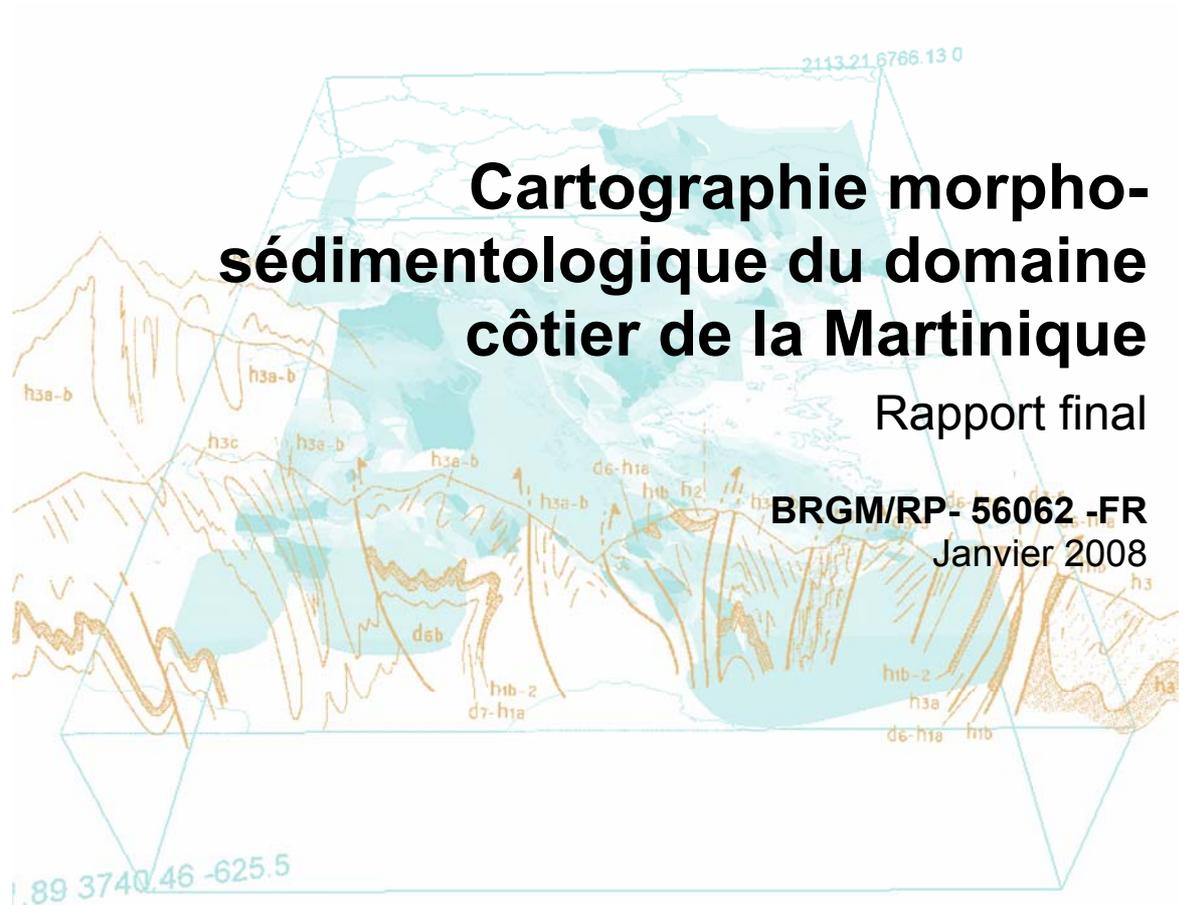


Document public



Direction régionale de l'environnement
MARTINIQUE



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Cartographie morpho-sédimentologique du domaine côtier de la Martinique

Rapport final

BRGM/RP -56062- FR

Janvier 2008

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM 2007-07LITC03

P. Guennoc, P.A. Duclos

Vérificateur :

Nom : Thinon Isabelle

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : Comte Jean-Pierre

Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Direction régionale de l'environnement
MARTINIQUE



Mots clés :

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
GUENNOC P., DUCLOS P.-A., 2007 – Cartographie morphosédimentologique du domaine
côtier de la Martinique, Rapport BRGM

Synthèse

La DIREN Martinique a confié au BRGM la réalisation d'une cartographie morpho-sédimentologique de la zone côtière de la Martinique. Cette étude est basée sur la valorisation de données nouvelles recueillies dans le cadre d'un projet de cartographie des habitats marins piloté par l'Office du Milieu Marin Martiniquais (O.M.M.M.) et réalisé par la Société Envision Ltd (U.K.) en 2006. Les résultats de ce levé ont été complétés par l'analyse des données préexistantes : d'une part les levés hydrographiques du SHOM pour la bathymétrie et la morphologie, d'autre part les données (prélèvements de sédiments et sonar latéral) recueillies par l'Ifremer et l'Université de Bordeaux lors de travaux (1990-1994) qui avaient abouti à une première cartographie sédimentaire de l'ensemble de la plate-forme insulaire de la Martinique.

L'intérêt d'une analyse combinée de ces différents levés réside dans la complémentarité des ensembles de données : morphologie détaillée et imagerie acoustique de résolution moyenne mais plus complète sur la zone côtière ainsi que nombreuses prises de vue vidéo pour les levés récents 2006, imagerie sonar latéral partielle mais plus précise en résolution et prélèvements de sédiments nombreux dans la zone côtière pour les travaux de cartographie des années 90.

Les travaux entrepris notamment dans le cadre du stage d'élève ingénieur de l'Institut Lassalle Beauvais de Pierre-Arnaud Duclos, ont permis l'exploitation d'un important volume de données comprenant : la description détaillée de 342 stations de vidéo, la calibration par ces observations et par les prélèvements antérieurs de sédiments des profils de discrimination acoustiques des fonds (système Roxann), l'intégration des données morphologiques détaillées et de l'imagerie acoustique à différentes résolutions (levés Geoswath, sonar latéral analogique, bathymétrie générale issue des levés hydrographiques) ont permis de réaliser une nouvelle cartographie morphosédimentologique à 1/25 000 de plusieurs secteurs côtiers de la Martinique : au Nord et au Nord-Est de l'île, de la pointe de Macouba à la baie du Robert à l'Est et de la baie de Fort de France à l'Ouest.

Des travaux complémentaires sont proposés pour l'exploitation complète de ces données, l'acquisition de données complémentaires pour la connaissance de la zone côtière, du domaine littoral et des très petits fonds d'une part, des plates-formes externes et des pentes supérieures d'autre part.

Sommaire

1. Introduction	8
2. Bathymétrie et Morphologie	9
2.1. LEVES HYDROGRAPHIQUES DU SHOM : MORPHOLOGIE DE LA PLATE-FORME INSULAIRE	9
2.1.1. Levés hydrographiques et modèles numériques de terrain.....	9
2.1.2. Morphologie générale de la plate-forme insulaire	12
2.2. DONNEES DU LEVE COTIER 2006	17
2.3. COMPARAISON DES PROFONDEURS DE LA GRILLE DU LEVE GEOSWATH AVEC LES SONDES DU SHOM.	22
3. Exploitation des données côtières	26
3.1. DONNEES ANTERIEURES - CARTOGRAPHIE IFREMER	26
3.2. LEVE ENVISION 2006 – CARTOGRAPHIE DES HABITATS.....	26
3.2.1. Méthodologie d’exploitation - Disponibilité des données.....	26
3.2.2. Vidéo sous-marine.....	28
3.2.3. Classification des données acoustiques Roxann	32
3.2.4. Comparaison entre secteurs et création d’une classification unique des faciès Roxann.....	37
3.3. DELIMITATION DES FACIES : COMPARAISON ENTRE LES DIVERS TYPES DE DONNEES	38
3.3.1. Comparaison entre morphobathymétrie et faciès Roxann	38
3.3.2. Comparaison entre « faciès » Roxann et réflectivité Geoswath.....	40
3.3.3. Comparaison entre imagerie acoustique antérieure et données récentes.....	43
4. Cartographie morphosédimentologique	46
4.1. PRESENTATION DE LA CARTOGRAPHIE.....	46
4.1.1. Caractéristiques et distribution des différents faciès	46
4.1.2. Analyse morpho-sédimentaire.....	51
4.2. APPORTS DE LA NOUVELLE CARTOGRAPHIE DETAILLEE DE LA ZONE COTIERE.....	55
5. conclusions et travaux complémentaires	58

6. Bibliographie 61

Liste des illustrations

Figure 1- Distribution des sondes issues des levés hydrographiques du SHOM autour de la Martinique 9

Figure 2- Extraits de modèles numériques de terrain à la maille de 25 mètres (a) et de 50 mètres (b) 11

Figure 3- Modèle numérique terre-mer de la Martinique (maille 50 mètres) jusqu'à - 100m de profondeur d'après les données originales du SHOM et de l'IGN. 13

Figure 4 – Toponymie des communes et principales zones côtières de l'île et localisation des principales structures morphologiques. 14

Figure 5 – Distribution des ruptures de pentes sur les plates-formes de la Martinique et de la Guadeloupe (Duclos, 2007)..... 15

Figure 6 – Cadre morphologique régional de la Martinique : Image des MNT terre IGN et plate-forme (0-100m) d'après les données du SHOM replacé sur l'image du MNT ombré des pentes et grands fonds issu des levés de la campagne Aguadomar (Deplus et al., 2006) (Etoile : volcan actif de La Dominique, trait jaune : contours des masses glissées)..... 16

Figure 7- MNT à la maille de 5mètres de la zone côtière de la Martinique issu des levés Envision (données août 2007) (en couleur) superposé au MNT de la plate-forme calculé à partir des données du SHOM (en ombré). 19

Figure 8 - Comparaison des MNT de la baie de Fort de France(à gauche) et du secteur SE (à droite) ; de haut en bas : MNT 5m provisoires Envision, définitifs, MNT25m (établi à partir des données SHOM). 20

Figure 9- Exemples de morphologies détaillées révélées par le nouveau levé côtier (à gauche) et comparaison avec un MNT au pas de 25 mètres calculé à partir des sondes du SHOM (à droite)..... 21

Figure 10 –Ecart entre les valeurs de bathymétrie du levé Geoswath et les sondes du SHOM dans la baie de Fort de France ; la distribution des écarts (par classes de valeurs) suit la localisation des profils (écarts > 1m en jaune)..... 23

Figure 11 - Vue synthétique (modèle maillé) sur l'ensemble du domaine côtier des écarts entre valeurs de bathymétrie du levé Geoswath et sondes du SHOM (en rouge : écarts > 5m, en vert écarts < 1 m)..... 24

Figure 12 – Ecart entre les valeurs de bathymétrie du levé Geoswath et les sondes du SHOM Code des couleurs : voir Figure 10..... 25

Figure 13 – Localisation des données antérieures recueillies par Ifremer et l'Université de Bordeaux : profils de sonar latéral et prélèvements de sédiments. 27

Figure 14 – Localisation des données ponctuelles (vidéo, prélèvements) dans la zone côtière. 29

Figure 15 - Exemple de description des faciès observés sur une vidéo sous-marine (Duclos, 2007) 30

Figure 16- Calibration des données Roxann et création de « boîtes » ou secteurs de faciès. 1 calibration avec données directes ; 2 : calibration avec données indirectes, G faciès de réflectivité Geoswath ; 3 : délimitation des faciès.....	34
Figure 17 – Exemple de distribution des faciès Roxann le long de la côte nord : la classification des faciès à partir des données Roxann met en évidence les principaux domaines sédimentaires	35
Figure 18 –Calibration des faciès Roxann des autres zones : 1 : La Trinité ; 2 : baies du Galion et du Robert ; 3 : baie de Fort de France.	36
Figure 19- Présentation et répartition par secteur de l'ensemble des faciès Roxann	38
Figure 20 - Exemple d'aide à la numérisation des limites de faciès par la bathymétrie et l'imagerie acoustique (1 : localisation de la zone ; 2 : apport de la bathymétrie ; 3 : apport de l'imagerie acoustique).....	39
Figure 21 - : Exemple de cohérence entre les données Roxann et Geoswath dans le secteur N. Note : sur les figures 20 à 24 , les « faciès Roxann » sont représentés par les séries de points de couleur le long des profils sur les images de bathymétrie ou de réflectivité Geoswath.....	40
Figure 22 - Exemple dans le secteur NE de discrimination plus importantes des fonds durs du système Roxann sur le Geoswath	41
Figure 23 – Exemple de discrimination plus importante des faciès meubles par le système Roxann dans certains secteurs (reportée sur imagerie Geoswath).....	42
Figure 24 – Exemple de discrimination plus importante des faciès meubles par l'imagerie acoustique Geoswath	42
Figure 25 –Comparaison des données d'imagerie acoustique (sonar latéral en haut, imagerie Geoswath au milieu) et morphologie détaillée (en bas).Exemples de la baie de Fort de France (à gauche) et du secteur NE (à droite).....	45
Figure 26 - Analyses granulométriques d'échantillons caractéristiques des faciès sédimentaires.....	47
Figure 27 – Carte sédimentologique de la baie de Fort de France	48
Figure 28 – Carte -sédimentologique du secteur Nord-Est	49
Figure 29 – Carte sédimentologique de la Trinité au havre du Robert.....	50
Figure 30 - Comparaison des légendes des cartes sédimentologiques visant les fonds marins de la Martinique(les couleurs correspondent aux couleurs employées pour chacune des cartographies	56
Figure 31 – Comparaison des 3 types de cartographie réalisées dans deux secteurs (A et B) de la zone côtière nord-est : 1: cette étude, 2: Envision 2007 ; 3: Ifremer : 2000.....	57
 Liste des annexes	
Annexe 1 Extraits de vidéo sous-marines montrant les principaux faciès sédimentaires	63

1. Introduction

La DIREN Martinique a confié au BRGM la réalisation d'une cartographie morphosédimentologique de la zone côtière de la Martinique entre 5 et 30 mètres de profondeur. Cette étude a été basée sur la valorisation de données nouvelles recueillies dans le cadre d'un projet de cartographie des habitats marins piloté par l'Office du Milieu Marin Martiniquais (O.M.M.M.) et réalisé par la Société Envision Ltd (U.K.) en 2006. Les résultats de ce levé ont été complétés par l'analyse des données préexistantes : d'une part les levés hydrographiques du SHOM pour la bathymétrie, d'autre part les données (prélèvements de sédiments et sonar latéral) recueillies par l'Ifremer et l'Université de Bordeaux lors de travaux (1990-1994) qui avaient abouti à une première cartographie sédimentologique de l'ensemble de la plate-forme insulaire de la Martinique.

L'intérêt d'une analyse combinée de ces différents levés réside dans la complémentarité des ensembles de données : morphologie détaillée et imagerie acoustique de résolution moyenne mais plus complète sur la zone côtière, nombreuses prises de vue vidéo pour les levés récents 2006, imagerie par sonar latéral partielle mais plus précise en résolution et prélèvements de sédiments dans la zone côtière pour les travaux de cartographie des années 90.

Après la réception des données des levés récents, leur interprétation a pu être entreprise conjointement avec l'analyse des données antérieures dans le cadre du stage d'élève ingénieur de l'ISAB de Pierre-Arnaud Duclos. Elle a permis de réaliser une nouvelle cartographie morphosédimentologique de larges domaines côtiers de la Martinique : au Nord et au Nord-Est de l'île, de la pointe de Macouba de à la baie du Galion et à l'ouest : la baie de Fort de France.

Ce rapport présente en premier lieu l'apport des diverses données de bathymétrie à la connaissance de la morphologie des plates-formes et de la zone côtière de l'île. Les valeurs de bathymétrie de la grille fournie à partir de levés récents détaillés sont comparées aux données de référence des levés hydrographiques.

Les données variées permettant de caractériser la nature des fonds sont ensuite analysées. Les données de caractérisation acoustique des fonds (profils Roxann) sont calibrées sur la base des nombreuses observations de vidéo sous-marine et des prélèvements de sédiments antérieurs et d'établir une typologie des faciès de nature de fonds. Cette typologie des faciès combinée aux informations morphologiques et d'imagerie acoustique permet in fine d'établir une nouvelle cartographie sédimentologique détaillée des domaines sédimentaires des domaines plus étendus de la zone côtière, du Nord et du Nord-Est jusqu'aux baies du Galion et du Robert et de la baie de Fort de France.

Des travaux complémentaires, études et acquisition de données nouvelles sont proposés.

2. Bathymétrie et Morphologie

2.1. LEVES HYDROGRAPHIQUES DU SHOM : MORPHOLOGIE DE LA PLATE-FORME INSULAIRE

2.1.1. Levés hydrographiques et modèles numériques de terrain

Les levés hydrographiques du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) les plus récents autour de la Martinique ont été réalisés entre 1978 et 1983. Selon les procédures des levés hydrographiques, les profils au sondeur monofaisceau ont été pointés manuellement et les sondes validées et corrigées de la marée ont été reportées sur des minutes de sondes en fonction de l'échelle des levés (un levé au 1/10 000 correspond à 1 profil tous 100 mètres soit tous les 1 cm cartographique). Autour de la Martinique, les levés ont été réalisés du 1/5000 au 1/10 000 dans les zones côtières et sur la plate-forme jusqu'à 100 mètres de profondeur et au 1/20 000 ou plus vers le large (Figure 1). Ces sondes hydrographiques ont été numérisées par le SHOM et fournies en format numérique (convention SHOM,

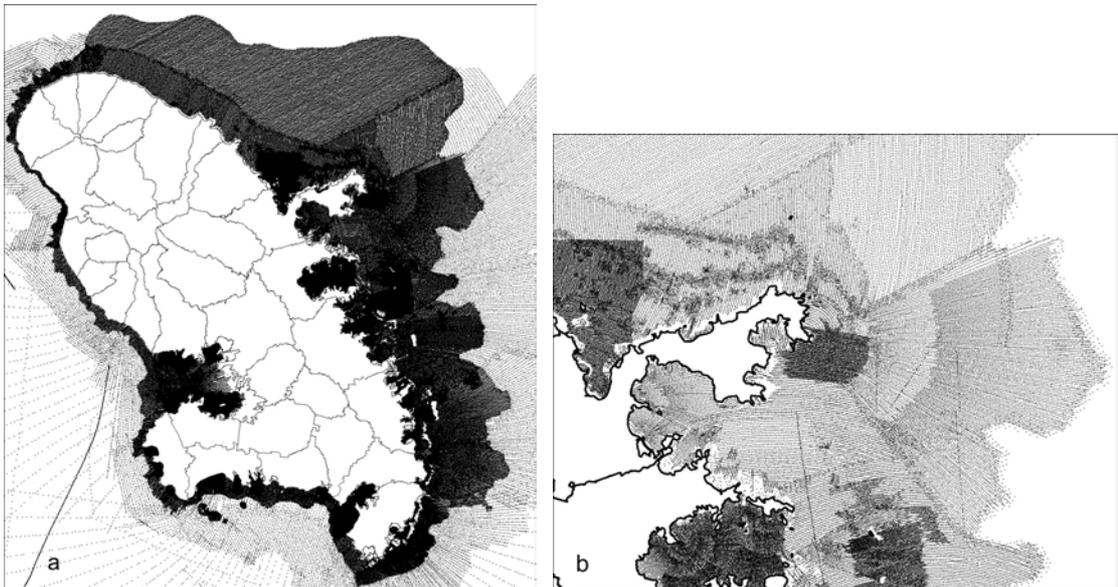


Figure 1- Distribution des sondes issues des levés hydrographiques du SHOM autour de la Martinique

Compte tenu de l'espacement des profils et des sondes le long de ceux-ci des Modèles Numériques de Terrain (MNT) à maille plus ou moins serrée peuvent être calculés

selon les secteurs. Le MNT à la maille de 25 mètres permet de mettre en évidence une morphologie assez détaillée dans la zone côtière mais plus au large l'espacement plus grand des profils et l'insuffisance des données apparaissent (Figure 2a). A la maille de 50m, la résolution dans la zone côtière diminue mais les artefacts liés à la plus faible densité de données disparaissent quasiment partout (Figure 2b) même dans les secteurs du large où une maille de 100 mètres serait a priori plus adaptée à l'espacement des données originelles.

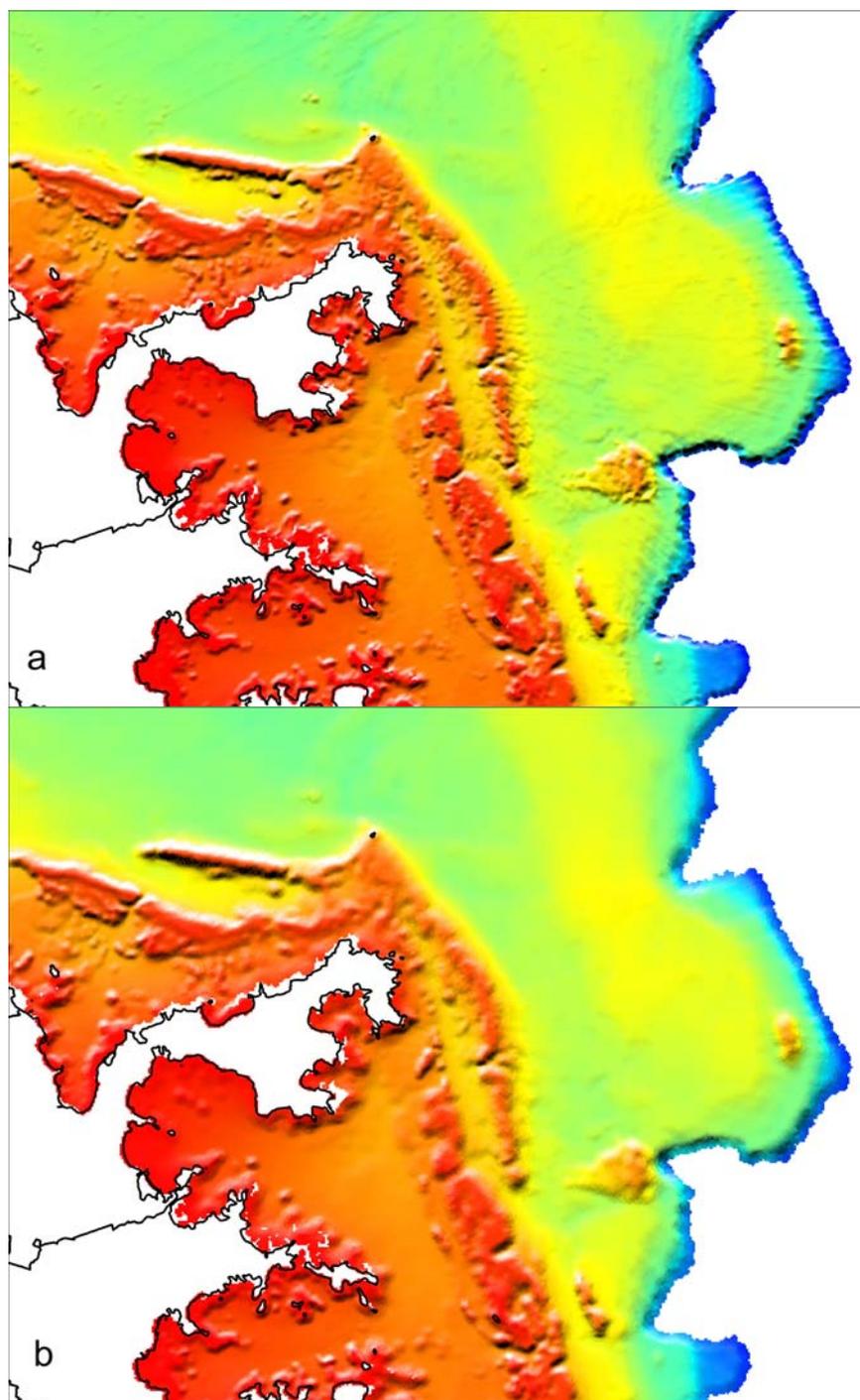


Figure 2- Extraits de modèles numériques de terrain à la maille de 25 mètres (a) et de 50 mètres (b)

2.1.2. Morphologie générale de la plate-forme insulaire

Le MNT au pas de 50 m calculé à partir des sondes du SHOM présente une vue d'ensemble inédite de la morphologie de la plate-forme insulaire de la Martinique entre 0 et 100 mètres de profondeur (Figure 3).

Ce MNT révèle l'extension très dissymétrique de ces plates-formes de la Martinique liée à l'histoire géologique de l'île et à la migration progressive au cours de la construction de l'île des centres d'émission volcanique de l'Ouest vers l'Est puis vers le Nord-Ouest.

Cinq principaux ensembles morphologiques peuvent être distingués autour de la Martinique (Figure 3 & Figure 4) :

- le secteur NE de la pointe de Macouba au Nord à La Trinité au NE,
- le secteur E à SE de la pointe de la Caravelle au Cap Ferré,
- le secteur Sud de l'Anse des Salines au Rocher et à la pointe du Diamant,
- la baie de Fort de France,
- le secteur NW, de Schoelcher à Grand Rivière.

La large plate-forme du secteur NE est caractérisée par une pente côtière assez continue jusqu'à -60 mètres de profondeur, prolongée par une vaste zone centrale plane à légèrement déprimée autour de -70m et orientée vers le NW (Figure 3). Cette série de dépressions alignées est limitée vers le large par une zone externe de reliefs peu prononcés, autour de -60 à 65m.

Au NE de la Trinité, la plate-forme s'élargit considérablement jusqu'à atteindre 25 km de large. La presqu'île de la Caravelle marque aussi un changement dans la morphologie de la zone côtière avec la présence d'une double barrière récifale au nord et à l'est de la presqu'île. La profondeur minimum du premier récif atteint -8 à -10 mètres et le second récif plus au large se situe autour de -13 à -15 mètres. Au Nord de la presqu'île, ils délimitent une dépression ouverte au NW vers -50 mètres. Au Sud et au Sud-Est de la presqu'île, les zones de récifs délimitent également des dépressions allongées à -40 et -45 mètres de profondeur très allongées et presque isolées du large. Dans ce secteur sud, au débouché de la baie du Galion, le premier récif barrière délimite avec le récif frangeant côtier, une autre dépression fermée à -33 mètres de profondeur.

Vers le sud-est, seul le premier récif frangeant subsiste : il s'élargit notablement (jusqu'à 2 km) et est entrecoupé de nombreuses passes. Il s'interrompt au sud-est au large de Macabou où il est très proche du récif frangeant.

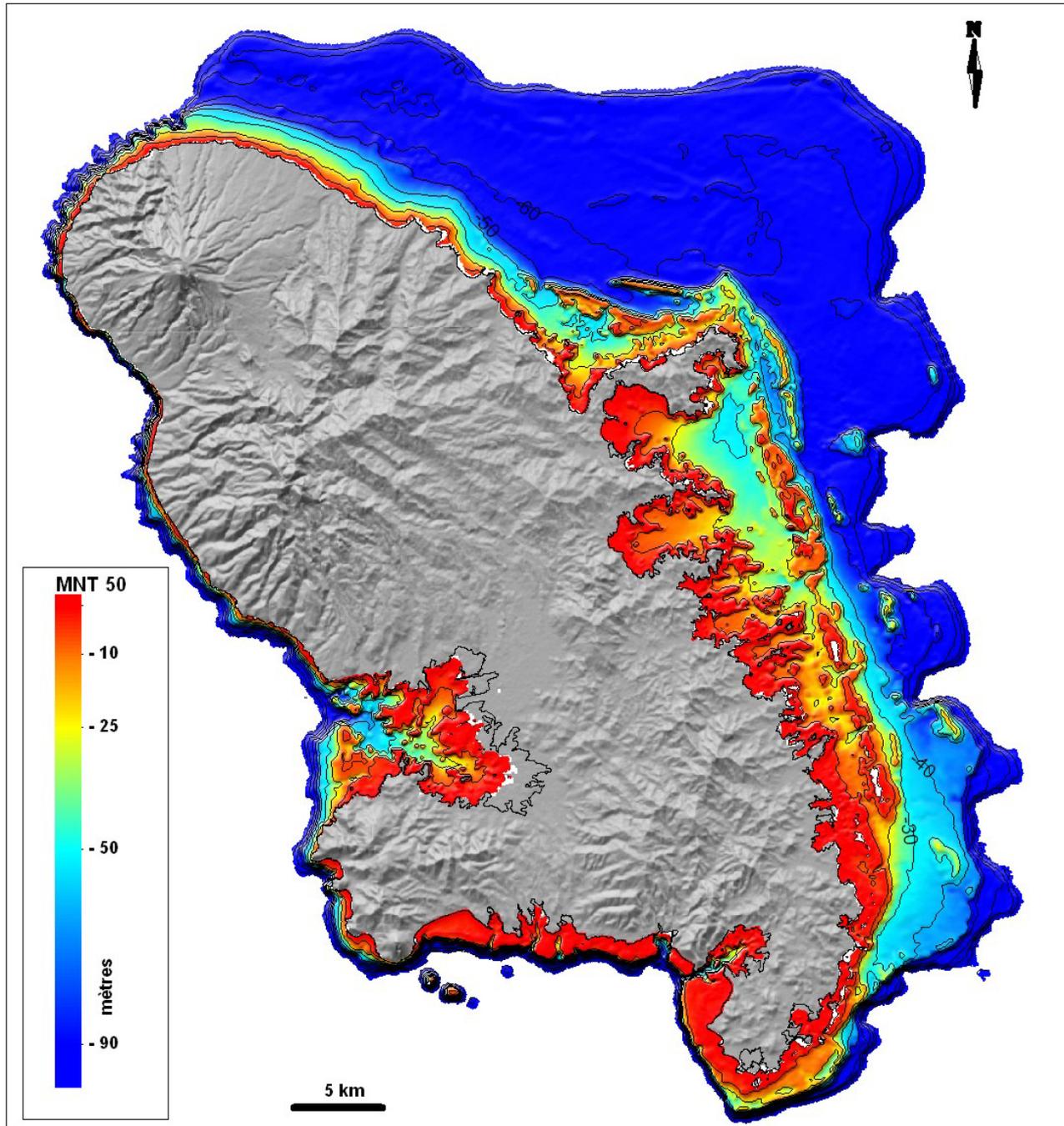


Figure 3- Modèle numérique terre-mer de la Martinique (maille 50 mètres) jusqu'à -100m de profondeur d'après les données originales du SHOM et de l'IGN.



Figure 4 – Toponymie des communes et principales zones côtières de l'île et localisation des principales structures morphologiques.

La plate-forme externe sud-orientale de la Martinique est bien plus réduite qu'au Nord. Elle présente des caractères remarquables par l'étagement de plusieurs niveaux à pente faible étagés entre -40 et -45 m et -60 et -70m, localement entre -85 et -90 m mètres et séparés par des escarpements. Au niveau du premier replat des reliefs s'élèvent jusqu'à -18 à -20 mètres de profondeur formant des promontoires isolés dans le prolongement de la barrière récifale interrompue plus au nord. D'autres reliefs vers -30 m sont également observés au niveau du deuxième replat.

Les études antérieures de la morphologie de la partie sud de la plate-forme martiniquaise avaient permis de repérer ces replats et ruptures de pente et de les interpréter comme des marques de stationnement de la mer et d'anciens platiers récifaux lors de la remontée du niveau marin, depuis -120 mètres, après le dernier maximum glaciaire il y a 18 000 ans (Froidefond et al. 1985).

Des marques de stationnement du niveau de la mer - replats, récifs immergés, encoches d'abrasion marines...- ont été reconnues dans divers environnements de plates-formes sous-marines en particulier aux Antilles (ex. Bouchon et Laborel, 1986 ; Collina-Girard, 2000).

Une analyse morphologique des plates-formes de la Martinique et de la Guadeloupe à partir des MNT établis par interpolation des sondes du SHOM, a permis, malgré la résolution moyenne de ceux-ci, d'identifier de nombreux replats et escarpements situés à diverses profondeurs (Duclos, 2007).

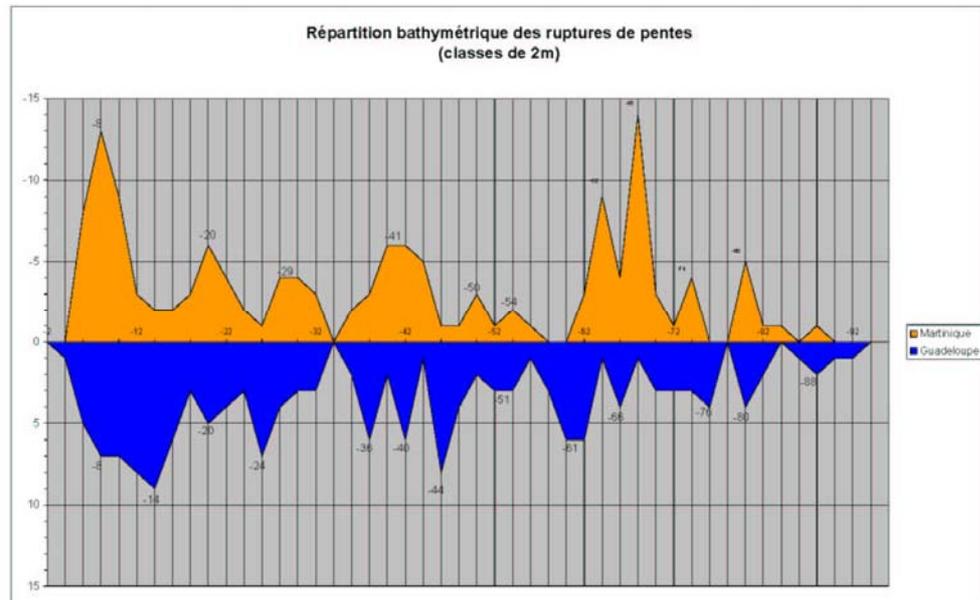


Figure 5 – Distribution des ruptures de pentes sur les plates-formes de la Martinique et de la Guadeloupe (Duclos, 2007)

Autour de la Martinique, une dizaine de replats et de ruptures de pentes a ainsi pu être relevée dont la distribution est très variable, une partie seulement de ces replats (au maximum 6) étant observée au droit d'un même secteur côtier.

Une interprétation plus détaillée de la signification des ces morphologies et des traces de stationnement anciens de la mer nécessitent des études plus approfondies des environnements et en particulier des prélèvements et datations des dépôts sédimentaires et coralliens.

Un autre trait remarquable de la morphologie au Sud-Est de l'île est constitué par les incisions importantes du rebord de la plate-forme. La tête des vallées ou canyons sous-marins se situe en effet à 8 kilomètres. En replaçant la morphologie de la plate-forme dans un cadre général des pentes de l'île d'après les travaux de Deplus *et al.* (2001) issus des levés de la campagne Aguadomar (Figure 6), l'importance des processus d'érosion particulièrement actifs en périodes bas-niveau marin sur ce secteur de plate-forme apparaît nettement. On constate également que les dépressions allongées observées au centre de la plate-forme au Nord de l'île semblent connectées avec un large réseau de canyons sous-marins orientés vers le NNW.

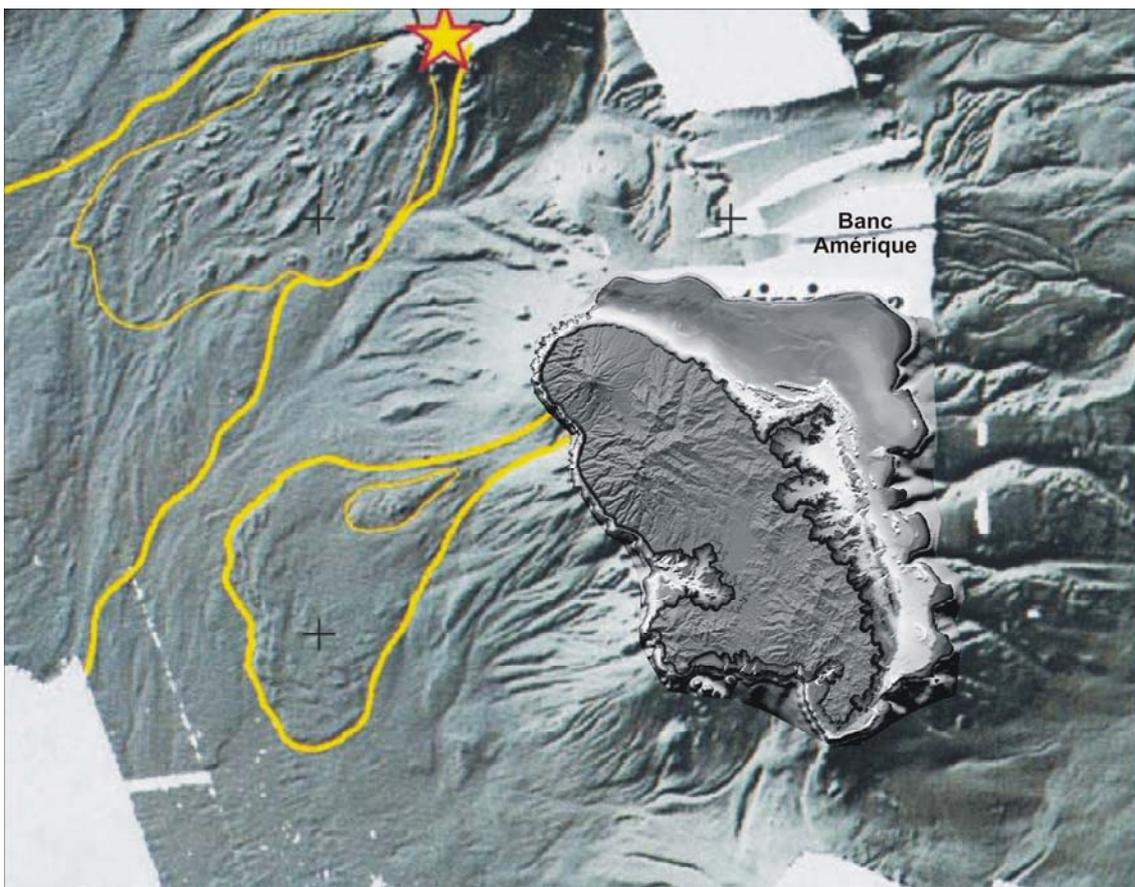


Figure 6 – Cadre morphologique régional de la Martinique : Image des MNT terre IGN et plate-forme (0-100m) d'après les données du SHOM replacé sur l'image du MNT ombré des pentes

et grands fonds issu des levés de la campagne Aguadomar (Deplus et al., 2006) (Etoile : volcan actif de La Dominique, trait jaune : contours des masses glissées)

Le cadre morphologique régional illustre très bien le contrôle du socle volcanique. L'extension de la plate-forme au NE est ainsi expliqué par la présence du socle de l'arc volcanique ancien enfoui au niveau du banc Amérique entre la Martinique et La Dominique (Figure 6).

Sur la côte caraïbe au large des volcans les plus récents, les processus de transfert sédimentaire et d'érosion des pentes dominant largement. Outre l'important glissement récent associé à la Soufrière de Sainte Lucie au Nord (Figure 6), des masses glissées très volumineuses sont aussi relevées au droit de la Montagne Pelée (Deplus et al., 2001).

Sur la côte orientale, la baie de Fort de France représente la seule zone de petits fonds étendus. La connexion de la vallée axiale de la baie (Figure 3) avec les pentes externes de l'île et des incisions importantes peut être notée (Figure 6).

2.2. DONNEES DU LEVE COTIER 2006

Le levé de la zone côtière de la Martinique a été réalisé en 2006 par la Société Envision à l'aide d'un sonar interférométrique de type Geoswath (Figure 7). Par rapport aux sondeurs multifaisceaux classiques (SMF) qui permettent de couvrir une bande de 3 à 5 fois la profondeur d'eau, ce type de sonar permet une couverture nettement plus large, atteignant 10 à 15 fois la profondeur d'eau. Outre leur rendement élevé, ils sont donc très utiles dans les faibles profondeurs d'eau (inférieures à 10 – 15 mètres) où la navigation devient difficile à proximité des dangers car ils permettent de réaliser les levés tout en restant à plus grande distance de ceux-ci.

Une comparaison de systèmes de SMF et de sonar interférométrique menée par la NOAA a montré l'intérêt de ces derniers en domaine côtier par la bonne corrélation entre les grilles issues des deux systèmes. Les systèmes SMF conservent néanmoins une meilleure qualité pour la mesure des hauteurs d'eau (sondes s.s.) et la détection des points isolés (Gostnell et Yoos, 2007).

Les données préliminaires du levé Geoswath sur la zone côtière de la Martinique ont été délivrées au BRGM en avril 2007. Un premier examen à Fort de France a permis de constater le détail de l'information morphologique révélé par les grilles au pas de 5 mètres mais aussi l'existence de nombreuses anomalies qui ont été présentées à l'OMMM et à la DIREN pour leur transmission à la société ENVISION.

Les principales remarques concernaient l'existence de nombreux artefacts sur les parties externes des fauchées empêchant toute analyse morphologique détaillée des grilles fournies, notamment dans les zones de baies, telles que la baie de Fort de France (Figure 8). Certaines pentes escarpées révélaient aussi des problèmes d'interpolation et au sud-est on relevait un important relief très linéaire au large qui n'existait pas d'après les données du SHOM (Figure 8).

En août 2007, des données bathymétriques et d'imagerie Geoswath ayant subi un traitement plus élaboré ont été transmises. La comparaison avec les grilles antérieures révèle que certains artefacts importants ont été éliminés (Figure 8).

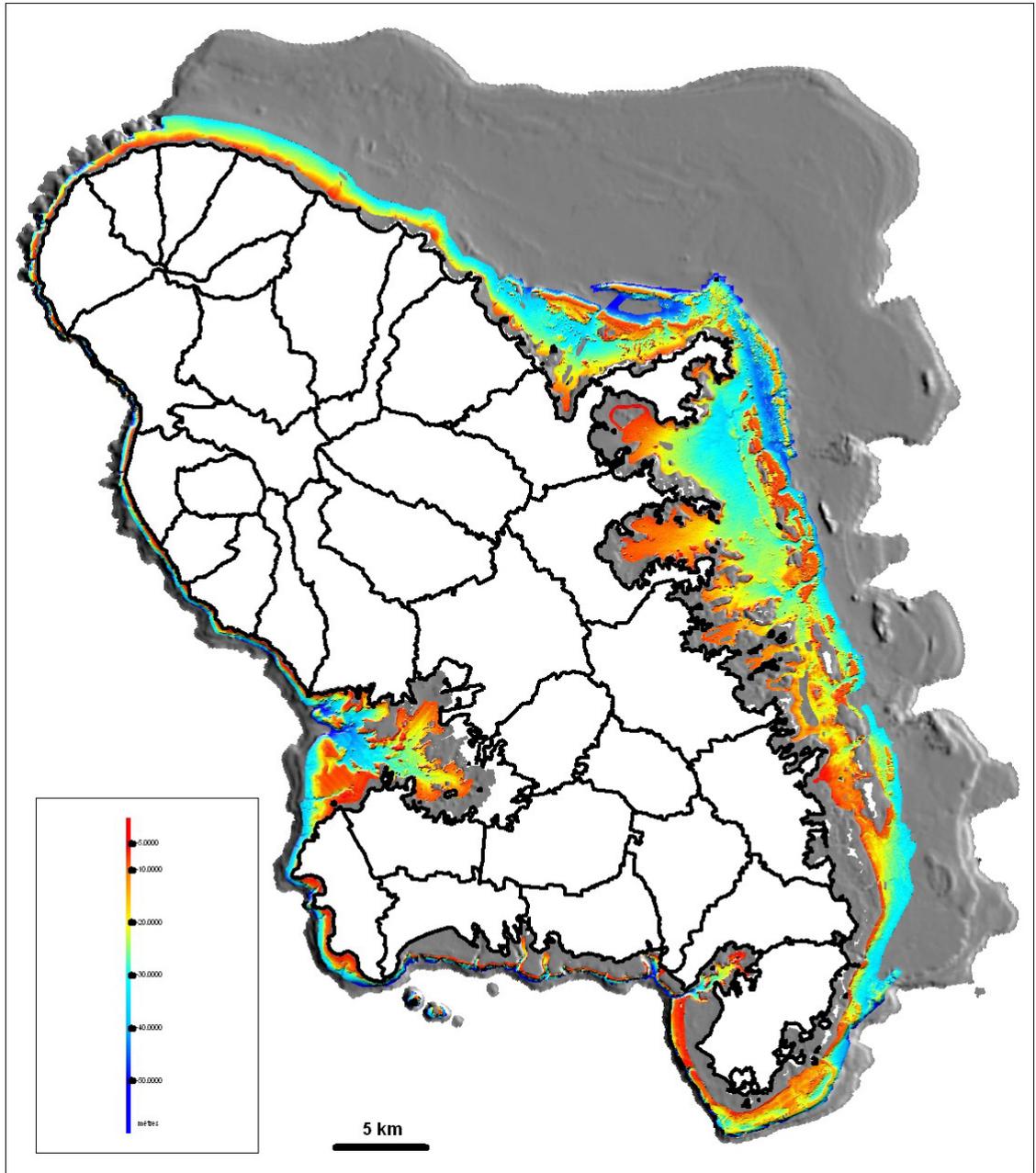


Figure 7- MNT à la maille de 5mètres de la zone côtière de la Martinique issu des levés Envision (données août 2007) (en couleur) superposé au MNT de la plate-forme calculé à partir des données du SHOM (en ombré).

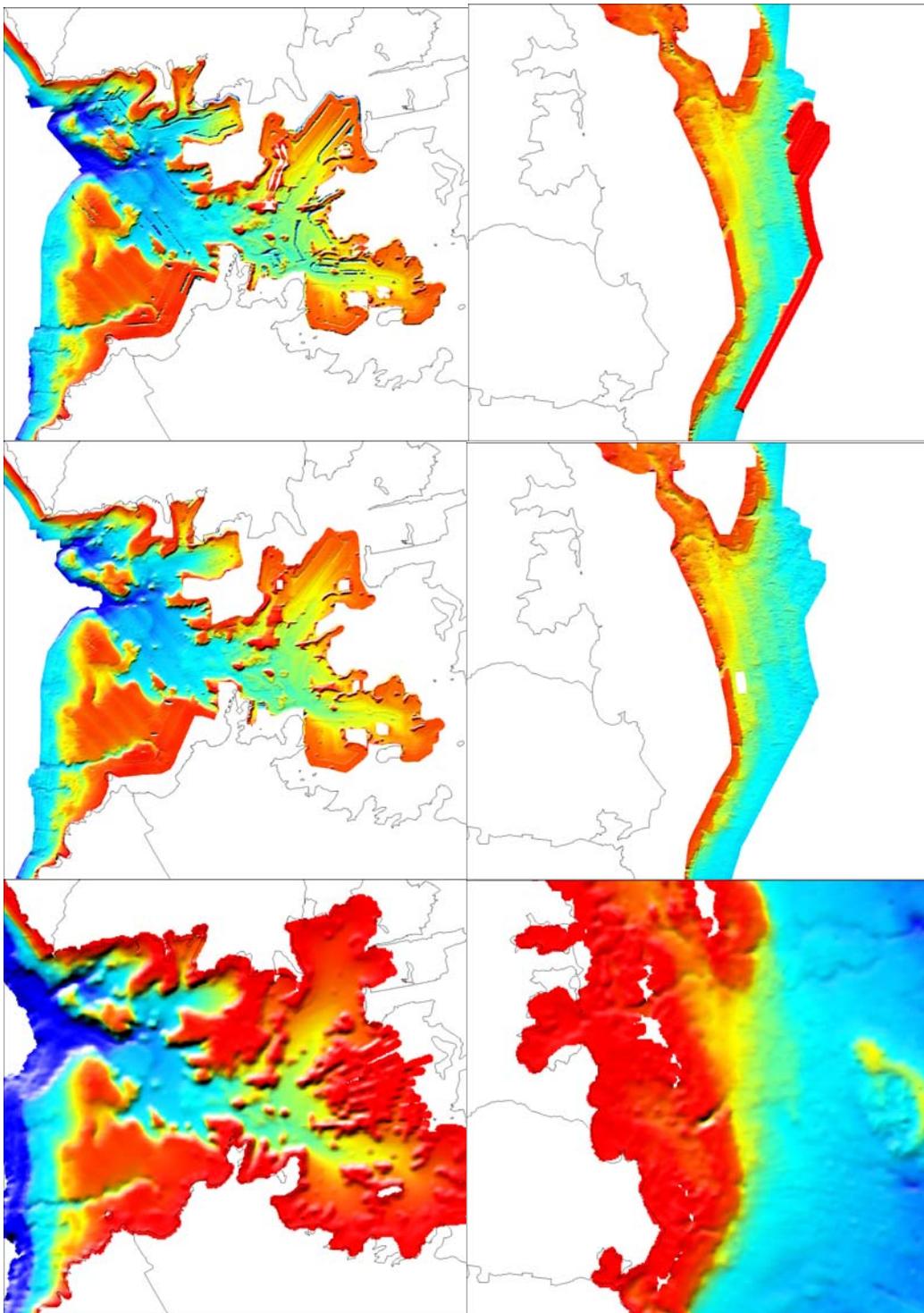


Figure 8 - Comparaison des MNT de la baie de Fort de France(à gauche) et du secteur SE (à droite) ; de haut en bas : MNT 5m provisoires Envision, définitifs, MNT25m (établi à partir des données SHOM).

Le principal apport du levé nouveau est une connaissance beaucoup plus détaillée de la morphologie des barrières récifales externes, de têtes de récifs isolés notamment au Nord-Est, autour de la presqu'île de la Caravelle, ou encore des dépressions au sud de l'île (Figure 9).

En revanche les apports sont nettement moindres dans les zones de plate-forme très réduites notamment au sud ou à l'ouest de l'île. Dans ce dernier secteur la morphologie des vallées sous-marines apparaît imprécise et aucune analyse détaillée de ces secteurs ne peut être entreprise sur la base des grilles fournies.

Du fait des limites du levé (délai, accessibilité), de larges secteurs très peu profonds entre 0 et 10 mètres n'ont pas été reconnus et les données du SHOM constituent donc la seule source d'information morphologique disponible.

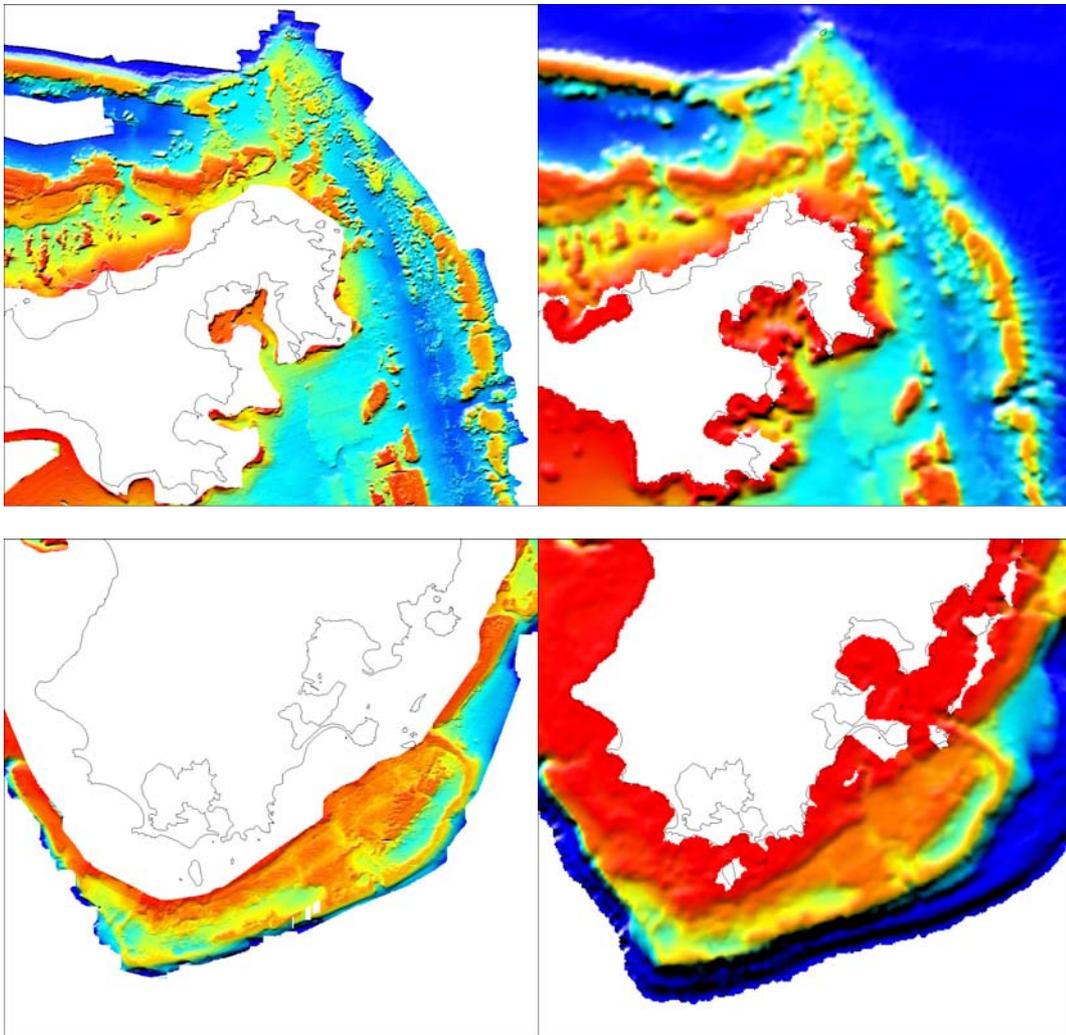


Figure 9- Exemples de morphologies détaillées révélées par le nouveau levé côtier (à gauche) et comparaison avec un MNT au pas de 25 mètres calculé à partir des sondes du SHOM (à droite)

2.3. COMPARAISON DES PROFONDEURS DE LA GRILLE DU LEVE GEOSWATH AVEC LES SONDES DU SHOM.

Au-delà de l'examen des contours morphologiques détaillés ou plus incertains fournis par le levé Geoswath 2006, un contrôle de la cohérence des valeurs de bathymétrie par rapport aux données de références représentées par les sondes corrigées issues des levés hydrographiques du SHOM s'avérait important.

Les sondes du SHOM constituent une référence de la valeur de la profondeur reportée en un point donné car ces mesures ont été réalisées le long d'un sondeur à pinceau vertical et qu'elles ont été corrigées de la marée.

Par ailleurs, la localisation des profils et donc des points de sonde le long des profils de mesures peut être considérée comme étant d'ordre plurimétrique compatible avec la maille de la grille Geoswath (5m).

La marée n'ayant pas fait l'objet de mesures durant le levé 2006 et les données n'ayant pas été corrigées sur la base d'une marée prédite, des valeurs de profondeurs supérieures aux sondes du SHOM d'au moins 50 cm peuvent être attendues. Elles s'ajoutent aux incertitudes liées à la mesure des profondeurs à partir du sonar interférométrique : obliquité des mesures, corrections des vitesses du son, influences des mouvements du navire...

Un calcul d'écart automatique à chaque point de sonde du SHOM avec la grille finale du levé Envision 2006 a été réalisé à l'aide du logiciel Vertical Mapper® (Figure 10, Figure 11, Figure 12).

Pour l'ensemble des sondes (plus de 100 000) situées au niveau de la zone des levés Envision, un écart inférieur à 1 mètre est constaté pour 60% des sondes. Les écarts de profondeurs de la grille sont compris entre 1 et 2 mètres pour 25 % des sondes. Des profondeurs supérieures de la bathymétrie Geoswath de 2 mètres et plus sont observées pour 15% des points dont un peu plus de 3% sont supérieurs à 5 mètres et peuvent atteindre 30 à 50 mètres (!) dans quelques secteurs très localisés.

Compte-tenu de la différence entre les données comparées - profondeur isolée relevée sur un profil puis corrigée, valeurs interpolées à la maille d'une grille à partir des mesures à incidence parfois très obliques et non corrigées -, on peut considérer qu'un écart inférieur à 1 mètre révèle une bonne corrélation et cohérence de la grille.

Un écart compris entre 1 et 2 mètres peut s'expliquer par des différences très locales entre les valeurs aux mailles de la grille à 5 mètres et les incertitudes de positionnement relatives des différentes mesures. L'examen de la distribution de ces écarts compris entre 1 et 2 mètres (en jaune sur Figure 10, Figure 11, Figure 12). Les figures montrent qu'ils sont en très grande majorité localisés sur la bordure externe des fauchées du levé Geoswath.

Ces valeurs qui peuvent atteindre plusieurs mètres par des fonds de bathymétrie parfois faibles (par exemples autour de -10 mètres au Sud de la baie de Fort de France) sont liées aux incertitudes des mesures sur les bordures des fauchées. Les profils Geoswath dans la baie sont espacés de 200 mètres même par les fonds de -10 mètres environ alors qu'un levé de bathymétrie détaillée aurait nécessité des profils plus serrés. A titres d'exemple, dans ces très petits fonds, les levés au sondeur multifaisceaux sont espacés de 20 à 30 mètres !

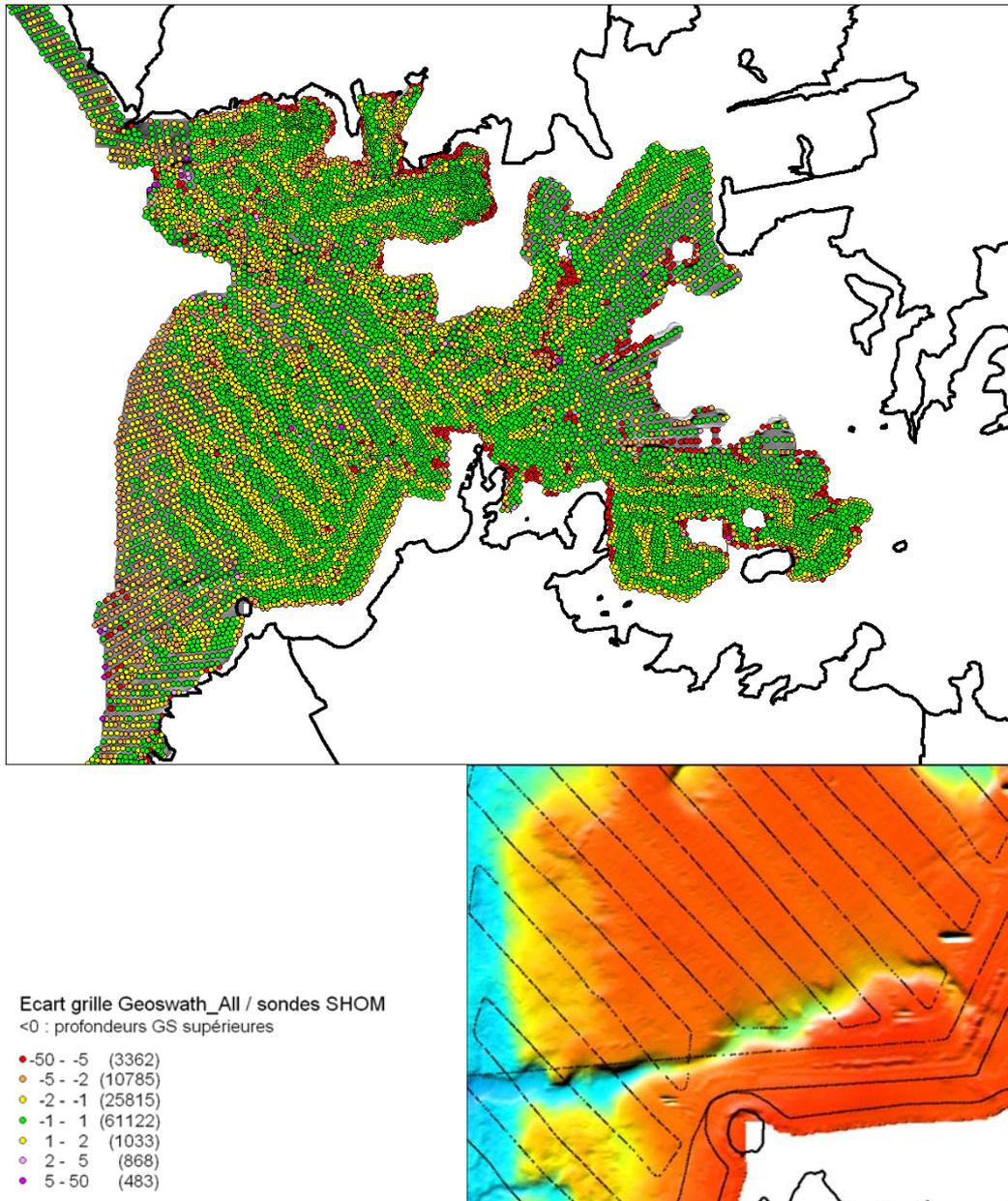


Figure 10 –Ecart entre les valeurs de bathymétrie du levé Geoswath et les sondes du SHOM dans la baie de Fort de France ; la distribution des écarts (par classes de valeurs) suit la localisation des profils (écarts > 1m en jaune)

Des écarts très importants supérieurs à 5 mètres et pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres sont observés dans les secteurs les plus accidentés : sur la façade sud de l'île, où les levés sont très réduits en superficie, et fréquemment au large de la côte occidentale. Dans ces secteurs, la pente importante générant des mesures imprécises de bathymétrie par système sonar et une plus grande incertitude sur la position des sondes expliquent ces forts écarts. Ceux-ci réduisent très fortement les possibilités d'exploitation de ces données y compris pour une analyse relative de la morphologie.

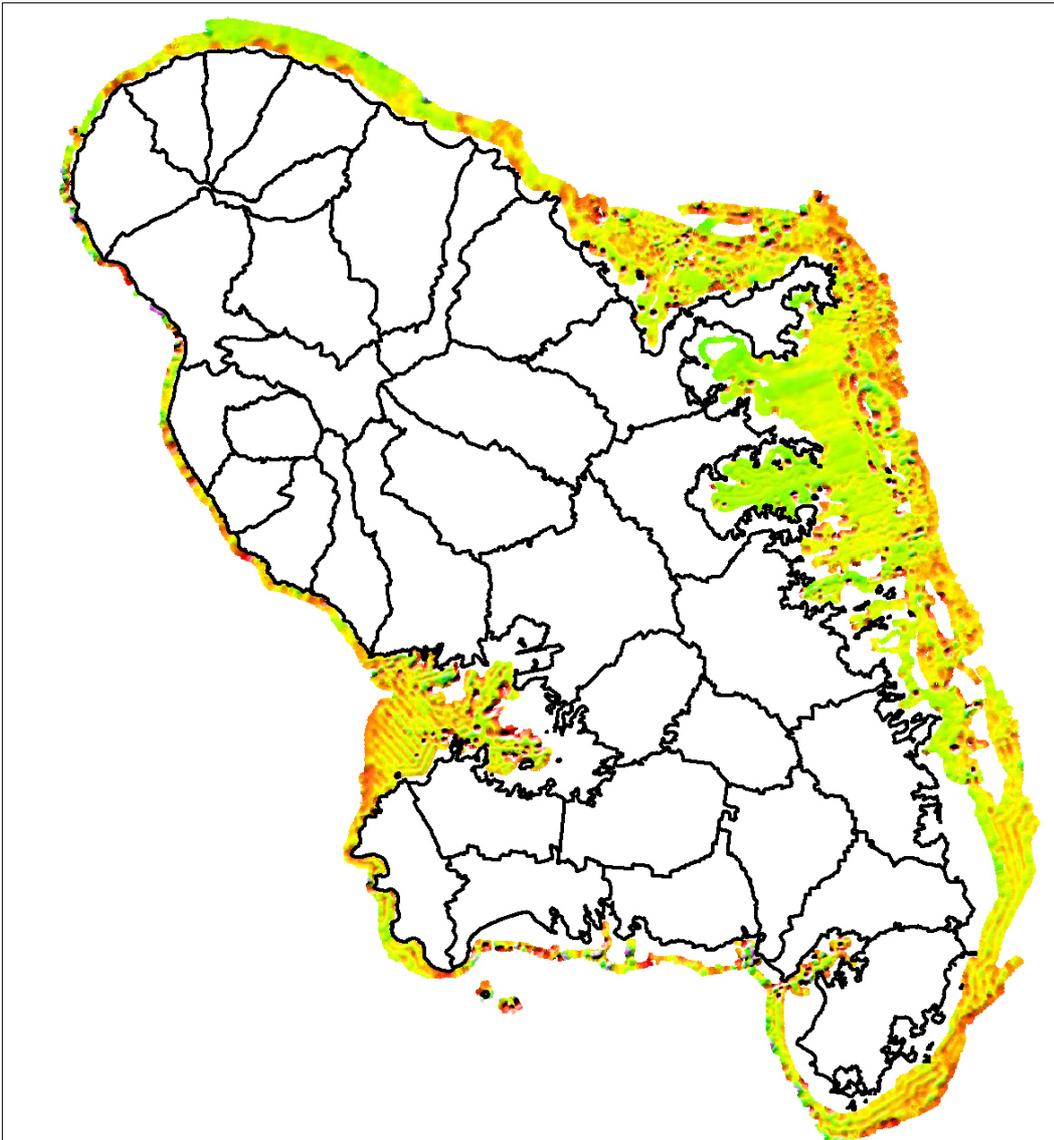


Figure 11 - Vue synthétique (modèle maillé) sur l'ensemble du domaine côtier des écarts entre valeurs de bathymétrie du levé Geoswath et sondes du SHOM (en rouge : écarts > 5m, en vert écarts < 1 m).

Des écarts importants ont aussi été relevés plus localement sur la plate-forme nord-orientale (Figure 12), surtout sur la pente des zones de récifs. Ils peuvent s'expliquer par les incertitudes du positionnement des mesures Geoswath et, à un degré moindre, des mesures discrétisées des sondes du SHOM accentuées par la morphologie parfois très complexe des bordures des récifs (récifs barrières ou pointements plus isolés). La morphologie très détaillée révélée dans ces secteurs par les grilles issues du levé Geoswath doit donc être analysée avec précaution et tenir compte de ces écarts et de la position des profils par rapport à la morphologie des fonds (incertitude des mesures les plus « externes »).

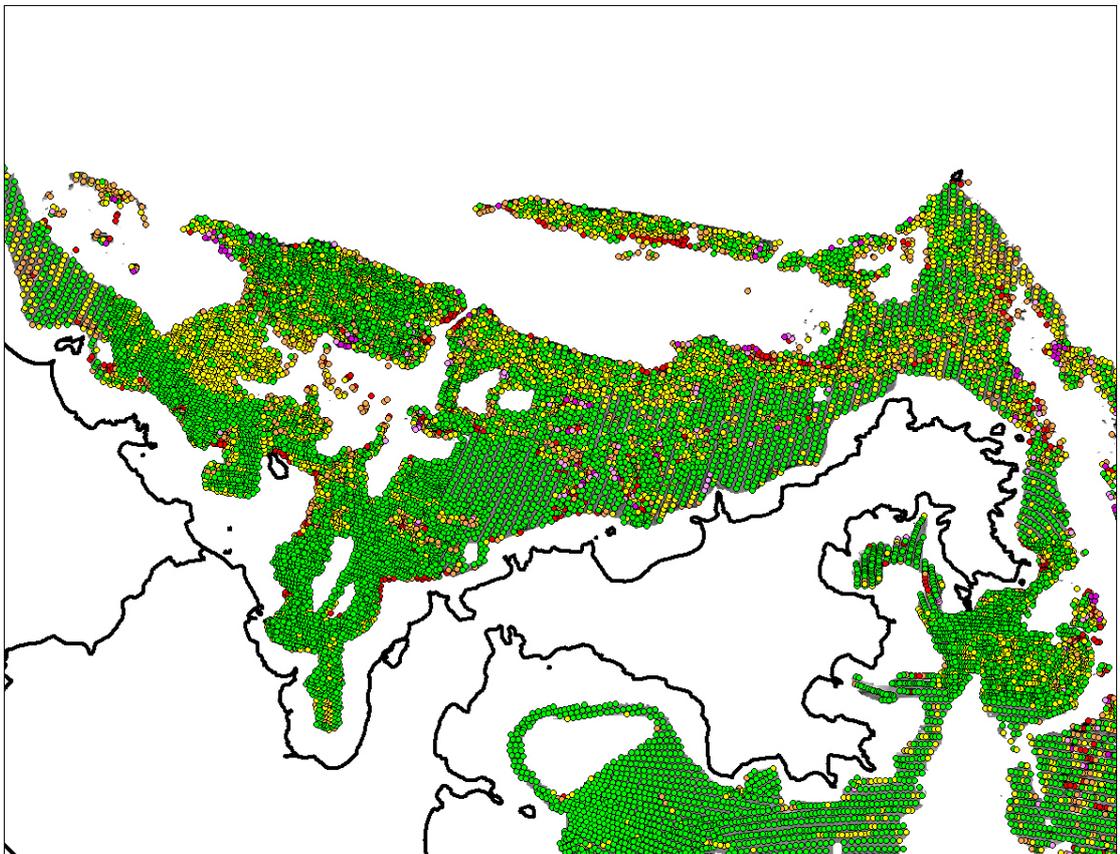


Figure 12 – Ecart entre les valeurs de bathymétrie du levé Geoswath et les sondes du SHOM
Code des couleurs : voir Figure 10

Le long de la côte nord, vers la pointe de Macouba (Figure 4 & Figure 11), la pente est plus régulière, les écarts significatifs sont encore plus localisés et limités aux petites zones de reliefs près de la côte.

3. Exploitation des données côtières

3.1. DONNEES ANTERIEURES - CARTOGRAPHIE IFREMER

De nombreuses données antérieures sur la nature des fonds marins des plates-formes de la Martinique ont été recueillies par Ifremer et l'Université de Bordeaux au cours de plusieurs campagnes : IGMAR 1 (1990), IGMAR 2 (1993) et CARTMAR (1995). Ces travaux avaient pour but de réaliser une cartographie de la nature des fonds qui a été publiée sous la forme de 4 cartes à 1/25 000 (Augris et al., 2000) puis d'une synthèse au 1/100 000 (Augris et al., 2003). Une thèse a également été consacrée à l'exploitation de ces données pour l'étude de l'hydrodynamique sédimentaire sur ces plates-formes (Durand, 1996).

Les données recueillies étaient principalement constituées de profils de sonar latéral remorqué dans les fonds au-delà de 30 à 50 mètres d'une part et de nombreux prélèvements de sédiments dans la zone côtière (Figure 13).

Les données antérieures ont été mises à disposition par Ifremer. Après examen elles ont pu être examinées et valorisées dans la zone commune avec les nouveaux travaux de cartographie côtière. L'intérêt de la valorisation de ces données antérieures résidait dans leur complémentarité. Les nombreux prélèvements de sédiments permettent en effet un contrôle de la nature des fonds observés sur des prises de vue de vidéo du levé 2006 (Figure 14).

3.2. LEVE ENVISION 2006 – CARTOGRAPHIE DES HABITATS

3.2.1. Méthodologie d'exploitation - Disponibilité des données

Après réception des premières données, en avril 2007, et contrôle, l'exploitation des données du levé 2006 a pu être entreprise. Les problèmes de qualité des modèles numériques de terrain et des mosaïques d'images de réflectivité n'ont pas permis de débiter le travail par une étude de ces données surfaciques (2D). Celles-ci auraient en effet permis une première cartographie générale qui aurait ensuite été validée et précisée par les caractéristiques identifiées par les données ponctuelles.

Une procédure a donc été mise au point pour l'exploitation des données en fonction de leur disponibilité. Elle a consisté en premier lieu à interpréter aussi complètement que possible les données d'observation directe (vidéo, prélèvements de sédiments) et à les corréliser entre elles. Ensuite les données indirectes 2D représentées par les nombreuses mesures le long des profils Roxann (voir plus loin) ont été analysées et classées à l'aide des données directes. Une zonation acoustique des différents types de fonds et les premiers tracés de limites cartographiques ont ainsi pu être établis par corrélation entre les profils Roxann.

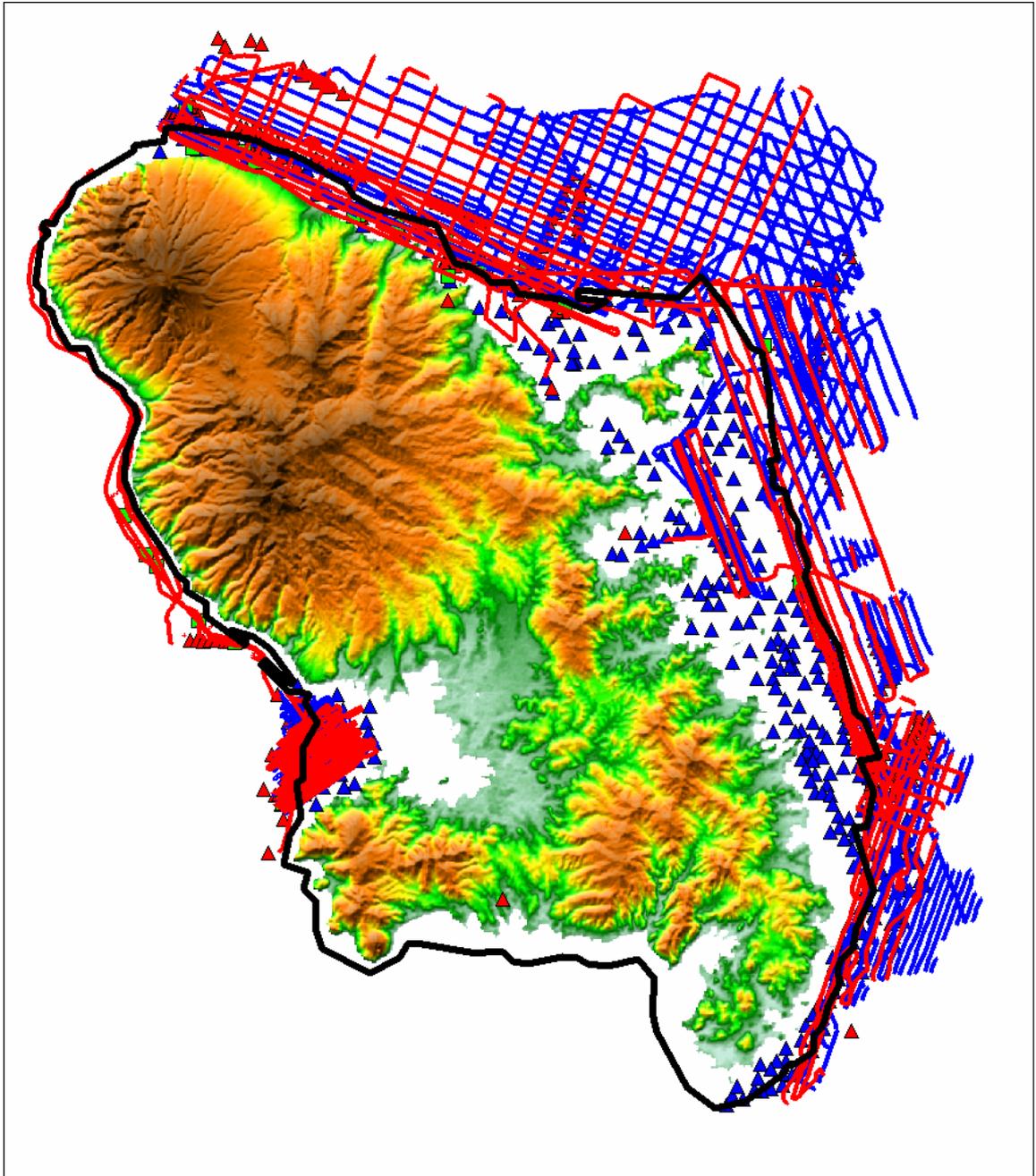


Figure 13 – Localisation des données antérieures recueillies par Ifremer et l'Université de Bordeaux : profils de sonar latéral et prélèvements de sédiments.

Ces tracés ont ensuite été confrontés aux limites de faciès acoustiques observés sur les images acoustiques et d'après la morphologie détaillée du MNT à 5m établi par la Société Envision et mis à disposition à la fin du travail d'exploitation des données.

Les données de vidéo manquantes dans la partie sud-est et sud de la zone d'étude n'ont pu être exploitées. La cartographie finale a été focalisée sur les zones des plates-formes les plus étendues : au Nord et au Nord-Est, incluant les baies du Galion et du Robert d'une part, à l'Ouest dans la baie de Fort de France d'autre part.

Les limites des faciès cartographiques identifiés d'après les données directes et les mesures Roxann ont ainsi pu être affinées et une première comparaison et analyse des discriminations de faciès de nature de fond par les différents systèmes a pu être menée.

3.2.2. Vidéo sous-marine

Les 341 vidéo sous-marines disponibles au départ (sur les 402 réalisées, Figure 14) ont été examinées et décrites aussi complètement que possible. Du fait de la superficie couverte par les vidéos ponctuelles (couvrant une zone de plusieurs mètres carrés lors de la dérive du bateau pendant l'enregistrement vidéo), une description complète des observations impliquait une différenciation des faciès et des types de fonds observés parfois complexes observés sur un même enregistrement.

Plusieurs faciès sédimentaires, types de formes ont ainsi été décrits. La proximité avec les prélèvements antérieurs de sédiments a été prise en compte pour le contrôle de la nature des sédiments.

1	a	vase	3	graviers à galets
	b	vase silteuse		
	c	vase sableuse	4	maërl
2	a	sable très fin à fin	5	fond dur
	b	sable fin		
	c	sable fin à moyen		Faciès hétérogène
	d	sable moyen		

Tableau 1- Liste des faciès issus de l'examen des données vidéo et des prélèvements de sédiments antérieurs

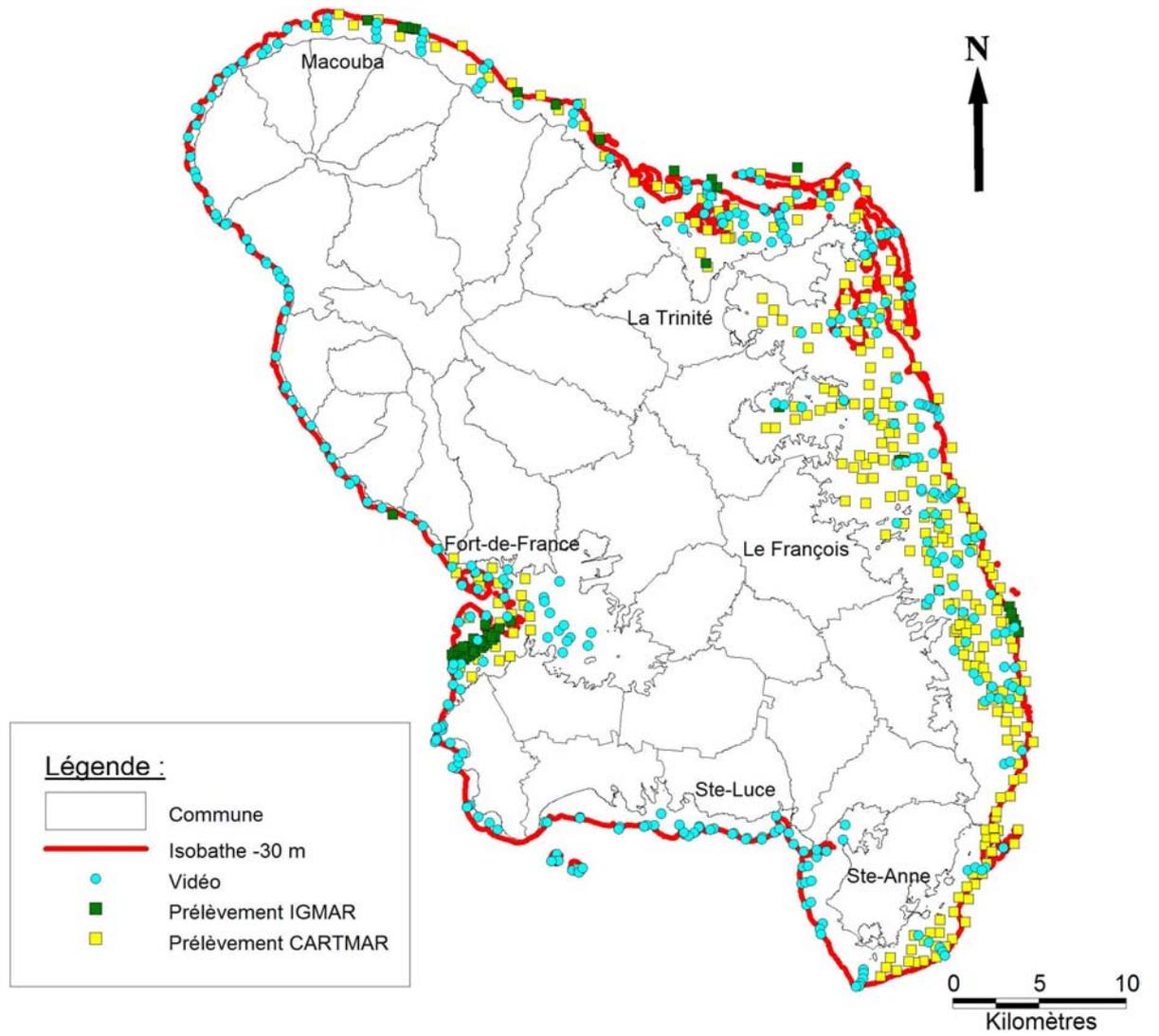


Figure 14 – Localisation des données ponctuelles (vidéo, prélèvements) dans la zone côtière.

Morphosédimentologie de la zone côtière de la Martinique

A	B	C	D		E	
Numéro de Vidéo	Zone	Prise	X_UTM 20N Fort Desaix	Y_UTM 20N Fort Desaix		
15	H	10	724318.11	1635586.2		

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
U1 FF Type	U1 FF Fréquence	U1 Couleur	U1 Fréquence	U1 Relation avec U2	U1 Relation avec U3	U1 Relation avec U4	U1 Epaisseur à l'affleurement	U1 Pente	U1 Dureté	U1 G Granulométrie	U1 G Forme	U1 G Orientation	U1 G Rugosité	U1 Commentaires	U1 Int.
.	.	Beige	Généralisée	.	.	.	.	Plane/Ondulé	Meuble	Sable m à g	.	.	.	.	Sable m à g ridé

BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH
R1 U	R1 Constance	R1 Régularité	R1 Symétrie	R1 Cr Forme	R1 Cr Parallélisme	R1 Cr Système	R1 G Creux	R1 G Crête	R1 G Flanc	R1 Co Creux	R1 Co Crête	R1 Co Flanc	R1 D h	R1 D λ	R1 Commentaires	R1 Int.
1	Généralisée	Non	.	Sinueuse	Non	.	Sable g à graviers	Sable m à g	.	variable	Beige	.	dm	pluri dm	.	Petites rides

DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ
Interprétation Générale Vidéo	Carte Ifremer	Validation Vidéo/Carte Ifremer	P1 Mission	P1 Numéro	P1 Distance	P1 Direction	P1 Nature	P1 Val Vidéo
Sable m à g, ridé	Argiles à sables moyens (Volca 20-50 %)	OUI/NON	CARTMAR	C40	330 m	NE	Fond dur	NV

EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL
ROX1 Distance	ROX1 Direction	ROX1 E1	ROX1 E2	ROX1 Id	ROX1 Long_fd	ROX1 Lat_Fd	ROX1 Depth	ROX1 Time	ROX1 Date
0.868331734	82.05652818	1.815	1.373	202024	724318.97	1635586.32	21.97	0.913056	20060306

Figure 15 - Exemple de description des faciès observés sur une vidéo sous-marine (Duclos, 2007)

3.2.3. Classification des données acoustiques Roxann

Les données Roxann apportent une information ponctuelle (et linéaire) mais importante sur les caractéristiques acoustiques des fonds par leur précision (mesure verticale), leur répétitivité et leur densité le long des profils.

On rappelle brièvement (voir CIDCO, 2006 ; Cordier 2000 ou Garlan, 2006 pour de plus amples précisions) que le système Roxann est basé sur la mesure de certaines caractéristiques (forme, amplitude) des premiers et seconds échos acoustiques du fond qui permettent d'appréhender la rugosité et la dureté du fond. Ces mesures se traduisent sous la forme de deux paramètres E1 (rugosité) et E2 (dureté) dont les valeurs relatives sont liées aux caractères acoustiques des fonds, mais dépendent aussi des réglages du système d'émission/réception qui doivent demeurer constants lors du levé. Un enregistrement de données Roxann – discrimination acoustique des fonds (AGDS en anglais)- est donc constitué par une série de mesures de ces 2 paramètres à très haute cadence. Les données obtenues lors des levés 2006 sont espacées de 2 à 10 mètres le long des profils en fonction de la fréquence d'émission et la vitesse du bateau. Les données enregistrées autour de la Martinique représentent près de 88 000 mesures.

Diverses méthodes peuvent être employées pour analyser ces données et extraire les différentes zones de cartographie des fonds.

La méthode employée par Envision (2007) a consisté en une cartographie automatique par interpolation des valeurs des rapports E1/E2. Cette méthode permet de conserver une analyse basée sur l'ensemble des valeurs originales mais elle perd en résolution du fait de la grande hétérogénéité dans la distribution des données : valeurs espacées de quelques mètres le long des profils et de 200 mètres ou plus entre profils.

La méthode plus couramment utilisée (ex. Garlan 2000) consiste à examiner de façon aussi détaillée que possible la distribution des nuages de points caractérisés par le rapport des valeurs E1 et E2.

Pour la zone côtière de la Martinique, les données Roxann ont été subdivisées en quatre secteurs.

- côte nord-est : de Macouba à Sainte-Marie, assez linéaire, orientée NW-SW et pente du fond marin assez homogène ;
- La Trinité : domaine marin peu agité à l'abri des barrières récifales de la presqu'île de la Caravelle ;
- baies du Galion et du Robert, au sud de la presqu'île de la Caravelle : côte fortement découpée et dépression à l'abri des deux barrières récifales ;
- baie de Fort-de France sur la côte caraïbe.

Pour chacun de ces secteurs, les données Roxann ont été analysées sous formes de graphique avec E1 (rugosité) en abscisse et E2 (dureté) en ordonnée (Figure 16).

La méthodologie utilisée (Duclos, 2007), a consisté en :

- l'analyse des données Roxann brutes : analyse visuelle directe des nuages de points sur des graphes et des histogrammes de fréquence de E1 et de E2 réalisés pour chaque intervalle de données séparant deux nuages de points ; des limites de faciès provisoires ont ainsi pu être déterminées sur la base de ces seules valeurs ;

- la calibration des données Roxann par les observations des fonds : les prélèvements et les vidéos ont été sélectionnés en fonction de leur proximité des profils roxann, de la relative homogénéité des fonds et aussi des valeurs de E1 et E2 dans le périmètre considéré. La sélection des mesures Roxann autour des points sélectionnés a permis d'affecter une valeur moyenne à ces points de contrôle de la nature des fonds et ainsi d'affecter un faciès sédimentaire à différentes parties des nuages de points et aux « boîtes » Roxann définies d'après les paramètres statistiques. Cette calibration a permis aussi d'identifier des faciès sédimentaires non délimités par l'analyse statistique ;

- la calibration par la bathymétrie et par l'imagerie acoustique : afin de consolider la définition des boîtes Roxann, les mesures associées à différents ensembles morphosédimentaires ou acoustiques (récifs, reliefs, zones rugueuses, zones amont et aval des baies, ...) ont été sélectionnées et repérées dans les nuages de points. De la même façon, les mesures associées à des zones de réflectivités variées d'après l'imagerie Geoswath ont été sélectionnées et examinées.

La combinaison de ces divers éléments et leur analyse a donc permis d'établir une classification des fonds marins précise basée sur l'ensemble des informations disponibles avec des ensembles de faciès propres à chaque secteur étudié.

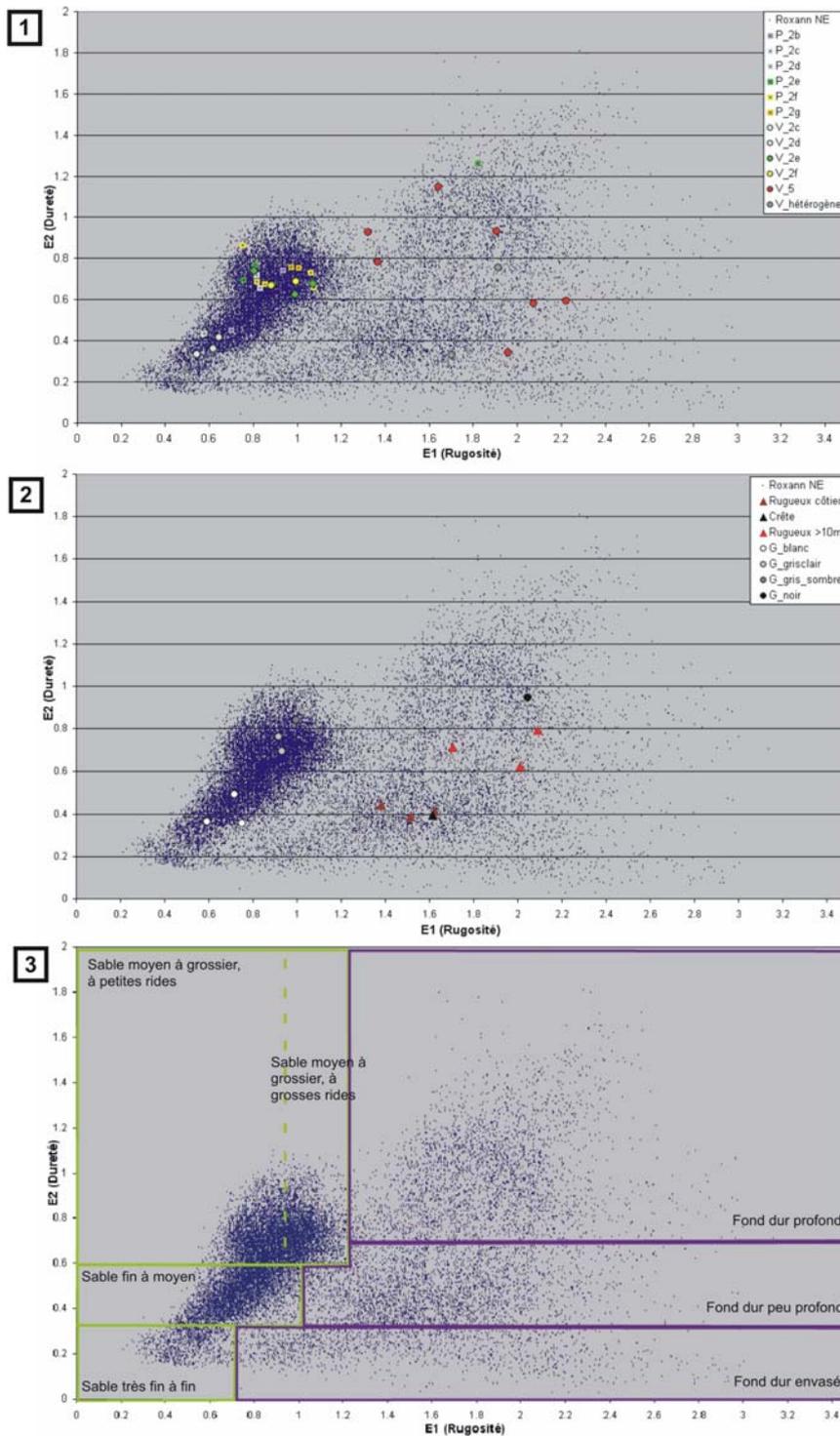


Figure 16- Calibration des données Roxann et création de « boîtes » ou secteurs de faciès. 1 calibration avec données directes ; 2 : calibration avec données indirectes, G faciès de réflectivité Geoswath ; 3 : délimitation des faciès

La représentation cartographique des faciès Roxann ainsi délimités (Figure 17) permet de vérifier la cohérence de la segmentation de ces données dans un secteur et entre profils. Des ensembles de faciès peuvent ainsi être délimités.

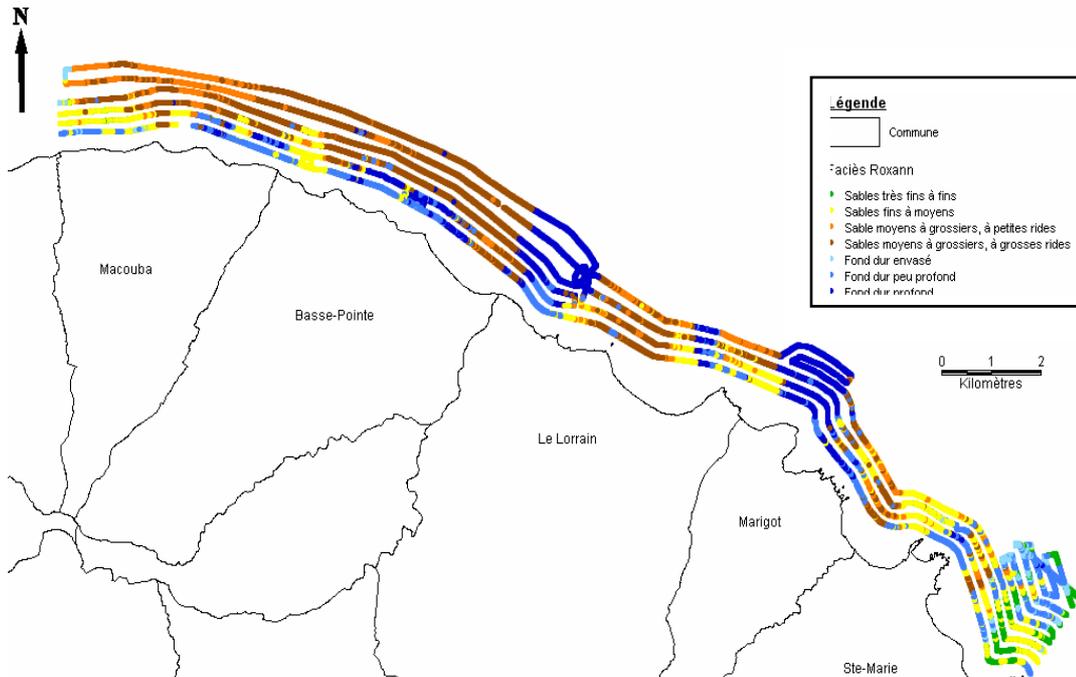


Figure 17 – Exemple de distribution des faciès Roxann le long de la côte nord : la classification des faciès à partir des données Roxann met en évidence les principaux domaines sédimentaires

Un travail identique de définition des boîtes et de calibration des faciès Roxann a été réalisé sur les trois autres secteurs (Figure 18).

Au large de la Trinité, deux nouveaux faciès : des vases à sables très fins et des débris à galets non-consolidés, ont été définis. Par contre, la distinction entre sables moyens à grossiers, à petites et grosses rides n'est plus possible. Les autres faciès reconnus dans le secteur NE (sables très fins à fins, sables fins à moyens, fonds durs colonisés et fonds durs peu colonisés) sont également identifiés mais les limites de boîtes Roxann varient. En effet, la création du nouveau faciès de débris à galets non consolidés implique une modification des boîtes voisines.

Pour le secteur des baies du Galion et du Robert, les faciès de vases à sables très fins, fonds durs colonisés et fonds durs colonisés ont été également identifiés. Cependant, les faciès de sables fins à moyens et de sables moyens à grossiers ne sont plus reconnus et un faciès à sables moyens. Les éléments de calibration ne permettent pas la mise en évidence de débris à galets non-consolidés. Par contre, ici un nuage de points présentant des données directes très différentes (fonds durs, débris et sédiments meubles) a conduit à la création d'un faciès « hétérogène ».

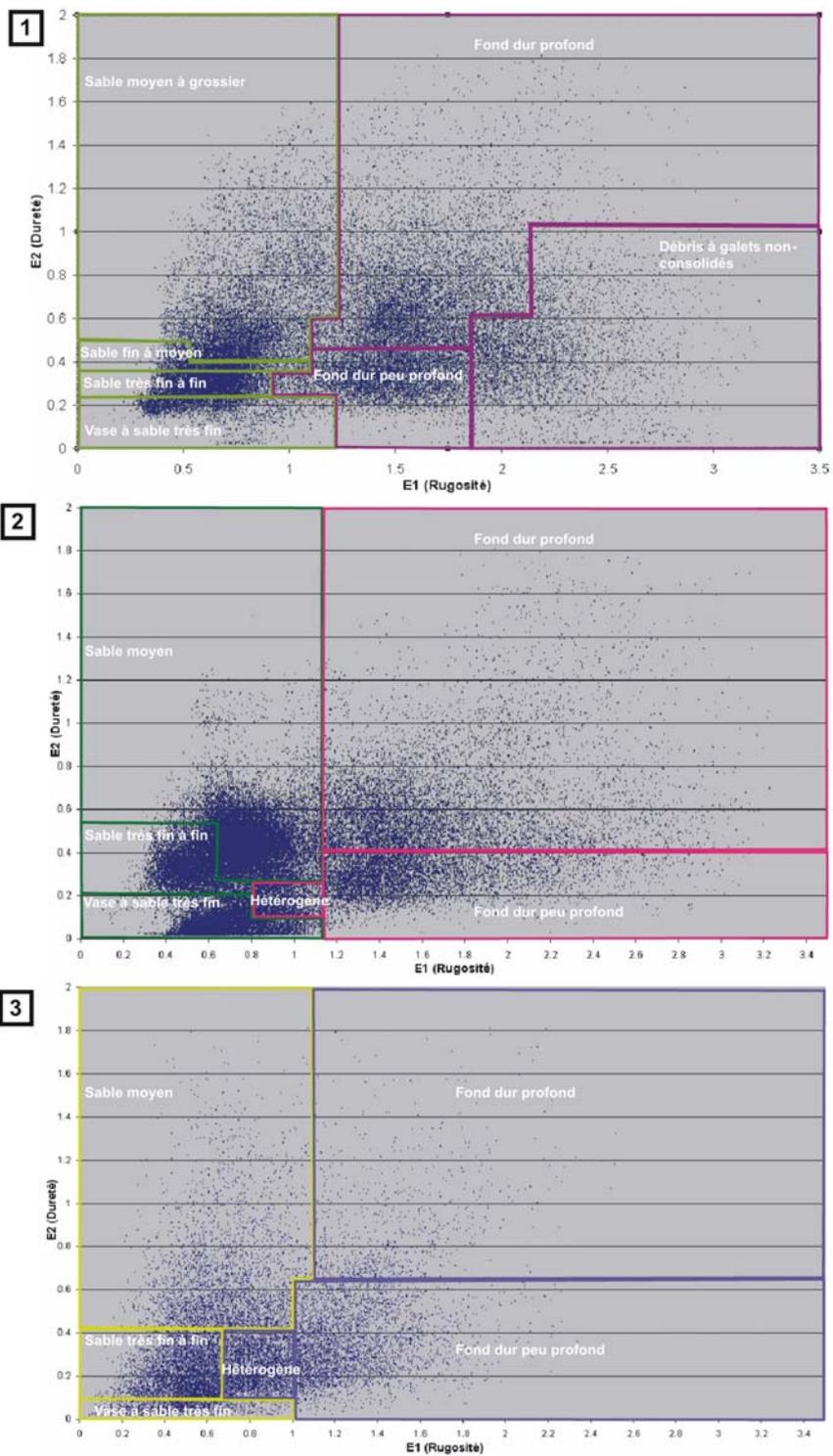


Figure 18 – Calibration des faciès Roxann des autres zones : 1 : La Trinité ; 2 : baies du Galion et du Robert ; 3 : baie de Fort de France.

La baie de Fort-de-France montre les mêmes faciès que celle des baies du Galion et du Robert. Les limites sont cependant légèrement différentes mais suffisamment proches pour établir une correspondance entre ces deux zones. Le faciès de sables fins à moyens est ici représenté par un nuage de points plus étalé ce qui indique vraisemblablement un moins bon classement granulométrique de ces sédiments.

3.2.4. Comparaison entre secteurs et création d'une classification unique des faciès Roxann

La comparaison des classes de faciès Roxann entre les divers secteurs montrent que les nuages de points et que les limites entre les divers « faciès » sont relativement proches mais aussi que dans certains cas, des groupes de valeurs nouvelles conduisent à la création de faciès spécifiques (ex. faciès « débris à graviers non consolidés » dans le secteur de La Trinité).

Les secteurs voisins du NE et de La Trinité et ainsi que ceux au large des baies du Galion et du Robert présentent des faciès meubles très proches qui peuvent être corrélés. Les baies du Galion et du Robert et la baie de Fort-de-France montrent des faciès sensiblement identiques.

En comparant les secteurs adjacents entre eux et en fonction des types de morphologies, une classification unique pour l'ensemble des quatre secteurs comprenant au total dix faciès a pu être créée (Figure 19):

- 5 types de sédiments meubles ont été ainsi différenciés avec une particularité pour les sables fins à moyens des baies qui peuvent présenter des grains plus grossiers.
- 3 faciès à fonds durs :
- 1 faciès très grossier autour de la presqu'île de la Caravelle, dans le secteur de La Trinité.
- 1 faciès hétérogène de fonds durs et sédiments meubles est identifié dans les zones externes des baies du Galion, du Robert et de Fort de France (Figure 41).

Pour la cartographie morpho-sédimentologique du domaine sous-marin côtier de la Martinique, c'est cette classification générale, avec dix faciès, qui a été employée.

Faciès	NE	La Trinité	Baies du Galion et du Robert	Baie de Fort de France
1		1 Vases	1 Vases	1 Vases
2	2 Sables très fins à fins	2 Sables très fins à fins	2 Sables très fins à fins	2 Sables très fins à fins
3	3 Sables fins à moyens	3 Sables fins à moyens	3 Sables fins à moyens *	3 Sables fins à moyens *
4	4 Sables moyens à grossiers (rides cm)	4 Sables moyens à grossiers		
5	5 Sables moyens à grossiers (rides dm)			
6	6 Fonds rocheux envasés			
7	7 Fonds rocheux colonisés	7 Fonds rocheux colonisés	8 Fonds rocheux colonisés	8 Fonds rocheux colonisés
8	8 Fonds rocheux peu colonisés	8 Fonds rocheux peu colonisés	7 Fonds rocheux peu colonisés	7 Fonds rocheux peu colonisés
9		9 Débris à galets non-consolidés		
10			10 Fonds hétérogènes	10 Fonds hétérogènes

* Sables fins à moyens susceptibles de présenter des éléments plus grossiers

Figure 19- Présentation et répartition par secteur de l'ensemble des faciès Roxann

3.3. DELIMITATION DES FACIES : COMPARAISON ENTRE LES DIVERS TYPES DE DONNEES

La définition des faciès avec les valeurs Roxann calibrées et leur représentation cartographique a montré que des domaines de nature de fonds se distinguaient aisément sur l'ensemble des profils. La délimitation de contours précis entre ces profils nécessitait ensuite la prise en compte des informations surfaciques disponibles.

La superposition des données Roxann sur le MNT bathymétrique au pas de 5m et les images acoustiques issues des données Geoswath a permis d'étudier la correspondance entre morphologie et réflectivité d'une part et entre réflectivité Roxann et Geoswath d'autre part.

3.3.1. Comparaison entre morphobathymétrie et faciès Roxann

D'une manière générale, on a pu observer une très bonne correspondance pour les principaux faciès en particulier pour les fonds durs dont les contours ont ainsi été dessinés avec précision avec l'appui des données de bathymétrie. Les limites des faciès vaseux à l'abri de reliefs ont donc été affinées. La forme des zones indurées et leurs contacts avec les sédiments meubles ont permis de tracer des limites précises (Figure 20). On a également pu observer qu'à chaque fois que les limites des faciès Roxann étaient en concordance avec l'imagerie acoustique Geoswath (voir 3.3.2), les informations apportées par le MNT étaient également cohérentes. Ce triple accord renforce donc l'interprétation du tracé des limites de faciès. A l'inverse, en cas de divergence entre méthodes acoustiques, l'analyse de la morphologie a, dans certains cas, permis de trancher entre différents tracés de limites de faciès.

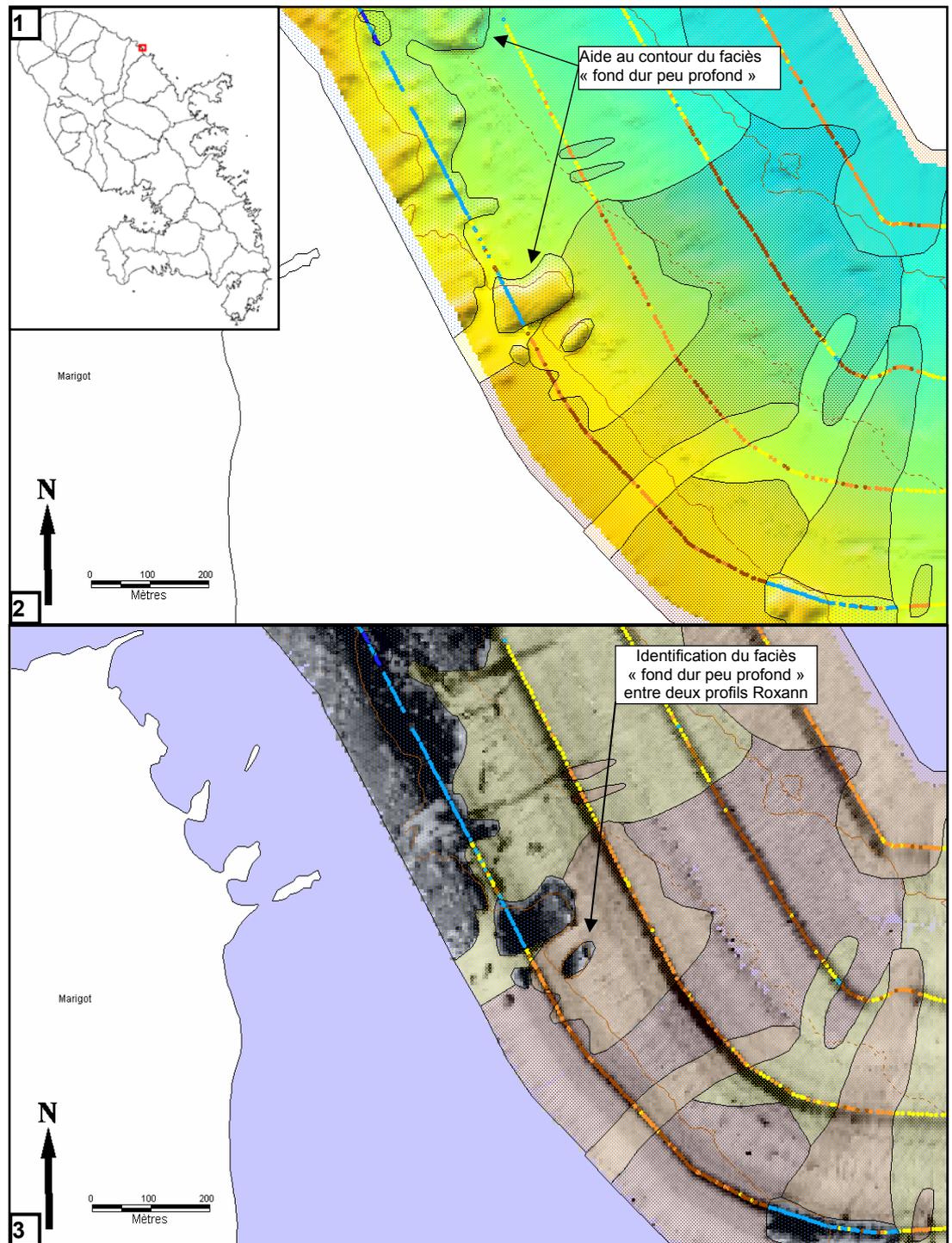


Figure 20 - Exemple d'aide à la numérisation des limites de faciès par la bathymétrie et l'imagerie acoustique (1 : localisation de la zone ; 2 : apport de la bathymétrie ; 3 : apport de l'imagerie acoustique)

3.3.2. Comparaison entre « faciès » Roxann et réflectivité Geoswath

La discrimination des faciès sédimentaires basées sur les réponses acoustiques a fait, et continue de faire l'objet de très nombreuses études et développements instrumentaux (ex. Garlan, 2006 et réf.). Elle dépend bien sûr des principes et caractéristiques des systèmes (fréquence, incidence, portée, résolution) mais aussi des réglages utilisés (gain...) lors des levés et bien entendu des réponses des fonds qui peuvent être variables selon les particularités des environnements sédimentaires d'une région à une autre.

Malgré la réception très tardive de l'imagerie acoustique Geoswath corrigée, cette donnée, essentielle pour la cartographie, a joué un rôle capital dans le tracé des contours. Elle a permis d'affiner les limites entre les différents faciès meubles. Des faciès non-reconnus par le Roxann, car situés entre deux profils, ont ainsi pu être révélés. La forme des ensembles meubles : tâches sableuses et rubans sableux, a été souvent révélée par cet outil

Si les limites entre faciès indurés et sédiments meubles sont quasi-identiques, des variations de l'ordre du mètre voire de la dizaine de mètres, dues à un pouvoir de résolution différent, ont néanmoins été constatées à certains endroits. Au large de Basse-Pointe et du Lorrain, au Nord-Est de l'île (Figure 21), un faciès acoustique à forte rétrodiffusion (très sombre), correspond clairement avec les fonds durs reconnus par le système Roxann. Les sables fins à moyens coïncident à un faciès de faible rétrodiffusion (très clair) alors que les faciès meubles plus grossiers sont représentés par une teinte grise liée à une amplitude de réflexion plus importante.

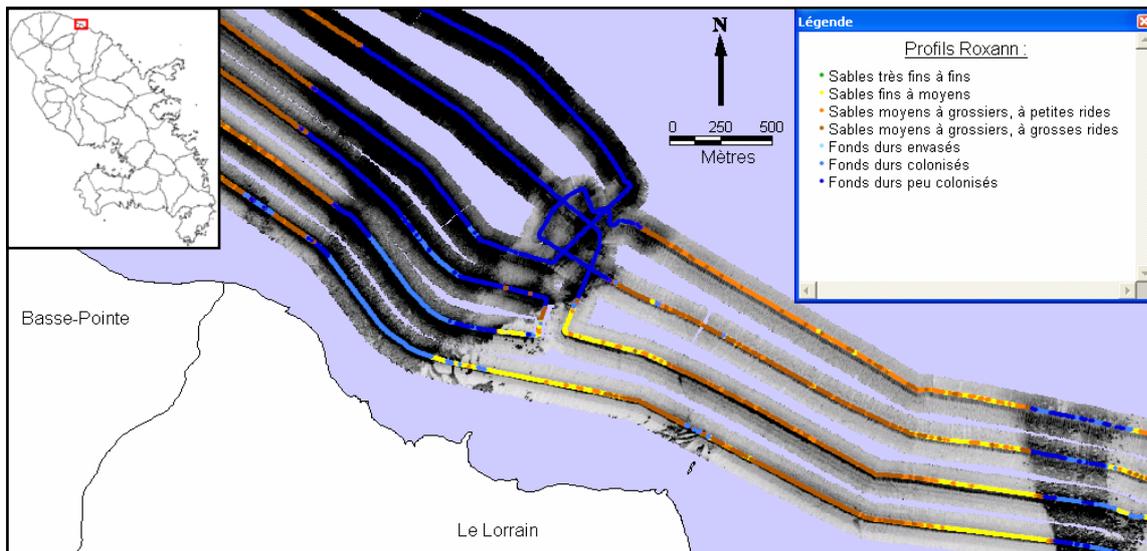


Figure 21 - : Exemple de cohérence entre les données Roxann et Geoswath dans le secteur N.
 Note : sur les figures 20 à 24 , les « faciès Roxann » sont représentés par les séries de points de couleur le long des profils sur les images de bathymétrie ou de réflectivité Geoswath.

Toutefois certaines différences ont aussi été relevées entre les faciès Roxann et les réponses acoustiques du système Geoswath.

Le système Roxann permet de distinguer au total quatre faciès susceptibles de montrer une réflectivité forte (fonds durs envasés, fonds durs colonisés, peu colonisés et débris à galets non-consolidés). Au niveau de ces faciès Roxann, l'imagerie Geoswath met en évidence un faciès acoustique à forte amplitude mais ne permet pas de délimiter de manière évidente la variété des fonds reconnue par Roxann (Figure 22).

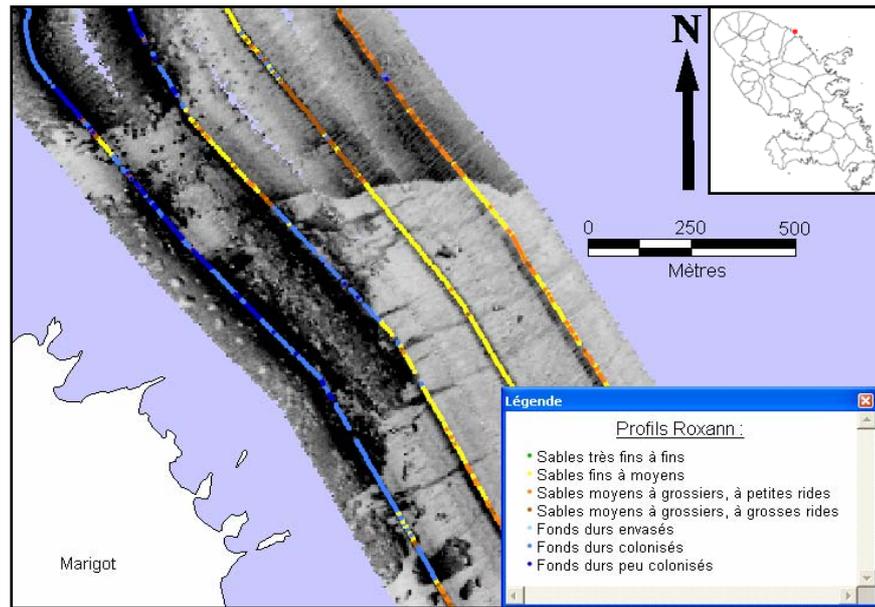


Figure 22 - Exemple dans le secteur NE de discrimination plus importantes des fonds durs du système Roxann sur le Geoswath

De même, des divergences dans la discrimination des fonds meubles ont été observées : dans certains cas, l'imagerie acoustique Geoswath différencie plusieurs faciès alors que la classification des données Roxann n'a permis d'identifier qu'un seul faciès, dans d'autres cas l'inverse est observé. Ainsi, alors que l'analyse des données Roxann a permis de distinguer cinq faciès de vase ou de sable, le contraste de teintes de gris de l'imagerie Geoswath ne semble pas montrer une telle variété (Figure 23). Par contre, il existe de nombreux endroits où la différenciation de nature des fonds pour le Geoswath est plus importante que par le système Roxann comme par exemple au niveau de la baie du Galion (Figure 24).

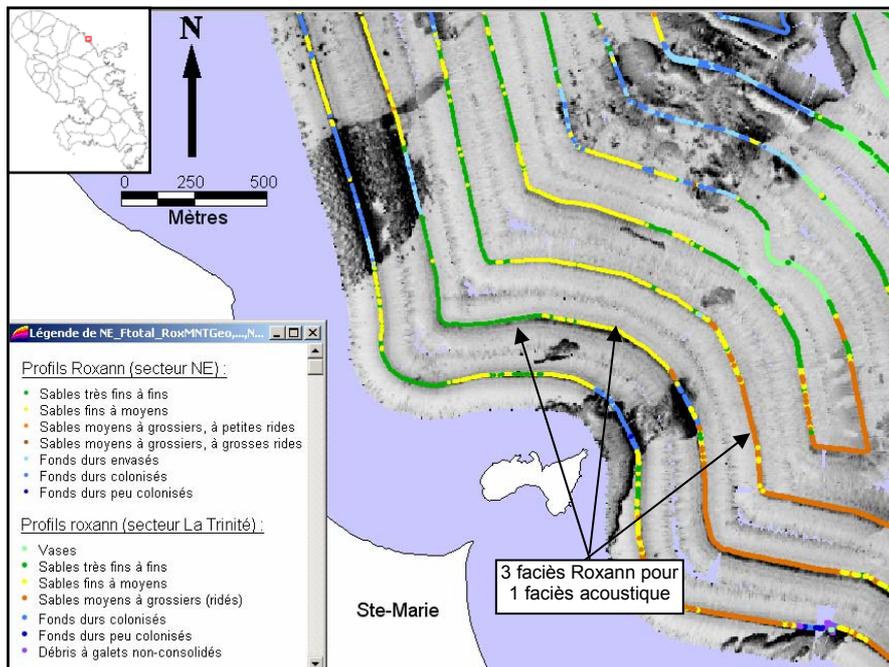


Figure 23 – Exemple de discrimination plus importante des faciès meubles par le système Roxann dans certains secteurs (reportée sur imagerie Geoswath)

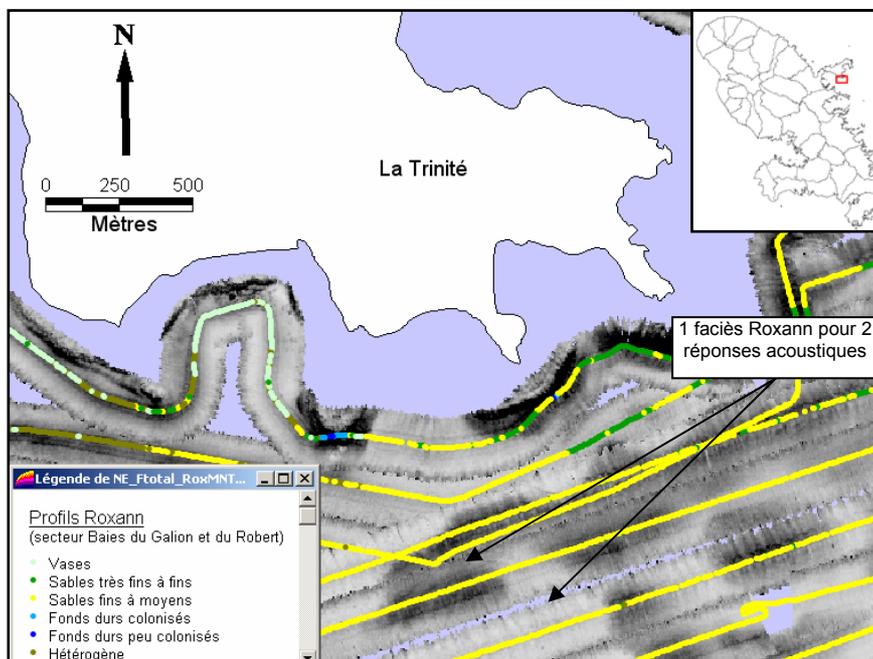


Figure 24 – Exemple de discrimination plus importante des faciès meubles par l'imagerie acoustique Geoswath

3.3.3. Comparaison entre imagerie acoustique antérieure et données récentes

Les profils de sonar à balayage latéral, réalisés dans les années 1990, archivés à l'Ifremer (Brest) ont été enregistrés uniquement en analogique sur bandes papiers. Les profils situés dans la zone d'étude du domaine côtier (Figure 13), ont été examinés. Les segments correspondant à des changements de faciès caractéristiques au sein de la zone côtière ont été scannés afin de comparer avec les données récentes (Roxann et Geoswath).

Il convient de noter que les images des profils scannés n'ont pas été géoréférencées (images déformées en fonction de la navigation et de la géométrie de l'insonification des fonds). L'enregistrement analogique tient compte néanmoins des variations de vitesse du navire. Le calage des profils a été effectué en prenant en compte les tops horaires indiqués sur les profils et les données de navigation de la campagne. Une incertitude plus grande pour la localisation des images de sonar latéral demeure quant au positionnement du poisson sonar tracté, même un tenant compte du déport longitudinal par rapport au navire (voir plus loin).

L'examen des corrélations entre faciès montre des cas divers où selon les secteurs :

- le sonar à balayage latéral, l'imagerie Geoswath, les données Roxann et la morphologie (MNT) sont cohérents le long de profils ;
- la nature des fonds apparaît similaire mais leurs limites varient de plusieurs dizaines de mètres ;
- l'imagerie et les interprétations du sonar à balayage latéral diffèrent significativement de celles des données récentes.

La comparaison montre en premier lieu le pouvoir de résolution nettement plus important du sonar à balayage latéral par rapport à l'imagerie Geoswath (Figure 25) comme par exemple dans les limites de contrastes de réflectivité lorsqu'elles sont repérées avec les différents systèmes.

Une bonne correspondance entre imagerie sonar, morphologie détaillée observée sur le MNT et imagerie Geoswath peut être observée notamment au niveau des faciès coralliens.

La résolution plus fine du sonar s'observe aussi dans certains cas avec une détection de faciès plus variés que par système Geoswath.

Dans de nombreux cas le nombre et le type de faciès reconnus sont identiques mais leurs limites ne se situent pas exactement aux mêmes endroits (Figure 25b). Ce décalage est assez couramment observé entre les données de systèmes fixés sur les navires et ceux remorqués lorsque la position du poisson est estimée et n'ont pas

mesurées à l'aide d'une balise. Le décalage entre limites peut parfois atteindre quelques centaines de mètres et le tracé de cette limite de faciès acoustiques peut varier significativement.

Des différences de contours sont également observées. L'imagerie sonar non géoréférencée présente une « vue linéaire » du fond qui n'est correcte que si la navigation est elle-même assez rectiligne (au moins sur l'intervalle des courtes sections examinées), et en l'absence de forts courants pouvant modifier l'orientation du poisson. Sous cette réserve, les changements de limites de faciès entre données antérieures et récentes peuvent être considérés en terme de variation de la nature des fonds, en sédimentation ou en érosion, durant la période entre les deux reconnaissances (10 – 15 ans).

En conclusion, la comparaison des méthodes de cartographie acoustiques a permis de vérifier l'intérêt de l'imagerie sonar par sa résolution mais en l'absence de profils géoréférencés et mosaïqués, il n'a pas été possible d'utiliser ces données pour affiner la cartographie morphosédimentologique qui a été établie essentiellement à partir des données récentes.

Les contours des cartes à 1/25 000 dans la zone côtière établis par Ifremer ont néanmoins été utilisés à titre de comparaison avec les résultats des données récentes.

Annexe 2 : Fiche comparative du pouvoir de discrimination des imageries acoustiques, profil NE n°1

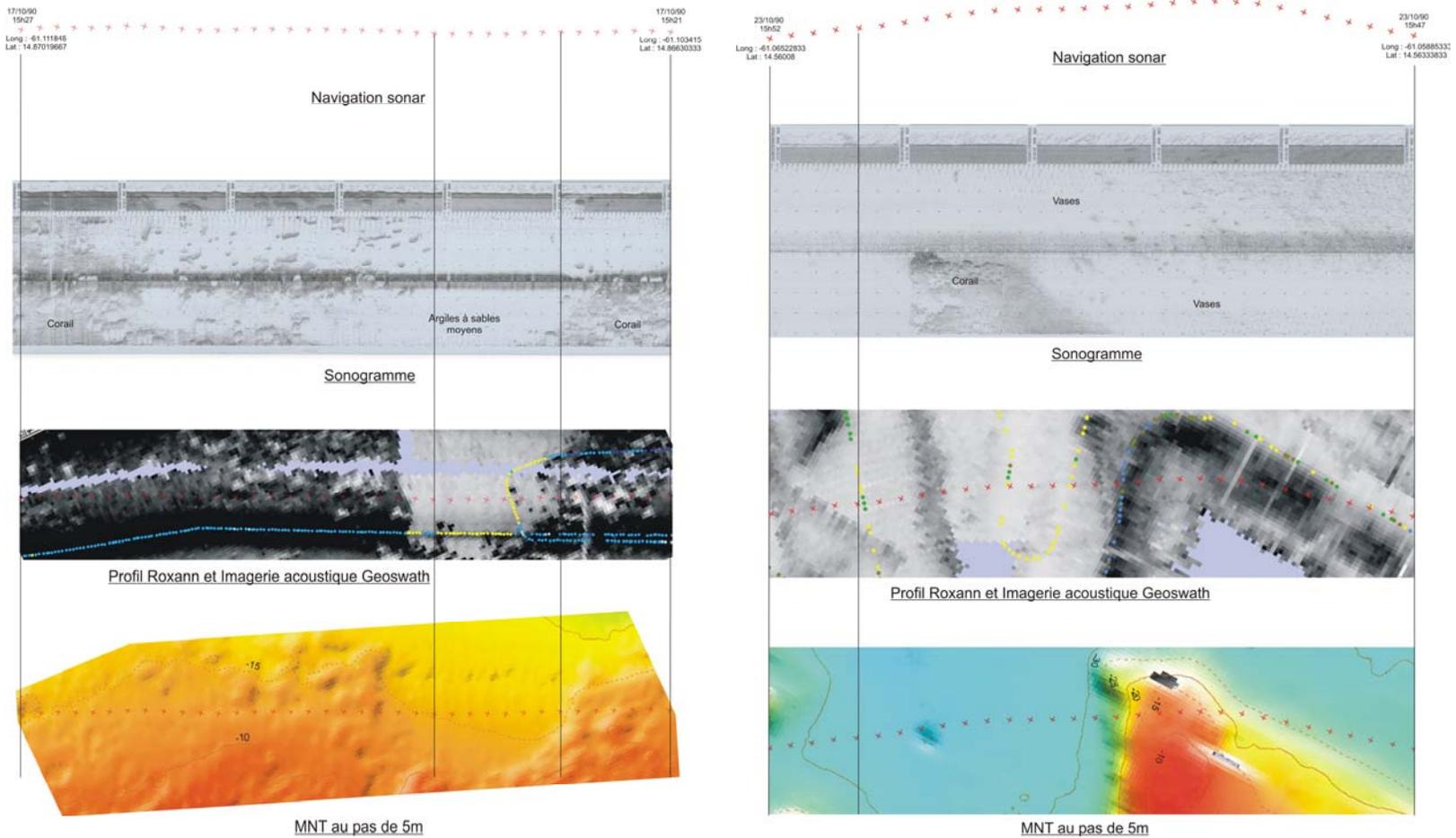


Figure 25 – Comparaison des données d'imagerie acoustique (sonar latéral en haut, imagerie Geoswath au milieu) et morphologie détaillée (en bas). Exemples de la baie de Fort de France (à gauche) et du secteur NE (à droite).

4. Cartographie morphosédimentologique

4.1. PRESENTATION DE LA CARTOGRAPHIE

4.1.1. Caractéristiques et distribution des différents faciès

La compilation de très nombreuses données récentes et anciennes, et des cartographies existantes a conduit à sélectionner dix faciès dont les caractéristiques sont données par les prélèvements antérieurs (Figure 26) illustrés par des extraits des vidéos récentes (Annexe1) et dont la distribution apparaît sur les cartes sédimentologiques (Figure 27, Figure 28, Figure 29).

- Les **vases** ont été reconnues dans les secteurs de La Trinité, des baies du Galion et du Robert et de la baie de Fort-de-France. Les échantillons C1 et 49 de la baie du Robert sont caractéristiques de ce faciès. Ces vases sont observées sur de nombreuses vidéos notamment en baie de Fort-de-France. Elles montrent que ce faciès peut inclure des vases à sables très fins et des vases à débris coquilliers.

- Les **sables très fins à fins** ont été identifiés sur l'ensemble des secteurs mais pour le secteur NE seulement à son extrémité sud. Les échantillons C53 de La Trinité et C196 des baies du Galion et du Robert illustrent ce faciès. Les vidéos correspondant à ce faciès montrent une granulométrie variant des vases jusqu'au sable fin. Il est fréquent que ces sédiments soient bioturbés. Quelques vues de vidéos montrent des petites rides pour ces sables.

- Les **sables fins à moyens** ont également été cartographiés sur l'ensemble des secteurs. Ceux-ci sont malgré tout moins présents au niveau de La Trinité. Dans les secteurs des baies du Galion et du Robert et de la baie de Fort-de-France, ces sables peuvent présenter des grains plus grossiers. Les prélèvements C18 et 144, respectivement du secteur des baies du Galion et du Robert et de la baie de Fort-de-France illustrent ce faciès. Dans le secteur NE, les vidéos montrent que ce faciès est localement affecté de rides.

- Les **sables moyens à grossiers, à petites rides** ont été identifiés seulement sur la côte atlantique dans les secteurs de La Trinité et du Nord-Est. Ils sont affectés de petites rides de vagues dont l'amplitude est de l'ordre du centimètre et la longueur d'onde varie du décimètre au mètre. Les échantillons C32, C65 et 249 donnent les caractéristiques granulométriques de ce faciès. La vidéo 164 est également représentative de ces sables.

- Les **sables moyens à grossiers, à grosses rides** sont cartographiées uniquement dans le secteur NE. Les rides qui les affectent présentent une amplitude

Echantillon	Longitude	Latitude	Profondeur	Campagne	Nature	% < 63µm	% CaCO3 (>63µm)	Moyenne de la fraction >63µm	Déviat standard	Skewness	Mode principal	Mode secondaire	d50	>500µm	500-125µm	125-63µm	<63µm
C1	-60.9268	14.6685	-12	CARTMAR	Vase à sable fin carbonatée	45	59	365	2.03	-0.77	63	0	0	18	22	15	45
49	-60.92	14.6793		IGMAR 1	Boue	93	98	299	2.21	-0.7	63	0	0	2	1	3	93

1- vases

Echantillon	Longitude	Latitude	Profondeur	Campagne	Nature	% < 63µm	% CaCO3 (>63µm)	Moyenne de la fraction >63µm	Déviat standard	Skewness	Mode principal	Mode secondaire	d50	>500µm	500-125µm	125-63µm	<63µm
C53	-60.9845	14.7967	-32	CARTMAR	Sable très fin à fin carbonaté envasé	23	62	151	0.71	-0.88	125	0	0	2	48	27	23
C196	-60.8692	14.6725	-26	CARTMAR	Vase à sable très fin bioclastique	38	90	207	1.56	-1.05	63	0	0	14	20	28	38

2- sables très fins à fins

Echantillon	Longitude	Latitude	Profondeur	Campagne	Nature	% < 63µm	% CaCO3 (>63µm)	Moyenne de la fraction >63µm	Déviat standard	Skewness	Mode principal	Mode secondaire	d50	>500µm	500-125µm	125-63µm	<63µm
C18	-60.904	14.7103	-22	CARTMAR	Sable moyen bioclastique envasé	11	90	378	1.25	-0.88	200	160	0	28	57	4	11
144	-61.0651	14.5677		IGMAR 1	Sable moyen bioclastique envasé	12	86	347	1.52	-0.7	315	160	300	28	44	16	12

3- sables fins à moyens

Echantillon	Longitude	Latitude	Profondeur	Campagne	Nature	% < 63µm	% CaCO3 (>63µm)	Moyenne de la fraction >63µm	Déviat standard	Skewness	Mode principal	Mode secondaire	d50	>500µm	500-125µm	125-63µm	<63µm
C32	-60.8762	14.781	-20	CARTMAR	Sable grossier bioclastique	0	71	552	0.7	-0.61	500	400	0	55	45	0	0
C65	-61.1545	14.8885	-27	CARTMAR	Sable moyen à grossier	0	6	565	1.19	-0.78	315	800	0	49	51	0	0
249	-61.0589	14.8468		IGMAR 1	Sable moyen carbonaté	0	19	319	0.8	-0.48	315	250	0	18	78	3	0

4- sables moyens à grossiers à petites rides

Echantillon	Longitude	Latitude	Profondeur	Campagne	Nature	% < 63µm	% CaCO3 (>63µm)	Moyenne de la fraction >63µm	Déviat standard	Skewness	Mode principal	Mode secondaire	d50	>500µm	500-125µm	125-63µm	<63µm
205	-61.1205	14.8814		IGMAR 1	Sable moyen	0	11	524	0.88	-0.8	315	400	0	47	53	0	0

5- sables moyens à grossiers à grosses rides

Figure 26 - Analyses granulométriques d'échantillons caractéristiques des faciès sédimentaires

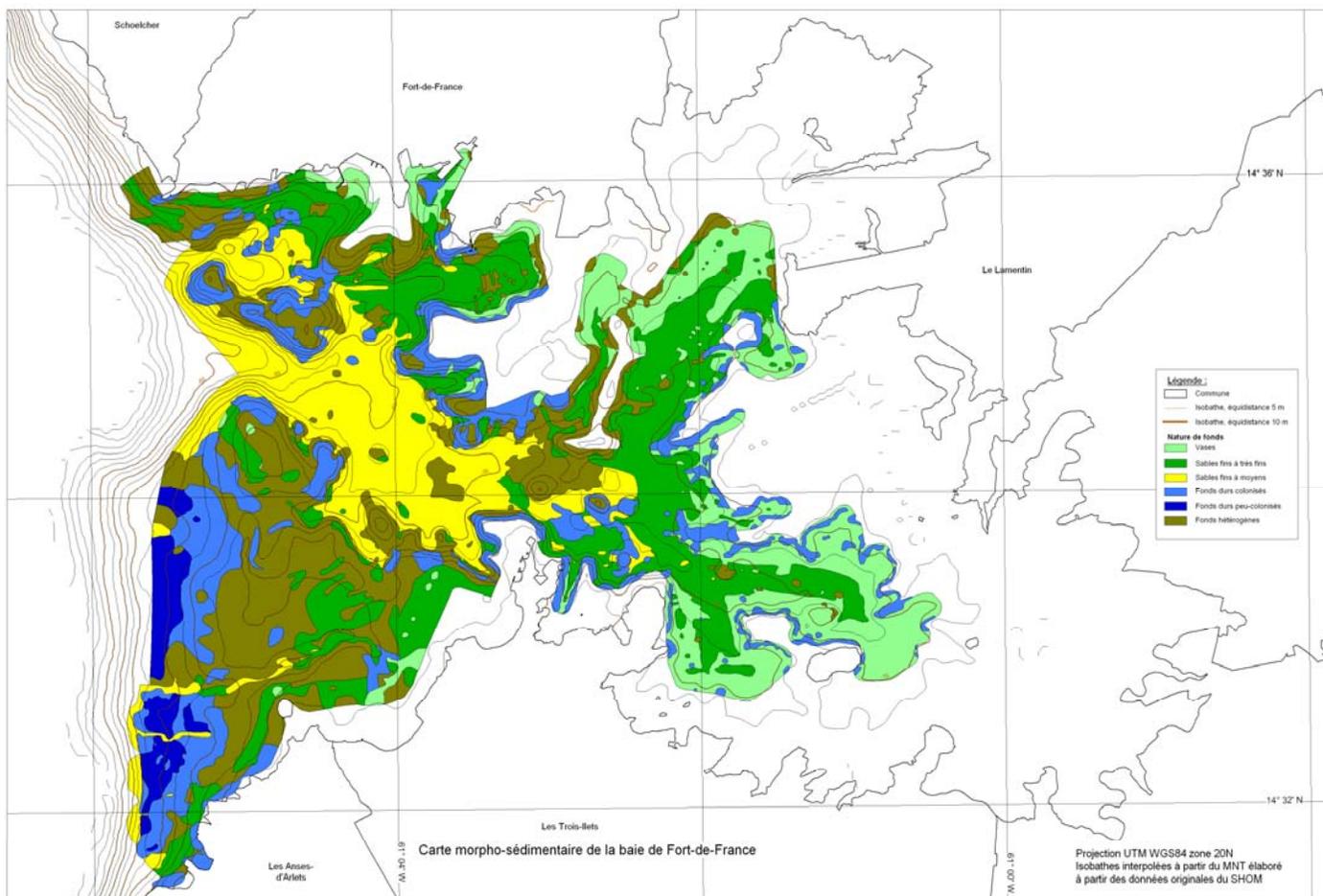


Figure 27 – Carte sédimentologique de la baie de Fort de France

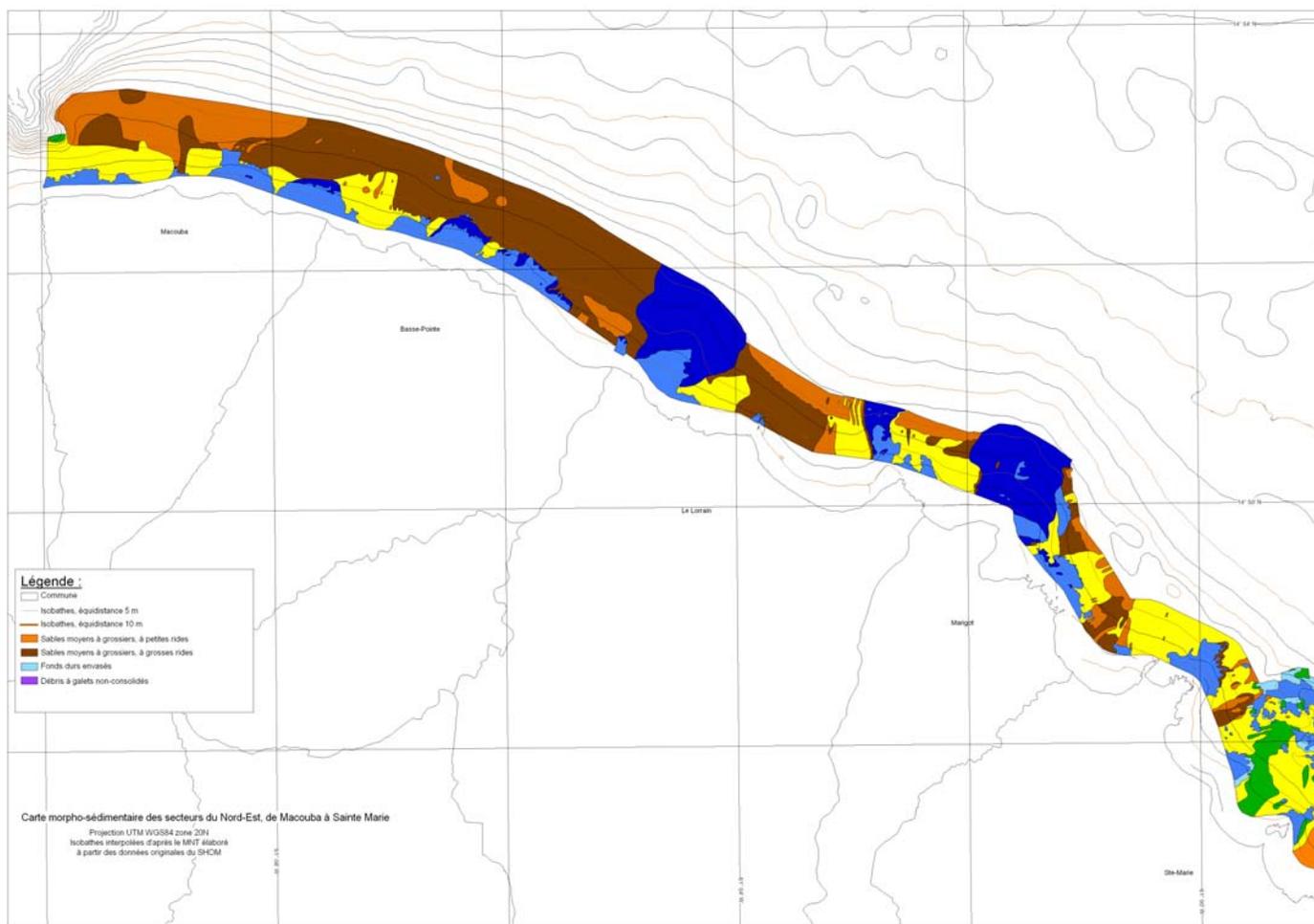


Figure 28 – Carte -sédimentologique du secteur Nord-Est

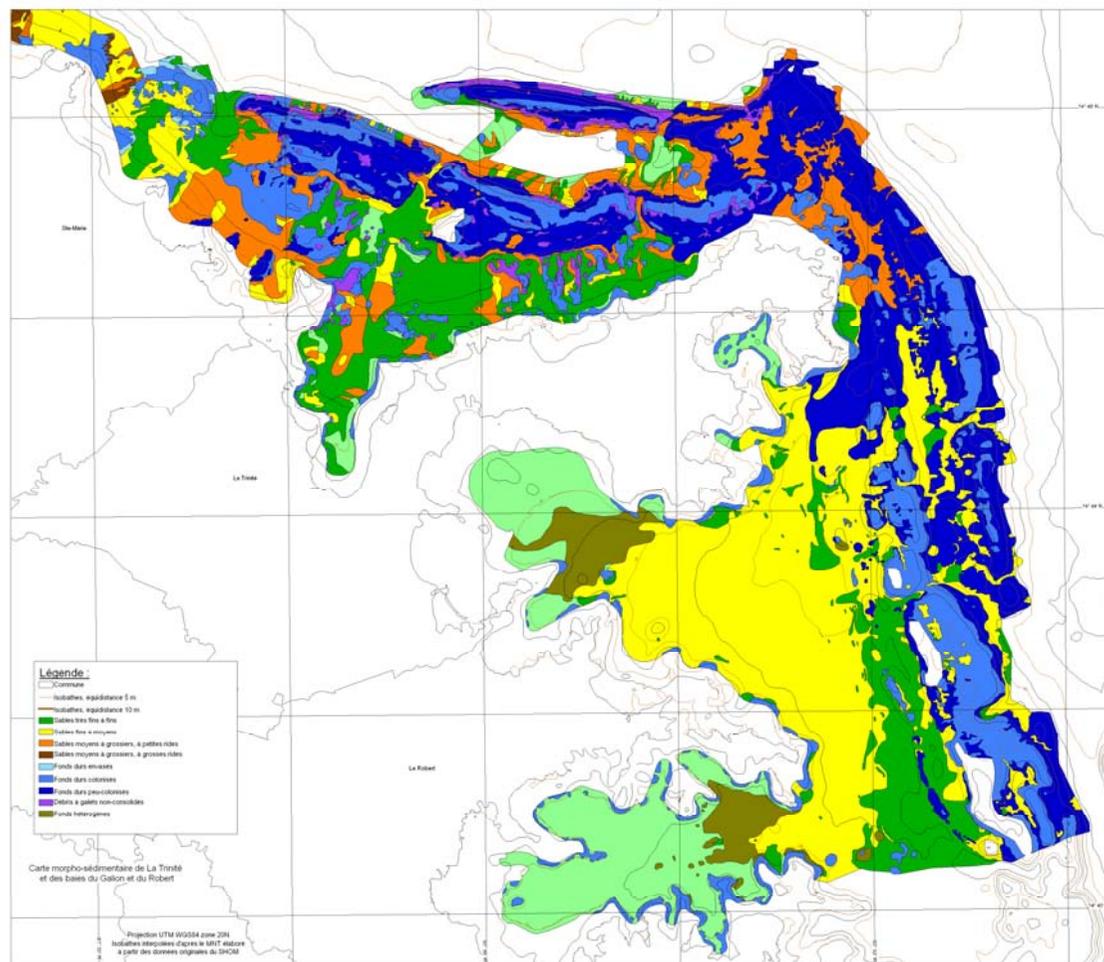


Figure 29 – Carte sédimentologique de la Trinité au havre du Robert

de l'ordre du décimètre et une longueur dépassant le mètre. Les caractéristiques granulométriques sont décrites par l'échantillon 205. Les vidéos 171 et 175 illustrent également les faciès de ces sables avec des rides de dimensions assez importantes.

- Les **fonds durs envasés** ont été identifiés uniquement au secteur NE. Ce faciès a été mis en évidence seulement par les données Roxann et l'imagerie acoustique.

- Les **fonds durs colonisés** et les **fonds durs peu colonisés** se cartographient sur l'ensemble des secteurs. Ils sont visibles sur de nombreuses vidéos qui montrent qu'ils sont souvent recouverts par un plaquage vaseux à sableux fins. Les cavités sont fréquemment comblées de sédiments meubles. Les vidéos ne permettent pas toujours de reconnaître la nature exacte de ces formations indurées. Ces fonds peuvent représenter des pointements rocheux de socle volcanique d'âge varié. Mais, le plus souvent, les vidéos montrent une origine coralliennes de ces fonds durs : récifs frangeants, barrières récifales, patchs coralliens encore boutons coralliens.

- Les **débris à galets non-consolidés** sont cartographiés uniquement sur le secteur de La Trinité. Ce faciès a été reconnu uniquement par des vidéos montrant des éléments grossiers qui sont des galets, soit des débris coralliens plus ou moins altérés. Pour ce faciès, les prélèvements antérieurs signalent uniquement un fond dur.

- Le **faciès hétérogène** a été mis en évidence dans les secteurs des baies du Galion et du Robert et celui de la baie de Fort-de-France. Les prélèvements et vidéos correspondants témoignent à la fois de fonds durs, de sédiments meubles fins et de sables grossiers.

4.1.2. Analyse morpho-sédimentaire

Deux grands domaines morphosédimentaires peuvent être distingués dans le domaine côtier. Les fonds indurés forment principalement les barrières récifales et la partie frangeante de la terrasse actuelle. Les fonds meubles de granulométrie variable, sont observés entre ces deux derniers types de fonds durs, c'est à dire entre la côte et les barrières. Ces sédiments meubles tapissent également le fond des baies et les nombreuses dépressions découpant les barrières coralliennes ((Figure 27, Figure 28 et Figure 29).

a. Les fonds indurés

La nouvelle cartographie a permis de distinguer trois domaines de fonds indurés. Un premier type forme une couronne à proximité du rivage. Le deuxième est représenté par la double barrière récifale dans les secteurs de La Trinité et des baies du Galion et du Robert. Le troisième correspond au fonds durs situé entre ces deux premiers ensembles. Ces trois unités morphologiques sont constituées à chaque fois des trois faciès caractérisant ces domaines de fonds durs.

- Le premier domaine est représenté essentiellement par le faciès fonds durs colonisés. Les fonds durs peu colonisés, se rencontrent à des profondeurs supérieures à 15 m et se situent donc plus au large. Le faciès de fonds durs envasés propre au secteur NE a été identifié autour de reliefs sous-marins, protégés des fortes houles par le prolongement en profondeur de la seconde barrière en direction du Nord.

- Les deux barrières récifales sont représentées par le faciès à fonds durs colonisés. Celui-ci représente les parties les plus élevées de ces formations coralliennes. Au Nord de la presqu'île de la Caravelle, il forme la partie interne de la barrière, à l'abri de la houle. Ce faciès s'interrompt avec les chenaux découpant les barrières. Le faciès à fonds durs peu colonisés est moins fréquent sur les deux barrières. Il tend à représenter un seul et même objet fortement découpé. Là aussi, il est surtout présent à des profondeurs supérieures à 15 m à l'avant et à l'arrière des barrières. Il est d'avantage marqué sur le talus de la barrière extérieure.

- Entre la barrière intérieure et les récifs frangeants, le faciès à fonds durs colonisés est aussi prépondérant pour des profondeurs supérieures à 15 m. Au Nord de la presqu'île de la Caravelle, ces faciès sont en continuité soit avec la barrière intérieure, soit avec les récifs frangeants. Ils dessinent des crêtes étroites mais très allongées, perpendiculairement à la côte. Au Sud de la Caravelle, ces fonds durs dessinent une troisième barrière de forme arquée beaucoup moins développée, plus étroite et beaucoup plus morcelée que les précédentes mais parallèles aux deux autres.

b. Les fonds à sédiments meubles

Cette cartographie apporte également de nombreuses informations sur les fonds meubles.

Les **déchets à galets non consolidés** sont cartographiables uniquement à proximité des fonds durs. Ce faciès provient du démantèlement des récifs coralliens et du substrat rocheux. La houle et les courants ne sont pas assez forts pour les remanier. Par conséquent, ils sont surtout présents au pied des barrières et dans les cavités de celles-ci. Ils sont abondants dans les secteurs soumis aux houles fortes, par conséquent au pied de la barrière externe.

Ce faciès est associé à de nombreuses coulées de déchets, cartographiables le long du talus et au pied des barrières. Des épanchements de sédiments meubles sont donc identifiés au voisinage de ce faciès à déchets. Ainsi, des faciès de sables fins à grossiers se développent à partir des talus pour s'accumuler dans des dépressions à l'avant des récifs.

La répartition géographique des **sables sur la côte atlantique** montre que ceux-ci sont de plus en plus grossiers vers le Nord. Ce classement granulométrique est donc cohérent avec l'impact croissant de la houle sur la côte au Nord, du fait de la disparition des barrières récifales. La présence de rides voire de probables mégarides, au Nord de l'île, montre bien l'augmentation de l'intensité des courants dans ce secteur. La cartographie du faciès de sables moyens à grossiers à grosses rides confirme ces remarques. Au Nord de la Caravelle, le faciès à sables moyens à

grossiers est encore fortement présent au niveau des chenaux et des dépressions découpant les barrières.

Dans la moitié sud de l'île, la quasi-totalité de la houle est captée par les deux barrières fortement développées en ces lieux. Dans les chenaux et points bas des barrières, ce sont les sables fins à moyens qui prennent le pas sur les sables moyens à grossiers.

Au NE, en allant vers la côte et à l'abri des fonds durs les **sables fins à moyens** sont prédominants. Dans ce secteur la forme des limites entre faciès, dessinant des nappes et des rubans, montre une certaine progradation des sédiments meubles vers la côte.

A l'abri des barrières au Nord comme au Sud, le granoclassement décroissant est fortement marqué.

Au Nord de la Caravelle, au pied de la barrière intérieure, le faciès de sables moyens à grossiers est encore présent. Vers la côte, ils passent progressivement à des sables très fins à fins avec localement quelques tâches de sables fins à moyens. Le faciès à vases est finalement identifiable dans la partie la plus terrestre. Vers le Sud, le granoclassement est également sensible. Les sables fins à moyens sont prépondérants au pied des barrières. Vers la côte les sables très fins à fins sont de plus en plus présents.

Les principaux chenaux découpant ces barrières montrent également un classement en corrélation avec le régime hydrodynamique qui s'intensifie. Les dépressions recoupant de part en part une barrière présente généralement des faciès grossiers alors que les chenaux affectant les récifs seulement sur un flanc montrent des faciès fins en amont et moyens en aval.

Au Sud de la presqu'île de la Caravelle, à l'entrée des baies du Galion et du Robert, les sédiments sont à nouveau légèrement plus grossiers avec des sables fins à moyens. Ceci peut traduire des conditions hydrodynamiques plus énergiques liées à la pénétration des houles du fait de la grande distance entre la côte et les barrières au niveau des baies ou bien au contraire à une préservation des produits détritiques continentaux à l'abri des récifs barrières.

Les faciès cartographiés dans les baies confirment leur tendance à l'envasement voire au comblement. A leurs débouchés, les sédiments superficiels sont des sables fins à moyens. Dans leur partie centrale, la granulométrie diminue avec des sables très fins à fins, puis dans les parties amont, les vases occupent une large superficie.

Les baies du Galion et du Robert présentent un faciès hétérogène à leur débouché. Leurs fonds sont ici constitués de pointements rocheux entourés des sédiments fins à grossiers. Cette hétérogénéité est en continuité avec le resserrement que dessine le trait de côte dans les parties externes des baies. La partie la plus indurée des fonds est la continuité sous la mer de la morphologie escarpée à terre.

c. La baie de Fort-de-France

Divers traits morpho-sédimentaire des secteurs du Nord-Est, de La Trinité et des baies du Galion et du Robert se retrouvent dans la baie de Fort-de-France.

Les fonds durs colonisés dessinent là aussi une couronne frangeante ; celle-ci se distingue nettement en fond de baie dans sa partie sud.

Localement, des fonds durs colonisés forment des hauts-fonds au milieu de la baie. Parmi les plus importants, citons ceux du large de la pointe du Bout et de la pointe des Grives.

La partie externe présente deux ensembles de fonds durs séparés par le chenal principal de la baie.

Au Nord de ce chenal, des fonds durs colonisés se développent sur une longueur de 1,5 km et sur une largeur de 1 km.

Au Sud, un ensemble de fonds durs colonisés et peu colonisés se développe sur plus de 5 km selon un axe nord-sud. Dans ce dernier secteur, l'affleurement de ce faciès induré coïncide avec une augmentation de la pente de la baie. Cet approfondissement marque son ouverture sur le début de la pente insulaire. Ces fonds durs peuvent marquer le front d'une plateforme corallienne ou celui d'une barrière récifale recouverte dans sa partie amont de sédiments meubles. Ici, les fonds durs colonisés affleurent entre -15 et -30 m. Comme pour les secteurs de la façade atlantique les fonds durs peu colonisés se cartographient plus en profondeur donc plus au large.

En amont de ce dernier secteur induré, le faciès hétérogène est prépondérant. Le prolongement des fonds durs colonisés et peu colonisés, sous forme de plateforme en direction de la côte, décrit précédemment, associé à un régime hydro-sédimentaire favorisant le dépôt de vases et de sables fins engendre un vaste domaine où le faciès hétérogène est prédominant. Ce faciès se retrouve tout autour des fonds durs dans les autres secteurs de la baie. A chaque fois, l'association d'un substratum dur et d'un régime hydrodynamique de faible intensité, caractéristique d'une baie, aboutit à une hétérogénéité de la nature de fonds. Ainsi, la couronne frangeante de fonds durs colonisés se transforme en faciès hétérogène dans la partie interne nord de la baie. Une diminution de la force des courants de marées en amont d'une baie explique ce changement.

Les faciès meubles forment essentiellement le fond de la baie et les chenaux. Comme pour les autres secteurs, un classement granulométrique témoigne là encore du régime hydraulique propre d'une baie. Les vases constituent les extrémités internes de la baie. Les sables très fins à fins viennent remplacer les vases un peu plus en aval. Ces sables sont prédominants dans la partie interne de la baie. Ils se cartographient également sur la large plateforme sud de la baie externe. Ici, ce faciès remplace les fonds durs et hétérogènes dans les dépressions et à proximité de la côte. Ces sables

très fins à fins forment également les parties amont des chenaux qui découpent transversalement les massifs de fonds durs.

Les sables fins à moyens s'installent définitivement dans la partie occidentale de la baie. Même s'ils apparaissent localement au large de la pointe du Bout, ces sables ne forment la majorité des fonds du chenal principal que dans la partie externe de la baie. Ils peuvent présenter des éléments grossiers notamment au large, au niveau de l'embouchure de la baie sur la mer des caraïbes et au voisinage de fonds durs. Enfin, ces sables sont les constituants essentiels des chenaux découpant les fonds durs comme ceux du Sud-Ouest de la baie.

4.2. APPORTS DE LA NOUVELLE CARTOGRAPHIE DETAILLEE DE LA ZONE COTIERE

Cette cartographie morpho-sédimentaire du domaine marin côtier de la Martinique représente la troisième cartographie de la nature des fonds du plateau insulaire de l'île.

Dans la zone 0-30m les données utilisées par Ifremer étaient principalement des prélèvements ponctuels, les contours bathymétriques simplifiés et des photos aériennes dans les très petits fonds. Les données acoustiques étant limitées à la partie externe de la zone côtière du fait des contraintes de navigation.

La cartographie des habitats réalisée par la société Envision sur la base de l'ensemble des données récentes était avant tout un support à la cartographie des faciès biosédimentaires de la zone côtière et non une reconnaissance détaillée des natures de fonds.

L'objectif de cartographie révisée et détaillée de la zone côtière proposée nécessitait la prise en compte de l'ensemble des données disponibles et était basé sur l'analyse de l'ensemble des données disponibles en tenant compte de leurs spécificités.

Une nouvelle classification des fonds, synthèse des diverses données disponibles et adaptée aux secteurs considérés a été élaborée (Figure 30).

La comparaison des différents types de cartes dans deux secteurs (Figure 31) montre la précision apportée par la nouvelle cartographie. Elle est bien visible dans les contours des fonds durs, en accord avec les observations morphobathymétriques très détaillées autour des zones de récifs mais aussi au niveau des fonds meubles, grâce aux nombreuses données synthétisées, de l'imagerie, des mesures de discrimination acoustique et d'observation et de prélèvements des fonds.

Cartographie morpho-sédimentaire (BRGM, 2007)		Cartographies des habitats (Envision, 2006)		Cartographie des formations superficielles (Ifremer, 2000)	
1	Vases	1	Silty sand	1	Vases
2	Sables très fins à fins	2	Sand	2	Vases sableuses
3	Sables fins à moyens	3	Rippled sand	3	Argiles à sables moyens
4	Sables moyens à grossiers (rides cm)	4	Sand and rock	4	Sables très fins à fins **
5	Sables moyens à grossiers (rides dm)	5	Rippled sand and rock/reef	5	Sables moyens envasés avec galets et blocs
6	Fonds rocheux envasés	6	Rock/reef	6	Sables moyens
7	Fonds rocheux colonisés	7	Consolidated rubble and rocks	7	Sables grossiers à très grossiers
8	Fonds rocheux peu colonisés	8	Rubble/rocks on sand	8	Platier corallien envasé
9	Débris à galets non-consolidés			9	Massif corallien envasé
10	Fonds hétérogènes			10	Corail
				11	Graviers à cailloutis
				12	Graviers, galets et blocs **

* Sables fins à moyens susceptibles de présenter des éléments plus grossiers

** Faciès propre à la baie de Fort-de-France

Figure 30 - Comparaison des légendes des cartes sédimentologiques visant les fonds marins de la Martinique (les couleurs correspondent aux couleurs employées pour chacune des cartographies)

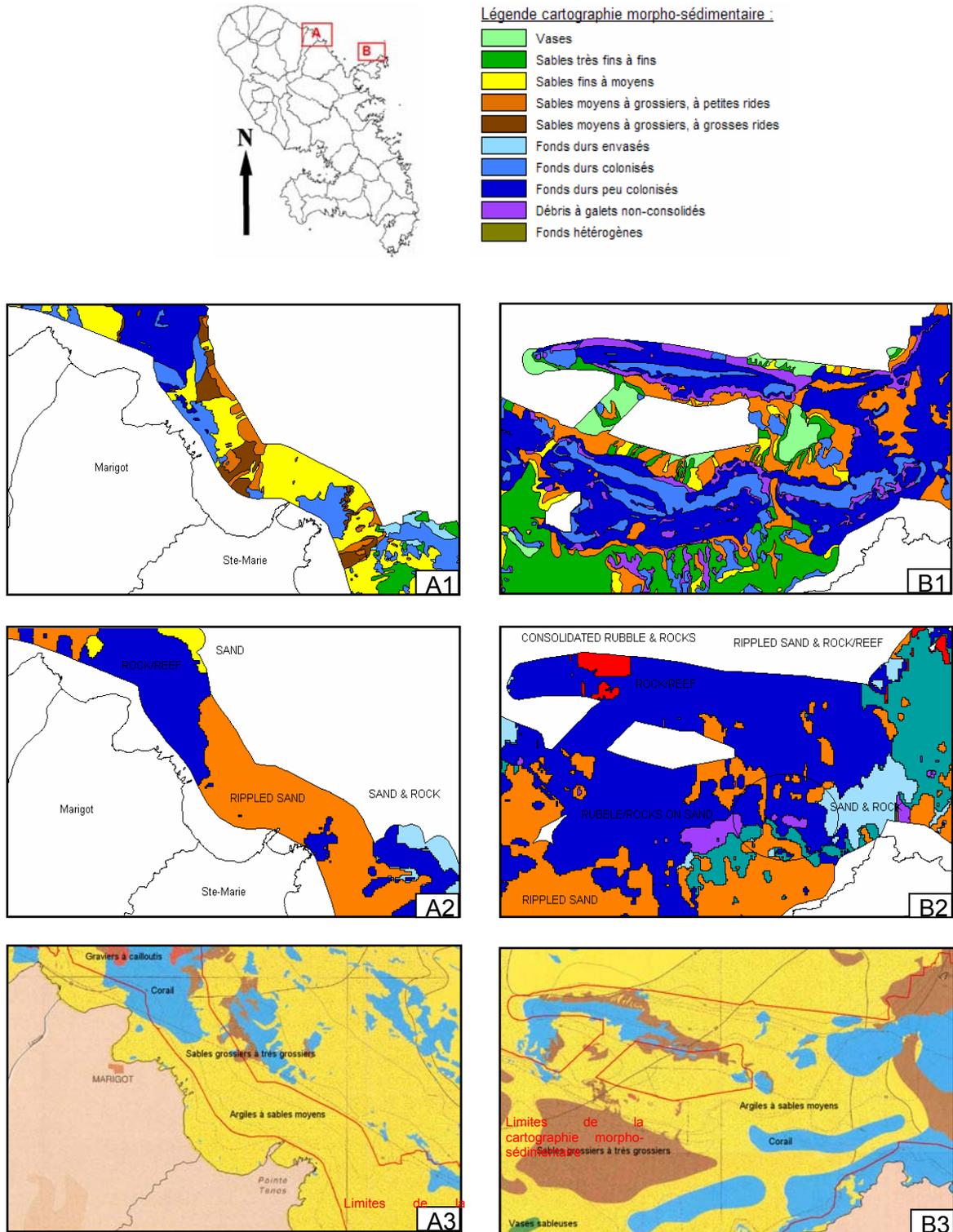


Figure 31 – Comparaison des 3 types de cartographie réalisées dans dans deux secteurs (A et B) de la zone côtière nord-est : 1: cette étude, 2: Envision 2007 ; 3: Ifremer : 2000

5. Conclusions et travaux complémentaires

Cette nouvelle étude et cartographie morphosédimentaire de la zone côtière de la Martinique a permis de préciser significativement la cartographie des habitats réalisée par Envision en 2006 - 2007 à partir des données récentes. Elle actualise et affine les connaissances sédimentologiques dans cette zone par rapport à la cartographie des formations superficielles éditée par l'Ifremer en 2000.

L'analyse des données bathymétriques par comparaison aux données hydrographiques du SHOM a permis de mettre en évidence les nombreuses informations morphologiques détaillées obtenues sur la zone côtière. Elle a aussi révélé les limites de ce nouveau levé réalisé à une maille trop espacée. La distribution incomplète des sondes recueillies, l'absence d'enregistrement de la marée durant les levés, voire les mesures peu nombreuses de vitesses du son, ne permettront pas un retraitement complet et plus détaillé et in fine de prendre en compte ces données comme nouvelles données bathymétriques de référence.

Les données récentes recueillies en 2006 n'ont pu être complètement valorisées du fait de l'absence d'une partie des enregistrements vidéos, essentielles pour l'analyse détaillée des fonds et la calibration des faciès acoustiques.

Un des premiers travaux proposés en complément à cette étude est donc la poursuite de l'exploitation de ces données et de la cartographie détaillée dans le secteur SE, sur la base de la méthodologie mise en place et des données rassemblées.

La réalisation d'une cartographie morphosédimentologique détaillée dans le secteur sud et sur la côte ouest escarpée sera difficile en raison de la très faible couverture des données bathymétriques récentes et de l'imagerie associée.

Compte tenu des écarts parfois importants observés avec les sondes des levés hydrographiques, un retraitement complet et long des données Geoswath entraînera, s'il est réalisable, une perte significative de la couverture bathymétrique.

Dans les secteurs déjà cartographiés, une nouvelle phase de reconnaissance complémentaire destinée à connaître l'environnement côtier et son évolution récente à actuelle, pourrait comprendre divers levés :

- une reconnaissance par sondeur à sédiments et/ou sismique à très haute résolution des zones de sédiments meubles afin de préciser les volumes sédimentaires disponibles, leur nature, les relations côte – large au niveau des stocks sédimentaires,
- des prélèvements et des prises de vue vidéo complémentaires sur des zones représentatives de faciès et de morphologies particulières. Des analyses

granulométriques et chimiques des sédiments actuels permettraient d'actualiser les informations disponibles, de préciser la distribution et la dynamique sédimentaire actuelle et de compléter la connaissance de l'état du milieu en particulier dans les secteurs de sédiments fins.

- des prélèvements sur les zones de récifs submergés afin de préciser leurs âges.
- une imagerie très détaillée par sonar latéral sur des faciès ciblés afin de préciser les formes sédimentaires et la dynamique sédimentaire.

La détermination de ces zones cibles d'études détaillées sur les fonds meubles et les zones de récifs permettrait d'établir des secteurs tests pour mesurer l'impact des tempêtes et des cyclones sur l'évolution de la zone côtière.

La reconnaissance détaillée des très petits fonds (0-10m) et de la zone côtière nécessitera la réalisation de levés d'altimétrie et de bathymétrie par laser aéroporté à l'instar des études préliminaires réalisés sur le golfe du Morbihan par le SHOM et l'IGN dans le cadre du programme Litto3D (<http://www.shom.fr/>). La réalisation de ces levés terre-mer représente un programme de grande ampleur au plan financier mais l'obtention d'une topographie très détaillée dans une zone à enjeux aussi forts et dans ce contexte insulaire actif comporte de nombreuses applications potentielles : sur le littoral, bathymétrie des petits fonds pour les aménagements, l'environnement, les risques (modélisations hydrodynamiques détaillées dont étude d'impact des tsunamis) et à terre : études des bassins versants, érosion, zones instables, études d'impacts, schéma d'aménagement ...

La connaissance intégrée des zones marines autour de la Martinique nécessitera à l'avenir de réaliser des levés complémentaires de bathymétrie multifaisceaux notamment sur la côte occidentale afin de reconnaître le contexte sédimentaire et tectonique détaillée de cette zone active sur le plan des transferts sédimentaires et des instabilités de pente et d'établir les relations avec les processus de grande ampleur reconnus sur le domaine profond.

Sur la plate-forme orientale, en complément des données hydrographiques du SHOM et des données de sismique réflexion recueillies par Ifremer, une campagne de levés systématiques par bathymétrie multifaisceaux et sismique très haute résolution pourrait également être entreprise dans le cadre d'un programme pluri-organismes de cartographie afin de préciser les environnements sédimentaires récents et leurs évolutions, les liaisons zone côtière, plate-forme, pente.

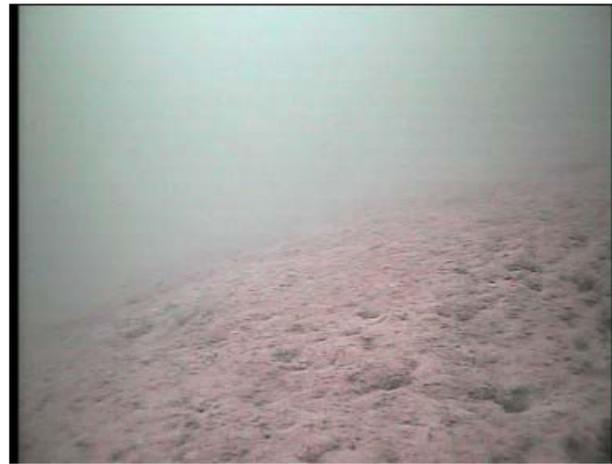
6. Bibliographie

- AUGRIS C., DURAND F., MAZÉ J.P., CHAUVAUD S., 2000. *Carte des formations superficielles du plateau insulaire de la Martinique. 4 feuilles. Echelle 1/25 000 (4 feuilles)*. Ed Ifremer, Plouzané,
- Notice explicative par AUGRIS C., DURAND F., MAZÉ J.P., LOUBRIEU B., CHAUVAUD S., NORMAND A., SATRA C., CARRÉ D., PAULMIER G., BOUCHON C. et Bureau d'études ALIDADE, 2000. Plouzané, Ifremer, 32 p.
- AUGRIS C., CLABAUT P., DURAND F., MAZÉ J.P., SATRA C., 2003. *Les fonds marins du plateau insulaire de la Guadeloupe et de la Martinique - Carte des formations superficielles à 1/100 000*. Plouzané, Ifremer.
- BOUCHON C. et LABOREL J., 1986. *Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique*. Ann. Inst. Océanographique Paris, Nouvelle série. Masson, Paris. 2, pp. 199-237.
- CIDCO, 2006. *Synthèse critique des outils de télédétection appliqués à la cartographie des habitats benthiques en domaine côtier (Revue bibliographique)*. Réf 712-06. CIDCO, Rimouski. 139 pp.
- COLLINA-GIRARD J., 1999. *Observations en plongée de replats d'érosion eustatique à l'île d'Elbe (Italie) et à Marie-Galante (Antilles) : une séquence bathymétrique mondiale ?*. C. R. Acad. Sci. Paris, série Ila 328, pp 823-829.
- COLLINA-GIRARD, 2000. *Les paléo lagons submergés de l'île de Marie-Galante (Antilles)*. C. R. Acad. Sci. Paris, série Ila 331, pp 367-372.
- CORDIER C., 2000. *Relations entre les données Roxann et les autres données sédimentologiques (imagerie acoustique, sismique 3.5 kHz, prélèvements)*. Rapport INTECHMER-SHOM : 37 p.
- DEPLUS C., LE FRIANT A., BOUDON G., KOMROWSKI J.C., VILLEMANT B., HARFORD C., SEGOUFIN J., CHEMINEE J.L., 2001. *Submarine evidence for large scale debris avalanches in the Lesser Antilles arc*. Earth & Planet. Sc. Letters, 192, pp 145-157.
- DUCLOS P.A., 2007. *Etude et cartographie morphosédimentologique du domaine sous-marin côtier de la Martinique*. Mémoire d'Ingénieur Géologue. Institut Lasalle Beauvais. 63 p., 12 annexes, 4 cartes h.t..
- DURAND F., 1996. *Hydrodynamique sédimentaire sur le plateau insulaire de la Martinique*. Géologie marine. Thèse Université de Bordeaux 1, 214 p.

- ENVISION, 2006. *Field report for the Acoustic and Video Biotope Survey of Martinique for OMMM*. Envision Mapping Ltd, Newcastle upon Tyne, 12 p.
- ENVISION, 2007. *Final report for the Acoustic and Video Biotope Survey of Martinique for OMMM*. Envision Mapping Ltd, Newcastle upon Tyne, 12 p.
- FROIDEFOND J.-M., BERTHOIS L., GRIBOULARD R., JULIUS C. et PONS J.-C., 1985. *Terrasses submergées d'origine récifale, variations du niveau marin et activité tectonique sur le plateau sud et est de la Martinique*. Géodynamique des Caraïbes, Symposium, Paris, 5-8 février, 1985, pp 143-154.
- GARLAN T., 2004. *Apports de la modélisation dans l'étude de la sédimentation marine récente*. Mémoire HDR. Université de Lille, 187 p.
- GARLAN T., 2006. *Synthèse bibliographique sur les systèmes de classification des fonds marins. Projet Epsom systèmes de classification des fonds*. Rapport EPSHOM/CMO/REC/NP, n°44. SHOM, Brest, 40 p
- GOSTNELL C. et YOOS L.T., 2007.. *Test and evaluation of Interferometric Sonar Technology*. Sea Technology, vol. 48, n°3, 23-27.
- LURTON X. et AUGUSTIN J.M. *Techniques sonar pour la cartographie et la caractérisation des fonds marins*. Journées AUM/AFM 2004. Brest, 2-3 septembre 2004, 9 p.
- PONS J.-C., PARRA M. et JULIUS C., 1988. *Teneurs en métaux lourds des sédiments fins de la baie de Fort-de-France, Martinique, Petites Antilles Françaises*. Oceanologica Acta, 11, 1, pp 47-54.

Annexe 1

Extraits de vidéo sous-marines montrant les principaux faciès sédimentaires



Vases (vidéo 236)



Sables très fins à fins (vidéo 42)



Sables fins à moyens (vidéo)



Sables moyens à grossiers à petites rides (vidéo)



Sables moyens à grossiers à grosses rides (vidéo)



Graviers à galets non consolidés



Fonds durs colonisés (vidéo 125)



Fonds durs peu colonisés (vidéo 4)



Faciès hétérogène (vidéo 258)

Captures d de vidéos illustrant les faciès définis par l'analyse morpho-sédimentaire du domaine sous-marin côtier de la Martinique



Centre scientifique et technique
Service Géologie
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34