

ZoNéCo

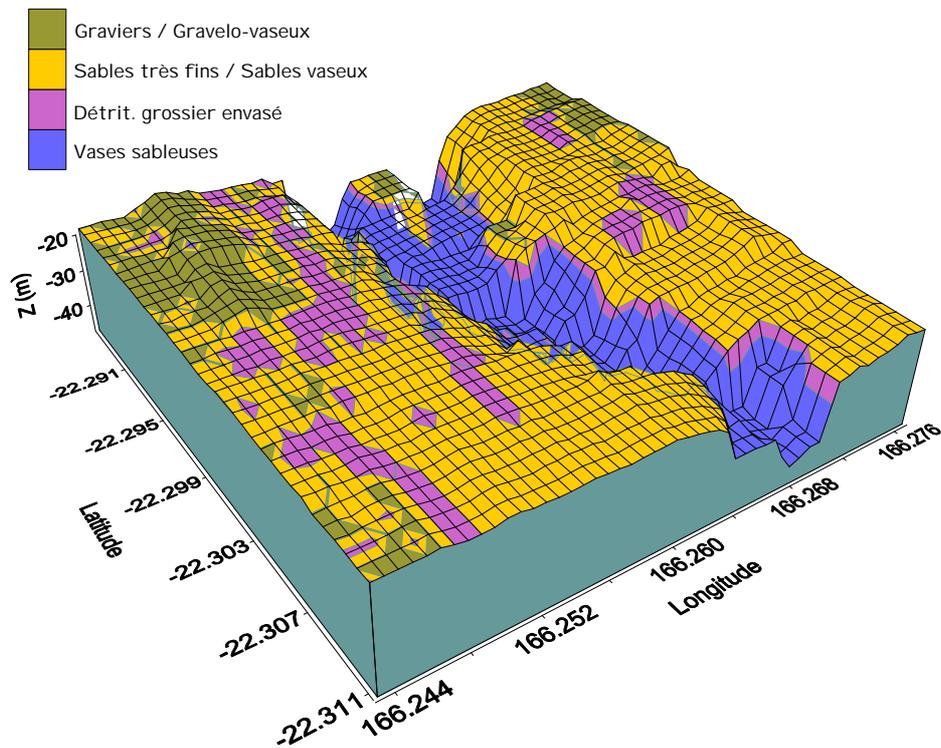
PROGRAMME D'ÉVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ÉCONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

Caractérisation des types de fonds et habitats benthiques par classification
hydro-acoustique d'ANS LE LAGON SUD-Ouest de Nouvelle-Calédonie

Rapport d'activités pour l'année 2000

CHRISTOPHE CHEVILLON

Centre IRD, BP A5 Nouméa



JUILLET 2001

CARACTERISATION DES TYPES DE FONDS ET HABITATS
BENTHIQUES PAR CLASSIFICATION HYDRO-ACOUSTIQUE DANS
LE LAGON SUD-OUEST DE NOUVELLE-CALEDONIE

CHRISTOPHE CHEVILLON
U.R. CAMELIA



**Institut de recherche
pour le développement**

JUILLET 2001

Remerciements :

Je tiens à remercier ici toutes les personnes qui ont participé à ce travail et tout particulièrement : **Jean-Yves Panché**, électronicien d'exception qui ne s'est jamais laissé démonter par les caprices permanents et déroutants de RoxAnn(e) ; les commandants **Raymond Proner** et **Jean-François Barazer** du N.O. Alis, **Philippe Tirard** du N.O. Dawa et **Georges Bargibant** du N.O. Coris, ainsi que leurs équipages, toujours volontaires et prêts à rendre service bien au-delà des limites théoriques... ; **Pierre Laboute** pour les interventions en plongée, les prises de vues sous-marines et les descriptions extrêmement précises et détaillées du terrain, fruit d'une immense connaissance du milieu marin ; et enfin **Angelo Di Matteo** pour l'aide précieuse apportée au laboratoire dans le traitement des échantillons.

- SOMMAIRE -

	Pages
INTRODUCTION.....	1
PRESENTATION DU SYSTEME.....	2
ELEMENTS.....	2
PRINCIPE.....	3
REPRESENTATION.....	4
TRAVAUX REALISES.....	7
PREAMBULE : POST-TRAITEMENT DES DONNEES.....	7
ACQUISITION DES SIGNATURES ACOUSTIQUES.....	11
Faciès.....	11
<i>Fonds coralliens</i>	11
<i>Herbiers</i>	11
<i>Algueraies</i>	12
<i>Dalle rocheuse</i>	13
Fonds meubles.....	13
<i>Vases</i>	13
<i>Fonds de Sables</i>	14
VERITE TERRAIN 16	
Sédimentologie.....	16
Acoustique.....	18
Classification des fonds.....	21
PROSPECTION ACOUSTIQUE A PLUS LARGE ECHELLE.....	25
La Baie de Dumbéa.....	25
La Baie de S ^{te} Marie.....	26
Le Canyon de la Dumbéa.....	27
ORGANISATION DES FICHIERS DE DONNEES.....	29
ACOUSTIQUE.....	29
SEDIMENTOLOGIE.....	31
PHOTOTHEQUE 32	
CONCLUSION.....	33
BIBLIOGRAPHIE.....	35

CARACTERISATION DES TYPES DE FONDS ET HABITATS BENTHIQUES DU LAGON SUD-OUEST DE NOUVELLE-CALEDONIE PAR CLASSIFICATION HYDRO-ACOUSTIQUE

INTRODUCTION

La caractérisation des types de fonds et habitats benthiques est réalisée par méthode acoustique via le système RoxAnn™. Ce système, développé par *Marine Micro Systems Ltd.* (Aberdeen, Écosse), est un classificateur de fonds hydro-acoustique qui repose sur le traitement numérique des signaux en retour d'émission (1^{er} et 2^{ème} échos) d'un échosondeur mono-faisceau classique de type plaisance. Il permet l'acquisition et la cartographie en temps réel de données (coefficients de dureté et rugosité) qui vont permettre d'interpréter la nature des fonds et, bien entendu, de connaître la bathymétrie. Ainsi, sur le terrain, et après étalonnage, le RoxAnn™ peut apporter instantanément et en continu, des informations sur la profondeur, la texture et la granulométrie du sédiment (argiles, limons, sables fins, sables grossiers, graviers...) et permet l'identification de biotopes et habitats particuliers tels que herbiers, algueraies, maërl, fonds durs coralliens, gisements coquilliers, dalle calcaire, etc... L'intérêt majeur de ce système est l'acquisition des données en temps réel qui permet une reconnaissance immédiate - avec une information plus détaillée que celle apportée par les analyses sédimentologiques classiques - de la nature et de la répartition des fonds lors de l'exploration d'une nouvelle zone. Dans le cas d'études environnementales, ce système peut être utilisé dans le repérage de zones favorables à l'accumulation de polluants (adsorption de métaux lourds), à l'extraction de matériaux, à la réalisation de certains aménagements littoraux, ou encore au suivi temporel de l'évolution du milieu. Dans le domaine des ressources, il peut être utilisé dans la recherche d'habitats favorables à la présence de certaines ressources exploitables, voire directement à la détection de la ressource elle-même (coquille St Jacques du lagon nord par exemple).

PRÉSENTATION DU SYSTEME

ÉLÉMENTS

Un système RoxAnn™ opérationnel est composé du boîtier classificateur RoxAnn™, d'un GPS, d'un écho-sondeur et de son transducteur, le tout connecté à un micro-ordinateur sur lequel est installé le logiciel RoxMap™ d'acquisition, de traitement et de représentation des données (Fig. 1 & 2).

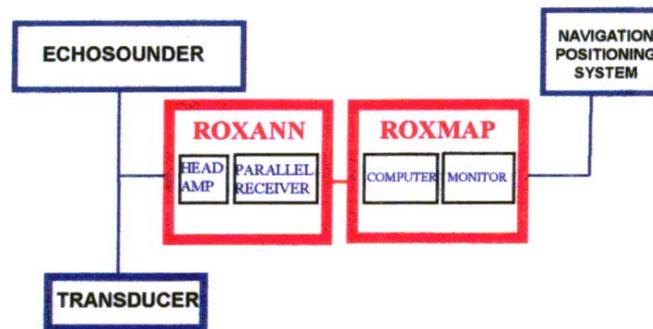


Fig. 1. Éléments et connexions du système RoxAnn.

Le boîtier lui-même comprend deux unités principales, un amplificateur et un récepteur parallèle. L'amplificateur est raccordé à l'échosondeur et en parallèle au terminal principal du transducteur. Il se cale directement sur la sortie du transmetteur afin d'avoir un effet négligeable sur les performances du transducteur.

Le récepteur parallèle est composé d'une multitude de "boîtes noires", les processeurs automatiques (amplificateurs, filtres, oscillateurs). Il reçoit les échos provenant de l'amplificateur et applique un traitement approprié au signal, notamment des corrections de variations de temps et des filtrations (mouvements du navire, pente abrupte du fond, discontinuités dans la colonne d'eau, etc...). Le découpage du signal et l'intégration des premiers et second échos sont exécutés au travers de cette unité.



Fig. 2. Image des éléments du système. (GPS, sondeur, micro-ordinateur et boîtier classificateur RoxAnn).

PRINCIPE

Le cœur du système est un processeur électronique (U.S.P. / ultra-sonic processor) de traitement numérique du signal dont le fonctionnement est basé sur la théorie des échos multiples reçus par les sondeurs bathymétriques. A partir d'une réception et de son premier multiple, il permet de déterminer la nature du sédiment sur lequel l'onde incidente s'est réfléchi. Le 1^{er} signal (E1) reçu par le transducteur est issu de la 1^{ère} réflexion sur le fond (Fig. 3a) et le second (E2) s'est réfléchi deux fois sur le fond et une fois sous la surface de l'océan avant de revenir au transducteur (Fig. 3b).

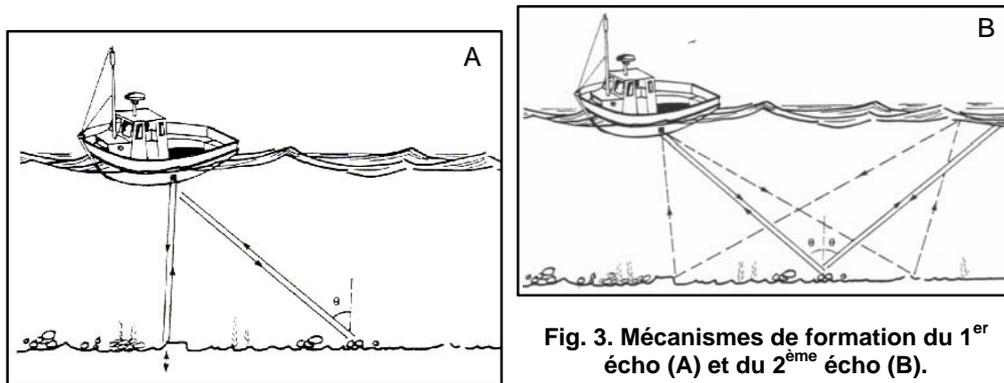


Fig. 3. Mécanismes de formation du 1^{er} écho (A) et du 2^{ème} écho (B).

Le système analyse les échos de retour, amplifie le signal puis effectue un traitement par intégration. Les informations fournies correspondent à des coefficients de rugosité (E1) et de dureté (E2) qui, après calibrage, peuvent être traduites en nature de sédiments ou d'habitats. Le calcul de la dureté est fonction de la différence d'impédance acoustique entre l'eau et le sédiment et de l'absorption de l'onde par ce dernier. Le calcul de la rugosité est basé sur la réverbération (quantité d'énergie diffusée par un élément réverbérant) qui est fonction de l'aspect (relief) de l'interface eau-sédiment, de la nature même du sédiment et de l'angle d'incidence. Dans les deux cas, le système intègre aussi l'amplitude et la longueur d'onde de chaque écho (Fig. 4).

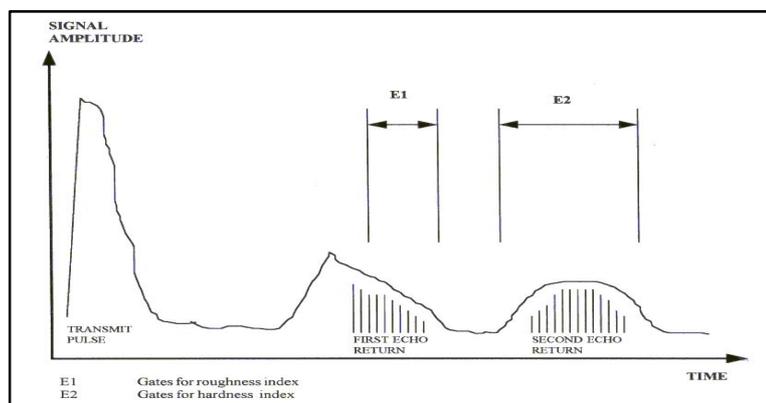


Fig. 4. Parties des échos reçus et intégrés pour le calcul de E1 et E2.

E1 et E2 sont exprimés en volts, tandis que la profondeur est exprimée en millisecondes. Pour les fonds du lagon nous avons choisi un transducteur avec une fréquence de transmission de 200 kHz. Celui-ci émet avec une largeur de faisceau d'environ 10° qui offre une résolution à 17% de la profondeur (soit un cercle de 2.5 m de Ø sur des fonds de 15 m ou de 5 m de Ø sur des fonds de 30 m). La fréquence d'enregistrement des données peut-être réglée (1 par seconde à 1 toutes les 990s) en tenant compte notamment de la profondeur explorée et de la vitesse du navire (Fig. 5).

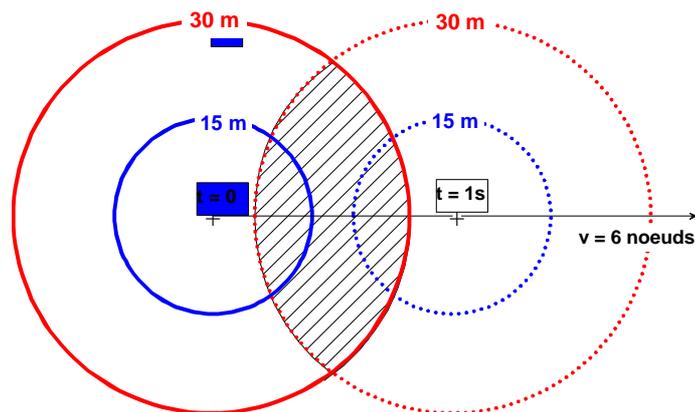


Fig. 5. Empreinte du faisceau sur le fond pour des profondeurs de 15 et 30m. Pour une vitesse de 6 noeuds (3m/s) et une acquisition par seconde, il y a chevauchement de l'information sur les fonds de 30m.

REPRESENTATION

Chaque type de fond va produire des couples de valeurs (E1, E2) bien déterminés. Ces couples de valeurs sont représentés dans un diagramme bivarié (« RoxAnn Square »), avec E2 en abscisse et E1 en ordonnée, sous la forme d'un point qui se déplace en temps réel à l'écran au fur et à mesure des déplacements du navire (Fig. 6). Le diagramme contient un ensemble de parallélépipèdes

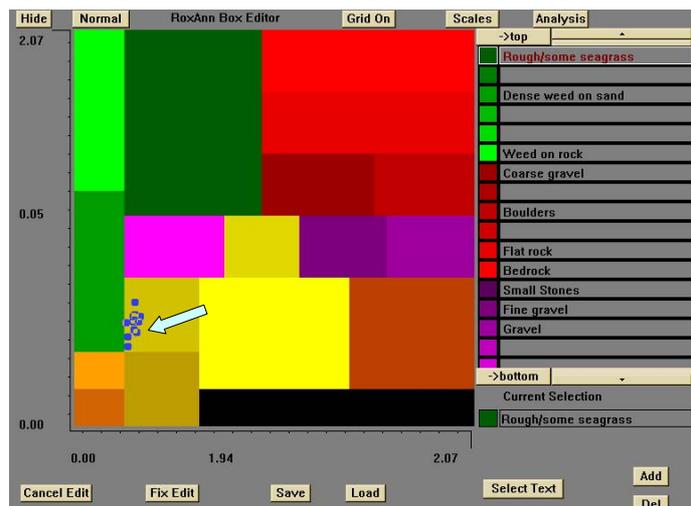


Fig. 6. Le carré RoxAnn avec la classification fournie par le constructeur. La grappe de points (flèche) matérialise les couples de valeurs E1/E2 en cours d'acquisition.

(« RoxAnn box ») pré-définies qui représentent les groupements de valeurs proches correspondant à une unité sédimentaire donnée. A chaque boîte est attribué une couleur et

un nom correspondant à la granulométrie du fond ou à un biotope particulier. Outre l’affichage du carré RoxAnn™ et du déplacement des couples de valeurs (E1, E2) dans le carré, la partie logiciel RoxMap™ permet, entre autres choses, l’affichage d’un profil bathymétrique et du tracé de la route du navire avec les variations de couleurs correspondant aux types de fonds traversés (Fig. 7).

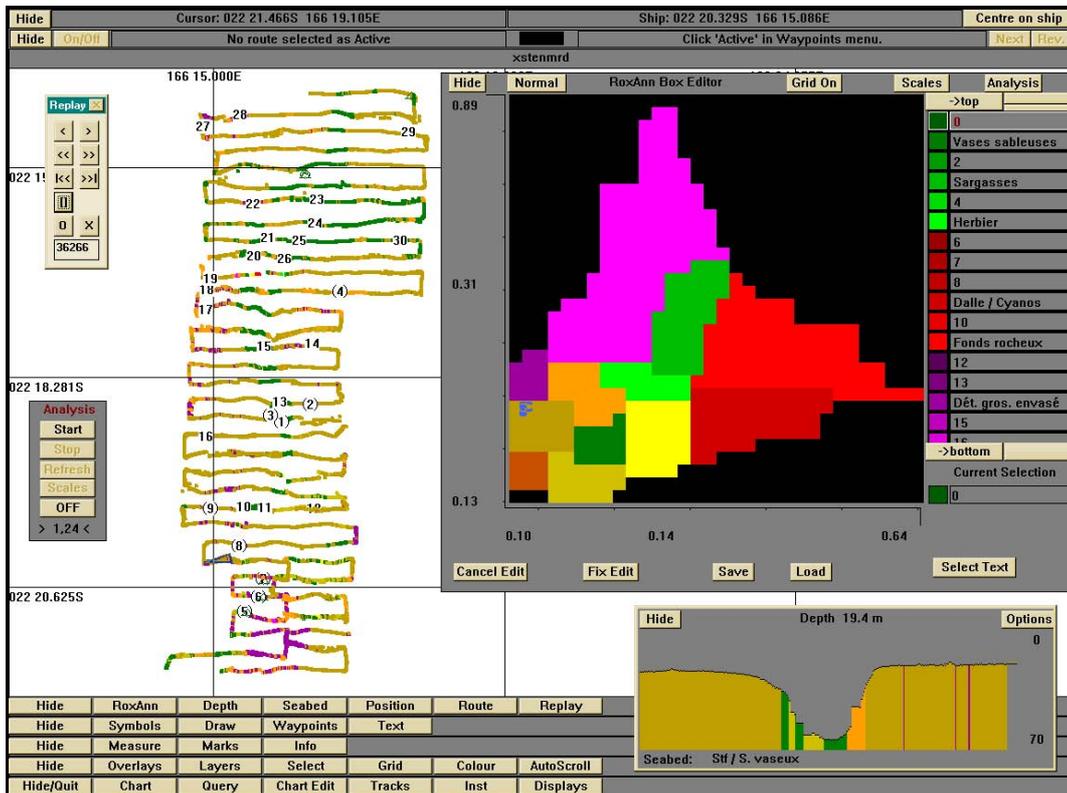


Fig. 7. Écran RoxMap avec différentes options d’affichage.

Ce tracé peut-être affiché sur un fond neutre repéré en latitudes et longitudes, soit sur un fond de carte marine électronique de la zone (lorsqu’elle est disponible).

La version scientifique et/ou 3D permet d’obtenir de façon quasi-instantanée, via le logiciel Surfer, un bloc diagramme de la zone étudiée intégrant le relief sous-marin et les types de fonds sédimentaires (Fig. 8).

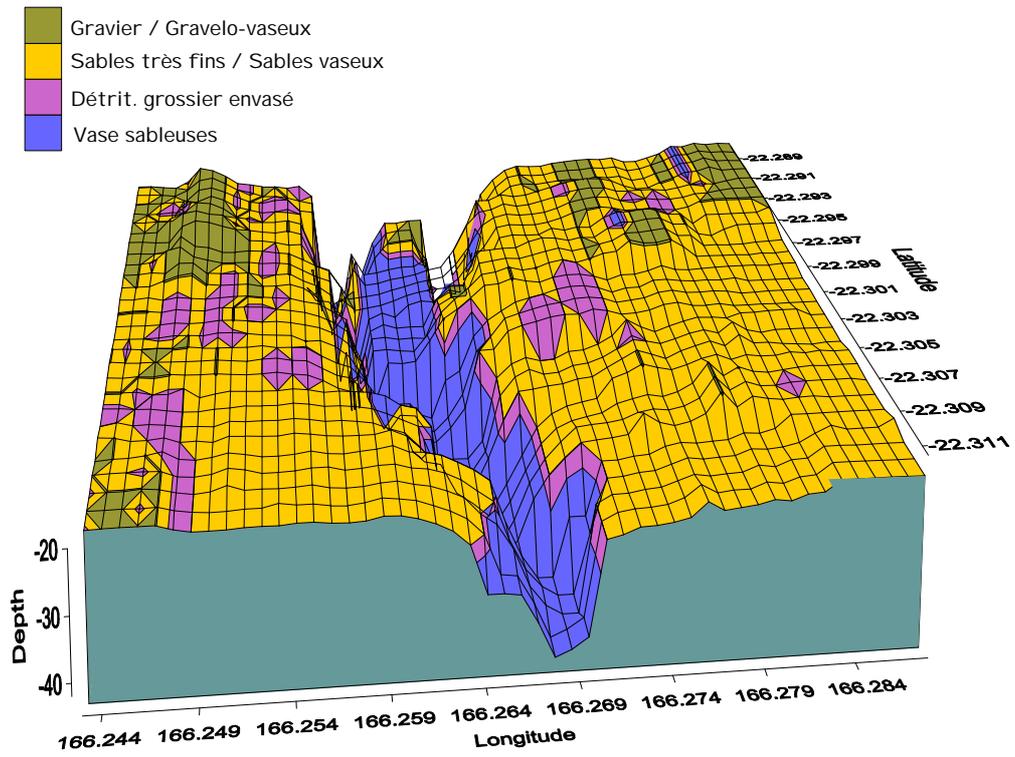


Fig. 8. Bloc diagramme bathymétrique avec nature des fonds (Canyon de la Dumbéa).

TRAVAUX REALISES

PREAMBULE : POST-TRAITEMENT DES DONNEES

À l'exception de la couverture acoustique de la Baie de S^{te} Marie, les résultats présentés ici ont été validés. C'est à dire que les données brutes, une fois acquises sur le terrain, ont été post-traitées au laboratoire. Le traitement consiste, entre autres, à éliminer toutes les données suspectes et de mauvaise qualité. Ces problèmes ont été rencontrés principalement :

- ✓ sur les petits fonds en présence d'un réflecteur puissant (dalle calcaire, platier récifal, cailloutis, sable induré, vases compactées) ; dans ce cas la réflexion et la réverbération du substrat sont trop fortes et engendrent l'acquisition d'un signal aberrant, brouillé, qui se traduit par des sautes de bathymétrie ;
- ✓ lorsqu'il y avait moins de 1.5 m d'eau sous le transducteur ; il y a alors une perte du signal mais le RoxAnnTM répète la dernière donnée acquise jusqu'à la récupération du signal ;
- ✓ en cas de forte pente du fond (canyon par exemple) et d'une vitesse trop élevée du navire ; ici aussi il y a perte du signal et répétition de la dernière donnée acquise ; lorsque c'était possible, un nouveau passage a alors été réalisé en réduisant la vitesse du navire (en général de 6 à 3 nœuds) ;
- ✓ lors du retournement de la paravane (Fig. 8bis) sur laquelle est fixée le transducteur ; cet incident peut survenir lorsque la mer est agitée, lorsque la vitesse du navire est trop élevée ou pendant les changements de directions ; dans les "virages", lorsque la paravane ne se retourne pas, les données sont conservées mais il faut tenir compte que, du fait du changement de l'angle d'incidence d'émission du faisceau acoustique, les données peuvent être légèrement et temporairement décalées ;
- ✓ lors de mise à la masse défailante de l'appareillage électronique (parasites) ;
- ✓ en présence d'interférences acoustiques (avec les autres appareils du navire de prospection ou ceux de navires proches).



Fig. 8 bis : Vue du dessous de la paravane remorquée avec le transducteur au 1^{er} plan.

Ces données de mauvaises qualités ne sont pas repérables sur le tracé à plat du RoxAnnTM (transects), mais sont détectées par :

- ✓ un comportement erratique ou la disparition pure et simple du signal matérialisant les couples de valeurs E1/E2 dans le carré RoxAnnTM ;
- ✓ par la présence de paliers au tracé parfaitement rectiligne sur le profil bathymétrique déroulant (perte du signal et répétition de la dernière donnée acquise jusqu'à sa récupération) (Fig. 9) ;
- ✓ par l'apparition, toujours sur le profil bathymétrique, de sautes de bathymétrie en négatif ou en positif par rapport à la profondeur réelle (Fig. 9).

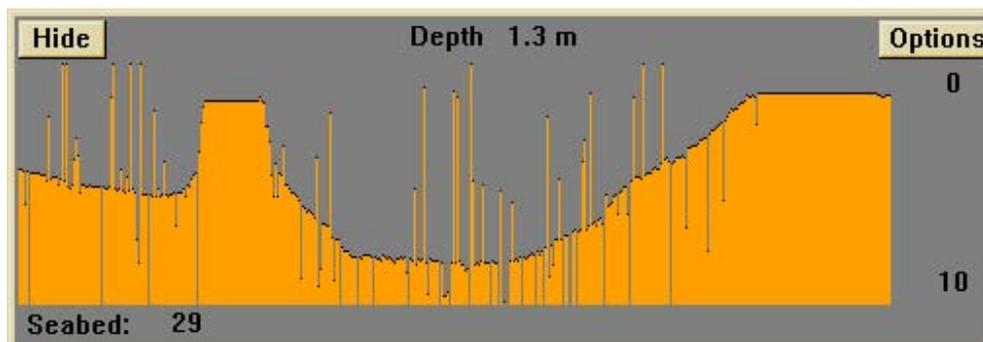


Fig. 9. Profil bathymétrique déroulant révélant une mauvaise acquisition des données. (paliers et sautes de bathymétrie).

L'élimination des mauvaises données peut se faire soit, au sein même de la partie logiciel du système RoxAnnTM (RoxMapTM), soit en exportant les données vers un tableur (ici Microsoft Excel) et en les réintégrant dans RoxMapTM par la suite.

Sous RoxMapTM, le traitement se fait en rejouant les données, en les ré-enregistrant au fur

et à mesure et en coupant les passages contenant des mauvaises acquisitions. Le procédé est exactement le même que pour le montage d'un enregistrement vidéo ou musical. Une fenêtre avec les mêmes boutons qu'une télécommande de magnéscope (avant, arrière, avance rapide, arrière rapide, pause, stop, enregistrement et compteur) est disponible pour cette opération. Cette méthode n'offre toutefois pas une grande précision et ne permet pas d'éliminer les mauvaises données une à une comme cela peut s'avérer nécessaire.

Les possibilités offertes par un tableur comme Excel sont plus intéressantes : tri des données, valeurs mini et maxi, recherche de valeurs aberrantes, représentation graphique. Dans les représentations graphiques, les paliers évoqués plus haut sont aisément identifiables, de même que les discontinuités ou les variations brutales des valeurs qui peuvent indiquer une mauvaise acquisition (Fig. 10). Bien évidemment, la réalité des erreurs est contrôlée par des allers-retours permanents entre les données exportées sous Excel et le rejeu de ces données sous RoxMap™ en utilisant les indicateurs énumérés précédemment.

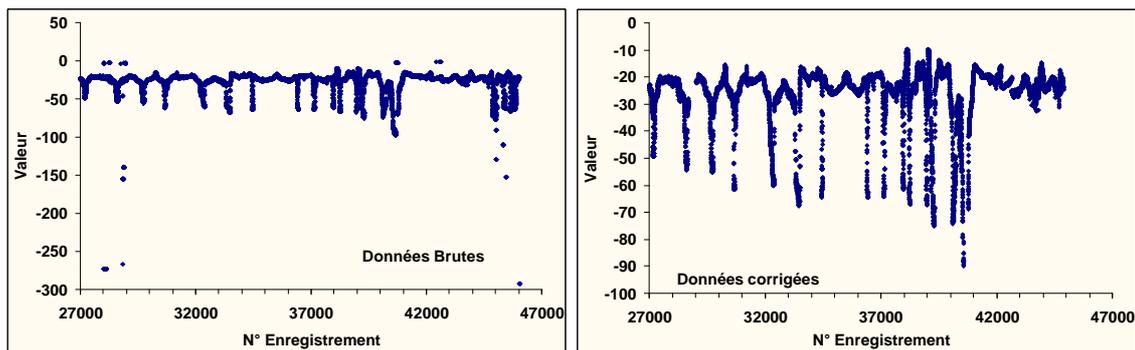


Fig. 10. Extrait d'une série de données avant (à gauche) et après corrections sous Excel.

Note 1 : lors de l'exportation des données sous Excel (ou au format .txt) nous avons constaté que les valeurs extraites de E1 et E2 ne correspondait pas aux valeurs affichées à l'écran (RoxMap™), mais à ces valeurs au carré. Ainsi, dans le cas d'une utilisation des données acoustiques en dehors du système RoxAnn™ (logiciels de cartographie, AVS, SIG) il faut ramener ces valeurs à leur racine pour que les données correspondent aux codes de classifications développés sous RoxMap™.

Note 2 : après corrections sous Excel la réintégration des données dans le système RoxAnn™ est assez complexe. Les données Excel doivent d'abord être exportées au format texte (.txt) puis transformées en texte enrichi (.t-t, module txt2t-t.exe) et réintégrées via le module ImportLC.exe. Les données se retrouvent alors dans l'hémisphère nord et les positions géographiques totalement inversées, avec le sud au nord et l'est à l'ouest ! Pour retrouver la situation initiale il faut procéder aux transformations suivantes :

- sous Excel, avant l'exportation au format texte, inverser le signe de la latitude et remplacer la partie décimale par sa différence à 1 (la latitude de $-22^{\circ}2347999$, notée -22.234799 devient 22.7652001) ;
- sous RoxAnn™, déplacer l'ensemble des données après transformation de $-(2x^{\circ}\text{Lat.} + 1)^{\circ}$, soit -45° dans notre exemple. Ceci est réalisé avec l'option "Offset" du module Database.exe.

Enfin, dès les premières acquisitions sur le terrain, il est apparu que le carré RoxAnn™ fourni avec le système, dont les échelles de rugosité et dureté varient de 0 à 4.09 Volts, n'offrait pas une définition suffisante pour les milieux lagunaires (Fig. 11). Une fois un nombre suffisant de données acquises et corrigées (123 000 enregistrements à ce jour) les échelles du carré RoxAnn™ ont donc été modifiées de 0.1 à 0.64 Volts en abscisse (E2, Dureté) et de 0.13 à 0.89 Volts en ordonnée (E1, Rugosité), afin de disposer d'une meilleure résolution dans la discrimination des réponses acoustiques pour les différents types de fonds lagunaires. Bien entendu, ces limites sont susceptibles d'être à nouveau modifiées au fur et à mesure des nouvelles acquisitions.

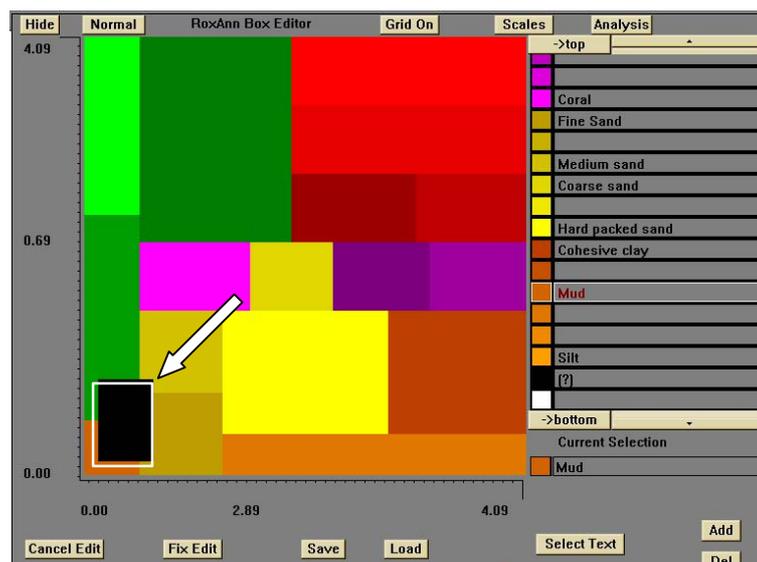


Fig. 11. Aire de dispersion des signatures acoustiques lagunaires dans le carré RoxAnn™ fourni par le constructeur (rectangle noir).

ACQUISITION DES SIGNATURES ACOUSTIQUES

FACIES

Dans un premier temps il a été cherché à obtenir les signatures acoustiques de faciès connus et identifiables visuellement à travers le lagon SW tels que les fonds coralliens, les herbiers, les algueraies ou les fonds rocheux (dalle).

· FONDS CORALLIENS

La signature acoustique des fonds coralliens a été obtenue en explorant la zone dite "La Forêt" sur les fonds d'arrière récif du récif Abore, situés entre l'épave de l'Ever Prosperity et la passe de Boulari. Les fonds explorés étaient constitués de sables, de patates éparses sur fond de sable, de hauts et imposants pinacles ou de champs de coraux branchus (Fig. 12).

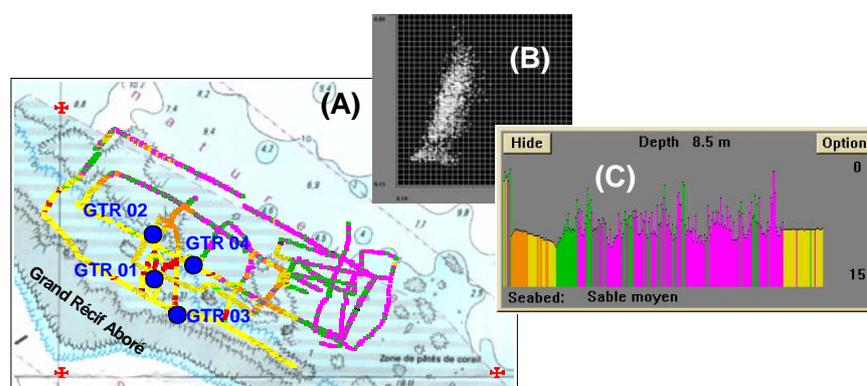


Fig. 12. Fondes Coralliens : zone explorée et prélèvements de vérité terrain (A), signature acoustique (B) et exemple de profil du fond (C).

· HERBIERS

La réponse acoustique des herbiers de phanérogames a été enregistrée sous le vent des îlots Amédée, Maître et Larégnère (Fig. 13 & 14). Les fonds cartographiés sous le vent de l'îlot Amédée étaient constitués d'herbier et de rares poches de sable. Dans le cas de l'îlot Maître il s'agissait surtout d'herbier et de Sargasses et, sous le vent de Larégnère, d'herbier, de poches de sables, de dalle calcaire, d'algues (Sargasses et Caulerpes) et de petits pinacles et éponges épars.

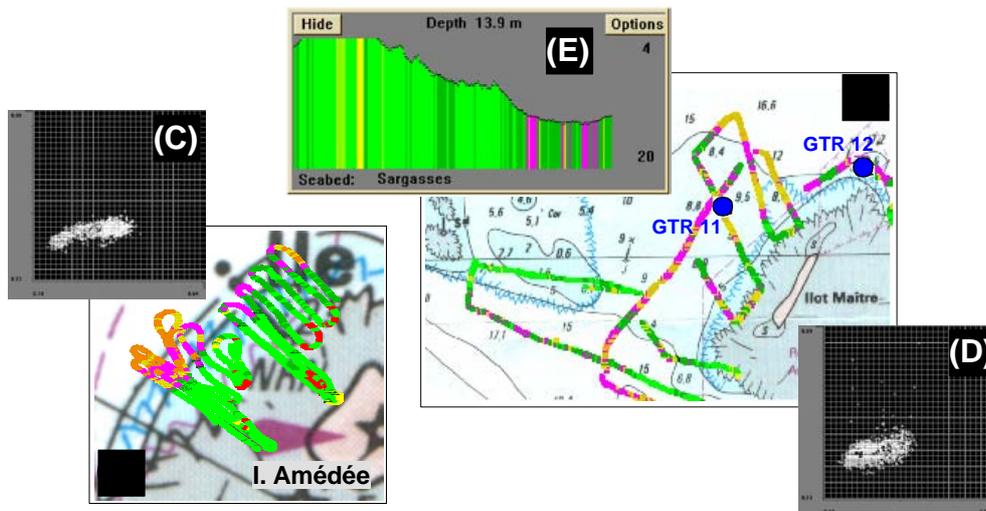


Fig. 13. Fonds d'herbiers : zones explorées et prélèvements de vérité terrain (A : îlot Amédée, B : îlot Maître), signatures acoustiques (C et D) et exemple de profil du fond (E).

· ALGUERAIES

La signature acoustique des algueraies correspond en fait plus spécifiquement à celle des Sargasses. Elle a été enregistrée dans un champ de hautes Sargasses (30-70 cm) situé au sein de l'herbier de Larégnère (Fig. 14).

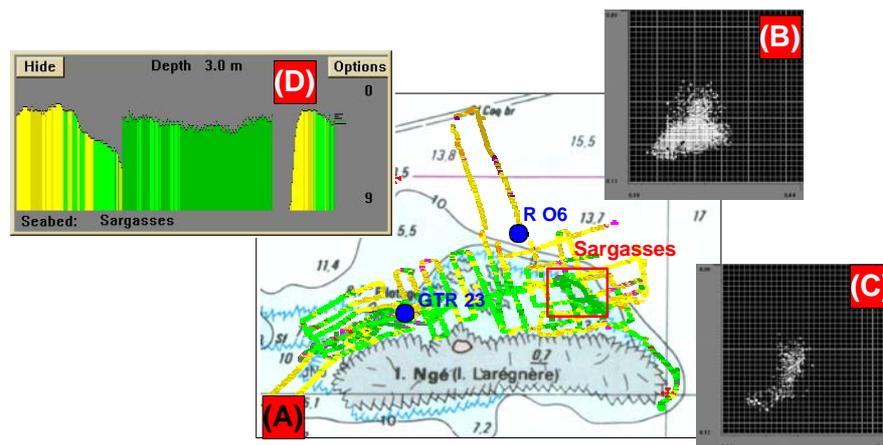


Fig. 14. Fonds d'herbiers et de Sargasses (îlot Larégnère) : zone explorée et prélèvements de vérité terrain (A), signatures acoustiques (B : Herbier, C : Sargasses) et exemple de profil du fond (D : Sargasses).

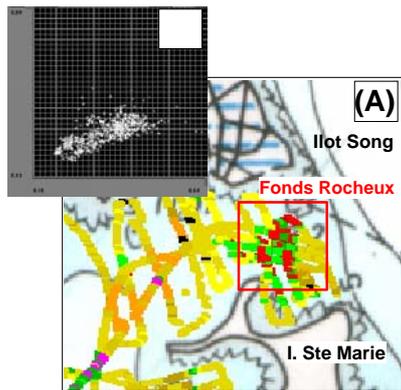


Fig. 15. Fonds rocheux : zone explorée (A) et signature acoustique (B).

• DALLE ROCHEUSE

L'enregistrement de la réponse acoustique des fonds rocheux a été réalisé entre la pointe nord de l'île S^{te} Marie et Ouémo (Îlot Song), dans le passage qui met en communication la Baie de Ste Marie et la Baie de Magenta. Il s'agit d'empilement de dalles rocheuses, parsemées ici et là de petits pinacles coralliens et d'éponges solitaires (Fig. 15).

FONDS MEUBLES

• VASES

Les fonds vaseux ont pu être calibrés dans le fond de la baie de S^{te} Marie, à hauteur du wharf RFO et de Port Despointes. Ne disposant pas de visibilité dans cette zone, ces fonds ont été repérés à partir de la signature acoustique (les plus faibles rugosité et dureté répertoriées dans le lagon), de la bathymétrie (existence d'un chenal) et d'un contrôle par prélèvements à la benne (n=3).

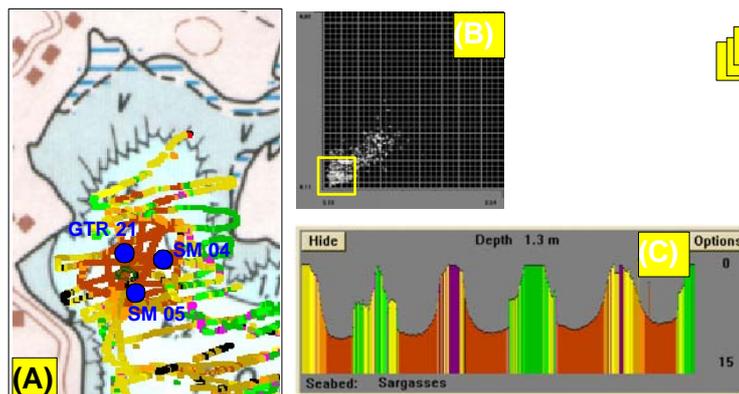


Fig. 16. Fonds vaseux : zone explorée (A), signature acoustique (B) et profil du fond (C).

· FONDS DE SABLES

Les fonds de sables ont été prospectés autour de l'îlot Canard (Chenal de l'îlot Maître, Anse Vata et Rocher à la Voile) (Fig. 17A), sur la pente interne du récif Mbéré, au nord de la passe de Dumbéa (Fig. 17B), et dans la zone située entre l'îlot aux Goélands et la sèche de Crouy (Fig. 17C).

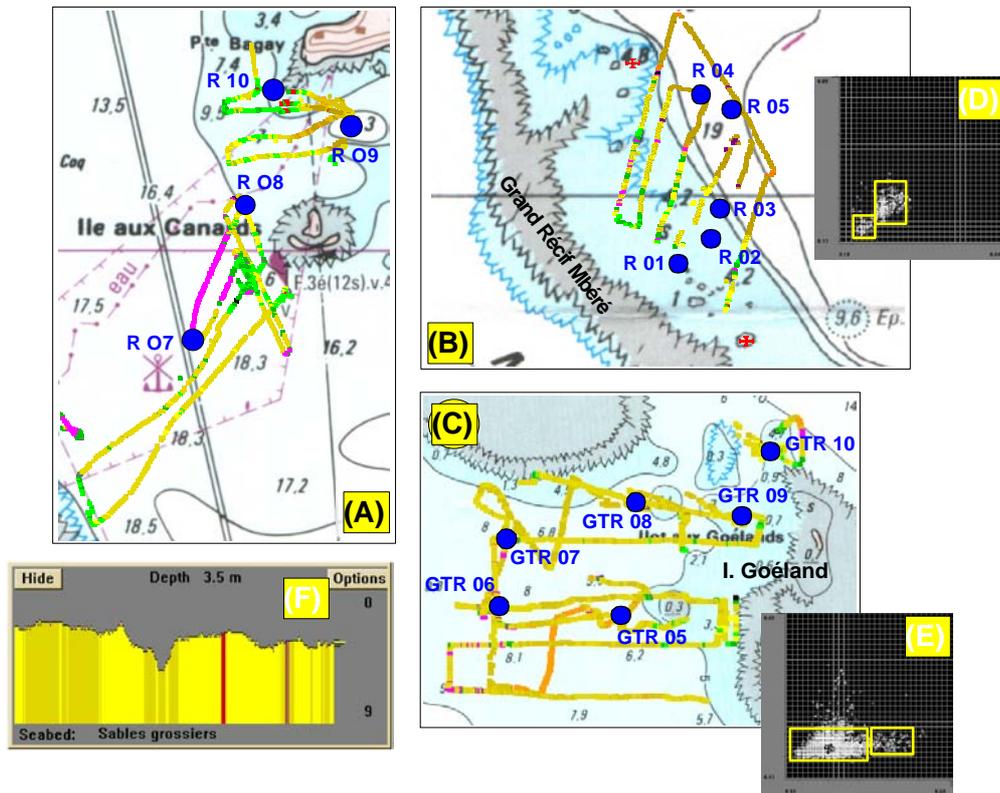


Fig. 17. Fonds de sables : zones explorées (A, B et C), signatures (D et E) et exemple de profil des fonds sableux (F).

Ces premières acquisitions ont permis de calibrer un carré RoxAnn™ adapté aux fonds du lagon et de procéder à une classification préliminaire des fonds essentiellement basée sur les faciès. En effet, celle-ci ne propose qu'une signature globale pour les sables (Fig. 18a). Cette classification a ensuite été affinée – uniquement sur des bases acoustiques - en rejouant les données et en isolant au sein des sables, les signatures homogènes (Fig. 18b).

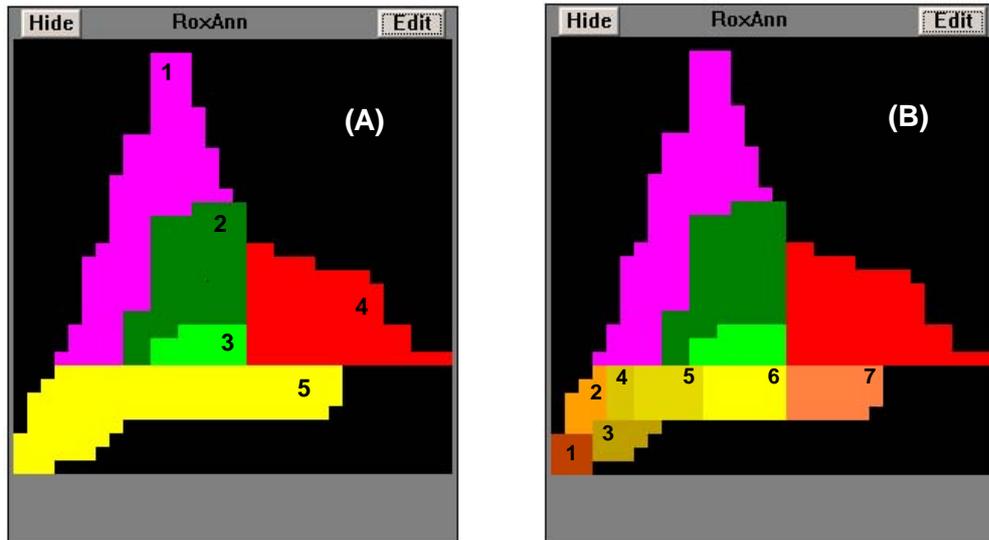


Fig. 18. (A) : Classification préliminaire des fonds (1 : fonds coralliens, 2 : algueraies, 3 : herbiers, 4 : fonds rocheux, 5 : fonds meubles indifférenciés) **et (B) : distinction des signatures acoustiques homogènes au sein des fonds meubles** (1 à 7)

Il a ensuite été fait appel aux prélèvements réalisés pour la vérité terrain afin d'essayer de caractériser, cette fois sur des bases granulométriques, les différents types de sables produisant ces signatures.

VERITE TERRAIN

Avec pour objectif d'identifier les signatures acoustiques individualisées au sein des fonds meubles, 26 échantillons de sédiment ont été prélevés (cartes de situation présentées au chapitre précédent), soit en plongée, soit à l'aide d'une benne (Neyrpic ou Smith McIntyre). Dans la mesure du possible les prélèvements ont été réalisés lorsque la signature était homogène et bien centrée dans les « boîtes » (parallélépipèdes) du carré RoxAnn™. Les caractéristiques générales de ces prélèvements sont présentées au tableau I.

Tab. I. Caractéristiques générales des échantillons prélevés pour la vérité terrain.
(Positions GPS) (Z : profondeur, Fds : fonds, I : Îlot, R : rocher, S. sable)

Code	N°	Lat S 22°	Long E 166°	Z (m)	Situation	Notes terrain
GTR	01	26.262	20.920	2.7	Fds Blancs Ever	S. blanc hétérog.
GTR	02	25.963	20.900	7.5	Fds Blancs Ever	S. blanc hétérog., Oursins plats, Tapis cyanos
GTR	03	26.518	21.091	4.0	Fds Blancs Ever	S. blanc homog., quelques Halimédas
GTR	04	26.171	21.225	6.0	Fds Blancs Ever	Sable
GTR	05	22.809	21.790	5.2	I. Goëland	Sable
GTR	06	22.776	21.117	8.4	I. Goëland	Sable
GTR	07	22.474	21.165	7.3	I. Goëland	Sable
GTR	08	22.311	21.864	5.2	I. Goëland	Sable, pellicule cyanos
GTR	09	22.368	22.441	4.8	I. Goëland	Sable hétérog.
GTR	10	22.076	22.599	9.0	I. Goëland	Sable à Sargasses éparses
GTR	11	19.550	24.169	7.2	Herbier Maître	Sable d'herbier
GTR	12	19.371	25.005	9.0	Chenal I. Maître	Sable et débris (coq., oursins, etc...)
GTR	21	17.210	27.670	8.0	Fd Baie S ^{re} Marie	Vase sableuse
GTR	23	19.474	18.958	2.3	Herbier Larégnère	Sable nu
R	01	20.042	13.936	5.0	Fds Blancs Dumb.	S. blanc homog.
R	02	19.963	14.032	5.0	Fds Blancs Dumb.	S. blanc homog.
R	03	19.877	14.064	12.0	Fds Blancs Dumb.	Milieu pente interne
R	04	19.529	14.001	18.0	Fds Blancs Dumb.	Bas pente interne
R	05	19.575	14.095	20.0	Fds Blancs Dumb.	Bas pente interne
R	06	19.111	19.471	12.5	Herbier Larégnère	S. gris, Hal., Herb.
R	07	19.159	25.681	19.2	Chenal I. Maître	S., Petit Maërl, Herb.
R	08	18.684	25.939	7.6	I. Canard	S. gris
R	09	18.400	26.432	7.7	Anse Vata	S. légèr. Vaseux, gris-marron
R	10	18.315	26.087	3.0	R. à la voile	Cailloux, Sargasses, peu de S.
SM	04	17.220	27.760	8.0	Fd Baie S ^{re} Marie	Vase compacte et homogène
SM	05	17.240	27.730	10.0	Fd Baie S ^{re} Marie	Vase compacte et homogène

SEDIMENTOLOGIE

Les échantillons ont été analysés selon les protocoles classiques utilisés en sédimentologie (Berthois, 1975 ; Buchanan, 1984 ; Rivière, 1977). Les paramètres granulométriques ont été calculés selon les formules de Folk & Ward (1957) et de Weydert (1971). Les

échantillons ont été ensuite classés selon les échelles de références de Folk & Ward (1957), Maxwell (1968) et Wentworth (1922), ainsi qu'à partir de la classification en types texturaux de Folk (1954). Les principaux résultats sont présentés au tableau II.

Tableau II. Caractéristiques sédimentologiques des échantillons.

[(Va : % de vase - FaE : faiblement envasé, FoE : fortement envasé, VaP : vase pure) (Mod : mode, Mdf : médiane, Mz : taille moyenne - Va : vase, Sf : sable fin, Stf : sable très fin, Sm : sable moyen, Sg : sable grossier, Stg : sable très grossier, Gv : gravier) (si : triage - M : mauvais, B : bon, TB : très bon, EB : extrêmement bon) (Kg : Normalité - PA : peu accusée, MA : modérément accusée, A : accusée, TA : très accusée) (Ski : asymétrie - Tneg : très négative, Nég : négative, Nul : nulle, Pos : positive) (Typ : type textural - Vp : vase pure, VIGvSa : vase légèrement gravo-sableuse, SalGvVa : sable légèrement gravo-vaseux, SalGvl : sable légèrement graveleux, SaGvl : sable graveleux, GvSa : gravier sableux)]

N°	Va	Mod	Mdf	Mz	si	Kg	Ski	Typ
GTR01	1.78 FaE	0.5 Sg	0.39 Sg	0.42 Sg	1.08 TB	0.97 MA	0.06 Nul	E SaGvl
GTR02	3.85 FaE	1.5 Sm	1.03 Sm/Sg	1.02 Sm/Sg	1.24 B	1.41 A	-0.03 Nul	E SaGvl
GTR03	1.63 FaE	0.5 Sg	0.55 Sg	0.57 Sg	1.11 B	1.00 MA	0.06 Nul	E SaGvl
GTR04	2.38 FaE	1.5 Sm	1.76 Sm	1.77 Sm	0.88 TB	0.93 MA	-0.05 Nul	H SaGvl
GTR05	4.56 FaE	2.5 Sf	1.39 Sm	1.25 Sm	1.70 M	0.87 PA	-0.08 Nul	E SaGvl
GTR06	6.25 FaE	2.5 Sf	1.70 Sm	1.55 Sm	1.58 M	1.23 A	-0.15 Nég	E SaGvl
GTR07	6.64 FaE	0.5 Sg	1.08 Sm	1.13 Sm	1.59 M	1.42 A	0.06 Nul	E SaGvl
GTR08	4.49 FaE	2.5 Sf	1.34 Sm	1.25 Sm	1.64 M	0.94 MA	-0.07 Nul	E SaGvl
GTR09	3.51 FaE	0.5 Sg	0.75 Sg	0.85 Sg	1.60 M	0.95 MA	0.10 Nul/Pos	E SaGvl
GTR10	3.00 FaE	1.5 Sm	1.53 Sm	1.54 Sm	0.88 TB	1.22 A	0.00 Nul	H SaGvl
GTR11	6.25 FaE	1.5 Sm	1.19 Sm	1.27 Sm	1.26 B	1.38 A	0.19 Pos	H SaGvl
GTR12	1.81 FaE	0.5 Sg	0.16 Sg	0.02 Sg/Stg	1.42 B	1.72 TA	-0.34 Tneg	E SaGvl
GTR21	89.77 VaP	5.0 Va	4.44 Va	4.44 Va	0.44 EB	1.20 A	-0.19 Nég	O Vp
GTR23	1.84 FaE	2.5 Sf	2.03 Sm/Sf	1.97 Sm/Sf	0.79 TB	0.94 MA	-0.21 Nég	H SaGvl
R01	1.80 FaE	0.5 Sg	0.32 Sg	0.33 Sg	1.28 B	1.15 A	-0.04 Nul	E SaGvl
R02	1.82 FaE	0.5 Sg	0.73 Sg	0.71 Sg	1.04 TB	1.09 MA	-0.05 Nul	E SaGvl
R03	2.42 FaE	2.5 Sf	1.71 Sm	1.61 Sm	1.15 B	0.96 MA	-0.14 Nég	H SaGvl
R04	6.56 FaE	2.5 Sf	2.48 Sf	2.45 Sf	1.09 TB	1.83 TA	-0.10 Nég/Nu	H SaGvl
R05	5.21 FaE	2.5 Sf	2.53 Sf	2.51 Sf	1.11 B	1.82 TA	-0.16 Nég	H SaGvl
R06	5.47 FaE	1.5 Sm	1.10 Sm	1.18 Sm	1.45 B	1.46 A	0.08 Nul	E SaGvl
R07	4.63 FaE	-6.0 Gv	-0.72 Stg	-0.76 Stg	1.83 M	1.03 MA	0.09 Nul	B GvSa
R08	6.55 FaE	0.5 Sg	0.99 Sm/Sg	1.05 Sm/Sg	1.27 B	1.41 A	0.20 Pos	H SaGvl
R09	37.91 FoE	5.0 Va	3.51 Stf	3.35 Sf	1.52 M	1.22 A	-0.35 Tneg	I SaGvlVa
SM04	86.67 VaP	5.0 Va	4.42 Va	4.42 Va	0.46 EB	1.25 A	-0.20 Nég	J VIGvSa
SM05	87.83 VaP	5.0 Va	4.43 Va	4.43 Va	0.46 EB	1.25 A	-0.20 Nég	J VIGvSa

Les courbes de distribution de fréquence de la taille des grains (Fig. 19) ont été tracées pour contrôler la représentativité de la taille moyenne et du triage (dans le cas de distributions bi- ou plurimodales notamment), mais aussi pour examiner les groupements d'échantillons en fonction de leurs caractéristiques granulométriques et acoustiques.

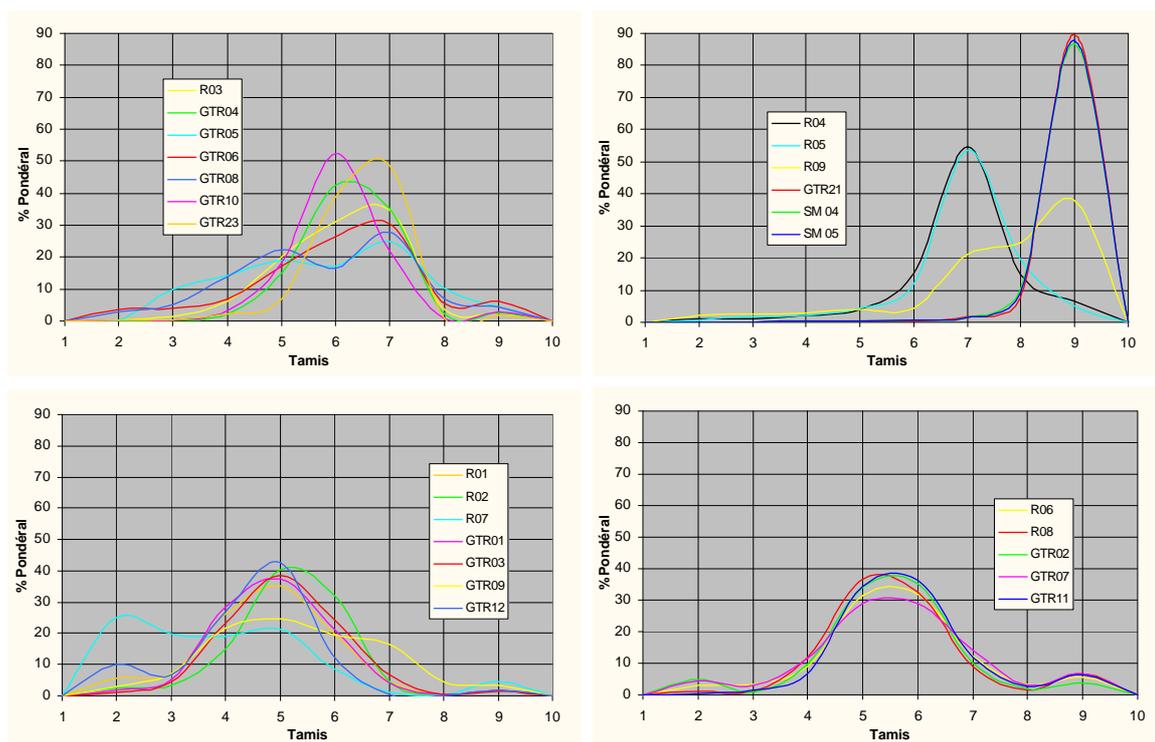


Fig. 19. Courbes de distribution des tailles de grains des échantillons.
 (Tamis : 2, Graviers ; 3, Granules ; 4, Sables très grossiers ; 5, Sables grossiers ;
 6, Sables moyens ; 7, Sables fins ; 8, Sables très fins ; 9, Vases)

ACOUSTIQUE

Les caractéristiques acoustiques de chaque échantillon (couples de valeurs $E1/E2$) sont obtenues sous RoxMap™, soit via le module *Query/Info* (Fig. 20), soit en rejouant les données (module *Replay*) et en stoppant l'enregistrement lorsque le navire et la trace de navigation passent sur la station de prélèvement (Fig. 21). Lorsque les fonds sont homogènes les deux méthodes donnent des résultats similaires. La deuxième méthode est par contre plus adaptée aux zones hétérogènes car elle permet de mieux ajuster la signature acoustique de l'échantillon à la nature granulométrique du fond dans la zone de prélèvement. Les caractéristiques acoustiques des prélèvements de vérité terrain sont présentées au tableau III.

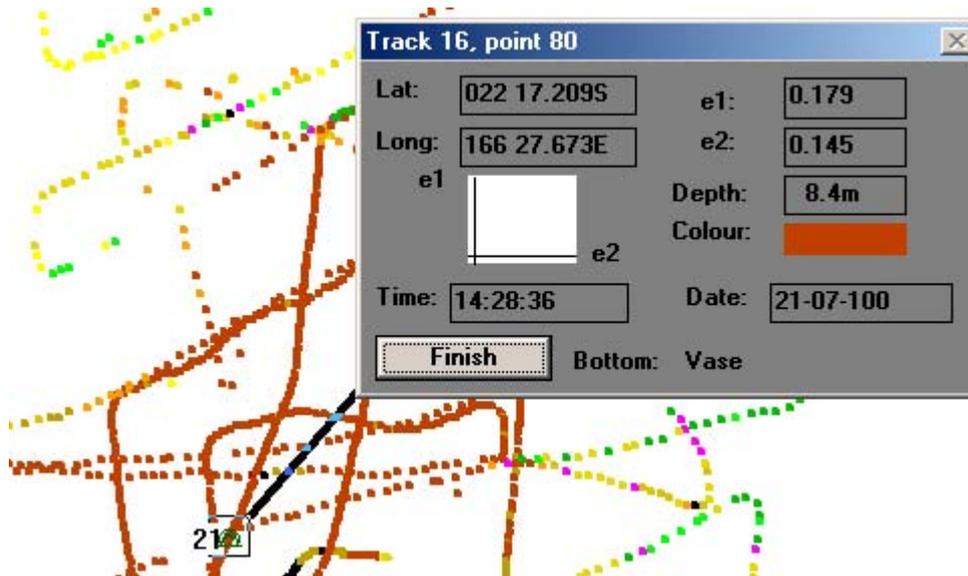


Fig. 20. Obtention des données acoustiques sur les prélèvements de vérité terrain par le module *Query / Info* (ici station GTR 21).

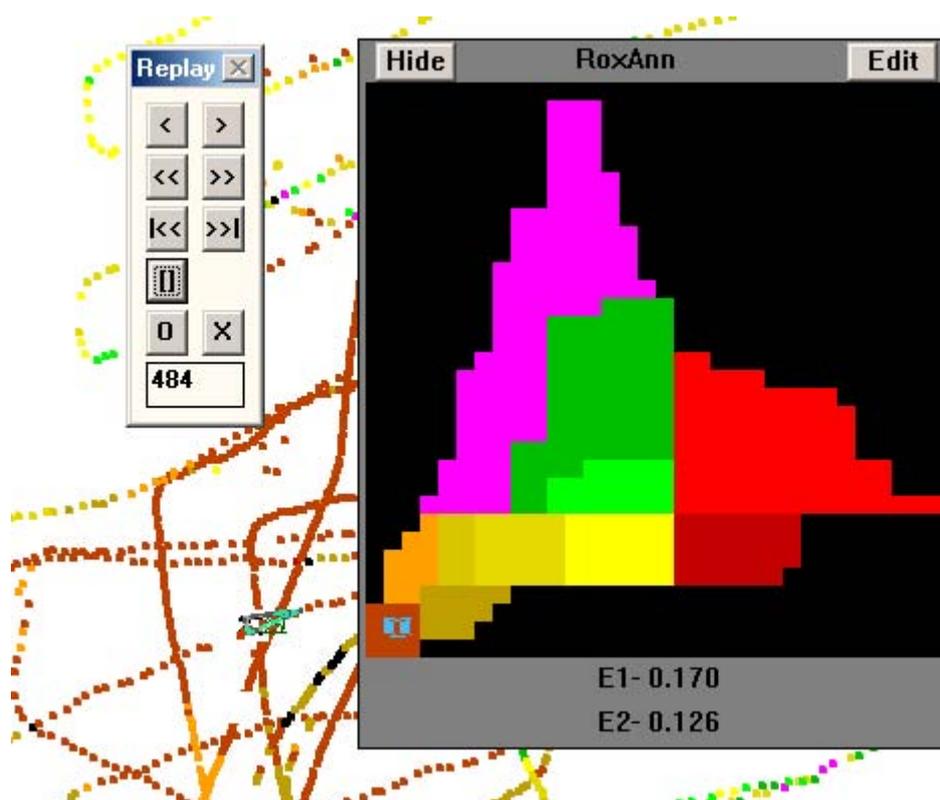


Fig. 21. Obtention des données acoustiques sur les prélèvements de vérité terrain par la méthode du rejeu des données (module *Replay*). Le triangle représente la position du navire (ici sur la station GTR 21).

Tableau III. Caractéristiques acoustiques des échantillons prélevés pour la vérité terrain.

(Dtb : nom de la base de données, Compteur : n° de track et d'enregistrement pour le rejeu des données, QE1/QE2 : méthode *Query*, RE1/RE2 : méthode *Replay*, en volts, Nature : nature acoustique du fond, Pos/Track : positionnement de l'échantillon par rapport à la trace du navire)

Id	N°	Dtb	Compteur	QE1	QE2	RE1	RE2	Nature	Pos/Track
GTR 01		SWSB	38	0.310	0.344	0.280	0.350	Très hétérogène	Bonne
GTR 02		SWSB	87/5944	0.315	0.285	0.310	0.340	Hétérogène	Bonne
GTR 03		SWSB	132	0.263	0.305	0.290	0.360	Très hétérogène	Bonne
GTR 04		SWSB	247/3179	0.274	0.285	0.260	0.240	Très Hétérogène	Bonne
GTR 05		SWSB	489/7040	0.283	0.214	0.280	0.210	Hétérogène	Bonne
GTR 06		SWSB	600/5200/6860	0.315	0.228	0.300	0.220	Hétérogène	Bonne
GTR 07		SWSB	650/6758	0.302	0.228	0.300	0.210	Hétérogène	Bonne
GTR 08		SWSB	774/6214	0.300	0.228	0.260	0.220	Hétérogène	Bonne
GTR 09		SWSB	860/6350	0.349	0.315	0.270	0.210	Hétérogène	Bonne
GTR 10		SWSB	930/7321	0.285	0.235	0.290	0.240	Hétérogène	Bonne
GTR 11		SWSA	5218	0.313	0.205	0.300	0.200	Peu représentatif	Bonne
GTR 12		SWSA	6204	0.318	0.290	0.330	0.250	Hétérogène	Bonne
GTR 21	Ste Marie	Trk 16 / 80		0.179	0.145	0.164	0.130	Homogène	Bonne
GTR 23	Larègn	3348		0.241	0.202	0.240	0.200	Hétérogène	Bonne
R 01	SWN	1122		0.330	0.243	0.290	0.270	Hétérogène	Mauvaise
R 02	SWN	1108		0.249	0.232	0.270	0.230	Homogène	Moyenne
R 03	SWN	1092		0.292	0.250	0.300	0.270	Homogène	Moyenne
R 04	SWN	1224		0.184	0.205	0.170	0.200	Homogène	Bonne
R 05	SWN	1511		0.184	0.195	0.180	0.210	Homogène	Moyenne
R 06	Larègn	404		0.241	0.241	0.250	0.230	Homogène	Moyenne
R 07	SWSA	2206		0.381	0.212	0.310	0.280	Hétérogène	Mauvaise
R 08	SWSA	2440/1847		0.268	0.281	0.290	0.260	Homogène	Bonne
R 09	SWSA	3255/2863		0.212	0.184	0.250	0.190	Hétérogène	Moyenne
R 10	SWSA	3330		0.389	0.414	0.380	0.410	Hétérogène	Mauvaise
SM 04	Ste Marie	Trk 11 / 221		0.200	0.158	0.200	0.150	Hétérogène	Bonne
SM 05	Ste Marie	Trk 2 / 560		0.170	0.126	0.170	0.130	Homogène	Bonne

Lors du post-traitement des données, certains des échantillons prélevés pour la vérité terrain peuvent finalement s'avérer inutilisables ou peu représentatifs. Il y a à cela trois raisons :

- ✓ les problèmes de positionnement : une partie des prélèvements ont été réalisés avant que la dégradation de signaux GPS ne soit supprimée ; il arrive donc que la station de prélèvement soit trop éloignée de la trace d'acquisition ; ce premier point n'est plus aujourd'hui un problème mais il arrive encore que dans des conditions de navigation difficiles (vent, courant) il soit laborieux d'obtenir le prélèvement exactement sur la zone ciblée ;
- ✓ l'hétérogénéité des fonds : dans le lagon, la nature des fonds et leur répartition spatiale varient souvent et brusquement ; dans ces conditions il est parfois difficile d'obtenir une signature acoustique stabilisée pour une station de prélèvement donnée ;
- ✓ l'évolution même de la classification au fur et à mesure des nouvelles acquisitions : certains prélèvements réalisés pour des signatures à l'origine bien centrées sur les boîtes du carré RoxAnn™, peuvent se retrouver en limites où à cheval sur deux voire plusieurs boîtes lorsque la classification évolue et s'affine.

C'est finalement le paramètre « taille moyenne du sédiment » (Mz) qui a été retenu pour examiner la concordance des variables acoustiques et sédimentologiques des échantillons de vérité terrain (Fig. 22).

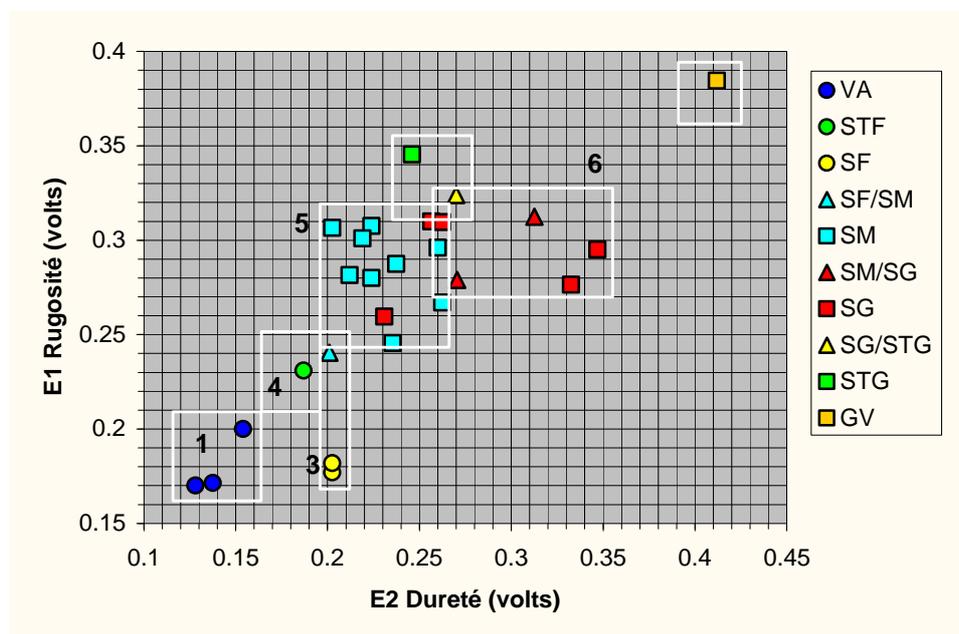


Fig. 22. Diagramme de dispersion E1/E2 en fonction de la taille moyenne des échantillons (VA : vase, STF : sables très fins, SF : sables fins, SM : sables moyens, SG : sables grossiers, STG : sables très grossiers, GV : graviers). **Les chiffres en gras renvoient aux boîtes de la classification obtenue par rejeu des données acoustiques (voir Fig. 18b).**

Les résultats s'avèrent plutôt satisfaisants et permettent de caractériser la majeure partie de la classification obtenue par le rejeu des données acoustiques (présentée antérieurement à la Fig. 18b) :

- **boîte 1** : 100 % des vases (3 échantillons) ;
- **boîte 2** : non classifiée (pas d'échantillon) ;
- **boîte 3** : 100 % des sables fins (2 échantillons) ;
- **boîte 4** : 100 % des sables très fins (1 échantillon) ;
- **boîte 5** : avec 11 des 12 échantillons de sables moyens (91.6 %) et 3 sables grossiers (R01, R02 et GTR 09) elle est constituée à 78.6 % de sables moyens ; la distribution de taille des grains de R 02 présente une forte proportion de sables moyens ; son mode n'est pas exactement centré sur les sables grossiers mais entre les sables grossiers et moyens ; l'ensemble de la courbe granulométrique est ainsi décalé vers les sables moyens par rapport aux autres sables grossiers (voir Fig. 19) ce qui pourrait expliquer

sa présence au sein des sables moyens ; a contrario rien ne pourrait justifier le déclassement des échantillons R01 et GTR 09 ;

- **boîte 6** : elle est constituée à 66.6 % de sables grossiers (3 échantillons) mais ne regroupe que 40 % de ces échantillons et un sable moyen (GTR 02) ; les données sédimentologiques (voir Tab. I & II et Fig. 19) montrent que si la taille moyenne de GTR 02 le situe à la limite entre les sables moyens et grossiers, sa courbe de distribution de fréquence des tailles de grains le situe indéniablement dans les sables moyens ; l'explication de sa réponse acoustique « décalée », réside ici dans la présence d'une grande quantité d'oursins plats du g. *Laganum depressum* (« sand dollars ») dont les tests augmentent la dureté et la rugosité du substrat ;
- **boîte 7** : aucun des échantillons prélevés ne signe dans cette boîte ; le substrat produisant cette réponse acoustique a cependant pu être observé en plongée ; il s'agit du même sédiment que pour la boîte 6 mais sur lequel s'est développé un « tapis » d'algues filamenteuses (Cyanophycées) dont les filaments enchevêtrés entre les grains rendent le sédiment plus compact ; la variation par rapport au sédiment nu se fait donc surtout en termes de dureté ;

Par ailleurs un certain nombre d'informations complémentaires sont apportées par ces résultats :

- une nouvelle boîte peut-être délimitée ($0.32 < E1 < 0.35$ & $0.24 < E2 < 0.28$) sur la base de la signature acoustique des échantillons R 07 (sable très grossier) et GTR 12 (intermédiaire entre les sables grossiers et très grossiers) ; dans le carré RoxAnn™ cette boîte se situe à la base de la signature des coraux, herbiers et algueraies, entre les coraux et les herbiers (Fig. 23) ; de fait R 07 est un sable (très grossier) avec du petit Maërl et de l'herbier ; GTR 12 est un sable (grossier à très grossier) avec un mode dans les graviers constitué par des débris coquilliers (mollusques, échinodermes) qui le rapproche des sables très grossiers ;
- la taille moyenne « gravier » à été attribué fictivement à l'échantillon R10 pour les besoins de la représentation graphique ; en effet il n'y a pas de données granulométriques pour cet échantillon constitué de cailloux (galets) et de Sargasses ; sa réponse acoustique signe dans le faciès « fonds rocheux » ;
- l'existence d'une aire de chevauchement entre les boîtes 5 et 6, constituée par les échantillons R 01, GTR 09 (sables grossiers), R 03 et GTR 04 (sables moyens) et R 08

(sable moyen à grossier) a conduit à une modification de la limite entre les deux boîtes par rapport au positionnement de ces échantillons (Fig. 23).

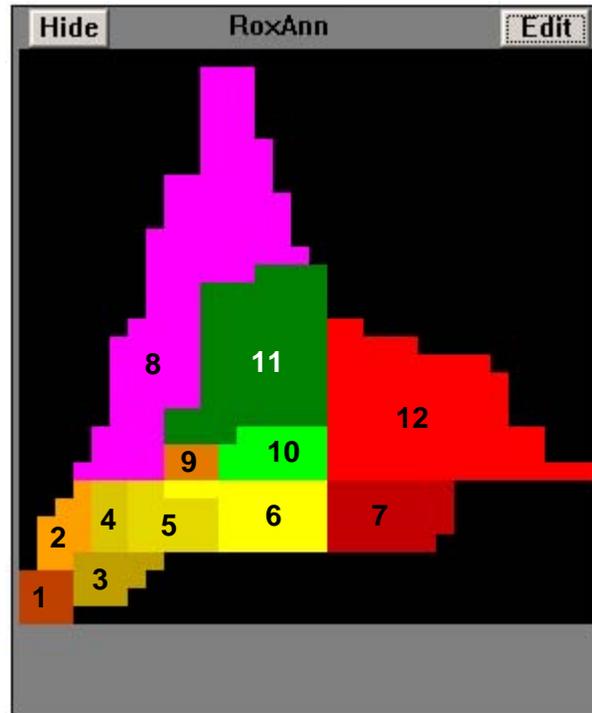


Fig. 23. Classification des fonds résultant de la synthèse entre la totalité des données acoustiques et les données acoustiques et sédimentologiques de vérité terrain.

(1 : vases, 2 : indéterminé, 3 : sables fins, 4 : sables très fins, 5 : sables moyens, 6 : sables grossiers, 7 : sable avec tapis de cyanophycées, 8 : coraux, 9 : sables très grossiers, 10 : herbiers, 11 : algues, 12 : dalle rocheuse et galets)

Il apparaît donc finalement, que les données sédimentologiques et acoustiques concordent relativement bien et que le système RoxMap™ puisse, du moins sur les fonds de sables nus, détecter des variations dans la granulométrie du substrat. Les données montrent en effet, d'une part que les signatures atypiques ou décalées de certains échantillons peuvent s'expliquer par des variations parfois mineures des caractéristiques granulométriques, et d'autre part que les échantillons aux caractéristiques sédimentologiques intermédiaires (SF/SM, SM/SG ou SG/STG) présentent des réponses acoustiques elles aussi situées aux limites des boîtes concernées (voir Fig. 22).

PROSPECTION ACOUSTIQUE A PLUS LARGE ECHELLE

A la suite de l'étape d'acquisition et de calibrage des signatures acoustiques de différents types de fonds à travers la lagune, il a été procédé à une couverture plus complète et systématique de 3 sites : la baie de Dumbéa (Fig. 24), la baie de Ste Marie (Fig. 25) et le canyon de la passe de Dumbéa (Fig. 26). Les résultats ne seront que très partiellement commentés dans l'attente de l'analyse des échantillons prélevés pour la vérité terrain.

LA BAIE DE DUMBEA

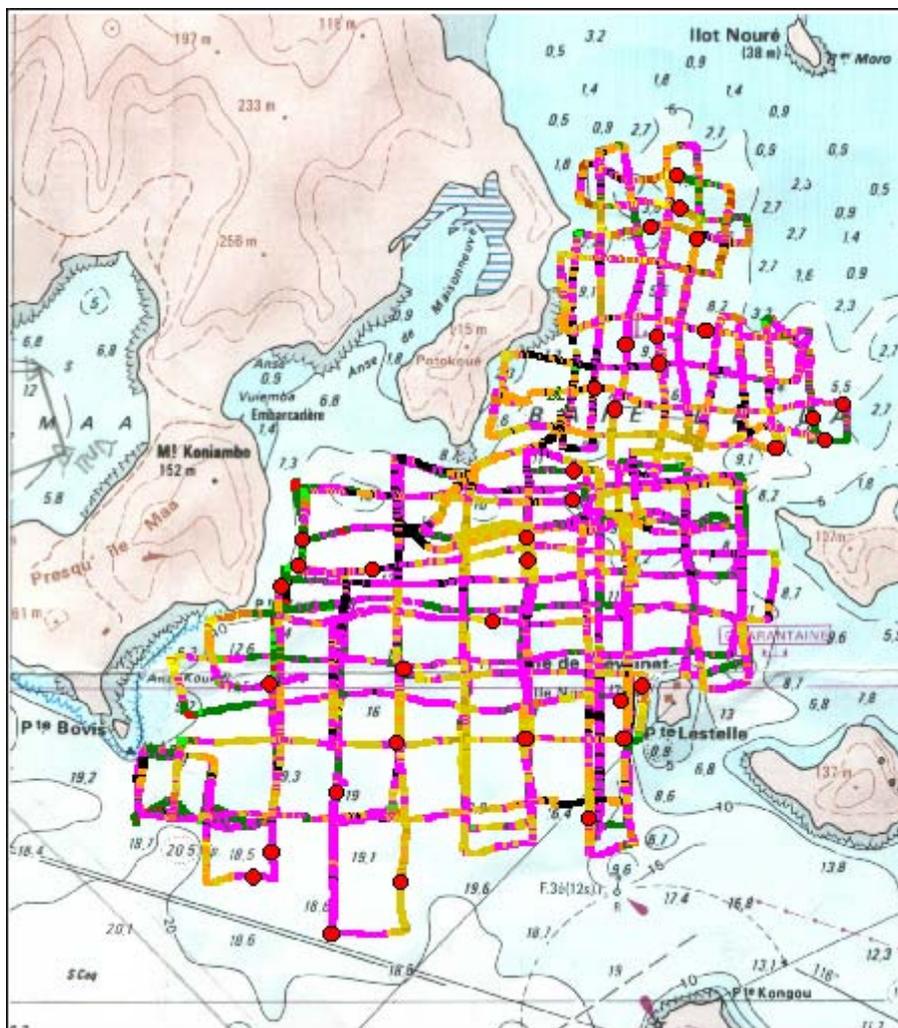


Fig. 24. Cartographie acoustique de la baie de Dumbéa et position des stations de prélèvements destinés à la vérité terrain (n = 36).

La couverture acoustique de la baie de Dumbéa représente 40 318 acquisitions de couples de valeurs E1/E2. 22 plongées d'observation et de description des fonds ont été effectuées. Au cours de ces plongées 147 prises de vues sous-marines ont été réalisées. 36 échantillons

ont été récoltés pour les besoins de la vérité terrain et sont en cours d'étude. 13 d'entre eux ont été soumis à une analyse par granulométrie laser.

LA BAIE DE S^{TE} MARIE

22 976 enregistrements acoustiques ont été acquis sur les fonds de la baie de S^{te} Marie (Fig. 25). 41 prélèvements destinés à la caractérisation des signatures acoustiques ont été réalisés ainsi que 3 plongées de reconnaissance visuelle des fonds.

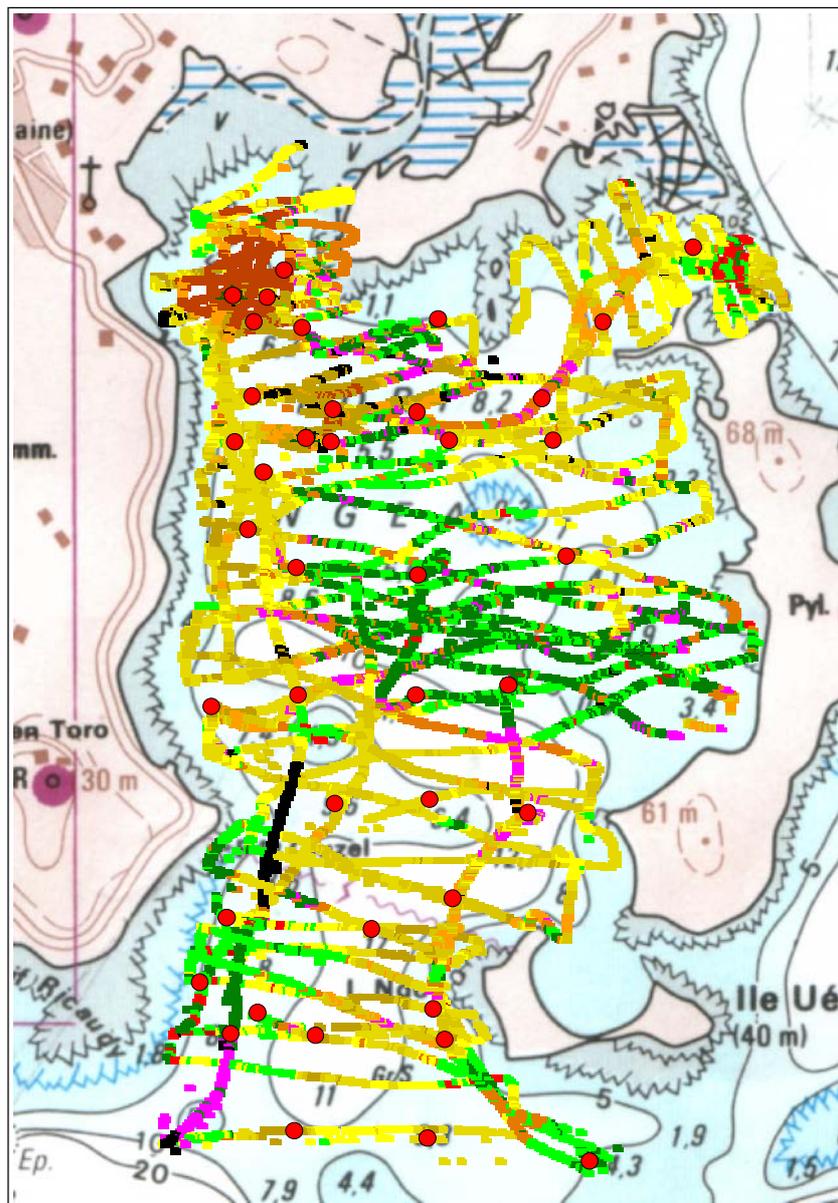


Fig. 25. Cartographie acoustique de la baie de S^{te} Marie et localisation des prélèvements de vérité terrain (n = 41).

LE CANYON DE LA DUMBEA

Les données recueillies sur le canyon de la Dumbéa sont les suivantes : 44 015 enregistrements acoustiques (Fig. 26), 30 échantillons de sédiment (Fig. 26), 8 plongées de reconnaissances visuelles, 30 photographies de sédiment et 11 prises de vues des paysages sous-marin.

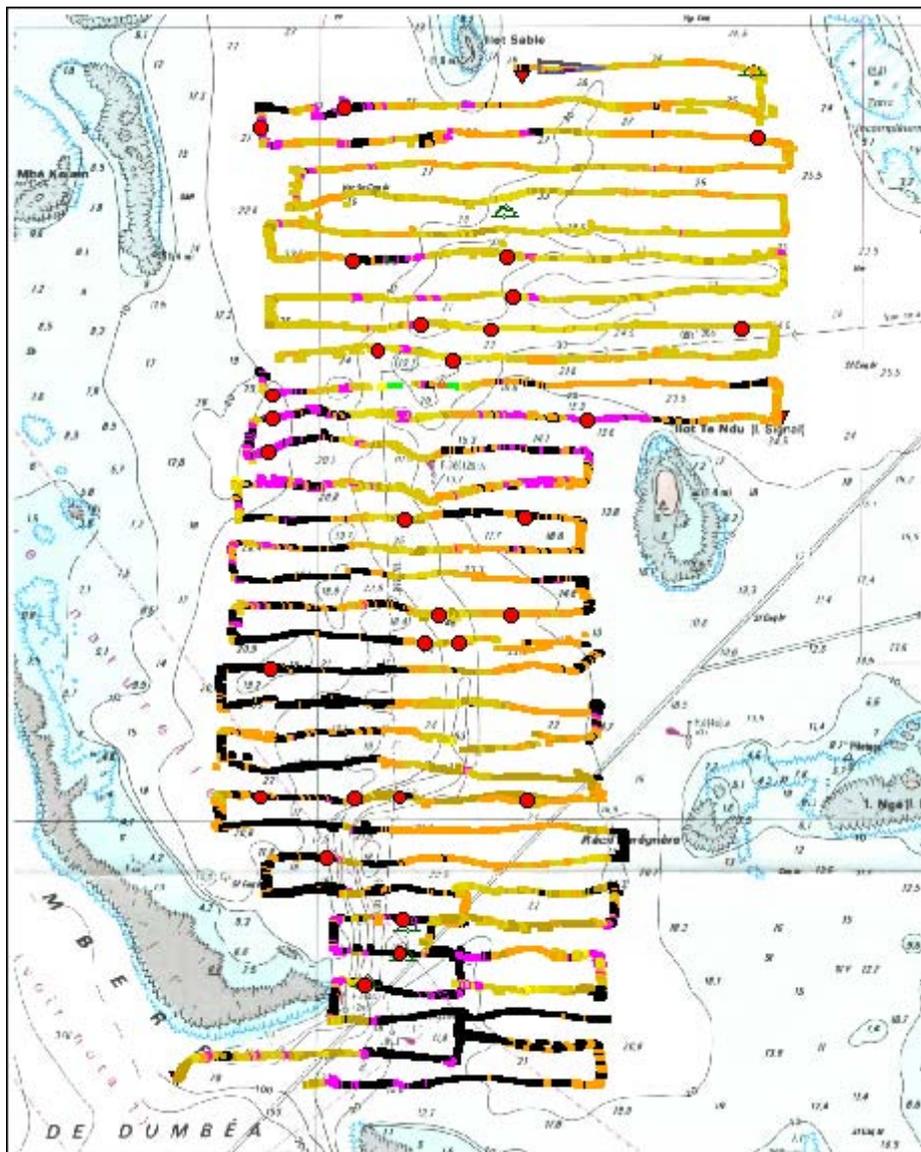


Fig. 26. Cartographie acoustique du canyon de la passe de Dumbéa et localisation des prélèvements réalisés (n = 30).

A titre d'exemple, la boîte de classification construite à partir du rejeu des données acoustiques obtenues sur le canyon de la Dumbéa est présentée à la figure 27.

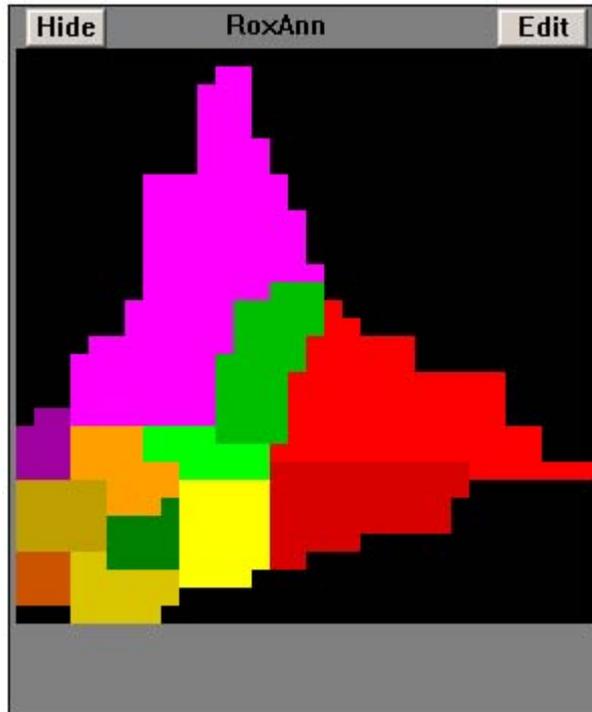


Fig. 27. Boîte de classification obtenue à partir du rejeu des données acoustiques obtenues sur le canyon de la passe de Dumbéa (types de fonds non caractérisés).

Les données recueillies pendant la phase de prospection à large échelle sont actuellement en cours de traitement. Elles devraient permettre d'accroître considérablement la résolution de la classification acoustique de ces fonds lagunaires. Quelques remarques peuvent d'ailleurs être déjà faites à partir des résultats présentés sur les cartographies acoustiques ci-dessus :

- ✓ la présence sur les trois zones de fonds non encore classifiées (code couleur noir) ;
- ✓ une proportion de fonds coralliens (code couleur rose) probablement trop importante dans la baie de Dumbéa qui amènera vraisemblablement une modification des limites dans la partie inférieure de la signature corallienne ;
- ✓ l'existence en baie de S^{te} Marie de deux signatures assez particulières ; la première est moins dure mais aussi rugueuse que celle des coraux (Fig. 28, haut gauche, code couleur blanc) tandis que la seconde présente une très faible dispersion en rugosité mais est très étendue en dureté (Fig. 28, bas, code couleur blanc) ; ces signatures particulières devront être caractérisées lors d'une prochaine sortie terrain.

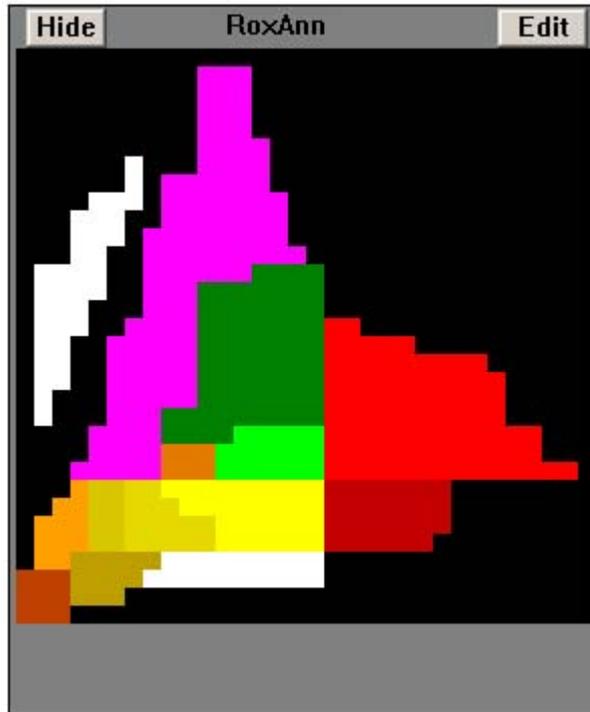


Fig. 28. Nouvelles signatures enregistrées et non identifiées en baie de S^{te} Marie (code couleur blanc).

ORGANISATION DES FICHIERS DE DONNÉES

ACOUSTIQUE

Chaque enregistrement d'un fichier RoxAnn contient 8 paramètres : la couleur affichée, la latitude, la longitude, la profondeur, la rugosité E1, la dureté E2, la date et l'heure (Tableau V). La fréquence d'enregistrement est programmable avec un minimum d'un couple de données par seconde. Les données sont organisées en base de données ("Database") qui dans notre cas correspondent le plus souvent aux aires géographiques prospectées.

Tab. V. Extrait d'une base de données RoxAnn™
(dans l'ordre : code couleur, latitude, longitude, profondeur en m, E1, E2, heure, date).

11	-22.2522476	166.3036458	-23.41	0.066	0.037	17:28:00	21-02-2001
11	-22.2522703	166.3036441	-23.41	0.064	0.036	17:28:01	21-02-2001
25	-22.2522918	166.3036401	-23.51	0.068	0.038	17:28:02	21-02-2001
25	-22.2523143	166.3036368	-23.51	0.066	0.039	17:28:03	21-02-2001
2	-22.2523369	166.3036334	-23.61	0.065	0.04	17:28:04	21-02-2001
2	-22.2523606	166.3036295	-23.61	0.065	0.04	17:28:05	21-02-2001

Nous disposons à ce jour de 8 bases sur le lagon sud-ouest dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous (dans l'ordre : nom, localisation, nombre d'enregistrements acoustiques, zones explorées, types de fonds traversés, nombre de prélèvements réalisés) :

LagSWN

« Lagon sud-ouest nord » - 1654 enregistrements – Passe de la Dumbéa et fonds blancs de la pente interne du récif Mbéré, au nord de la passe – Sable, platier et dalle – 5 prélèvements.

LagSWSA

« Lagon sud-ouest sud, partie A (nord) » - 6 363 enregistrements – Herbier de l'îlot Maître, chenal de l'îlot Maître, îlot Canard, Anse Vata, Rocher à la Voile – Herbier, sable, maërl et graviers, fonds rocheux et Sargasses – 6 prélèvements – 27 prises de vues sous-marines.

LagSWSB

« Lagon sud-ouest sud, partie B (sud) » - 7 402 enregistrements – Fonds blancs de la pente interne du récif Aboré (vers épave de l'Ever Prosperity), zone dite « la Forêt », fonds entre la barrière et l'îlot Goéland, fonds entre Goéland et Caye de Crouy – Coraux, sable, sable et Sargasses éparses – 10 prélèvements.

Larègnère

« Herbier de l'îlot Larègnère » - 7 770 enregistrements – Fonds d'herbier sous le vent de Larègnère – Herbier, alguaie à Sargasses, coraux et sable – 2 prélèvements.

Dumbéa

« Baie de la Dumbéa » - 40 318 enregistrements – Fonds de la baie > -10 m – Coraux, vase, sable, fonds rocheux – 36 prélèvements – 147 prises de vues sous-marines.

Canyon

« Canyon de la passe de Dumbéa » – 44 015 enregistrements – Fond et bords du Canyon entre les îlots Sable au Nord, Signal et Larègnère à l'Est, Mbé Kouen à l'Ouest et la passe de Dumbéa au Sud – Vase, sable, dalle, gravier, détritique grossier, détritique grossier envasé – 30 prélèvements – 11 prises de vues sous-marines – 30 photographies de sédiment.

S^{te}Marie

« Baie de S^{te} Marie » - 22 976 enregistrements – Totalité de la baie pour des fonds

jusqu'à -1.5 m – Vase, sable, coraux et Sargasses, fonds rocheux – 41 prélèvements.

Phare

« Herbière de l'îlot Amédée » -1 604 enregistrements – Fonds d'Herbière sous le vent de l'îlot Amédée – Herbière et sable – Pas de prélèvements.

Par ailleurs, un fichier d'images regroupant les signatures acoustiques de chaque prélèvement de vérité terrain sur fond de carré RoxAnn™ (Fig. 29) est en cours de construction.

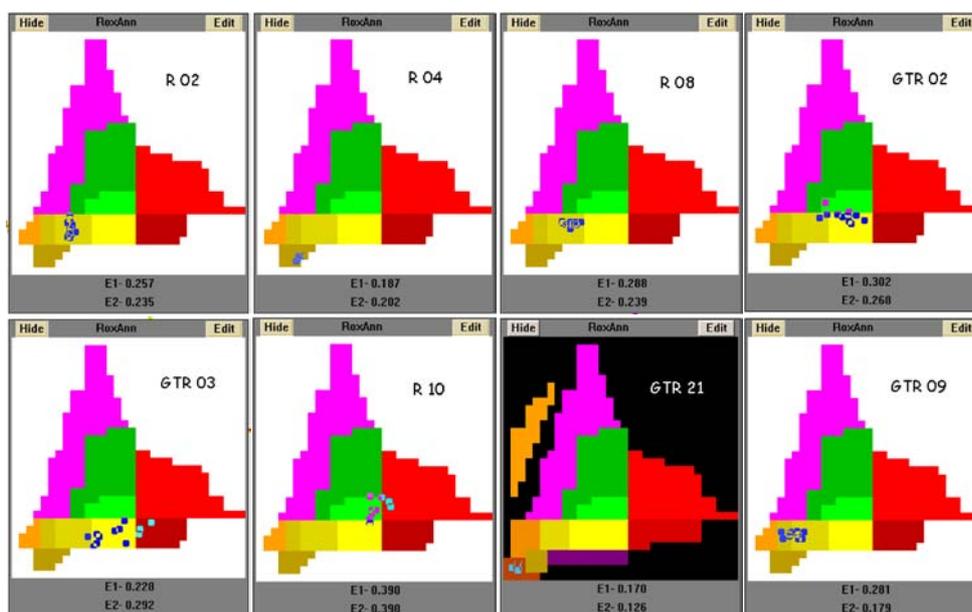


Fig. 29. Extrait du fichier de signatures acoustiques des prélèvements de vérité terrain.

SEDIMENTOLOGIE

Les fichiers de données sédimentologiques contiennent les informations suivantes pour chaque échantillon prélevé :

- Code d'identification ; ce code correspond soit à une campagne, soit à une zone géographique (GTR : « Ground Truthing RoxAnn™ », R : RoxAnn, SM : S^{te} Marie, PHAR : Phare Amédée, Z : Zonéco, BD : baie des Citrons, etc...) ;
- N° de l'échantillon n ;
- Position GPS ;
- Profondeur de prélèvement ;
- Bref descriptif de la situation de l'échantillon dans le lagon ;
- Notes de terrain sur l'échantillon et/ou le milieu de prélèvement ;

- Mention de son appartenance à la base de données acoustiques correspondante ;
- Poids des refus de tamis (20, 16, 10, 8, 5, 4, 2.5, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 et 0.063 mm) ;
- Pourcentages (pondéraux) des refus de tamis ;
- Pourcentages de graviers (> 2 mm), sables et vases (<0.063 mm) et ratio sable : vase ;
- Type textural (code et nom) ;
- Teneur en vase et code de classification ;
- Paramètres granulométriques et codes de classification (Mode, Médiane, Taille moyenne, Triage, Normalité, Asymétrie) ;
- Courbes ou histogrammes de fréquences.

Pour des raisons pratiques d'utilisation, ces éléments ne sont pas encore organisés en base de données et sont souvent scindés en plusieurs fichiers. Il existe aussi, la plupart du temps, un fichier de synthèse regroupant les principales caractéristiques sédimentologiques et acoustiques nécessaires à l'interprétation de la classification des fonds.

PHOTOTHEQUE

En supplément des informations numériques sur la nature des sédiments et les réponses acoustiques des fonds, un certain nombre de photographies ont été réalisées. Il s'agit de photographies sous-marines du paysage ou de photographies de l'aspect du sédiment. Ces images sont disponibles sous forme de diapositives, de tirage papier ou d'images numériques selon les échantillons et les zones étudiées (Fig. 30).

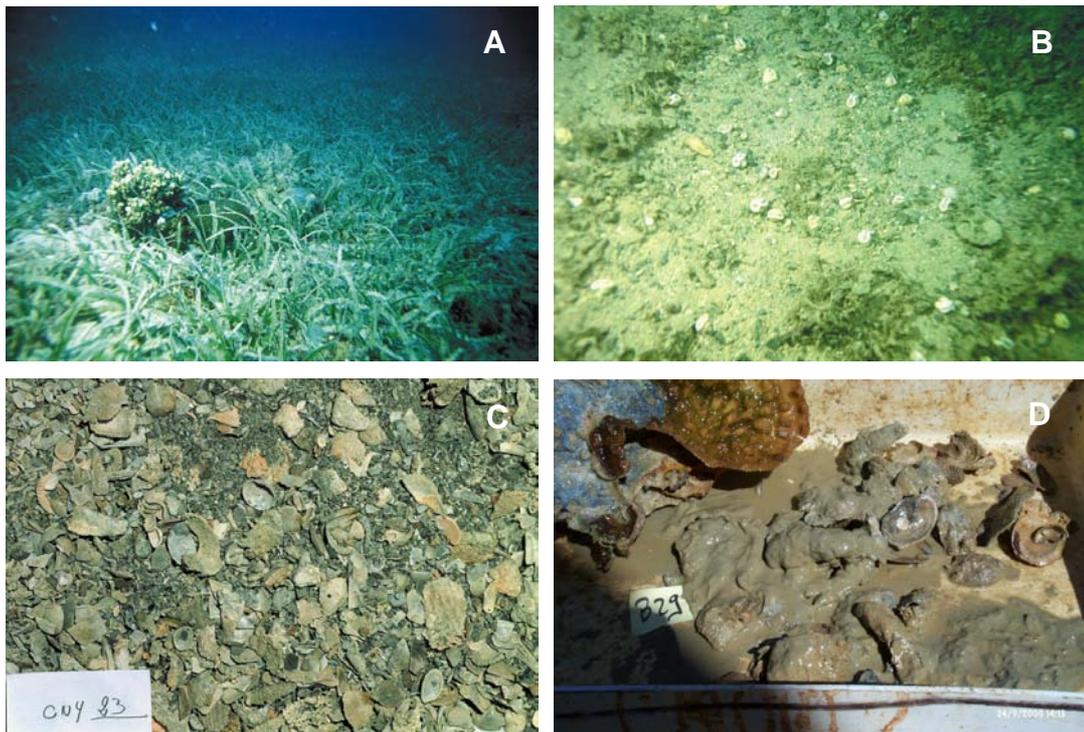


Fig. 30. Extraits de la photothèque (A : Paysage sous-marin, B : Sédiment in situ, C & D : Sédiment prélevé).

CONCLUSION

Il apparaît évident qu'à ce stade du développement de la classification acoustique des fonds en milieu lagunaire, nous ne disposons pas d'un nombre suffisant de données vérité terrain pour la plupart des boîtes délimitées actuellement, et ce surtout pour les fonds meubles. Il est toutefois encourageant de constater que le système RoxMap™ puisse pratiquement détecter des variations granulométriques sur des fonds de sables nus et que les données acoustiques et sédimentologiques concordent relativement bien. En effet, nous avons pu voir précédemment, d'une part que certaines signatures atypiques pouvaient s'expliquer par des variations parfois minimes de la granulométrie, et d'autre part que les échantillons aux caractéristiques sédimentologiques intermédiaires (limite entre deux classes granulométriques) présentaient aussi des signatures acoustiques situées aux limites des boîtes correspondantes. Cependant il est aussi apparu que, parfois, la sédimentologie seule ne pouvait permettre de caractériser une réponse acoustique ; dans ce cas la nature de la couverture benthique et la notion de paysage peuvent s'avérer très utiles. Ces derniers

paramètres seront plus particulièrement pris en compte dans la suite du développement de cette opération, notamment par le biais de descriptions visuelles en plongée, de photographies sous-marines (détails du fond et vue d'ensemble type paysage) et de photographies des sédiments. Lors des prochains travaux sur le terrain, nous nous intéresserons à la nature des fonds de l'ensemble du lagon sud-ouest, c'est à dire sur la zone comprise entre la passe de Uitoé au nord, l'île Ouen au sud, la côte et le Grand Récif.

Références Bibliographiques

- Berthois L., 1975. Les roches sédimentaires : 1. Étude sédimentologique des roches meubles (Techniques et Méthodes). Doin (Ed.), Paris, 278 p.
- Buchanan JB., 1984. *Sediment Analysis. In : Methods for the study of marine benthos*. Holme NA., McIntyre AD. (Eds.), Blacwell scientific publications, 2nd ed., pp 41-65.
- Folk RL., 1954. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin (Ed.), Hemphill's, 154 p.
- Folk RL. & Ward WC., 1957. Brazos river bar : a study of significance of grain size parameters. *Journ. Sedim. Petrol.*, 27 : 3-26.
- Maxwell WGH., 1968. *Atlas of the Great Barrier Reef*. Elsevier (Ed.), 258 p.
- Rivière A., 1977. *Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations*. Masson (Ed.), Paris, New York, Barcelone, Milan, 170 p.
- Wentworth CK., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journ. Geol.*, 30 : 377-392.
- Weydert P., 1971. Sédimentologie et hydrodynamique d'une coupe de la partie médiane du Grand Récif de Tuléar. *Tethys*, 1 : 237-280.

Bibliographie

- Burns DR., Queen CB. & Chivers RC., 1985. Ground and fish discrimination in underwater acoustics. *Proc. Ultrasonics Int.*, pp. 49-54.
- Burns DR., Queen CB. & Chivers RC., 1985. An ultrasonic signal processor for use in underwater acoustics. *Ultrasonics*, 23 : 189-191.
- Burns DR., Queen CB., Sisk H., Mullarkey W. & Chivers RC., 1989. Rapid and convenient acoustic sea-bed discrimination for fisheries applications. *Proc. of the Institute of Acoustics*, 11(3) : 169-178.
- Cadell SE., Leary T., Smith T. & Murphy L., 1995. A field proven system for the remote acquisition, discrimination and mapping of seabed material data from single beam echosounder returns. *Proc. 3rd Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments*, Seattle, Washington, 18-20 September 1995, (1) : 347-357.
- Calmon O., 1998. Utilisation du système RoxAnn dans la cartographie des fonds d'une baie en milieu lagunaire (Nouméa, Nouvelle-Calédonie). *DESS Géosciences Appliquées aux équipements en milieux urbains, ruraux, littoraux et côtiers, Univ. Bordeaux I*, 50 p.
- Chevillon C., 2000. Sedimentology and hydro-acoustic seabed classification of Lauthala bay (Suva, Fiji). *9th Int. Coral Reef Symp., Bali, Indonesia, 23-27 october 2000*.

- Chevillon C., 2000. The use of seabed acoustic classification (RoxAnn™) in indentifying the distribution of coral structures. *A regional symposium - International Coral Reef Initiative(ICRI), Noumea, New Caledonia, 22-24 may 2000.*
- Chevillon C. & Calmon O., 1998. Use of a seabed hydro-acoustic classification system for lagoonal sedimentology. Preliminary data. *Meeting ISRS, Perpignan, 1-4 septembre 1998.*
- Chivers RC., Emerson N. & Burns DR., 1990. New acoustic processing for underway surveying. *The Hydrographic Journ.*, 56 : 1-17
- Collins W., Gregory R. & Anderson J., 1996. A digital approach to seabed classification. *Sea Technology*, pp. 83-87.
- Jagodzinsky Z., 1960. Multiple echoes in echo-sounders and the probability of detection of small targets. *Int. Hydrographic review*, 37(1) 63-68.
- Li WN. & Taylor Smith D., 1969. Identification of sea-floor using underway acoustics. *Geoph. Prosp.*, 17 : 231-247.
- Maire Y., 1999. Adaptation d'un système hydro-acoustique de classification des fonds au milieu lagonaire. Application à la cartographie de la baie de Dumbéa (Nouméa, Nouvelle-Calédonie). *DESS Ingénierie Marine, Univ. Toulon et Var*, 44 p. + annexes.
- McKinney CM. & Anderson CD., 1964. Measurements of backscattering of sound from the ocean bottom. *J. Acoustic Soc. Am.*, 36 : 158-163.
- Medwin H., 1970. *Scattering from the sea surface. In : Underwater Acoustics*, Stephens RWB. (Ed.), London, pp. 57-80.
- Murphy L., Leary T. & Williamson A., 1995. Standardizing seabed classification techniques. *Sea Technology*, 36(7) : 15-19.
- Orlowski A., 1984. Application of multiple echoes energy measurement for evaluation of sea bottom type. *Oceanologia*, 19 : 61-78.
- Pace NG. & Ceen RV., 1982. Sea bed classification using the backscattering of normally incident broadband acoustic pulses. *Hydrographic Journ.*, 26 : 9-16.
- Rukavina NA., 1996. Bottom sediments of the St Clair River at Sarina, Ontario. *National Water Research Institute Report*, n° 96-200, 23 p.
- Rukavina NA., 1997. Substrate mapping in the Great Lakes nearshore zone with a RoxAnn™ acoustic sea-bed classification system. *Canadian Coastal Conf.*, 12 p.
- Schlagintweit GEO., 1993. *Real-time acoustic bottom classification for hydrography. A field evaluation of RoxAnn. In : Oceans '93*, IEEE (Ed.), New York, 3 : 214-219.
- Urick RJ., 1954. The backscattering of sound from a harbour bottom. *J. Acoustic Soc. Am.*, 26 : 231-235.
- Williamson A. & Ogilvie F., 1994. RoxAnn, remote data acquisition and classification of seabed surface material types from echo sounder signal returns. *Int. Conf. on Underwater acoustics*, UNSW, 5-7 december 1994, pp. 73-75.

Williamson A., 1998. Use of acoustics in remote sensing of the seabed. *Hydro International*, pp. 51-53.

Wong HK. & Chesterman WD., 1968. Bottom scattering near grazing incidence in shallow water. *J. Acoustic Soc. Am.*, 44 : 1713-1718.