et le ^{226}Ra sont, en principe, en équilibre séculaire;
- une origine atmosphérique : le radon ,qui se dégage en quantités relativement importantes des roches selon un flux constant, voit ses teneurs se stabiliser dans l'atmosphère avant que ses descendants ne retombent entraînés par la pluie au sein d'aérosols et de composés particulaires .

La quantité de ^{210}Pb d'origine atmosphérique peut, en un lieu donné, être considérée comme constante (BURTON et STEWART , 1960 ; GOLDBERG , 1963 ; KOIDE , SOUTAR et GOLDBERG , 1972) .

Le ^{210}Pb atmosphérique retombant à la surface d'un plan d'eau est soumis aux processus de sédimentation et se retrouve donc progressivement incorporé à la colonne sédimentaire au sein de laquelle il s'ajoute au ^{210}Pb "supporté" par le sédiment .

On peut donc écrire, en un lieu donné :

$$^{210}\text{Pb total} - ^{210}\text{Pb "supporté"} = ^{210}\text{Pb atmosphérique}$$

ou

$$\text{Act } ^{210}\text{Pb total} - \text{Act } ^{226}\text{Ra} = \text{Act. } ^{210}\text{Pb atmosphérique}$$

puisque le ^{210}Pb "supporté" et le ^{226}Ra sont en équilibre séculaire.

La mesure de l'activité résiduelle du ^{210}Pb atmosphérique permet alors la mesure de la vitesse de sédimentation

III. METHODES ANALYTIQUES

1) MESURE DE L'ACTIVITE DU 210Pb

Dans la pratique, les activités en 210 Pb étant très faibles , inférieures au Becquerel , il est difficile d'obtenir une précision suffisante à partir des mesures gamma après séparation et précipitation du 210 Pb.

La méthode la plus simple et également la plus efficace consiste à mesurer l'activité du 210 Pb par l'intermédiaire de son descendant en équilibre séculaire: le 210 Po (période = 138j) , émetteur alpha . Cette méthode présente les avantages suivants :

- un rendement chimique élevé (entre 60 et 95%) associé à l'utilisation d'un traceur (208 Po) introduit en début d'attaque du sédiment,
- un protocole analytique simple et rapide permettant un grand nombre d'analyses (voir en annexe),
- une précision de mesure excellente avec,de surcroît,un seuil de détection se situant aux alentours de 5.10^{-4} Bq/g .

Ces deux qualités sont dues au rendement chimique associé au rendement de comptage, en chambre à grille, voisin de 45 % en absolu.

Pour plus de précision on se reportera au protocole analytique en annexe.

2) MESURE DU 226 Ra :

Elle est effectuée par spectrométrie gamma en utilisant des géométries étalonnées et si possible des géométries enveloppantes de type "Marinelli" sur un cristal de germanium hyperpur à 30 % d'efficacité relative, en utilisant la raie composite à 186 keV (186,17 du 226 Ra et 185,76 de 235 U) après déduction de la contribution de 235 U.

3) MESURE DES ACTIVITES D'AUTRES RADIOELEMENTS

Dans le but d'établir d'éventuelles corrélations, on peut utiliser le 137 Cs (période : 30,2 ans) et le 90 Sr (période : 28,6 ans), deux radioéléments artificiels, consécutifs aux essais nucléaires atmosphériques mondiaux .

Le 137 Cs a été mesuré en spectrométrie gamma.

V. LES SITES GEOGRAPHIQUES ETUDIÉS, PRESENTATION ET PARTICULARITES :

1) Le Lac "VAIHIRIA" (fig. 2 et 3)

C'est le seul lac typique de Polynésie française. Il est situé dans l'île de Tahiti à 475 m d'altitude. Ce n'est pas un lac de cratère mais une retenue d'eau provoquée par l'effondrement de la paroi rocheuse qui a formé un barrage naturel de 200 m de hauteur. Les éboulis sont de taille variable, plus ou moins colmatés par les sédiments argileux.

La superficie du bassin versant est de 3,8 km².

Ce lac n'a pas de déversoir naturel, ses eaux s'infiltrent dans les éboulis pour ressortir sur le flanc du barrage.

L'eau provient de trois petites rivières et également des eaux de ruissellement. En moyenne annuelle, les précipitations peuvent atteindre 8,70 m. Sur 5 ans une moyenne de 6,90 m a été calculée à l'altitude 475 m.

Compte tenu de ses variations importantes de niveau, le lac voit sa superficie osciller entre 160 000 m² et 220 000 m² environ, 30 % des eaux de pluie ruissellent directement dans le lac (RICARD et al. , 1983)

Les rivages du lac présentent souvent des horizons graveleux mais le fond est formé d'une épaisse couche de vase amenée par les eaux de ruissellement.

SITUATION GEOGRAPHIQUE DU LAC VAHIRIA

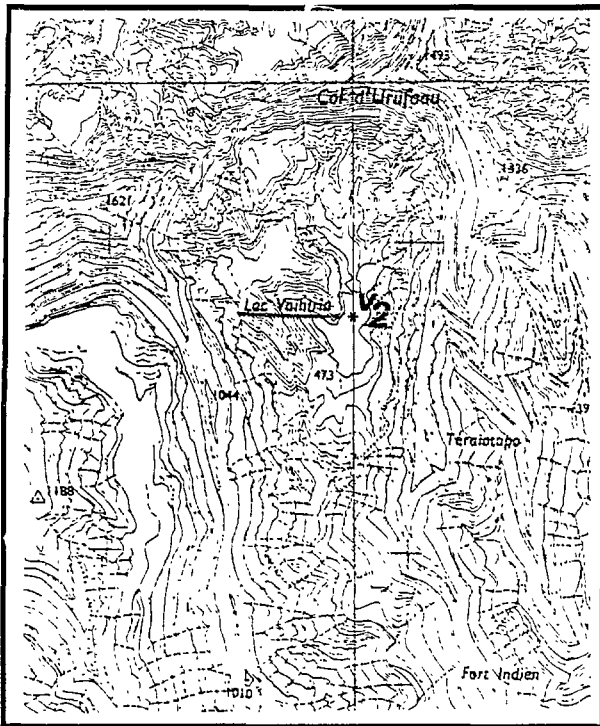


Fig.2 : carte topographique du bassin versant du lac , d'après un document du service de l'aménagement du territoire

éch. : env. 1/40000



Fig.3 : la photographie aérienne fait ressortir la relation existant entre le lac et son bassin versant (d'après un document du service de l'aménagement)

VUE AERIENNE DU LAC MAEVA (HUAHINE)

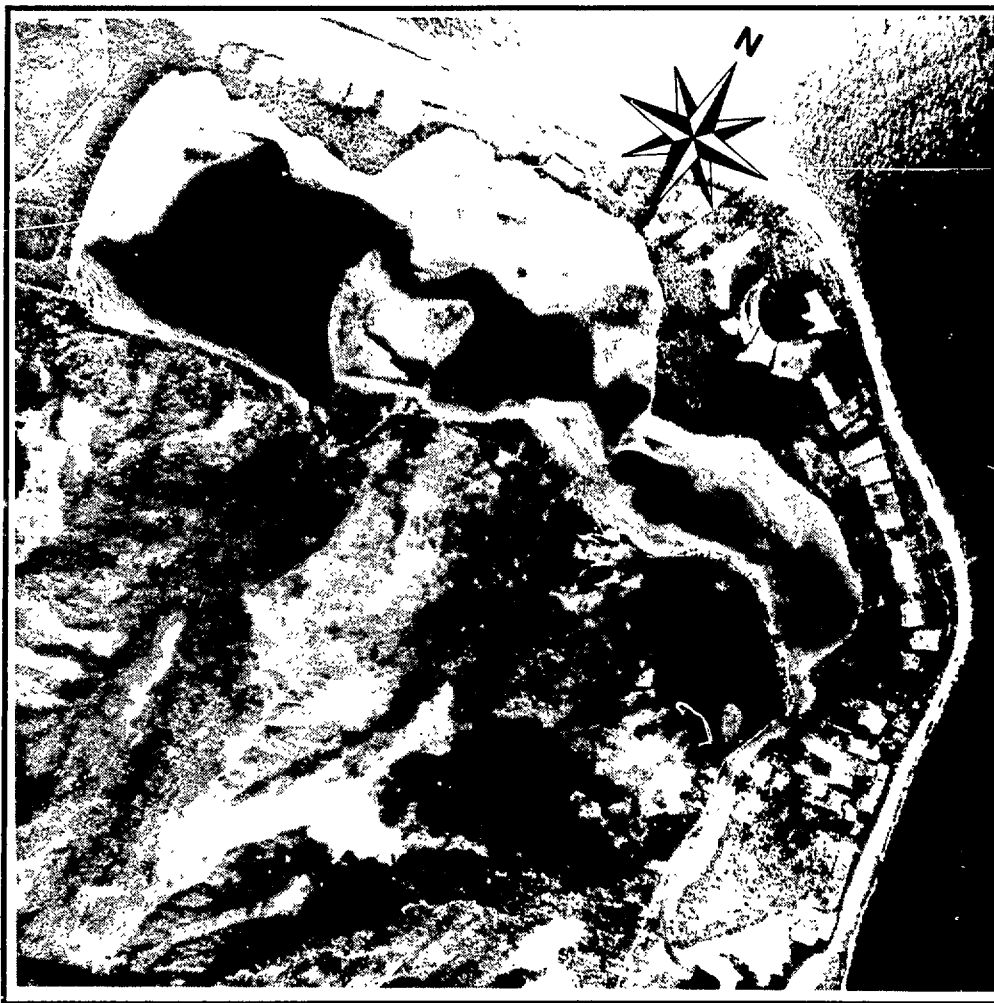


fig.4 : la photographie aérienne de la zone étudiée met en évidence, au sein, du lac les trois bassins où ont été mesurées les vitesses de sédimentation . Noter , à l'Est de la lagune (en bas de l'image) , la seule voie de communication du lac avec le lagon , très petite par rapport à la superficie du plan d'eau .

2) Le lac "MAEVA" (fig. 4 et 5)

Située dans la partie Nord de l'île de Huahine, cette lagune saumâtre est peu sujette aux variations de niveau. Elle est séparée de la mer, au Nord, par une large bande corallienne sur laquelle sont installées de nombreuses exploitations agricoles.

Au Sud, se trouve l'île haute avec deux bassins versants de faible étendue drainés par des cours d'eau de petit débit . La pluviosité moyenne calculée sur 5 ans est de 3,5 m/an. La lagune divisée en trois bassins communiquant par des seuils peu profonds est en relation avec le lagon, à l'Est ,par l'intermédiaire d'un étroit goulet dont la profondeur est de 1,50 m environ sous le pont qui l'enjambe. L'origine de cette lagune semble a priori être un processus de comblement progressif du lagon à la faveur d'une modification des positions relatives de la mer. Ce phénomène a peut être été amplifié par un éboulement dans la zone comme le suggère le fait que le bassin le plus vaste et le plus profond soit le plus éloigné du goulet. Trois carottes ont été prélevées sur ce site (voir la position des prélèvements fig.5).

Les sédiments de ce lac sont des sables calcaires fins à moyens sur les hauts fonds de la partie Nord, et des vases organiques fortement réduites dans les parties les plus profondes, où l'on note une importante production de gaz (CH_4 , H_2S). Une mesure in situ de potentiel redox a donné des valeurs comprises entre -300 et -400 mV dans le bassin le plus à l'Ouest .

La vase est noire et nauséabonde , visiblement fortement réduite .

POSITION DES PRELEVEMENTS DANS LE LAC MAEVA

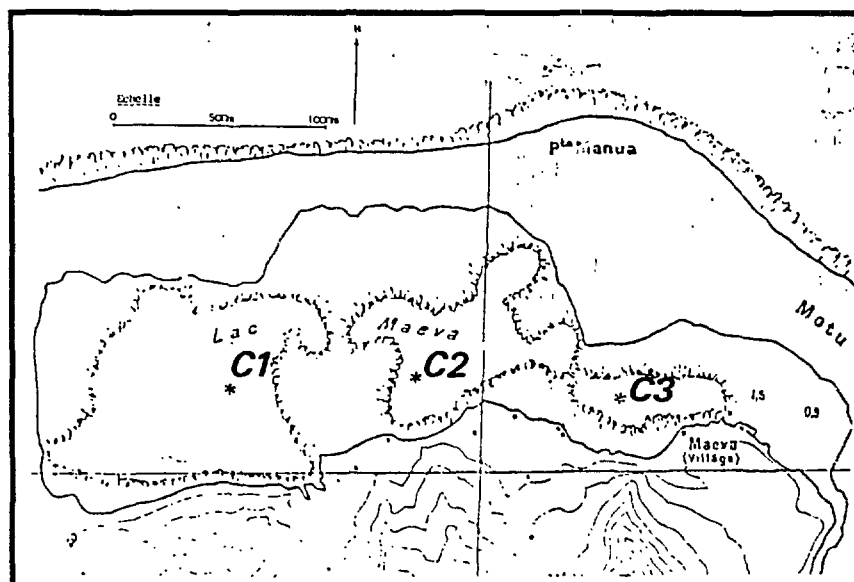


Fig5 : emplacement des carottes C1 , C2 , C3 , dans le lac Maeva

3) La lagune de "TEMAE" à Moorea (fig.6 et 7)

Située à Moorea, elle présente à peu près la même configuration morphologique que le lac "MAEVA" à quelques différences près :

- une surface moins grande;
- peu de parties profondes mais un bassin central dont le maximum est à 11,4 m ;
- un seuil de communication avec le lagon très réduit en profondeur (quelques dizaines de cm);
- des variations de niveau importantes au cours des pluies et des marées;
- pluviosité moyenne mesurée sur 8 ans est de 2 m;

Une carotte de gros diamètre a été prélevée sur la berge Est dans 30 cm d'eau. Le sédiment est un sable calcaire grossier qui contient une quantité importante de débris organiques.

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA LAGUNE DE TEMAË
(Ile de MOOREA)

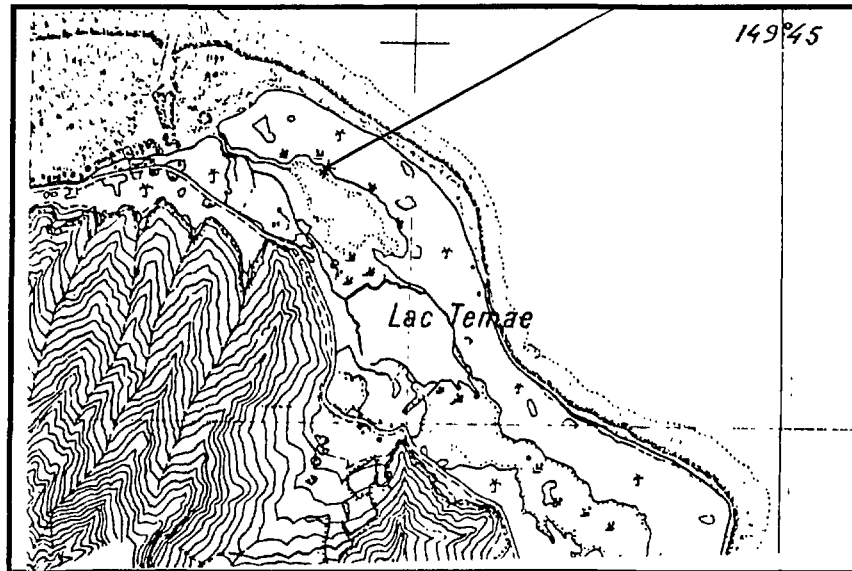


Fig.6 : la lagune de Temae communique avec le lagon par un seuil très peu profond situé au Nord du plan d'eau .

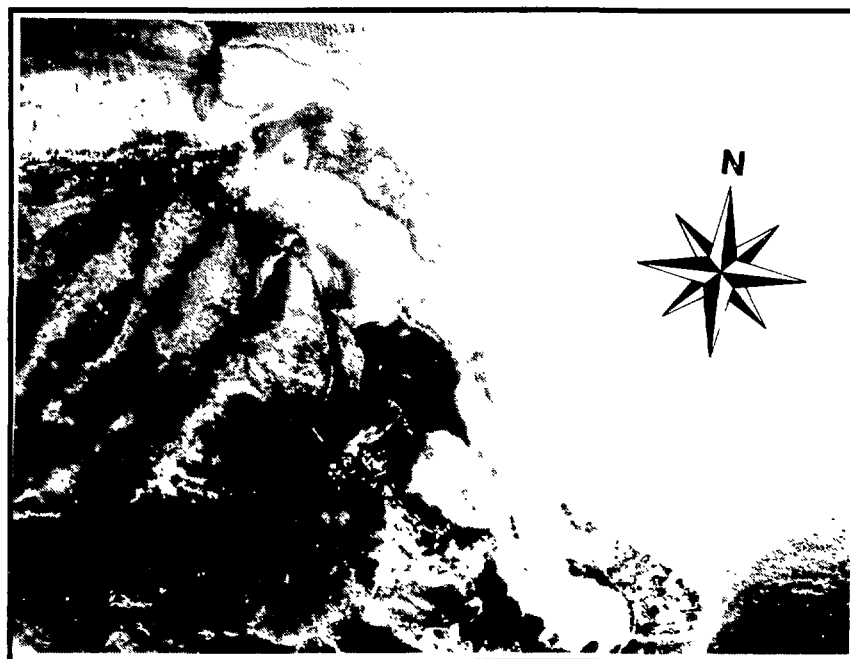
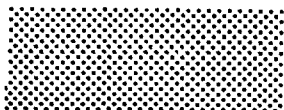


Fig 7 : la photo aérienne permet de constater la faible profondeur de la partie Nord où a été effectué le prélèvement (éch : env. 1/ 40000e)



4) Les atolls de TAKAPOTO et TIKEHAU

4.1. TIKEHAU(fig. 8)

C'est un atoll ouvert sur la mer par une passe et des "hoa" (chenaux de communication avec l'océan) peu profonds. Trois carottes y ont été prélevées à 13, 18 et 38 m de profondeur (voir carte).

P1 : profondeur 13mètres , face à un hoa , 9 tranches de 1 cm ;

G1 : profondeur 18 mètres , ancienne station de référence ORSTOM , 8 tranches de 1 cm ;

SC: profondeur 38 mètres , station centrale , 5 tranches de 2 cm , également nommé DS (CUV) par POUPET (1989) qui a effectué les prélèvements .

Les sédiments sont des sables calcaires assez grossiers aux faibles profondeurs et très fins au point SC (Station Centrale).

Ce type d'atoll , dont le renouvellement de l'eau est rapide , présente une grande diversité de flore et de faune . L'eau qui rentre dans le lagon y réside de quelques semaines à quelques mois ; la salinité y est comprise entre 36 et 36,4 g/l .Les eaux du lagon sont 2 à 3 fois plus pauvres que celles de l'océan sans doute à cause d'une forte consommation des sels nutritifs par le phytoplancton (POUPET , 1989).

4.2. "TAKAPOTO" (fig. 9)

Takapoto est l'un des 50 atolls fermés que compte la Polynésie française ; ceux-ci sont caractérisés par une plus faible diversité biologique que les atolls ouverts .

La communication avec l'océan est réduite et se limite à quelques 25 hoa d'une dizaine de mètres de large et de 10 cm de profondeur en activité quotidiennement . Seulement 15% du volume du lagon est renouvelé chaque année et le temps de résidence de l'eau dans le lagon est de plus de 4 ans . La salinité est comprise entre 37 et 40 g/l mais l'eau y est toujours bien oxygénée .

Les sables coralliens couvrent 90% de la surface du lagon (POUPET , 1989).

POSITION DES PRELEVEMENTS DANS LES ATOLLS DE
TIKEHAU ET TAKAPOTO
(archipel des Tuamotu)

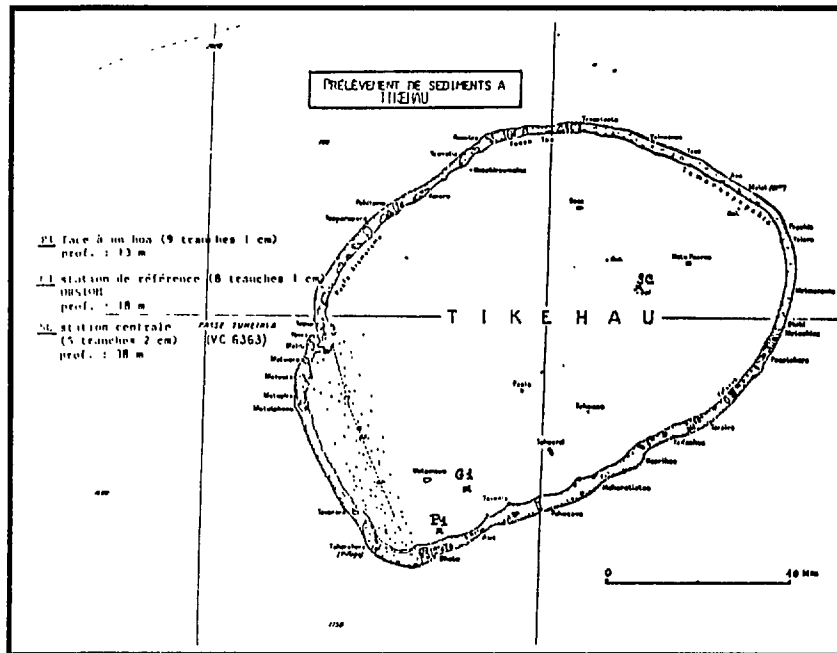


Fig. 8 : si l'atoll de Tikehau possède une passe large et profonde qui permet une communication avec l'océan , il n'en est pas de même pour Takapoto où les échanges entre le lagon et l'océan ne se font que par l'intermédiaire des hoā (voir figure ci dessous)

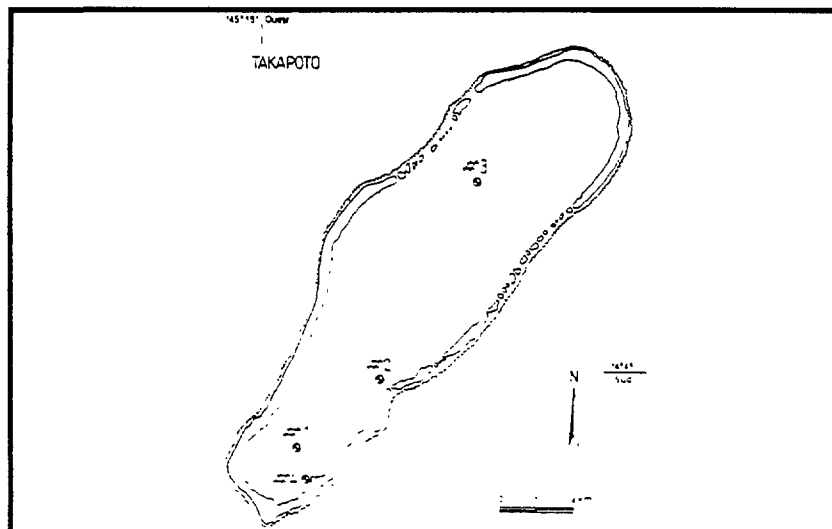


Fig : 9 : l'atoll de Takapoto et la position des prélèvements 1, 2 et 3

(Poupet . 1989)

VI. - RESULTATS DES MESURES DE VITESSE DE SEDIMENTATION

Pour le lac VAHIRIA et la lagune de MAEVA, il a été possible de calculer, à l'aide de la décroissance du ^{210}Pb atmosphérique, la vitesse de sédimentation. On a pu, de même, avec une précision moindre, évaluer cette vitesse au point "SC" à Tikehau.

1. - Lac "VAHIRIA" (fig. 10)

Dans la carotte V2, la vitesse de sédimentation calculée est de 45cm/siècle après interpolation et élimination de certains points aberrants, souvent des activités très fortes (ex: le niveau 23-24 où l'on trouve une valeur en ^{210}Pb de 438 mBq/g) mais ponctuelles et peu significatives, à même de modifier et fausser le calcul de la pente de la courbe de décroissance du ^{210}Pb atmosphérique. Ces points aberrants sont peut être dus à des lessivages importants liés à des années très pluvieuses ou à des phénomènes météorologiques plus complexes.

Les mesures de ^{137}Cs (fig. 11) semblent confirmer le bien fondé de ce résultat puisque les années 1960 - 1964, calculées à partir de la courbe de ^{210}Pb en ordonnée, correspondent aussi au pic de ^{137}Cs caractéristique de cette période. Les études publiées dans le rapport UNSCEAR 1982 (pages 217 et 221) mettent en effet en évidence un pic remarquable entre les années 61 et 66 pour ce qui concerne le ^{137}Cs et le ^{90}Sr . La courbe se stabilise ensuite jusqu'aux périodes les plus récentes (la carotte ayant été prélevée en 1983). On note, par contre, une diffusion du césium sous le niveau du pic et jusqu'à 40 cm de profondeur, peut être due à la grande mobilité chimique du césium dans le sédiment surtout en milieu anaérobie. La faible quantité de césium dans l'atmosphère avant les années soixante suggère que les teneurs présentes résultent d'une diffusion postérieure à cette période.

Fig. 10 : calcul de la vitesse de sédimentation dans Vaihiria V2

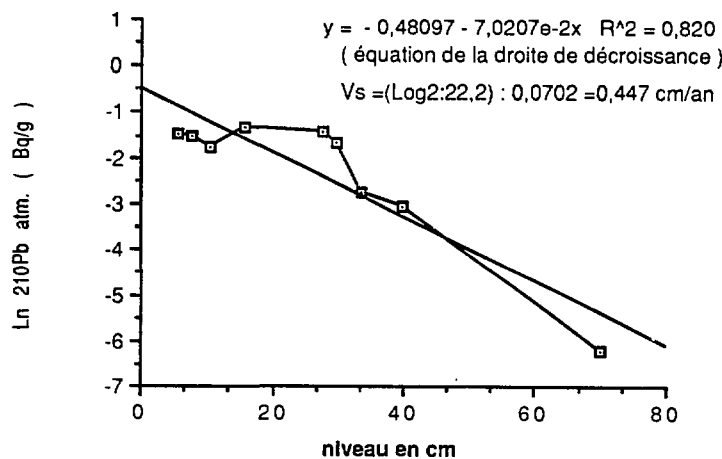
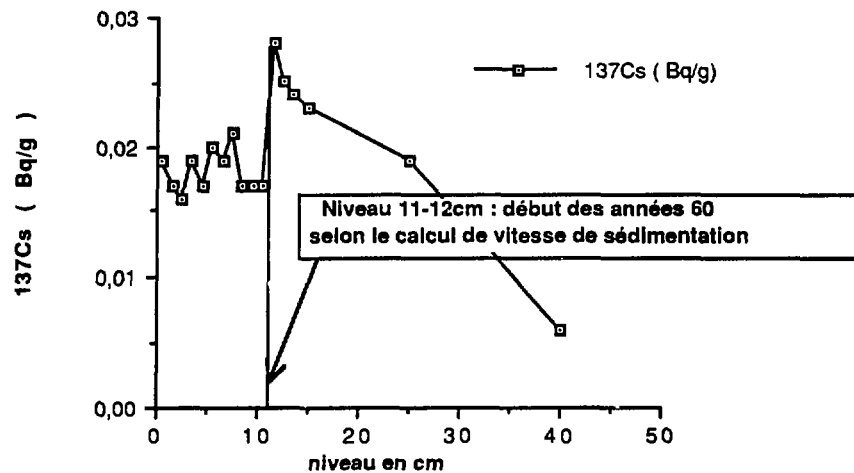


Fig 11: répartition des activités du ^{137}Cs dans Vaihria V2 ($V_s = 45\text{cm/siècle}$)



2. - Lac "MAEVA" (fig. 12, 13 et 14)

La carotte C1, prélevée dans le bassin le plus profond, donne un exemple de courbe de décroissance homogène qui permet le calcul d'une vitesse de sédimentation de 42 cm par siècle.

La carotte C2, dans le bassin central, permet le calcul d'une V_s de 33 cm/siècle.

La carotte C3, dans le 3ème bassin, donne une V_s de 22 cm/siècle dans les mêmes conditions analytiques.

Dans toutes ces carottes, les courbes de décroissance du ^{210}Pb sont très homogènes et régulières. A contrario, les mesures de ^{137}Cs , élément beaucoup plus soluble, montrent une répartition inégale et erratique de cet élément dans les 15 premiers centimètres de sédiment. La fluidité de la vase et les fréquentes remontées de gaz dues à la fermentation anaérobie en sont peut être la cause, à moins que ces pics ne correspondent à des événements météorologiques ponctuels.

Fig.12: calcul de la vitesse de sédimentation dans la carotte Maeva C1

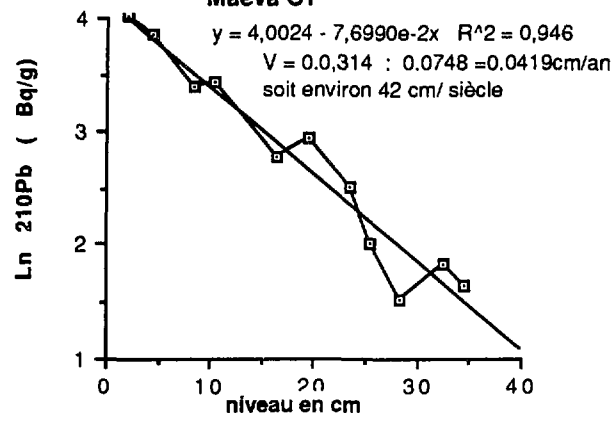


Fig. 13: calcul de la vitesse de sédimentation dans la carotte C3 Maeva

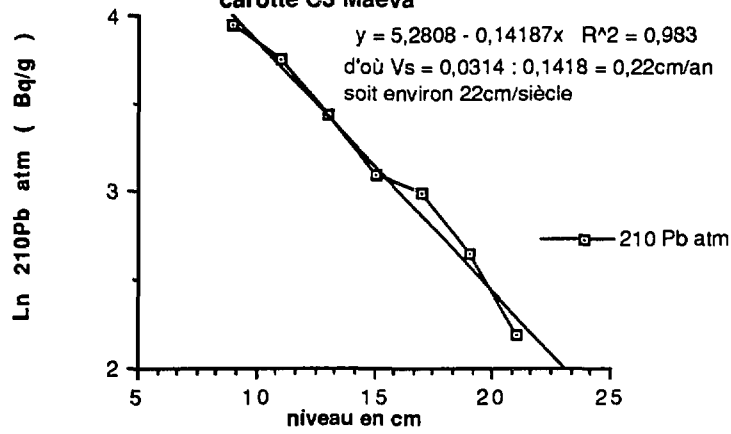
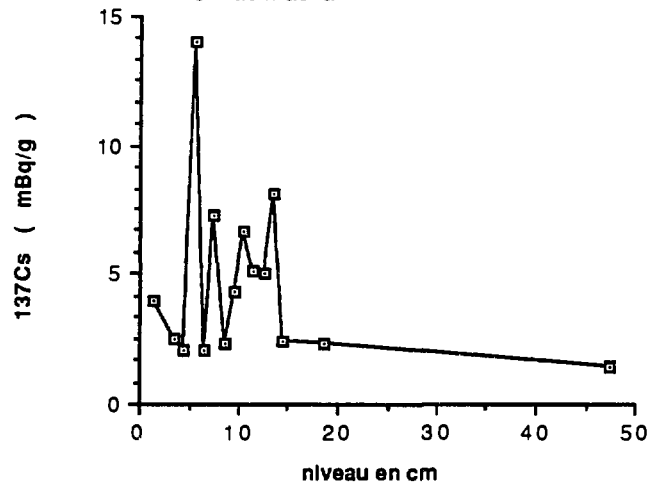


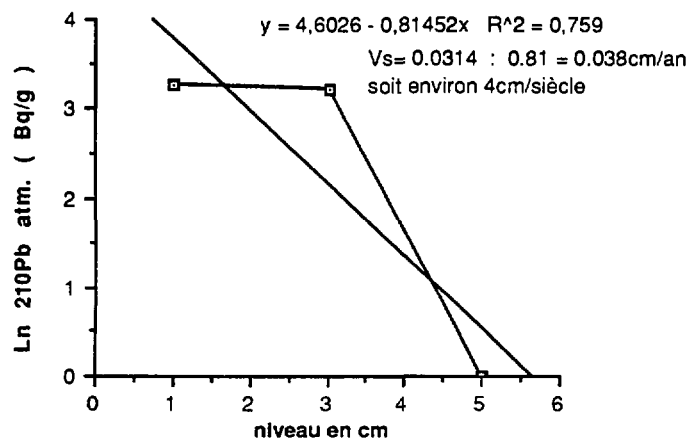
Fig. 14: activités en ^{137}Cs dans la carotte
C1 lac Maeva



3 - Tikehau , point SC (fig. 15)

La vitesse de sédimentation a pu également être mesurée , ou plutôt appréciée , au point "SC", situé à 38 mètres de profondeur au point le plus profond de l'atoll. En fait, cette mesure a été rendue possible par la forte activité en ^{226}Ra de ces sédiments calcaires très fins qui ne présentent pas de phénomène de déficit comme les autres sédiments coralliens considérés . La vitesse a été évaluée à 4cm par siècle avec une erreur relative d'au moins 50% due au faible nombre de points représentatifs.

Fig. 15 : estimation de la vitesse de
sédimentation dans SC Tikehau



VI- DISCUSSION

A -LE PHENOMENE DE DESEQUILIBRE $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ DANS CERTAINS SEDIMENTS

1. - Description du phénomène :

Que ce soit dans le lac TEMAE (Moorea) ou dans les atolls de Takapoto et Tikehau , la méthode de calcul de la vitesse de sédimentation par le ^{210}Pb est difficilement applicable car on voit les activités en ^{210}Pb total mesuré inférieures à celles du ^{226}Ra (voir tableau ci contre) alors qu'elles devraient être au moins équivalentes même en l'absence de retombées atmosphériques .

RESULTATS SYNTHETIQUES MOYENS

LIEU	profondeur	type sediment	^{226}Ra moy	^{210}Pb moy	$^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$	vitesse
Vaihiria	17 m	vase terrig.	25 mBq/g	210 mBq/g	8,47	45 cm/Siècle
Maeva C1	14 m	vase noire	25 mBq/g	41,5 mBq/g	1,66	43cm/Siècle
Maeva C2	9 m	vase grise	25 mBq/g	55,3 mBq/g	2,22	33cm/Siècle
Maeva C3	5 m	vase grise	25 mBq/g	46,7 mBq/g	1,88	22cm/Siècle
Tikehau P1	13 m	s. corallien	21 mBq/g	22,2 mBq/g	1,06	non mesurable
Tikehau G1	18 m	s. corallien fin	22,5 mBq/g	15,55 mBq/g	0,69	"
Tikehau SC	38 m	s. corallien fin	67,3 mBq/g	77,7 mBq/g	1,16	4cm/siècle
Takapoto P1	24 m	s. corallien	15 mBq/g	6,7 mBq/g	0,44	non mesurable
Takapoto P2	15 m	s. corallien	16,7 mBq/g	6,4 mBq/g	0,38	"
Takapoto P3	30 m	s. corallien	12,6 mBq/g	4,2 mBq/g	0,33	"
Temae	30 cm	coral. + orga.	33 mBq/g	19 mBq/g	0,57	"

La mesure en spectrométrie gamma de la descendance du ^{226}Ra permet de donner un début d'interprétation à ce phénomène : les ^{214}Pb et ^{214}Bi ont déjà une activité inférieure à celle du ^{226}Ra alors que, compte tenu de leur courte période, ils devraient être en équilibre avec lui (fig. 19)

En fait , le passage du ^{226}Ra aux ^{214}Pb , ^{214}Bi et ^{214}Po correspond à une modification des caractéristiques de l'atome : le Ra est un élément alcalino terreux, donc fortement électropositif alors que Pb, Bi et Po sont, eux, fortement électronégatifs et réactifs en milieu réduit : ceci pourrait expliquer partiellement la relative abondance de ^{226}Ra dans les sédiments coralliens par rapport au ^{210}Pb souvent déficitaire .

De plus, l'une des étapes de la désintégration est un gaz rare, le ^{222}Rn , lequel est caractérisé par une absence de réactivité propre à le voir quitter le sédiment à la faveur de flux sédiment - eau par exemple. Un tel processus a été envisagé par SCHELL (1977) pour expliquer le comportement du ^{210}Pb dans l'eau de l'atoll de Bikini .

2. - EXEMPLES DE DEFICIT

2-1 - La lagune de Temae

Pourtant situés en bordure d'île haute, donc à même de comporter des teneurs notables en ^{210}Pb , les sédiments du lac TEMAE présentent les mêmes déficits en ^{210}Pb que ceux des atolls ; bien que visiblement on retrouve la courbe de décroissance du ^{210}Pb on ne peut discriminer le ^{210}Pb "atmosphérique" du plomb "supporté", lequel est lui même en déséquilibre avec son "père" à vie longue : le ^{226}Ra (fig 16).

Les comptages de ^{137}Cs mettent en évidence deux pics dus sans doute aux migrations du césium à la faveur de variations de niveau, à moins que puissent être mis en cause d'autres évènements comme la météorologie par exemple (fig. 17).

Fig. 16 : le déséquilibre $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ dans les sédiments de la lagune de Temae

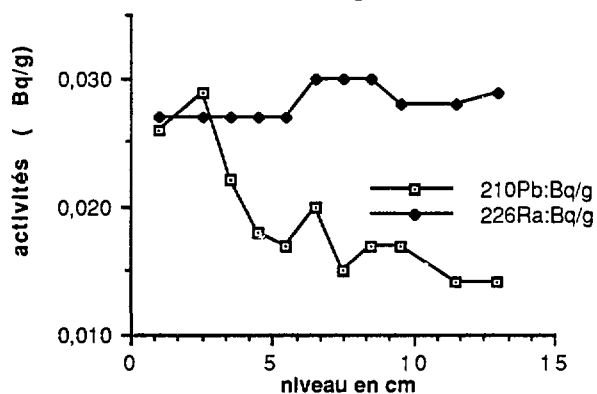
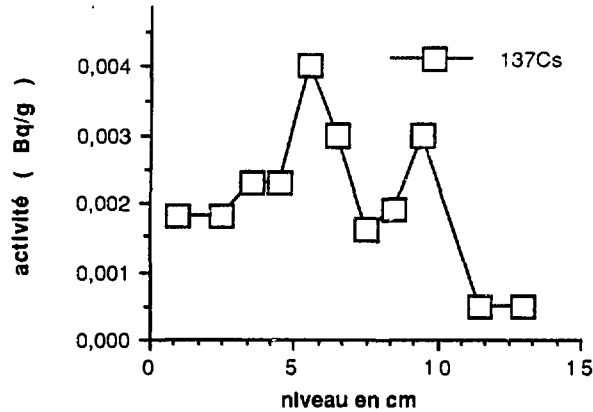


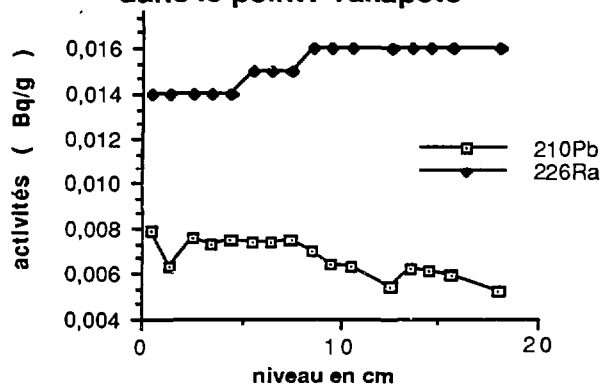
Fig. 17 : répartition du ^{137}Cs dans les sédiments du lac Temae



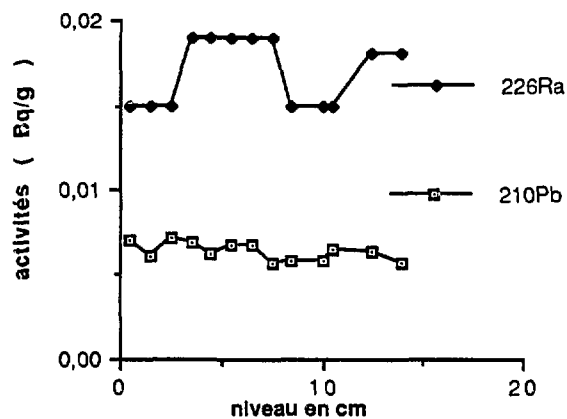
2-2 - Atolls de Tikehau et Takapoto

Dans les atolls de Tikehau et Takapoto, le phénomène de déficit en ^{210}Pb est très visible (fig 18, 19, 20). Les valeurs variables des teneurs en Pb et Ra dans les carottes résultent vraisemblablement de la bioturbation (POUPET, 1989, et SALVAT, communication orale).

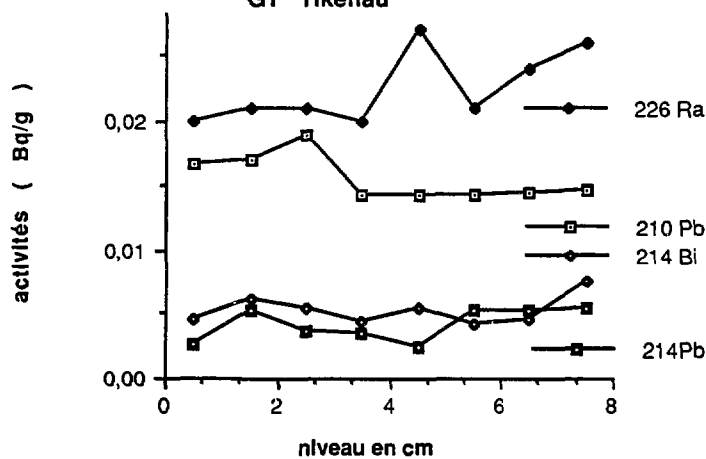
Fig.18 : répartition du ^{210}Pb et du ^{226}Ra dans le point1 Takapoto



**Fig. 19 : répartition du ^{210}Pb et du ^{226}Ra
dans le point 2 à Takapoto**



**Fig.20: répartition des radioéléments ^{226}Ra
 ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{210}Pb dans la carotte
G1 Tikehau**



B- LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES SUSCEPTIBLES D'INTERVENIR DANS LES ACTIVITES DE ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{222}Rn

Différents paramètres sont susceptibles d'intervenir dans les variations d'activité des radionucléides considérés , outre le facteur temps :

- 1) la teneur en ^{226}Ra et ^{210}Pb des particules sédimentées , y compris celles des sols ;
- 2) les conditions d'oxydo-réduction et de pH dans le sédiment ;
- 3) la granulométrie , si elle est fine , semble plus à même de retenir au sein du sédiment le radon 222 que si elle est grossière comme dans le cas des sables coralliens de Takapoto;

Située dans la partie Nord de l'île de Huahine, cette lagune saumâtre est peu sujette aux variations de niveau. Elle est séparée de la mer, au Nord, par une large bande corallienne sur laquelle sont installées de nombreuses exploitations agricoles.

21

4) la biologie, par l'effet de phénomènes de bioturbation ou de piégeage au sein d'organismes, semble aussi un facteur très influent sur les activités en radioéléments, notamment par effet d'absorption ou en provoquant une confusion des valeurs.

Suivant la manière dont ces facteurs ont affecté les radioéléments présents dans le sédiment et leurs activités respectives résultant d'un équilibre radioactif, la mesure de la vitesse de sédimentation a été possible ou ne l'a pas été.

Ainsi, si ce paramètre a pu être évalué dans des lacs présentant des sédiments vaseux et réduits comme le lac Vaihiria ou la lagune de Maeva (valeurs comprises entre 22 cm/Siècle et 45 cm / Siècle), il est beaucoup plus difficile de l'évaluer dans les atolls où le sédiment sableux peut fixer plus ou moins certains radionucléides ou peut être enrichi en certains autres, à même de modifier les équilibres naturels connus ailleurs.

Ces phénomènes semblent absents en d'autres lieux où les vitesses de sédimentation ont été recherchées (LARSEN, JENSEN, 1989; MATSUMOTO 1975; BURNETT, 1989).

Les déséquilibres mentionnés dans la bibliographie concernent essentiellement l'eau de mer, particulièrement dans les zones d'upwelling des marges continentales (BACON et al. 1976; BRULAND et al. 1974) ou dans des zones sous l'influence de sources géothermales (FANNING et al. 1981) où des enrichissements en radium ont été constatés.

GRAIG et al. (1973) et KRISHNAWAMI et al. (1975) mentionnent une augmentation de l'activité du ^{226}Ra avec la profondeur et une diminution du ^{210}Pb dans l'eau profonde avec un rapport $\text{Pb/Ra} < 67\%$. Dans les sédiments d'atolls qui présentent un déficit, nous avons calculé un rapport compris (valeur moyenne) entre 0,33 et 1,06. Selon les mêmes auteurs, le rapport Pb/Ra diminue en se rapprochant du fond. Pour les auteurs cités, les flux particuliers sont responsables de ce phénomène, les particules et microorganismes ayant tendance à fixer le Pb préférentiellement par rapport au Ra . NOZAKI, THOMSON et al. (1976), mesurant les activités des eaux de surface du Pacifique ont mesuré un rapport $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ maximum en Polynésie française ($^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb} = 0,9$) mais notent une forte absorption du ^{210}Pb près des marges continentales. Les teneurs en ^{210}Pb de l'eau de surface mentionnées sont de l'ordre de $0,25\text{Bq}/100\text{kg}$.

Les activités des radioéléments naturels et artificiels étudiés ici subissent des variations importantes dues à divers facteurs tant physiques que chimiques et/ou biologiques.

1.1. La topographie :

En ce qui concerne les îles hautes, la topographie des bassins versants concentrant les eaux de ruissellement dans les points d'eau semble un facteur prépondérant. A titre d'exemple, le lac Vaihiria, véritable entonnoir, présente des activités en ^{210}Pb 10 fois supérieures à celles du lac Maeva (Huahine) et 50 fois supérieures en moyenne à celles des atolls.

Si l'on prend, dans une première approche, le rapport de la surface du bassin versant S1 ($3,8\text{ km}^2$) sur l'aire maximale du lac S2 (22 ha) on peut poser :

$C = (S1/S2) = 17,2$, facteur de concentration topographique des eaux pluviales; considérant que 30% des eaux ruissellent directement dans le lac (Ricard , 1983) on peut donc écrire:

$$F.C.T. = C \times 0,3 = \underline{5,16}$$

Si l'on tient compte du fait que les teneurs en ^{210}Pb du lac Vaihiria (impluvium type) sont 50 fois supérieures en moyenne à celles trouvées dans les atolls (absence de ruissellement) , l'excédent de plomb trouvé dans le lac semble directement lié à la topographie des lieux , la quantité d'eau reçue étant aussi un facteur à prendre en compte puisque la résultante du F.C.T par la pluviosité (arrondie à 10 m sur le bassin versant en entier) avoisine le chiffre 50 . Les îles basses étudiées ici reçoivent entre 1,5 et 5 m/an , le F.C.T. peut être considéré égal à l'unité compte tenu de l'absence de ruissellement .

1.2. La granulométrie :

Les sédiments de granulométrie fine présentent des activités plus importantes que les sédiments grossiers. Il en est de même pour d'autres espèces chimiques. Ainsi , à Tikehau, les analyses granulométriques effectuées par Poupet (1989) montrent -telles que les seuls sédiments dans lesquels l'espace intergranulaire est probablement colmaté sont le point Tik CUV (correspondant au point SC de notre notation) et le point Tak 1 . En fait, pour ce qui concerne les radioéléments , seul le point SC semble le lieu d'échanges limités du fait du colmatage . Dans les sédiments bien triés et peu colmatés on se trouve en présence de déséquilibre $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$.

1-3. La matrice :

Si les sédiments calcaires présentent un phénomène de déficit plus ou moins accentué selon la granulométrie, ce phénomène n'est pas observé de manière significative dans les sédiments terrigènes très riches en oxydes métalliques et souvent en matière organique .

Ainsi il apparaît que dans les sédiments fins, terrigènes , riches en matière organique et réduits, des éléments comme le ^{226}Ra et le ^{210}Pb présentent des courbes de décroissance bien "lissées"(fig. 12 et 13) alors que ce phénomène ne se retrouve pas dans les sédiments calcaires, surtout en ce qui concerne le Pb.

2.4. Micro-organismes et organismes :

Dans les atolls, il est intéressant de constater que les activités en ^{210}Po concentrées par les organismes filtreurs (bivalve du genre tridacna) sont importantes et varient selon les lieux géographiques (ARNOULD , BADIE , DUCOUSSO 1987).

Ces constatations, associées à des travaux antérieurs sur les concentrations en ^{210}Pb des eaux de mer, en particulier dans l'atoll de Bikini (SCHELL, 1977) et leur piégeage par les organismes planctoniques et les particules en suspension donnent, peut-être, un début d'explication sur le devenir du ^{210}Pb "supporté" en déficit dans le sédiment.

23/24

D'autres auteurs, comme BRULAND et al.(1974), NOZAKI et al.(1976) font également référence à une adsorption du ^{210}Pb préférentiellement au ^{226}Ra dans les zones de marges continentales.

THOMSON et TUREKIAN (1976) ont mis en évidence que la concentration en particules dans la colonne d'eau est de nature à modifier l'équilibre de la paire de radionucléides $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ dans le sens d'une diminution du Pb par rapport au Ra.

Ce même auteur montre dans une zone d'upwelling au large du Pérou, dont la productivité biologique est plus forte, un déséquilibre prononcé entre ^{210}Pb et ^{226}Ra , particulièrement au-delà de 500m de profondeur avec un accroissement du déficit jusque vers 1500m.

SHANNON et al. (1970) ont démontré une adsorption plus importante de ^{210}Po et ^{210}Pb par le zooplancton, l'adsorption par le phytoplancton, quoique significative, étant moindre d'un facteur 10 à 100.

Le déficit en ^{210}Pb trouvé dans certains sédiments de lagons d'atolls ou d'îles hautes pourrait être associé à un enrichissement ponctuel en ^{226}Ra provenant d'eaux profondes circulant dans la mégaporosité des couronnes coralliennes sous l'effet d'un endo-upwelling géothermique tel qu'il a été décrit par ROUGERIE et WAUTHY (1986) et qui présente les mêmes particularités qu'un upwelling côtier.

CONCLUSION

Les mesures de ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{226}Ra dans les sédiments lacustres et lagunaires de Polynésie française mettent en évidence plusieurs phénomènes :

- les vitesses de sédimentation qui peuvent être calculées à partir de ces paramètres sont révélatrices d'une sédimentation rapide, particulièrement dans les îles hautes où l'érosion est importante et se superpose à une production de matière organique importante comme dans le lac Maeva (Huahine); des valeurs du même ordre ont été trouvées à Palau (Îles Caroline de l'Ouest; Jellyfish lake : 70 cm/siècle) par Burnett (1989);

- dans les lagons d'atolls et îles hautes, particulièrement dans les sédiments coralliens, on se trouve très souvent en présence d'un déséquilibre prononcé entre ^{226}Ra et ^{210}Pb ; ce déséquilibre provient sans doute de plusieurs facteurs liés à la nature du sédiment mais aussi à l'activité de la biomasse et à la présence de mécanismes de remontée d'eau profonde tels que les endo-upwellings géothermiques;

- la mesure de radioéléments tels que ceux considérés permet une bonne approche des biogéocycles de polluants métalliques et leur comportement dans l'environnement de la Polynésie française.

BIBLIOGRAPHIE

- **ARNOULD C., BADIE C., DUCOUSSO R. (1988).** Radioactivité naturelle et artificielle du mollusque *Tridacna maxima* en Polynésie française. Intérêt dosimétrique In : International Radiation Protection Association (IRPA) IRPA 7 , radiation protection practice,7. international congress, Sydney , 1988, 04, 10-17
Sydney : Pergamon Press , 1988,vol.3, 1391-1394
- **BACON M.P., SPENCER D.W., BREWER P.G. (1976)**
210Pb/226Ra and 210Po/210Pb disequilibria in seawater and suspended particulate matter
Earth Planet.Sci.Letters , 32 ,277-296
- **BRULAND K.W., KOIDE M., GOLDBERG E.D.(1974)** The comparative marine geochemistries of lead 210 and radium 226. *J.Geophys. Res.* , 79 (21), pp 3083-3086
- **BURNETT W.C., LANDING W.H., BERRY LYONS W., OREM W.(1989)** Jellyfish lake Palau , a model anoxic environment for geochemical studies. *EOS* , August 15 , pp. 778-783
- **BURTON W.M., STEWART N.G. (1960)** Use of long lived natural radioactivity as an atmospheric tracer . *Nature*, 186 , 584-589
- **FANNING K.A., BYRNE R.H. , et al. (1981)** Geothermal springs of the west Florida continental shelf : evidence for dolomitisation and radionuclide enrichment . *Earth Planet.Sci.Letters* , 52 , 345-354
- **GOLDBERG E.D.(1963)**, *Geochronology with 210 Pb In: Radioactive dating* , Vienna: IAEA p.121
- **GRAIG H., KRISHNAWAMI S., SOMAYAJULU B. (1973)** 210Pb /226Ra : Radioactive disequilibrium in the deep sea . *Earth Planet.Sci.Letters*, 17, 295-305
- **ROTH E. , POTY B., Eds (1985)** Méthodes de datation par les phénomènes naturels , applications (Collection CEA , série scientifique).Paris : Masson .
- **KOIDE M., SOUTAR A., and E.D.GOLDBERG(1972)** ,Marine geochronology with 210Pb , *Earth Planet. Sci. Letters* , 3,442
- **LARSEN B., JENSEN A. (1989)** Evaluation of the sensitivity of sediment stations in pollution monitoring . *Marine Pollut. Bull.*,20 (11), 556-560
- **MATSUMOTO E., (1975)** 210Pb geochronology of sediments from Lake Shinji
Geochem.J.,9, 167-172
- **NOZAKI Y., THOMSON J., TUREKIAN K.K., (1976)** The distribution of 210Pb and 210Po in the surface waters of the Pacific Ocean.*Earth Planet. Sci.Letters* , 32 ,304-312
- **POUPET (1989)** Géochimie organique et biogéochimie de sédiments des atolls de Tikehau et Takapoto (Polynésie française).Thèse en doctorat , université d'Orléans .
- **RICARD M. et al.(1983)** Principales caractéristiques hydrologiques, sédimentologiques et biologiques du lac Vaihiria . Muséum d'histoire naturelle, Paris ,Rapport E.P.H.E. RA11 -1983
- **ROUGERIE F., WAUTHY B., (1986).** Le concept d'endo- upwelling dans le fonctionnement des atolls - Oasis . *Oceanol. Acta* , 9, (2).

- **SCHELL W. R. (1977).** Concentrations, physico-chemical states and mean residence times of ^{210}Pb and ^{210}Po in marine and estuarine waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 1019 - 1031,
- **SHANNON L.V., CHERRY R.D., ORREN M.D. (1970)** Polonium 210 and Lead 210 in the marine environment . *Geochim. Cosmochim. Acta* . , 34, 701 - 711
- **THOMSON J. TUREKIAN K.K.(1976)** ^{210}Po and ^{210}Pb distributions in ocean waters profiles from the Eastern South Pacific . *Earth Planet. Sci. Letters* , 32, 297-303
- **UNSCEAR (1982).** Exposures resulting from nuclear explosions .In : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation ,1982 Report to the General Assembly New York : Nations Unies , 211 - 245.

PROTOCOLE ANALYTIQUE

1. - Peser de 2,5 à 3 g de sédiment dans les béchers, un bécher par échantillon. Pour les sédiments prélevés sur les atolls, où l'activité est plus faible en général, on prendra de 4 à 5 grammes.

2. - On ajoute, en plaçant le bécher sur une balance de précision, une quantité de solution de ^{208}Po correspondant à une activité de 0,18 Bq; pour des sédiments d'activité plus forte, on peut, sans inconvénient, monter à 0,25 - 0,35 Bq de manière à ce que le pic de ^{208}Po ait une hauteur à peu près équivalente à celle du ^{210}Po . On note avec précision la masse de solution ainsi ajoutée qui servira à calculer l'activité exacte de ^{208}Po ainsi ajoutée, sachant qu'1 ml de solution pèse 1,016 g.

L'activité exacte de ^{208}Po ajoutée sera donnée par la relation :

$$\text{A } ^{208}\text{Po} = \frac{\text{Poids de solution traceur ajoutée} \times \text{Activité de 1 ml de solution traceur}}{\text{introduite} \quad 1,016}$$

3. - On ajoute avec précaution 10 à 20 ml de HNO_3 100 % sur le sédiment et on porte à sec au bain de sable.

4. - On reprend avec HNO_3 67 % que l'on verse avec une pissette de manière à bien rincer les parois du bécher. On ajoute avec précaution 1 à 2 ml de H_2O_2 110 volumes.

5. - On porte à sec sur le bain de sable et on effectue deux autres reprises avec HNO_3 67 % en menant à sec chaque fois et en rinçant avec le jet d'acide les parois du bécher. Quantité d'acide : 15 à 20 ml à chaque fois.

6. - On effectue de la même manière 3 reprises avec HCl 37 %, en portant à sec entre chaque reprise, et en rinçant chaque fois les parois d'acide du bécher avec le jet d'acide. (quantité d'acide : 15 à 20 ml). Il importe, à ce stade, de veiller scrupuleusement à la température du bain de sable qui ne doit pas dépasser les 100°C.

7. - Le contenu des béchers est repris une dernière fois avec 20 ou 30 ml de HCl 0,5 N. Une fois bien dissous, on filtre sous vide sur filtre millipore en rinçant bien les parois, le filtre et le godet récepteur avec HCl 0,5 N afin de ne pas perdre de solution. Les béchers, de même, sont rincés 2 ou 3 fois avec HCl 0,5 N et l'acide est recueilli et filtré. Pour les sédiments calcaires des atolls, la filtration est souvent superflue car la dissolution est totale.

NOTA : si la filtration s'impose pour les sédiments vaseux qui laissent un résidu insoluble, elle est, par contre, inutile dans le cas des sédiments calcaires des atolls qui se retrouvent entièrement solubilisés.

8. - Les disques d'argent découpés à l'emporte pièce sur une feuille d'argent, sont soigneusement polis avec un produit du commerce (1), dégraissés ensuite par immersion dans du trichloréthylène et soigneusement essuyés avec un kleenex. Ils doivent être manipulés avec précaution en les tenant par la tranche, de manière à éviter de les souiller avec les doigts.

9. - Les disques sont vissés dans les cellules à déposition spontanée. L'étanchéité est vérifiée avec de l'eau distillée puis on verse dessus la solution obtenue. On ajoute en même temps 30 à 40 ml d'eau distillée dans laquelle on a fait dissoudre 1g environ d'acide ascorbique.

10. - Les cellules sont placées au bain marie à 90°C et la solution est agitée avec un bullage d'air.

11. - Les cellules sont maintenues à 90°C en agitation par bullage d'air pendant 3 heures au minimum, un temps supérieur, 4 à 5 heures, permet un rendement chimique de 90 à 95 % calculé grâce à l'ajout du traceur 208 Po.

12. - Les disques sont ensuite sortis des cellules, rincés à l'eau puis à l'acétone et séchés.

13. - Les disques d'argent sont stockés en étuve à 60°C en attendant d'être comptés en alpha dans une chambre à grille.

NOTA : On peut conserver le contenu des béchers, une fois minéralisé, tel quel jusqu'au jour du dépôt et du comptage si le temps séparant la minéralisation du comptage est long. On maintient ainsi l'équilibre entre 210 Po et 210 Pb contenus dans le minéralisat.

(1) Dans le cas présent nous avons utilisé le produit répondant au nom commercial de "MIROR".

CALCULS DES RESULTATS :

On commence par calculer l'activité du 208 Po, connaissant l'activité introduite, le rapport de ces deux activités donne le rendement chimique de l'extraction. On calcule ensuite de même l'activité du 210 Po en tenant compte du rendement chimique

Le calcul de l'activité seuil (limite de détection) incluant le bruit de fond de la chambre et l'erreur de mesure sur le 210 Po, tient aussi compte du rendement chimique. Les résultats peuvent être exprimés en pCi/g ou en m Bq/g pour des commodités au stade des graphiques.

N.B. : Pour bien organiser la procédure :

- commencer un lundi,
- attaquer entre 12 et 20 échantillons,
- 1ère semaine : attaque des échantillons,
- 2ème semaine : dépôt sur disques d'argent du 210 Po extrait et mesures,

l'organisation du protocole étant directement fonction du nombre de cellules de déposition et de chambres à grilles disponibles.

Résultats des analyses dans la carotte Vahiria V2

ECHANTILLON	NIVEAU	226Ra mBq/g	erreur rel.	137CsmBq/g	erreur rel.
87025	0-1	12,5	3,8	19	4,5
87026	1-2	28,5	8,2	17	4
87027	2-3	42,8	14,1	16	7
87028	3-4	21,4	8,3	19	4
87030	5-6	40	11	20	4
87031	6-7	54	14	19	12
87032	7-8	15,3	4	21	4
87033	8-9	14,1	3,8	17	5,2
87034	9-10	33,3	12	17	3,8
87035	10-11	23	10	17	4
87036	11-12	19,2	7	28	3,6
87037	12-13	25,3	8	25	4
87038	13-14	8,3	4	24	9

ECHANTILLON	NIVEAU	210PomBq/g	erreur rel.	226RamBq/g	erreur rel.
87025	0-1			12,5	3,87
87030	5-6	254	5,3	40	11,84
87032	7-8	248	4,9		
87035	10-11	193	5,7	23	10,1
87040	15-16	293	5,1		
87048	23-24	438	5,4		
87053	27-28	272	3,7		
87055	29-30	217	8,9		
87060	33-34	90	2,5		
87066	39-40	73	1,7		
87067	65-73	27	1,6		
valeur moy.				25	(13 mesures)

LAC MAEVA , CAROTTES C1, C2,C3 , RESULTATS

niveau en cm	210PomBq/g	erreur rel.	Point C1 prof : 14m
0-2	75,8	1,17	
2-5	68,4	1,88	
5-8	52,4	0,83	
8-11	53,5	0,88	
14-17	39,7	0,79	
17-20	42,5	0,86	
20-23	36,3	1,17	
23-26	31,9	6,9	
26-29	29,2	x	
29-32	30,7	0,7	
32-35	29,8	0,68	
35-38	26,2	0,88	
50-55	24,1	0,66	

niveau	210PomBq/g	erreur rel.	Point C2 prof: 9m
0-1	34	0,9	
1-2	34	0,8	
2-3	73	1,4	
3-4	74	0,5	
4-6	84	1,2	
6-8	71	1,2	
8-10	63	1	
10-12	59	1	
12-14	57	1	
14-16	56	0,8	
16-18	53	0,9	
18-20	54	1	
20-22	46	0,8	
22-24	47	1	
24-26	44	0,8	
26-28	37	0,8	

niveau en cm	210Po mBq/g	erreur rel.	point C3 prof : 5m
0-2	79,2	1,14	
2-4	78	1,15	
4-6	81,6	1,3	
6-8	70,1	1	
8-10	72,2	1,2	
10-12	63,3	1,1	
12-14	50,8	0,9	
14-16	41,5	0,8	
16-18	39,9	0,9	
18-20	34,5	0,7	
20-22	28,7	0,7	
22-24	19,6	0,5	
24-26	22,8	0,7	
26-28	22,7	0,6	
28-30	23,4	0,6	
30-32	19	0,5	

RESULTATS DES COMPTAGES DE ¹³⁷Cs DANS LA CAROTTE C1

niveau en cm	¹³⁷ Cs mBq/g	erreur rel.
--------------	-------------------------	-------------

0-3	4	2,3
3-4	<2,5	
4-5	<2	
5-6	14	3,4
6-7	<2	
7-8	7,2	3,4
8-9	2,3	2,2
9-10	4,3	2,4
10-11	6,6	3,8
11-12	5,1	2,6
12-13	5	4
13-14	8,1	3
14-15	<2,4	
18-19	<2,3	
20-23	ld	
26-29	ld	
34-37	ld	
45-50	<1,4	

ormentement électropositif alors que Pb, Bi et Po sont, eux fortement électronégatifs et réactifs en milieu réduit ; ceci pourrait expliquer partiellement la relative abondance de ²²⁶Ra dans les sédiments coralliens par rapport au ²¹⁰Pb souvent déficitaire .

32

TIKEHAU POINT SC , RESULTATS DES MESURES

niveau en cm	²¹⁰ Po mBq/g	erreur rel.	²³⁴ Th mBq/g	erreur rel.	²²⁶ Ra mBq/g	erreur rel.
0-2	92,5	1,5	74	19	65	11
2-4	90,7	1,3	44	24	73	19
4-6	67	1	60	13	64	11
6-8	68	1	58	14	61	18
8-10	71,8	1	51	27	63	24
10-12	76,2	1	47	23	81	18

niveau en cm	²¹⁴ Pb mBq/g	erreur rel.	²¹⁴ Bi mBq/g	erreur rel.	²¹⁰ Pb mBq/g	erreur rel.
0-2	55	2	59	4	90	26
2-4	60	3,1	60	5	50	24
4-6	52	2	45	2	81	20
6-8	49	2,5	56	2,5	88	19
8-10	65	6	67	8	82	38
10-12	60	3	64	4,5	48	22

niveau	²³⁵ U mBq/g	erreur rel.
0-2	3	0,7
2-4	3,5	1
4-6	3	0,6
6-8	2,9	0,6
8-10	2,8	1,4
10-12	3,8	0,9

TIKEHAU POINT P1, RESULTATS DES MESURES

niveau en cm	210Po mBq/g	erreur rel.	234Th mBq/g	erreur rel.	226Ra mBq/g	erreur rel.
0-1	27,2	0,7				
1-2	25	0,7	30	15	20	10
2-3	25,9	0,7				
3-4	21	0,5	35	15	19	11
4-5	20,4	0,5	31	12	22	10
5-6	20,9	0,5	33	12	19	10
6-7	19	0,5	33	12	29	10
7-8	19	0,4	42	11	24	9
8-9	21,6	0,6	39	15	20	12

niveau en cm	214Pb mBq/g	erreur rel.	214Bi mBq/g	erreur rel.	210Pb mBq/g	erreur rel.
0-1						
1-2	2,8	1,7	2,8	2,5	9,2	>9,2
2-3						
3-4	2,3	2	3,1	2,5	13	>13
4-5	2,9	1,5	2,6	2	13	>13
5-6	2,2	1,6	2,2	2	19	17
6-7	1,2	>1,2	3	2	6	>6
7-8	2	1,5	2,7	2	12	>12
8-9	2,3	2	0,5	>0,5	20	>20

niveau en cm	235U mBq/g	erreur rel.
0-1		
1-2	0,92	0,56
2-3		
3-4	0,79	0,6
4-5	1,1	0,58
5-6	0,9	0,5
6-7	1,4	0,6
7-8	1	0,5
8-9	0,9	0,65

TIKEHAU POINT G1, RESULTATS DES MESURES

niveau en cm	210PomBq/g	erreur rel.	234Tn mBq/g	erreur rel.	226Ra mBq/g	erreur rel.
0-1	16	2,2	25	14	20	10
1-2	17	1,9	32	17	21	12
2-3	19	2,5	37	16	21	12
3-4	14,4	1,7	36	17	20	12
4-5	14,4	1,8	39	14	27	11
5-6	14,3	1,7	37	13	21	10
6-7	14,6	1,7	38	22	24	15
7-8	14,8	1,7	53	18	26	13

niveau en cm	214PbmBq/g	erreur rel.	214Bi mBq/g	erreur rel.	210Pb mBq/g	erreur rel.
0-1	2,6	1,6	4,5	2,3	7	>7
1-2	5,3	2,2	6,1	3	7,8	>7,8
2-3	3,7	2	5,4	3	3,6	>3,6
3-4	3,5	2	4,4	2,7	5,2	>5,2
4-5	2,5	1,6	5,4	2,4	3,3	>3,3
5-6	5,2	1,7	4,2	2,2	12	>12
6-7	5,2	2,7	3,6	3,6	4,6	>4,6
7-8	5,5	1	7,5	3,3	17	>17

niveau en cm	235U mBq/g	erreur rel.
0-1	0,9	0,56
1-2	0,95	0,65
2-3	0,98	0,67
3-4	0,95	0,6
4-5	1,3	0,6
5-6	0,97	0,56
6-7	1,2	0,9
7-8	1,2	0,7

2) les conditions d'oxydo-réduction et de pH dans le sédiment ;

3) la granulométrie , si elle est fine , semble plus à même de retenir au sein du sédiment le radon 222 que si elle est grossière comme dans le cas des sables coralliens de Takapoto;

TEMAE , RESULTATS DES MESURES

niveau en cm	²¹⁰ Po mBq/g	erreur rel.
0-2	26	0,6
2-3	29	0,7
3-4	22	0,6
4-5	18	0,5
5-6	17	0,5
6-7	20	0,5
7-8	15	0,4
8-9	17	0,5
9-10	17	0,5
10-11		
11-12	14	0,4
fond	14	0,4

niveau en cm	²²⁶ Ra mBq/g	erreur rel.	²¹⁴ Pb mBq/g	erreur rel.	²¹⁴ Bi mBq/g	erreur rel.
2-6	30	9	2,2	1,7	1,9	1,9
6-9	37	8,5	1,6	1,1	1,6	1,4
9-12	32	6,8	1	0,9	1,8	1,1
fond	33	7	1,3	0,95	1,5	1,2

niveau en cm	²¹⁰ Pb mBq/g	erreur rel.	²³⁵ U mBq/g	erreur rel.	²²⁸ Ac mBq/g	erreur rel.
2-6	11	8	1,2	0,6	4,2	3,3
6-9	9	7,3	1,4	0,45	3,9	2,2
9-12	3,9	>3,9	1,3	0,36	2,2	1,7
fond	10	6	1,3	0,37	2,3	1,9

niveau en cm	²²⁸ Th mBq/g	erreur rel.	²¹² Pb mBq/g	erreur rel.	²³⁴ Th mBq/g	erreur rel.
2-6	4,7	3,2	1,6	1,5	30	9
6-9	2,3	2,3	1,15	1	37	7
9-12	1,4	>1,4	1,1	0,9	32	6,2
fond	1,3	1,3	0,92	0,8	33	6

versant S1 (3,8 km²) sur l'aire maximale du lacS2 (22 ha) on peut poser :

36

TAKAPOTO POINT 1 , RESULTAT DES MESURES

niveau en cm	210Po mBq/g	erreur rel.	226Ra mBq/g	erreur rel.
0-1	7,9	0,5	14	6
1-2	6,3	0,3		
2-3	7,6	0,5		
3-4	7,3	0,3		
4-5	7,5	0,3		
5-6	7,4	0,3	15	3
6-7	7,4	0,3		
7-8	7,5	0,3		
8-9	7	0,5		
9-10	6,4	0,3	16	3
10-12	6,3	0,4		
12-13	5,4	0,4		
13-14	6,2	0,25		
14-15	6,1	0,4		
15-16	5,9	0,25		
16-20	5,2	0,2		

TAKAPOTO POINTS 2 ET 3 , RESULTATS DES MESURES

point 2

niveau en cm	210Po mBq/g	erreur rel.	226Ra mBq/g	erreur rel.
0-1	7	0,2	15	2,4
1-2	6,1	0,4		
2-3	7,2	0,4		
3-4	6,9	0,25	19	8
4-5	6,2	0,3		
5-6	6,8	0,25		
6-7	6,8	0,25		
7-8	5,8	0,2		
8-9	5,9	0,4	15	3
9-10	5,9	0,2		
10-11	6,5	0,3		
11-13	6,4	0,3	18	3
13-15	5,7	0,4		

point 3

niveau en cm	210Po mBq/g	erreur rel.	226Ra mBq/g	erreur rel.
0-1	5	0,2	12	2,4
1-2	4,4	0,2		
2-3	4,3	0,3		
3-4	4,2	0,2	10	5
4-5	3,6	0,2		
5-6	4,2	0,2		
6-7	3,2	0,3		
7-8	4,5	0,2	14	2,8
8-9	4	0,2		
9-10	4,2	0,2		
10-11	4,5	0,2		
11-12	4,4	0,2	13	3,2
14-20			14	2,4

*Achévé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation Saclay
Mars 1991*

*DEPOT LEGAL
1er trimestre 1991*

ISSN 0429 - 3460

La diffusion des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Énergie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cédex, (France)

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Énergie Atomique are available from the Service de Documentation, CEN-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cédex, (France)

